



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Gestión Industrial

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA DISPONIBILIDAD DEL
CORE SAMPLER EN UN INGENIO AZUCARERO, UTILIZANDO EL DIAGRAMA DE
ISHIKAWA PARA ELEVAR LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA DE MUESTREO**

**PRIMERA COHORTE DE LA MAESTRÍA EN ARTES DE GESTIÓN
INDUSTRIAL ESCUINTLA**

Ing. Luis Rodolfo Díaz Jiménez

Asesorado por el Mtro. Ing. Iván Adolfo Rodas de la Rosa

Escuintla, junio de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA DISPONIBILIDAD DEL
CORE SAMPLER EN UN INGENIO AZUCARERO, UTILIZANDO EL DIAGRAMA DE
ISHIKAWA PARA ELEVAR LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA DE MUESTREO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR**

ING. LUIS RODOLFO DÍAZ JIMÉNEZ

ASESORADO POR EL MTRO. ING. IVÁN ADOLFO RODAS DE LA ROSA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN GESTION INDUSTRIAL

ESCUINTLA, JUNIO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Mtro. Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

JURADO EVALUADOR QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE DEFENSA

DECANO	Mtro. Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
EXAMINADOR	Dra. Licda. Aura Marina Rodríguez de Peña
SECRETARIA	Mtra. Inga. Lesbia Magalí Herrera López

Ref.APT-2019-018

En mi calidad como 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 Estudios de Postgrado al Trabajo de Graduación de la Maestría en Artes en Gestión Industrial de la primera promoción en Escuintla titulado: **"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA DISPONIBILIDAD DEL CORE SAMPLER EN UN INGENIO AZUCARERO, UTILIZANDO EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA ELEVAR LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA DE MUESTREO"** presentado por el Ingeniero Agroindustrial Luis Rodolfo Díaz Jiménez quien se identifica con Carné 200440585, procedo a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

"Id y Enseñad a Todos"

Maestro. Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, junio de 2019.

Cc archivo/I.Z.L.A.

Ref.APT-2019-018

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado **"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA DISPONIBILIDAD DEL CORE SAMPLER EN UN INGENIO AZUCARERO, UTILIZANDO EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA ELEVAR LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA DE MUESTREO"** presentado por el Ingeniero Agroindustrial **Luis Rodolfo Díaz Jiménez** quien se identifica con Carné **200440585**, correspondiente al programa de Maestría en Artes en Gestión Industrial de la primera promoción en Escuintla ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Maestro, Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, junio de 2019.

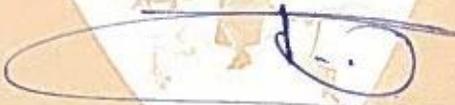
Cc archivo/L.Z.L.A.

Ref.APT-2019-018

Como Coordinador de la Maestría en Artes en Gestión Industrial de la primera promoción en Escuintla doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado **"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA DISPONIBILIDAD DEL CORE SAMPLER EN UN INGENIO AZUCARERO, UTILIZANDO EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA ELEVAR LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA DE MUESTREO"** presentado por el Ingeniero Agroindustrial Luis Rodolfo Díaz Jiménez quien se identifica con Carné 200440585.

Atentamente,

"Id. y Enseñad a Todos"


Maestro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
Coordinador(a) de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, junio de 2019.

Cc: archivo/LZLA.

En mi calidad como Asesor del Ingeniero Agroindustrial **Luis Rodolfo Díaz Jiménez** quien se identifica con carné No. **200440585** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado **"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA DISPONIBILIDAD DEL CORE SAMPLER EN UN INGENIO AZUCARERO, UTILIZANDO EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA ELEVAR LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA DE MUESTREO"** quien se encuentra en el programa de Maestría en Artes en Gestión Industrial de la primera promoción en Escuintla en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"



Maestro. Ing. Iván Adolfo Rodas de la Rosa
Asesor(a)

Guatemala, junio de 2019.

Co archivo/LZLA.

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:

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA DISPONIBILIDAD DEL CORE SAMPLER EN UN INGENIO AZUCARERO, UTILIZANDO EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA ELEVAR LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA DE MUESTREO

Tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 01 de marzo del 2017.



Ing. Luis Rodolfo Díaz Jiménez

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Mi padre celestial, mi salvador, el dueño de mi vida, el facilitador de este logro, el guía durante toda mi vida y en este sueño que emprendí.
- Mis padres** Pedro Díaz Sanabria (q. e. p. d.), Susana Jiménez de Díaz, por enseñarme a ser responsable.
- Mi esposa** María Griselda Sánchez Barrera, por ser mi soporte en cualquier circunstancia.
- Mis hijos** Luis Carlos y Helen Valeska Díaz Sánchez, por ser mi razón e inspiración.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Por haberme abierto sus puertas y darme la oportunidad de formarme como profesional.

**Escuela de Estudios de
Postgrado**

Por haberme ofrecido la oportunidad de continuar mi preparación académica en tan prestigiosa escuela.

Ingenio Concepción

Empresa que me ha dado la oportunidad, no solo de darme el sustento diario, sino también de realizar mi trabajo de investigación.

**Ing. Iván Adolfo Rodas
de la Rosa**

Por haberme brindado su tiempo para asesorarme en la ejecución del trabajo de investigación.

Dra. Aura Marina Rodríguez

Por su paciencia, tiempo, entrega y dedicación en el asesoramiento metodológico.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	XII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS	XIII
OBJETIVOS.....	XVII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. INGENIO AZUCARERO	1
1.1. Historia tecnológica del cultivo de la caña de azúcar en Guatemala.....	1
1.2. Perspectivas de la caña de azúcar.....	5
1.3. Niveles de producción.....	6
1.4. Períodos de cosecha (zafra).....	7
1.5. Sistemas de cosecha.....	8
1.6. Morfología de la caña de azúcar	10
1.7. Siembra de la caña de azúcar	12
1.8. Cosecha de la caña de azúcar	13
1.9. Transporte de la caña al ingenio	14
1.10. Materia extraña	14
1.11. Fabricación.....	20
1.11.1. Recepción de la caña	20
1.11.2. Muestreo y control de la caña	21
1.11.3. Procedimientos analíticos.....	22

1.11.4.	Preparación de la caña.....	23
1.11.5.	Molienda de caña	23
1.11.6.	Sulfatación y alcalizado	26
1.11.7.	Calentamiento y clarificación.....	27
1.11.8.	Filtración	28
1.11.9.	Evaporación	29
1.11.10.	Clarificación de la meladura	30
1.11.11.	Cristalización	30
1.11.12.	Centrifugación.....	32
1.11.13.	Secado.....	33
1.12.	Envase	34
2.	CORE SAMPLER	37
2.1.	Operación del core sampler horizontal.....	38
2.2.	Operación del core sampler inclinado	38
3.	PLAN DE MANTENIMIENTO	41
3.1.	Antecedentes del mantenimiento	41
3.2.	Definición de mantenimiento	43
3.3.	Tipos de mantenimiento	44
3.4.	Mantenimiento por avería	45
3.5.	Mantenimiento predictivo.....	45
3.6.	Mantenimiento preventivo.....	46
3.7.	Mantenimiento correctivo.....	47
3.8.	Mantenimiento proactivo.....	47
4.	DIAGRAMA DE ISHIKAWA	49
4.1.	Origen del diagrama esqueleto de pescado.....	49
4.2.	Diagrama de causa efecto de Ishikawa.....	49

4.3.	Fortalezas y beneficios del diagrama de Ishikawa	52
4.4.	Desventaja del diagrama de Ishikawa	53
4.5.	Condiciones del diagrama de Ishikawa	53
4.6.	Propuesta.....	53
4.6.1.	Presentación de resultados	53
4.7.	Discusión de resultados.....	57
CONCLUSIONES		61
RECOMENDACIONES.....		63
BIBLIOGRAFÍA.....		65
APÉNDICES		69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Chorra continua	9
2.	Área en porcentaje cosechada con cosechadoras mecanizadas período 2000/2001 a 2011/2012	10
3.	Componentes de la caña.....	18
4.	Diagrama de flujo de los procesos de fabricación en un ingenio azucarero	19
5.	Diagrama de flujo de operaciones de un ingenio azucarero.....	20
6.	Vista general de un core sampler.....	22
7.	Molinos de caña de azúcar.....	24
8.	Diagrama de un clarificador tipo Dorr Oliver	27
9.	Diagrama de un filtro rotativo para lodos al vacío	28
10.	Esquemas de condensadores barométricos tipo multi-jet y tipo contra corriente.....	29
11.	Clarificador de meladura.....	30
12.	Diagrama de un tacho con calandria de tubos y agitador mecánico	31
13.	Diagrama de una centrífuga automática y sus partes principales	33
14.	Máquina secadora de azúcar	34
15.	Diagrama de una empacadora de azúcar	35
16.	Vista general de un core sampler.....	37
17.	Diagrama de la forma correcta para tomar muestras.....	38
18.	Muestras de caña recolectadas con core sampler inclinado	39
19.	Diagrama de Ishikawa	52
20.	Diagrama de causa y efecto de indisponibilidad del core sampler	54

21. Diagrama de Pareto..... 56

TABLAS

I. Tiempo fuera de operación por cada parte del core sampler 55

GLOSARIO

Azúcar (sacarosa)	Compuesto orgánico de mayor producción en forma pura. La sacarosa está formada por una unidad D-glucosa y otra D-fructosa.
Bomba	Artefacto para mover fluidos y gases.
Brix	Porcentaje en peso de los sólidos contenidos en una solución de sacarosa pura. Representa los sólidos aparentes que contiene una solución de azúcar.
Caña de azúcar	Materia prima para la obtención del jugo rico en sacarosa y del cual se extrae y cristaliza la misma.
Chumacera	Pieza sobre la que se apoya y gira un eje de maquinaria.
Core simple	Muestreo que se le realiza a la caña de azúcar con una sonda mecánica oblicua para determinar sus características de calidad, como contenido de sacarosa, fibra y nivel de impurezas.
Fructosa	Cetosa levógira o levulosa, al igual que la glucosa tiene la fórmula $C_6H_{12}O_6$, siendo isómeros.

Glucosa	Aldosa dextrógira o dextrosa, al igual que la fructosa tiene la fórmula $C_6H_{12}O_6$, siendo isómeros.
Jaula	Equipo que contiene y transporta la caña de azúcar y es remolcado por camiones u otros medios.
Mantenimiento	Acción humana encaminada a garantizar el funcionamiento óptimo del equipo.
PCC	Método para calcular el potencial total de azúcar en la caña puesta en el campo.
Polarímetro	Este aparato mide el Pol, que es la resultante del poder rotativo específico de todos los productos azucarados en la solución.
Pol	Contenido aparente de sacarosa en el jugo, expresado como porcentaje.
Pureza	Razón porcentual entre la sacarosa y el brix.
Rendimiento base 96	Dato de rendimiento de azúcar (lb. /TC) referenciado a una azúcar de 96% de pol, o sea de concentración de sacarosa.
Rendimiento envasado	Dato de rendimiento de azúcar referenciado a la concentración que sea, al envasado en sacos.

Recuperación total	Pol recuperada en fábrica, porcentaje de pol de entrada en la fábrica.
Sacarosa	Compuesto orgánico de mayor producción en forma pura. Tiene la fórmula molecular $C_{12}H_{22}O_{11}$. Cuando se hidroliza con ácido acuoso diluido, o por la acción de la enzima invertasa (de la levadura), se obtienen cantidades iguales de D-glucosa y D-fructosa. Esta hidrólisis va acompañada por un cambio en el signo de la rotación, de positivo a negativo.
Zafra	Proceso que se inicia con la cosecha de la caña de azúcar y finaliza con su entrega a la fábrica para su procesamiento.

RESUMEN

El estudio fue realizado en el área de recepción de caña en un ingenio azucarero ubicado en la costa sur del país, basado en la necesidad de hacer una propuesta de un plan de mantenimiento al coresampler, equipo diseñado para extraer muestras de caña por medio de una sonda giratoria a los camiones cargados con caña a través de un sistema de movimiento mecanizado. Sistema que permitirá un resultado rápido, preciso, fiable y justo para los agricultores, así como a los ingenios.

De una manera más amplia puede evaluarse el impacto de la gestión del mantenimiento, recordando que, a partir de su implementación, se asegura la disponibilidad continua de las máquinas, edificaciones y demás servicios debido a que en los ingenios, el análisis de la calidad de la caña es utilizado en los cálculos de balance y recuperación de azúcar.

Entre los resultados obtenidos con el estudio se puede obtener, entre otros, que no existe un plan de mantenimiento, falta capacitación y entrenamiento al personal operativo de mantenimiento. Adicional a lo anterior, también se detectó que algunas fallas del equipo se deben a que este se encuentra a la intemperie, no existe control de calidad en los repuestos.

Después de ejecutado el análisis se realizó una lista de las partes que provocan mayor tiempo fuera del coresampler durante la zafra, y entre ellas están las chumaceras de la sonda giratoria, responsable de un 30% del tiempo parado del equipo (100.8 horas) y la bomba principal del sistema hidráulico, que le corresponde causar el 20 % de tiempo parado del equipo (67.3 horas).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

- Planteamiento del problema

La pérdida de disponibilidad del coresampler para tomar muestras representativas de los camiones con caña de cosecha que ingresan al ingenio.

- Descripción del problema

La agroindustria azucarera guatemalteca ha crecido en forma permanente desde 1960, hasta llegar a posicionar a Guatemala como el quinto país exportador de azúcar a nivel mundial; el segundo en Latinoamérica, y el tercer lugar en productividad (toneladas métricas de azúcar/ha) a nivel mundial. El azúcar es el segundo producto agrícola en Guatemala que genera divisas después del café, constituyéndose en una importante contribución a la economía nacional.

Los ingenios azucareros dependen de los resultados de análisis del muestreo de la caña proveniente del campo, debido a que estos indican la cantidad de sacarosa que viene en ella, con el cual se realiza el cálculo para saber el rendimiento esperado al final del proceso. Si el valor obtenido es inferior se determina la pérdida de azúcar dentro del proceso de elaboración, por esta razón, es necesaria la disponibilidad del coresampler para tomar muestras representativas de los camiones con caña de cosecha que ingresan al ingenio. Por lo tanto, es indispensable minimizarla, y con un adecuado plan de mantenimiento, contribuiría a disminuir las fallas.

Al aplicar un sistema de mantenimiento correctivo, se realizan reparaciones a los componentes del equipo, cuando se produce un desperfecto, situación que provoca la utilización del otro sistema de muestreo, cuyos resultados obtenidos no son confiables.

- Formulación del problema
 - Pregunta central

¿Cómo lograr la disponibilidad del coresampler para el mantenimiento y que esté disponible el tiempo que dure la zafra, utilizando el diagrama de Ishikawa para el análisis de los componentes del equipo, en la confiabilidad de muestreo de datos?

- Preguntas auxiliares de la investigación

Con la propuesta del plan para mejorar la gestión del mantenimiento al coresampler, podrá generar mayor disponibilidad del mismo e incrementar la vida útil y el mejor rendimiento de las partes del coresampler. Para lograr lo anterior descrito se presentan los cuestionamientos siguientes.

1. Con el diagnóstico de los componentes críticos y la utilización del diagrama de Ishikawa ¿se obtendrá la disponibilidad deseada del coresampler?
2. Al analizar las mejoras del mantenimiento ¿se garantizará mayor disponibilidad del coresampler?

3. ¿Qué acciones y actividades se deben proponer para el mantenimiento del coreSampler?

- Delimitación

La investigación se realizó durante el periodo de febrero a noviembre del 2016, en el laboratorio para caña de una industria azucarera ubicada en el kilómetro 56.5 autopista Palin-Escuintla.

- Viabilidad

Con la disponibilidad del personal técnico y profesional de la empresa donde se realizó el proyecto, y con la factibilidad de la información técnica del coresampler, la propuesta fue viable.

Los recursos que se requirieron para realizar la investigación se clasificaron en humanos y materiales. los cuales la empresa facilitó; algunos el investigador los proporcionó.

- Consecuencias de la investigación

La disponibilidad del coresampler es incierta, por las carencias de planes de mantenimiento, la empresa cuenta con el material humano, técnico y profesional para mitigar el inconveniente. Con la investigación se identificaron los problemas del equipo, y con los métodos adecuados se minimizarán los mismos y se obtendrá mayor disponibilidad de coresampler.

Uno de los problemas más complicados en la industria de la caña es el de obtener muestras representativas de la misma, así como diversos productos

de las diferentes etapas del proceso. Además, el control de las características de calidad de la caña, su recepción y rechazo se convierten en uno de los procesos más complejos en la producción de azúcar, debido a que se ven involucrados muchos factores e intereses, tales como el estado de la caña y azúcar recuperable.

La operación de recepción y aceptación de la caña de azúcar en un ingenio consiste en el involucramiento de los factores que se tienen que considerar para determinar la calidad de la materia prima, tomando muestras que se analizan continuamente en el laboratorio de control de calidad; para lo cual la disponibilidad del coresampler es indispensable, debido a que cuando se muestrea con él, los resultados obtenidos son más confiables.

Con los datos de peso y calidad de la caña, así como los datos de rendimiento industrial (libras de azúcar producida/ toneladas caña molida) se emite el reporte cañero, en función del cual se paga a los proveedores de caña, para ello se contemplan los premios o castigos que apliquen a cada finca.

OBJETIVOS

General

Proponer un plan de mantenimiento para la disponibilidad del coresampler en un ingenio azucarero, utilizando el diagrama de Ishikawa, para elevar la confiabilidad del sistema de muestreo.

Específicos

1. Desarrollar un diagnóstico de la situación actual para establecer las condiciones que se tiene en el coresampler.
2. Efectuar un análisis de fallas en los componentes del coresampler para preparar un *stock* de repuesto críticos.
3. Proponer acciones y actividades para el mantenimiento del coresampler.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

La finalidad del proyecto es proponer un plan de mantenimiento al equipo que toma las muestras de caña en la recepción, previo al ingreso de la fábrica en los ingenios azucareros. Esta actividad es importante porque por medio de ella se obtiene información de la calidad de la caña que ingresará a la fábrica.

Con la herramienta de calidad a utilizar para el estudio (diagrama de Ishikawa) se obtiene información útil que servirá para proponer las posibles soluciones a los problemas encontrados.

Con la información que se obtiene del histórico, hay tiempos muertos de la toma de muestra, y según el resultado se plantearán las mejoras.

Desarrollar un plan de mantenimiento es beneficioso para los ingenios azucareros, porque contribuye a reducir costos y aumenta la disponibilidad del coresampler.

Las variables a medir son dependientes, estas están relacionadas para la obtención de los objetivos propuestos en el trabajo de investigación. Las fases para la ejecución de la investigación son:

- Fase #1: Diagnóstico de la situación actual del coresampler

En esta fase el investigador realizará una revisión literaria relacionada con el problema planteado, seleccionando la información relacionada obtenida por medio de tesis, libros o artículos; y así obtener una base sólida sobre la cual

desarrollar la investigación; todo esto será realizado al inicio de la elaboración del plan de investigación.

- Fase #2: Análisis de fallas en los componentes del coresampler

Para realizar este estudio se realizará un análisis crítico de las condiciones actuales del equipo sobre el cual se hará el estudio; es importante dar a conocer los conceptos teóricos, tipos, así como la importancia del mantenimiento.

Se utilizará la herramienta de análisis causa y efecto (diagrama Ishikawa) para realizar una exploración de los problemas, determinarlos, facilitarlos y automatizar el papel del análisis.

Elaboración de una lista de datos de las fallas más comunes del coresampler, para ello se deberá contar con el acceso a información documental y registros del equipo para ampliar el conocimiento del problema.

- Fase #3: Planificación de acciones y actividades para el mantenimiento del coresampler.

Para la ejecución del trabajo es necesario la disponibilidad del personal técnico y profesional de la empresa donde se realizará el proyecto; y con la factibilidad de la información técnica que se proporcione del coresampler, la elaboración del trabajo de investigación será factible.

Al tener identificado el problema se darán a conocer todas las acciones, y así minimizar el tiempo muerto del equipo a causa de los desperfectos o fallas, por falta de un buen plan de mantenimiento.

En la ejecución del trabajo se requerirá recursos para realizar la investigación, estos serán clasificados en humanos y materiales.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación está basada en la importancia de los resultados que se obtienen de los análisis del muestreo de la caña de azúcar. Los ingenios azucareros, para obtener resultados de la eficiencia en el proceso, toman en cuenta la recuperación de azúcar al final de la operación agroindustrial.

Los resultados se reflejan en porcentajes de eficiencia de recuperación de sacarosa, el cual es dado en el rendimiento potencial de libras de azúcar producidas por tonelada de caña molida. Con este valor se muestra si se tuvo una buena práctica dentro de los procesos de la fabricación y obtener una buena eficiencia en la recuperación de azúcar.

Es importante la disponibilidad del coresampler para la toma de muestras representativas de los camiones que trasladan la caña de cosecha que ingresa al ingenio.

La elaboración de este estudio es de beneficio para los ingenios azucareros, ya que contarán con un plan de mantenimiento, coresampler, que permitirá minimizar los tiempos muertos de este.

El proceso de análisis del problema, el esquema y estructura para la solución se desarrollarán de la manera siguiente:

El diseño metodológico es un enfoque no experimental con alcance descriptivo, explicativo, transversal.

A cada objetivo se le asignó actividades para alcanzarlos. El trabajo de investigación se dividió en tres fases: la primera está enfocada a la recepción de información; la segunda, a la planificación de acciones y actividades; y la tercera, a la sistematización de la información.

El marco teórico fue dividido en tres capítulos debido a la importancia de los temas para la realización de la investigación.

Capítulo I: en él hay información de la agroindustria azucarera del país, cultivo de la caña de azúcar y los diferentes procesos necesarios hasta llegar a la formación del grano de azúcar.

Capítulo II: se describen elementos de importancia del coresampler para la industria azucarera.

Capítulo III: este expone sobre el mantenimiento, importancia, tipos y las ventajas y desventajas que proporciona el mismo.

Capítulo IV: dentro de este se muestra la herramienta a utilizar en la investigación. (diagrama de Ishikawa), con esta herramienta se identifica la causa del problema a investigar.

El inconveniente actual, por el cual se elaborará el estudio se define de la siguiente forma: ¿Qué acciones son necesarias implementar para aumentar la disponibilidad del coresampler? De una manera más amplia se puede evaluar el impacto de la gestión del mantenimiento, recordando que a partir de su implementación se puede asegurar la disponibilidad continua de las máquinas, edificaciones y demás servicios.

El mantenimiento son todas las actividades necesarias para mantener el equipo e instalaciones en condiciones adecuadas para la función que fueron creadas, si no se cuenta con una buena planificación, los resultados esperados serán negativos, tanto en productividad como económicos.

Con el diseño del plan de mantenimiento, el diagnóstico de la situación y el análisis de las fallas, se pretende obtener la mayor optimización de la disponibilidad del coresampler, disminuir los costos de mantenimiento y maximizar la vida útil del equipo.

El informe consta de tres capítulos: el primero muestra la parte teórica de los temas importantes para realizar la investigación. El segundo presenta los resultados obtenidos. Y el tercero presenta la discusión de los resultados, las conclusiones y recomendaciones.

1. INGENIO AZUCARERO

1.1. Historia tecnológica del cultivo de la caña de azúcar en Guatemala

“Luego de la conquista de Guatemala, hacia 1587, ya había un considerable número de trapiches en el Valle de Guatemala, por lo que el Ayuntamiento de Santiago consideró oportuno promulgar las ordenanzas del gremio de hacedores de azúcar y establecer el puesto de vendedor de trapiches, quien tendría su cargo velar por la fijación del precio máximo, las medidas de los cubos de azúcar y con ello el costo del pago los jornales de los trabajadores” (Asociación de Azucareros de Guatemala, 2012, p.1).

“En el siglo XVIII proliferaron los trapiches en muchas regiones del Reino de Guatemala, al punto que en una misma población se encontraba más de una decena, como fue el caso de San Andrés Cuilco y Colotenango en Huehuetenango, San Agustín Acasaguastlán, Guastatoya, el Valle de Sansaria, Cojutepeque y Santa Eulalia en El Salvador o Tuxtla en Chiapas” (Asociación de Azucareros de Guatemala, 2012, p.1).

“Y no fue hasta mediado del siglo XIX, por ingenio se entendía el complejo de tierras, construcciones fabriles, construcciones de servicios y vivienda, maquinarias, implementos, esclavos y animales destinados a la fabricación de azúcar de caña. Hoy en día, ingenio es el área industrial donde se procesa la caña, el guarapo y la meladura para obtener azúcar” (Asociación de Azucareros de Guatemala, 2012, p.1).

“Las haciendas azucareras más importantes del siglo XIX centraron su producción para el consumo interno como para la exportación de azúcar. Algunas trascendieron hasta el siglo XX y muy pocas continúan operando todavía en el siglo XXI. Los más grandes y magníficos ingenios de la época colonial perdieron el ritmo de producción de los siglos anteriores, en vista de que la mayoría cambió de dueño, lo cual llevó, en algunos casos a su decadencia” (Asociación de Azucareros de Guatemala, 2012, p.1).

“Para mediados del siglo XX, la industria azucarera se concentraba geográficamente en el cordón cañero en los departamentos de Escuintla (80.12%), Suchitepéquez (14%), Retalhuleu (3.44%) y Guatemala (2.4%). De los 11 ingenios, que existían los de mayor capacidad de producción eran Pantaleón, Concepción, El Baúl, El Salto y Palo Gordo; los más pequeños eran San Antonio Tzululá, Mirandilla, Santa Cecilia, Santa Teresa, Mauricio y San Diego” (Asociación de Azucareros de Guatemala, 2012, p.1).

“La diversificación de la producción agrícola y los problemas habidos durante los gobiernos de 1944 a 1954 obligaron a la iniciativa privada a organizarse mejor para defender sus intereses, así que por iniciativa de este grupo de productores de azúcar se contribuyó y fundó el 10 de junio de 1957 la Asociación de Azucareros de Guatemala” (Asociación de Azucareros de Guatemala, 2012, p.1). (<https://www.azucar.com.gt/historia/>este).

“El cultivo de caña de azúcar en Guatemala es en la actualidad una de las actividades económicas y fuentes de divisas más importantes del país y ha sido trascendental en la historia de la industria guatemalteca” (Melgar, 2014, p.7).

“En 1960, Guatemala recibió su primera cuota de Estados Unidos, en ese tiempo la producción total de azúcar de Guatemala fue de 68,000 toneladas métricas” (Melgar, 2014, p.223).

“La historia moderna de la caña de azúcar se toma como punto de partida el año de 1960. En el mundo la era industrial estaba muy desarrollada y se empezaba a hablar de cambios en la dinámica mundial, fue entonces que los ingenios azucareros definieron su estrategia de modernización crecimiento.

La industria se transformó de local a una industria de exportación, y se convirtió en una de las actividades agroindustriales más importantes del país” (Melgar, 2014, p. 223).

“Al expandirse las exportaciones de azúcar de Guatemala, la Asociación de Azucareros de Guatemala comenzó a desarrollar una serie de proyectos y estrategias, que fueron los impulsores de la agroindustria azucarera nacional. Para incrementar la producción, los ingenios introdujeron mejoras en el cultivo, la cosecha, la fábrica, la distribución y comercialización del producto, así como mejores condiciones de vida para los trabajadores de la agroindustria Azucarera” (Melgar, 2014, p.223).

“La Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala (ATAGUA) con el fin de fomentar el intercambio de experiencias y tecnología y la difusión de conocimientos técnicos para impulsar el desarrollo de la agroindustria azucarera. Propicio la transferencia de tecnología en congresos y simposios con otras Asociaciones de Técnicos Azucareros de Centro América y Latinoamérica” (Melgar, 2014, p. 224).

“En la década de 1970, varios ingenios comenzaron a contratar a profesionales guatemaltecos y a técnicos azucareros y consultores, principalmente de Cuba, para mejorar la eficiencia en la operación industrial, y para diseñar proyectos de ampliación y modernización de algunos ingenios” (Melgar, 2014, p.224).

“La formación de técnicos azucareros en centros universitarios se inició en 1975, permitiendo a los nuevos profesionales ocupar posiciones importantes en los ingenios. Así comenzó la transformación de la agroindustria azucarera guatemalteca, que continuó evolucionando progresivamente en el cultivo, la cosecha y el transporte” (Melgar, 2014, p.224).

“ASAZGUA creó el Departamento de Experimentación Agrícola en 1974, y el ingenio Pantaleón en 1978 principió a desarrollar trabajos de investigación. Posteriormente lo hicieron los ingenios Santa Ana, Concepción y La Unión” (Melgar, 2014, p.224).

“La Asociación de Azucareros de Guatemala creó FUNDAZUCAR en 1990, cuya misión es convertirse en un modelo de promoción de desarrollo social, replicable por otros sectores del país; CENGICAÑA en 1992, cuya misión es ser la organización de la agroindustria azucarera responsable de generar, adaptar y transferir tecnología de calidad para su desarrollo rentable y sostenible; EXPOGRANEL en 1994, cuya misión es ser la terminal de embarque que posibilita la competitividad de la industria azucarera de Guatemala a nivel mundial a través del manejo efectivo y confiable del azúcar de exportación; y en 1994, también creó el Departamento de Manejo Ambiental” (Melgar, 2014, p.224).

“A partir de 1990, la agroindustria azucarera comienza a posicionarse como un modelo a nivel mundial, se ubica entre los diez países más importantes en volúmenes de exportación, según la International Sugar Organization (ISO), y en productividad según la LMC International, donde Guatemala ocupa el tercer lugar a nivel mundial” (Melgar, 2014, p.224).

“Muestra de ello es haber sido seleccionado como sede del XXV Congreso Mundial de Técnicos Azucareros de la ISSCT que se realizó con éxito en enero del 2005 en Guatemala” (Melgar, 2014, p.224).

“El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), fue fundado por ASAZGUA en 2010, cuya misión es crear y promover acciones y procesos que faciliten la mitigación y la adaptación al cambio climático en la región con base en lineamientos técnico-científicos” (Melgar, 2014, p.225).

1.2. Perspectivas de la caña de azúcar

“La caña de azúcar es actualmente cultivada por más de 100 países con más de 20 millones de hectáreas en el mundo, en donde se producen 1,300 millones de toneladas de caña” (Melgar, 2014, p.24).

“En el pasado ha sido utilizada, principalmente, para producir azúcar, proveyendo casi dos tercios de la producción mundial. Aunque la economía mundial dependerá en las próximas décadas de la energía fósil; la biomasa sustituirá parcialmente a la energía fósil por ser una fuente de energía renovable” (Melgar, 2014, p.24).

“Debido a la excepcional capacidad de la caña de azúcar para producir biomasa, será una fuente importante de la misma. La caña de azúcar será la

materia prima preferida para producción de etanol o generación de energía eléctrica y coproductos como: bioplásticos y derivados de la sucroquímica” (Melgar, 2014, p.24).

1.3. Niveles de producción

“El rendimiento actual se define como aquel alcanzado bajo condiciones de factores limitantes como malezas, plagas, enfermedades o déficit de nutrientes” (Melgar, 2014, p.24).

“Con apropiada fertilización y control de malezas, plagas y enfermedades se puede alcanzar el rendimiento obtenible. El rendimiento obtenible está determinado por limitantes ambientales asociadas a factores tales como agua, radiación, temperatura o salinidad de suelos” (Melgar, 2014, p.24).

“El rendimiento potencial es alcanzado cuando el cultivo está en óptimas condiciones de aportación de insumos como agua y nutrientes en la ausencia de plagas y con las variedades apropiadas. El rendimiento potencial en una región puede ser estimado por los rendimientos récord alcanzado” (Melgar, 2014, p.24).

“El rendimiento teórico es calculado a través de modelos de simulación basados en la fenología y fisiología de la caña de azúcar, y es posible alcanzarlo con el apoyo de la biotecnología y la agricultura de precisión” (Melgar, 2014, p.24).

“Los rendimientos récord de caña de azúcar alcanzan aproximadamente un 65 por ciento del rendimiento teórico, por lo que existe un alto potencial para incrementarlos. Los factores limitantes de la producción pueden ser:

agronómicos: malezas, plagas, enfermedades nutrientes. Limitantes ambientales: agua, radiación, temperatura. Suelo: salinidad, sodicidad. Limitantes fisiológicas: fenología, fisiología, arquitectura, citología actual, obtenible potencial teórico control de malezas, plagas y enfermedades, fertilización riegos manejo de suelos variedades, época de siembra, densidad biotecnología, agricultura de precisión” (Melgar, 2014, p.24).

1.4. Períodos de cosecha (zafra)

“La caña de azúcar en Guatemala se cosecha en la época seca (verano), de noviembre a abril, aunque en algunos casos dependiendo de los volúmenes de producción puede extenderse hasta mediados de mayo” (Melgar, 2014, p.296).

“La cosecha o zafra está dividida en tercios, debido a las diferencias en productividad de azúcar en el transcurso de la zafra. El primer tercio comprende los dos primeros meses (noviembre y diciembre); el segundo tercio es en enero y febrero; y el último tercio comprende los meses de marzo y abril (ocasionalmente puede llegar a mediados de mayo)”(Melgar, 2014, p.297).

“El primer tercio (noviembre y diciembre) se caracteriza por ser el de mayor productividad en toneladas de azúcar por hectárea TAH, dado principalmente por un rendimiento superior de las toneladas de caña de azúcar por hectárea TCH de un 9 por ciento en relación con el promedio y un buen contenido de azúcar”(Melgar, 2014, p.297).

“El segundo tercio (enero y febrero) en el periodo 2007/2008 a 2010/2011, se caracteriza por ser el de mayor concentración de azúcar, aunque su productividad en TAH es 4 por ciento inferior al promedio de ese período, y con

un rendimiento de TCH 12 por ciento menor al primer tercio; su productividad en TAH es intermedia” (Melgar, 2014, p.297).

“El tercer tercio (marzo y abril) se caracteriza por ser el de menor productividad en TAH; con un 28 por ciento menos TAH en relación con el promedio y un 44 por ciento respecto al primer tercio” (Melgar, 2014, p.297).

“En general, el porcentaje de caña molida en cada tercio varía; en promedio para las últimas cinco zafras ha sido de 29 por ciento para el primer tercio; 39 por ciento en el segundo y 32 por ciento para el tercer tercio” (Melgar, 2014, p.298).

“Durante la zafra, generalmente se cosecha el 100 por ciento de los campos cultivados con caña de azúcar a una edad de 11.9 meses, con variaciones según el estrato altitudinal, de 11.74 a 11.99 meses de edad. La edad de cosecha es un poco mayor en el estrato alto” (Melgar, 2014, p.298).

1.5. Sistemas de cosecha

El sistema de cosecha de caña de azúcar en Guatemala se transformó a partir de 1981, cuando se introduce el sistema de corte de caña con machete australiano y el alce mecánico; en sustitución del sistema maletado (cortar la caña, trocearla, cargarla, acomodarla y amarrarla) que tenía eficiencia entre 1 a 1.5 toneladas de caña/hombre día tchd. Con el nuevo sistema se simplificó la labor del cortador a cortar, acomodar la chorra y despuntar, la labor de carga y acomodamiento de la caña fue realizada con la alzada mecánica. Ya en la zafra 1981/1982 la eficiencia del cortador fue de 2.4 tchd; en la zafra 1983/1984, de 4.2, y en la zafra 1989/1990, de 5.35 tchd. Los beneficios de este nuevo sistema fueron poder proveer a las fábricas con suficiente materia prima (caña de azúcar) durante las 24 horas e incrementar el ingreso de los

cortadores (Cabarrús y Madrid, 1983 y Méndez, 1990). A la fecha este es el sistema que sigue prevaleciendo (Melgar, 2014, p.298).

Figura 1. **Chorra continua**



Fuente: Melgar, (2014). *El cultivo de caña de azúcar de Guatemala*. p. 301.

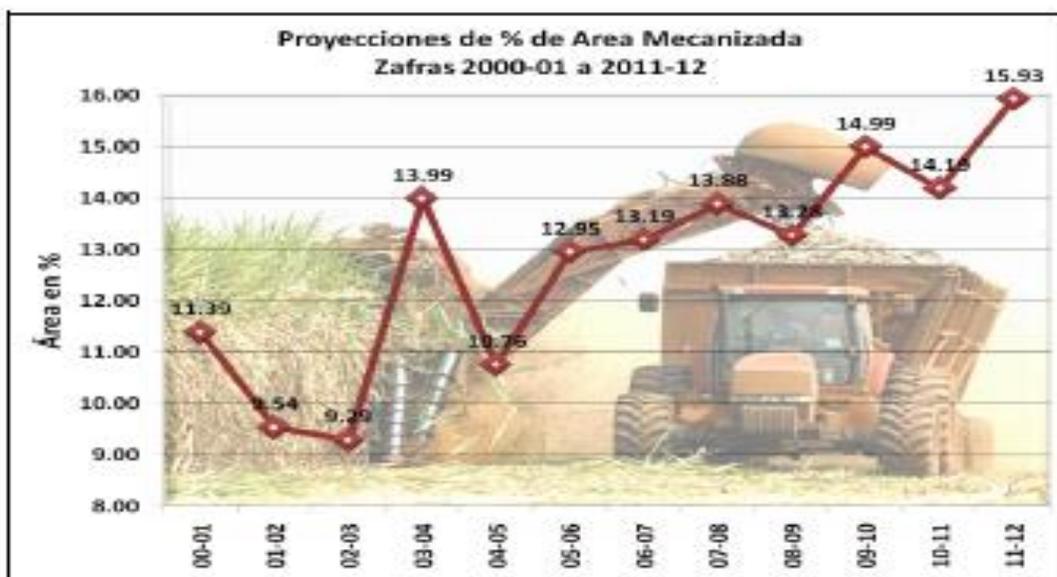
- Cosecha mecanizada

“Este tipo de cosecha en la zafra 2010/2011 se realizó en 30,080 ha, lo que representó un 14 por ciento de la caña cosechada. La mayoría de esta caña fue cosechada en verde (90 %). En la mayoría de los ingenios, la cosecha mecanizada se usa como un apoyo cuando hay falta de cortadores para el corte manual. El porcentaje de cosecha mecanizada por ingenio varía desde el 5 al 33 por ciento” (Melgar, 2014, p.303).

“Las eficiencias obtenidas por cosechadora en la zafra 2010/2011 son de 35.36 toneladas de caña/hora cosechadas y de 478 toneladas de caña cosechadas/día” (Melgar, 2014, p.303).

“En la figura 2 se presenta el área en porcentaje de cosecha mecanizada en el periodo 2000/2001 al 2011/2012” (Melgar, 2014, p.303).

Figura 2. **Área en porcentaje cosechada con cosechadoras mecanizadas período 2000/2001 a 2011/2012**



Fuente: Melgar, (2014). *El cultivo de caña de azúcar de Guatemala*. p. 303.

1.6. Morfología de la caña de azúcar

“La caña de azúcar es una planta herbácea de gran tamaño que se cultiva en países tropicales y subtropicales. Es un híbrido complejo de varias especies, derivadas principalmente del *Saccharum officinarum* y otras especies de

Saccharum. La caña se propaga vegetativamente sembrando trozos de sus tallos. La nueva planta o retoño crece a partir de los cogollos o yemas de los nudos del tallo, asegurando así una descendencia uniforme. En el proceso de reproducción de la caña se desarrollan y ensayan continuamente nuevas variedades en búsquedas de nuevas y mejores plantas” (Rein, 2012, p. 37).

“Este procedimiento se ha constituido en un factor fundamental para el mejoramiento de la productividad en la industria de la caña de azúcar” (Rein, 2012, p.37).

- El sistema radicular

“Las raíces cumplen la doble función de anclaje y absorción de agua y nutrientes; hay dos tipos de raíces: raíces primordiales, se originan en el anillo de crecimiento del trozo que se siembra, duran hasta que aparecen raíces en los nuevos macollos; raíces permanentes; son emitidas por la macolla; la cantidad, longitud y edad de las raíces depende de la variedad, tipo de suelo y humedad” (Ixpata, 2014, p.2).

- El tallo

“Constituye la parte del valor económico en la caña de azúcar, debido a que en él se almacenan los azúcares; son cilíndricos, más o menos erectos, de longitud y color variable, está formado por secciones sucesivas denominadas entrenudos, divididos por zonas más duras y prominentes llamada nudos. La caña forma cepas constituidas por: tallos primarios, si se originan, de una yema de la semilla vegetativa original; secundaria, si se originan de una yema del tallo primario, terciario si se originan de una yema del tallo secundario y así sucesivamente” (Ixpata, 2014, p.2).

- Las yemas

“Es el órgano vegetativo de la planta, se encuentra ubicada en la depresión del tallo en cada nudo, son escamosos y cónicas antes del desarrollo, tomando una forma arredondeada y aplastada después del mismo” (Ixpata, 2014, p.3).

- La inflorescencia

“La flor es una panícula sedosa denominada espiga, posee flores hermafroditas. El proceso de floración es altamente sensible al ambiente. Influyen en la floración: el fotoperiodo, la temperatura, humedad, nivel de nutrientes del suelo y estado de crecimiento” (Ixpata, 2014, p.3).

1.7. Siembra de la caña de azúcar

“La caña se siembra en un agujero poco profundo o en surcos en la parte superior de un camellón de una o varias hileras. La caña se cubre por medio de un azadón o de una rastra de discos y se añaden herbicidas de preemergencia poco después de la siembra” (Chen, 2000, p.32).

La siembra a mano o con máquina cumple el doble propósito de apilar tierra contra el vástago en desarrollo y remover o cubrir las malas hierbas. El fertilizante que no se aplica en la siembra se añade después que empieza el crecimiento. El tiempo más apropiado para la fertilización es al inicio del gran período de crecimiento y se pueden utilizar aplicaciones parciales en las temporadas largas de crecimiento. El control de plagas se realiza mediante el uso de aspersores de mochila, máquinas con un gran espacio libre sobre el terreno, o con aviones. A medida que se acerca la época de la cosecha en las áreas de regadío, es posible retardar el crecimiento y aumentar el contenido de sacarosa

limitando el nitrógeno y el agua. En las áreas de alta precipitación, el crecimiento y la madurez son controlados por el clima, la variedad seleccionada y hasta cierto punto, con productos químicos que aceleran la maduración” (Chen, 2000, p.32).

“Después de la cosecha los retoños se tratan de una manera similar a la siembra original de la caña; se pueden resembrar los espacios vacíos presentes en algunas áreas. En las siembras de soca, aumenta la población de malas hierbas y disminuye el peso de los tallos” (Chen, 2000, p.32).

“Estos factores, junto con el efecto de las enfermedades y de las cosechadoras mecánicas, tienden a limitar el número de cosechas de retoños. En algunas áreas sólo se puede recolectar la caña de la primera siembra, pero no es nada anormal hallar campos, en la zona del Caribe en donde se efectúan hasta diez o más cosechas de retoño. En los lugares en donde se practica la recolección mecanizada, o donde son severos los inviernos, tras la cosecha de la primera siembra y dos o tres cosechas de retoño, es corriente realizar un reacondicionamiento de los campos, seguidos de una nueva siembra” (Chen, 2000, p.32).

1.8. Cosecha de la caña de azúcar

“La cosecha es una de las etapas de mayor importancia en la producción de caña de azúcar. Su objetivo es recolectar la materia prima disponible en el campo con mínimas pérdidas y una alta eficiencia, con el menor tiempo entre cosecha y molienda, con bajos niveles de materias extrañas (especialmente de hojas, despunte y tierra) y con los menores costos, todo esto con el propósito de obtener azúcar de alta calidad y a precios competitivos” (Ixpata, 2014, p.4).

“

Sistema de corte mecanizado este tipo de cosecha en la zafra 2010/2011 se realizó en 30,080 ha, lo que represento un 14 por ciento de la caña cosechada. La mayoría de esta caña fue cosechada en verde (90%). En la mayoría de los ingenios, la cosecha mecanizada se usa como un apoyo cuando hay falta de cortadores para el corte manual. El porcentaje de cosecha mecanizada por ingenio varía desde el 5 al 33 por ciento. Las eficiencia obtenidas por cosechadora en la zafra 2010/2011 son de 35.36 toneladas de caña/hora cosechadas y de 478 toneladas de caña cosechadas/día” (Melgar, 2014, p.303).

1.9. Transporte de la caña al ingenio

La movilización de la caña desde los campos hasta el ingenio es mediante transporte vehicular principalmente, grandes camiones que arrastran vagones con capacidades de 20 hasta 40 toneladas, cada uno son movilizados a los patios de recepción de los ingenios. El consumo de combustible de origen no renovable (hidrocarburos) es alto, siendo esta etapa una de las más costosas en el proceso productivo de la caña. Si estos camiones y los vagones ruedan sobre la superficie de los campos de siembra, propician una excesiva compactación del suelo por donde pasan.

Además, se incluyen durante el transporte de la caña, material extraño conocido como material vegetal, que presenta bajos contenidos de sacarosa; así también, se transportan tierra y piedras, como material mineral, que desgasta los equipos de preparación y extracción a nivel de molinos”(Chen, 2000, p.39).

1.10. Materia extraña

“Es todo aquel material de origen mineral o vegetal que se mezcla con los tallos de caña cosechados y aptos para la molienda, que no es un tallo de la caña. Estos materiales pueden contener niveles de sacarosa que no son extraíbles en la fábrica de forma económica” (Ixpata, 2014, p.5).

- Efectos de la materia extraña y sus componentes

“Según la carta trimestral 3 y 4 de CENICAÑA, la materia extraña causa:

- Pérdida de azúcar en bagazo, cachaza y miel final.
- Atascamiento en las picadoras utilizadas para preparar la caña antes de su entrada a molinos.
- Aumento de color del azúcar.
- Pérdida de tiempo.
- Aumento de los costos de producción, ya que se procesa un material que no produce azúcar.
- Dificultad en la clarificación de los jugos” (Ixpata, 2014, p.6).

En las mismas cartas se describen los componentes de la materia extraña, como sigue:

- Cogollos

“Es la porción superior del tallo comprendida entre el ápice y el punto natural de quiebre. Esta sección del tallo de la caña puede contener jugo portador de sacarosa en niveles no extraíbles por la fábrica desde el punto de vista económico para la producción de azúcar” (Ixpata, 2014, p.6).

- Hojas

“Es la lámina foliar verde o seca que se incorpora con los tallos de caña en forma libre o unida a la yagua” (Ixpata, 2014, p.6).

a. Yaguas o vainas

“Es la parte de la hoja que recubre los entrenudos del tallo, en un punto que va desde la cicatriz foliar hasta la lígula” (Ixpata, 2014, p.6).

- Malezas

“Es cualquier material vegetal extraño, identificable y diferente a los definidos para la caña de azúcar” (Ixpata, 2014, p.7).

- Tallos secos o deteriorados

“Se refiere a tallos de caña rajados o quebrados, con bajos contenidos de sacarosa y humedad” (Ixpata, 2014, p.7).

- Chulquines (mamones)

“Un chulquín es un tallo joven que crece, especialmente, en el exterior de la cepa de caña, más grueso hacia la base en comparación con los demás tallos. Como no ha completado su desarrollo, no contiene sacarosa extraíble económicamente” (Ixpata, 2014, p.7).

- Raíces y rizomas

“La raíz es el órgano de la planta que, introducido en la tierra, absorbe los nutrimentos para el desarrollo de la planta y le sirve de sostén. El rizoma es un tallo subterráneo que posee yemas de las cuales brotan los tallos; produce también las raíces y, por su condición mecánica de sostener la planta, podría confundirse con la raíz” (Ixpata, 2014, p.7).

- Lalas

“Es un brote que resulta de la germinación de las yemas cuando el tallo todavía está en pie al morir el meristemo apical. Estos rebrotes se producen principalmente por cosechas tardías, aplicación de maduradores, floración o daño mecánico” (Ixpata, 2014, p.7).

- Materias extrañas de origen mineral

En las mismas cartas trimestrales de CENICAÑA, se describen los componentes de la materia extraña de origen mineral, como sigue:

- Arena, suelo y piedras

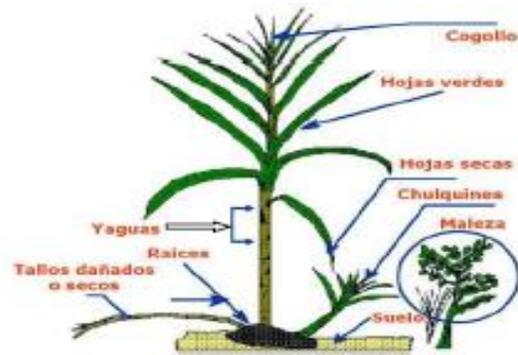
“Estos componentes de la materia extraña mineral se presentan en mayor abundancia en las épocas de lluvias. Son los más indeseables entre las impurezas que acompañan la caña, debido a sus efectos negativos en la recuperación de azúcar, ya que son altamente abrasivos” (Ixpata, 2014, p.8).

- Cepas

“Se refiere a la parte subterránea de la caña con sus respectivas raíces y tierra. Por la dificultad de separar la tierra del material vegetal, todo en su conjunto se llama cepa y hace parte del componente mineral de la materia extraña” (Ixpata, 2014, p.8).

“En la figura 3 se muestran los componentes de la caña de azúcar y los sistemas de evaluación de la materia extraña” (Ixpata, 2014, p.8).

Figura 3. Componentes de la caña



Fuente: Ixpata, (2014). *Comparación de métodos de muestreo par detección de materia extraña en caña de azúcar previo al procesamiento industrial.* p.8.

- Materia extraña proveniente del campo

La materia extraña del campo incluye hojas, puntas, tallos muertos, raíces, tierra, etc., recogidas junto con la caña. Las materias extrañas afectan las pérdidas de recuperación y la pureza de las mieles finales. Al moler la caña quemada se obtiene jugo con 20 a 30% menos sólidos en suspensión, se incrementa la capacidad de la molienda en 13 a 15%, se reduce la duración de la temporada de cosecha, se incrementa la extracción en un 0.47% y baja el consumo de energía por tonelada de caña (18% en las cuchillas; 25% en la desfibradora y 12% en el primer molino) (Chen, 2000, p.43).

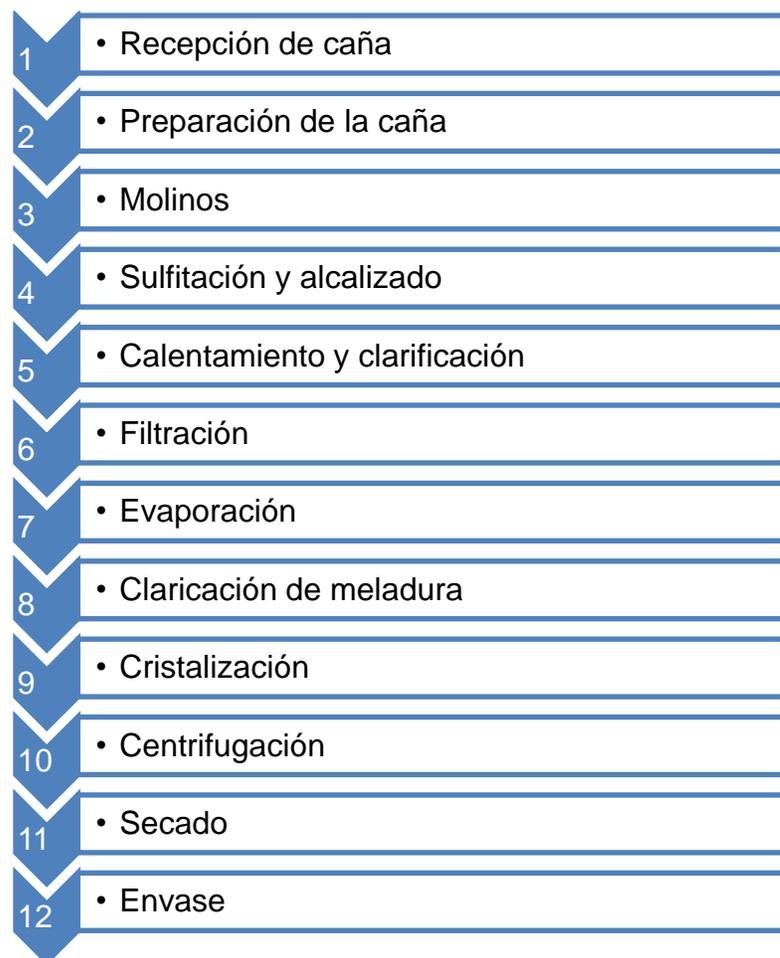
- Diferencia de materia extraña entre la caña quemada y la caña verde

Una comprobación llevada a cabo en Queensland entre la caña verde y la caña quemada mostró que las bacterias del género *Leuconostoc* crecen rápidamente en la caña quemada y cortada, por lo que, el nivel de dextrana (son polisacáridos constituidos por unidades de glucosa) se incrementa con rapidez. La producción de dextrana es de cero o muy ligera en la caña verde. Sin embargo, la hoja en la caña verde incrementa el color y disminuye la capacidad de filtración. Asimismo,

la caña verde reduce la velocidad de molienda y ocasiona resbalamiento en un transportador de caña que tenga una inclinación excesiva. De hecho, la basura puede clasificarse como fibrosa o terrosa (Ixpata, 2014, p.9).

“La basura fibrosa consistente en puntas de caña, hojas y raíces. La basura terrosa consiste en lodo o tierra” (Ixpata, 2014, p.9).

Figura 4. **Diagrama de flujo de los procesos de fabricación en un ingenio azucarero**

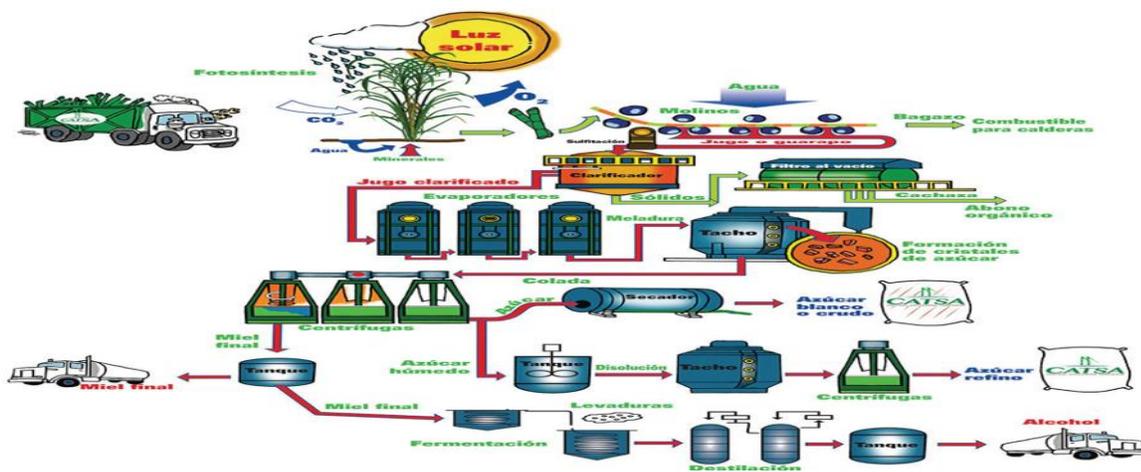


Fuente: elaboración propia.

1.11. Fabricación

“El proceso de fábrica de la caña de azúcar, consiste en la obtención del azúcar a través de procesos físicos y químicos desde la recepción de la caña de azúcar, los patios hasta su envasado y distribución” (Chen, 2000, p.73).

Figura 5. Diagrama de flujo de operaciones de un ingenio azucarero



Fuente: Canales,(2014) p.75.

1.11.1. Recepción de la caña

“El control de calidad de la caña inicia en el momento de recepción en el ingenio, donde deben cumplirse ciertas características de calidad, tales como: fresca, madurez, limpieza, sin presencia de hongos, enfermedades, daño de plagas, ni carbonizadas, etc. Dichas características son controladas de forma visual a la hora de entrega de la materia prima” (Estrada, 2012 p.10).

“Durante la cosecha se debe tener como meta la entrega de tallos de caña de azúcar de buena calidad a los molinos de la fábrica. La calidad, medida por el contenido de sacarosa y de basura, se reduce por los daños a los que se

somete la caña al ser transportada a la fábrica y a la demora de dicha entrega” (Estrada, 2012, p.11).

“Por lo general, el deterioro de la caña tiene lugar mediante procesos enzimáticos, químicos y microbianos., el pago basado en la calidad así como el tonelaje, aumenta el incentivo para mejorar la calidad”(Chen, 2000, p. 41).

1.11.2. Muestreo y control de la caña

Uno de los problemas más complicados en la industria de la caña es el de obtener muestras representativas de la misma, así como diversos productos de las diferentes etapas del proceso. Además, el control de la características de calidad de la caña, su recepción y rechazo se convierten en uno de los procesos más complejos en la producción de azúcar, debido a que se ven involucrados muchos factores e intereses tales como las cuotas de los proveedores, estado de la caña, azúcar recuperable, etc.(Estrada, 2012, p.11).

“El muestreo mediante la perforación de muestras de una masa de caña en vagones ha sido desarrollado en los últimos años. El que ha alcanzado mayor difusión en la industria cañera es el muestreador conocido como coresampler, como el presentado en la figura” (Estrada,2012, p.13).

Figura 6. **Vista general de un coresampler**



Fuente: Estrada, 2012, *Comparación de cinco métodos analíticos para determinar la calidad de la caña de azúcar*.p.13.

“La toma o núcleos obtenidos a través del muestreador son sometidos a un submuestreo para seleccionar la porción a la cual se le aplicará el análisis en el laboratorio. Una de las técnicas más comunes es someter la caña obtenida del muestreador a un desmenuzador o desintegrador, para convertirla en fibra, y después ser homogeneizada y pesada para obtener la submuestra deseada” (Estrada, 2012, p.13).

1.11.3. Procedimientos analíticos

“Una vez que se haya obtenido un porción de caña desfibrada y homogeneizada, se toma una submuestra de peso determinado, para ser analizada por diferentes procedimientos analíticos” (Estrada, 2012, p.13).

“Los parámetros más importantes y que definen la calidad de la caña son el porcentaje de sacarosa y de fibra. El porcentaje de sacarosa se conoce en la industria cañera como grado pol de la caña, siendo ambas medidas equivalentes” (Estrada, 2012, p. 13).

1.11.4. Preparación de la caña

“El proceso de reducir la caña alimentada al molino hasta partículas de menor tamaño, adecuadas para el proceso de extracción, se denomina preparación de la caña. La reducción de tamaño es conseguida generalmente con el uso de picadoras o cuchillas rotativas localizadas sobre el sistema de conductores de caña y/o el paso de la caña por una desfibradora con martillos basculante. La eficiencia y la capacidad de la planta de extracción dependen considerablemente de la preparación de la caña” (Rein, 2012, p.91).

“El equipo de preparación de caña puede representar más de 25% de la demanda total de potencia en una fábrica. El tipo de accionamiento empleado y la eficiencia con la cual la potencia es utilizada son por lo tanto muy importantes” (Rein, 2012, p.91).

“En conductores de tallos enteros de caña normalmente se instala un nivelador antes de cualquier equipo de preparación para lograr una alimentación uniforme a las picadoras” (Rein, 2012, p.91).

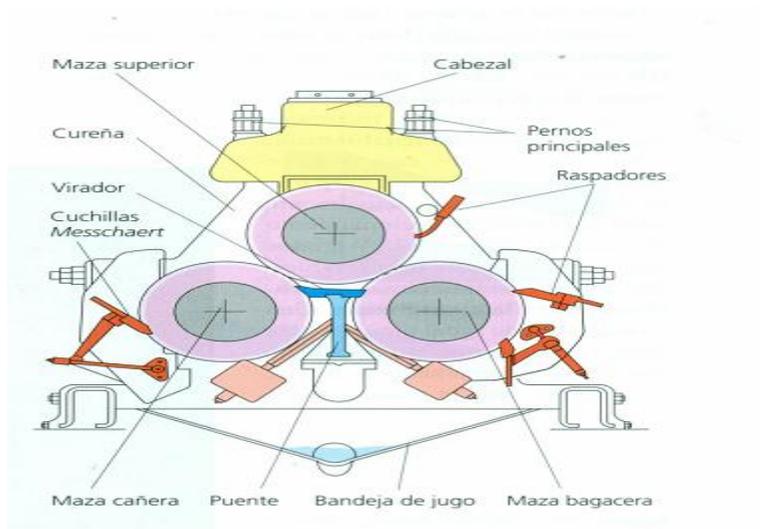
“Con trozos de caña cosechada mecánicamente esto usualmente no es necesario debido a que la manipulación de trozos facilita lograr un nivel uniforme en los conductores alimentadores en forma consistente” (Rein, 2012, p.91).

1.11.5. Molienda de caña

“El objetivo de la molienda de la caña es separar al jugo que contiene sacarosa del resto de la caña, constituido principalmente por fibra. El término 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” (Rein, 2012, p.117).

Figura 7. Molinos de caña de azúcar



Fuente: Rein, (2012). *Ingeniería de la caña de azúcar*. p.127.

“Se puede asumir que la caña está conformada por tres componentes, cada uno con dos subcomponentes:

- Fibra, que consiste de fibra vegetal materia insoluble que no es fibrosa, pero que está incluida en la fibra obtenida en el análisis de caña y bagazo y a veces medida como cenizas.
- Sólidos disueltos, también conocidos como brix, que consisten de la materia en caña, soluble en agua: sacarosa (usualmente se mide en forma aproximada como polarización o pol). No sacarosa (demás

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

- Agua: consiste de agua disponible (el solvente en que sacarosa y no sacarosa están disueltos).
- Agua libre de brix (agua que está ligada a la estructura celulósica de la caña, por tanto no se encuentra disponible como un solvente para la sacarosa y no sacarosa y no es extraída en el proceso de molienda” (Rein, 2012, p.117).

“En los molinos la caña es exprimida utilizando elevadas presiones entre pares de mazas o rodillos consecutivos. Estos 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 al jugo se denomina bagazo” (Rein, 2012, p.117).

“Una parte de la no sacarosa es más difícil de extraer que la sacarosa. Esto se evidencia en el hecho de que el jugo extraído en el primer molino (jugo de primera extracción) tiene siempre una mayor pureza que el jugo diluido, mientras que el jugo extraído al final del tren de molinos (jugo de última extracción) es siempre menor pureza. El jugo residual que queda en el bagazo tiene inclusive una menor pureza” (Rein, 2012, p.118).

“El porcentaje de imbibición adecuado debe estar entre 20 a 25% o ser mayor, y se debe lograr un porcentaje de extracción diluida entre 96 a 98% o mayor, todo esto se traducirá posteriormente en eficiencias elevadas de recuperación de azúcar. Los mejores procedimientos de molienda logran extraer del jugo de la caña más del 95% del azúcar que contiene, este

porcentaje se llama extracción de sacarosa (pol de extracción), por la continua trituración tiene lugar una reducción en el brix, la polarización y la pureza, con el consecuente aumento de los no azúcares” (Chen, 2000, p.108).

“En lo que respecta a la composición del jugo extraído, mientras más sacarosa se extraiga, mayor será la proporción de materiales indeseables que acompañan a la sacarosa. No solo es cuestión de menor pureza, sino también del carácter de los agentes que reducen la pureza” (Rein, 2012, p.153).

“El bagazo final que sale del último molino contiene el azúcar no extraído, la fibra leñosa y de 40 a 50% de agua. Este bagazo contiene jugo con sólidos azucarados que ya no se pudieron extraer. El porcentaje de pol en el bagazo que sale del último molino no deberá sobrepasar entonces el 3%, manteniéndose en valores menores a 1%” (Chen, 2000, p.111).

“Dentro y alrededor de los molinos tienen lugar pérdidas considerables de azúcar. Se calcula que la pérdida de azúcar alrededor de los molinos es de 13% debido a la inversión química, 25% a causa del efecto enzimático y 62% al crecimiento microbiológico. Las pérdidas por inversión deben mantenerse por debajo de 0.23 kilogramos/TC, evitando sobrepasar las 0.41 kilogramos/TC. Entre los parámetros que se manejan en la molienda se encuentran los siguientes” (Chen, 2000, p. 115).

1.11.6. Sulfatación y alcalizado

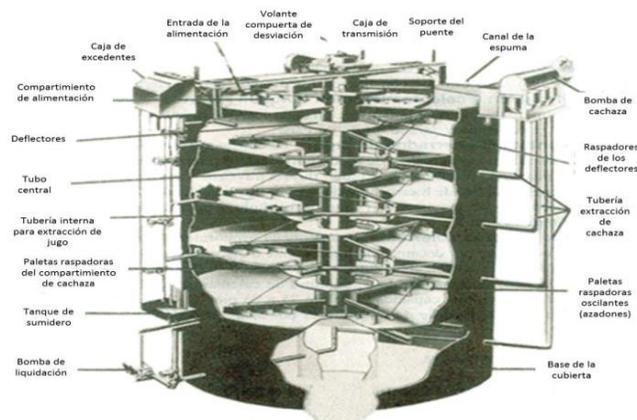
“El jugo que se extrae en el molino se llama jugo diluido o mixto y tiene un pH de 5.4 - 5.5. Este es sulfitado en torres de absorción que producen SO₂ en contracorriente para eliminar los compuestos formadores de color, este jugo se llama jugo sulfitado y tiene un pH alrededor de 4.7 – 4.9” (Canales, 2014, p. 75).

“Al jugo sulfitado se le añade una lechada de cal para neutralizar la acidez e iniciar los procesos de floculación, que permiten la separación de los sólidos no azúcares que han entrado con la caña. Este jugo alcalizado tiene un pH de 7.2 – 7.5” (Hugot, 1986, p.410).

1.11.7. Calentamiento y clarificación

“El jugo alcalizado se calienta con vapor en intercambiadores de tubo y coraza hasta una temperatura de 102-105 °C y se dispone en tanques clarificadores de 65,000 galones de volumen cada uno y tres horas de retención, donde los sólidos no azúcares floculados por la alcalización y el calentamiento se precipitan por gravedad en forma de un lodo llamado cachaza, que se saca con bombas que van para el cachazon. El jugo clarificado sobrante se pasa por tamices finos para remover partículas y se envía a los evaporadores” (Rein, 2012, p.235).

Figura 8. Diagrama de un clarificador tipo Dorr Oliver



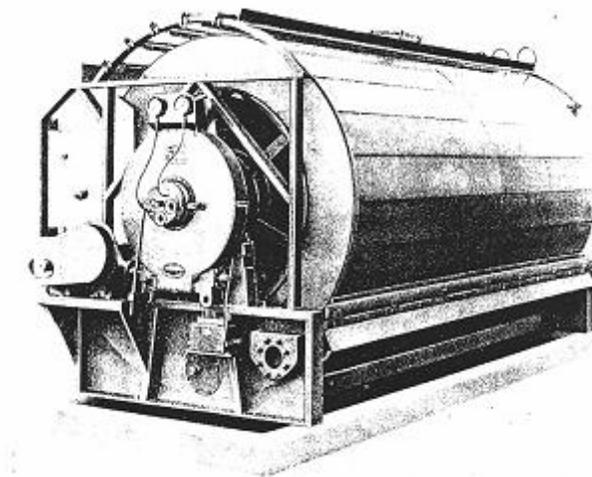
Fuente: Chen, J. C. P. (1991). *Manual del azúcar de caña*. p.133.

1.11.8. Filtración

“Los lodos o cachaza contienen azúcar y para retirársela se someten a un proceso de filtración al vacío. Inicialmente a los lodos se les agrega bagacillo, cal y floculante para aumentar su filtrabilidad y son bombeados hacia filtros rotatorios al vacío donde se separan los sólidos del jugo resultante”(Rein, 2012, p.288).

“En el filtro se aplica agua caliente con boquillas aspersoras para minimizar la cantidad de sacarosa residual en la cachaza. La materia sólida o torta del filtro se conduce por medio de gusanos sin fin para que sea recogida en vagones para pesarla y disponerla en el campo como estabilizador de suelos pobres en materia orgánica. El jugo turbio resultante de este proceso de filtración es enviado nuevamente a los tanques de jugo alcalizado para su tratamiento”(Rein, 2012, p.302).

Figura 9. **Diagrama de un filtro rotativo para lodos al vacío**



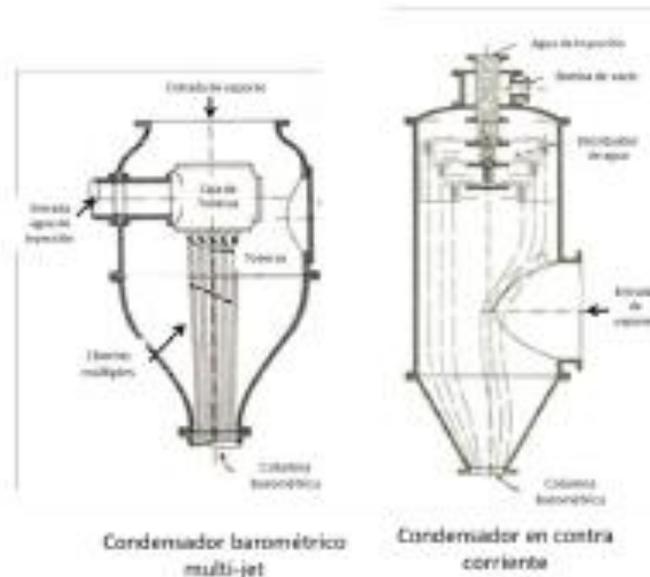
Fuente:Hugot.(1986).*Manual para ingenieros azucareros*.p. 479.

1.11.9. Evaporación

“El jugo clarificado se recibe en los evaporadores con un contenido de sólidos de 15 brix, se concentra por evaporación de múltiple efecto y se entrega con un brix de 65. Este jugo concentrado se denomina meladura”(Rein, 2012, p.313).

“La estación de evaporación consta de una línea de evaporadores tipo Robert en arreglo de quíntuple efecto con un área de evaporación total de 112,000 pies cuadrados. Cada evaporador está provisto de instrumentación y equipo de control que permite medir el nivel de jugo en las calandrias, temperatura, alimentación, etc.”(Rein, 2012, p.313).

Figura 10. **Esquemas de condensadores barométricos tipo multi-jet y tipo contra corriente**

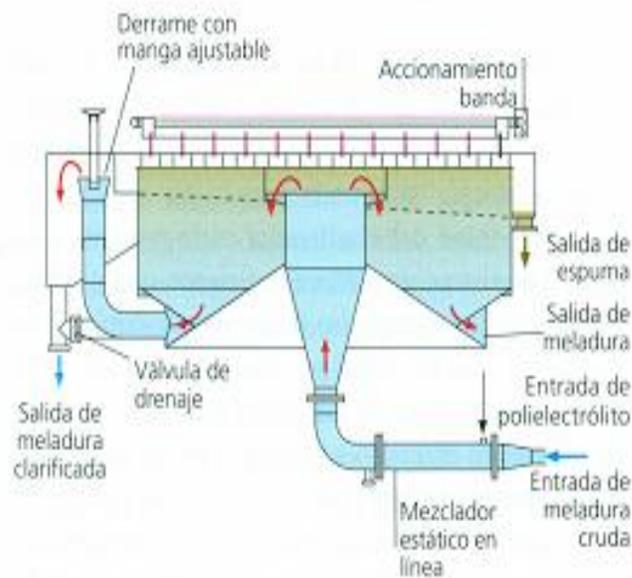


Fuente: Chen, (1991). *Manual del azúcar de caña*. p. 262.

1.11.10. Clarificación de la meladura

“La meladura se somete a una segunda clarificación por flotación con ácido fosfórico, floculante, cal y aire para separarle la espuma que contiene los sólidos no azúcares que no se eliminaron en la clarificación inicial del jugo alcalizado (evaporadores de simple efecto), para concentrarla y lograr la cristalización de la sacarosa”(Rein, 2012, p.394).

Figura 11. Clarificador de meladura



Fuente: Rein, (2012). *Ingeniería de la caña de azúcar*. p. 402.

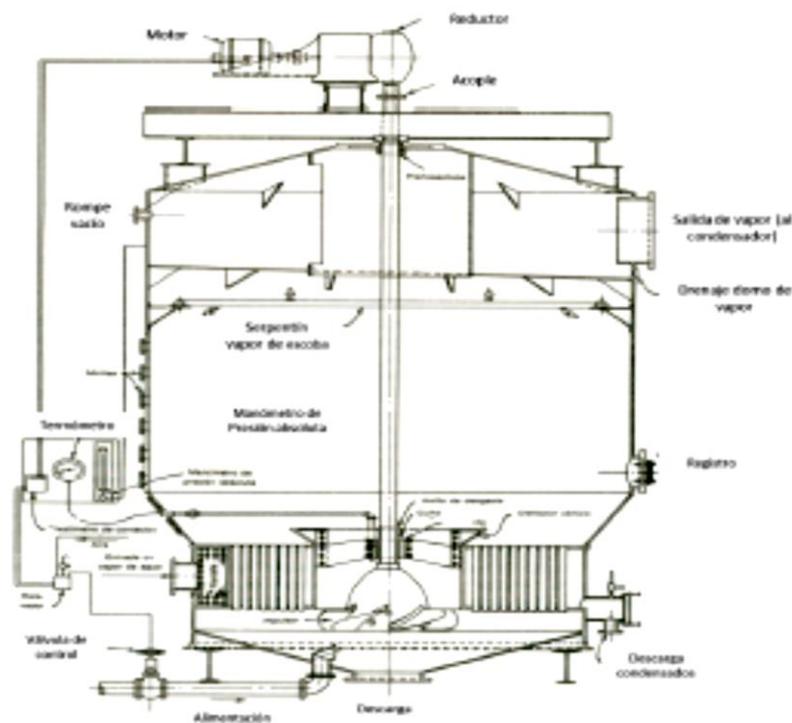
1.11.11. Cristalización

“La sacarosa contenida en la meladura y miel para producir terceras se cristaliza llevándola hasta la zona meta estable de sobresaturación por evaporación al vacío en equipos denominados tachos”(Rein, 2012, p.409).

“El material resultante que contiene líquido (miel) y cristales (azúcar) se denomina masa cocida.

El trabajo de cristalización se lleva a cabo empleando el sistema de doble magma con mieles segundas y magma de tercera o azúcar de tercera, para hacer segundas y azúcar de segunda, para hacer primeras con meladuras” (Rein, 2012, p.418).

Figura 12. **Diagrama de un tacho con calandria de tubos y agitador mecánico**



Fuente: Chen, (1991). *Manual del azúcar de caña*. p. 312.

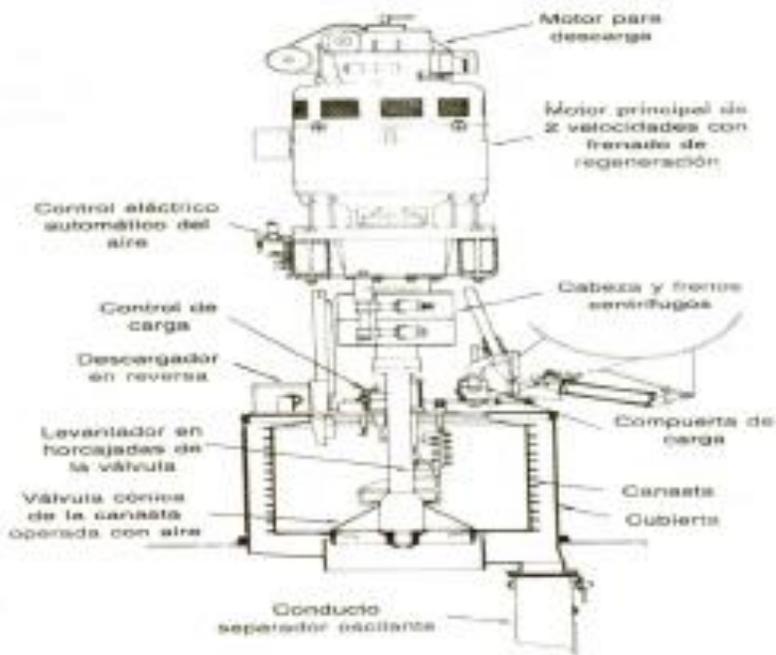
1.11.12. Centrifugación

“Los cristales se separan del licor madre mediante fuerza centrífuga en tambores rotatorios que contienen mallas en su interior. Durante el proceso de centrifugado, el azúcar se lava con agua caliente para eliminar la película de miel que recubre los cristales y por medio de conductores y elevadores para conducirla a la secadora”(Rein, 2012, p.487).

“La miel que sale de las centrífugas se bombea a tanques de almacenamiento de mieles de los tachos para posteriores cocimientos en los mismos.

De la masa tercera se obtiene una miel agotada o miel de purga que se retira del proceso y se comercializa para alimentación de ganado y/o como materia prima para la producción de alcoholes, que se llama miel final o melaza”(Rein, 2012, p.523).

Figura 13. Diagrama de una centrífuga automática y sus partes principales



Fuente: Chen, (1991). *Manual del azúcar de caña*. p. 435.

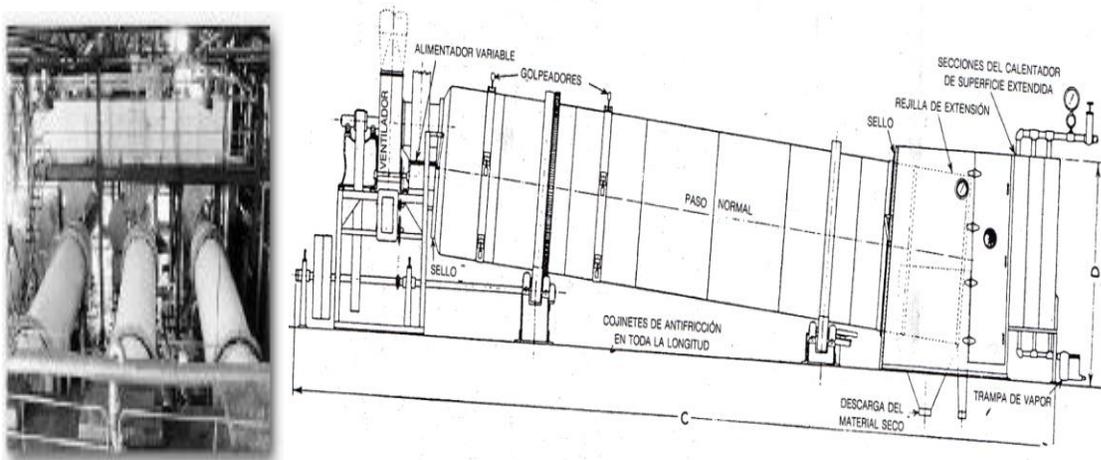
1.11.13. Secado

“La azúcar húmeda que sale de las centrífugas (0.5% humedad) se transporta por elevadores y bandas para alimentar la secadora, que consiste en un tambor rotatorio inclinado en el cual el azúcar se coloca en contacto con aire caliente que entra en contracorriente.

El aire se calienta con vapor en intercambiadores tipo radiador y se introduce a la secadora con ventilador de tiro inducido.

El azúcar seco sale por el extremo opuesto de la secadora, donde se instala una malla clasificadora para remover los terrones de azúcar”(Rein, 2012, p.535).

Figura 14. **Máquina secadora de azúcar**

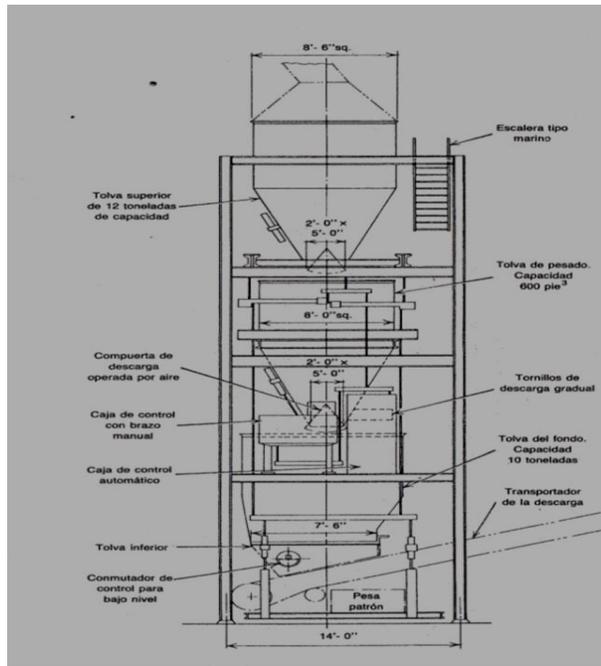


Fuente: Chen, (1991). *Manual del azúcar de caña*. p. 662.

1.12. **Envase**

“El azúcar seco (0.05 % humedad) con temperatura cercana a los 50 °C se empaqueta en sacos de 50 kilogramos y se despacha a las bodegas de producto terminado”(Rein, 2012, p.535).

Figura 15. Diagrama de una empacadora de azúcar



Fuente: Chen, (1991). *Manual del azúcar de caña*. p. 453.

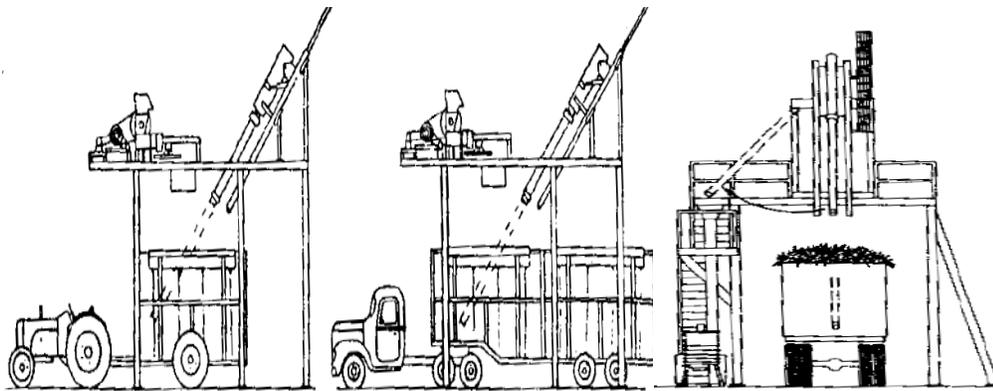
2. CORE SAMPLER

El coresampler es un equipo diseñado para extraer muestras de caña por medio de una sonda giratoria a través de un sistema de movimiento mecanizado. Este sistema permitirá resultado rápido, preciso, fiable y justo para los agricultores, así como a los ingenios.

El coresampler es una estructura metálica acondicionada con un cilindro afilado que gira a gran velocidad cortando los tallos de caña que lleva un vehículo de carga, el accionamiento del cilindro lo realiza un sistema hidráulico.

“Este muestreador mecánico permite extraer una muestra representativa de caña a partir de los camiones cargados con caña para determinar características de calidad como contenido de sacarosa, fibra y nivel de impurezas. Puede ser de sonda oblicua u horizontal” (Rein, 2012, p.58).

Figura 16. Vista general de un coresampler



Fuente: Chen, (1991). *Manual de azúcar de caña*. p. 810.

2.1. Operación del coresampler horizontal

“Tres perforaciones en puntos diferentes, cada submuestra se debe descargar previo a la toma de la siguiente muestra. Las perforaciones se realizan en un mismo equipo en forma diagonal (arriba, en medio y abajo diagonalmente, se pretende la toma de puntas, secciones medias y bases de tallos de la caña)” (Informe anual 2013-2014 CENGICAÑA, p.134).

Figura 17. Diagrama de la forma correcta para tomar muestras



Fuente: CENGICAÑA, Informe anual 2013-2014. p. 134.

2.2. Operación del coresampler inclinado

“Opción 1, dos perforaciones individuales en el mismo punto se debe realizar la descarga de la muestra que se obtiene en cada perforación. La primera perforación se realiza con una menor profundidad que la segunda” (Informe anual 2013-2014 CENGICAÑA. p.134).

“Opción 2, una perforación, la misma se realiza buscando la penetración de la sonda para la toma de una cantidad de muestra de caña que garantice el

objetivo, un mínimo de 10 kg de caña de azúcar” (Informe anual 2013-2014 CENGICAÑA. p.134).

- Control en la toma de la muestra, representatividad

“Un tallo de caña tiene un peso que oscila entre 1 kg a 1.25 kg, por lo tanto en el muestreo con sonda inclinada y sonda horizontal (tres puntos de muestreo), la representatividad conlleva que deben existir un número de puntas de caña de azúcar en una proporción entre 75 a 100 por ciento del peso en kg de la muestra”(Informe anual 2013-2014 CENGICAÑA. p.134).

“Nota: Con base en la calidad de la muestra en aspectos de tamaño de trozos de caña y daño en la caña (extracción de jugo) durante la etapa de operación del coresampler, que se ha observado en los laboratorios y tomando en cuenta las condiciones de la forma de crecimiento de la caña de azúcar en Guatemala, durante su desarrollo, la caña normalmente se cae (no es erecta), por lo anterior se ha observado que con la sonda horizontal se obtiene un mejor desempeño en la obtención de una muestra de mejor calidad, que la obtenida con la sonda inclinada”(Informe anual 2013-2014 CENGICAÑA. p.134).

Figura 18. Muestras de caña recolectadas con coresampler inclinado

Muestra no aceptable	Muestra aceptable	Muestra deseada
		

Fuente: CENGICAÑA, Informe anual, 2013-2014. p. 135.

3. PLAN DE MANTENIMIENTO

3.1. Antecedentes del mantenimiento

“Desde el principio de la humanidad, hasta finales del siglo XVII, las funciones de preservación y mantenimiento no tuvieron un gran desarrollo debido a la menor importancia que tenía la máquina con respecto a la mano de obra, ya que hasta 1880 el 90% del trabajo lo realizaba el hombre y la máquina solo hacía el 10%. La conservación que se proporcionaba a los recursos de las empresas era solo mantenimiento correctivo (las máquinas solo se reparaban en caso de paro o falla importante)” (Valdez, 2009, p. 44).

Con la Primera Guerra Mundial en 1914, las máquinas trabajaron a toda su capacidad y sin interrupciones, por este motivo la máquina tuvo cada vez mayor importancia. Así nació el concepto de mantenimiento preventivo que a pesar de ser oneroso (caro) era necesario.

A partir de 1950, gracias a los estudios de fiabilidad se determinó que a una máquina en servicio siempre la integraban 2 factores: la máquina y el servicio que esta proporciona. De aquí surge la idea de preservar, o sea, cuidar que este dentro de los parámetros de calidad deseada. De esto se desprende el siguiente principio (Valdez, 2009, p.44).

“El servicio se mantiene y el recurso se preserva: por esto se hicieron estudios cada vez más profundos sobre fiabilidad y mantenibilidad. Así nació la ingeniería de conservación (preservación y mantenimiento). El año de 1950 es la fecha en que se toma a la máquina como un medio para conseguir un fin, que es el servicio que esta proporciona” (Valdez, 2009, p.45).

“La necesidad de organizar adecuadamente el servicio de mantenimiento con la introducción de programas de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo hace ya varias décadas en base, fundamentalmente, al objetivo de optimizar la disponibilidad de los equipos productores”(Valdez, 2009, p.45).

“Posteriormente, la necesidad de minimizar los costos propios de mantenimiento acentúa esta necesidad de organización mediante la introducción de controles adecuados de costos.

En los últimos años, la exigencia a que la industria está sometida de optimizar todos sus aspectos, tanto de costos, como de calidad, como de cambio rápido de producto, conduce a la necesidad de analizar de forma sistemática las mejoras que pueden ser introducidas en la gestión, tanto técnica como económica del mantenimiento. Todo ello ha llevado a la necesidad de manejar desde el mantenimiento una gran cantidad de información”(Valdez, 2009, p.45).

“Por lo tanto el objetivo principal del mantenimiento planeado es evitar que se produzcan fallos o averías en pleno funcionamiento de la producción.

Además, con la programación de las actividades de mantenimiento mediante un plan de mantenimiento preventivo se debe lograr con el mínimo costo, un mayor tiempo de servicio en las instalaciones y maquinarias productivas, con el fin de conseguir la máxima disponibilidad aportando la mayor productividad y calidad del producto y máxima seguridad de funcionamiento” (Valdez, 2009, p.46).

Por lo tanto una vez que se han programado y aplicado las actividades de mantenimiento de una manera sistemática, la empresa obtendrá los siguientes beneficios:

- Reduce las fallas y tiempos muertos (incrementa la disponibilidad de equipos e instalaciones).
- Incrementa la vida de los equipos e instalaciones.
- Mayor eficiencia en el funcionamiento.
- Los equipos e instalaciones dan un gran indicio de confiabilidad al tener seguridad en sus condiciones de funcionamiento.
- La vida útil de las maquinas incrementa al no estar sujetos a continuas reparaciones.
- Mejora la utilización de los recursos.
- Reduce los niveles del inventario.
- Disminución de los costos de reparación” (Valdez, 2009, p. 46).

3.2. Definición de mantenimiento

“El mantenimiento es la serie de tareas o trabajos que hay que ejecutar en algún equipo o planta, a fin de conservarlo eficientemente para que pueda brindar el servicio para el cual fue creado” (Hernández, 2010, p.39).

“Para el Departamento de Maquinaria, el objetivo del mantenimiento es la conservación, ante todo del servicio que están suministrando las máquinas; este es el punto esencial y no como erróneamente se ha creído, que el mantenimiento está obligado a la conservación de tales elementos. El servicio es lo importante y no la maquinaria o equipo que los proporciona, Por lo tanto, se debe de equilibrar en las labores de mantenimiento los factores esenciales siguientes: calidad económica del servicio, duración adecuada del equipo y costos mínimos de mantenimiento” (Hernández, 2010, p.39).

“La adquisición de equipo nuevo acarrea costos elevados, pues inicialmente su depreciación es muy acelerada, aunque se compensa, ya que necesita menos gastos de mantenimiento y la expectativa de falla es menor” (Hernández, 2010, p. 39).

“Conforme transcurre el tiempo, el equipo se va deteriorando y sus componentes van sufriendo desgastes, que necesariamente obligan a un aumento de las frecuencias de fallas de servicio y los costos de mantenimiento se incrementan; además, el cambio de repuestos es más costoso debido a la dificultad de obtenerlos, por no tener existencia en las bodegas y que el fabricante no garantice la existencia de estos por periodos muy grandes” (Hernández, 2010, p.39).

“Por otro lado, un aumento en la frecuencia de fallas del servicio, causa pérdidas en el ingreso que origina la prestación del mismo, de tal manera que estos costos aumentan en forma considerable, hasta ser prácticamente prohibitivos al final de la vida de la maquinaria” (Hernández 2010, p.40).

3.3. Tipos de mantenimiento

“Como es del conocimiento, la función del mantenimiento es prevenir por todos los medios necesarios y así poder conservar el equipo; es conveniente poder hacer una clasificación de los diversos tipos de mantenimiento que a base de experiencias pasadas y presentes se han podido catalogar en el medio como eficiente, seguro y económico” (Hernández 2010, p. 40).

3.4. Mantenimiento por avería

“Es el tipo de mantenimiento que se sigue con frecuencia por la falta de una organización. El mantenimiento ha sido adoptado por la similitud que su actuación tiene con la de un médico, cuya intervención se produce cuando el individuo ha caído enfermo y necesita de los medios necesarios para poder curarlo. De la misma manera, la reparación de averías es una reacción que se produce cuando la máquina o equipo ha dejado de funcionar”(Hernández, 2010, p.40).

“Este permite que el equipo pueda seguir trabajando hasta que ya no pueda desempeñar su función normal y el operador se ve obligado a llamar al Jefe de maquinaria, para que pueda rectificar el problema o defecto”(Hernández, 2010, p.41).

“Su función se inicia al presentarse la avería, es decir, que se diagnostica y de acuerdo con los resultados del mismo, se planean actividades, recursos humanos, herramientas, repuestos y materiales para iniciar la reparación” (Hernández, 2010, p.41).

3.5. Mantenimiento predictivo

“El mantenimiento predictivo que está basado en la determinación del estado de la máquina en operación. El concepto se basa en que las máquinas darán un tipo de aviso antes de que fallen y este mantenimiento trata de percibir los síntomas para después tomar acciones”(Hernández, 2010, p.41).

“Se trata de realizar ensayos no destructivos, como pueden ser análisis de aceite, análisis de desgaste de partículas, medida de vibraciones, medición de temperaturas, termografías, etc.”(Hernández, 2010, p.41).

“El mantenimiento predictivo permite que se tomen decisiones antes de que ocurra el fallo: cambiar o reparar la máquina en una parada cercana, detectar cambios anormales en las condiciones del equipo y subsanarlos, etc.” (Hernández, 2010, p.41).

3.6. Mantenimiento preventivo

“Al mantenimiento preventivo se le puede definir como la conservación planeada, y llega a tener como función el conocer sistemáticamente el estado de las máquinas y equipo para programar, en los momentos más oportunos y de menos impacto, en la tarea que debe realizar”(Hernández, 2010, p.42).

“El mantenimiento preventivo se refiere a que no se debe esperar a que las máquinas fallen para hacerle una reparación, si no que se programen los recambios con el tiempo necesario antes de que fallen; esto se puede lograr conociendo las especificaciones técnicas de los equipos a través de los manuales de los mismos”(Hernández, 2010, p.42).

“El objetivo de este mantenimiento no se circunscribe a lo que es adecuado para el equipo, si no que su meta es considerar el trabajo. Se le da servicio a la maquinaria y equipo, considerando el efecto sobre la producción, seguridad personal y del equipo mismo. Se dice entonces, que el mantenimiento preventivo se ha utilizado para indicar un sistema de programación, en sus beneficios secundarios” (Hernández, 2010, p.42).

3.7. Mantenimiento correctivo

“Este tipo de mantenimiento se basa en ejecutar las correcciones menores a la maquinaria para adaptarla mejor a nuestro medio. Son reparaciones serias que requieren una revisión completa o reconstrucción, ya que a veces es mejor realizar algunas correcciones a la maquinaria para reducir los costos, tanto de operación, como de servicio, y no prolongarlos”(Hernández, 2010, p.42).

“Estas correcciones requieren de personas muy especializadas y baja una rigurosa supervisión de ingenieros, así como del distribuidor, y guiarse con el manual del fabricante, para no perder la potencia de la máquina o perjudicar su funcionamiento.

También se puede dar al momento de realizar una rutina del mantenimiento preventivo” (Hernández, 2010 p.43).

3.8. Mantenimiento proactivo

Es el tipo de mantenimiento más adelantado, ya que en él se emplea herramienta sofisticada para el diagnóstico de las posibles averías; es similar al mantenimiento predictivo, solo que de una manera más completa y con el uso de alta tecnología, ya sea por medio de rayos X, o por el uso de material electrónico, para detectar fisuras, desgaste de piezas indispensables para el funcionamiento de la maquinaria, las cuales no se podría detectar por simple inspección. Es de mucha utilidad para un programa de mantenimiento preventivo, aunque por el alto costo de las herramientas de alta tecnología, solamente es utilizado por empresas grandes, que al aumentar la producción de dicha herramienta y al bajar los precios en un futuro, podría ser de uso más común” (Hernández, 2010, p.43).

4. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

4.1. Origen del diagrama esqueleto de pescado

“El diagrama de esqueleto de Pescado fue inventado por el profesor Kaoru Ishikawa de la universidad de Tokio, experto japonés altamente reconocido en el tema de gerencia de la calidad. Su primer uso fue en 1943 para ayudar a explicar a un grupo de ingenieros de la Kawazaki Steel Works cómo un sistema complejo de factores se puede relacionar para ayudar a entender un problema” (Manage. p.1).

4.2. Diagrama de causa efecto de Ishikawa

“De las siete herramientas básicas de la calidad, es la única de naturaleza no estadística.

En su base está la idea de que un problema puede estar provocado por numerosas causas, contrarrestando la tendencia a considerar una sola de ellas” (Manage, 2009, p.1).

- Definir el efecto o resultado a analizar

“Esta definición debe estar hecha en términos operativos, lo suficientemente específicos para que no existan dudas sobre qué se pretende, de modo que el efecto estudiado sea comprendido por los miembros del equipo” (Manage. 2009, p.1).

- “Situarse el efecto o característica a examinar en el lado derecho de lo que será el diagrama.

En este debe aparecer, al menos, una breve descripción del efecto.

- Trazar una línea hacia la izquierda, partiendo del recuadro.
- Identificar las causas principales que inciden sobre el efecto.

Estas serán las ramas principales del diagrama de causa efecto de Ishikawa y constituirán las categorías bajo las cuales se relacionarán otras posibles causas.

Las categorías habitualmente empleadas son:

- 3 M's 1P: maquinaria, materiales, métodos y personal.
- 4 P's: personas, políticas, procedimientos y planta.

Medio. Como una categoría potencialmente utilizable y que se refiere al entorno en que se sitúa el problema, o el efecto deseado.

- Situar cada una de las categorías principales de causas en sendos recuadros conectados con la línea central.
- Identificar, para cada rama principal, otros factores específicos que puedan ser causa del efecto.

Estos factores formarán las ramas de segundo nivel. A su vez, estas podrán expandirse en otras de tercer nivel, y así sucesivamente. Para esta expansión recurrente, será útil emplear series de preguntas iniciadas con: ¿Por qué? Asimismo, para desplegar las ramas y sus distintos niveles, puede utilizarse el método de la tormenta de ideas.

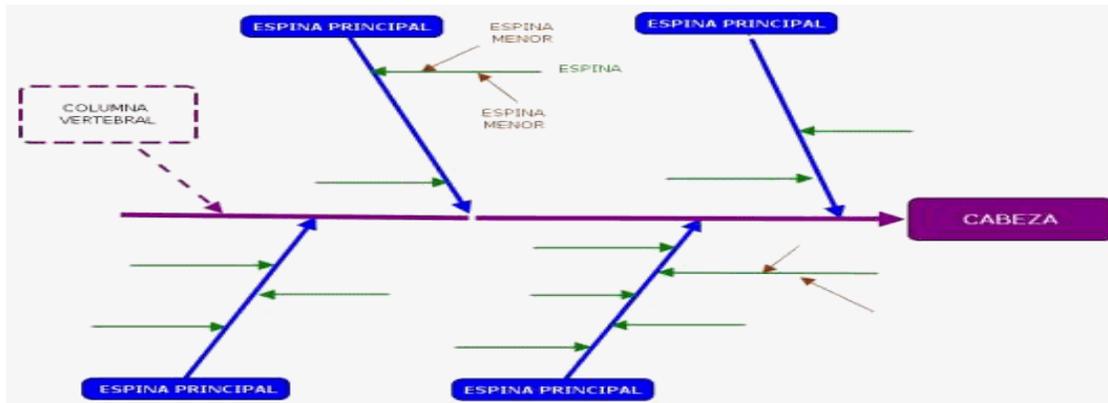
- Verificar la inclusión de factores.

Será preciso revisar el diagrama para asegurar que se han incluido todos los factores causales posibles.

- Analizar el diagrama

El análisis debe ayudar a identificar las causas reales. Un diagrama de causa efecto de Ishikawa identifica únicamente causas potenciales. Por tanto, será preciso llevar a cabo una toma de datos posterior, y su pertinente análisis, para llegar a conclusiones sólidas sobre las causas principales del efecto. En esta fase posterior, el diagrama de Pareto puede ser utilizado como valiosa herramienta” (Manage. 2009, p.1).

Figura 19. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Aiteco. *Diagrama de causa y efecto de Ishikawa*. p.1.

4.3. Fortalezas y beneficios del diagrama de Ishikawa

- Ayuda a encontrar y a considerar todas las causas posibles del problema.
- Ayuda a determinar las causas raíz de un problema o calidad característica, de una manera estructurada.
- Anima la participación grupal y utiliza el conocimiento del proceso que tiene el grupo.
- Ayuda a focalizarse en las causas del tema sin caer en quejas y discusiones irrelevantes.
- Utiliza y ordena, en un formato fácil de leer las relaciones del diagrama causa-efecto.
- Aumenta el conocimiento sobre el proceso, ayudando a todos a aprender más sobre los factores referentes a su trabajo y como estos se relacionan.
- Identifica las áreas para el estudio adicional donde hay una carencia de información suficiente (Aiteco.s.f. p.1).

4.4. Desventaja del diagrama de Ishikawa

- “En los problemas extremadamente complejos no es útil, ya que se pueden correlacionar muchas causas y muchos problemas” (Aiteco. s.f. p.1).

4.5. Condiciones del diagrama de Ishikawa

- “Un problema se compone de un número limitado de causas, que a su vez se descomponen de causas secundarias.
- Será necesario distinguir estas causas, además de las secundarias, ya que esto es útil como primer paso para ocuparse del problema” (Aiteco.s.f. p.1).

4.6. Propuesta

4.6.1. Presentación de resultados

Los resultados de la investigación, que a continuación serán expuestos fueron mostrados por medio de las fases en la parte de metodología estas fueron: fase #1: Diagnóstico de la situación actual del coresampler, fase #2: Análisis de fallas en los componentes del coresampler y la fase #3: Planificación de acciones y actividades para el mantenimiento del coresampler.

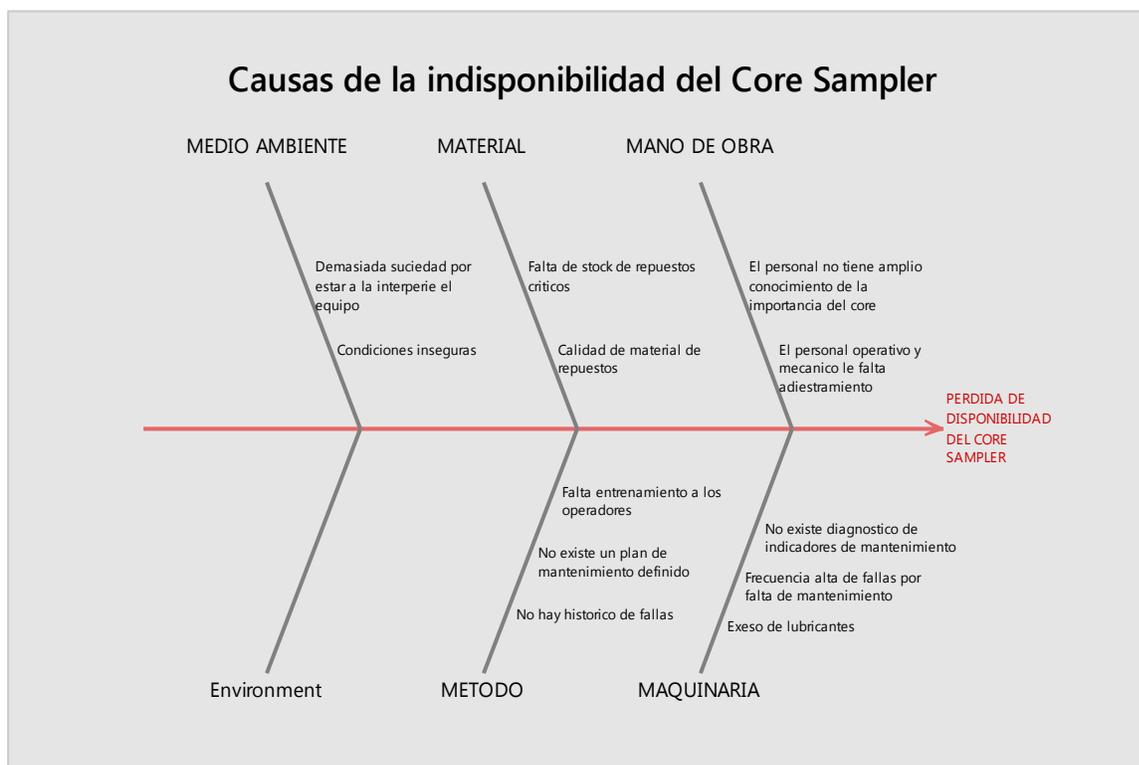
- Información obtenida en la fase uno

En esta fase se describe cómo el investigador realizó el diagnóstico de la situación del coresampler; esto fue por medio de entrevistas directas del

investigador con las personas responsables, tanto de la operación como del mantenimiento del coresampler, en la entrevista se plantearon una serie de preguntas, las cuales se muestran en el apéndice 1.

Con la información recabada, se procedió a utilizar una de las herramientas de calidad la cual es el diagrama de Ishikawa, con el fin de encontrar las causas del problema.

Figura 20. **Diagrama de causa y efecto de indisponibilidad del coresampler**



Fuente: elaboración propia.

- Información obtenida en la fase dos

Esta fase se refiere al análisis de fallas en los componentes del coresampler, para realizar el análisis se elaboró una lista de los componentes que han provocado tiempos muertos del coresampler, los cuales se muestran en la tabla I.

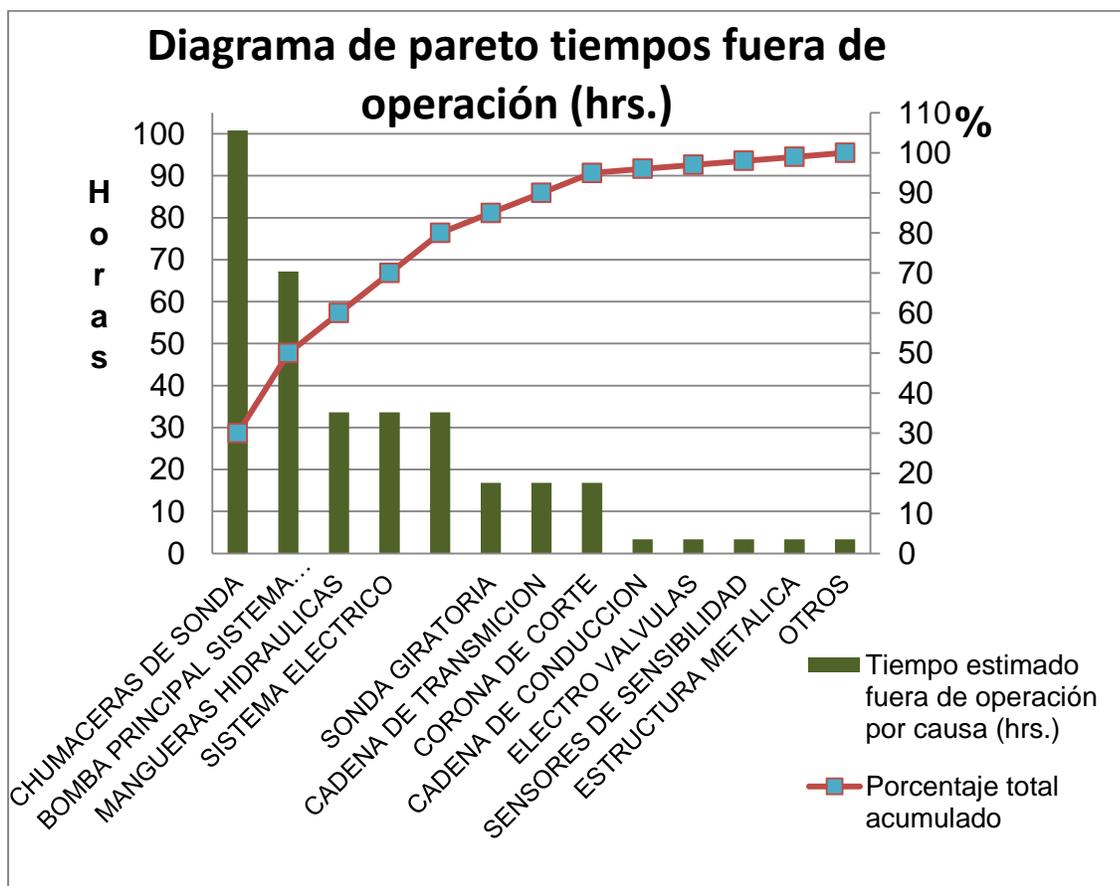
Tabla I. **Tiempo fuera de operación por cada parte del coresampler**

PARTES DEL CORE SAMPLER	Porcentaje	Tiempo estimado fuera de operación por causa (horas)
SONDA GIRATORIA	5	16.8
MANGUERAS HIDRÁULICAS	10	33.6
CADENA DE TRANSMISIÓN	5	16.8
CADENA DE CONDUCCIÓN	1	3.36
CORONA DE CORTE	5	16.8
BOMBA PRINCIPAL SISTEMA HIDRÁULICO	20	67.2
ELECTRO VÁLVULAS	1	3.36
SENSORES DE SENSIBILIDAD	1	3.36
SISTEMA ELÉCTRICO	10	33.6
ESTRUCTURA METÁLICA	1	3.36
MOTOR ELÉCTRICO DEL SISTEMA HIDRÁULICO	10	33.6
CHUMACERAS DE SONDA	30	100.8
OTROS	1	3.36
TOTAL	100	336

Fuente: elaboración propia.

En la tabla I se muestran los tiempos en horas y el porcentaje que cada parte del coresampler provocó la no disponibilidad del mismo, donde las chumaceras de la sonda giratoria tienen el mayor tiempo perdido, dando un 30 por ciento de las 336 horas del total que estuvo fuera el coresampler.

Figura 21. Diagrama de Pareto



Fuente: elaboración propia.

En la figura 21 se observa que la parte del coresampler que provocó más tiempo muerto fueron las chumaceras de la sonda giratoria, seguida por la bomba principal del sistema hidráulico.

- Información obtenida en la fase tres

Después de las fases anteriores se procedió a la planificación de las acciones y actividades para el mantenimiento del coresampler, entre las actividades y acciones se muestra el formato, apéndice 2, la ruta de inspección y lubricación donde se indica los días que se realizarán las rutas y se definió los días de mantenimiento, el responsable firma y anota cualquier observación que él considere necesarias.

4.7. Discusión de resultados

La investigación fue dirigida al equipo que toma muestras de caña en la parte de recepción previo al ingreso del área industrial del ingenio, sabiendo de los inconvenientes que se tienen para la disponibilidad de dicho equipo, se plateo un plan de mantenimiento para el mismo.

La investigación fue realizada con la autorización de la empresa, se hizo un cuestionario al personal involucrado tanto en la operación, supervisión y reparación del equipo, con el cual se pretendía recopilar información importante, siendo esta actividad un éxito por el apoyo de todos. Los recursos que se necesitaron para la investigación fueron proporcionados por la empresa en su mayoría y el resto el investigador.

Con respecto a antecedentes no se encontraron relacionados con la investigación.

Par obtener los resultados se utilizó la técnica de entrevista, estos se interpretan en esta sección, la cual fue subdividida en tres fases y están relacionadas con los objetivos del estudio realizado.

- Fase #1: Diagnóstico de la situación actual del coresampler

El diagrama de Ishikawa fue utilizado para mostrar los resultados ,los cuales se analizaron mediante las 5 Ms: máquina, método, medio ambiente, mano de obra y materiales. Los resultados obtenidos fueron: la máquina por exceso de lubricante hay derrames, y esto provoca daños en partes más sensibles por falta de mantenimiento; y al no existir diagnóstico de indicadores de mantenimiento, la frecuencia de fallas es alta.

Método, no existe un histórico de fallas, la no existencia de un plan para el mantenimiento y falta entrenamiento a los operarios.

Medio ambiente, el equipo se encuentra a la intemperie, esto crea demasiada suciedad, basura, miel y humedad; todo esto provoca daños a las partes del equipo y ocasiona condiciones inseguras cuando se debe realizar trabajos de mantenimiento.

Mano de obra, esta parte es vital porque se vio que las personas involucradas, tanto en operación como los de mantenimiento, no están claros y falta adiestramiento de la importancia del equipo.

Materiales, no se cuenta con repuesto críticos del equipo y no hay un buen control para la calidad de los repuestos.

- Fase #2: Análisis de fallas en los componentes del coresampler

En esta fase los diferentes resultados obtenidos se colocaron en una tabla donde se presenta una lista de los componentes del coresampler, siendo las chumaceras de la sonda giratoria la parte que provocó mayor tiempo perdido

(100.8 horas), la bomba principal del sistema hidráulico fue la segunda parte del core que provocó mayor tiempo perdido (67.2 horas), el tiempo perdido total durante la zafra fue de 336 horas.

- Fase #3: Planificación de acciones y actividades para el mantenimiento del coresampler

Una vez realizado el diagnóstico y efectuado el análisis en el equipo, se procedió a la elaboración de los formatos para las rutas de inspección y lubricación, los cuales se muestran en el apéndice 2. En cuanto al personal se sugiere hacer un programa de capacitación donde se involucren personal tanto operativo como de mantenimiento.

CONCLUSIONES

1. Utilizando un plan de mantenimiento se obtendrán mejores resultados en la disponibilidad del coresampler y se incrementará la vida útil de los accesorios del equipo.
2. Por medio del diagnóstico situacional del coresampler y el uso del diagrama de Ishikawa se pudo identificar qué fue lo que provoca la no disponibilidad del mismo, por lo cual fueron planteadas las acciones correctivas necesarias.
3. Al realizar el análisis de fallas de los componentes del coresampler, permitió identificar las partes que provocaron mayor tiempo fuera del mismo, siendo estos las chumaceras de la sonda giratoria y la bomba principal del sistema hidráulico.
4. Para determinar las acciones y actividades para el mantenimiento del coresampler es necesario que estas sean proactivas con los grupos de trabajo; esto debe ser interdisciplinario para fortalecer el trabajo en equipo y el involucramiento de todos a todo nivel, se elaboraron formatos para efectuar rutas de lubricación y de inspección, así como de las frecuencias y de quiénes serían los encargados de realizarlas.

RECOMENDACIONES

1. Capacitar al personal sobre la importancia de la disponibilidad del coresampler y su perfecta operación para que el muestreo sea efectivo.
2. Realizar auditorías para verificar el cumplimiento total y obligatorio de las rutas de inspección, así como fueron programadas.
3. Tener un *stock* de repuestos críticos actualizado y bien establecido con conocimiento de todas las personas involucradas, para minimizar los tiempos de manteniendo.
4. Elaborar un histórico de las fallas para tener la información puntual de todos los componentes que provocaron tiempo muerto en el equipo.
5. Registrar toda actividad de mantenimiento que se realice, no importa la magnitud que tenga.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aiteco. *Diagrama de causa y efecto de Ishikawa* (s.f.)
<http://www.aiteco.com/diagrama-de-causa-efecto-de-ishikawa>.
(Consultado: 27 de febrero de 2016).
2. Canales C. (2014). *Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM para el departamento de patio de caña. Informe de práctica de especialidad para optar por el título de ingeniero en mantenimiento industrial.* En el grado académico de licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería Electromecánica. Costa Rica.
3. Chen, J. (2000). *Manual del azúcar de caña*. México: Editorial Limusa,
4. Estrada M. (2012). *Comparación de cinco métodos analíticos para determinar la calidad de la caña de azúcar*. Trabajo de graduación de Ing. químico. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
5. Hernández, S.; Fernández, R.; Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. 4ª ed. México: McGraw-Hill Interamericana.
6. Hernández V. (2010). *Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada en funcionamiento de la zona vial no. 14, Dirección General de Caminos, Salamá, Baja Verapaz*. Trabajo de graduación de Ing. mecánico. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

7. Hugot, E. (1986). *Manual para ingenieros azucareros*. Trad. Carlos Ruiz Coutiño. México, Cía. Editorial Continental.
8. Ixpata J. (2014). *Comparación de métodos de muestreo par detección de materia extraña en caña de azúcar previo al procesamiento industrial*. Ingeniero agrónomo con énfasis en cultivos tropicales. En el grado académico de licenciatura. Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
9. Lobo M. (2012). *Mejoras en los procesos productivos de una fábrica de calzados con el uso de las herramientas de la calidad de la escuela japonesa*. Tesis de maestría en calidad industrial. Universidad Nacional de San Martín –UNSAM. Buenos Aires Argentina.
10. Manage. *Diagramacausa-efecto. Manage The Executive Fast Track*. 2009.http://www.12manage.com/methods_ishikawa_cause_effect_diagram_es.html. (Consultado: 27 de febrero de 2016).
11. Martínez E. (2011). *Evaluación de las condiciones de trabajo en un centro de salud de atención primaria*. Tesis de doctorado en medicina. Facultad de Ciencias Médicas (U.N.I.P.). Buenos Aires Argentina.
12. Martínez M. (2008). *Control y mejora del proceso de impresión de litografía en una imprenta*. Tesis de Magister en administración de la producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

13. Melgar, M. (2014). *El cultivo de caña de azúcar de Guatemala*. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de azúcar. Guatemala.
14. Ocaña E. (2005). *Estudio de la factibilidad para la implementación de un sistema de información en el laboratorio clínico del hospital general de enfermedades del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social*. Tesis de maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
15. Ramírez M. (2012). *Desarrollo de una oficina de control de calidad de los servicios de tecnologías de información*. Tesis de Magister en sistemas de calidad. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas Venezuela.
16. Rein, P. (2012). *Ingeniería de la caña de azúcar*. Stone, Gran Bretaña. 880p.
17. Valdez J. (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-correctivo aplicado a los equipos de la empresa Remaplast*. Facultad de Ciencias Económicas Administración Industrial. Universidad de Cartagena. Colombia.

APÉNDICES

Apéndice 1. Cuestionario de preguntas

El siguiente cuestionario pretende recolectar información del coresampler. Sus respuestas son muy importantes. Responder de manera clara y sencilla.

1. ¿Conoce las consecuencias que ocasiona la no disponibilidad del core?

2. ¿Sabe usted qué tan crítico es el core?

3. Al no tener disponibilidad del core, ¿cómo hacen el muestreo?

4. ¿Cuáles son las fallas más frecuentes del core?

5. ¿Qué partes del core han provocado no disponibilidad del mismo?

6. ¿Con qué frecuencia ocurren las fallas?

7. ¿Cuánto tiempo es necesario para hacer las reparaciones en el core?

8. Al momento de sufrir algún fallo el core, ¿quién lo detecta?

9. ¿Se hacen rutas de inspección?

10. ¿Se hacen rutas de lubricación?

11. ¿Qué tipo de mantenimiento le realizan al core?

12. Según su opinión, ¿qué se puede implementar para tener disponible el core?

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Ruta de inspección del coresampler

Ruta de inspección del core sampler		Frecuencia de Revisión. Lunes y Jueves de cada semana					Fecha.
Tipo de lubricante	Aceite terosso 100	Revisión de poleas	Fajas	Temperatura	Fatiga de Material	Cambio de piezas	
EQUIPO	Chumaceras						
Desfibradora 1							
Desfibradora 2							
Ono genizadora 1							
Ono genizadora 2							
EQUIPO	Nivel	Enfriamiento	Fatiga de material	Fugas	Cambio de piezas	Observación	
Nivel Tanque Hidráulico Prensa							
Bomba Hidráulica Prensa							
Prensa Hidráulica							
Mang Hidráulicas Bomba y Prensa							
EQUIPO	Nivel	Temperatura	Fugas	Fatiga Material	Cambio de piezas	Ajustes	
Nivel Tanque Hidráulico Mov. Core							
Mangueras Hidráulicas Mov. Core							
Carro Transversal							
Revisión de Ruedas de metal							
Revisión de tomanesa							
revisión de electroválvulas							
Revisión de motor Hidráulico Sonda							
Rev. de motor Hidráulico Giro de Sonda							
Cadenas de movimiento Carro Transversal							
Revisión de tomanesa general del Equipo							
Revisión bomba principal hidráulica							
Revisión cilindro hidráulico Giro To manesa							
Manifol Rotativo							
Observación:							
Nombre y firma de quien realiza la inspección							

Fuente: elaboración propia

