



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORA EN LA
EFICIENCIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN INGENIO DE LA INDUSTRIA
AZUCARERA**

Mario Ernesto Blanco Velasquez

Asesorado por el Msc. Ing. José Luis Ola García

Guatemala, junio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORA EN LA
EFICIENCIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN INGENIO DE LA INDUSTRIA
AZUCARERA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO ERNESTO BLANCO VELASQUEZ
ASESORADO POR EL MSC. ING. JOSÉ LUIS OLA GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Bayron Armando Cuyán Culajay
EXAMINADOR	Ing. Otto Fernando Andrino González
EXAMINADOR	Ing. Victor Manuel Ruiz Hernandez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORA EN LA EFICIENCIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN INGENIO DE LA INDUSTRIA AZUCARERA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 9 de mayo de 2015.

Mario Ernesto Blanco Velasquez



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226

ADSE-MEAPP-006-2015

Guatemala, 09 de mayo de 2015.

Director:
Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de **Ingeniería Mecánica Eléctrica**
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del (la) estudiante **Mario Ernesto Blanco Velásquez** carné número **2007-15088**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Energía y Ambiente**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

MSc. Ing. José Luis Ola García
Asesor (a)

M.A. José Luis Ola García
Ingeniero Electricista & MBA
Experto en Energías Renovables
Colegiado 6,349

MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes M.
Coordinador de Área
Desarrollo social y energético

Ing. Juan C. Fuentes M.
M.Sc. Hidrología
Colegiado No. 2,504

MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/la



REF. EIME 119.2015.

Guatemala, 16 de junio 2015.

FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística de su Proyecto de Graduación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORA EN LA EFICIENCIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN INGENIO DE LA INDUSTRIA AZUCARERA**, presentado por el estudiante universitario **Mario Ernesto Blanco Velásquez**, considerando que el protocolo es viable para realizar el Diseño de Investigación procedo aprobarlo, ya que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORA EN LA EFICIENCIA DE ENERGIA ELÉCTRICA EN UN INGENIO DE LA INDUSTRIA AZUCARERA**, presentado por el estudiante universitario: **Mario Ernesto Blanco Velasquez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Angel Roberto Sic García
Decano

Guatemala, junio de 2015

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por bendecir a las personas que me rodean y que me apoyaron, agradeciendo mi vida y darme la oportunidad de cumplir esta gran meta.
- Mi padre** Fernando Blanco Marroquín, por apoyarme, bendecirme con su sabiduría, amor, excelente guía y ser un ejemplo durante toda mi vida.
- Mi madre** Miriam Velásquez, por sus desvelos, preocupaciones, apoyo, amor incondicional y el estar siempre presente durante todas las etapas de mi vida.
- Mis hermanos** Por ser un apoyo en el transcurso de la carrera y mi vida.
- Mi novia** Rebeca Mancilla, por su apoyo incondicional, consejos y amor durante mi carrera universitaria.
- Mis amigos** Mi gente que me dio su cariño y amistad, apoyo en las buenas y en las malas, en lo largo de mi vida y estudios universitarios.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de pertenecer a esta prestigiosa casa de estudios y permitirme desenvolver mi carrera profesional.
Facultad de Ingeniería	Por todo lo aprendido durante mi carrera universitaria y tener el privilegio de pertenecer a esta gran facultad.
Mi asesor	Por su ayuda y apoyo en el desarrollo del tema de graduación.
Mi familia	Por su apoyo y ayuda en el transcurso de mi vida personal y profesional.
Mis amigos	Por todos los buenos momentos vividos durante la carrera universitaria.
Mis amigos de Maestría	Por todo el tiempo y experiencias vividas durante el tiempo transcurrido de maestría.

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SIMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. OBJETIVOS	7
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
5. JUSTIFICACIÓN	11
6. ALCANCES.....	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Ingenio azucarero.....	15
7.1.1. Preparación de caña.....	16
7.1.2. Extracción de jugo	17
7.1.3. Clarificación	18
7.1.4. Evaporación.....	19
7.1.5. Cristalización	20
7.1.6. Centrifugación.....	21

7.1.7.	Secado y envasado	22
7.2.	Energía.....	23
7.2.1.	Energía eléctrica	23
7.2.2.	Eficiencia energética	24
7.2.3.	Oportunidades de ahorro energético	25
7.2.4.	Iluminación industrial.....	26
7.2.5.	Motores	26
7.2.6.	Capacitores	28
7.2.6.1.	El factor de potencia y la instalación de banco de capacitores	28
7.2.7.	Pérdidas de energía eléctrica.....	30
7.3.	Metodología DMAIC	30
7.3.1.	Definir	31
7.3.2.	Medir	32
7.3.3.	Analizar	32
7.3.4.	Mejorar	32
7.3.5.	Controlar.....	32
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO	35
9.	METODOLOGÍA	39
9.1.	Fase I: Planificación de mediciones	39
9.2.	Fase II: Ejecución de mediciones.....	40
9.3.	Fase III: Recopilación de información a analizar	40
9.3.1.	Equipo de medición.....	41
9.3.1.1.	Descripción del equipo	42
9.3.2.	Variables a medir	43
9.3.3.	Instrumentos de recolección de información	44
9.4.	Fase IV: Análisis de datos.....	45

9.5.	Fase V: Generación sobre propuestas de mejora	46
9.5.1.	Propuesta a corto plazo	47
9.5.2.	Propuesta a mediano plazo	47
9.5.3.	Propuesta a largo plazo	47
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	49
10.1.	Análisis de información.....	49
10.2.	Análisis estadístico	50
10.2.1.	Herramientas estadísticas	50
10.2.1.1.	Organización de datos.....	50
10.2.1.2.	Métodos descriptivos	50
10.3.	Generación de resultados y conclusiones	51
11.	CRONOGRAMA.....	53
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	55
	BIBLIOGRAFÍA.....	57
	ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mesa de preparación de caña	16
2.	Tándem de molinos.....	18
3.	Evaporador Quíntuple efecto tipo Roberts	20
4.	Tacho	21
5.	Envasado de azúcar.....	22
6.	Sistema de suministro eléctrico.....	24
7.	Motor eléctrico.....	27
8.	Capacitores de corriente alterna	29
9.	Paso metodología DMAIC	31
10.	Categorización de la herramienta DMAIC sobre los procesos universales.....	33
11.	Analizador de redes, AEMC Powerpad 3945	42
12.	Ejemplo de medición de voltaje para análisis de redes.....	45
13.	Ejemplo de medición de potencia activa para análisis de redes	46

TABLAS

I.	Recolección de datos por equipos	44
II.	Recursos económicos	55

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
HP	Caballos de fuerza (por sus siglas en inglés Horse Power)
I	Corriente
CA	Corriente Alterna
CC	Corriente Continua
EPP	Equipo de protección personal
FP	Factor de potencia
°C	Grados centígrados
Hz	Hertz
J	Joule
KVA	Kilo Voltio ampere

KVAR	Kilo Voltio ampere reactiva
KW	Kilo Watt
KWh	Kilo Watt hora
Kg	Kilogramos
PH	Medida de acidez o alcalinidad de una disolución
MW	Mega Watt
V	Voltaje

GLOSARIO

Amperios	Es la unidad de intensidad de corriente eléctrica.
Analizador de redes	Equipo eléctrico diseño para medir y cuantificar características específicas en la red de corriente eléctrica.
Bagazo	Es el subproducto o residuo de la molienda o difusión de la caña, la fibra leñosa de la caña, en el que permanecen el jugo residual y la humedad provenientes del proceso de extracción.
Calidad	Conjunto completo de las características de un producto o servicio, a través del cual se cumplirán las expectativas del cliente.
Core Sampler	Equipo de laboratorio encargado de extraer muestras del núcleo de la caña para sus respectivos análisis.
DMAIC	Acrónimo (por sus siglas en inglés <i>define, measure, analyze, improve, control</i>) de los pasos del ciclo definir, medir, analizar, mejorar y controlar, propio de metodología Seis Sigma que busca la mejora de los procesos mediante estas etapas.

Eficiencia Energética	Práctica que tiene como objeto reducir el consumo de energía, maximizando su producción.
Factor de potencia	Es la relación entre la potencia activa, P, y la potencia aparente, S.
Frecuencia	Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.
Mantenimiento	Conjunto de operaciones y acciones para que un equipo o dispositivo presente las condiciones para lo que fue construido.
Maza	Rodillo de molino encargado de moler la caña que pasa por sus dientes.
Meladura	Concentración de sacarosa en un grado más puro.
Perdida	Es la disminución de energía o fuerza en un elemento por factores externos o internos del material.
Potencia	La cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado.
Potencia activa	Es la potencia capaz de transformar la energía eléctrica en trabajo.

Potencia aparente	Es la relación trigonométrica entre la potencia activa y la potencia reactiva.
Potencia reactiva	Potencia que forma los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes.
Tándem de molinos	Conjunto de molinos instalados para operar en serie moliendo caña.
Trabajo	Producto de la fuerza ejercida sobre un cuerpo por su desplazamiento.
Volt	Es la unidad derivada del Sistema Internacional para el potencial eléctrico, la fuerza electromotriz y la tensión eléctrica.
Watt	Es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades (Joule/segundo).
Zafra	Temporada de producción de azúcar, en Guatemala inicia de noviembre y termina en mayo del siguiente año, finalizando en inicios de la época de lluvia.

RESUMEN

Una de las grandes ramas de la agroindustria presente en Guatemala es la industria azucarera. Esta industria tiene una amplia gama en lo que respecta producción, ya que no solamente es una industria productora de azúcar sino que tiene diversos productos como el alcohol (biocombustible), mieles finales (consumo animal y otros derivados), azúcar y la energía eléctrica.

En la industria azucarera guatemalteca se tiene poca información sobre estudios de los consumos eléctricos y sus comportamientos durante la producción; esta industria tiene la capacidad de generar electricidad por medio del bagazo de caña siendo este sostenible y sustentable respecto a su producción, con los cambios de precios en el mercado de la energía eléctrica han llevado a los ingenios a mejorar su eficiencia en los procesos con consumo eléctrico teniendo como prioridad reducir costos.

El presente diseño de investigación se enfocará a la relación del consumo de electricidad de un ingenio azucarero en su periodo de producción de azúcar (zafra) para encontrar y proponer mejoras para la industria azucarera, basándose en eficiencia energética que es maximizar el trabajo producido por un equipo con la menor energía entregada.

1. INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética es maximizar el trabajo producido por un equipo con la menor energía entregada. Basado en este principio se realizará un trabajo de investigación que atenderá el consumo de electricidad de un ingenio en su período de producción de azúcar para encontrar y proponer las mejoras en eficiencia energética para la industria azucarera.

En la industria azucarera existe un conjunto de equipos y maquinarias que con un proceso fabril convierten la caña en azúcar. Está dividida en varias áreas importantes interrelacionadas, estas son: preparación de caña, extracción de jugo, clarificación, evaporación, cristalización, centrifugado y secado; procesos que requieren una cantidad específica de energía eléctrica para la transformación del azúcar. En estas áreas de proceso la energía eléctrica se encuentra involucrada en todo momento, se presenta entre los costos de producción, iluminación, transformación mecánica, mantenimiento, entre otros, tal que amerita una revisión e inspección para determinar mejoras, teniendo como punto en común el consumo de energía eléctrica.

De las áreas productivas del proceso, se observa que las máquinas y equipos utilizados, en su mayoría, se les pueden detectar si están bien o mal administrados, con esto se descubre si se presentan pérdidas de energía, gastos en repuestos, mantenimiento y tiempos perdidos.

El estudio del comportamiento en estos parámetros, dará indicios sobre la utilización de equipos y maquinaria, que son reflejo de la producción diaria. Conociendo esta peculiaridad es indispensable poder llevar un control y

monitoreo en la utilización de la energía siendo necesaria la inspección y medición de las características eléctricas de los equipos. A estos datos cuantificados se deben analizar las tendencias de consumo, utilización de la energía y pérdidas que se presenten.

En este trabajo de investigación se propone realizar mediciones a la red eléctrica suministrada a un ingenio de la industria azucarera, generando información sobre los usos de la energía eléctrica en esta industria, se podrá describir el comportamiento que se genera en el proceso de producción de azúcar, esto podrá desarrollar proyectos que tengan impacto en la eficiencia energética.

La investigación se dividirá en cinco capítulos importantes y serán distribuidos de la siguiente manera:

En el capítulo I, se describirán las áreas de producción de un ingenio azucarero para comprender el proceso de producción y cómo la energía eléctrica está envuelta en este proceso. Además, se describirán temas de eficiencia energética para el desarrollo y entendimiento de los factores que están implícitos en la energía eléctrica, como la calidad y las pérdidas de energía.

El capítulo II, se explicará sobre métodos y análisis de redes, la estructura que se maneja en las líneas de la red eléctrica y como estas se comportan conforme a la demanda energética.

En el capítulo III, con la metodología DMAIC, se presentarán los datos de las mediciones obtenidas de la red eléctrica.

En el capítulo IV, se analizarán los datos de las mediciones presentadas en el capítulo anterior, estudiando y observando la información recolectada.

Posteriormente, en el capítulo V sobre los análisis realizados se presentarán propuestas de mejora que generen una reducción de costos, aumento de la eficiencia en los equipos, esto proporcionará mejoras en la utilización de la energía eléctrica y con ello se buscará incrementar la eficiencia de producción llevando a reducir costos operativos, de proceso y de mantenimiento.

También permitirá generar controles que puedan tener como objetivo la reducción constante del consumo eléctrico en la industria azucarera, mejorando el entorno de trabajo, los proyectos en el tiempo puedan generar alcances a corto, media o largo plazo.

2. ANTECEDENTES

Una de las grandes ramas de la agroindustria presente en Guatemala es la industria azucarera. Esta industria tiene una amplia gama en lo que respecta producción, ya que no solamente es una industria productora de azúcar sino que tiene diversos productos como el alcohol (biocombustible), mieles finales (consumo animal y otros derivados), azúcar y la energía eléctrica.

Como se menciona en el artículo llamado *La producción de alimentos, la bioenergía y las exportaciones de la agroindustria cañera, una decisión estratégica para la economía cubana*. La producción de energía eléctrica en un ingenio de la industria azucarera puede producir más de 100 kilovatios hora por tonelada de caña, esto significa que la industria se puede autoabastecer para todo su proceso fabril y genera excedentes del 35 al 40 % del total de la energía generada la energía eléctrica se refleja en los costos de producción generando un alto grado de valor económico por cada unidad producida, estos costos llevan a una búsqueda en la mejora de su eficiencia, maximizando la energía manejada sobre la producción (González, 2014).

En la industria azucarera guatemalteca se tiene poca información sobre estudios de los consumos eléctricos y sus comportamientos durante la producción; por ser industria con la capacidad de generar electricidad por medio del bagazo de caña siendo este sostenible y sustentable respecto a su producción, con los cambios de precios en el mercado de la energía eléctrica han llevado a los ingenios a mejorar su eficiencia en los procesos con consumo eléctrico teniendo como prioridad reducir costos, como se menciona en el artículo titulado *Auditoría de energía eléctrica en el área de Molinos*, un ejemplo de ellos es el área de extracción de jugo donde se identifica como el área con

mayor consumo de energía, con aproximadamente 2 a 4 Megavatios (MW) de potencia siendo este un 20 % de la energía suministrada a la fábrica, siendo estos los que debe moler la caña entrante al ingenio ocupando una gran capacidad de energía eléctrica para convertirla en energía mecánica (Muñoz, 2013).

La utilización de electricidad abarca diversos temas desde el uso de baterías o acumuladores, generadoras eléctricas y hasta el consumo eléctrico en las fábricas; como se menciona en la tesis titulada *Eficiencia energética en el sector industrial*, se han realizado estudios y análisis por personas, entidades y organismos, para mejorar el tema en la utilización de este bien común que en la actualidad es una fuente de energía necesaria para el diario vivir, así como lo es para la industria azucarera. (Aceituno, 2011).

En el documento llamado *Calidad de la energía eléctrica*, para mejorar la eficiencia se debe considerar la calidad de energía que posee el sistema, siendo este una serie de resultados por efectos presentes en los medios o equipos receptores así como los motores eléctricos, los cuales son afectados por el mal uso de la energía, pérdidas que conlleva a un aumento en los costos de operación, baja confiabilidad, poca disponibilidad afectando directamente las producciones en fábrica, la economía y su competitividad (Campos Avella, y otros, 2007).

En el libro titulado *Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora*, para conocer y comprender los atributos de la energía eléctrica se deben detectar y analizar los elementos que intervienen en el consumo energético en la industria azucarera con el fin de alcanzar la máxima eficiencia energética y generando ahorros en los costos. También facilitan el cumplimiento con las obligaciones medioambientales. (Carreteño Peña & García Sanchez, 2012).

3. OBJETIVOS

General

Diseñar un plan de mejora para la eficiencia de energía eléctrica en un ingenio de la industria azucarera.

Específicos

1. Identificar y caracterizar la medición de los consumos de energía eléctrica en fábrica de la industria azucarera de los distintos equipos y áreas de trabajo.
2. Detectar puntos críticos y significativos sobre el consumo energético.
3. Plantear propuestas a corto, mediano y largo plazo que sean factibles para optimizar la utilización de energía eléctrica.
4. Plantear una metodología para el control de la eficiencia energética implementada.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este trabajo analiza la importancia de la ejecución sobre la eficiencia en energía eléctrica disponible con que opera una máquina, edificio, fábrica o cualquier infraestructura, pueden existir varias posibilidades de mejora, optimizando el consumo de electricidad.

Estas mejoras pueden determinar la eficacia de las técnicas consideradas para el aprovechamiento y rendimiento de los equipos en la operación de la fábrica, siendo esta una necesidad planteada para mejorar la calidad de energía disponible sobre la edificación y asimismo maximizar los recursos disponibles, disminuyendo los problemas en los costos energéticos que se presentan día a día, estas mejoras tiene una gran consecuencia ya que pueden disminuir en los gastos de producción.

El bajo desarrollo en proyectos de eficiencia energética por falta de conocimiento o nulo interés para generar propuestas de mejora, es un factor a tomar en cuenta para esta clase de estudios, y la falta de vinculación entre las áreas del proceso de producción que llevan en detrimento aún más a la baja sobre la eficiencia en la electricidad, algo que todo inversionista debe tomar en cuenta. Por esta razón es necesario capacitar sobre el control eficiente, uso de equipos, maquinarias y sistemas suministrados con energía eléctrica.

Observando estas debilidades por una mala utilización de la energía eléctrica en forma general, se deriva la pregunta principal de la investigación: ¿Cómo se puede mejorar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica en un ingenio de la industria azucarera?

Sobre los aspectos ya mencionados se generan otras inquietudes que llevan a cuestionar la forma que se usa la energía eléctrica ¿Cómo identificar y categorizar los consumos de energía eléctrica en los equipos? ¿Qué áreas son críticas y significativas para el consumo energético? ¿Se pueden generar propuestas para mejorar la utilización de la energía? ¿Qué se debe hacer para tener un control en la eficiencia energética?

5. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se realiza en un ingenio de la industria azucarera, desarrollado dentro de las líneas de investigación de energía aplicada sobre el uso eficiente y conservación de la energía en la carrera de Maestría Energía y ambiente, Escuela de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La necesidad del estudio es enfocado mayormente a los costos generados por los consumos de energía eléctrica suministrados a la industria azucarera y mejorar la condiciones de uso en los equipos industriales, generando mejores resultados en su producción final respecto a la energía utilizada por los equipos para su transformación.

El beneficio de este tema de investigación será la industria azucarera y entidades que deseen realizar mejoras en el futuro del tema de eficiencia energética. Realizando un plan de mejora en el consumo de energía eléctrica en un ingenio azucarero, lleva a determinar e identificar qué factores inciden en un plan de ahorro energético y proyectos de mejora.

Por los altos costos de energía eléctrica generados por los equipos y que no cuenten con alguna cuantificación de los mismos y sus respectivos consumos, cuando estos están operando, que pueden existir en la red eléctrica suministrada a la fábrica, factores que generan una distorsión en la red eléctrica como armónicos, pérdidas de fase A, B, C o neutro, pérdidas por calentamientos, estos se logran identificar mediante mediciones de los consumos eléctricos y análisis de los mismos.

Los factores antes mencionados son consumos energéticos que afectan la eficiencia de la red eléctrica del ingenio azucarero; esto puede tener un impacto positivo si se tiene un buen control, conocimiento específico de los equipos utilizados, análisis del sistema y generación de proyectos para la mejorar en el sistema energético; se podrá ayudar a regular los consumos de energía eléctrica, esto a su vez tendrán un impacto positivo con el ambiente ya que por pérdidas de calor, excesos de energía utilizados en un proceso, desperdicios generados por las máquinas y equipos, se pueden reducir estos factores mejorando el entorno que rodea el ingenio, asimismo se mejora la eficiencia energética aumentando la producción de azúcar, reduciendo la energía eléctrica suministrada para producir este bien.

Actualmente existe escasa información en Guatemala sobre el comportamiento de la energía eléctrica y como su eficiencia se comporta en los industria azucarera, este estudio de caso tiene como beneficio, recolección de datos sobre consumos de electricidad y su respectivo análisis, generar una línea base de proyectos para la mejora en los equipos que puede repercutir en costos de fabricación y mejorar los precios de competencia en la producción de azúcar, proponiendo mejoras en cada área y en su totalidad, las ideas y conceptos sobre consumos energéticos, se pueden presentar a diferentes industrias que necesiten realizar una verificación de consumos energéticos, por ejemplo: fábricas de alimentos, de bebidas, de metalurgia, materiales de construcción, entre otros. La implementación de este tema aportará información que puede ser utilizada para las investigaciones futuras sobre temas de eficiencia energética y sus aplicaciones.

6. ALCANCES

Este trabajo de investigación se enfocará en conocer y caracterizar los consumos de energía eléctrica que se utilizan en fábrica de una industria azucarera y saber cuál es el comportamiento que este genera.

Se identificarán puntos clave en la producción de azúcar donde los equipos eléctricos deben estar en óptimas condiciones, validar los equipos utilizados en puntos críticos de producción. Esto generará proyectos o planes de mejora que se puedan realizar y asimismo estimar ahorros a corto, media y largo plazo.

El trabajo de investigación a realizar servirá para próximas investigaciones futuras sobre consumos de energía eléctrica en ingenios azucareros y otras industrias.

Las limitantes que tendrá este trabajo de investigación será que los datos obtenidos por las mediciones en los distintos puntos del ingenio azucarero, se realizarán en el tiempo de producción de azúcar, ya que en los períodos que no hay producción la utilización de la energía eléctrica se reduce y no es representativo para la investigación.

Por política de la empresa, se resguardará el nombre y la revelación de cierta información que se consideren importantes, no se mencionarán en este protocolo.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Ingenio azucarero

Un ingenio azucarero se le denominaba una antigua hacienda colonial americana con instalaciones y equipos para procesar caña de azúcar con el objetivo de obtener azúcar, ron, alcohol y otros productos. Para obtener estos productos se realiza un proceso de fabricación del azúcar (Morales Trujillo, 2011, pág. 2).

Para el procesamiento industrial de azúcar se involucran diversos procesos de conversión en la caña que se transforma en jugo diluido, seguido de este proceso se extrae el agua del jugo convirtiéndola en meladura, seguido se generan cristales y se eliminan de forma natural las impurezas de las misma para extraer el grano de azúcar (Chen, 1991).

En un ingenio azucarero existen diversas áreas de producción que son:

- Preparación de caña
- Extracción de jugo
- Clarificación de jugo
- Evaporación
- Cristalización
- Centrifugación
- Secado y envasado

7.1.1. Preparación de caña

El proceso en la preparación de caña se inicia pesando los vehículos que transportan la caña, denominados camiones cañeros. Estos camiones pasan al laboratorio llamado Core Sampler es aquí donde se analiza, identifica y determina qué calidad de azúcar trae la caña, esto se realiza tomando muestras aleatorias y se verifica continuamente en el laboratorio (Hugot, 1982).

Seguido de los análisis en el laboratorio se lleva la caña hacia las mesas de preparación de caña donde se procede limpiar, se nivela la altura del colchón de caña. La limpieza que se lleva a cabo en la preparación de caña consiste en aplicar agua para lavar la caña eliminando residuos de tierra y elementos extraños como hojas secas, piedras y otros (Rein, 2012).

Figura 1. Mesa de preparación de caña



Fuente: Tabacal Agroindustria. *Sala de prensa*. <http://www.tabacalprensa.com.ar/wp-content/uploads/2013/05/cana-en-trapiche-300x169.jpg>. [Consulta: 26 de enero de 2014].

Después de haber lavado la caña, esta se dirige por conductores de caña hacia las picadoras de machetes oscilantes y desfibradoras que rompen la caña, ocasionando que esta se abra y quede expuesta la fibra para proceder a extraer el jugo (Hugot, 1982).

7.1.2. Extracción de jugo

A este proceso también se le suele llamar molienda ya que consiste en moler la caña preparada para la extracción del jugo, donde se utiliza un grupo de molinos denominados tándem. Estos molinos por su capacidad de trabajo requieren de equipos eléctricos para su funcionamiento, donde pueden utilizar potencias de 800 hasta 1200 hp por molino para su molienda (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

El tándem es alimentado por la caña ya desfibrada o preparada, esta ingresa a un sistema de molinos conectado en serie, estos utilizan un jugo de cuatro mazas o rodillos rayados que tienen forma de “V” y se entrelazan. Para mejorar la extracción del jugo los molinos de nuevo se alimentan con jugo ya extraído para mejorar su extracción, a este procedimiento se le llama maceración y al último molino se le designa agua caliente, cuya temperatura puede variar entre los 60 y 80 °C, la cantidad de agua aplicada esta entre el 25 al 30 % respecto a la molienda diaria, generando un aumento en la extracción de jugo (Rein, 2012).

Figura 2. **Tándem de molinos**



Fuente: *Fideicomiso Ingenio el Modelo*. <http://ingenioelmodelo.com.mx/images/Molinos.jpg>.

[Consulta: 28 de julio de 2014].

Del proceso de extracción se obtienen dos productos, que son: el jugo diluido y el bagazo, este último producto posee una cantidad de energía calorífica que es usada como combustible en calderas para la generación de vapor, donde este es aprovechado para la generación de energía eléctrica, evaporadores y cristalizadores (Chen, 1991).

7.1.3. Clarificación

Al jugo diluido proveniente de molinos sigue su proceso de transformación llegando a la clarificación, que consiste en limpiar el jugo de elementos que no sean característicos del mismo jugo, como lodo y minerales, entre otros. Esta etapa inicia con el proceso de elevar la temperatura del jugo en unos calentadores que aproximadamente lo llevan hasta los 70 o 75 °C. Después de calentar el jugo pasa a un proceso de aplicación de azufre, denominado

sulfitación, para disminuir el color en el jugo y el PH del jugo disminuye, luego se le adiciona una mezcla de cal con jugo diluido llamado lechada, este neutraliza la acidez del jugo llegando a un valor de 7 en PH (Hugot, 1982).

Seguido se vuelve a calentar el jugo, teniendo un procedimiento de tres etapas. En la primer etapa se aplica el denominado vapor vegetal I, este vapor proviene de la etapa de evaporación con temperaturas promedio de 82 °C; le sigue la segunda etapa donde se le aplica vapor vegetal II, calentando el jugo aproximadamente a 98 °C y la última etapa con vapor vegetal III o IV para que el jugo llegue a los 105 °C. Realizado el calentamiento ya mencionado el jugo se libera a presión atmosférica, provocando que se genere una pequeña evaporación en el tanque flash, disminuyendo posibles problemas con los lodos que contiene el jugo antes de su clarificación (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

Siguiendo el proceso, el jugo se lleva hacia los clarificadores, reduciendo su velocidad para poder aplicar químicos que concentren los lodos y se puedan extraer del clarificador. Donde los lodos son llevados a los filtros de cachaza para extraer azúcar contenida en los lodos extraídos. Ya que el jugo se eliminó el contenido de lodos pasan a unos filtros vibratorios para terminar de eliminar residuos en el jugo (Hugot, 1982).

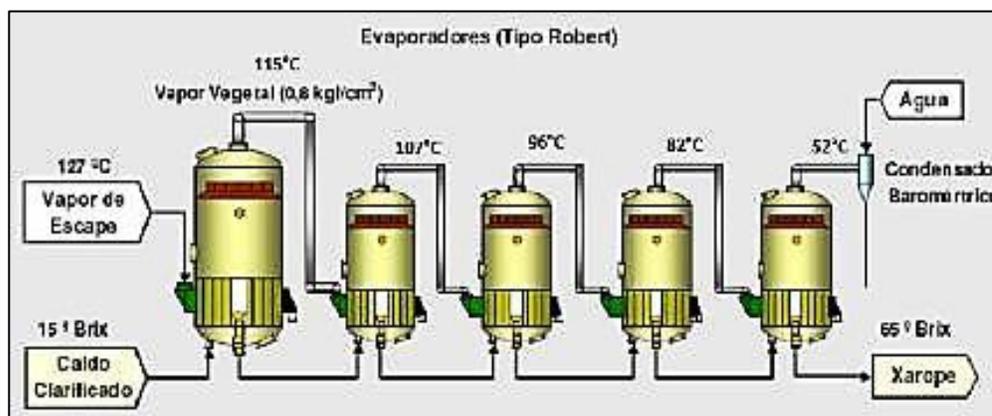
7.1.4. Evaporación

Es un proceso que como su nombre lo indica, evapora el agua contenida en el jugo diluido, este proceso tiene un sistema de cinco etapas de evaporación llamadas de quíntuple efecto, el proceso inicia ingresando el jugo proveniente de la clarificación donde entra a los evaporadores de primer efecto, donde este evaporador aporta vapor proveniente del área de generación de

vapor calentando el jugo, extrayendo el agua que está contenido en el jugo, convirtiéndola en vapor vegetal I; seguidas de cuatro etapas más donde se va sumando el aprovechamiento del vapor en el jugo (Rein, 2012).

Los evaporadores tipo Roberts son intercambiadores de calor que el vapor transfiere su calor por medio de tubería hacia el jugo. Extrayendo el agua del jugo convirtiéndola en meladura donde se presenta la sacarosa en un grado más puro (Rein, 2012).

Figura 3. **Evaporador Quíntuple efecto tipo Roberts**



Fuente: MARTINHO, Tancredo. *Relatorio caña de açúcar*.

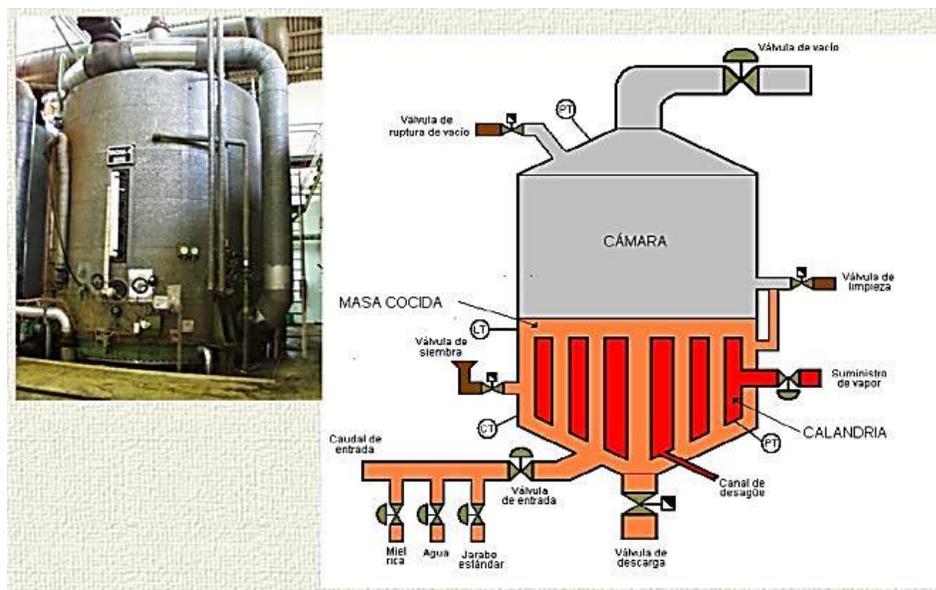
<http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAABZNUAG-13.jpg>. [Consulta: 28 de julio de 2014].

7.1.5. **Cristalización**

En este punto la meladura que se generó en la evaporación entran a los tachos (tanques de acero inoxidable diseñados para cocer con vapor al vacío). En este punto la meladura se cose llevando la sacarosa contenida a un crecimiento de grano o cristalización, donde se produce el azúcar crudo y azúcar blanco. Esta etapa es un proceso que lleva tiempo para completar el

cocimiento del grano, pero para acelerar el proceso se introducen granos microscópicos de azúcar llamados semilla. Esta semilla forma el grano apropiadamente para mejorar el producto final. Del tacho se extrae la meladura cocida denominada masa (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

Figura 4. Tacho



Fuente: *Blogspot*. http://2.bp.blogspot.com/-ZHL_SsPFsC8/UMq8RIWrd2I/AAAAAAAAAIK8/G2a_KDjDHUE/s1600/Tacha.jpg. [Consulta 28 de julio de 2014].

7.1.6. Centrifugación

En este proceso se extrae la masa del tacho y se ingresa a las máquinas centrífugas, equipos que giran a gran velocidad, los cristales del azúcar se separan de la miel (masa) por fuerza centrífuga, quedando atrapada en la tela de la centrifuga y la miel pasa a través. Algunas mieles regresan a los tacho o

son utilizadas como materia prima en las destilerías para la producción de alcohol (Chen, 1991).

7.1.7. Secado y envasado

Después de centrifugar el azúcar se pasa por un secador para disminuir la humedad que esta adquirió en las centrifugas, que es aproximadamente entre 0,3 y 0,6 %, llevándolo hasta los 0,2 % en azúcar crudo y 0,03 % en azúcar blanco (Hugot, 1982).

El envasado se realiza para el azúcar blanco donde se empaca en sacos de 50 kg y jumbos de 1 400 kg para su comercialización. El azúcar crudo es exportado y carga a granel para ser transportado (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

Figura 5. **Envasado de azúcar**



Fuente: MARTINHO, Tancredo. *Relatorio caña de açúcar*

<http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAABZNUAG-13.jpg>. [Consulta: 28 de julio de 2014].

7.2. Energía

En las actividades cotidianas (oficios, despertarse, vestirse, trabajar, manejar, entre otros) es inevitable realizar un trabajo o fuerza. La energía es la capacidad de los cuerpos para generar un trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos. Quiere decir, que la energía es la capacidad de hacer funcionar las cosas (Endensa, 2014).

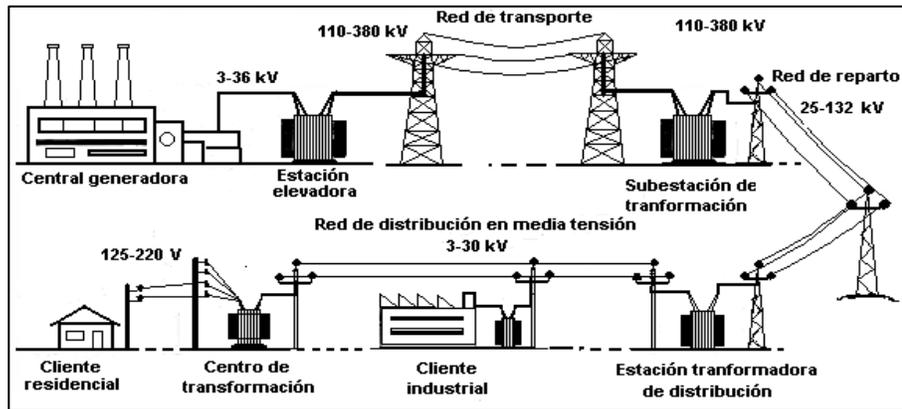
La unidad de medida que se utiliza para cuantificar la energía es el Joule (J) (Endensa, 2014).

La energía se exterioriza de diferentes maneras, acogiendo así diferentes denominaciones según las acciones y los cambios que puede provocar. Se encuentran los siguientes tipos de energía: mecánica, química, eléctrica, cinética, potencial, térmica, nuclear y electromecánica (Corporativa Rural de Electrificación, Ltda., 2012).

7.2.1. Energía eléctrica

Esta energía es la forma más usada. Por ejemplo todos los equipos electrónicos, motores, electrodomésticos, luminarias, entre otros, la utilizan. Este comportamiento de energía presenta la ventaja de poder transformarse de una manera fácil a otros tipos de energía, como por ejemplo la luz en las bombillas, energía mecánica en ventiladores y motores y calor, como calentadores de ducha. La energía eléctrica se define como la potencia utilizada en un tiempo determinado (Corporativa Rural de Electrificación, Ltda., 2012).

Figura 6. Sistema de suministro eléctrico



Fuente: *Wikimedia*. <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b1/Redelectrica2.png>.

[Consulta: 28 de julio de 2014].

7.2.2. Eficiencia energética

La eficiencia de energía es la relación de energía producida sobre la energía utilizada y para lograr se debe generar un mayor trabajo o producto con igual o menos energía usada, asimismo reducir las pérdidas de energía (Altmann, 2010).

En los últimos años el costo de la energía ha tenido una tendencia de aumento por su valor de adquisición, como en la energía eléctrica, la dependencia de los combustibles fósiles es un factor que la afecta y de la demanda creciente de energía, poco a poco, las empresas están tomando conciencia sobre la importancia de la eficiencia energética (Altmann, 2010).

Para estar con una eficiencia energética se tiene que tener un desempeño que pueda producir más con el menor consumo de energía posible, sin perturbar la producción, generando una protección al medio ambiente,

asegurando el cumplimiento y provocando un comportamiento sostenible en su uso, lo cual se expresa en reducción de costos (Corporativa Rural de Electrificación, Ltda., 2012).

Es esencial que la energía se use de forma racional generando concientización humana y el manejo para el manejo de los equipos eléctricos, administrando y empleando bien los recursos disponibles en una forma eficaz, un mejor control es desarrollar procesos que gestionen la energía (Campos Avella, y otros, 2007).

7.2.3. Oportunidades de ahorro energético

En lo que consiste a la energía eléctrica la búsqueda de oportunidades es donde la energía es indispensable, teniendo costos por su utilización o como en algunos casos, que la electricidad podrá ser usada directamente, como en trabajos de soldadora eléctrica, donde el flujo de corriente eléctrica calienta y funde el metal. Finalmente, toda la energía se disipa en forma de calor (Corporativa Rural de Electrificación, Ltda., 2012).

Para minimizar la cantidad de electricidad a utilizar se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La energía utilizada sea la necesaria para el trabajo.
- Usar maximizar el uso de energía, minimizando el consumo.
- Minimizar toda perdida de energía que se pueda dar entre el punto de alimentación y utilización.

7.2.4. Iluminación industrial

La iluminación industrial son específicamente tipos de lámparas que se crean con el fin de proporcionar las condiciones óptimas de iluminación, para los procesos productivos industriales. La iluminación industrial se debe ver a nivel macro ya que tiene un gran número de luminarias, ya que ocupan espacios grandes y extensos. Además, la iluminación de este tipo, tiene características distintas a las lámparas convencionales o residenciales, como puede ser mayor potencia, brillo, incandescencia y mayor tolerancia a los cambios bruscos de voltaje (ASINCA, 2010).

En los sectores de la industria y los servicios, la iluminación concierne a más del 5 % sobre el consumo de energía. En las oficinas, bodegas y los comercios su utilización es mayor. Siendo necesaria una inspección de la utilización y la eficiencia sobre la iluminación de las instalaciones, en estos puntos existe un potencial de optimización (ASINCA, 2010).

7.2.5. Motores

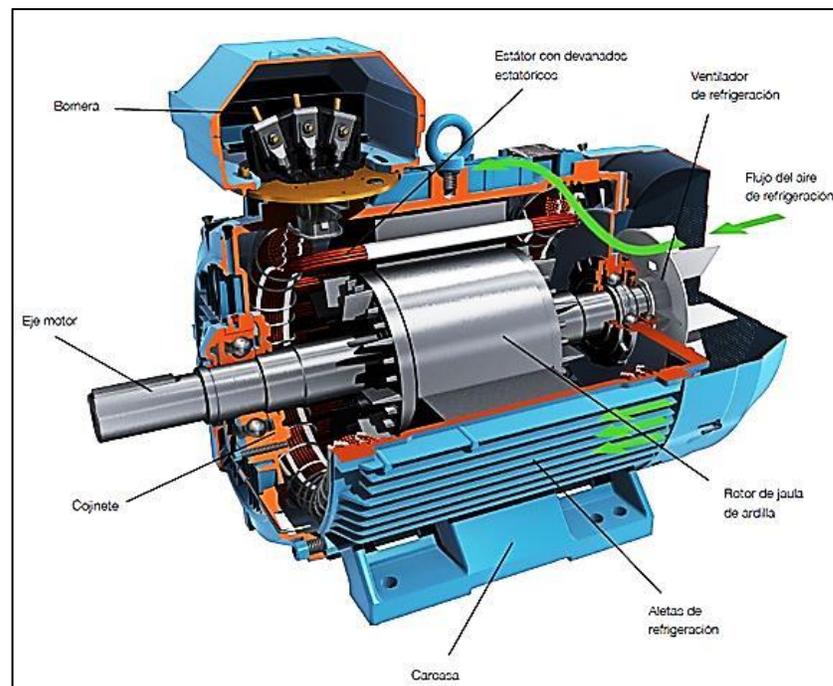
Son equipos eléctricos que convierten la energía eléctrica recibida de la red en fuerza y movimiento mecánico en el eje del motor. Los motores tienen una amplia gama para su utilización en diversos sectores del mercado como, la industria y el comercio (Altmann, 2010).

Algunas de sus utilidades que se pueden mencionar, son las siguientes: compresores, bombas centrífugas, herramientas, aires acondicionados, ventiladores, entre otros. Estos son equipos de uso común que conociendo su funcionamiento pueden maximizar la utilización de la energía usada y presentar

ahorro económicos. Alrededor de un 70 % de la energía utilizada es por uso de motores eléctricos (Aceituno, 2011).

Como se mencionó los motores son los que accionan la mayor parte de equipos en la industria, siendo este un campo alto para generar ahorros de energía. Para esto se debe iniciar seleccionando en una forma apropiada el motor a utilizar, teniendo en cuenta las condiciones a las que se expondrá el motor. Asimismo los tipos de arranque, regulación de velocidad, tamaño y potencia. Cuando un motor opera en su máxima eficiencia es el punto donde se generan los mayores ahorros (Watery, 2015).

Figura 7. **Motor eléctrico**



Fuente: *Voltimum*. <http://static2.voltimum.com/files/es/filemanager/2013/JUNIO/at/abb/img3.jpg>.

[Consulta: 28 de julio de 2014].

7.2.6. Capacitores

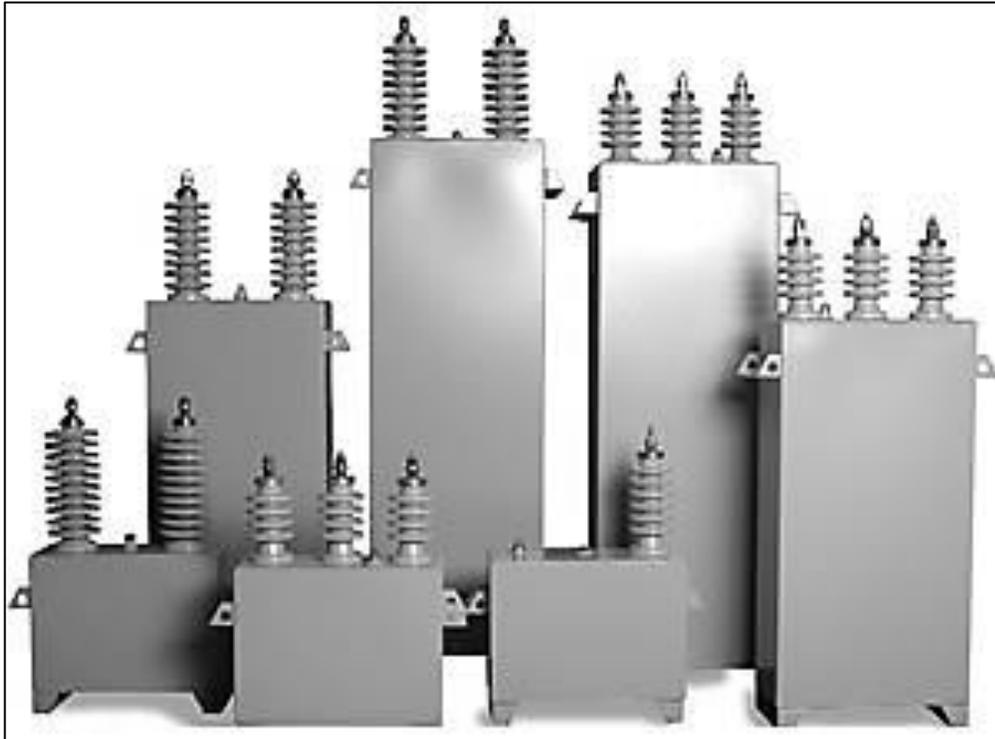
Es un dispositivo pasivo, utilizado en electricidad y electrónica, capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico. Está formado por un par de superficies conductoras, generalmente en forma de láminas o placas, en situación de influencia total (esto es, que todas las líneas de campo eléctrico que parten de una van a parar a la otra) separadas por un material dieléctrico o por el vacío

7.2.6.1. El factor de potencia y la instalación de banco de capacitores

Un indicador de la relación de consumo entre la energía reactiva (kVAR) y la energía activa (kWh) se le llama factor de potencia. En las instalaciones el factor de potencia varía entre 0 y 1. Económica y técnicamente en Guatemala es importante mantenerlo por encima de 0,9 para no tener que pagar costos extras por consumo de energía reactiva (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 1998). Los beneficios de la utilización de un banco de capacitores son los siguientes:

- Optimizar las instalaciones, permitiendo una mayor utilización y manejo de la carga en los circuitos eléctricos y transformadores.
- Mejorar el voltaje en los puntos de conexión.
- Reducir la caída de voltaje por sobrecargas en la red interna.
- Eliminar penalidades por bajo factor de potencia.
- Reducir el efecto Joule y asimismo el diámetro de los conductores y el peso.

Figura 8. **Capacitores de corriente alterna**



Fuente: *Elemtech energy*. <http://www.elemtech.com.ve/imagenes/new/productos/ae5.jpg>.
[Consulta: 28 de julio de 2014].

En el mercado existen dos tipos de banco de capacitores que pueden ser fijos o variables. Pueden ser los motores síncronos sobreexcitados los de clase variable, estos pueden aportar energía reactiva al sistema mediante la demanda de energía haciendo que se pueda aproximar lo más posible al valor deseado del f.p. y los bancos de capacitores normales que son los de clase fija (Corporativa Rural de Electrificación, Ltda., 2012).

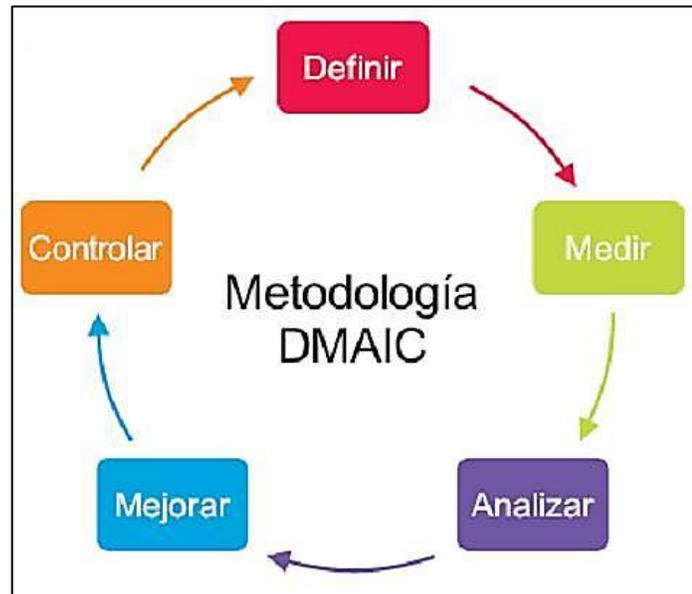
7.2.7. Pérdidas de energía eléctrica

El suministro de energía eléctrica a los hogares, industria y comercio es el resultado de un proceso de producción, transporte y venta. Las pérdidas de la energía eléctrica se pueden mostrar desde el punto de generación hasta la utilización de los consumidores finales. Las pérdidas de energía eléctrica se clasifican de dos formas en función de su naturaleza: la primera es producida por las pérdidas físicas como características de las líneas de electricidad, pérdidas por efecto joule, entre otras; y la segunda por pérdidas no técnicas asociadas con ineficiencias administrativas y comerciales como facturación y gestiones deficientes y altas corrientes para suministrar la reactiva para los campos magnéticos de los motores eléctricos (Vargas Rojas & Romero López, 2010).

7.3. Metodología DMAIC

La metodología DMAIC, por sus siglas en inglés (Define = Definir, Measure = Medir, Analyze = Analizar, Improve = Mejora, Control = Controlar). Esta es una herramienta de la metodología Seis Sigma que se enfoca en mejorar o incrementar los procesos en ejecución. Esta herramienta estratégica está basada en estadística, como lo definen sus siglas le da la importancia a tener una buena recolección de información en cada etapa, para poder demostrar congruencia de los datos y así generar mejoras en los procesos (Sandrine, 2015).

Figura 9. Paso metodología DMAIC



Fuente: Caletec. <http://www.caletec.com/blog/wp-content/uploads/2012/03/Metodolog%C3%ADa-DMAIC.jpg>. [Consulta: 28 de julio de 2014].

7.3.1. Definir

Este es el primer paso de la metodología, que está denominado como “definir” ya que es en este punto donde se generan los objetivos del proyecto, los requerimientos que el cliente o usuario dicen que son críticos para la entrega del producto a utilizar. En este punto se crean rutas del proceso y así establecer de una manera más fácil los problemas que se deben de solucionar (Terry, 2015).

7.3.2. Medir

Teniendo una definición del problema o un análisis de caso se debe conocer cómo se están generando los productos o servicios entregados, este paso se define como “medir”, por esta razón se mide el comportamiento actual del proceso, determinando que se va a medir y con qué equipo o herramienta se generará la medición del sistema (Sandrine, 2015).

7.3.3. Analizar

La siguiente etapa es “analizar”, luego de haber realizado las mediciones se analizan y determinan las causas que están produciendo problemas o defectos en el proceso, comprendiendo la o las razones de las deficiencias o causas. Se identifican y plantean las oportunidades de mejora para el proceso o servicio (Terry, 2015).

7.3.4. Mejorar

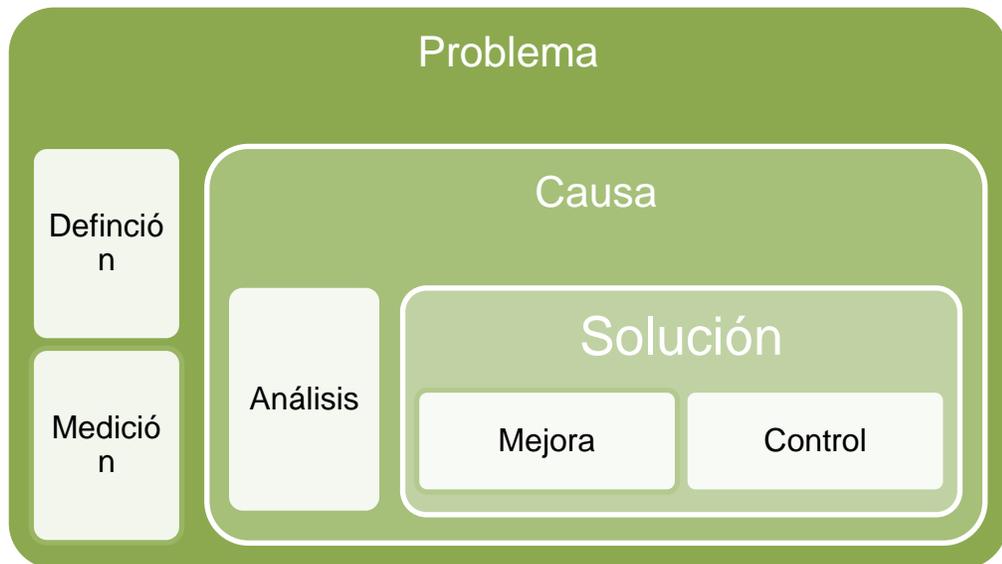
La etapa “mejorar” comprende en desarrollar y generar un listado cuantificado de las posibles soluciones o factibles para el proceso. Se toman acciones de mejora y optimización del proceso. Seguido de haber tomado acciones se evalúa el comportamiento y se verifica la solución potencial al problema, generando una solución final (Sandrine, 2015).

7.3.5. Controlar

La última etapa “controlar” implementa la solución final generada anteriormente, pero para que la solución no sea momentánea se realizan acciones de control para mantener el sistema funcionando en óptimas

condiciones, asegurando que al encontrar un nuevo problema se identificará rápidamente y generará una nueva oportunidad de mejora, creando un ciclo continuo de definición, medición, análisis, mejora y control del proceso (Sandrine, 2015).

Figura 10. **Categorización de la herramienta DMAIC sobre los procesos universales**



Fuente: elaboración propia.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTADO DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS
ORIENTADORAS

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

RESUMEN MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Ingenio azucarero

1.1.1. Preparación de caña

1.1.2. Extracción de jugo

1.1.3. Clarificación

1.1.4. Evaporación

1.1.5. Cristalización

1.1.6. Separación

1.1.7. Secado y envasado

1.2. Eficiencia energética

1.2.1. Calidad de la energía

1.2.2. Disponibilidad y fiabilidad

1.2.3. Demanda de energía

1.2.4. Ahorros energéticos

- 1.2.5. Contexto energético en la industria
- 1.2.6. Indicadores energéticos
- 1.2.7. Pérdidas de energía eléctrica

2. MÉTODOS Y ANÁLISIS DE REDES

- 2.1. Sistemas y tipos de sistemas
- 2.2. Análisis de sistemas
- 2.3. Variables físicas en los sistemas
- 2.4. Características de medición
- 2.5. Equipos de medición
- 2.6. Métodos de medición

3. MEDICIONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

- 3.1. Proceso de preparación de caña
- 3.2. Proceso extracción de jugo
- 3.3. Proceso de clarificación
- 3.4. Proceso de evaporación de jugo
- 3.5. Proceso de cristalización
- 3.6. Proceso de centrifugación
- 3.7. Proceso de secado y envasado

4. ANÁLISIS DE DATOS

- 4.1. Proceso de preparación de caña
- 4.2. Proceso extracción de jugo
- 4.3. Proceso de clarificación
- 4.4. Proceso de evaporación de jugo
- 4.5. Proceso de cristalización
- 4.6. Proceso de centrifugación
- 4.7. Proceso de secado y envasado

- 5. PROPUESTA DE MEJORA
 - 5.1. Propuestas de mejora a corto plazo
 - 5.1.1. Preparación y extracción de jugo
 - 5.1.2. Clarificación y evaporación de jugo
 - 5.1.3. Cristalización y centrifugación
 - 5.1.4. Secado y envasado
 - 5.2. Propuestas de mejora a mediano plazo
 - 5.2.1. Preparación y extracción de jugo
 - 5.2.2. Clarificación y evaporación de jugo
 - 5.2.3. Cristalización y centrifugación
 - 5.2.4. Secado y envasado
 - 5.3. Propuestas de mejora a largo plazo
 - 5.3.1. Preparación y extracción de jugo
 - 5.3.2. Clarificación y evaporación de jugo
 - 5.3.3. Cristalización y centrifugación
 - 5.3.4. Secado y envasado

6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

El tipo de estudio será método cuantitativo descriptivo. La metodología que se implementará en este estudio de caso, será una herramienta que es utilizada en la metodología seis sigma, que se denomina DMAIC, por sus siglas en inglés (definir, medir, analizar, implementar y controlar).

9.1. Fase I: Planificación de mediciones

Para realizar las mediciones se deberá realizar un plan, que tenga como objetivo maximizar el uso de equipo de medición, respecto al tiempo estimado para la toma de datos y sus respectivos análisis.

Para el primer paso se debe inspeccionar los datos históricos, antecedentes y recaudar información actual de los equipos instalados y así planificar el análisis. En este primer paso se incluyen:

- Recolección de información general de las instalaciones, las líneas de producción, dimensionamiento y tamaño de la fábrica, información de los productos principales, mediciones historias de energía (semana, mes, año), tarifas de energía eléctrica y precios de combustibles.
- Copias de mediciones o análisis de mediciones realizadas con anterioridad (si existen).
- Recolección de información por operadores.
- Información de los equipos de medición para identificar el alcance de los mismos.

Habiendo recolectado la información necesaria, se revisarán y evaluarán los datos y resultados, para generar una planificación del análisis a realizar donde se programarán las actividades.

Seguido se generarán los posibles alcances en las mediciones y análisis de energía eléctrica de la planta, se identificarán las tareas que se realizarán con el personal responsable, asimismo, el tiempo en cada tarea a realizar.

9.2. Fase II: Ejecución de mediciones

La metodología utilizada para la realización de las mediciones en los diferentes puntos de suministro eléctrico del ingenio, será la siguiente:

- Programación de actividades para las mediciones respectivas.
- Solicitar un técnico electricista encargado de instalar el equipo de medición.
- Conectar el equipo de medición centro de control eléctrico.
- Realizar la medición y toma de datos.
- Conteo de los diferentes equipos que consumen energía eléctrica.
- Pasar información recolectada hacia una computadora.
- Análisis de los datos y consumos energéticos.
- Comparación de los datos obtenidos.
- Elaboración de medidas y propuestas de mejora.

9.3. Fase III: Recopilación de información a analizar

Para la recolección de información se seguirán los siguientes pasos:

- Coordinación de cada área donde se tomarán mediciones

- Caracterización de los lugares de medición.
- Usar equipo de protección personal (EPP).
- Realizar los respectivos bloqueos mecánicos y eléctricos para la instalación del analizador.
- Configurar e instalar equipo de medición.
- Conectar las donas y pinzas de voltaje de manera correcta, tomando en cuenta el sentido de la corriente y la previa identificación de las fases.
- Arrancar el equipo en la opción “Encendido”, ya que en esta opción el equipo inicia su sistema para poder registrar las mediciones de todos los parámetros.
- Seleccionar el botón “Iniciar” para que el equipo grabe los datos.
- La medición se realizará por un tiempo como mínimo de 48 horas o más, dependiente de los lugares y equipos a medir.
- Al finalizar el período de medición apretar el botón “Parar”, para parar la grabación de datos.
- Desconectar las pinzas y donas de medición.
- Verificar que los equipos instalados no presenten ninguna falla después de haber retirado el equipo de medición.
- Proceder a descargar la data almacenada del analizador hacia una computadora.

9.3.1. Equipo de medición

Para la realización de las mediciones eléctricas en cada área se utilizará un equipo analizador de redes, marca AEMC modelo Powerpad 3945, que se manejará en el transcurso de las mediciones.

9.3.1.1. Descripción del equipo

Este es un equipo de analizador de redes eléctricas que por su diseño es fácil en su utilización, es compacto y es tenaz a los impactos. El equipo está diseñado para obtener y presentar la información de tablas y gráficas en forma de onda sobre las principales características de la red eléctrica, así también se puede monitorear variaciones de las mediciones en el tiempo. Este equipo realiza varias mediciones a la vez, siendo este un equipo multitarea y la presentación de las mediciones son fáciles de interpretar y su registro de información es continua.

Figura 11. Analizador de redes, AEMC Powerpad 3945



Fuente: AEMC Instruments. *Brochure PowerPad 3945.*

<https://www.instrumart.com/assets/AEMC-3945-B-Manual.pdf>. [Consulta: 28 de julio de 2014].

9.3.2. Variables a medir

Las mediciones serán establecidas por el equipo de análisis de redes, la recopilación de datos se estará realizando con tiempos de duración aproximados de 5 a 15 días por área específica, tomando datos cada 10 o 15 minutos según se observe el comportamiento en las primeras mediciones realizadas, para generar una tendencia que se pueda analizar y pueda proyectar mejoras.

Se generarán tablas con la información recolectada por el analizador siendo las siguientes variables a recolectar:

- Área del equipo
- Equipos instalados
- Potencia instalada
- Voltaje instalado
- Dimensionamiento de red eléctrica
- Configuración de red eléctrica
- Voltaje de línea y de fase
- Corriente de línea y de fase
- Potencia activa
- Potencia reactiva
- Potencia aparente
- Frecuencia
- Factor de potencia
- Desbalance de fases por voltaje y corriente
- Armónicos de voltaje, corriente y potencia
- Flicker
- Transientes

Dependiendo el lugar donde se estén realizando las mediciones se podrán agregar más variables a medir o estas se reducirán.

9.3.3. Instrumentos de recolección de información

Para recolectar la información que se estará midiendo con el analizador de redes, los datos obtenidos de mediciones anteriores y análisis realizados, se almacenarán en un archivo digital.

Se recopilarán datos por área, especificando cada característica del equipo y llevando una clasificación de las mismas, para poder encontrar similitudes entre la información recolectada. Se generarán tablas que especifiquen datos concretos de cada área que se medirá en el ingenio azucarero.

Tabla I. **Recolección de datos por equipos**

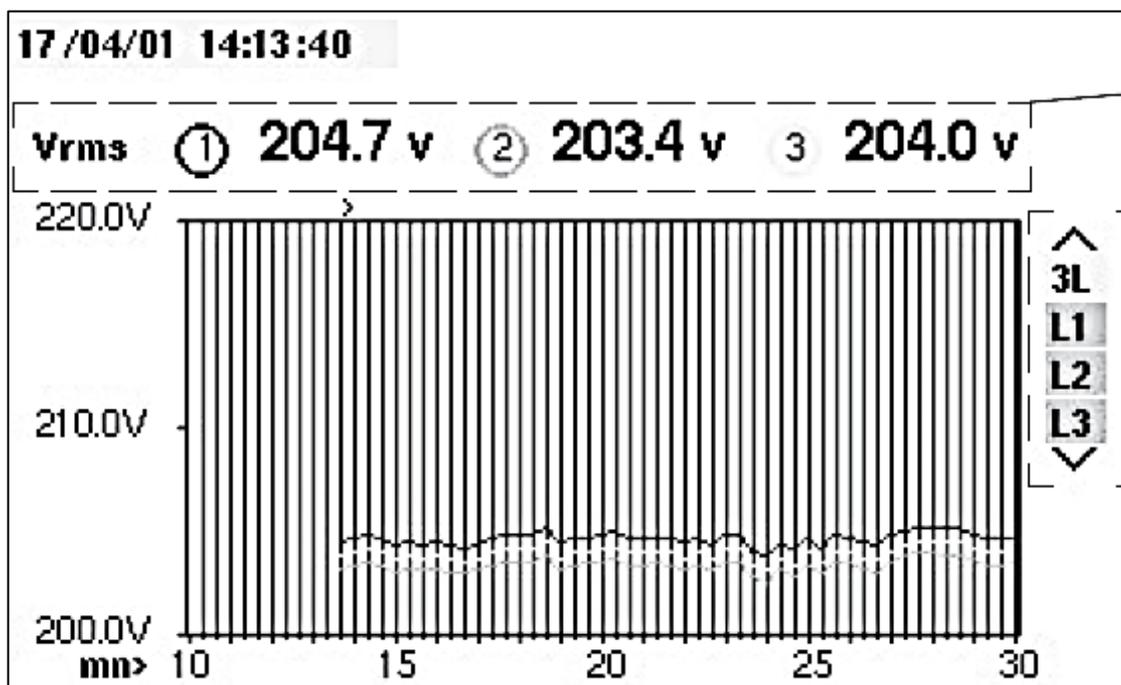
Area: _____ Equipo: _____ Fases: _____ Voltaje Nominal: _____ Potencia Instalada: _____											
No.	Fecha	Hora	Voltaje (Volts)			Corriente (Amp.)			Potencia		
			A	B	C	A	B	C	KW	KVAR	KVA
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

Fuente: elaboración propia.

9.4. Fase IV: Análisis de datos

Las acciones antes descritas para la recopilación de información y ejecución de mediciones, llevarán a la caracterización del estado actual de la fábrica. Estos se analizarán para generar planes de acción o propuestas para el ahorro y disminución del consumo eléctrico generando oportunidades de mejora, identificadas por la experiencia sobre las mediciones ejecutadas y análisis realizados.

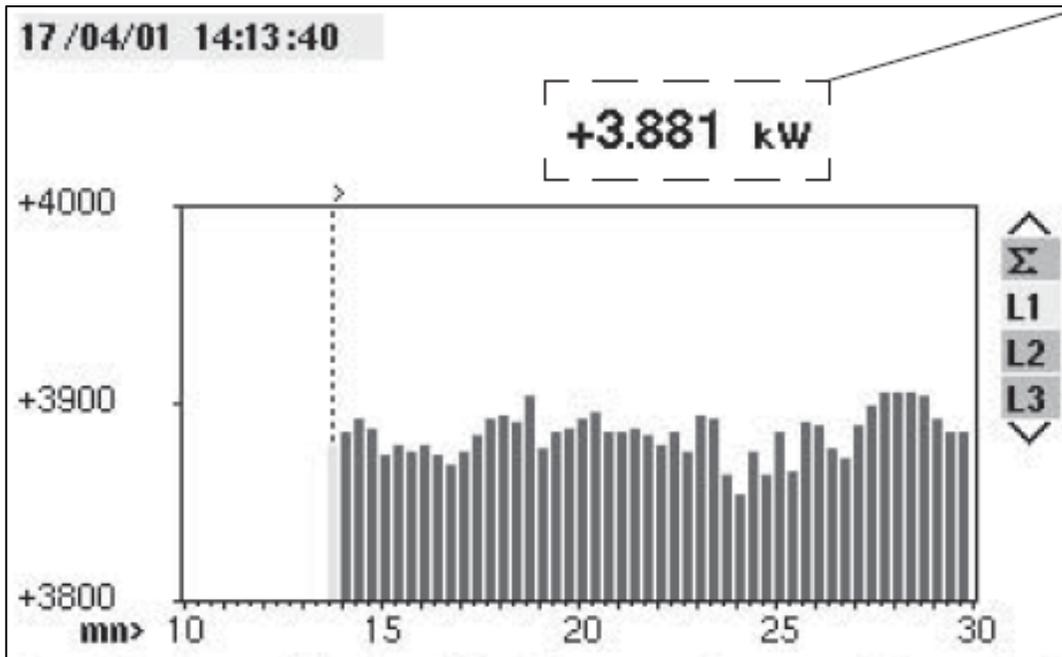
Figura 12. Ejemplo de medición de voltaje para análisis de redes



Fuente: AEMC Instruments. *Catalog. – Power Pad 3 945.*

<https://www.instrumart.com/assets/AEMC-3945-B-Manual.pdf>. [Consulta: 28 de julio de 2014].

Figura 13. **Ejemplo de medición de potencia activa para análisis de redes**



Fuente: AEMC Instruments. *Catalog. – Power Pad 3945.*

<https://www.instrumart.com/assets/AEMC-3945-B-Manual.pdf>. [Consulta: 28 de julio de 2014].

9.5. Fase V: Generación sobre propuestas de mejora

De la fase anterior se generarán varios puntos de mejora para cada área, aquellos puntos de aprovechamiento y beneficio, que sumado al cálculo de la rentabilidad dará una mejor visión sobre los beneficios técnicos, económicos y ambientales para el estudio. Los ahorros esperados se pueden clasificar de tres formas, generalmente como propuesta a corto, mediano y largo plazo.

9.5.1. Propuesta a corto plazo

Estas propuestas se generarán en un período de tiempo muy corto, aproximadamente de 1 a 6 meses. El enfoque que se le darán a estos proyectos se verá reflejado en los cambios de procedimientos operativos, de mantenimiento y hasta programar la utilización de la energía como sea requerido en cada equipo. Estas propuestas son las que aportarán el mayor beneficio porque no requerirán de grandes gastos económicos y serán rápidas de aplicar para percibir mejoras.

9.5.2. Propuesta a mediano plazo

Basado en los cálculos y análisis realizados, se generarán propuestas que llevarán una inversión que se pueda estimar su retorno de inversión en un máximo de 2 años. En este tiempo se podrá aplicar las propuestas de mejora que pueden ser desde instalación de sistemas y equipos que mejoren el control de energía o el cambio de tecnología en equipos básicos.

9.5.3. Propuesta a largo plazo

Estas propuestas se generarán con un grado de complejidad para su inversión, ya que requerirán cambios de tecnología en los equipos o renovación de los mismos, donde estos equipos tendrán mejores eficiencias sobre el consumo de energía eléctrica con bajos costos de operación. El retorno de las inversiones es mayor a los 2 años pero se perciben las mejoras generadas de los equipos instalados.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

De los datos obtenidos en las mediciones realizadas en cada área y haber generado una línea base sobre la información antes recolectada, se procederá a analizar esta información para identificar posibles mejoras.

10.1. Análisis de información

Al tener una base de datos consolidada se realizarán análisis que se enfocará en la interpretación de datos, para esto se efectuarán varios pasos que son:

- Análisis preliminar: se analizará los datos recolectados para comprender y entender el comportamiento sobre el uso que se le da a la energía eléctrica en cada área del ingenio azucarero.
- Preparación de datos: los datos ya analizados de forma preliminar se organizarán para poder presentar valores comparativos por cada área del ingenio y así concretar que datos serán primordiales, para la caracterización en las mediciones realizadas.
- Caracterización de datos: seguido de haber analizado de forma preliminar y preparado los datos se caracterizarán los datos obtenidos y generarán categorías como rangos de voltaje, de corriente, de potencia, cantidad de fases, entre otros.

- Aprovechamiento de la información: teniendo ya organizados y caracterizados los datos se manejará la información de una manera más fácil, que llevará a una interpretación de resultados y se generarán soluciones hacia los problemas encontrados.

10.2. Análisis estadístico

El análisis estadístico se empleará como metodología para identificar y comprender los datos recolectados, así cualquier persona que analice los resultados los pueda interpretar fácilmente y de una forma concisa.

10.2.1. Herramientas estadísticas

Hay múltiples técnicas estadísticas para el análisis de información, algunas de ellas muy sofisticadas y complejas. Sin embargo, hay otras muy sencillas que pueden ser aplicadas por cualquiera sin demasiado entrenamiento previo.

10.2.1.1. Organización de datos

Para facilitar el análisis de los datos recolectados se organizarán y presentarán de una forma ordenada. La finalidad de la organización de datos es caracterizar la información obtenida, se representarán de forma tabular y gráfica.

10.2.1.2. Métodos descriptivos

Los métodos descriptivos están dedicados a la recolección, ordenamiento, análisis y representación de los datos recolectados en conjunto, este método

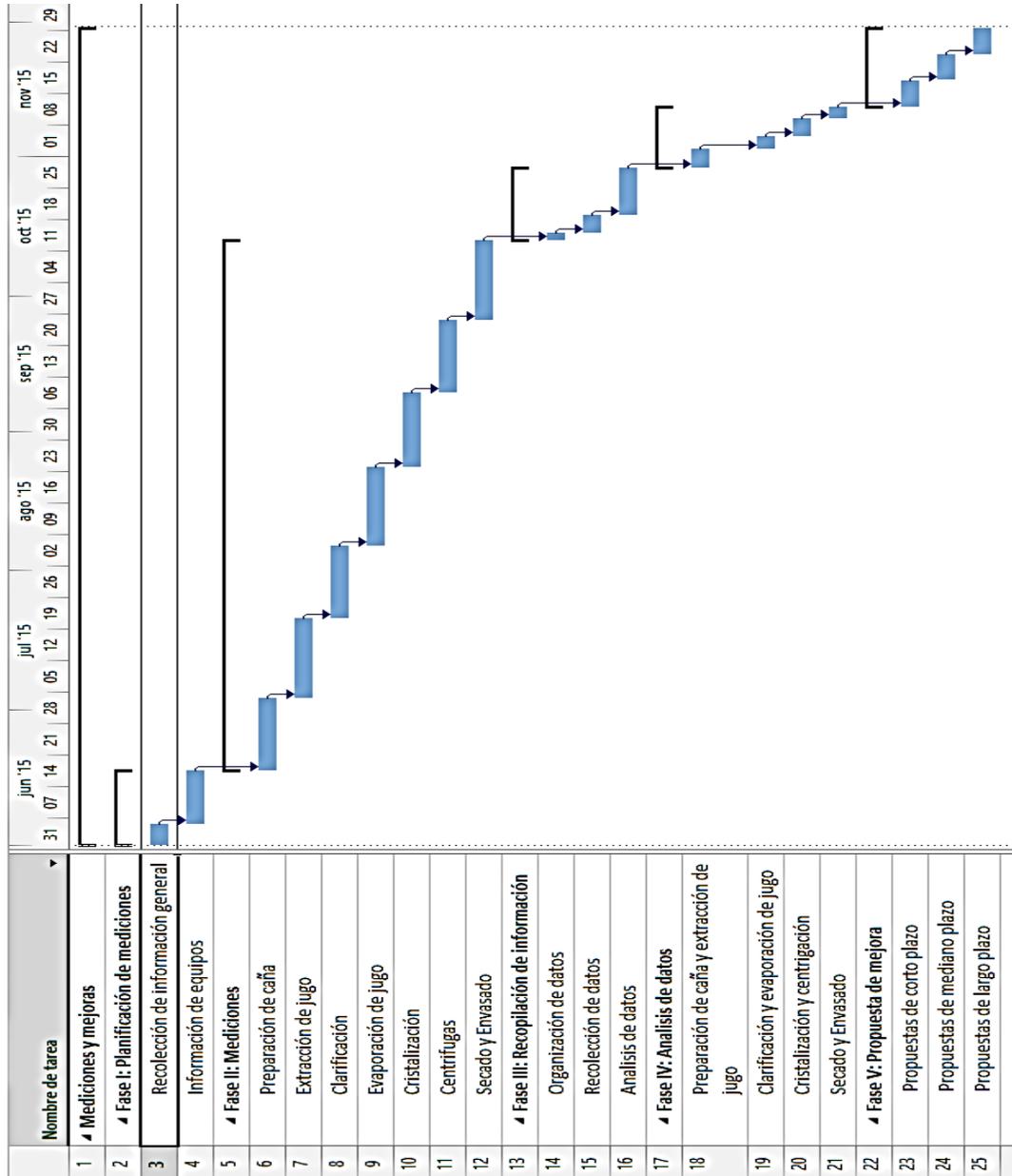
aportará las herramientas necesarias para poder identificar y describir características de la información de la energía eléctrica recolectada en cada área del ingenio, donde se presentarán en forma de tablas, categorizando cada punto de medición, concentrando la información necesaria para su respectiva interpretación y asimismo poder trasladarla de forma gráfica para ampliar y observar el comportamiento de los elementos, entre estas se utilizará la gráfica de tendencia central que se usará para encontrar las horas más críticas en el consumo de la energía, gráficas de barras para comparar potencias y voltajes entre equipos y áreas de medición, gráficas circulares para determinar el porcentaje que utiliza la energía en cada área, entre otras.

10.3. Generación de resultados y conclusiones

Teniendo información estadística ya estructurada y con relación a los datos analizados se iniciará con la interpretación de resultados, darán las conclusiones sobre el comportamiento de los datos y la relación al problema estudiado. Para poder concretar los resultados se deberán seguir estrategias de implementación e integración de los datos.

Toda interpretación de los datos analizados se deberán comprobar utilizando métodos paralelos para afirmar dichos resultados, con los resultados ya generados se obtendrán las respectivas conclusiones por cada análisis. Teniendo una serie de resultados y conclusiones se pueden estructurar de tal manera que se puedan presentar como una conclusión donde abarque de forma global el estudio realizado.

11. CRONOGRAMA



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para realizar las mediciones se debe contar con un presupuesto de equipos, suministros y elementos que sean factibles para la elaboración de este estudio. El trabajo de investigación será autofinanciado exceptuando al personal de apoyo que será proporcionado por el ingenio azucarero. Se tomó en cuenta la parte de recolección de datos que incluye equipos de cómputo, el equipo analizador de redes teniendo un costo por su utilización, asimismo como el mobiliario y papelería, transporte y personal que estará apoyando.

Tabla II. **Recursos económicos**

Recursos	Costos
Tecnológico	
Equipo de computo	Q 150,00
Equipo audiovisual	Q 150,00
Depreciación analizador de redes	Q 1 000,00
Equipos de medición y otros	Q 500,00
Mobiliario y papelería	
Mobiliario	Q 150,00
Papelería	Q 100,00
Transporte	
Vehículo	Q 1 450,00
Humano	
Asesor de tesis	Q 2 500,00
Personal técnico de apoyo	Q 1 500,00
Total	Q 7 500,00

Fuente: elaboración propia.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALTMANN, Carolina. *El mantenimiento y la eficiencia energética*. [en línea]. <http://jable.ulpgc.es/jable/cgi-bin/Pandora.exe?fn=commandselect;query=id:0007664392;command=show_pdf>. [Consulta: 19 de agosto de 2014].
2. Asociación Industrial de Canarias Se2in. *Guía de ahorro energética en el sector industrial*. Canarias, España: ASINCA, 2010. 183 p.
3. CAMPOS AVELLA, Juan Carlos, et al. *Calidad de la energía eléctrica*. Colombia: UPME, 2007. 128 p.
4. CARRETEÑO PEÑA, Antonio.; GARCÍA SANCHEZ, Juan Manuel. *Gestión de la eficiencia energética: Cálculo del consumo, indicadores y mejora*. Madrid, España: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2012. p. 236. ISBN 9788481437539.
5. CARTAGENA PORTILLO, Juan Pablo. *Eficiencia energética en los edificios de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador*. Tesis de Ingeniería: Universidad de El Salvador, 2012. 182 p.
6. CHEN, James C. P. *Manual del azúcar de caña*. Mexico: Limusa, 1991. 1200 p.

7. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Normas técnicas del servicio de distribución*. Guatemala: CNEE, 1998. 129 p.
8. Corporativa Rural de Electrificación., *Manual de eficiencia energética*. Santa Cruz, Bolivia: Corporativa Rural de Electrificación, 2012. p. irr.
9. Endensa. *Educa*. [en línea] <http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/i.-la-energia-y-los-recursos-energeticos>. [Consulta: 19 de octubre de 2014].
10. FERNANDEZ SALGADO, José María. *Eficiencia energética en edificios: Certificación y auditorías energéticas*. España: AMV Ediciones, 2011. 244 p.
11. GÓMEZ SALAZAR, Juan Luis. *Propuesta para la mejora de la eficiencia energética en el sistema de aire comprimido de la empresa Durman Esquivel* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 142 p.
12. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos; LUCIO, Pilar Baptista. *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill, 2006. 850 p.
13. HUGOT, Emilie. *Manual para ingenieros azucareros*. México: Continental, 1982. 804 p.

14. NOVA GONZÁLEZ, Armando. *nodo50*. [en línea] <http://www.nodo50.org/cubasigloXXI/economia/novag_310707.pdf> . [Consulta: 19 de agosto de 2014].

15. SEVILLEJA ACEITUNO, Diego. *Eficiencia energética en el sector industrial*. [en línea]. Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid. 21 de Diciembre de 2011. <http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13678/PFC_Diego_Sevilleja.pdf?sequence=1>. [Consulta: 19 de agosto de 2014].

ANEXOS

Anexo 1. Analizador de redes – Powerpad 3945



Especificaciones

MODELO	3945		
ELECTRICAS			
Frecuencia de Muestreo	256 muestras por ciclo		
Almacenamiento de datos	4MB partidos para formas de onda, transientes, alarmas y registro		
Voltaje (TRMS)	Fase-a-Fase: 830V Fase-a-Neutro: 480V		
Corriente (TRMS)	Tenaza MN: 0 a 6A/120A o 0 a 240A Tenaza MR: 0 a 1200ACa, 0 a 1400Acc Tenaza SR: 0 a 1200A AmpFlex™: 0 a 6500A ¹		
MEDICION	RANGO	RESOLUCION	EXACTITUD
Voltajes RMS Mono-Fásicos	6 a 480V	0.1V	±0.5% ± 2cts
Voltajes RMS Fase-a-Fase	10 a 830V	0.1V	±0.5% ± 2cts
Voltajes de Pico Mono-Fásicos	6 a 680V	1V	±(1% + 5cts)
Voltajes de Pico Fase-a-Fase	10 a 1360V	1V	±(1% + 5cts)
Frecuencia (Hz)	40 a 69Hz	0.01Hz	±0.01Hz
Componente de Voltaje CC	6 a 650V	0.1V	±1% ± 2cts
Sensores de Corriente (Arms)			
Tenaza M	0 a 240A	0.1A	±(0.5% + 2cts)
Tenaza SR	0 a 1200A	0.1A; 1A ≥ 1000A	±(0.5% + 2cts)
Sensor AmpFlex™	10 a 6500A	0.1A; 1A ≥ 1000A	±(0.5% + 1A)
Potencia Activa (Real) (kW)	0 a 9999kW	4 dígitos (10,000ct)	±1% ± 1ct @ PF ≥ 0.8
Potencia Reactiva (kVAR)	0 a 9999kVAR	4 dígitos (10,000ct)	±1% ± 1ct @ PF ≤ 0.8
Potencia Aparente (kVA)	0 a 9999kVA	4 dígitos (10,000ct)	±1% ± 1ct
Factor de Potencia (PF y DPF)	-1.000 a 1.000	0.001	±(1.5% + 0.01)
Energía Activa (kWh)	0 a 9999MWh	4 dígitos (10,000ct)	±1% ± 1ct @ PF ≥ 0.8
Energía Reactiva (kVARh)	0 a 9999MVARh	4 dígitos (10,000ct)	±1% ± 1ct @ PF ≤ 0.8
Energía Aparente (kVAh)	0 a 9999MVAh	4 dígitos (10,000ct)	±1% ± 1ct
Desbalance (V & A)	0 a 100%	0.1%	±1% ± 1ct
Angula de Fase (V-A, A-A, V-V)	-179° a +180°	1°	±2° ± 1ct
Armónicos (1 ^{er} to 50 th) F = 40 a 69Hz (V ≥ 50V, A > Inom/100)	0 a 999%	0.1%	±1% + 5cts
Distorsión Armónica Total (V y A)	0 a 999%	0.1%	±1% + 5cts
Factor-K (Akt)	1 a 99.99	0.01	±5% ± 1ct
Parpadeo (Pst)	0.00 a 9.99	0.01	-
Alimentación	Juego de baterías recargables NiMH de 9.6V Alimentación CA: 110/230Vca ±20% (50/60Hz)		
Vida de la Batería	6 hrs con pantalla encendida; ±96 hrs con pantalla apagada (en modo registro)		
AMBIENTALES			
Temperatura de Operación	32° a 122°F (0° a 50°C)		
Temperatura de Almacenaje	-4° a +122°F (-20° a +50°C)		
MECHANICAL			
Display	LCD de color 1/4 VGA (320 x 240)		
Dimensions	9.5 x 7 x 2" (240 x 180 x 55mm)		
Weight	4.6 lbs (2.1kg)		
SEGURIDAD			
Clasificación de Seguridad	EN 61010-1, 600V Cat. III, Grado de Contaminación 2		
Doble Aislación <input type="checkbox"/>	Sí		
Marca CE	Sí		

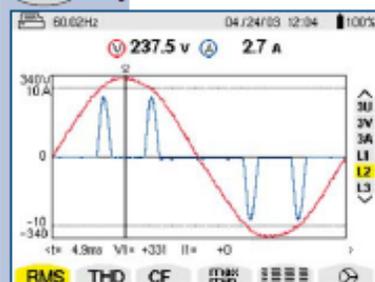
¹Factor de Cresta en 6500A = 1

Modo Foto Instantánea



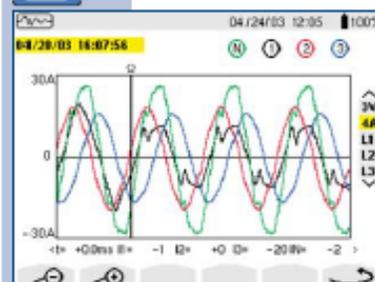
Ud. puede almacenar hasta 12 fotos instantáneas de la pantalla simplemente pulsando el botón cámara mientras la información deseada de cualquiera de los modos del instrumento se encuentra en pantalla. Cualquiera de las instantáneas almacenadas puede ser escogida y presentada seleccionándola de la lista.

Impresión



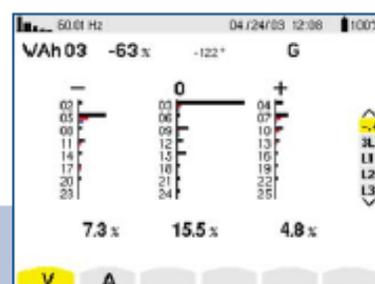
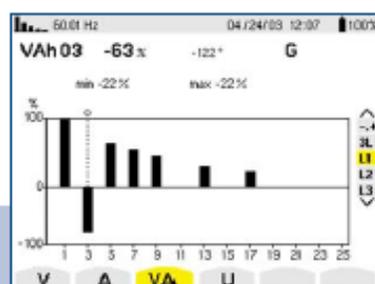
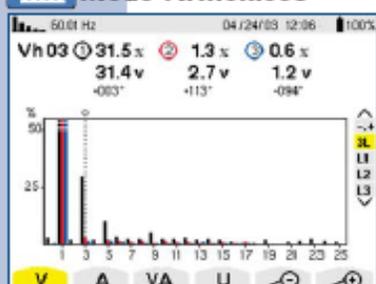
La información en pantalla (en tiempo real o de datos almacenados) puede ser enviada a una impresora usando una interfase serial simplemente pulsando el botón imprimir.

Modo Transiente



Presente transientes capturados – cada transiente consistente de un ciclo pre-disparo, el ciclo de disparo y dos ciclos post-disparo. Cuando se captura un transiente se almacenan todas las entradas. Se puede almacenar hasta 50 transientes, cada uno consistente de cuatro ciclos y hasta seis entradas dando un total de 1200 formas de onda transientes.

Modo Armónicos



Se puede presentar armónicos de voltaje, corriente y potencia en tiempo real, en gráfico de barras o en texto y almacenarlos en la memoria. Se puede analizar un armónico en particular moviendo el cursor horizontal hasta ese armónico. Se puede presentar la dirección de un armónico (fuente a carga o carga a fuente) en los armónicos de potencia. Se puede presentar la secuencia de armónicos (negativo, cero y positivo) de los volts o amperes en todas las fases.

Modo Forma de Onda

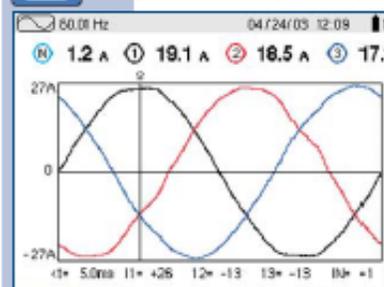
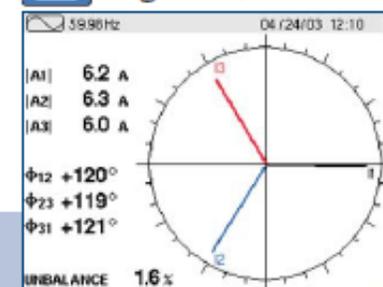


Diagrama de Fasores



Se puede presentar las formas de onda en tiempo real de cualquiera y todas las entradas. Se puede presentar gráficamente los Diagramas de Fasores en las presentaciones de RMS, THD y Factor de Cresta, mostrando la relación de fases como también los valores reales de los voltajes y las corrientes fase-a-fase. También se presenta el porcentaje de desbalance.

Modo Alarmas

Date/Time	Phase	Value	Duration
09/20/02 15:04	L1 Tan	0.10	4s
	L1 Arms 1A	5465µs	
	L2 Arms 0A	5466µs	
	L3 Arms 0A	5466µs	
	L1 Tan	0.10	7s
	L1 W	58W	7s
	L1 Arms 1A	7574µs	
	L2 Arms 0A	7574µs	
	L3 Arms 0A	7574µs	
10/16/02 09:22	L1 W	847W	35s
	L2 W	1636W	35s

Se puede registrar y presentar hasta 4096 condiciones de alarma. Cada alarma muestra fecha, hora, función, valor y duración (hasta 10ms).

DataView® Profesional Software

Características

Configure todas las funciones del PowerPad™ Modelo 3945

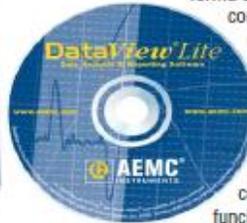
- Presente y analice datos en tiempo-real en su PC
- Configure todas las funciones de PowerPad desde su PC
- Personalice vistas, plantillas e informes de acuerdo a sus necesidades exactas
- Cree y almacene una biblioteca completa de configuraciones que pueden ser transferidas al PowerPad según se necesita
- Acérquese, aléjese y desplácese por las secciones del gráfico para analizar los datos
- Presente formas de onda, gráficos de tendencia, espectros de armónicos, resúmenes en texto, transientes, registro de eventos y alarmas almacenadas
- Imprima informes usando plantillas estándar o personalizadas que Ud. diseña

Requerimientos Mínimos del Sistema

- Windows®95/98/2000/ME/XP o Windows®NT 4.0
- 32MB de RAM (128MB recomendados)
- 35MB espacio en disco duro (200MB recomendados)
- Lector de CD Rom



DataView Profesional se incluye con el PowerPad Model 3945



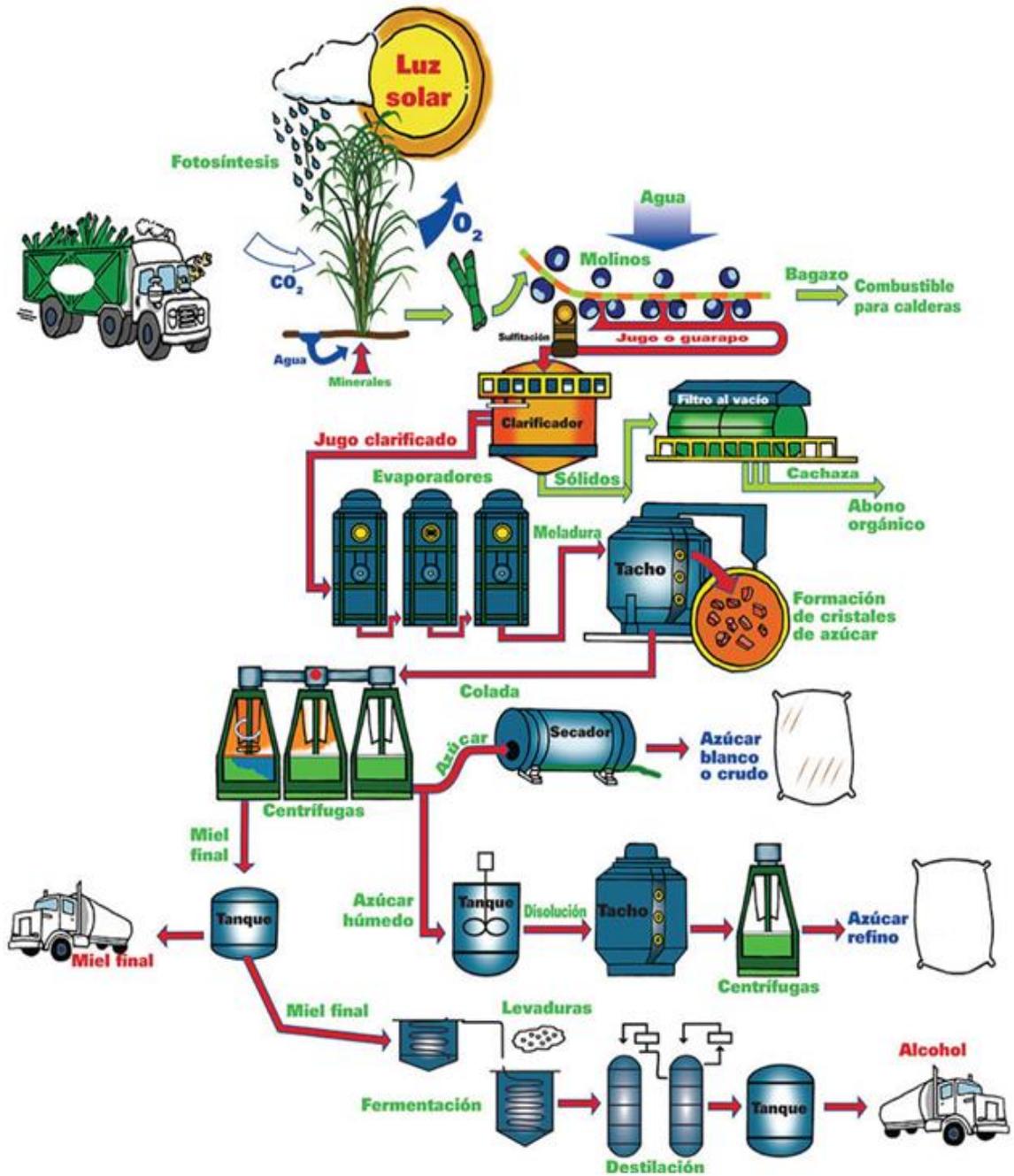
El software DataView Profesional proporciona una forma conveniente de configurar y controlar desde su computadora las pruebas de análisis de la energía eléctrica. Mediante el uso de cuadros de diálogo claros y fáciles de usar con la tecla tabuladora, se puede configurar todas las funciones de PowerPad e iniciar las pruebas. Los resultados se pueden mostrar en tiempo real y almacenar en su computadora. Se puede imprimir Informes con los comentarios y análisis del operador.



Presente formas de onda en tiempo real en su computadora

Fuente: Catalogo AEMC Instrumentos – Power Pad 3945.

Anexo 2. Proceso producción de azúcar



Fuente: <http://www.catsa.net/wordpress/area-industrial/fabricacion-del-azucar/>.

[Consulta: 25 de julio de 2014].

