



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ESTUDIO DE GENERACIÓN DE LA ENERGÍA  
ELÉCTRICA MEDIANTE UN TURBOGENERADOR PARA  
LA EMPRESA CERÁMICAS CARIBE C.A -COMUNIDAD  
CHIVACOA, EDO-YARACUY**

Br. Betzabeth Guillen Peña

Mérida, Junio, 2010

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ESTUDIO DE GENERACIÓN DE LA ENERGÍA  
ELÉCTRICA MEDIANTE UN TURBOGENERADOR PARA  
LA EMPRESA CERÁMICAS CARIBE C.A -COMUNIDAD  
CHIVACOA, EDO-YARACUY**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero  
Electricista

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Br. Betzabeth Guillen Peña  
Tutor: Dr. José Gregorio Contreras  
Asesor: Ing. Cleiber Mota

Mérida, Junio, 2010

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ESTUDIO DE GENERACIÓN DE LA ENERGÍA  
ELÉCTRICA MEDIANTE UN TURBOGENERADOR PARA  
LA EMPRESA CERÁMICAS CARIBE C.A -COMUNIDAD  
CHIVACOA, EDO-YARACUY**

Br. Betzabeth Guillen Peña

Trabajo de Grado, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar al título de Ingeniero Electricista, aprobado en nombre de la Universidad de Los Andes por el siguiente jurado.

---

Prof. Jaime González  
C.I: 3623983

---

Prof. Pedro Mora  
C.I: 18369608

---

Prof. José Gregorio Contreras  
C.I.: 4490926

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

*A Dios, Espíritu Santo mis queridos Padres, mi  
Hermana, familiares y amigos.*

## AGRADECIMIENTOS

**A la ilustre Universidad de Los Andes**, por haberme otorgado todos los conocimientos y herramientas necesarias para mi desarrollo académico.

**A la empresa CERAMICAS CARIBE C.A**, por la oportunidad brindada para la elaboración de esta tesis y por la experiencia laboral adquirida.

**Al ingeniero Marco Bustos**, por ser una persona con gran dedicación, empeño y constancia que a lo largo del camino ha sido un gran apoyo, y en el cual siento gran admiración.

**Al ingeniero Cleiber Mota**, por brindarme su colaboración, compartir sus conocimientos ser mi tutor industrial y estar pendiente a lo largo desarrollo de este trabajo.

**Al Profesor José Gregorio Contreras**, por haber aceptado gustosamente el compromiso de orientarme oportunamente durante el desarrollo de este trabajo.

A todos las personas que laboran en la **Dpto de Mantenimiento Eléctrico y Sala de Turbinas, Sr Gustavo, Joseph, Freddy, Arteaga ,Hurtado** de Cerámicas Caribe C.A, por su más sincero apoyo, y por haberme permitido integrar el grato ambiente de trabajo, compañerismo y colaboración.

A todo el personal de Cerámicas Caribe C.A y aquellas personas que directa o indirectamente hicieron posible la realización de esta investigación.

**Betzabeth Guillen Peña.** Estudio de generación de la energía eléctrica mediante un turbogenerador para la empresa Cerámicas Caribe C.A -Comunidad Chivacoa, Edo-Yaracuy. Universidad de Los Andes. Tutor: Prof. José Gregorio Contreras. Junio, 2010.

### Resumen

El propósito del presente trabajo es la realización del estudio de generación de la energía eléctrica mediante un turbogenerador para la empresa Cerámicas Caribe C.A -comunidad Chivacoa, Edo-Yaracuy; para el éxito del mismo se hizo un reconocimiento actualizado, en cuanto a las cargas del sistema, conformada principalmente por motores eléctricos, mediante las mediciones puntuales de voltajes y corrientes de los equipos de mayor consumo eléctrico, se realizó un estimado del consumo eléctrico futuro de la planta que tendrá los equipos que hacen faltan para incrementar la producción. Actualmente la empresa tiene una producción de aproximadamente 582.360, 84m<sup>2</sup> /mes de baldosas, con la estimación de los equipos que se requieren dentro de las áreas de procesos se espera un aumento en la producción un 1.260.000m<sup>2</sup>/mes de baldosas seleccionadas. Se valoró el consumo promedio de energía eléctrica que se tendrá en la fábrica debido a la ampliación, y así para dimensionar los turbogeneradores que deben prestar servicio y suplir la carga eléctrica demandada. Se seleccionó una opción que cumple con la factibilidad técnica, disponibilidad, eficiencia de operación, costos de equipos, instalaciones, mantenimiento, referencia del precio promedio del gas natural, impacto ambiental, impacto social, y los beneficios energéticos. La ejecución de la misma permitirá aumentar el aporte de energía al Sistema Eléctrico Nacional. Aumentar la disponibilidad y eficiencia de las unidades generadoras, mejorar los ciclos de los mantenimientos mayores y extender la vida útil de la planta; así como utilizar el excedente de energía para ser utilizada por la comunidad aledaña a la empresa.

**Descriptor:** *Turbogeneradores, Turbinas a Gas, Análisis de Carga, Mediciones de Voltaje y Corriente.*

## ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO</b>	<b>pp.</b>
<b>1. EL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
1.1 Planteamiento y Justificación del Problema.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivos General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 Metodología.....	4
1.4 Descripción de la empresa Cerámicas Caribe C.A.....	4
1.4.1 Ubicación.....	4
1.4.2 Historia.....	5
1.4.3 Actividad.....	5
1.4.4 Misión.....	5
1.5 Descripción del proceso de Producción.....	6
1.5.1 Proceso de Fabricación de Baldosa.....	6
1.6 Diagnostico de la situación comunidad.....	9
1.6.1 Ubicación Geográfica.....	9
1.6.2 Análisis del Contexto General.....	10
1.6.3 Características de la población y vivienda.....	10
1.6.4 Economía.....	10
1.6.5 Educación y Salud.....	11
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
2.1 Componentes Básicos del Sistema.....	12
2.2 Turbogeneradores.....	14
2.2.1 Turbina a Gas.....	14
2.2.2 Generador y Equipos Asociados.....	23
2.2.3 Sistema de Control de Turbinas a Gas.....	26
2.2.4 Sistema de Protecciones.....	26
<b>3. CARACTERÍSTICAS DE LOS PARÁMETROS DEL SISTEMA DE ENERGÍA.....</b>	<b>27</b>
3.1 Descripción del Sistema Eléctrico de la empresa.....	27
3.2 Descripción de la Carga utilizada en Cerámicas Caribe.....	28
3.2.1 Registro de Carga.....	29
3.2.2 Mediciones Puntuales de Carga por Área.....	31
3.2.3 Información Desconocida.....	41
3.2.4 Estimación del Factor de Demanda.....	41
3.3 Estimación de la Demanda Actual del Sistema.....	42

3.4	Estimación de los equipos y del consumo eléctrico futuro de las nuevas líneas de producción.....	51
3.4.1	Área de Pasta.....	52
3.4.2	Área de esmalte, engobe y tintas.....	62
3.4.3	Área de Proceso Continuo.....	65
3.4.4	Resumen de Estimación de los equipos.....	67
3.5	Descripción del sistema eléctrico actual de la comunidad cercana a la planta.....	68
<b>4.</b>	<b>PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE LOS TURBOGENERADORES.....</b>	<b>70</b>
4.1	Requerimientos de Diseño.....	70
4.2	Análisis y Evaluación Técnicas de las Propuestas de Diseño.....	71
4.2.1	Saturno 20 y Centauro 40.....	72
4.2.2	Características de Diseño.....	72
4.2.3	Rendimientos de los Turbogeneradores.....	72
4.2.4	Características Mecánicas de Instalación.....	73
4.2.5	Sistemas que conforman los turbogeneradores.....	75
4.2.6	Especificaciones de los Turbogeneradores Instalados en Cerámicas Caribe C.A.....	75
4.2.7	Identificación de la Propuesta.....	76
4.2.8	Selección de la Mejor Alternativa.....	85
4.3	Análisis de las Propuestas.....	86
4.4	Selección de la Mejor Opción para la ejecución del Proyecto.....	87
<b>5.</b>	<b>INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE DE LAS PROPUESTAS SELECCIONADAS</b>	
5.1	Propuesta 2.....	88
5.1.1	Requerimientos eléctricos de Instalación.....	89
5.3	Equipos Conectados en el Transformador (3000KVA).....	93
5.4	Equipos Conectados en el Transformador (1000KVA).....	94
5.5	Estimación de Costo de las Conexiones Eléctricas de los Turbogeneradores.....	96
	CONCLUSIONES.....	98
	RECOMENDACIONES.....	100
	REFERENCIAS.....	101
	ANEXOS.....	102

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>pp.</b>
1.1 Ubicación Geográfica del Estado Yaracuy.....	10
2.1 Esquema simplificado del Proceso de conversión de energía de una turbina de gas.....	14
2.2 Ciclo a Presión o Ciclo Brayton.....	15
2.3 Compresores Centrífugos.....	16
2.4 Esquema de Diseño de un Rotor típico de compresor.....	17
2.5 Carcaza, Compresor.....	17
2.6 Descarga del Compresor.....	19
2.7 Módulo de Combustión de flujo de aire.....	21
2.8 Configuraciones de los ejes de turbinas.....	22
2.9 Ciclos Simple de una Turbina de Gas.....	23
3.1 Descripción del Sistema Eléctrico de la empresa.....	28
3.2 Selección de Atomizadores de la casa SAMIC.....	54
3.3 Sistema de Procesamiento de la Barbotina.....	58
4.1 Rendimiento de Saturno 20.....	73
4.2 Rendimiento del Centauro 40.....	73
4.3 Configuraciones Típicas del Conjunto Saturno y Centauro.....	74
5.1 Diagrama de Instalación del Turbogenerador Centauro 40.....	88
5.2 Diagrama de Conexión del Turbogenerador Centauro 40.....	89

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>pp.</b>
2.1 Voltajes Disponibles.....	24
3.1 Registro de Voltajes de los Transformadores A y B y Transformador 2.....	29
3.2 Registro de Corriente de los Transformadores A y B y Transformador 2.....	29
3.3 Registro de Potencia Activa, Potencia Reactiva, Potencia Aparente.....	30
3.4 Distorsiones Armónicas de Voltaje Medidas en el Registro de Cargas (THD).....	30
3.5 Mediciones de Voltajes y Corrientes en Preparación de Pasta.....	32
3.6 Mediciones de Voltajes y Corrientes en Preparación de Esmaltes.....	33
3.7 Mediciones de Voltajes y Corrientes en Línea de Producción 1.....	34
3.8 Mediciones de Voltajes y Corrientes en Línea de Producción 2.....	34
3.9 Mediciones de Voltajes y Corrientes en Línea de Producción 3.....	35
3.10 Mediciones de Voltajes y Corrientes en Línea de Producción 4.....	35
3.11 Mediciones de Voltajes y Corrientes en Línea de Producción 5.....	36
3.12 Mediciones de Voltajes y Corrientes en Equipos Complementarios.....	37
3.13 Potencia Estimada en el Transformador A de la Subestación 1.....	38
3.14 Potencia Estimada en el Transformador B de la Subestación 1.....	39
3.15 Potencia Estimada en el Transformador 1 de la Subestación 2.....	40
3.16 Sumatoria de las Cargas medidas en cada Transformador.....	40
3.17 Equipos del Transformador A cuyos datos nominales no son conocidos.....	41
3.18 Equipos del Transformador B cuyos datos nominales no son conocidos.....	41
3.19 Datos Requeridos para el Cálculo de Factor de Demanda.....	42
3.20 Factor de Demanda de cada Transformador.....	42
3.21 Potencia Generada en la Sala de Turbinas 2008.....	43
3.22 Potencia Generada en la Sala de Turbinas 2009.....	43
3.23 Resumen Potencia Eléctrica Generada.....	44
3.24 Potencia Generada en el Mes de Enero 2010.....	46
3.25 Potencia Generada en el día 31 de Enero 2010.....	47
3.26 Potencia Aparente Generada el día 01 de Febrero del 2010.....	48
3.27 Potencia Real Generada el día 01 de Febrero del 2010.....	49
3.28 Potencia Reactiva Generada el día 01 de Febrero del 2010.....	50
3.29 Déficit de Polvo atomizado por incremento de Producción.....	53
3.30 Promedio de las Variables actualmente en la planta Cecar en silos de almacenaje...	59
3.31 Promedio de variables que se manejaran en la planta Cecar en silos de almacenaje..	60
3.32 Equipos Adicionales en la Planta Cecar debido al incremento de Producción en el área de pasta.....	60
3.33 Promedio de Gastos de Polvo Atomizado según producción de Baldosa seleccionada.....	61
3.34 Estimación de consumo eléctrico por equipos adicionales en el área de pasta.....	61
3.35 Producción de Esmaltes, engobe y tintas actual en Cecar.....	62
3.36 Capacidad de producción en condiciones extrema de los molinos del area de esmalte.....	63
3.37 Gastos de esmaltes engobe y tintas según producción de 1.260.000m <sup>2</sup> /mes.....	64
3.38 Equipos Adicionales de Proceso Continuo.....	65
3.39 Estimación de consumo eléctrico por equipos adicionales en Cerámicas Caribe en proceso continuo.....	66

3.40	Estimación de Consumo eléctrico por equipos adicionales en Cerámicas Caribe equipos adicionales.....	66
3.41	Equipos adicionales en la planta Cerámicas Caribe debido al incremento de Producción.....	67
4.1	Propuestas de los Turbogeneradores a seleccionar.....	85
5.1	Corriente del Alimentador de Media Tensión de 4,16KV.....	90
5.2	Caída de Tensión del alimentador de Media Tensión de 4,16KV, proveniente de la Unidad.....	90
5.3	Corriente del Alimentador de Alta Tensión de 13,8KV.....	91
5.4	Caída de Tensión del alimentador de Alta Tensión de 13,8KV.....	91
5.5	Protecciones de Sobrecorriente en el primario y secundarios de transformadores de más de 600V.....	92
5.6	Equipos Conectados en el Transformador de la Subestación Uno (1).....	93
5.7	Equipos Conectados en el Transformador de la Subestación Dos (2).....	93
5.8	Características de los conductores de cobre con aislamiento TTU – 5 kV, 75 °C, en ducto no magnético, en sistema trifásico 4.16kV, 60 Hz, temperatura ambiente 40 °C.....	94
5.9	Estimación de Costo de las conexiones eléctricas del turbogenerador.....	96
5.10	Costo de la mano de Obra del turbogenerador.....	97

**LISTA DE GRÁFICOS**

<b>GRÁFICO</b>	<b>pp.</b>
3.1 Potencia Eléctrica Generada en el año 2008 (KWH).....	44
3.2 Potencia Eléctrica Generada en el año 2009 (KWH).....	45
3.3 Potencia Eléctrica Generada en el mes enero 2010 (KWH).....	47
3.4 Potencia Eléctrica Generada en el día 31 de enero del 2010(KWH).....	48
3.5 Potencia Aparente Generada en el día 01 de febrero del 2010 (KVA).....	49
3.6 Potencia Real Generada en el día 01 de Febrero del 2010 (KW).....	50
3.7 Potencia Reactiva Generada el día 01 de Febrero del 2010(KVr).....	51

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

# INTRODUCCIÓN

La empresa Cerámicas Caribe es una planta de producción de cerámicas que en los últimos años se ha sometido a grandes transformaciones cuyo propósito es fabricar y comercializar cerámicas de calidad para pavimentos y revestimientos, utilizando equipos de tecnología actualizada, materias primas controladas y personal capacitado para satisfacer a las demandas del mercado. Como misión se tiene el constante crecimiento para ofrecer a sus clientes un excelente producto y servicio y lograr ser una empresa de clase mundial, la más importante de Venezuela en la fabricación y comercialización de cerámicas de alta calidad a bajo costo.

El estudio que se presenta tiene como objetivo proponer la instalación de un nuevo turbogenerador en la empresa que permita de manera eficiente y segura proporcionar energía eléctrica con el fin de satisfacer la demanda eléctrica para las nuevas líneas de producción requerida y suministrar su excedente a un sector cercano a la misma.

El presente trabajo se conforma de cinco capítulos. En el capítulo 1 se presenta el planteamiento del problema y su justificación, descripción de los objetivos, empresa, proceso de producción y diagnóstico de la situación actual de la comunidad. En el capítulo 2, referido al marco teórico donde se señala los componentes básicos del sistema eléctrico, describe las partes y funcionamiento de los turbogeneradores. En el capítulo 3, describe las características de los parámetros del sistema de energía de la empresa, carga utilizada, estimación de la demanda actual del sistema, equipos, consumo eléctrico futuro de las nuevas líneas de producción, y descripción del sistema eléctrico actual de la comunidad cercana a la planta. En el capítulo 4, se señala detalladamente las propuestas de la instalación de los turbogeneradores, requerimientos de diseño, identificación, análisis y evaluación técnica de cada una de ellas, selección de la mejor alternativa desde el punto de vista de factibilidad técnica, de disponibilidad, de eficiencia, de operación, de

mantenimiento, de beneficios energéticos y de costos que nos permite encontrar la mejor opción a elegir. En el capítulo V se refiere a la ingeniería básica de detalle y requerimientos básicos para la instalación del turbogenerador seleccionado.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Algunas industrias se auto abastecen de energía eléctrica mediante la auto generación para emplearlas en su proceso de producción; debido a la crisis energética que atraviesa el país, la empresa Cerámicas Caribe C.A, necesita realizar un estudio de la energía eléctrica mediante un turbogenerador y aprovechar el excedente para alimentar un sector comunidad de Chivacoa Municipio Bruzual-Edo Yaracuy, permitiendo el mejoramiento continuo de la industria y mantener así ventaja competitiva. Además las empresas venezolanas se encuentran en la imperiosa necesidad de renovar sus maquinarias adaptarlas nuevas tecnologías con el propósito de obtener una mayor rentabilidad en el proceso productivo, e incrementando la demanda de sus productos en el mercado nacional, por lo tanto Cerámicas Caribe C.A, se traza como meta el aumento de su producción con dos líneas adicionales y llegar a siete líneas de producción, obteniéndose, baldosa seleccionada de diferente formato y calidad, para lograr esta meta es necesario la disponibilidad de energía eléctrica constante y confiable.

Así que debido a los efectos del plan de ahorro energético nacional a la crisis eléctrica, que se extenderá y podría intensificarse en el país se hace necesaria la instalación de un turbogenerador que cubra las necesidades energéticas, en sus nuevas líneas de producción. Además la empresa pretende beneficiar a las comunidades cercanas a dicha empresa; mejorando su calidad de vida a través de la responsabilidad social Empresa-Comunidad; debido que la demanda eléctrica va en aumento y se requiere de mayor capacidad instalada de generación

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Realizar el estudio sobre la energía eléctrica mediante un turbogenerador para la Empresa Cerámicas Caribe C.A -Comunidad Chivacoa, Edo-Yaracuy.

### **1.2.2 Objetivo Específicos**

- Revisar las condiciones existentes en el proceso de preparación de baldosas, en función de la tecnología para el desarrollo del proyecto.
- Diagnosticar la situación actual del consumo eléctrico de los turbogeneradores.
- Estimación del consumo eléctrico por equipos adicionales para el incremento de las dos líneas de producción.
- Realizar un estudio técnico, económico y comparativo entre las diferentes alternativas de turbogeneradores, que permita seleccionar la opción que mejor se adecue a los criterios y exigencias definidas.
- Propuesta de solución para la instalación e implementación del turbogenerador.
- Elaborar planos unifilares de la instalación.

## **1.3 METODOLOGÍA**

La metodología consiste en una investigación de tipo teórico- técnico, para elaborar y desarrollar una propuesta viable como solución a la problemática planteada.

El trabajo se fundamentará en una investigación documental de las normativas nacionales e internacionales que rigen el diseño de las instalaciones eléctricas en áreas industriales, complementándose con visitas al área de trabajo para recolectar información correspondiente a las condiciones actuales del sistema.

## **1.4 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA CERÁMICAS CARIBE.**

### **1.4.1 Ubicación**

Cerámicas Caribe es una planta productora de cerámicas, su fábrica está ubicada en la Autopista Centro Occidental, Distribuidor Chivacoa, Municipio Bruzual, Estado

Yaracuy. En la planta se encuentran las oficinas administrativas, de producción, logística, proyectos y ventas. La oficina corporativa se encuentra en el Centro Comercial Ciudad Tamanaco, Torre "A", piso 2, Oficina A-207, Chuao, Municipio Baruta, Estado Miranda.

#### **1.4.2 Historia**

Cerámicas Caribe C.A. Fue creada el 22 de Noviembre de 1.984. Nace en las bases de un desarrollo industrial sostenido que presentaba Venezuela en la década de los 70. Fue adquirida por un grupo de inversionistas privados y se ha mantenido con la participación de las siguientes generaciones. A un año de su inauguración recibe por parte de la comisión venezolana de normas industriales **COVENIN**, la aprobación de control de calidad en su primera clase. Desde el año 2000, están trabajando en función de obtener la certificación **ISO 9001:2000**, con la cual, optimizarán las operaciones de la empresa, fortalecerán la confianza con los clientes y proveedores y aumentarán la competitividad en su área.

Cerámicas Caribe es parte de un grupo estratégico de empresas que cubren el mercado nacional con variados productos. Empresas como Aero Closet, Colorificios Pordecar, Cerámicas San Marino y Tayamet forman con Cerámicas Caribe parte de esta alianza

#### **1.4.3 Actividad**

Por ser la planta más grande del país en su ramo, Cerámicas Caribe C.A. Se encarga de producir la mayor cantidad de cerámica que en él se distribuye. Produce cerámicas para pisos y paredes en los formatos 25x40; 32x32; 25x32; 43x43 y 25x25. Tienen distribuidores y vendedores a nivel nacional por lo que cubren el mercado cerámico de todo el país.

#### **1.4.4 Misión**

Cerámicas Caribe C.A. es una empresa líder a nivel nacional, en la fabricación y la comercialización rentable de cerámicas de calidad a bajo costo, que sostiene un crecimiento permanente y ofrece a sus clientes un excelente servicio de acuerdo a sus requerimientos.

Esto lo logran a través de:

- Una organización participativa con trabajadores proactivos, motivados, competentes, comprometidos y guiados por los valores organizacionales de la empresa.
- Procesos ágiles y flexibles bajo el enfoque y mejoramiento continuo.

- Tecnología actualizada.
- Materias primas, insumos y procesos controlados.
- Utilización óptima de los recursos financieros.
- Preservación del medio ambiente.
- Fortaleciendo la relación con nuestros proveedores.

## **1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN**

Desde su comienzo la política de Cerámicas Caribe es fabricar y comercializar cerámicas de calidad para pavimentos y revestimientos, utilizando equipos de tecnología actualizada, materias primas controladas y personal capacitado para satisfacer a las demandas del mercado, como misión se tiene el constante crecimiento para ofrecer a sus clientes un excelente producto y servicio y lograr ser una empresa de clase mundial, la más importante de Venezuela en la fabricación y comercialización de cerámicas de alta calidad a bajo costo. Para ir alcanzando estas metas la empresa ha querido estudiar la posibilidad de incrementar la producción de cerámicas de diferentes formatos y calidades superiores llegando a una producción ideal de  $1.260.000 \frac{m^2}{mes}$  de cerámicas seleccionada.

### **1.5.1 Proceso de fabricación de baldosas cerámicas**

El proceso de fabricación de baldosas cerámicas en Cerámicas Caribe se desarrolla en una serie de etapas sucesivas, que pueden resumirse del modo siguiente: Preparación de las materias primas. Molienda vía húmeda. Atomización. Prensado y secado en crudo de la pieza. Esmaltado y decorado de la pieza. Cocción. Clasificación y embalaje.

#### ***1.5.1.1 Preparación de las materias primas.***

El proceso cerámico comienza con la selección de las materias primas que deben formar parte de la composición de la pasta, que son fundamentalmente arcillas, feldespatos, arenas, carbonatos y caolines.

#### ***1.5.1.2 Molturación por vía húmeda y secado de la composición por atomización***

El procedimiento que se ha impuesto totalmente en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos por monococción, como consecuencia de las importantes mejoras técnicas que supone, es el de vía húmeda y posterior secado de la suspensión resultante por atomización. En el procedimiento de vía húmeda, las materias primas se introducen

parcialmente en el molino de bolas, que es lo habitual. A la suspensión resultante (barbotina) se le elimina una parte del agua que contiene hasta alcanzar el contenido en humedad necesario para cada proceso. El proceso de atomización es un proceso de secado, por el cual una suspensión pulverizada en finas gotas, entra en contacto con aire caliente para producir un producto sólido de bajo contenido en agua. El contenido en humedad presente en la suspensión (barbotina), suele oscilar entorno a  $0,30 - 0,45 \frac{\text{Kg. de agua}}{\text{Kg. de sólido seco}}$ , este contenido en agua tras el proceso de atomización se reduce a  $0,05 - 0,07 \frac{\text{Kg. de agua}}{\text{Kg. de sólido seco}}$ .

Los atomizadores operan siguiendo la siguiente secuencia: la barbotina procedente de las balsas de almacenamiento de las plantas de molienda, con un contenido en sólidos entre el 60 y el 70 % y con una viscosidad adecuada, es bombeada por medio de bombas de pistón al sistema de pulverización de la barbotina. La barbotina finamente nebulizada y dividida, se seca poniéndola en contacto con una corriente de gases calientes. Estos gases provienen de un quemador convencional aire-gas natural.

El granulado, con una humedad entre el 5,5 y el 7%, es descargado en una cinta transportadora y llevado a los silos para su posterior prensado. La corriente de gases utilizada para secar la barbotina y obtener el polvo atomizado es eliminada por la parte superior del atomizador conteniendo un elevado grado de humedad y partículas de polvo muy finas en suspensión. La implantación del proceso de secado por atomización para la obtención de la materia prima del soporte (polvo atomizado), conlleva unas importantes ventajas que favorecen el desarrollo de las posteriores etapas del proceso de fabricación. Una de las ventajas más importantes es la obtención de gránulos más o menos esféricos, huecos en su interior y muy uniformes, lo que confiere al polvo atomizado una elevada fluidez, facilitando las operaciones de llenado de los moldes de las prensas y prensado de piezas de gran formato.

#### **1.5.1.3 Prensado en seco.**

El procedimiento predominante de conformación de las piezas es el prensado en seco (5-7 % de humedad), mediante el uso de prensas hidráulicas. Este procedimiento de formación de

pieza opera por acción de una compresión mecánica de la pasta en el molde y representa uno de los procedimientos más económicos de la fabricación de productos cerámicos de geometría regular.

El sistema de prensado se basa en prensas oleodinámicas que realizan el movimiento del pistón contra la matriz por medio de la compresión de aceite y presentan una serie de características como son: elevada fuerza de compactación, alta productividad, facilidad de regulación y constancia en el tiempo del ciclo de prensado establecido.

#### ***1.5.1.4 Secado de piezas conformadas.***

La pieza cerámica una vez conformada se somete a una etapa de secado, con el fin de reducir el contenido en humedad de las piezas tras su conformado hasta niveles lo suficientemente bajos (0,2-0,5 %), para que las fases de cocción y, en su caso, esmaltado se desarrollen adecuadamente. En los secaderos que normalmente se utilizan en la industria cerámica, el calor se transmite mayoritariamente por convección, desde gases calientes a la superficie de la pieza, participando ligeramente el mecanismo de radiación desde dichos gases y desde las paredes del secadero a dicha superficie. En los secaderos verticales las piezas se colocan en planos metálicos, formando entre varios planos diferentes unidades denominadas habitualmente “cestones”. El conjunto de cestones se mueve por el interior del secadero verticalmente, entrando el conjunto cestón-pieza en contacto con los gases calientes. Normalmente la temperatura en este tipo de secaderos es inferior a 200°C y los ciclos de secado suelen estar entre los 35 y 50 minutos.

#### ***1.5.1.5 Esmaltado***

El esmaltado consiste en la aplicación por distintos métodos de una o varias capas de vidriado con un espesor comprendido entre 75-500 micras en total, que cubre la superficie de la pieza. Este tratamiento se realiza para conferir al producto cocido una serie de propiedades técnicas y estéticas, tales como: impermeabilidad, facilidad de limpieza, brillo, color, textura superficial y resistencia química y mecánica. La naturaleza de la capa resultante es esencialmente vítrea, aunque incluye en muchas ocasiones elementos cristalinos en su estructura. El vidriado, al igual que la pasta cerámica, está compuesto por una serie de materias primas inorgánicas. Contiene sílice como componente fundamental (formador de

vidrio), así como otros elementos que actúan como fundentes (alcalinos, alcalinotérreos, boro, cinc, etc.), como opacificantes (circonio, titanio, etc.), como colorantes (hierro, cromo, cobalto, manganeso...). Dependiendo del tipo de producto, de su temperatura de cocción, y de los efectos y propiedades a conseguir en el producto acabado, se formula una amplia variedad de esmaltes.

#### ***1.5.1.6 Cocción de las piezas.***

La cocción es una de las etapas más importantes del proceso de fabricación, ya que de ella dependen gran parte de las características del producto cerámico: resistencia mecánica, estabilidad dimensional, resistencia a los agentes químicos, facilidad de limpieza, resistencia al fuego. Las variables fundamentales a considerar en la etapa de cocción son, el ciclo térmico (temperatura-tiempo), y la atmósfera del horno, que deben adaptarse a cada composición y tecnología de fabricación, dependiendo del producto cerámico que se desee obtener.

#### ***1.5.1.7 Clasificación y embalado.***

Por último con la etapa de clasificación y embalado finaliza el proceso de fabricación del producto cerámico. La clasificación se realiza mediante sistemas automáticas con equipos mecánicos y visión superficial de las piezas. El resultado es un producto controlado en cuanto a su regularidad dimensional, aspecto superficial y características mecánicas y químicas.

## **1.6 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA COMUNIDAD**

### **1.6.1 Ubicación Geográfica**

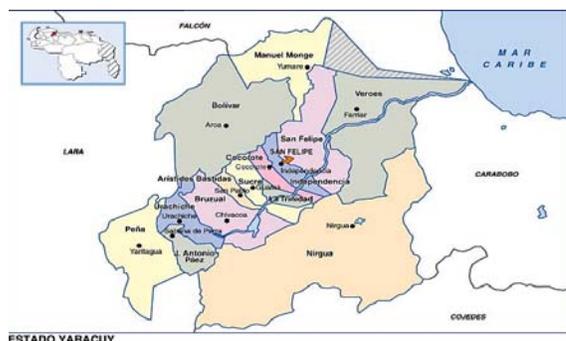
El municipio Bruzual, cuya capital es Chivacoa, posee una superficie de 417 Km<sup>2</sup>. Se encuentra ubicado al centro-oeste del Estado Yaracuy. Está dividido en dos parroquias, Chivacoa y Campo Elías.

Sus límites son: al norte con el municipio Bolívar y el estado Lara, al Sur con el municipio Nirgua, al este con el municipio Sucre y Arístides Bastidas y al oeste con el municipio Urachiche.

La ciudad se encuentra en un espacioso valle situado al norte de la mítica Montaña de Sorte, estando situado a una altura de 298 msnm, con una vegetación intervenida, clima interior transicional y suelos fluvisoles.

### 1.6.2 Análisis del Contexto Local General.

Este municipio se destaca como un verdadero centro en vía de desarrollo, al contar con una importante superficie para la explotación agrícola, reservas de yacimientos minerales no metálicos de buena calidad y una zona industrial dotada de servicios públicos.



*País* Venezuela

*Estado* Yaracuy

*Municipio* Municipio Bruzual

*Latitud* 10°9'36" N

*Longitud* 68°54'35" O

*Altitud* 296 msnm

*Superficie* 417 km<sup>2</sup>

**Figura. 1.1** Ubicación Geográfica del Estado Yaracuy. Fuente <http://www.venezuela-online.net/mapas/Yaracuy.jpg>

### 1.6.3 Características de la Población y Vivienda

Con una tasa de crecimiento del 1,7%. En los últimos años se ha iniciado una etapa de recuperación basada en la afluencia de nuevos residentes, tanto extranjeros como venezolanos, y en un proceso descendente de la mortalidad. Así mismo el crecimiento poblacional se vincula con la acelerada urbanización experimentada durante las últimas décadas.

Con una Población de 73.361 Habitantes. Fuente del Instituto Nacional de Estadísticas – Consejo Nacional Electoral 2008. Con un aproximado de Viviendas de 18.340 distribuidos en inmuebles unifamiliares, multifamiliares y ranchos.

### 1.6.4 Economía

En el plano industrial, Chivacoa está catalogada como la ciudad industrial yaracuyana, en virtud de las empresas asentadas en su área de transformación, donde se destaca la producción de alimentos como harina precocida de maíz, harina de trigo (procesamiento),

alimento para animales, lácteos, azúcar ,alcoholes. Igualmente se han instalado empresas de metalmecánicas, producción de cerámicas, agropecuarias, entre otras. Es de hacer notar que la instalación de esas planta en la ciudad de Chivacoa, se corresponde con su envidiable posición geográfica, toda vez que se encuentra en una de las encrucijadas que comunica la región con los estados Lara y Carabobo. Con respecto al sector de servicios, la ciudad posee una importante cantidad de tiendas oferentes de bienes y servicios varios tales como alimentación, banca privada, hotelería, entre otros.

### **1.6.5 Educación y Salud**

De acuerdo a datos reportados por el INE Chivacoa cuenta con una tasa de analfabetismo para la población de 10 años y más que alcanza el 8,7%. No obstante existe una infraestructura educativa que ofrece al estudiantado bruzualense y de otros municipios, que cuenta con planteles con combinaciones de niveles educativos que van desde el preescolar hasta el ciclo profesional (Monseñor Arias Blanco). Entre las instituciones con arraigo y gentilicio chivacoense se encuentran la Tribu Jirajara, El Colegio Santa María fundado por el ilustre Monseñor Vicente Lambruschini, los Liceos Carlos José Mujica, Raúl Ramos Giménez, Escalona y Calatayud, Jean Piaget y una extensión de la importantísima UNEFA(Universidad Nacional Experimental Politécnica de las Fuerzas Armadas) entre otros. Chivacoa cuenta con el Hospital tipo I "Dr. Tiburcio Garrido" ubicado al noroeste de la ciudad, al igual que el Centro Ambulatorio Chivacoa del Instituto venezolano de los Seguros Sociales IVSS y el CDI anexo al Hospital Tiburcio Garrido, perteneciente a la Misión Barrio Adentro.

# CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO

Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencia entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos y obtener trabajo cuando dichos puntos se pone en contacto por medio de un conductor. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía luminosa o luz, la energía mecánica y energía térmica entre otras. Es una de las más utilizadas en diversos procesos y aparatos de la más diversa naturaleza, debido a la facilidad con que se le genera, transporta y convierte en otras formas de energía, por esta razón es una de las bases energéticas que permite que funcione la tecnología utilizada por el ser humano en la actualidad.

### 2.1 COMPONENTES BÁSICOS DEL SISTEMA

**Corriente Eléctrica:** es el desplazamiento de los electrones a través de un cuerpo conductor. Si el movimiento de electrones es mayor, habrá mayor corriente, y si es menor habrá menos corriente.

**Alimentadores:** Estos son los conductores desde el punto de entrega en el equipo de servicio hasta el último dispositivo de protección de sobrecorriente del circuito derivado. El alimentador principal tiene su origen en la localización del equipo de servicio y los subalimentadores se originan en el tablero principal o los centros de distribución y hacia la localización de los equipos.

**Transformador:** El transformador eléctrico es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. En instalaciones grandes (o complejas) pueden necesitarse varios niveles de voltajes, lo que se logra instalando varios transformadores.

**Seccionador:** El seccionador es un aparato mecánico de conexión que asegura, en posición abierta, una distancia de seccionamiento que satisface condiciones específicas. Es capaz de abrir y de cerrar un circuito cuando se establece o interrumpe una corriente de valor despreciable, o bien no se produce ningún cambio importante de la tensión entre los bornes de cada uno de los polos del seccionador.

**Motor Eléctrico:** Es una máquina cuyo objetivo fundamental es transformar la energía eléctrica que se le suministra en energía mecánica. Los motores eléctricos suministran potencia motriz a una amplia variedad de máquinas domésticas e industriales. Ninguna otra forma de impulsión puede regular su adaptabilidad, confiabilidad y economía.

**Subestaciones Eléctricas:** Instalaciones donde sus componentes se modifican los parámetros de la potencia (V y I), sirven de punto de interconexión para facilitar la transmisión y distribución de la energía eléctrica.

**Capacidad de corriente:** La corriente nominal que un conductor puede transportar en forma permanente, en las condiciones en que se le usa, sin exceder su temperatura nominal

**Centro de Control de Motores (CCM):** Es el conjunto de equipos configurados destinados a distribuir la energía eléctrica en forma controlada desde una o varias acometidas, hacia cargas que son principalmente motores eléctricos.

**Cortacorriente:** Conjunto formado por un soporte para fusible con un portafusible o una cuchilla de desconexión. El portafusible puede incluir un elemento conductor (hilo fusible) o puede actuar como cuchilla de desconexión mediante la inclusión de un elemento no fusible.

**Sobrecarga:** Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad normal de potencia o de un conductor con exceso de corriente sobre su capacidad nominal, cuando tal funcionamiento persiste por tiempo suficiente, causa daños o sobrecalentamiento peligroso.

**Sobrecorriente:** Cualquier valor de corriente, sobre la corriente nominal del equipo, o sobre la capacidad de corriente de un conductor. La sobrecorriente puede ser originada por una sobrecarga.

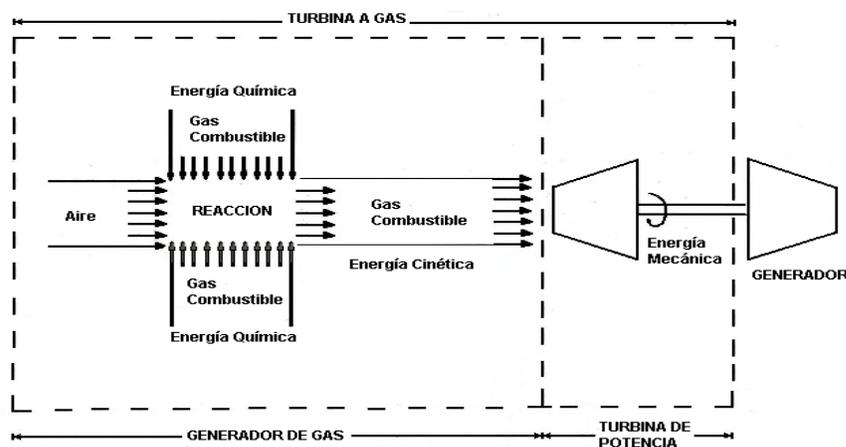
**2.2 TURBOGENERADOR:** Consiste en un compresor de aire, una sección de combustible y una turbina de expansión. Esta turbina produce un trabajo que mueve un generador que proporciona la energía deseada para los requerimientos exigidos. Estos equipos son de un solo árbol, lo que hace solamente adecuada para la aplicación de impulsión de generadores eléctricos. Dichos sistemas poseen aplicaciones de lubricación por medio de bombas mecánicas (bombas de engranajes) y son enfriados por sistemas de aire, suministrado por las primeras etapas de la turbina. Este aire suministrado a la turbina es aspirando de la atmosfera previamente filtrado lo que juega un papel importante la altura y la temperatura ambiente en el rendimiento de los equipos.

Los componentes de un turbogenerador son:

**2.2.1 Turbinas a gas:** Son máquinas de aceleración de fluidos que generan fuerzas motrices en forma de energía mecánica rotativa, a partir de la energía química contenida en una corriente de gas. Transforman la energía calórica en energía mecánica.

#### 2.2.1.1 Principio de funcionamiento

El principio en que se basa una turbina a gas consiste en hacer reaccionar una mezcla de gas combustible y aire para aprovechar la energía química contenida en el gas. La Figura 2.1, ilustra el proceso de conversión de energía a través de una turbina a gas. En la reacción química, gas-aire-calor, se obtienen gases en combustión a una alta temperatura, los cuáles son acelerados y luego expandidos a una gran velocidad para hacer girar un eje que finalmente moverá el dispositivo o máquina donde se utilizará la potencia generada.



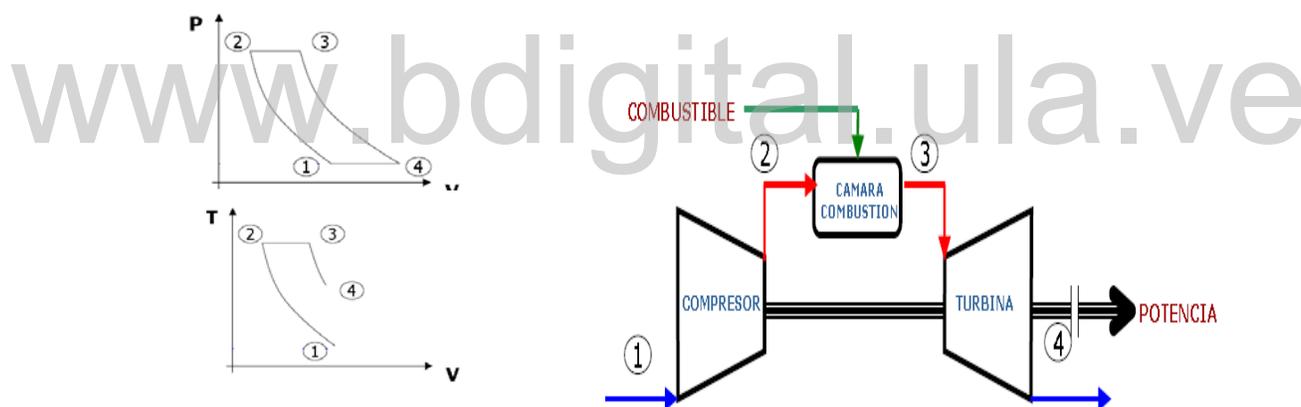
**Figura 2.1** Esquema simplificado del proceso de conversión de energía en una turbina a gas

### 2.2.1.2 Componentes básicos de una turbina de gas y su funcionamiento

#### -Ciclo de operación

Ciclo es cualquier masa o sustancia la cual hace un recorrido y a través de él, sufre una serie de transformaciones, regresando nuevamente a su posición de origen.

De acuerdo a lo antes dicho, en una turbina de gas se cumple un ciclo, ya que; si analizamos a uno de sus elementos primordiales que es el aire, vemos que entra desde la atmósfera, efectúa un recorrido sufriendo una serie de transformaciones (presión, volumen y temperatura) saliendo a través del escape hacia la atmósfera nuevamente. A este ciclo teórico de una turbina de gas es llamada: *Ciclo a presión o ciclo Brayton* y se representa gráficamente según la Figura 2.2.



**Figura 2.2** Ciclo a presión o ciclo Brayton

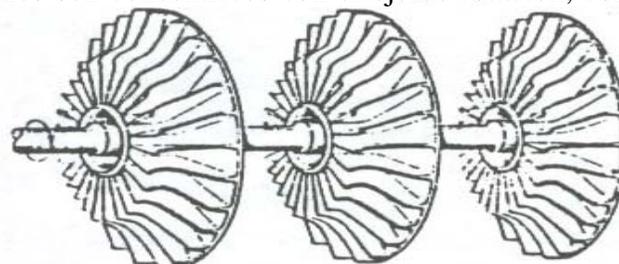
En la Figura 2.2, se analiza en lo que se refiere a las transformaciones que sufre en presión y volumen, dicho aire durante el ciclo, donde: el número 1, es cuando el aire entra al compresor axial aumentando su presión y reduciendo su volumen. El número 4, es cuando sale al exterior bajando hasta alcanzar la presión atmosférica, aumentando su volumen. En la grafica de temperatura y presión de la Figura 2.2 se analiza en lo que se refiere a su transformación en temperatura, donde va aumentando al salir del compresor axial llegando a su punto más alto que es la cámara de combustión, bajando nuevamente hasta salir hacia la atmósfera.

Este ciclo es también llamado *simple o abierto*, ya que; el fluido de trabajo entra y sale a la atmósfera, por lo que la mayoría de las turbinas de gas son de ciclo abierto.

**-El Compresor:** es el primer elemento básico construido de múltiples etapas y su función principal es comprimir el aire atmosférico introducido en él; para llevarlo hacia la cámara de combustión a una determinada presión, volumen y temperatura de acuerdo a los requisitos de la turbina en particular. Elemento mecánico básico en el ciclo de las turbinas de gas. En la actualidad hay dos tipos de compresores: centrífugos y axiales.

Los *compresores centrífugos*, son ideales para turbinas de gas pequeñas, ya que tienden a ser más compactas y menos costosas; además de que son menos susceptibles a dañarse con partículas extrañas de tamaño grande que pasen por la máquina, pero liviano y longitud corta; según se muestra en la Figura 2.3. Entre sus desventajas podemos mencionar que los niveles de eficiencia y relación de compresión son relativamente bajos con respecto al axial.

Los *compresores axiales* son ideales para grandes turbinas a gas, debido a que su rendimiento es mayor para la misma relación de compresión. En este tipo de compresores el aire fluye en una dirección axial a través de una serie de álabes giratorios (rotor) y de álabes fijos (estator), los cuales son concéntricos con el eje de rotación, como muestran las Figuras 2.4 y 2.5.



**Figura 2.3** Compresores centrífugos

La función del compresor axial, es aumentar la presión del aire atmosférico que es inducido a él, hasta llevarlo a una presión total requerida hacia la cámara de combustión, según especificaciones del fabricante. El compresor también sirve como fuente de enfriamiento de aire para las toberas de la turbina, las ruedas de la turbina, las piezas de transición y otras porciones del espacio recorrido por los gases calientes. Sólo una porción de su salida se utiliza para la combustión (aproximadamente el 25%).

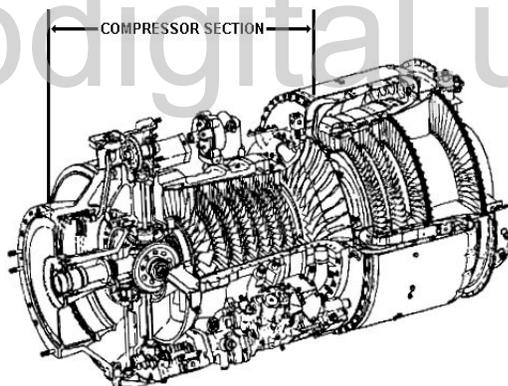
El aire penetra por la entrada del compresor multietapas, donde es comprimido desde la presión atmosférica (14,7 psi) hasta aproximadamente 80 a 150 psi. Esto nos da una relación de presión de compresión (C.R.) de aproximadamente 6:1 a 8:1, donde:

$$C.R. = \frac{\text{Presión.atmosférica} + \text{Presión.de.descarga.del.compresor}}{\text{Presión.atmosférica}} \quad (2-1)$$



**Figura 2.4** Esquema de diseño de un rotor típico de compresor.

El aire que descarga continuamente del compresor, ocupará un volumen menor cuando es descargado por el compresor que cuando entró en él. Debido al calor durante la compresión, la temperatura del aire habrá aumentado varios cientos de grados Fahrenheit (600 °F aproximadamente).



**Figura 2.5** Carcaza Compresor

**-Cámara de Combustión:** es el segundo elemento básico mecánico en el ciclo de la turbina de gas y su función primordial es quemar la mezcla de combustible-aire y a la vez descargar los gases calientes resultantes en la admisión de la turbina de fuerza o potencia de la turbina de gas. Debido a la función; se deben utilizar materiales especiales para que puedan soportar las altas temperaturas que se forman en su interior. Por lo que esta sección eleva el precio de venta del conjunto de la turbina de gas. También es llamado cesto combustor o canasta. Antes de analizar este componente, se mencionará algo sobre combustible y la combustión.

Por definición, *un combustible*, es un compuesto de elementos químicos los cuales en reacción con el oxígeno y en presencia de una fuente de calor produce la combustión.

Debido a que está ligado con el concepto de *combustión*, se podría definir como la unión química con el oxígeno del aire ( $O_2$ ), de un elemento o sustancia de carbono (C) e hidrógeno ( $H_2$ ), cuya reacción exotérmica de calor es grande y su velocidad de reacción es rápida como para que se liberen cantidades útiles de calor a altas temperaturas.

En todos los combustibles de uso común, el carbono y el hidrógeno son los más importantes y debido a que están combinados en varias formas con otros se clasifican en:

- **Combustibles Sólidos:** Son de origen vegetal o mineral (carbón, coke, lignito).
- **Combustibles Líquidos:** Son derivados del petróleo y al salir de una refinería son llamados aceites combustibles o combustóleos (full-oil), tales como: nafta, kerosene, gasolina, gasoil, etc.
- **Combustibles Gaseosos:** tales como el gas natural o elaborado siendo el más ideal para la combustión, ya que; al unirse con el aire, forma una combustión más limpia, por lo tanto con menos residuos y además facilita aún más la regulación de combustible. El gas está compuesto por tres elementos fundamentales que son: el Carbono (C), el Hidrógeno ( $H_2$ ) y el Metano ( $CH_4$ ), y es la materia prima principal en toda central Termoeléctrica.

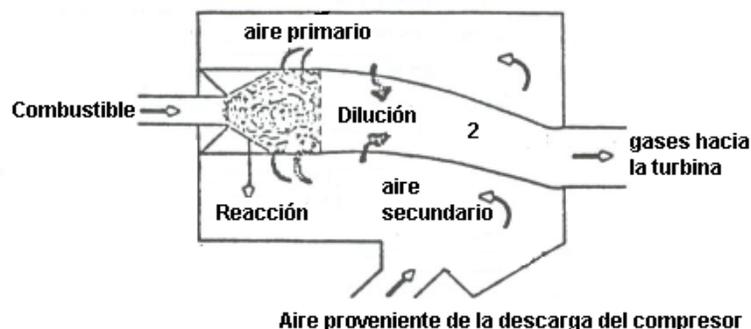
Todos estos combustibles antes mencionados, reaccionan en presencia del oxígeno ( $O_2$ ) formando la combustión, el cual está tomado del aire atmosférico donde se encuentran también: nitrógeno, vapor de agua, argón, neón, helio, kriptón, dióxido de carbono e hidrógeno, los cuales se comportan como gases inertes, por lo que entran en combustión, por lo que los de la combustión completa son incoloros a temperaturas de chimenea. Mientras que al haber humos visibles, la combustión es incompleta, ya que se encontrarán en los gases de escape azufre, anhídrido carbónico, hidrógeno, hollín, cenizas y otros hidrocarburos. La sección de combustión consiste en unas cámaras de combustión, toberas de combustibles,

bujías de encendido, detectores de llama, tubo cruza llamas, piezas de transición y generador vortex ó turbulador.

**La función de Cámara de Combustión o Cesto Combustor** es quemar la mezcla de combustible y aire para luego descargar los gases resultantes en la admisión de la turbina a una temperatura que no exceda los límites permisibles. En vista de que la mezcla diluida es difícil de encender y mantenerla en combustión continuamente, la cámara se divide en dos zonas. Una zona primaria llamada de *reacción* y una zona secundaria llamada de *dilución*.

El aire comprimido proveniente del compresor axial se divide hacia estas dos zonas como se observa en la Figura 2.6, se calcula que una turbina de gas requiere de 60 a 80 partes de aire (en peso) por una parte de combustible (en peso); 15 partes de aire son utilizados para la combustión en la zona de reacción y partes restantes de aire son para la zona de dilución para enfriar y darle sentido fijo a los gases calientes ya formados en la primera zona, antes de ser introducidos a la tobera de la turbina.

La eficiencia de combustión está en el orden del 96 al 99%. La baja eficiencia de combustión, puede en parte atribuirse a una cantidad muy grande de aire primario o secundario, que se admite demasiado pronto y puede dar una combustión incompleta, haciendo que pase una combustión por la turbina sin quemar. Cualquier pérdida de eficiencia en la combustión, representa una pérdida directa en la eficiencia térmica total en la máquina



**Figura 2.6** Descarga del compresor

**-Toberas de Combustión:** son pequeñas boquillas con uno ó varios orificios para introducir o inyectar el combustible ya sea gas o gasoil respectivamente, y en ambos casos o sea dual para

la conversión. Dichas toberas están colocadas en la zona de reacción del cesto combustor y deben operar a una rata de flujo que oscila entre 12:1.

**-Bujías:** es el elemento necesario para el inicio de la combustión durante el arranque, ya que, da la chispa necesaria durante un (1) minuto para el inicio de la producción de los gases calientes y su voltaje oscila entre los 7.000 y 15.000 voltios.

**-Detector De Llamas:** son los que indican la presencia o ausencia de llama, para ser transmitido al sistema de arranque y protección de la unidad, y consiste en un electrodo de metal (fotocélula) el cual capta la radiación producida por la llama produciendo un constante voltaje de corriente alterna a través de él, que es transmitido a un amplificador y de aquí al sistema.

**-La Turbina:** es el tercer elemento mecánico básico en las turbinas de gas y su función es la que constituye el elemento productor de fuerza de la máquina, donde los gases calientes provenientes de la cámara de combustión, proporcionan la energía para la turbina y está construida también de material especial para soportar las altas temperaturas de los gases que entran a ella variando de 650 a 915 °C.

Acoplando éstos tres elementos básicos antes descritos “El Ciclo Simple de una Turbina de Gas” ó funcionamiento general; donde podemos analizar; según la Figura 2.9 el recorrido del flujo del aire y los gases a través de la turbina a gas.

El aire atmosférico entra a la carcasa de admisión del compresor axial con temperatura de 95 °F y una presión de 14,7 psi.

Dicho aire va atravesando consecutivamente todas las etapas del compresor axial saliendo en la descarga aire comprimido a una presión de 115 psi y temperatura de 600 °F, hacia la cámara de combustión. En dicha cámara se mezcla con el combustible y un punto de ignición (por lo regular chispa eléctrica, bujía), formando así el inicio de los gases calientes a través de la combustión que allí se efectúa a una temperatura de 950 °F, saliendo dichos gases hacia la admisión de la turbina de expansión.

En la turbina de fuerza o potencia, ésta energía calorífica es transformada a energía mecánica; ya que los gases calientes provenientes de la cámara de combustión inciden a la alta

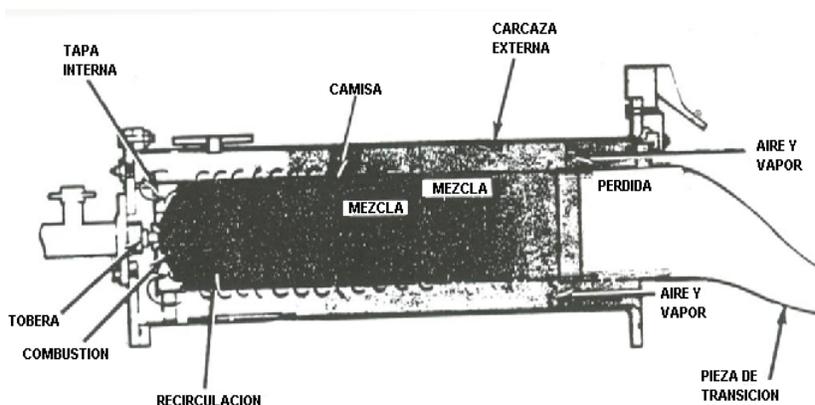
velocidad a través de las etapas de la turbina, haciendo que ésta le da movimiento al eje de la turbina de gas. Luego que estos gases han cumplido su cometido a través de las diferentes etapas de la turbina, salen a lo largo de la sección de escape hacia la atmósfera nuevamente, a una temperatura de 750 °F y una presión de 14,7 psi.

Los gases calientes bajo presión provenientes de la cámara de combustión proporcionan la energía para la turbina. Es posible distinguir dos tipos de turbinas las cuales son: “*radial*” y “*axial*”.

**Turbina Radial:** Es el tipo más simple usado en turbinas de gas pequeñas de baja relación de presión, por lo regular de una sola etapa, donde los gases entran a través de la periferia de la tobera y fluyen al perímetro de la rueda hacia el interior en dirección radial, donde ejercen fuerza sobre los álabes de la rueda, para luego escapar en dirección axial hacia la atmósfera. Este tipo de turbina está ajustada a rangos bajos de velocidad específica y trabajan a relativas eficiencias.

**Turbina Axial:** Se divide en dos tipos los cuales son: “*de dirección o impulso*” y “*de reacción*”.

**Turbina de Reacción o Impulso:** Su característica principal es que la expansión y la reducción de presión de los gases calientes ocurren solamente en un (1) diafragma de álabes fijos, llamados también toberas, ocasionando un aumento de velocidad de los gases hacia los álabes móviles. (Ver Figura 2.7).

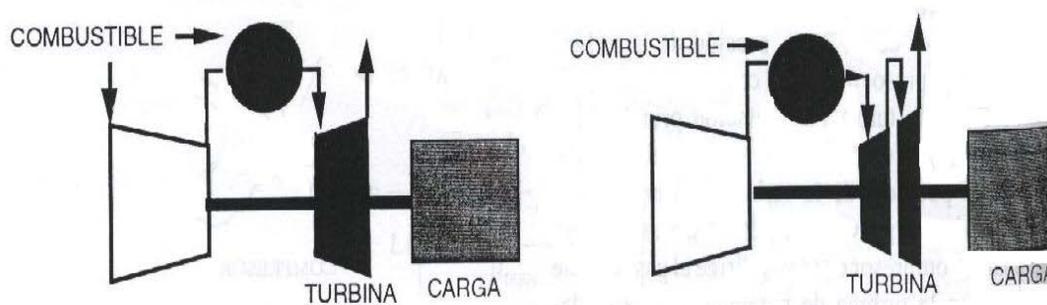


**Figura 2.7** Módulo de combustión de flujo de aire.

**Turbina Axial de Reacción:** La expansión y pérdida de los gases se efectúan al pasar por los álabes móviles, creando la reacción, por lo que se impulsa aún más la velocidad de los gases calientes. También pueden ser usualmente una combinación equilibrada de los dos tipos antes descritos y se conoce como *una turbina de reacción – impulso*. La turbina de flujo axial, comprende dos elementos principales que son una rueda de turbina o rotor y un juego de álabes fijos llamados diafragma o tobera formando una etapa o si son varias etapas

Aproximadamente dos terceras partes de la fuerza desarrollada por la turbina, se utilizan para mover el compresor axial y los accesorios de la máquina (bomba de combustibles, bomba de lubricación, etc.). La potencia (en caballos de fuerza) restante al eje, es la salida de fuerza útil de la máquina. Si todas las etapas de la turbina están en el mismo eje que el compresor, la turbina es de “un solo eje” o turbina de “eje fijo”.

La turbina de fuerza se puede dividir en dos o más ejes, donde este tipo de máquina la utiliza para mover exclusivamente el compresor y se llama *turbina – compresor*; dejando la otra turbina que suministra la fuerza, colocada en eje separado y se le llama turbina de fuerza o potencia. Este tipo de turbina se le llama de “dos ejes” o de “eje dividido”



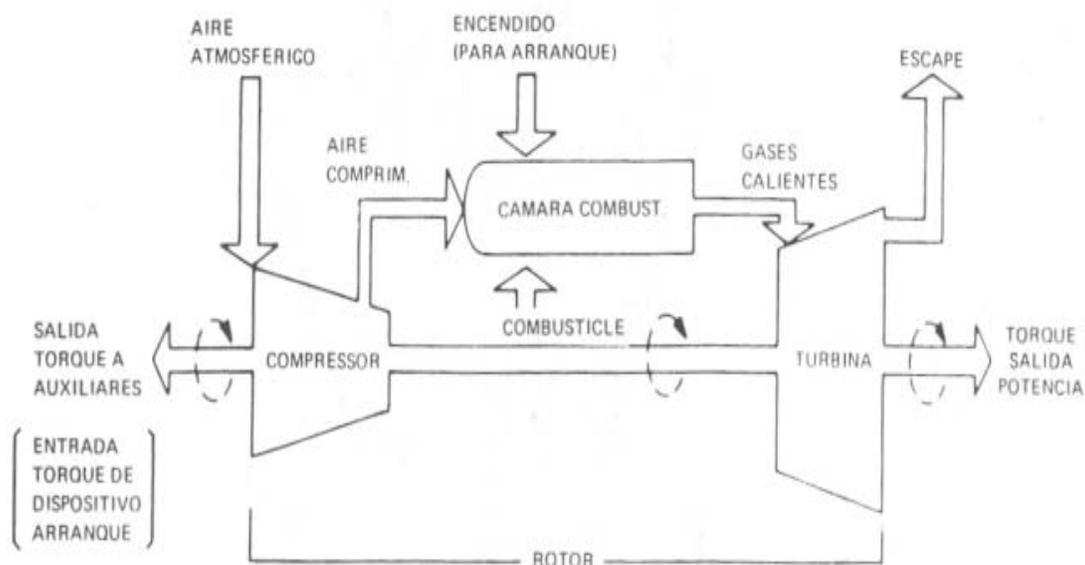
**Figura 2.8** Configuraciones de los ejes de las turbinas.

#### **-Alabes Móviles y Diafragmas o Toberas de la Turbina de Potencia**

Ambos componentes están contruidos con aceros aleados con cromo, níquel, molibdeno, vanadio y cobalto en diferentes porcentajes, que resistan las altas temperaturas a las cuales están expuestas.

De acuerdo a su configuración los álabes van aumentando de tamaño desde la primera etapa y esto se debe a que la reacción de presión que resulta de la conversión de energía en

cada etapa requiere del aumento de área en cada rueda de álabes para poder acomodar el flujo de gases.



**Figura 2.9** Ciclo Simple de una Turbina de Gas

### 2.2.2 Generador y Equipos Asociados:

Es una máquina destinada a transformar la energía mecánica en eléctrica, generando mediante fenómenos de inducción, una corriente alterna.

Los generadores están fundamentados en el principio de que un conductor sometido a un campo magnético variable, se crea una tensión eléctrica inducida, cuya polaridad depende del sentido del campo y del valor del flujo que lo atraviesa. Consta de dos partes fundamentales el inductor que crea el campo magnético y el inducido que es el conductor el cual es atravesado por las líneas de fuerza de dicho campo magnético.

**-Rotor:** esta dinámicamente balanceado para un nivel mínimo de vibración. Los eficientes ventiladores del rotor impulsan el aire de enfriamiento a través del generador y arrollados de campos embobinados por capas que son cementados con resinas de alta resistencia y luego horneados.

**-Estator:** fabricados de laminaciones de acero de alto grado de silicio, las cuales son perforadas con alta precisión y aisladas individualmente, los embobinados son tratados repetidamente con resinas sintéticas y horneados para máxima resistencia a la humedad, alta fuerza dieléctrica y alta calidad de adherencia. Se sujetan fuertemente para soportar los

choques de carga como arranque del motor y corto circuitos. Están disponibles calentadores de espacios para minimizar la condensación durante periodos largas de parada.

**-Eje:** el diámetro es suficiente para proveer la rigidez necesaria para evitar problemas de torsión. Todo generador está sometido a un completo análisis de torsión.

**-Carcasa:** Es fabricada de acero de alta resistencia con soldaduras profundas y refuerzos internos para rigidez y resistencias. Se proveen agarraderas para alzar el equipo.

**-Aislamiento:** Cumple con las normas NEMA Clase F y es apropiado para las condiciones ambientales de alta humedad, arena polvo, hongos y aire salado, que pueden encontrarse en plataformas costas- afuera. El aislamiento permite aumento de temperatura hasta 198°F (110°C) para menos de 7000 voltios y hasta 189°F (105°C) para más de 7000 voltios.

**-Sistema de Lubricación de Rodamientos:** El generador es suplido con un sistema de lubricación de rodamientos de alimentación forzada el cual está compuesto por tubería para el patín, regulador de flujo de aceite lubricante y un interruptor de baja presión de aceite. El aceite es suplido desde el sistema de lubricación de la turbina. Para temperaturas iguales o mayores que 43°C (110°F) se supe un modulo enfriador separado de aceite de lubricación del generador de 230/460 va, 60Hz o 380vac, 50 Hz.

**-Selección del Generador:** La tabla 2.1 muestra voltajes típicos y frecuencias disponibles.

	60Hz	50Hz
<b>Voltajes Disponibles</b>	4160	3300
	6900	6600
	12470	11000
	13200	
	13800	

**Tabla 2.1** Voltajes disponibles

**-Regulación de Voltaje (Estado-Estable):** El generador, excitador y regulador provee una regulación de voltaje en estado estable de  $\pm 0.5\%$  del voltaje nominal. Cuando la carga varia de cero carga sus KVA nominal y todos los transitorios han decaído a cero.

**-Regulación de Voltaje (Respuesta Transitoria):** La aplicación súbita de los KW nominales indicados en placa 0.8 fp, cuando el generador, excitatriz y regulador están en funcionamiento a cero carga y a voltaje y frecuencia nominales, resulta en menos  $\pm 25\%$  de excursión del voltaje nominal y sin más de un transitorio. La recuperación estará dentro del  $\pm 5\%$  de su valor nominal en menos de un segundo.

**-Desviación de Voltaje:** Como el generador operando a su voltaje nominal y con una carga constante entre cero y 100% a factor de potencia nominal, el cambio en la salida regulada no excederá  $\pm 1\%$  de su voltaje nominal en cualquier periodo de 30- minutos a una temperatura ambiente constante y a velocidad constante.

**-Compartir Carga:** Múltiples unidades son capaces de compartir carga reactiva dentro del 5% de su valor nominal placa, utilizando el sistema de compensación tipo “cross- current”

**-Eficiencia:** La eficiencia nominal combinada del generador, excitatriz y regulador a carga completa es de 95%.

**-Capacidad de sobrecarga:** El generador es capaz de soportar 150% de su carga nominal por un minuto con el campo fijado para excitación normal de campo y una sobrecarga de 10% por dos horas sin daños por sobrecalentamiento funcionando a factor de potencia nominal.

**-Capacidad de corto- circuito:** El sistema generador, regulador y excitatriz soportará al menos 300% del valor de corriente nominal del generador por 10 segundos cuando se aplica un corto- circuito simétrico trifásico a los terminales del generador. Esta provision provee de tiempo adecuado para el disparo selectivo de los interruptores bajo condiciones de corto-circuito.

**-Regulación de Voltaje:** es totalmente estático, del tipo rectificador de silicio controlado, empleando una referencia Zener y conectado para sensar una fase. Todos los rectificadores son de silicios y sellados en forma hermética. Los reguladores incluyen compensación de tipo “cross- current” para operación en paralelo. El regulador tiene un rango de ajuste de voltaje de  $\pm 10\%$  controlado por un reóstato que puede ser montado a distancia hasta (61m) del generador. Este reóstato es montado en el panel de medición eléctrica o suplido por separado para montaje por el usuario. También está disponible como opción de sistema motorizado de ajuste de voltaje que permite que el voltaje sea ajustado desde dos diferentes ubicaciones.

### **2.2.3 Sistema de control de turbinas a gas**

Es un sistema secuencial y de protección para controlar las turbinas a gas, el cual es de estado sólido, digital y analógico. Este sistema está diseñado para hacer que las turbinas a gas sean de mejor rendimiento. Específicamente hablando, el sistema ofrece una serie de ventajas de las cuales se puede mencionar las tres más importantes:

- Máxima confiabilidad de arranque y funcionamiento
- Rápida respuesta, funcionamiento preciso y larga vida útil
- Adaptabilidad para diversificar los ciclos y aplicaciones de la turbina a gas

Todos los parámetros de control (Arranque, Aceleración, Velocidad, Temperatura y Carga) son generados eléctricamente, polarizados y computados electrónicamente, indicándose y verificándose eléctricamente. Los amplificadores de salida accionan servo válvulas que emplean altas presiones hidráulicas en el cilindro hidráulico, que emplean realimentación electrónica directa, creando un sistema sin banda muerta detectable.

El sistema de control que se utiliza en las turbinas de gas está diseñado para aplicarse a todas las turbinas a gas de trabajo pesado, desde unidades de 4000 HP hasta unidades de ciclo combinado de 400 MW. Estas unidades se aplican a las turbinas para captación de utilidad eléctrica, carga base o de bloque de fuerza, para bombeo de tuberías, para accionar compresores en los procesos industriales y químicos, para tracción de barcos y también locomotoras.

### **2.2.4 Sistema de Protección.**

Para que las instalaciones logren operar bajo condiciones seguras, en cuanto a calidad de suministro eléctrico. Se requiere de un sistema de protección en forma eficaz que opere con el menor número de fallas posibles. El objetivo de los sistemas de protección, es evitar la presencia de fenómenos electromagnéticos tales como, picos de tensión y/o transitorios de voltaje, los cuales pueden aparecer en las líneas que suministran energía eléctrica a los equipos digitales de comunicación y sistemas de redes de computadora, estos fenómenos pueden ser ocasionados a consecuencia de descargas atmosféricas, operaciones de apertura y cierre de líneas, conexión y desconexión de cargas inductivas y/o capacitivas,...

# CAPÍTULO III

## CARACTERÍSTICAS DE LOS PARÁMETROS DEL SISTEMA DE ENERGÍA

La ampliación de las operaciones de producción por parte de la Cerámicas Caribe origina un crecimiento sostenido en la demanda interna de energía eléctrica, lo cual trae como consecuencia la adopción de planes de expansión de la generación y el transporte de la misma, para satisfacer esos requerimientos de producción. Para ello se toma como base una ampliación de la antigua Planta Eléctrica, que cuenta con 3 turbogeneradoras a gas.

### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA

La energía del sistema eléctrico de Cerámicas Caribe se genera a través de tres turbogeneradores, cuyas capacidades son 2500, 750 y 800 KW. A su vez, cada generador alimenta un transformador, el primero de 3500 KVA, y los otros dos de 1000 KVA cada uno.

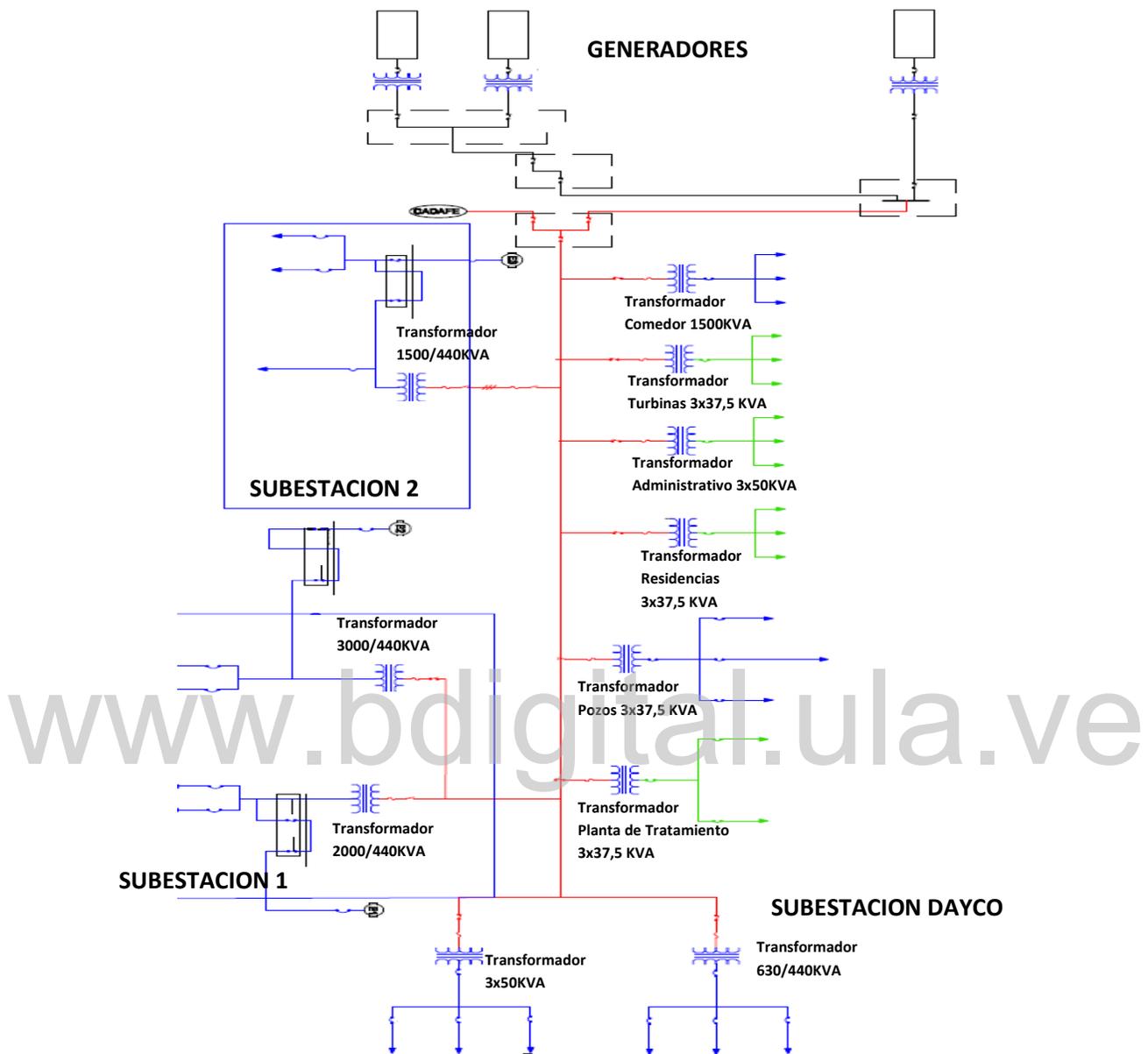
En la subestación de generación las salidas de los transformadores se unifican en una celda de acoplamiento para alimentar la red de distribución a 13,8 KV.

El sistema de distribución consta de 3 subestaciones para alimentar las cargas de procesos de la planta y 6 bancos de transformadores para las cargas administrativas, comedor y de alumbrado. Las subestaciones se denominan Subestación 1, Subestación 2 y Subestación Dayco.

En la Subestación 1 se alimenta la carga primaria del proceso de fabricación de Cerámica. Esto se hace a través de dos transformadores de potencia de 3000 y 2000 KVA y 440V. Además, hay un banco trifásico de 167 KVA y 240V cada unidad para alimentar alumbrado y otras cargas auxiliares. Asimismo hay compensación reactiva para la mejora de los perfiles de tensión. En cada transformador de potencia hay un banco de condensadores variable, compuesto por 12 unidades de 60 KVAR cada uno.

La Subestación 2 se encarga principalmente del área de control de hornos del proceso. Consta principalmente de un transformador de 1500 KVA y 440V.

Los talleres de mantenimiento son alimentados por la Subestación Dayco, la cual se conforma principalmente por un transformador de 630 KVA y 440V.



**Figura 3.1** Descripción del Sistema Eléctrico de la empresa.

### 3.2 DESCRIPCIÓN DE LA CARGA UTILIZADA EN CERÁMICAS CARIBE

La principal carga del sistema está conformada por motores eléctricos y estos se encuentran en la planta donde se realiza todo el proceso de producción de cerámicas, desde la preparación de materia prima hasta el producto terminado y embalado, utiliza en todas sus fases cintas transportadoras, cuya velocidad debe ser controlada a través de elementos no lineales como variadores de frecuencia y otros dispositivos de control.

### 3.2.1. Registro de Carga.

El sistema opera con tensión a 440 V trifásico, para el registro de carga se toma en cuenta los tres transformadores de potencia de planta, transformadores A y B en la subestación 1 y Transformador de la subestación 2, donde se alimenta la mayor y más importante carga del sistema. Se dispone de los datos obtenidos por la empresa DSI CONSULT, contratada por la empresa de Cerámica ubicada en Barquisimeto Estado Lara en el año 2008. Quien hizo mediciones durante 24 horas para cada transformador en el lado de baja tensión. De estas mediciones se obtienen los datos de voltajes y corrientes promedios, así como las potencias activas, reactivas y aparentes por separado.

**Tabla 3.1** Registro de Voltajes de los Transformadores A, B y Transformador de subestación 2

Transformador	Voltajes(v)								
	Vab			Vbc			Vca		
	Max	Prom	Min	Max	Prom	Min	Max	Prom	Min
Subestación 1 TRA (13800/440v)	426	421,53	418	422	419,08	414	426	422,04	422
Subestación 1 TRB (13800/440v)	447	443	434	447	440,07	434	443	441,88	430
Subestación 2 (13800/440v)	438,34	438,34	438,34	437,46	437,46	437,46	438,23	438,23	438,23

*Fuente. Datos de Voltajes registrados por la empresa DSI CONSULT*

**Tabla 3.2** Registro de Corriente de los Transformadores A,B y Transformador de subestación 2

Transformador	Corrientes(A)								
	Ia			Ib			Ic		
	Max	Prom	Min	Max	Prom	Min	Max	Prom	Min
Subestación 1 TRA (13800/440v)	1332	884,71	451	1332	886,04	451	1332	875,02	451
Subestación 1 TRB (13800/440v)	2150	1769,5	1230	2200	1821,4	1270	2090	1716,5	1190
Subestación 2 (13800/440v)	1150	1097	1071	1200	1137,2	1122	1200	1131	1122

*Fuente. Datos de Corriente registrados por la empresa DSI CONSULT*

**Tabla 3.3** Registro de Potencia Activa (KW), Potencia Reactiva (KVAR) y Potencia Aparente (KVA) de los Transformadores A, B y Transformador de subestación 2

Transformador	Potencia Activa(KW)			Potencia Reactiva(KVAR)			Potencia Aparente(KVA)		
	Max	Prom	Min	Max	Prom	Min	Max	Prom	Min
Subestación 1 TRA (13800/440v)	900	592,164	330	450	297,268	140	1000	662,902	350
Subestación 1 TRB (13800/440v)	1250	1144,98	700	800	645,176	450	1500	1314,95	900
Subestación 2 (13800/440v)	700	688,819	660	530	512,45	500	900	858,803	820

*Fuente. Datos de Potencias Activas y Reactivas registrados por la empresa DSI CONSULT*

Los resultados de las mediciones en el registro de carga realizados en (24 horas) se resumen en las Tabla 3.1, 3.2, 3.3. En estas se muestran los valores máximos, mínimos y promedios obtenidos de la medición. Las curvas asociadas al registro de carga de las mediciones de voltajes y corrientes se incluyen en los anexos A.1- A.3

**Tabla 3.4** Distorsiones armónicas de voltaje medidas en el Registro de Carga (THD)

Transformador	THDV(%)								
	Vab			Vbc			Vca		
	Max	Prom	Min	Max	Prom	Min	Max	Prom	Min
Subestación 1 TRA (13800/440v)	3	2,090	1	3	1,760	1	3	1,98	1
Subestación 1 TRB (13800/440v)	3	1,99	1	3	1,900	1	3	1,92	1
Subestación 2 (13800/440v)	2	1,750	1	2	1,56	1	2	1,44	1

*Fuente. Datos de Distorsión Armónicas de voltajes registrados por la empresa DSI CONSULT*

La distorsión armónica en los sistemas eléctricos es provocada por las cargas no lineales, contaminando la red y pudiendo afectar incluso a otros aparatos que únicamente posean cargas lineales. En los transformadores de propósito general la potencia nominal está definida para señales senoidales de voltajes balanceados y corrientes que no excedan de 5% THD, es una magnitud dada por la norma COVENIN para que no se exceda el límite de elevación de temperatura, estableciéndose dichos parámetros en la placa de datos. Durante su operación, los transformadores están sujetos a esfuerzos térmicos, eléctricos y mecánicos los cuales degradan el sistema de aislamiento siendo la temperatura excesiva, la presencia de oxígeno y humedad

combinada con los esfuerzos eléctricos los factores principales que aceleran dicha degradación. En la tabla 3.4 se observan los datos registrados de distorsión armónica de voltajes realizados en cada transformador.

De las mediciones que se presentas en las Tablas 3.2 y 3.3 se observa que los transformadores están operando por debajo de su valor nominal. No se evidencian sobrecargas en los transformadores de potencia de la planta.

Las cargas eléctricas, en general rara vez son constantes durante un tiempo apreciable, fluctúan de manera continua, en una curva de carga de 24 horas siendo el promedio de las ondas medidas de los transformadores de distribución.

### **3.2.2. Mediciones Puntuales de Carga por Área:**

En las cargas más importantes de la red se realizaron mediciones puntuales de voltaje y corriente para conocer un aproximado de la potencia aparente consumida por cada uno. Los datos del multímetro con el que se realizaron las mediciones en los equipos de planta fue un Multímetro Digital Fluke 337 (COM, CAT III, V  $\Omega$ ) 600V, 1000A. Estos registros se hicieron por áreas que constituye el proceso de producción.

- *Área de Pasta*

En esta fase, se encarga de la preparación del polvo atomizado materia prima del área de prensa, el cual es almacenado en silos y puesto a la disposición de dicha área, también se realiza la mezcla de las diferentes materias primas que son: arcillas y/o feldespatos mediante una molienda con agua y defolculante (Tripolifosfato de sodio y silicato de sodio para obtener la barbotina siendo el producto principal para el atomizado. Para la producción de la barbotina la planta cuenta con ochos molinos marca SACMI modelo MT 30.000 con capacidad para 30.000 litros: aproximadamente 15.000 litros de cuerpos moledores y aproximadamente 12.000 litros de barbotina del volumen total para una molienda óptima. También se destaca que la molienda se realiza de forma discontinua. Este sistema de molinos contiene motores de 127 KW y 105 KW así como un atomizador modelo ATM 180 de 446 KW, además de motores pequeños (8,5 a 0,88 KW) para los agitadores y tamices. También se tienen dos eurofiltres que son utilizados para la absorción del polvo que se encuentra en dicha área

**Tabla 3.5** Mediciones de Voltajes y Corrientes en Preparación de Pasta.

ÁREA	EQUIPO	MEDICIONES							
		Voltaje(V)			Corriente(A)			S	P
		L <sub>12</sub>	L <sub>23</sub>	L <sub>31</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	(KVA)	(KW)
PASTA	Mantenimiento								
		426	425	426	163	161	157	120,27	102,23
		430	429	427	160	155	160	119,17	101,29
	MOLINOS MT 30000	428	426	425	129	127	125	95,63	81,29
		431	429	430	137	122	136	102,27	86,93
	Mantenimiento								
		427	424	425	122	116	114	90,23	76,70
		426	424	423	145	140	143	106,99	90,94
	Atomizador ATM180	422	420	417	614	510	481	448,79	381,47
	Grupo de Agitadores y Tamices	429	423	424	49,2	43,6	48	36,56	31,07
	Agitador Unidad	428	428	428	5,3	5,2	4,9	3,93	3,34
	Vibrotamices Unidad	428	427	426	1,5	1,2	1,1	1,11	0,95
	Bandas y llenado de silos Cuadrados	433	432	432	27,2	27	25	20,40	17,34
	Bandas y llenado de Silos Redondos	420	418	417	13,9	13,6	13,4	10,11	8,59
	EuroFiltre 1	420	419	418	48	46	46	34,92	29,68
	EuroFiltre 2	420	418	419	39,5	39,3	39,2	28,73	24,42
	Sistemas de Precarga	431	429	430	37	35	36	27,62	23,48
	Agitadores de Tanques de agua en sala de molinos								
	Tanque 1	427	427	426	1,6	1,6	1,5	1,18	1,01
	Tanque 2	Mantenimiento							
Tanque 3	428	427	428	1,8	1,8	1,7	1,33	1,13	

- *Área de Esmalte*

Durante el proceso la cerámica se decora con un esmalte especial. En este proceso se utilizan 10 molinos. 1 Molino MT 10000, 5 Molinos MT 5000, 4 Molinos MT 2000 cuyos motores varían entre 45, 26,5 y 11 Kw. Los motores pequeños de los agitadores y mezcladores de Tintas (Micronet 250 y 100) son de 3 y 1,5 KW.

**Tabla 3.6** Mediciones de Voltajes y Corrientes en Preparación de Esmalte

ÁREA	EQUIPO	MEDICIONES								
		Voltaje(V)			Corriente(A)			S	P	
		L <sub>12</sub>	L <sub>23</sub>	L <sub>31</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	(KVA)	(KW)	
PRE-ESMALTE	Molino 10000	423	422	422	47	46	47	34,43	29,27	
		423	423	422	23	22	21	16,85	14,32	
	Molino 5000	Mantenimiento								
		423	422	420	27	26	26	19,78	16,81	
		431	429	431	24	23	24	17,92	15,23	
	Molino 2000	Mantenimiento								
		424	423	423	24	23	23	17,63	14,98	
		Mantenimiento								
	Alumbrado y Control Agitadores de Esmalte	430	229	428	16	16	16	11,92	10,13	
		424	422	422	24	22	21	17,63	14,98	
	Alimentación de la Barra de Pre-Esmalte	31	26	2,3	210	210	208	6,51	5,53	
		426	425	426	203	202	192	86,48	73,50	

- *Área de Proceso Continuo*

Se encuentran los equipos que conforman una línea de producción desde la prensa, secador, línea, horno, seleccionador y paletizador.

En la prensa se encuentra un motor centralina de 90KW. Además de motores pequeños de 0,18KW – 22KW. El secadero cuenta con un motor que es de 22KW. Luego en línea se tiene 24 tramos donde se encuentra motores de tipo T80 de potencia 0,78 KW.

El sistema de hornos se alimenta con gas y tiene un sistema de rodillos para que la cerámica circule dentro de ellos, aquí la velocidad debe ser controlada para establecer un tiempo de permanencia del producto en cocción. Finalmente el sistema de selección y

empacado se completa con otro grupo de cintas transportadoras y un grupo automatizado conformado por una ventosa, una seleccionadora y un paletizador.

**Tabla 3.7** Mediciones de Voltajes y Corrientes en Línea de Producción 1

ÁREA	EQUIPO	MEDICIONES							
		Voltaje(V)			Corriente(A)			S	P
		$L_{12}$	$L_{23}$	$L_{31}$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	(KVA)	(KW)
Línea 1	Prensa	427	426	425	115	113	113	85,05	72,29
	Secadero	424	423	424	65	64	63	47,73	40,57
	Quemador	424	423	423	3	2,9	2,8	2,20	1,87
	Línea de Esmalte	432	431	431	32,5	32	31,5	24,31	20,67
	Entrada del Horno	430	431	429	8,2	8	7,3	6,10	5,19
	Salida del Horno	423	422	422	3,2	2,7	2,7	2,34	1,99
	Consola Horno	425	424	423	102	98	96	75,08	63,82
	Ventosa	424	423	422	11	10	10	8,07	6,86
	Seleccionadora y Cartón Parking	427	425	426	8,3	7,7	8	6,13	5,21
	Paletizador	428	427	428	5,2	5	4,6	3,85	3,27

**Tabla 3.8** Mediciones de Voltajes y Corrientes en Línea de Producción 2

ÁREA	EQUIPO	MEDICIONES							
		Voltaje(V)			Corriente(A)			S	P
		$L_{12}$	$L_{23}$	$L_{31}$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	(KVA)	(KW)
Línea 2	Prensa	433	432	430	103	100	98	77,24	65,66
	Secadero	429	428	429	87	85	86	64,64	54,94
	Quemador	433	430	432	3,6	3,3	3,4	2,69	2,29
	Línea de Esmalte	430	429	430	37	36	35	27,55	23,42
	Entrada del Horno	438	437	435	6,5	6,3	6	4,93	4,19
	Salida del Horno	436	435	434	3,5	3,3	3	2,64	2,24
	Consola Horno	438	437	435	162	162	161	122,8	104,46
	Ventosa	427	426	425	12	10	11	8,87	7,54
	Seleccionadora y Cartón Parking	430	427	426	6	5	5,5	4,46	3,79
	Paletizador	433	432	432	5,6	5	5,4	4,199	3,56

**Tabla 3.9** Mediciones de Voltajes y Corrientes en Línea de Producción 3

ÁREA	EQUIPO	MEDICIONES							
		Voltaje(V)			Corriente(A)			S	P
		$L_{12}$	$L_{23}$	$L_{31}$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	(KVA)	(KW)
Línea 3	Prensa	430	429	428	108	107	106	80,43	68,37
	Secadero	434	433	432	80	78	79	60,13	51,11
	Quemador	429	428	427	4,9	4,7	4,8	3,64	3,09
	Línea de Esmalte	435	434	434	36	35	34	27,12	23,05
	Entrada del Horno	430	427	428	7,2	7	6	5,36	4,55
	Salida del Horno	436	435	434	3,5	3,3	3	2,64	2,24
	Consola Horno	435	433	434	174	164	160	131,09	111,43
	Ventosa	427	426	425	17	15	16	12,57	10,68
	Seleccionadora y Cartón Parking	428	425	426	8,3	7	8	6,15	5,22
	Paletizador	430	429	427	5,3	5	4,8	3,94	3,35

**Tabla 3.10** Mediciones de Voltajes y Corrientes en Línea de Producción 4

ÁREA	EQUIPO	MEDICIONES							
		Voltaje(V)			Corriente(A)			S	P
		$L_{12}$	$L_{23}$	$L_{31}$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	(KVA)	KW
Línea 4	Prensa	429	428	428	170	168	166	126,31	107,37
	Secadero	425	423	424	88	87	86	64,77	55,06
	Quemador	430	427	428	5	4,9	4,5	3,72	3,16
	Línea de Esmalte	426	426	425	23	22	22	16,97	14,42
	Entrada del Horno	430	430	428	4	4	3,9	2,97	2,53
	Salida del Horno	435	433	434	2,8	2,5	2,6	2,10	1,79
	Consola Horno	438	438	437	140	138	140	106,20	90,27
	Ventosa	436	433	434	6	5,6	5	4,53	3,85
	Seleccionadora y Cartón Parking	433	433	432	5,6	4,9	5	3,74	3,19
	Paletizador	430	429	430	3	3	2,5	2,23	1,89

**Tabla 3.11** Mediciones de Voltajes y Corrientes en Línea de Producción 5

ÁREA	EQUIPO	MEDICIONES							
		Voltaje(V)			Corriente(A)			S	P
		$L_{12}$	$L_{23}$	$L_{31}$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	(KVA)	(KW)
Línea 5	Prensa	424	421	422	219	197	211	160,83	136,71
	Secadero y Quemador	429	428	428	138	137	135	102,54	87,16
	Línea de Esmalte	426	424	425	26	26	25	19,18	16,31
	Entrada del Horno	436	435	436	4,8	4,7	4,7	3,62	3,08
	Salida del Horno	440	439	439	4,3	4	4,2	3,28	2,79
	Consola Horno	440	438	439	245	213	238	186,72	158,71
	Ventosa	438	437	438	19	17	18	14,41	12,25
	Seleccionadora y Cartón Parking	439	438	439	6,6	5,8	5	5,02	4,27
	Paletizador	440	438	439	4,5	4,3	4,3	3,43	2,92

La línea de producción 5 se destaca ya que sus formatos son de mayor tamaño en comparación con las demás líneas. Además su consumo de energía eléctrica es mayor.

- *Equipos Complementarios*

Son todos aquellos equipos que se encuentran en toda la planta, y se relacionan para una aplicación general muy específica unidos con el objetivo común de que la producción de baldosas sea excelente y de gran calidad. Se tiene dos eurofiltrer para las prensas, un hidrofiter para la línea esmaltadora. Luego, en la fase de prensado (a través de prensas hidráulicas), se utiliza un sistema de circulación de agua o radiador (Chiller) a través de un grupo de bombas para el enfriamiento del aceite de las mismas. También se encuentran un moderno sistema de ventilación forzada para enfriamiento de aceite utilizado para la línea de producción 1, AIR-3VCM. Finalmente en el área donde se encuentra los hornos están los compresores que cumplen la función de elevar la presión del aire al valor del trabajo deseado produciendo el movimiento de los fluidos que se utiliza para diferentes funciones del área del proceso continuo.

**Tabla 3.12** Mediciones de Voltajes y Corrientes de los equipos complementarios.

ÁREA	EQUIPO	MEDICIONES							
		Voltaje(V)			Corriente(A)			S	P
		L <sub>12</sub>	L <sub>23</sub>	L <sub>31</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	(KVA)	(KW)
EQUIPOS COMPLEMENTARIOS	Llenado de las Prensas	433	432	432	54	48	50	40,50	34,42
	EuroFilters de Prensas 1	425	424	425	86	84	84	63,31	53,81
	EuroFilters de Prensas 2	424	423	423	80	80	78	58,75	49,94
	HidroFilter Línea								
	Esmaltadora	430	429	429	92	90	90	68,52	58,24
	Chiller 1	Fuera de Servicio							
	Chiller 2	433	432	432	98	97	96	73,50	62,47
	Chiller 3	433	432	433	120	118	120	90,00	76,50
	Sistema de Enfriamiento de Aceite	431	430	430	14,5	14,3	14,3	10,82	9,20
	Sala de Bombas								
	Bomba 1	425	425	424	8,5	8,3	8,3	6,26	5,32
	Bomba 2	427	426	427	20	19,5	19,6	14,79	12,57
	Bomba 3	428	426	427	13,7	13,5	13	10,16	8,63
		437	436	435	11,6	11,5	11,6	8,78	7,46
	Bombas de Enfriamiento	436	436	435	11,5	11,3	11,3	8,68	7,38
		Fuera de Servicio							
		437	436	436	16	15,7	15	12,11	10,29
		Mantenimiento							
	Compresores del Área de Hornos	439	436	437	150	137	149	114,06	96,95
		439	436	438	22,5	20,8	22,5	17,11	14,54

Luego de realizar las mediciones de cada uno de los equipos con mayor consumo en la planta identificamos las cargas que se están alimentando por cada transformador así como cada tablero donde se encuentra con su respectivo código de caracterización.

Las mediciones no se efectuaron en equipos fue debido a que se encontraban en mantenimiento indicado en cada uno de las tablas.

**Tabla 3.13** Potencias Estimadas en el transformador A de la subestación 1.

<b>Equipo</b>	<b>Tablero</b>	<b>Potencia Medida (KVA)</b>	<b>Potencia Medida (KW)</b>	<b>Potencia Instalada (KVA)</b>	<b>Potencia Instalada (KW)</b>	
Molinos MT 30000	11FC0101	Mantenimiento		127,7	105	
	11FC0102		120,27	102,23	127,7	
	11FC0103		119,17	101,29	127,7	
	11FC0104		95,63	81,29	127,7	
	11FC0105		102,27	86,93	127,7	
	11FC0106	Mantenimiento		127,7	105	
	11FC0107		90,23	76,7	127,7	
	11FC0108		106,99	90,94	127,7	
Sistema de llenado de prensa	24FF0501		40,5	34,42	79,44	
Línea de Esmalte 1	27FC0101		24,31	20,67	104,41	
Entrada de Horno1	28FC0101		6,1	5,19	..	
Salida de Horno 1	28FC0102		2,34	1,99	..	
Consola de Horno1	28FC0103		75,08	63,82	..	
Ventosa 1	33FC0101		8,07	6,86	8,75	
Seleccionadora 1	S/C		6,13	5,21	15	
Paletizador 1	33FC0101		3,85	3,27	..	
Prensa 2	24FC0102		77,24	65,66	128,03	
Secadero 2	S/C		64,64	54,94	109,74	
Línea de Esmalte 2	27FC0201		27,55	23,42	88,4	
Entrada de Horno 2	28FC0201		4,93	4,19	22,86	
Ventosa 2	33FF0202		8,87	7,54	25,15	
Seleccionadora 2	S/C		4,46	3,79	..	
Paletizador 2	33FF0201		4,199	3,56	..	
Entrada de Horno 3	28FC0301		5,36	4,55	22,86	
Salida de Horno 3	28FC0402		2,64	2,24	21,25	
Ventosa 3	33FC0301		12,57	10,68	25,15	
Seleccionadora 3	S/C		6,15	5,22	..	
Paletizador 3	33FC0302		3,94	3,35	..	
Salida del Horno 4	28FC0402		2,10	1,79	..	
Chiller 1	24FF0101	Mantenimiento		118,83	95,06	
Chiller 2	24FF0102		73,50	62,47	107,56	
	24FF0110		8,78	7,46		
	24FF0111		8,68	7,38		
Bombas de Enfriamiento	24FF0112	Mantenimiento		30,48	24,39	
	24FF0113		12,11	10,29		
<b>TOTAL POTENCIA BARRA A</b>			<b>1126,66</b>	<b>957,55</b>	<b>1959,51</b>	<b>1523,472</b>

**Tabla 3.14** Potencias Estimadas en el transformador B de la subestación 1.

Equipo	Tablero	Potencia Medida (KVA)	Potencia Medida (KW)	Potencia Instalada (KVA)	Potencia Instalada (KW)
Eurofiltro de Pasta 1	11FC0119	34,92	29,68	64,78	50
Eurofiltro de Pasta 2	11FC0120	28,73	24,42	64,78	50
Atomizador	11FC0123	448,79	381,47	699,6	446
Bandas y llenado de silos Redondos	S/C	10,11	8,59	..	..
Agitadores del Tanques de agua en sala de molinos					
Tanque 1	11FC0109	1,18	1,01	68,59	48
Tanque 2	11FC0110				
Tanque 3	11FC0111	1,33	1,13		
Grupo de Agitadores y Tamices	11FC0106	36,56	31,07	119,65	81
Sistemas de Precarga	11FC0100	27,62	23,48	..	..
Sala de Bombas					
Bomba 1	24FC0109	6,26	5,32	12,2	7,5
Bomba 2	24FC0110	14,79	12,57		
Bomba 3	24FC0111	10,16	8,63	54,87	43,9
Eurofilters de Prensa 1	24FC0103	63,31	53,81	113,6	90,84
Eurofilters de Prensa 2	24FC0104	58,75	49,94	54,87	43,9
HidroFilter Línea Esmaltadora	27FC0114	68,52	58,24	278,2	222,53
Chiller 3	24FF0103	90	76,5	120,09	96,07
Molino 10000	13FC0103	34,43	29,27	56,25	45
	13FC0104	16,85	14,32	34,29	26,5
	13FC0105	Mantenimiento		34,29	26,5
Molino 5000	13FC0106	19,78	16,81	34,29	26,5
	13FC0107	17,92	15,23	34,29	26,5
	13FC0108	17,63	14,98	34,29	26,5
	13FC0109	Mantenimiento		13,75	11
Molino 2000	13FC0110	Mantenimiento		13,75	11
	13FC0111	11,92	10,13	13,75	11
	13FC0112	17,63	14,98	13,75	11
Prensa 1	24FC0101	85,05	72,29	147,09	117,67
Secadero 1	24FC0102	47,73	40,57	70,88	40
Prensa 3	24FC0301	80,43	68,37	128,03	102,48
Secadero 3	24FC0302	60,13	51,11	108,98	55
Línea de Esmalte 3	27FC0301	27,12	23,05	89,93	71,94
Prensa 4	24FC0401	165	140,25	165,38	97,68
Secadero 4	24FC0402	64,77	55,06	108,98	57
Línea de Esmalte 4	27FC0401	21,49	18,27	118,13	94,5
Entrada de Horno 4	28FC0401	7,49	6,37	..	..
Prensa 5	24FC0501	160,83	136,71	243,87	195,1
Secadero 5	24FC0502	102,54	87,16	173,76	42,68
Línea de Esmalte 5	27FC0501	19,18	16,31	53,35	42,68
<b>Total Potencia Barra B</b>		<b>1849,4</b>	<b>1571,9</b>	<b>3342,31</b>	<b>2317,97</b>

**Tabla 3.15** Potencias Estimadas en el transformador de la subestación 2.

Equipo	Tablero	Potencia Medida (KVA)	Potencia Medida (KW)	Potencia Instalada (KVA)	Potencia Instalada (KW)
Consola Horno 2	28FC0203	122,8	104,46	165	132
Consola Horno 3	28FC0303	131,09	111,43	165	132
Consola Horno 4	28FC0403	106,2	90,27	203,75	163
Consola Horno 5	28FC0503	186,72	158,71	311,7	224
Entrada del Horno 5	28FC0501	3,62	3,08	11,43	8,65
Salida del Horno 5	28FC0502	3,28	2,79	5,45	4,25
Ventosa 5	33FC0501	14,41	12,25	30,48	20
Seleccionadora 5	S/C	5,02	4,27	20	16
Paletizador 5	33FC0503	3,43	2,92	15	12
Seleccionadora 4	S/C	5,99	5,09	12,5	10
Ventosa 4	33FC0401	4,53	3,85	8,75	7
Paletizador 4	33FC0403	4,22	3,59	12,5	10
Compresor 1	S/C	Mantenimiento		131,46	93,2
Compresor 2	S/C	114,06	96,95	163,85	133,5
Compresor 3	S/C	17,11	14,54	163,85	133,5
<b>Total de Potencia S/E 2</b>		<b>722,48</b>	<b>614,2</b>	<b>1420,72</b>	<b>1095</b>

**Tabla 3.16** Sumatorias de las cargas medidas de cada transformador

Transformador	Capacidad (KVA)	Potencia Medida (KVA)	Potencia Medida (KW)	Potencia Instalada (KVA)	Potencia Instalada (KW)
Subestación 1 TRA	2000	1126,66	957,55	1959,51	1523,472
Subestación 1 TRB	3000	1849,4	1571,9	3342,31	2317,97
Subestación 2	1500	722,48	614,2	1420,72	1095

Hay una diferencia entre las cargas medidas por el registro de carga y las obtenidas puntualmente. Las cargas eléctricas varía, aunque los valores cambien, este tipo de curva se repetirá constantemente, así se presentarán variaciones similares de máximo y mínimo en todas las partes del sistema de distribución.

Por supuesto fue necesaria la determinación de las mediciones de las cargas individual ya que también de gran importancia dado que el conjunto de las mismas y combinadas con un grupo de consumidores se determina la capacidad de total de cada transformador dando como

resultado la sumatoria (valores rms) como si todas estuvieran operando a la vez. La carga conectada representa la demanda de carga máxima posible.

### 3.2.3 Información Desconocida

**Tabla 3.17** Equipos del transformador A cuyos datos nominales no son conocidos

Equipo	Tablero
Paletizador y Seleccionadora 1	33FC0101
Paletizador y Seleccionadora 2	33FF0201
Paletizador y Seleccionadora 3	33FFC0302
Salida de Horno 4	28FC0402

**Tabla 3.18** Equipos del transformador B cuyos datos nominales no son conocidos

Equipo	Tablero
Entrada de Horno 4	28FC0401
Sistemas de Precarga	11FC0100
Bandas y llenado de silos Redondos	S/C

Ahora bien, con las mediciones realizadas se calcula el factor de demanda en cada transformador. Con este resultado se sabe si alguno de los transformadores está sobrecargado.

### 3.2.4 Estimación del Factor de Demanda

$$FactordeDemanda = \frac{Demanda_{Maxima}}{Carga_{Conectada}}$$

Utilizando los valores obtenidos de las mediciones realizadas, se puede obtener el factor de demanda de cada transformador de planta.

**Tabla 3.19** Datos requeridos para el cálculo de factor de demanda

Transformador	Demanda Máxima		Carga Conectada	
	Mediciones de Carga Puntuales	Registro de Carga		
	(KVA)	(KW)	(KVA)	(KW)
Subestación 1 TRA	1126,56	900	1959,51	1523,472
Subestación 1 TRB	1849,4	1250	3342,31	2317,97
Subestación 2	722,48	700	1420,72	1095

**Tabla 3.20** Factor de demanda de cada transformador

Factor de Demanda			
Transformador	Subestación 1 TRA	Subestación 1 TRB	Subestación 2
Usando Mediciones de Carga Puntuales	0,57	0,55	0,51
Usando Registro de Carga	0,59	0,54	0,64

En la Tabla 3.19 se muestran dos cálculos del factor de demanda, uno con el acumulado de las mediciones de los equipos conectados a cada transformador y otro con las mediciones del registro de carga. De estos resultados se analiza el peor caso obtenido, es decir el valor mayor. Esto se hace para considerar el valor máximo de demanda ya que es posible que alguna de las cargas estuviera fuera de servicio eventualmente en el periodo que duró el registro de carga. A través del resultado del factor de demanda se observa que ninguno de los transformadores está sobrecargado.

### 3.3. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL DEL SISTEMA

Se realiza con el objeto de tener una idea bastante exacta sobre los consumos de energía eléctrica de los elementos que conformar el sistema de potencia a lo largo de un tiempo. Para estimar el consumo eléctrico general en la planta, se apoya en registros realizado por reportes diarios de los operadores de los turbogeneradores: Saturnos # 2 y 3 y Centauro # 1, tomados

desde Enero 2008 hasta Diciembre del 2009 periodo de tiempo suficiente para evaluar el funcionamiento de estas turbinas.

**Tabla 3.21** Potencia Generada en la Sala de Turbinas 2008

<b>Potencia Eléctrica Generada en la Sala de Turbinas 2008</b>				
	<b>Turbogen Saturno 2</b>	<b>Turbogen Saturno 3</b>	<b>Turbogen Centauro1</b>	<b>Total de Generación</b>
	<b>KWH</b>	<b>KWH</b>	<b>KWH</b>	
<b>ENERO</b>	397.359	530.075	1.200.668	
<b>FEBRERO</b>	351.467	272.169	1.115.407	
<b>MARZO</b>	357.331	393.127	1.106.332	
<b>ABRIL</b>	353.994	378.268	1.156.782	
<b>MAYO</b>	371.225	397.258	1.231.785	
<b>JUNIO</b>	385.754	372.691	1.169.025	
<b>JULIO</b>	364.130	398.967	1.241.305	
<b>AGOSTO</b>	342.383	<b>98.530</b>	1.108.370	
<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>33.426</b>	346.753	1.068.226	
<b>OCTUBRE</b>	280.233	362.110	1.105.626	
<b>NOVIEMBRE</b>	182.360	242.509	925.102	
<b>DICIEMBRE</b>	325.981	359.788	1.091.826	
<b>Promedio en el año (KWH)</b>	<b>312.137</b>	<b>346.020</b>	<b>1.126.705</b>	<b>594.954</b>

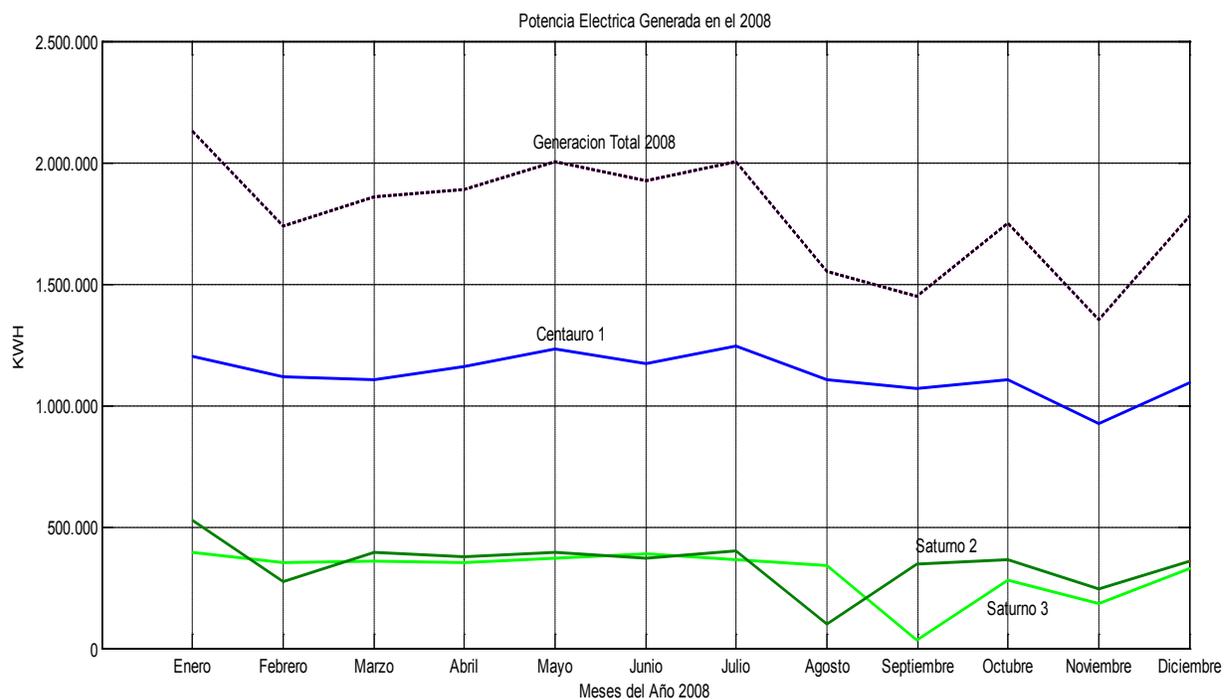
**Tabla 3.22.** Potencia Generada en la Sala de Turbinas 2009

<b>Potencia Eléctrica Generada en la Sala de Turbinas del 2009</b>				
	<b>Turbogen Saturno 2</b>	<b>Turbogen Saturno 3</b>	<b>Turbogen Centauro1</b>	<b>Total de Generación</b>
	<b>KWH</b>	<b>KWH</b>	<b>KWH</b>	
<b>ENERO</b>	352.820	379.190	1.095.576	
<b>FEBRERO</b>	328.623	352.544	1.045.376	
<b>MARZO</b>	378.000	403.550	1.203.241	
<b>ABRIL</b>	316.997	338.976	1.029.695	
<b>MAYO</b>	354.463	408.187	1.181.324	
<b>JUNIO</b>	351.961	406.440	1.164.178	
<b>JULIO</b>	358.985	410.307	1.223.940	
<b>AGOSTO</b>	373.857	426.154	1.231.875	
<b>SEPTIEMBRE</b>	365.409	418.918	1.226.405	
<b>OCTUBRE</b>	374.201	426.252	1.261.796	
<b>NOVIEMBRE</b>	357.444	430.512	1.208.845	
<b>DICIEMBRE</b>	273.154	292.630	936.426	
<b>Promedio en el año(KWH)</b>	<b>348.826</b>	<b>391.138</b>	<b>1.150.723</b>	<b>630.229</b>

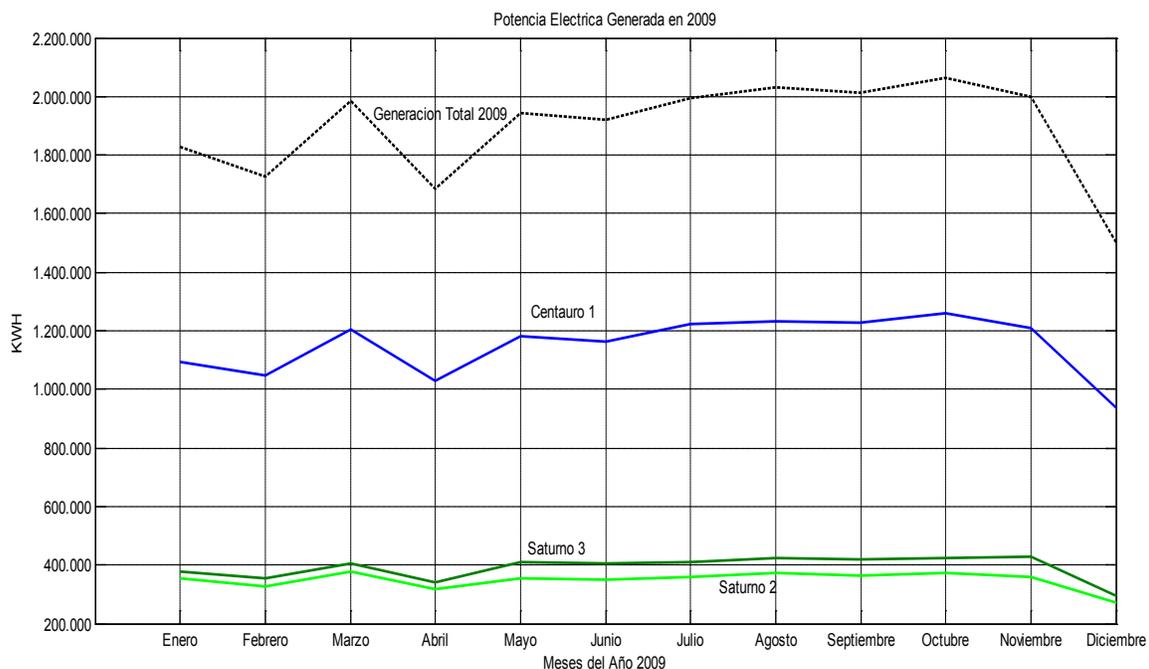
En Agosto la Turbina Saturno 2 desde el día 08 al 01 de Septiembre y desde el 01 de septiembre hasta el 01 de octubre la Turbina Saturno 3 estuvieron en mantenimiento. Demostrando que esos meses sus potencias fueron menores con respecto a los demás. En el mes diciembre desde el 23 hasta 31 de diciembre no se tienen registro debido a mantenimiento de los turbogeneradores.

**Tabla 3.23** Resumen Potencia Eléctrica Generada

<b>Situación de los Turbogeneradores de Cerámicas</b>					
	<b>Situación</b>	<b>Turbina 2 Saturno</b>	<b>Turbina 3 Saturno</b>	<b>Turbina1 Centauro 40</b>	<b>Planta</b>
<b>Actual</b>	Potencial Nominal en KW. eléctricos.	750	800	2.500	4.050
	Potencia eléctrica promedio generada (ene 08-dic 09) en KW.	453	505	1559,5	2517
	Porcentaje de Utilización	60%	63%	62%	62%



**Grafica 3.1** Potencia Eléctrica Generada en el Año 2008 (KWH)



**Grafica 3.2** Potencia Eléctrica Generada en el Año 2009 (KWh)

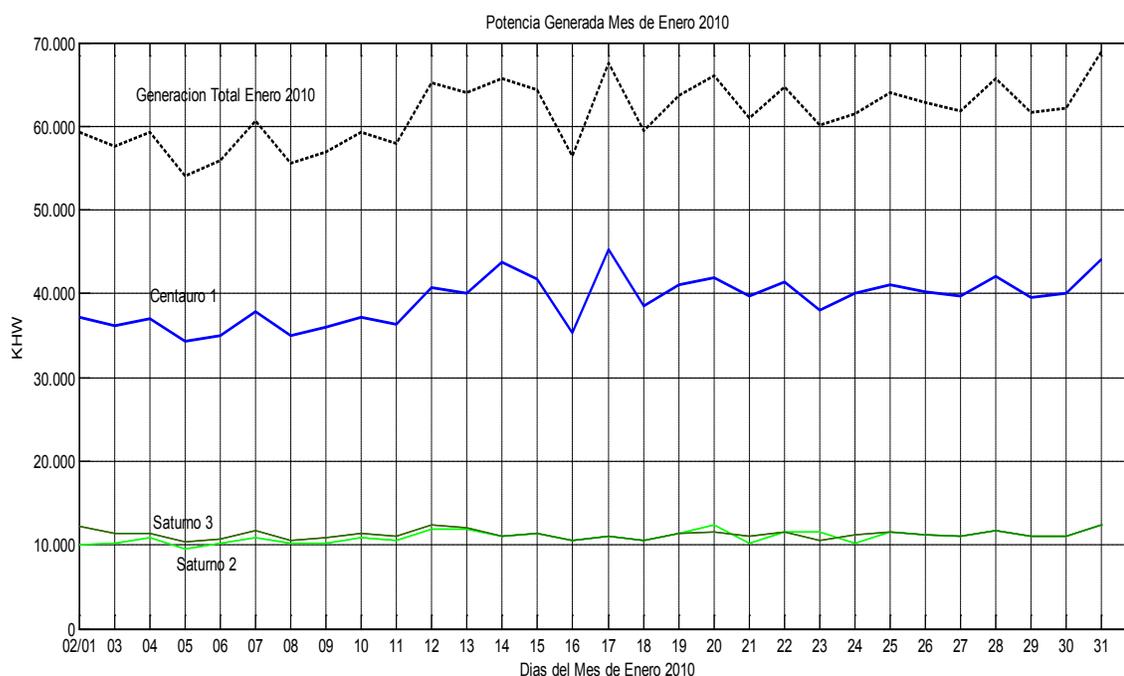
En las tablas 3.21 y 3.22 nos muestra en su totalidad la generación eléctrica de los turbogeneradores para alimentar, los diferentes espacios que conforman la empresa, áreas administrativas, talleres áreas residenciales, áreas de producción, áreas de servicios médicos, vigilancia, comedor entre otros.

La finalidad, al establecer la demanda previsible de la energía eléctrica, es dar los elementos de base para dimensionar el conjunto de instalaciones a futuro; que cubran tal demanda y facilitar la elección de prioridades en inversiones, programar el ritmo de puesta en marcha y analizar la planificación y explotación de las nuevas instalaciones.

El período de la encuesta la potencia generada KWh se puede representar en un gráfico común donde se observa el comportamiento de cada turbogenerador Saturno 3, Saturno 2 y Centauro 1, así como la suma de total generada en el año 2008 y 2009 respectivamente. (Ver graficas 3.1 y 3.2).

**Tabla 3.24** Potencia Generada en el Mes de Enero 2010

<b>Potencia Eléctrica Generada en la Sala de Turbinas del Mes Enero 2010</b>				
	<b>Turbogen Saturno 2</b>	<b>Turbogen Saturno 3</b>	<b>Turbogen Centauro1</b>	<b>Total KWH</b>
	<b>KWH</b>	<b>KWH</b>	<b>KWH</b>	
<b>01/01/2010</b>				
<b>02/01/2010</b>	9.953	12.230	37.152	59.335
<b>03/01/2010</b>	10.165	11.309	36.166	57.640
<b>04/01/2010</b>	10.828	11.375	37.033	59.236
<b>05/01/2010</b>	9.460	10.349	34.319	54.128
<b>06/01/2010</b>	10.267	10.667	35.019	55.953
<b>07/01/2010</b>	10.959	11.784	37.913	60.656
<b>08/01/2010</b>	10.127	10.463	34.922	55.512
<b>09/01/2010</b>	10.131	10.896	35.964	56.991
<b>10/01/2010</b>	10.807	11.320	37.152	59.279
<b>11/01/2010</b>	10.555	11.068	36.326	57.949
<b>12/01/2010</b>	11.906	12.426	40.794	65.126
<b>13/01/2010</b>	11.939	12.081	40.000	64.020
<b>14/01/2010</b>	11.027	10.999	43.751	65.777
<b>15/01/2010</b>	11.332	11.363	41.713	64.408
<b>16/01/2010</b>	10.620	10.556	35.305	56.481
<b>17/01/2010</b>	11.115	11.113	45.322	67.550
<b>18/01/2010</b>	10.515	10.484	38.475	59.474
<b>19/01/2010</b>	11.366	11.344	41.034	63.744
<b>20/01/2010</b>	12.469	11.601	41.912	65.982
<b>21/01/2010</b>	10.270	11.102	39.660	61.032
<b>22/01/2010</b>	11.625	11.581	41.473	64.679
<b>23/01/2010</b>	11.493	10.575	38.038	60.106
<b>24/01/2010</b>	10.271	11.152	40.103	61.526
<b>25/01/2010</b>	11.475	11.482	41.108	64.065
<b>26/01/2010</b>	11.240	11.245	40.308	62.793
<b>27/01/2010</b>	11.092	11.078	39.731	61.901
<b>28/01/2010</b>	11.787	11.779	42.077	65.643
<b>29/01/2010</b>	11.050	11.036	39.593	61.679
<b>30/01/2010</b>	11.131	11.043	39.983	62.157
<b>31/01/2010</b>	12.462	12.376	44.137	68.975
	<b>Promedio de Generación en KWH</b>			<b>61.460</b>

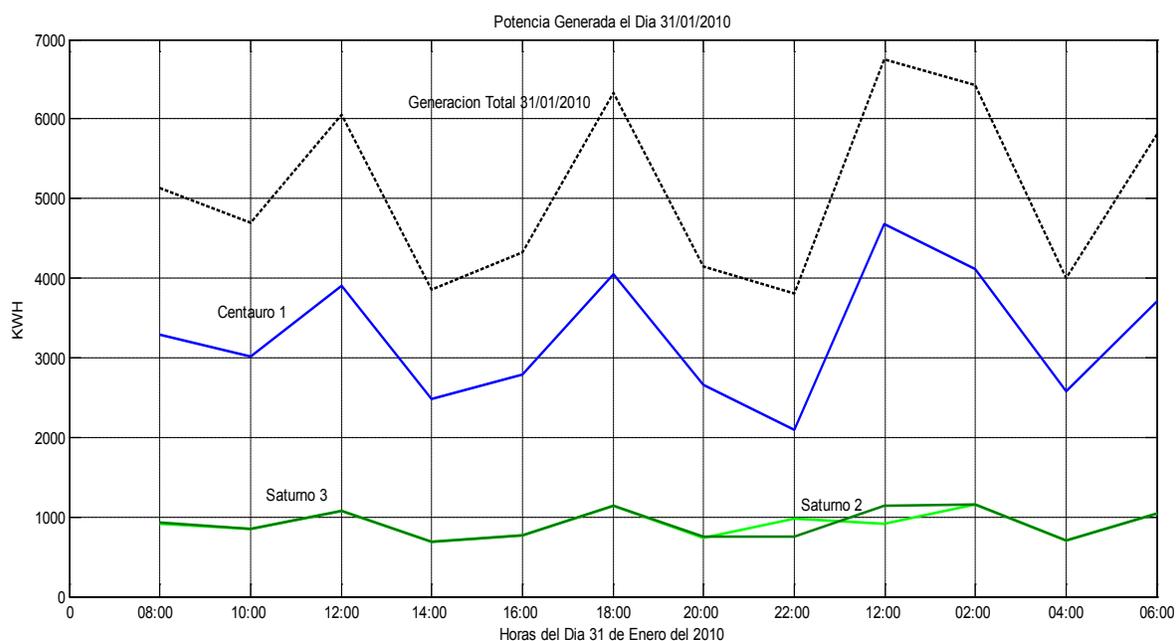


**Grafico 3.3** Potencia Generada en el Mes de Enero 2010 (KWH)

En la tabla 3.24 y el grafico 3.3 nos muestra el comportamiento de los turbogeneradores en el mes de Enero del 2010

**Tabla 3.25** Potencia Generada el día 31 de de Enero 2010

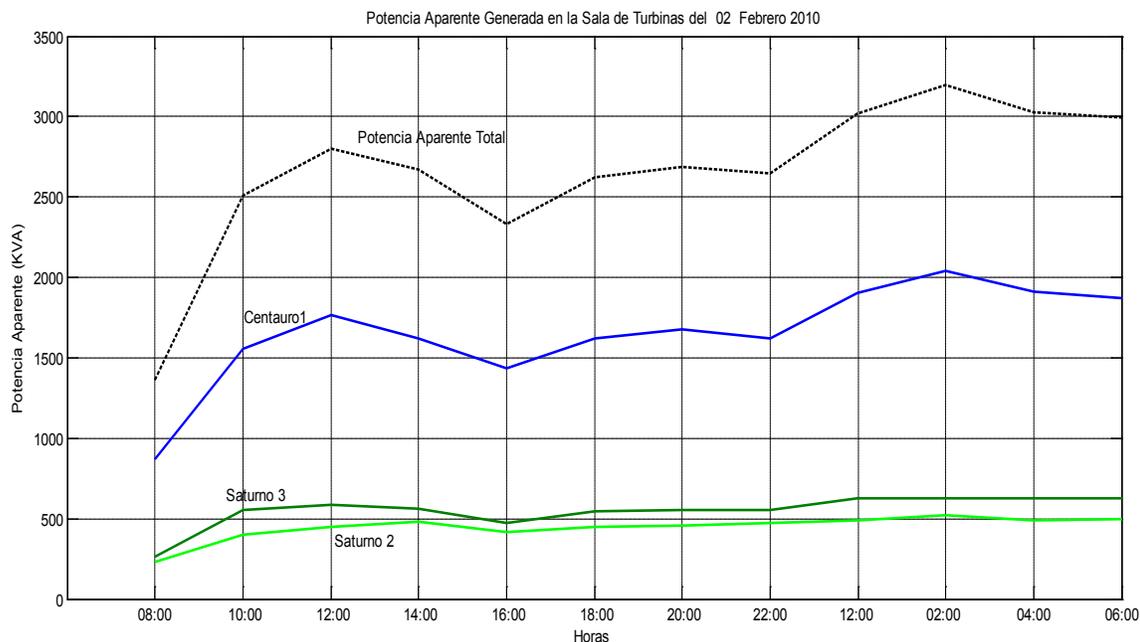
<b>Potencia Eléctrica Generada en la Sala de Turbinas del 31 Enero 2010</b>				
	<b>Turbogen Saturno 2 KWH</b>	<b>Turbogen Saturno 3 KWH</b>	<b>Turbogen Centauro1 KWH</b>	<b>Total KWH</b>
<b>08:00</b>	920	922	3.291	5.133
<b>10:00</b>	841	844	3.014	4.699
<b>12:00</b>	1.079	1.083	3.900	6.062
<b>14:00</b>	687	690	2.486	3.863
<b>16:00</b>	765	769	2.795	4.329
<b>18:00</b>	1.135	1.137	4.057	6.329
<b>20:00</b>	743	744	2.663	4.150
<b>22:00</b>	970	751	2.094	3.815
<b>12:00</b>	920	1.140	4.682	6.742
<b>02:00</b>	1.160	1.154	4.116	6.430
<b>04:00</b>	708	710	2.576	3.994
<b>06:00</b>	1.042	1.047	3.716	5.805
<b>Promedio de Generación en KWH</b>				<b>5.113</b>



**Grafico 3.4** Potencia Generada el día 31 de Enero del 2010(KWH)

**Tabla 3.26** Potencia Aparente Generada el día 01 de Febrero 2010

<b>Potencia Aparente Generada en la Sala de Turbinas del 01 Febrero 2010</b>				
	<b>Turbogen Saturno 3</b>	<b>Turbogen Saturno 2</b>	<b>Turbogen Centauro1</b>	<b>Total KVA</b>
	<b>KVA</b>	<b>KVA</b>	<b>KVA</b>	
<b>08:00</b>	262	234	870	1.366
<b>10:00</b>	553	404	1.552	2.509
<b>12:00</b>	586	448	1.765	2.799
<b>14:00</b>	563	482	1.623	2.668
<b>16:00</b>	474	418	1.437	2.329
<b>18:00</b>	547	450	1.624	2.621
<b>20:00</b>	552	459	1.678	2.689
<b>22:00</b>	557	470	1.624	2.651
<b>12:00</b>	628	485	1.904	3.017
<b>02:00</b>	629	523	2.042	3.194
<b>04:00</b>	626	491	1.912	3.029
<b>06:00</b>	623	496	1.874	2.993
	<b>Promedio en KVA</b>			<b>2.655</b>

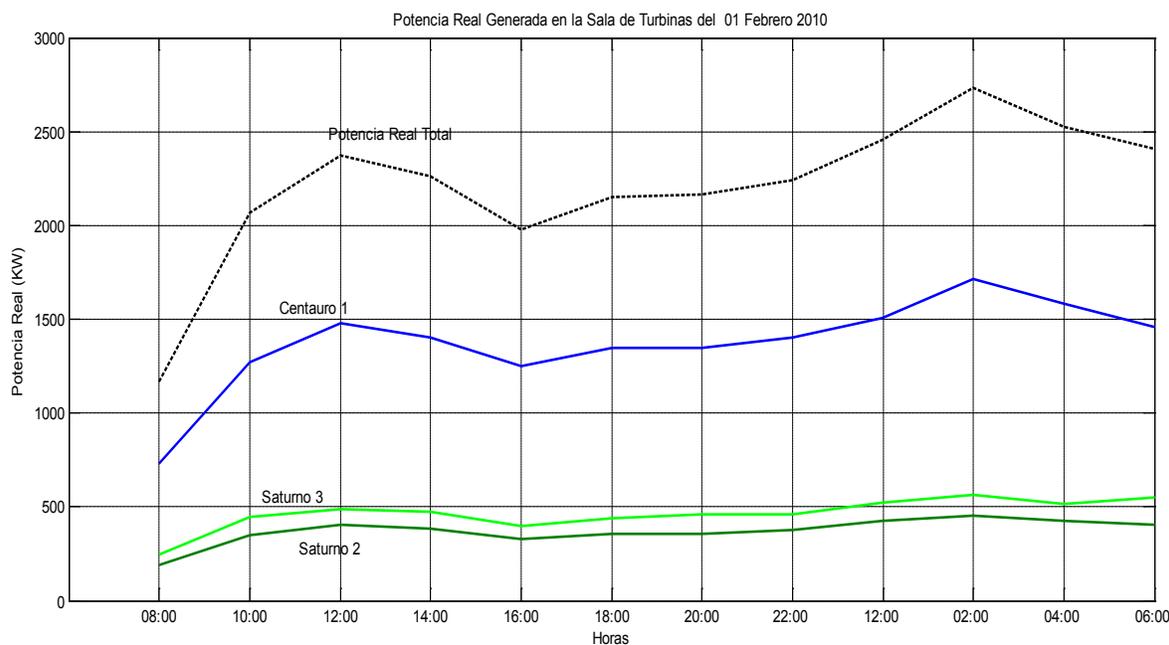


**Grafico 3.5** Potencia Aparente Generada el día 01 de Febrero del 2010(KVA)

**Tabla 3.27** Potencia Real Generada el día 01 de Febrero 2010

**Potencia Real Generada en la Sala de Turbinas del 01 Febrero 2010**

	Turbogen Saturno 3	Turbogen Saturno 2	Turbogen Centauro1	Total KW
	KW	KW	KW	
<b>08:00</b>	244	190	730	1.164
<b>10:00</b>	445	353	1.271	2.069
<b>12:00</b>	487	404	1.479	2.370
<b>14:00</b>	475	386	1.404	2.265
<b>16:00</b>	401	328	1.251	1.980
<b>18:00</b>	442	358	1.349	2.149
<b>20:00</b>	462	357	1.348	2.167
<b>22:00</b>	462	375	1.404	2.241
<b>12:00</b>	526	423	1.509	2.458
<b>02:00</b>	564	457	1.712	2.733
<b>04:00</b>	519	427	1.580	2.526
<b>06:00</b>	549	402	1.456	2.407
	<b>Promedio en KW</b>			2.211

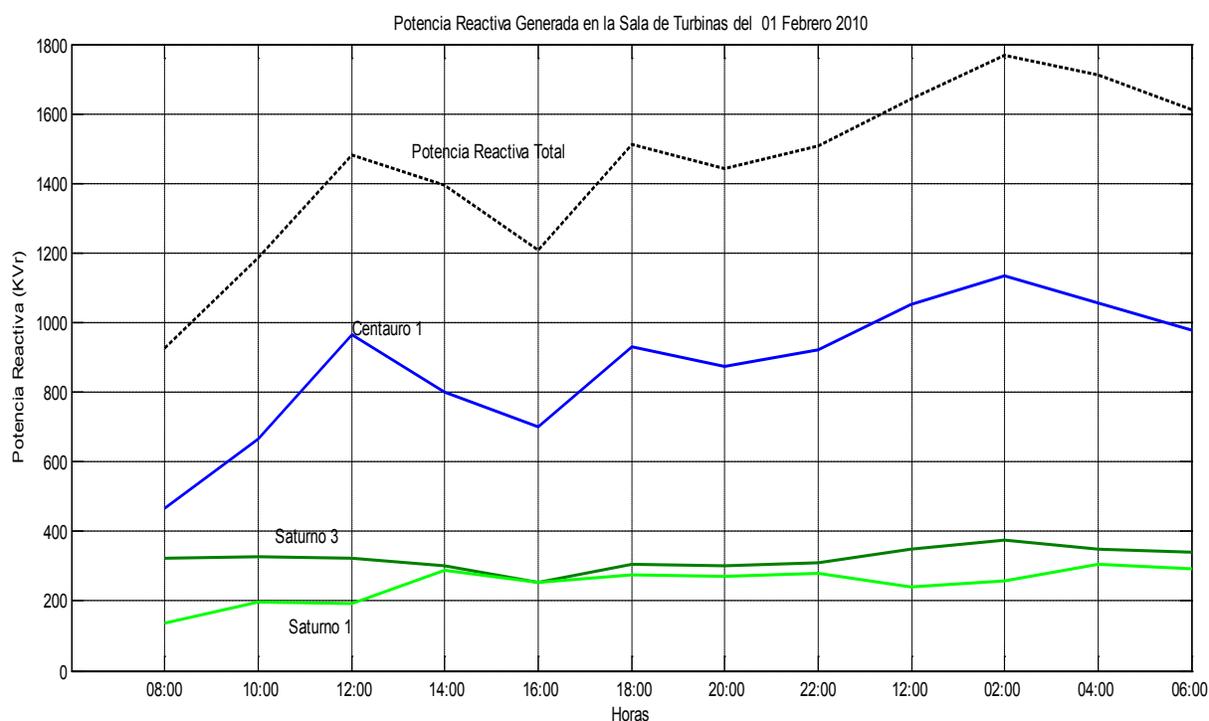


**Grafico 3.6** Potencia Real Generada el día 01 de Febrero del 2010(KW)

**Tabla 3.28** Potencia Reactiva Generada el día 01 de Febrero 2010

**Potencia Reactiva Generada en la Sala de Turbinas del 01 Febrero 2010**

	<b>Turbogen Saturno 3 K Vr</b>	<b>Turbogen Saturno 2 K Vr</b>	<b>Turbogen Centauro1 K Vr</b>	<b>Total K Vr</b>
<b>08:00</b>	322	137	466	925
<b>10:00</b>	327	196	664	1.187
<b>12:00</b>	325	193	963	1.481
<b>14:00</b>	302	289	802	1.393
<b>16:00</b>	253	255	702	1.210
<b>18:00</b>	306	274	930	1.510
<b>20:00</b>	301	271	872	1.444
<b>22:00</b>	308	281	920	1.509
<b>12:00</b>	349	239	1052	1.640
<b>02:00</b>	375	256	1136	1.767
<b>04:00</b>	351	306	1054	1.711
<b>06:00</b>	342	291	979	1.612
	<b>Promedio en K Vr</b>			<b>1.449</b>



**Grafico 3.7** Potencia Reactiva Generada el día 01 de Febrero del 2010(KVr)

Expresado en términos reales se observa que la demanda generada por pico de los arranques de los motores son compensadas por las turbogeneradora, teniendo en cuenta que la energía producida en la empresa se genera ahí mismo, puesto que la conexión con CADAFE anteriormente fue utilizada y en la actualidad no se cuenta con este servicio ni aun en el caso de emergencia que ocurra alguna falla en los turbogeneradores, el proceso de producción queda operativo con plantas de emergencia en un lapso tiempo predeterminado.

También hay que destacar que los valores nominales de las máquinas no pueden ser alcanzados debido a las condiciones ambientales así como también por los años de usos.

### 3.4. ESTIMACIÓN DE LOS EQUIPOS Y DEL CONSUMO ELÉCTRICO FUTURO DE LAS NUEVAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN.

#### *Situación Actual*

- Producción Actual Real con 5 líneas:  $582.360,84 \text{ m}^2/\text{mes}$
- Producción Actual Ideal con 5 líneas:  $900.000 \text{ m}^2/\text{mes}$

De baldosas seleccionadas de diferentes formatos.

### *Situación Deseada*

Incremento general de la producción de baldosa: 40%

- Producción real con la ampliación a 7 líneas:  $971.275 m^2 / mes$
- Producción ideal con la ampliación a 7 líneas:  $1.260.000 m^2 / mes$

Para estimar la adquisición de equipos necesarios para la producción adicional de baldosa en Cerámicas Caribe es indispensable conocer desde el incremento de materia prima que se necesitara así como también la cantidad de equipos que integran cada línea para aumentar dicha producción. Para ello se debe conocer la fórmula de elementos que componen la elaboración de la baldosa y puntualizar los parámetros de producción que la empresa desea llegar, teniendo en cuenta las capacidades de producción de las maquinas actualmente instaladas.

#### **3.4.1 Área de pasta**

##### *3.4.1.1 Equipo de Atomización*

-El **atomizador ATM 180**, es una máquina muy versátil y eficiente, ideal para las particulares y sofisticadas mezclas de gres porcelánico. Mediante la operación de atomización se logran secar la barbotina para adecuar la humedad del sólido a la óptima requerida en la etapa de prensado y obtener un polvo cuyos gránulos presentan una morfología esférica que mejora la fluidez del sólido y facilita que durante el llenado del alvéolo de la prensa se obtenga una distribución de masa uniforme.

El flujo de aire caliente seca las partículas de barbotina se dispone en volúmenes regulares, constantes en velocidad y presión, homogéneos en densidad y equilibrados en torno al eje central del espacio en el que se mueven. Es un torbellino, un soplo hábil y bien conducido que garantiza valores de humedad y granulometría constantes, en una instalación donde reduciendo al mínimo cualquier dispersión se ahorra tiempo y energía.

Desde las balsas de agitación se bombea la barbotina al atomizador mediante bombas de pistón doble refrigeradas por agua. El funcionamiento de los atomizadores consiste en pulverizar la barbotina en contracorriente con un flujo de aire caliente que puede provenir de un quemador vertical de gas o bien, de una turbina de cogeneración. Al contacto con los gases

calientes sufre un secado violento, quedando convertida en polvo ligero. Este polvo es conducido mediante cintas de transporte y almacenado en silos en espera de su utilización.

Para estimar los requerimientos de atomización es necesario evaluar el equipo instalado actualmente ATM 180 y verificar si este es capaz o no de satisfacer la demanda de polvo atomizado según la producción de baldosa seleccionada que se tengan en meta; una vez realizado los cálculos de este atomizador sacar conclusiones sobre el mismo y de ser necesario estimar el nuevo equipo que deberá adquirir la fábrica para la producción deseada. Se debe tener en cuenta que los equipos seleccionados o estudiados tienen que tener la capacidad necesaria para producir en situaciones ideales, para el caso de la atomización se debe diseñar con base a una producción de  $1.260.000 m^2/mes$  de baldosa seleccionada.

Es importante señalar que el mantenimiento del ATM 180 tiene un promedio de 8 horas cada 4 días, por lo que se puede hacer el análisis de funcionamiento con base a que trabaja 22 horas diarias, es decir los requerimientos de polvo atomizado por hora serán aumentados solo para determinar cuál es el coeficiente de utilización del atomizador. También cabe destacar que es óptimo hacer trabajar los atomizadores a un promedio de 90% de su capacidad máxima evaporativa ya que en la planta la molienda (producción de barbotina) se realiza de manera discontinua. Con base a esto se analizan las situaciones de producción.

**Tabla 3.29 Déficit de polvo atomizado por el incremento de producción**

<b>Déficit de flujo másico de polvo atomizado</b>	
Flujo másico de polvo atomizado requerido para producir $1.260.000 m^2/mes$ de baldosa seleccionada $\left( \frac{Kg}{h} \right)$	39.804,5
Flujo másico de polvo atomizado producido por ATM 180 trabajando al 95% $\left( \frac{Kg}{h} \right)$	41.962

Una vez calculado la capacidad de producción del ATM 180 se procede a evaluar si es necesario de adquirir un equipo adicional de atomización. El déficit de polvo atomizado es

bajo, además el atomizador que cuenta la empresa es suficiente ya no se ve afectado porque la cantidad de polvo atomizado es muy pequeña.

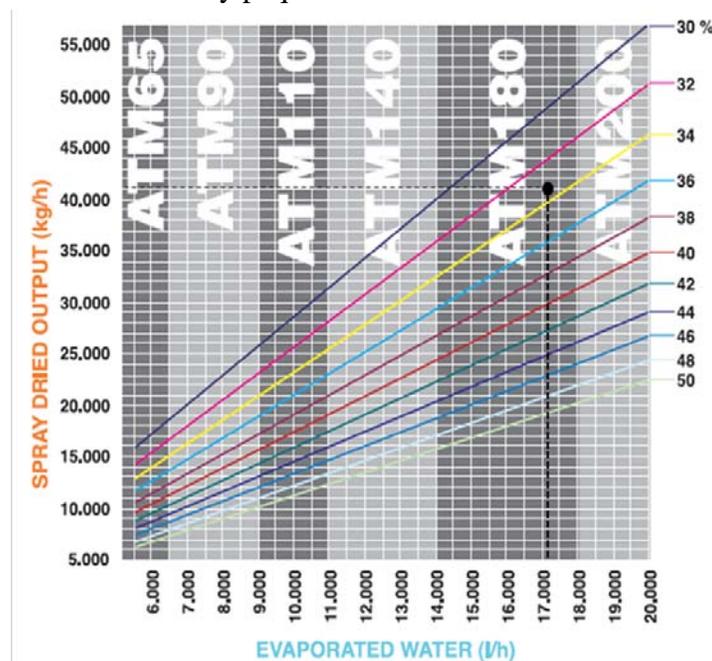


Figura 3.2. Selección de atomizadores de la casa SACMI.

Según la tabla proporcionada por el fabricante SACMI, la selección adecuada del atomizador para poder producir el polvo atomizado requerido para la producción ideal futura, es de un **ATM180**, es capaz de evaporar  $16.220,8 \frac{L}{h}$  y producir aproximadamente  $42.381,81 \frac{Kg}{h}$  de polvo atomizado con barbotina a 66,30% sólidos y 33,7% agua. Lo que no es necesaria la utilización de otro atomizador para el incremento de producción de baldosa mediante dos líneas más.

#### 3.4.1.2 Equipo de Molienda

-**Molinos MT 30.000** para barbotina. Son especialmente diseñados para la molienda húmeda de arcillas. Están contruidos en chapa de acero de grueso espesor soldada eléctricamente y perfectamente acabados. La forma es cilíndrica con fondos planos reforzados. Los ejes de giro, sólidamente fijados a los fondos y perfectamente centrados, apoyan sobre rodamientos oscilantes de rodillos ampliamente dimensionados y cuyas paredes interiores están protegidas por una coraza y que gira alrededor de un eje horizontal.

Los cilindros están equipados de bocas para la carga y la descarga del material y paso de hombre para inspección interior. En el interior del tambor se coloca una carga de material de molienda, que son bolas esféricas de tamaño apropiado, lo más duras posibles, o simplemente cantos rodados y junto con estas bolas se coloca el material a moler. Por efecto de la rotación del tambor las bolas son arrastradas a lo largo de las paredes, cayendo en un momento determinado en cascada. El material a moler está sometido a innumerables acciones de presión, de rozamiento y de choque de las bolas y paredes del tambor.

La transmisión del movimiento se obtiene por medio de correas trapezoidales a través de un reenvío con tensor de correas de excéntrico inserto en la base. Los grupos motores están constituidos por motores eléctricos asíncronos trifásicos con construcción cerrada, montados sobre correderas para permitir el tensado de las correas de transmisión. Los motores con potencias superiores a los 11 KW, llevan un embrague fluido dinámico especial, que permite un arranque suave y gradual de la máquina con baja absorción de corriente. Para los molinos de dimensiones mayores está previsto el montaje, sobre el grupo motor, de un freno tipo disco con accionamiento neumático.

Las cabinas de mando incluyen todos los equipos eléctricos para el arranque y la parada del motor, así como un dispositivo contador, del tipo con predeterminación del tiempo o del número de rotaciones, que sirve para parar automáticamente el molino cuando la molienda ha terminado

Para realizar la estimación de los molinos es necesario conocer las condiciones de operación de los equipos actualmente instalados basándonos en registros históricos y verificando sus capacidades de operación nominal y de esta manera extrapolar los resultados para el incremento de producción de baldosa. Es preciso acotar que el mantenimiento de estos molinos es muy escaso (2% del tiempo en parada, es decir 12,75 horas aproximadamente de parada cada 30 días de trabajo; según Dpto. De Mantenimiento Mecánico) por lo que no se tomara en cuenta las paradas por ello, basado en que también se cuenta con un 12,5% de equipo de repuesto, es decir de 8 molinos en promedio uno solo esta inutilizado. Además se debe señalar que los cálculos por turno de trabajo se refieren a 8 horas por turno.

Entonces se debe conocer la situación actual de producción de barbotina:

*Situación actual.*

Para la producción de barbotina la planta cuenta con 8 molinos marca SACMI modelo MT 30.000 con capacidad para 30.000 litros: aproximadamente 15.000 litros de cuerpos moledores (47%) y aproximadamente 12.000 litros de barbotina (40%) del volumen total para una molienda óptima. También destacar que la molienda se realiza de forma discontinua.

*Situación futura ideal.*  $1.260.000 \text{ m}^2 / \text{mes}$  De baldosa seleccionada:

Como es necesario adquirir equipo adicional de molienda para barbotina, se hace la selección de equipos según la casa SACMI que es la que hizo el suministro de los molinos actualmente instalados.

Cada molino se le realiza dos cargas por turno. Según ficha técnica del Dpto. de Diseño y Planificación de Cerámicas Caribe el Uso del molino por carga es de  $12000 \left( \frac{\text{L}}{\text{carga}} \right)$ . Se encuentra disponibles ocho molinos y tomando un promedio de que operen siete molinos se obtiene que realizando 2 cargas por turno son  $24000 \left( \frac{\text{L}}{\text{carga}} \right)$  el total es  $168.000 \left( \frac{\text{L}}{\text{Turno}} \right)$ .

El Flujo másico de barbotina: Es igual a la suma de materia prima seca y agua.

$$\dot{m}_{\text{barbotina}} = 37.734,76 + 19.180,4 = 56.915,1 \text{ Kg/h}$$

Como la densidad de la barbotina debe ser en promedio  $\rho_{\text{barbotina}} = 1,71 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  según Dpto. Diseño y Desarrollo en especificación FES\_05 de intranet de CeCar (Anexo A.8)

$$\text{Lo que implica un caudal de barbotina: } \dot{v}_{\text{barbotina}} = \frac{\dot{m}_{\text{barbotina}}}{\rho_{\text{barbotina}}} = \frac{56.915,1 \text{ Kg/h}}{1,71 \text{ Kg/L}} = 33.304,7 \text{ L/h}$$

Como los equipos actuales pueden producir: (para ser conservadores y no exigir mucho estos molinos es  $24.000 \frac{L}{h}$  por turno y tratándose de tres turnos al día

$$\text{Entonces se requieren: } \frac{33.304,7 \frac{L}{h}}{3.000 \frac{L}{h}} = 11,10 \rightarrow 12 \text{ Molinos MT 30.000 marca SACMI}$$

Para poder suplir el déficit de barbotina que se generará por incremento de producción de baldosa seleccionada se requiere la adquisición de 4 molinos modelo MT 30.000 de marca SACMI, tomando en cuenta un equipo que supla la demanda estimada. De esta forma, se necesitarán dos molinos por cada línea de producción para cubrir el caudal de barbotina especificado.

**-Vibrotamices** se utilizan para evitar que pasen porciones más gruesas de las deseadas de barbotina o polvo atomizado. Se colocan a la salida de los molinos y a la salida de los atomizadores, son necesarios a la salida de los molinos para impedir que partículas demasiado grandes de barbotina pasen a las balsas de agitación colocadas antes del atomizador, evitando así que lleguen a obturar las boquillas de las lanzas.

También se deben colocar bandejas vibratorias en alguno de los cambios de cinta que se realizan después del atomizador, para evitar que lleguen aglomerados de polvo atomizado demasiado grandes a los silos de almacenaje, ya que se suelen producir presiones en las paredes interiores del atomizador.

#### **-Agitador de barbotina (MT 30.000)**

Los agitadores de velocidad lenta sirven para mantener en suspensión la barbotina cerámica o la mezcla de esmalte cerámico. Se utiliza para agitar dependiendo de la viscosidad, capacidad del depósito y el peso específico del líquido y la velocidad de la hélice se regula dependiendo del material a tratar.

Para impulsar desde las balsas de agitación hasta el interior del atomizador, se emplean bombas de pistón que ya están incluidas en el conjunto del atomizador. El tipo y número de bombas viene determinado, en cada caso, por el tipo de atomizador elegido.

Para los atomizadores ATM 180 la empresa propone dos bombas de pistón de émbolo sumergido lo cual es más que suficiente para el caudal de barbotina que aquí se maneja.

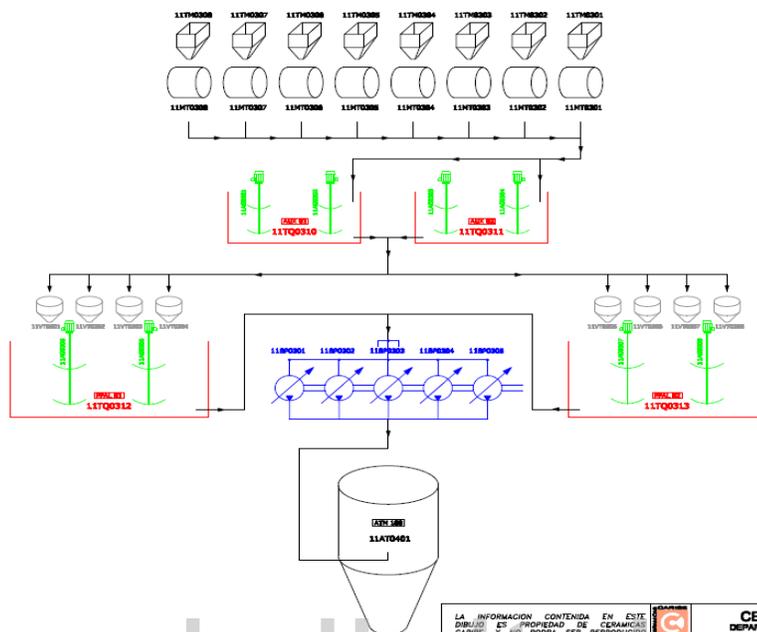


Figura. 3.3 Sistema de Procesamiento de la Barbotina.

Según la fig. 3.2 se observa el procedimiento de la elaboración de la barbotina desde el llenado de los molinos hasta el que llega al atomizador, según estimaciones de los vibrotamices y los agitadores de barbotina se rigen por esta figura donde se puede especificar que se necesitan cuatro vibrotamices y dos agitadores.

### 3.4.1.3 Silos de Almacenaje

Para almacenar temporalmente tanto materias primas como el polvo atomizado, se utilizan silos de gran capacidad en los que el material permanece unas horas antes de ser utilizado. Este tiempo de residencia en el interior del silo sirve para homogeneizar la humedad del material, teniendo así un comportamiento homogéneo en todo el silo.

Las materias primas llegan a estos silos provenientes del atomizador, a través de cintas transportadoras.

Para realizar el estudio de la estimación de equipo de almacenamiento de polvo atomizado es necesario acotar:

Cada silo almacena 103.500Kg, su hora máximo de reposo es de 48 horas de polvo atomizado y cada prensa debe producir  $6000m^2$  baldosa seleccionada/diarios como se desea agregar dos líneas serán  $12000m^2$  baldosaseleccionada/diario  $\times 20,85 = 250.200Kg$ . Aproximadamente  $250.200/103.500 = 2,41 \approx 3$ silos

Para cada prensa de baldosa se debe contar con:

Tres silos de polvo atomizado de capacidad aproximada:  $103.500Kg$   $c/u$

- Uno aportando material a la prensa.
- Uno llenándose de material proveniente del atomizador.
- Uno lleno de provisión en caso de presentarse cualquier parada de los equipos de atomización.

Luego se verifica por situaciones de producción:

*Situación actual.* Se visualiza la situación en la tabla 3.30:

**Tabla 3.30 Promedio de variables manejadas actualmente en la planta CeCar en silos de almacenaje.**

Datos de Variables Actuales en CeCar.		
Producción de baldosa seleccionada	$(m^2/mes)$	582.360,84
Número de líneas de producción		5
Gasto de polvo atomizado por m2 de baldosa seleccionada	$(Kg/m^2)$	20,85
Capacidad de los silos de polvo atomizado	9 Prismáticos de $115.000 Kg$ $c/u$ $(Kg)$	1.863.000
	8 Cilíndricos de $103.500 Kg$ $c/u$	

Actualmente se le da uso continuo y obligatorio a 15 silos (3 para cada línea) y se tiene 2 de repuesto para cuando se presente mantenimiento o reparaciones.

**Producción futura ideal.** Se visualiza la situación en la siguiente tabla:

**Tabla 3.31.** Promedios de variables que se manejarán en la planta CeCar en silos de almacenaje.

<b>Datos de Variables futuras en CeCar.</b>	
Producción de baldosa seleccionada $\left(\frac{m^2}{mes}\right)$	1.260.000
Número de líneas de producción	7
Producción del ATM 180 $\left(\frac{Kg}{h}\right)$	41.962
Gasto de polvo atomizado por m2 de baldosa seleccionada $\left(\frac{Kg}{m^2}\right)$	20,85

Como el requerimiento de cada línea de producción es de tres silos de polvo atomizado entonces se deberá contar con 21 silos.  $N^{\circ}_{silos\ futuro} = 21 + 2 = 23$  Silos de polvo atomizado

Esto implica que se deben adquirir 6 silos más de los disponibles actualmente para que la fábrica esté en disposición de producir  $1.260.000 \frac{m^2}{mes}$  de baldosa seleccionada.

**Tabla 3.32.** Equipos adicionales en la planta Cerámicas Caribe debido al incremento de producción en Área de Pasta

<b>Equipos Adicionales en Cerámicas Caribe</b>			
Área	Descripción	Equipo	Cantidad
Pasta	Atomización de la Barbotina	ATM 180	0
		MT 30.000	4
	Elaboración de Barbotina y Molienda	Vibrotamices	4
		Agitadores	2
	Almacenamiento de polvo atomizado	Silos de Cap. 103.500 Kg.	6

**Tabla 3.33** Promedio de Gastos de Polvo Atomizado según Producción de Baldosas Seleccionadas.

<b>Promedio de Gastos de Polvo Atomizado según Producción de Baldosas Seleccionadas</b>			
<b>Año</b>	<b>Producción de Baldosas (m2/mes)</b>	<b>Promedio de Producción de Polvo Atomizado(Kg/mes)</b>	<b>Promedio de Consumo de Polvo Atomizado de Baldosa Seleccionada (Kg/m2)</b>
2008	559.189,22	12.025.013,14	21,50
2009	618.374,21	13.000.394,58	21,02
2010 Ene-Marz	569.519,08	11.402.033,33	20,02
<b>Promedio Total</b>	<b>582.360,84</b>	<b>12.142.480,35</b>	<b>20,85</b>

#### 3.4.1.4. Estimación de consumo eléctrico por equipos adicionales en Cerámicas Caribe C.A en el Área de Pasta

Para estimar el consumo eléctrico futuro de la planta, se realiza lo siguiente: al consumo actual se le adiciona los consumos que tendrán los equipos que hacen falta para incrementar la producción estos consumos por equipos se toman de las mediciones puntuales realizadas indicadas en la tabla 3.4 adquiriendo el valor mayor medido para sobre diseñar dicho consumo futuro. Los consumos adicionales se ven reflejados en la tabla 3.34.

**Tabla 3.34** Estimación de consumo eléctrico por equipos adicionales en Cerámicas Caribe C.A en el área de pasta.

Área	Equipo	Cantidad	Consumo de potencia por equipo actual en KVA	Consumo de potencia estimada en KW. (factor potencia=0,85)	Consumo de potencia estimada en KW.	Consumo estimado por área en KW.
Pasta	ATM 180	0	No aplica equipo nuevo			
	MT 30.000	4	120,27	102,23	408,92	
	Vibrotamices	4	1,11	0,94	3,8	
	Agitador de barbotina	2	3,93	3,34	6,68	458,23
	Sistema de banda y llenado de silos	35,3%	30,51	25,93	9,15	
	Eurofiltres	1	34,92	29,68	29,68	

- Área Pasta:

Cuatro molinos MT 30.000 para barbotina., dos Agitadores de barbotina., Cuatro Vibrotamices., Sistema de bandas y llenado de silos 35,3% adicional de Potencia Activa

$Pot. Activa = 30,51 \times 0,353 \times 0,85 = 9,15 Kw$ . Un Eurofilters adicional de lo instalado para contar con un total de tres equipo de filtrado de aire.

### 3.4.2 Área: Preparación de esmalte, engobe y tintas

#### 3.4.2.1 Equipo de molienda para la preparación de engobe y esmalte.

Para realizar la estimación de los equipos de molienda de esmaltes y engobe se toman en cuenta las mismas consideraciones de los molinos de barbotina; tiempo de mantenimiento de estos molinos 5 horas cada 30 días según Dpto. Mantenimiento Mecánico Otra consideración importante es produce con base a la necesidad en las líneas por lo que hace complicado la estimación precisa de los equipos de molienda. Luego se procede a evaluar las situaciones de producción. *Situación Actual*  $582.360,84 m^2 / mes$

La producción actual de esmaltes y tintas es basada en datos históricos obtenidos de intranet y el sistema SAP de CeCar. (Anexo A.7) esmaltes y engobe registros desde enero 2008 hasta marzo 2010 y tintas. Los resultados obtenidos se visualizan en la tabla 3.35

**Tabla 3.35.** Producción de esmaltes, engobe y tintas actual en CeCar.

Producción promedio actual de esmaltes y tintas			
Datos		Unidad	Valor
Esmaltes y engobe	Mensual	Kg	661.547,86
	Turno		7.350,52
Esmaltes y engobe por m2 de baldosa seleccionada		Kg/m <sup>2</sup>	1.031,11
Tintas	Mensual	Kg	26.110,98
	Turno		290,122
Tinta por m2 de baldosa seleccionada		Kg/m <sup>2</sup>	44,84

También se debe conocer los equipos que se cuentan para la producción de estos esmaltes y tintas y sus capacidades.

Para ello se elabora una tabla contentiva de las capacidades de cada uno de los molinos y su cantidad, tomando las condiciones de producción menos favorables, es decir, suponiendo que las condiciones de calidad de los esmaltes son aquellas que hacen menor la producción, esto se debe a que las características del producto varía según el tipo de baldosa que se quiere fabricar tales como densidad, tiempos de molienda, volumen útil del molino, cantidad de las bolas de alubit.

**Tabla 3.36** Capacidad de producción en condiciones extrema de los molinos del área de esmaltes.

Capacidad de producción de los molinos de esmalte.												
Modelos del molinos	Capacidad volumétrica en litros	Número de molinos	Kilogramos máximo de alubit por molino	Litros máximo de alubit por molino	% volumétrico de cuerpos moletores	% volumétrico útil del molino	% volumétrico de materia para producir esmaltes	Capacidad por molienda en Litros	Capacidad de molienda en Kilogramos	Tiempo máximo por molienda en horas	Tiempo aproximado en cargar y descargar el molino en horas.	Producción de flujo másico de esmaltes por turno de trabajo
MT 10.000	10.000	1	5.500	1.478	14,78	77	62,22	6.222	10.329	7	1	10.329
MT 5.000	5.000	5	2.550	652	13,04	77	63,96	3.198	5.309	7	0,75	5.480
MT 2.000	2.000	4	1.050	304	15,22	77	61,78	1.236	2.051	8	0,50	1.930
<b>Total</b>		<b>10</b>						<b>10.832</b>	<b>17.981</b>			<b>45.450</b>

Como es de notar se toman los datos de especificación que hacen menor la producción de flujo másicos de esmaltes y engobe (condición extrema de producción); luego teniendo la capacidad de los equipos actualmente instalados, se verifica si es posible la producción de esmalte y engobe según la producción ideal futura:

**Producción ideal futura:**  $1.260.000 \frac{m^2}{mes}$

Para estimar los gastos de esmalte engobe, y tintas se usan los promedios obtenidos de registros históricos y extrapolamos a la producción deseada. Los resultados obtenidos se visualizan en la tabla 3.37.

### Estimación del equipo de preparación de tintas

Para la estimación de equipos de preparación de tintas se verifica si es posible producir con los Micronet 250 y 100 (equipos actuales) la tinta necesaria para  $1.260.000 \text{ m}^2/\text{mes}$  de baldosa seleccionada. Sin tomar en cuenta el tiempo fuera de servicio por mantenimiento ya que es despreciable en comparación al tiempo de uso de la máquina 1%, es decir, 5 horas cada 30 días según Dpto. de Mantenimiento Mecánico. Para ello se calcula la capacidad de producción de tintas de este equipo trabajando en condiciones extremas, es decir utilizando los máximos tiempos de mezclado y la capacidad útil mínima del cada Micronet. (Ver Anexo A.10)

**Tabla 3.37** Gasto de esmalte engobe y tintas según producción de  $1.260.000 \text{ m}^2/\text{mes}$  de baldosa seleccionada

Producción promedio futura de esmaltes y tintas			
Datos		Unidad	Valor
Esmaltes y engobe	Mensual	Kg	1.299.198,6
	Turno		14.435,540
Esmaltes y engobe por m2 de baldosa seleccionada		$\text{g}/\text{m}^2$	1.031,11
Tintas	Mensual	Kg	56.498,4
	Turno		627,76
Tinta por m2 de baldosa seleccionada		$\text{g}/\text{m}^2$	44,84

Como el flujo másico de esmalte y engobe necesario para la producción de  $1.260.000 \text{ m}^2/\text{mes}$  es de  $14.435.5 \text{ Kg}/\text{turno}$  y los equipos disponibles pueden procesar  $45.450 \text{ Kg}/\text{turno}$ , se estima un coeficiente de utilización:

Coficiente de utilización de los molinos de esmaltes y engobe:

$$C_{\text{molinos esmalte}} = \frac{m_{\text{esmaltes}}}{m_{\text{max esmaltes}}} = \frac{14.435.540 \text{ Kg}/\text{turno}}{45.450,00 \text{ Kg}/\text{turno}} = 0,31$$

Por ser un coeficiente bajo de utilización se puede decir que es posible elaborar esmaltes y engobe con los equipos actualmente instalados, además se cuenta con cantidad de equipos suficiente para cuando se presente mantenimiento de alguno de estos o fallas. Entonces no es necesaria la adquisición de equipos para la molienda de esmaltes, engobe y tintas.

### 3.4.3 Área de Proceso Continuo

#### Prensado hasta paletizado (prensa, secador, línea, horno, seleccionador y paletizador)

Para estimar los equipos desde el prensado de la baldosa hasta el paletizador, se realiza de manera exactamente igual tomando en cuenta todos aquellos elementos existentes y que conforman una línea del proceso continuo de producción. Obteniendo como base la línea de producción cinco ya que en esta se realiza formatos mayores en comparación con las demás; siendo esta de mayor demanda en el mercado nacional debido a las transformaciones surgidas en el país.

**Tabla 3.38** Equipos Adiciones del proceso continuo

Equipos Adicionales en Cerámicas Caribe		
Área	Equipo	Cantidad
Proceso Continuo	Prensa	2
	Secadero	2
	Línea	2
	Entrada del horno	2
	Salida del horno	2
	Consola horno	2
	Seleccionadora y Cartón Parking	2
	Paletizador	2
	Ventosa	2

**Tabla 3.39** Estimación de consumo eléctrico por equipos adicionales en Cerámicas Caribe C.A. en proceso continuo

Área	Equipo	Cantidad	Consumo de potencia por equipo actual en KVA	Consumo de potencia estimada en Kw. (factor potencia=0,85)	Consumo de potencia estimada en Kw.	Consumo estimado por área en Kw.
Proceso Continuo	Prensa	2	160,83	136,71	273,42	848,4
	Secadero y Quemador	2	102,54	87,16	174,32	
	Línea de Esmalte	2	19,18	16,31	32,62	
	Entrada del Horno	2	3,62	3,08	6,16	
	Salida del Horno	2	3,28	2,79	5,58	
	Consola Horno	2	186,72	158,71	317,42	
	Ventosa	2	14,41	12,25	24,5	
	Seleccionadora y Cartón Parking	2	5,02	4,27	8,54	
	Paletizador	2	3,43	2,92	5,84	

De acuerdo con las normativas de la empresa también se tomara en cuenta equipos complementarios como sistema de enfriamiento de aceite utilizando el moderno ya que los chiller su consumo eléctrico es alto, eurofiltres, compresores y bombas de aguas.

**Tabla 3.40** Estimación de consumo eléctrico por equipos adicionales en Cerámicas Caribe C.A. Equipos Complementarios

Área	Equipo	Cantidad	Consumo de potencia por equipo actual en KVA	Consumo de potencia estimada en Kw. (factor potencia=0,85)	Consumo de potencia estimada en Kw.	Consumo estimado por área en Kw.
Equipos Complementarios	Sistema de Enfriamiento de Aceite	2		14,5	29	281,14
	Compresores	2	114,06	96,95	193,9	
	Hidrofiltre	1	68,52	58,24	58,24	

Sistema de Enfriamiento de Aceite. Se toma como dato potencia máxima instalada por fabricante para una prensa modelo PH 3020 misma de la línea 5 un sistema de enfriamiento

modelo AIR-3VCM según su catálogo porque es diferente al que se encuentra actualmente en planta

$$Pot. Activa = 14,5 \times 2 = 29 Kw.$$

#### Compresores

Compresores dos adicionales ya que existen tres en funcionamiento y se incremento las líneas un 40% lo que implica 4,2 compresores como se trata de unidades el requerimiento es de dos adicionales  $Pot. Activa = 96,95 \times 2 = 193,9 Kw.$

Un hidrofíter para las dos líneas nueva

#### 3.4.4 Resumen de estimación de equipos

Para concluir con la estimación de equipos se realiza una tabla contentiva por área del proceso y el equipo que se requiere para poder producir  $1.260.000 m^2/mes$  de baldosa seleccionada

**Tabla 3.41.** Equipos adicionales en la planta Cerámicas Caribe debido al incremento de producción

Equipos Adicionales en Cerámicas Caribe		
Área	Equipo	Cantidad
Atomización de la Barbotina	ATM 180	0
Elaboración de Barbotina	MT 30.000	4
Almacenamiento de polvo atomizado	Silos de Cap. 106.000 Kg.	6
Eurofíter		1
Preparación de esmaltes y engobe	Ninguno	0
Preparación de tintas serigráficas	Ninguno	0
Prensado hasta paletizado	Todos los elementos existente en las líneas actuales	
Sistema de Enfriamiento de Aceite	AIR-3VCM	2
Compresores		2
Hidrofíter		1
Potencia consumida adicional por equipos estimados en KW.		1587,77
Potencia consumida por equipos actuales		3143,65
Total de potencia consumida (actual + ampliación)		4731,42

También se debe tener en cuenta la estimación de picos de carga más elevados producidos por arranques de los equipos, actualmente el mayor registrado es 600 KW. Para el ATM 180 y 300 KW, para el área de los molinos de pasta (según Jefe de Turbinas de la planta). La

situación cronológica de estos arranques es muy difícil de predecir estos se debe a que las moliendas se realizan de forma repetitiva y varía los tiempos para cada una de ellas y las paradas del atomizador también son poco predecibles. Es adecuado acotar que estos arranques de equipos deben ser coordinados por los operadores de las turbinas quien dará la previa autorización del arranque y de esa manera no sobrecarga el sistema haciendo arranques de varias máquinas a la vez produciendo así una parada de los turbogeneradores por sobrecarga del sistema.

### **3.5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DE LA COMUNIDAD CERCANA A LA PLANTA.**

El estado Yaracuy, ubicado al este de la región Centro Occidental de Venezuela, con una superficie de 7100Km<sup>2</sup>, estaban a cargo de dos empresas de distribución de energía eléctrica llamadas ELEOCCIDENTE Y CALEY, actualmente pasan a convertirse en Filial de la Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC) en la cual es la encargada de la realización de actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de potencia y energía eléctrica de gran parte del país, y vienen trabajando en sinergia para atender el servicio de energía eléctrica de los sectores públicos y privados de la mayoría de el territorio nacional.

Entre sus parámetros característicos tenemos:

04 subestaciones en niveles de 115KV. Con 102 MVA instalados.

02 subestaciones en niveles de 34,5KV. Con 15MVA instalados.

27 circuitos en niveles de 13,8 KV. Con 1726Km de líneas.

08 circuitos en niveles de 34,5KV. Con 134Km de líneas.

Un (1) distrito Técnico.

Se atiende (7) municipios llamados: Bolívar, Bruzual, José A. Páez, Manuel Monge, Nirgua, Peña y Urachiche.

Los niveles de tensión disponibles son: en 400-230K-115-34,5 y 13,8KV con un consumo de energía 43.922 KWh aproximadamente y una Demanda Máxima de 2307 MW con un estimado de 567.182 suscriptores, en todos los municipios que se atienden.

La exportación de la energía eléctrica cercana a la planta se realiza en la subestación Chivacoa 115/13,8KV (Ver anexo A.13 y A.14) donde se encuentran tres transformadores.

El transformador N° 1 J. Shneider de capacidad 20MVA de 115/13,8KV  $Z=9,5\%$ .  
Comunidades conectadas.

Aguaruca, Z. Industria, Chivacoa, Promasa I, Panamerica.

El Transformador N°2 Pauwels con capacidad de 30MVA 115/13,8KV e impedancia  $Z=6,48\%$  es donde se localiza la alimentación que anteriormente usaba Cerámicas Caribe en el cual en el anexo se puede apreciar. Comunidades conectadas:

Zona industrial II, Promasa II, Campo Elias, C. Caribe.

El Transformador N°3 Mitsubishi 15/20MVA 115/34.5KV e impedancia  $Z=6,45\%$ .

Comunidades que alimentan:

El Rosario, I.N.O.S, Sabana de Parra

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

# CAPÍTULO IV

## PROPUESTAS DE INSTALACIÓN DE LOS TURBOGENERADORES

Actualmente se encuentra en funcionamiento en Cerámicas Caribe tres turbogeneradores, de la empresa Solar Turbines Inc, se tienen Dos Saturno y Un Centauro, en sus talleres poseen una cantidad de herramientas, equipos, repuestos, todo un stock necesario para su servicio, mantenimiento y administración con la finalidad de lograr máxima disponibilidad y confianza de las turbinas; además está plenamente capacitado con el personal para la manipulación de la misma permitiendo un gran ahorro en la empresa ; es por ello que para plantear diferentes opciones se compararan, y se evaluará los parámetros diseño, funcionamiento establecidos por los fabricantes de Solar Turbines Inc.

### 4.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Las propuestas deberán satisfacer los siguientes requerimientos:

- Propuesta viable tanto técnicamente como económicamente.
- Adecuar tecnológicamente los equipos principales: turbinas, generadores, transformadores, sistemas auxiliares y de control asociado.
- El sistema de alimentación elevará los niveles de confiabilidad y disponibilidad.

Para el planteamiento de las propuestas se toman en cuenta incrementar la potencia nominal de las turbinas, de los generadores, los niveles de tensión disponibles, el sistema de transmisión asociados a la rehabilitación de la sala de turbinas de la empresa Cerámicas Caribe C.A.

Además una pieza clave, es mejorar la calidad del servicio eléctrico, al fortalecer e incrementar la transferencia de energía hacia las comunidades cercanas.

En la empresa se encuentra actualmente una línea para la alimentación del sistema hacia la comunidad, y llega hasta la subestación de Chivacoa quien se encarga de la distribución de la energía eléctrica de los sectores aledaños.

Para el planteamiento de las propuestas se toman en cuenta los siguientes criterios:

- Porcentaje de Carga
- Eficiencia Eléctrica Esperada
- Consumo de Combustible en m<sup>3</sup>/mes
- Costo de Gas Natural
- Porcentaje Incremental de gas Natural
- Porcentaje Incremental de la carga Eléctrica
- Peso/Área (Kg/m<sup>2</sup>)
- Impacto Ambiental por Emisiones (Ton CO<sub>2</sub>/Año)
- Impacto Social/ Excedente (KW)
- Crecimiento de la Planta/ Espacio por m<sup>2</sup>
- Costo de Mantenimiento y Operaciones
- Costo de Capital e Instalación

Obteniéndose las siguientes propuestas:

Propuesta 1: Dos Turbogeneradores Saturno 20 (2400KW).

Propuesta 2: Un Turbogenerador Centauro 40 (3500KW)

Propuesta 3: Un Turbogenerador Centauro 40 y Un Turbogenerador Saturno 20 (4700KW).

Propuesta 4: Dos Turbogeneradores Centauro 40 (7000KW)

## **4.2 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS PROPUESTAS DE DISEÑO**

Se realiza un análisis técnico operativo y evaluación de las propuestas planteadas con el fin de determinar la mejor solución.

En primer lugar, se hace una identificación de los turbogeneradores Centauro 40 y Saturno 20 involucrados en las propuestas planteadas.

A lo largo de los años sus operaciones han sido exitosas en cuanto:

- Mayor Confiabilidad
- Menos mantenimiento y tiempo de parada.

- Más fáciles de transportar e instalar.
- Virtualmente libre de Vibraciones.
- Fácil instalación de los silenciadores.
- Bajas emisiones de NO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en el escape.

#### **4.2.1 Saturno 20 y Centauro 40**

Se diseñan específicamente para servicios industriales. Son unas unidades compactas y livianas requiere un espacio mínimo para su instalación. Sus características únicas reducen, los costos de instalación, mano de obra, tiempo, materiales y labor. Además los parámetros en que funciona a niveles conservadores con respecto a la temperatura de gas y esfuerzo mecánico aseguran la vida útil de los principales componentes rotatorios y estacionarios así como también su confiabilidad.

#### **4.2.2 Característica de diseño.**

Están equipados con caja de reducción y acoples flexibles.

**-Generador:** Los generadores estándar son trifásicos, abiertos, de diseño a prueba de goteo con reguladores de voltaje estático y excitatriz sin escobillas. Hay disponible una amplia selección de voltajes para aplicaciones de 50 y 60 Hz.

**-Regulador:** Tiene un regulador de control de velocidad que funciona de modo Droop o isócrono. La compartición de carga automática en modo isócrono es estándar.

**-Arranque:** Las turbinas a gas están equipadas con un sistema de arranque completo. Hay disponibles emergencia autónomos.

**-Lubricación:** Están equipadas con un sistema de lubricación completo que incluye bombas, tanques de filtros, protecciones para baja y alta temperatura y enfriador tipo aire-aire.

**-Controles:** Se provee de un sistema de control integral, basado en microprocesadores para el turbogenerador, el cual programa la secuencia de operaciones durante el arranque y la parada, además de proveer supervisión y protección de la unidad durante la operación.

#### **4.2.3 Rendimientos de los turbogeneradores.**

Las siguientes curvas proveen información del fabricante sobre el comportamiento para cada turbogenerador Solar para servicio continuo a carga completa bajo condiciones de operación estándar (Nivel del mar, combustible de gas natural, humedad relativa del 60% y

cero pérdidas de entrada y descarga). Los rangos de potencia y eficiencia son nominales en los terminales de los generadores. (Fuente catalogo de Solar Turbines.)

### Rendimiento

Potencia de salida	1210 kW <sub>e</sub>
Tasa de calor	14 795 kJ/kW <sub>e</sub> -hr (14,025 Btu/kW <sub>e</sub> -hr)
Flujo del escape	23 540 kg/hr (51,890 lb/hr)
Temp. de escape	505 °C (940 °F)

Capacidad nominal – ISO

a 15°C (59°F), a nivel del mar

Sin pérdidas en la entrada o el escape

Humedad relativa del 60%

Combustible de gas natural con  
valor calorífico inferior = a 35 MJ/nm<sup>3</sup>  
(940 Btu/scf)

Sin pérdida por accesorios

Eficiencia de la turbina: 24.3%  
(medida en las terminales del generador)

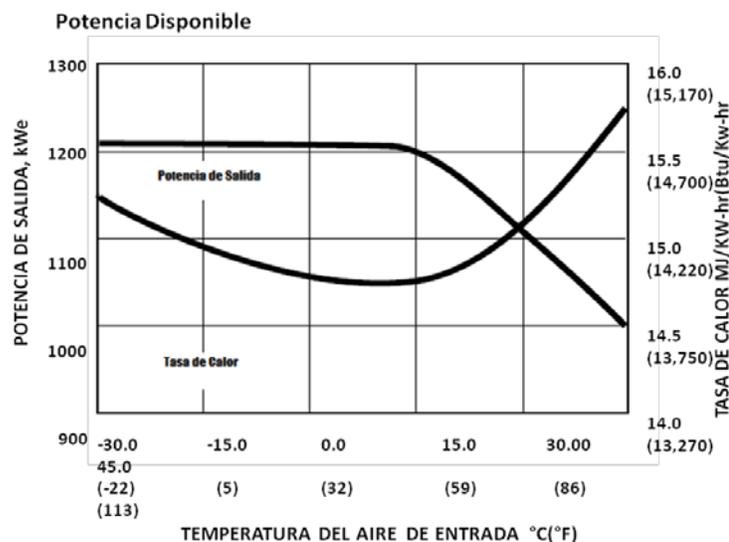


Figura 4.1 Rendimiento del Saturno 20

### Rendimiento

Potencia de salida	3515 kW <sub>e</sub>
Tasa de calor	12 920 kJ/kW <sub>e</sub> -hr (12,245 Btu/kW <sub>e</sub> -hr)
Flujo del escape	68 365 kg/hr (150,715 lb/hr)
Temperatura del escape	445°C (830°F)

Capacidad nominal – según ISO

A 15°C (59°F) al nivel del mar

Sin pérdidas en la entrada o el escape

Humedad relativa del 60%

Combustible de gas natural con valor  
calorífico inferior = 35 MJ/nm<sup>3</sup> (940 Btu/scf)

Sin pérdida por accesorios

Eficiencia de la turbina: 27.9%

### Potencia disponible

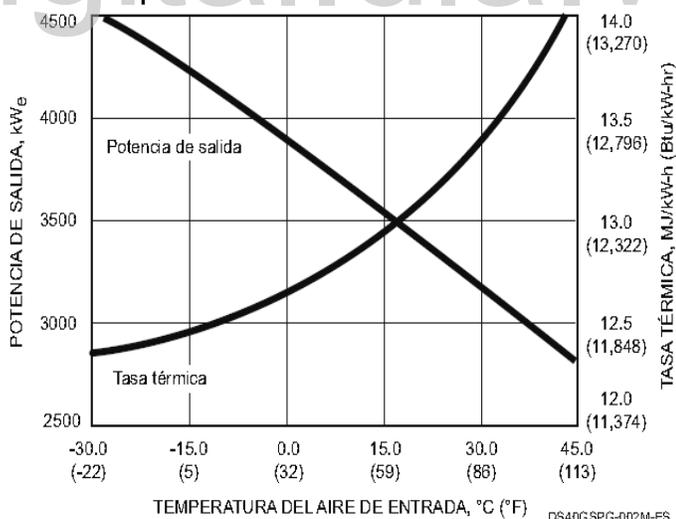


Figura 4.2 Rendimiento del Centauro 40.

#### 4.2.4 Características Mecánicas de Instalación.

El montaje correcto es vital para el éxito de la instalación y es responsabilidad del usuario. El espesor del piso de la instalación depende de las condiciones del suelo, el tamaño de la edificación, el peso del generador, el sistema de entrada y sistema de descarga y el tablero de

conexión. Además la disposición del equipo debe proveer suficiente espacio para los componentes principales con espacio de acceso para el mantenimiento rutinario. El espacio mínimo entre unidades de una instalación es de 1,2 m.

Se debe tomar en cuenta:

- Prevenir la entrada de materiales extraños tales como agua, polvo, insectos, a la turbinas.
- Prevenir el escape de líquidos del equipo
- Sellar el turbogenerador contra escapes de gas bajo la base, permitiendo así la operación efectiva de los sistemas de purga, enfriamiento y extinción de incendios.
- Acceso en el control de vibraciones.

4.2.4.1 Configuración Típica Del Conjunto Saturno 20 y Centauro 40. (Fuente catalogo de Solar Turbines)

Dimensiones de la Turbomaquinaria Saturno 20	Dimensiones de la Turbomaquinaria Centauro 40
Longitud: 6m (19'8")	Longitud: 9,7m (32'0")
Anchura: 1,7m (5'8")	Anchura: 2,4m (8'2")
Altura: 2,1m (7'0")	Altura: 2,6m (8'6")
Peso Típico: 8980Kg (19,800lb)	Peso Típico: 26.015Kg (57,350lb)

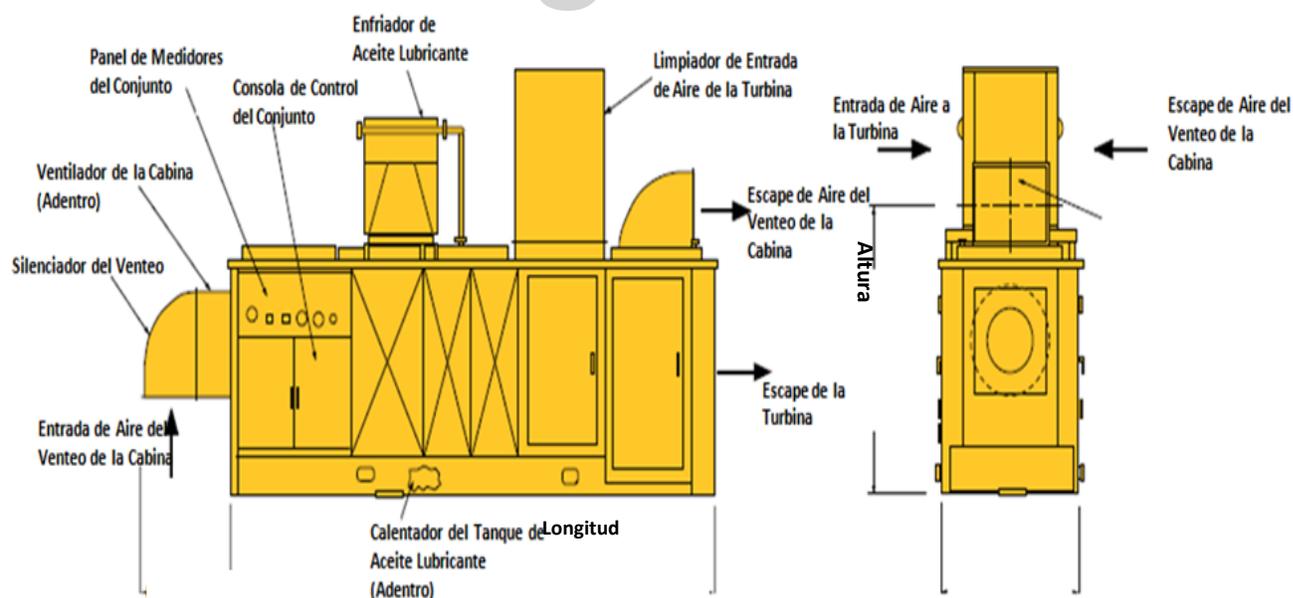


Figura 4.3 Configuración Típica Del Conjunto Saturno y Centauro.

#### **4.2.5 Sistemas que conforman los turbogeneradores.**

##### -Sistema de Excitación

Este sistema consiste en cuatro componentes básicos: un generador imán permanente para proveer potencia al regulador de voltaje; un generador excitador AC de armadura rotatoria trifásica y un rectificador trifásico de onda completa con diodos montados en un disipador de calor. Está diseñado para tener suficiente capacidad de proveer hasta 150% de la corriente nominal por un minuto sin ningún daño.

##### - Sistema de Arranque Neumático

Especialmente apropiado para los requerimientos de las turbinas de gas y puede utilizar como fuente de aire comprimido y gas.

##### -Sistemas de Combustible

##### *-Sistema de Gas Natural*

Incluye los componentes necesarios para controlar la provisión de combustibles durante el arranque y la operación desde cero carga a carga máxima.

##### *-Sistema de combustible Líquido.*

##### *- Sistema de Lubricación*

##### -Sistema de control AC

##### -Diagramas de Conexiones Eléctricas. (Ver Anexo 15 y 16)

##### -Sistema de Control.

#### **4.2.6 Especificaciones de los turbogeneradores Instalados en Cerámicas Caribe C.A**

##### **Saturno 20**

La turbina Saturno tiene una velocidad continua máxima de 22.850 rpm para la sección generadora de gas, y 22300 rpm para la sección de la turbina de potencia.

Estándar:

Primera Etapa reducción tipo planetaria de 22300rpm a 6000rpm

Segunda Etapa reducción tipo planetaria de 6000 rpm a 1800rpm

Radio 6,2:1, Combustible utilizado: gas natural- presión gas: 175psi.

Aceite: Presión a la entrada: 63 psi

Presión a la salida: 60psi

Lubricante utilizado: turbolub 32

Generador

Velocidad: 1800 rpm, Frecuencia: 60 Hz, 750-800 KW, V: 400/4160, 1125KVA,  
Amperaje 139 Temperatura Ambiente: 40°C

#### **Centauro 40**

Radio: 8,30521, Potencia 4600 hp

Velocidad a la entrada 14950 rpm Velocidad a la salida 1800 rpm

Factor de sobrecarga 1,9

Combustible Utilizado: gas natural

Presión de gas 175 psi

Lubricante Utilizado: turbolub 32

Presión de entrada 63 psi

Presión de Salida 60 psi

Generador

2500 KW 3125 KVA Velocidad 1800 rpm

Frecuencia 60 Hz Voltios 4160 Amperios 447, Temperatura Ambiente: 40°C.

#### **4.2.7 Identificación de las Propuestas**

##### **PROPUESTA 1**

**DOS TURBOGENERADORES SATURNOS (2400KW).**

-Cálculo del porcentaje de carga tomando en cuenta

Donde es la relación entre la carga consumida de la ampliación entre la carga que se instalará en el futuro

$$\%_{Carga} = \frac{Carga_{ampliacion}}{Carga_{Instalada}} \quad (4-1)$$

Carga de ampliación= 1587,77KW

Carga nueva=2400KW

Carga ampliación, según tabla 3.40 Capitulo 3.

$$\text{Resolviendo da un } \%_{Carga} = \frac{1587,77KW}{2400KW} = 66,16\%$$

-Cálculo de la eficiencia eléctrica esperada:

$$\eta_{electrica} = \frac{E_{electrica}}{\dot{Q}_{combustible}} \quad (4-2)$$

Donde :

$$\eta_{\text{electrica}} = \text{Rendimiento Electrico}$$

$$E_{\text{electrica}} = \text{Energia}_{\text{Electrica Consumida}}$$

$$\dot{Q}_{\text{combustible}} = \text{Combustible}_{\text{Consumido}}$$

$$\dot{Q}_{\text{combustible}} = \frac{35,4 \text{ GJ}}{h} \times \frac{10^9 \text{ J}}{1 \text{ GJ}} \times \frac{1 \text{ KJ}}{10^3 \text{ J}} \times \frac{1 \text{ KWh}}{3600 \text{ KJ}} = 9833,33 \text{ KW}. \text{ (Combustible de entrada a la turbina. Según Catalogo de Solar Turbines.)}$$

$$\eta_{\text{electrica}} = \frac{1587,77 \text{ KW}}{9.833,33 \text{ KW}} = 16,15\%$$

**-Consumo de combustible teórico en m<sup>3</sup>/mes. Si H= 37.706MJ/m<sup>3</sup> según proveedor PDVSA (Costos Actuales 2010)**

Es la relación entre el consumo del combustible y el poder calorífico del gas:

$$CCT = \frac{\text{Consumo}_{\text{Combustible}}}{H} = \left( \frac{9833,33 \text{ KW}}{37.706 \times \text{J} / \text{m}^3} \right) \times \frac{3600 \text{ J}}{1 \text{ KW}} \times \frac{365}{12} \times 24 = 685.354,88 \text{ m}^3 / \text{mes}$$

**-Costo del Gas Natural. Según Dato asignado por el proveedor (PDVSA)**

$$\text{Producto} = 0,0399 \text{ BsF}$$

$$\text{Distribucion} = 0,006829 \text{ BsF}$$

$$\text{Transporte} = 0,057538 \text{ BsF}$$

$$\text{Total} = 0,104 \text{ BsF}$$

$$\text{Costo Combustible} = 0,104 \text{ Bs.F} / \text{m}^3$$

$$CGN = CCT \times \text{Costo Combustible}_{\text{Gas Natural}}$$

(4-3)

$$CGN = 685.354,88 \text{ m}^3 / \text{mes} \times 0,104 \text{ Bs.F} / \text{m}^3 = 71.276,91 \text{ BsF/mes}$$

**-Porcentaje incremental del costo de gas natural según situación actual**

Situación Actual

Promedio mensual de Consumo de Combustible del Gas Natural por los turbogeneradores es 1.108.152m<sup>3</sup>/mes

\*Costo Actual del Consumo del Gas Natural

$$= 1.108.152 \text{ m}^3 / \text{mes} \times 0,104 \text{ BsF/m}^3 = 115.248 \text{ BsF} / \text{mes}$$

\*Costo del Consumo del Gas Natural por ampliación

$$= CGN = 685.354,88m^3 / mes \times 0,104Bs.F / m^3 = 71.276,91BsF/mes$$

\*Costo Total (Actual+ Ampliación)=186.525BsF/mes

$$\begin{aligned} \%_{INCREMENTOCOSTOGASNATURAL} &= \frac{CCGNA}{CTGN} \times 100 \\ &= \frac{71276,91BsF / mes}{186525BsF / mes} \times 100 = 38,21\% \end{aligned} \quad (4-4)$$

Actualmente con el promedio de consumo combustible de gas natural de  $1.108.152m^3 / mes$

$$KW_{promedio} = \frac{1.108.152m^3 / mes \times (37.706J / m^3) \times 0,21}{3600J / KWh \times 730h / mes} = 3338,9KW$$

Donde 0,21 es la eficiencia eléctrica esperada, el rendimiento de los turbogeneradores es:

$$R_{turbogeneradores} = \frac{3338,9KW}{4050KW} \times 100 = 82,44\%$$

; Es el porcentaje en el cual están trabajando los turbogeneradores instalados en la planta es de un 82,44%

#### **-Porcentaje incremental de la carga eléctrica debido a la ampliación**

Es la relación entre la Carga de ampliación y la carga total consumida por equipos actual

Carga de ampliación = 1587,77KW

Carga total consumida por equipos actual = 3143,65KW. Según tabla 3.41 del Capítulo 3

$$\begin{aligned} \%_{Carga} &= \frac{Carga_{ampliacion}}{Carga_{total}} \times 100 \\ &= \frac{1587,77KW}{3143,65KW} \times 100 = 50,51\% \end{aligned}$$

#### **-Peso/Área (Kg/m<sup>2</sup>)**

Peso del Saturno= 8980Kg; Área Útil= 10,2m<sup>2</sup>

Considerando que son dos Saturno:

$$Relación \text{ Peso/Área} = = \frac{Ps1}{As1} + \frac{Ps2}{As2} = 1.760,78Kg / m^2 \quad (4-5)$$

Estos Datos de las configuración del equipo, según catalogo de Solar Turbine.

#### **-Impacto Ambiental por Emisiones (Ton CO<sub>2</sub>/Año)**

El consumo de energía en el sector cerámico está considerado como un aspecto significativo, tanto desde un punto de vista económico como medioambiental, ya que uno de los principales compuestos que se genera en cualquier proceso de combustión es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), siendo éste uno de los principales responsables del conocido “efecto invernadero”. Para conocer las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera se utiliza un aproximado de un factor de emisión para el gas natural según la ecuación estequiométrica de  $56,06 \text{ Kg de CO}_2/\text{GJ}$ , luego la reducción de emisión de dióxido de carbono en un año es:

$$R_{CO_2} = 56,06 \text{ Kg de CO}_2/\text{GJ} \times 37,706 \times 10^{-3} \text{ GJ}/\text{m}^3 \times 685.354,88 \text{ m}^3/\text{mes} \times 12 \text{ meses}/\text{año}$$

$$R_{CO_2} = 17.384,42 \text{ Ton. de CO}_2$$

#### **-Impacto Social/excedente KW**

Tomando en cuenta que los picos de carga pueden llegar a un máximo 900 KW, donde 600 KW por arranque del ATM 180 y 300 KW por arranques de motores de molinos de pasta ambos arranques simultáneos, Además valorar la parada de un generador por mantenimiento la cual deberá ser en un tiempo de parada de la fábrica por días no laborales de manera que cuando el equipo que se encuentre fuera de servicio no afecte tanto el sistema eléctrico de la fábrica, por lo tanto el excedente a disponer por compensación de carga será igual a

$$\text{Excedente} = C \arg a_{\text{Instalada}} - C \arg a_{\text{ampliacion}} - C \arg a_{\text{picos}}$$

$$\text{Excedente} = 2400 \text{ KW} - 1587,77 \text{ KW} - 900 \text{ KW} = -87,77 \text{ KW}$$

Respecto de la generación eléctrica, la propuesta diseñada para operar en paralelo a la red de distribución inyectando los excedentes a la red pública da un aporte negativo por falta de disponibilidad en la compensación de carga.

#### **-Crecimiento de la Planta/Espacio por equipo m<sup>2</sup>**

Se considera el espacio útil ocupado por los equipos más una separación mínima de 1,2. Estos Datos de las configuración del equipo, según catalogo de Solar Turbine.

$$\text{Área Útil (m}^2\text{)} = 20,4 \text{ m}^2$$

### **-Costos de Mantenimiento y operaciones**

Se consideran los siguientes criterios:

- **Costos fijos** constituidos por la remuneración de los operadores, los costos varios asociados como ropa de trabajo, elementos de seguridad e insumos de escritorio; su locomoción, colaciones y supervisión. Además deben considerarse los seguros de avería e incendio.
- **Costos variables.** Son los gastos de mantención, incluyendo aceite lubricante, repuestos, reparaciones programadas y por fallas inesperadas.
- **Costos de combustible.** Son asociados a las condiciones de carga a la cual opere la planta.

Los programas de mantenimiento de las turbinas contemplan inspecciones, cambios de aceite, revisión filtros, válvulas, etc.)

Los fabricantes de turbinas plantean que los costos de mantenimiento de las turbinas bordean los 5,0 mills/kWh. La mantención programada de las turbinas a gas contempla inspecciones mensuales, semestrales y anuales. Se realiza a las 30.000 hrs de operación. El overhaul es un mantenimiento completo de la turbina, después del cual la turbina queda en una condición de operación similar a una turbina nueva.

Para realizarlo, la turbina debe ser enviada al extranjero todo lo cual demora aprox. 45 días. En este momento también existe la posibilidad de cambiar la turbina actual por otra, a la cual ya se le ha realizado un overhaul. Bajo este procedimiento llamado “exchange”, el cambio de turbina en terreno demora aprox. 16 hrs. Se requieren 5 operadores trabajando de lunes a domingo. Estableciéndose que los costos tienen relación con el tamaño del equipo se considera mantenimiento bajo debido a que sus dimensiones son menores que las demás propuestas.

### **-Costos de Capital e instalación**

De acuerdo a la disponibilidad por parte de la empresa se considera de acuerdo a las especificaciones de los equipos, el rango económico va depender de su tamaño, crecimiento de la Planta/Espacio por equipo m<sup>2</sup>, Consumo de combustible, Costos de Mantenimiento y operaciones, Peso/Área (Kg/m<sup>2</sup>) por equipo; además se toma en cuenta los costo de instalaciones de las turbinas en el edificio insonorizado aislarlo acústicamente del exterior, con su sala de operación y control ubicada al costado de la sala de turbinas, ejecución de conexiones eléctricas, válvulas, filtros, colocación equipos de servicios auxiliares entre otros. Considerándolo bajo con relación a las demás propuestas.

## **PROPUESTA 2**

### **UN TURBOGENERADOR CENTAURO (3500KW).**

Todos los criterios fueron calculados con el mismo procedimiento de la Propuesta 1.

#### **-Cálculo del porcentaje de carga tomando en cuenta**

$$\%_{Carga} = 27,61\%$$

#### **-Cálculo de la eficiencia eléctrica esperada:**

$$\eta_{electrica} = 12,67\%$$

$$\dot{Q}_{combustible} = 12.527,80 \text{ KW}$$

#### **-Consumo de combustible teórico en m<sup>3</sup>/mes. Si H= 37.706MJ/m<sup>3</sup> según proveedor PDVSA**

$$CCT = \frac{\text{Consumo}_{Combustible}}{H} = \left( \frac{12.527,80 \text{ KW}}{37.706 \text{ J/m}^3} \right) \times \frac{3600 \text{ J}}{1 \text{ KW}} \times \frac{365}{12} \times 24 = 873.151,71 \text{ m}^3 / \text{mes}$$

#### **-Costo del Gas Natural. Según Dato asignado por el proveedor (PDVSA)**

$$CGN = 873.151,71 \text{ m}^3 / \text{mes} \times 0,104 \text{ Bs.F / m}^3 = 90807,8 \text{ BsF/mes}$$

$$CGN = 90.807,78 \text{ BsF/mes}$$

#### **-Porcentaje incremental del costo de gas natural según situación actual**

$$\%_{INCREMENTOCOSTOGASNATURAL} = 44,07\%$$

#### **-Porcentaje incremental de la carga eléctrica debido a la ampliación**

$$\%_{Carga} = \frac{C_{arg a_{ampliacion}}}{C_{arg a_{total}}} \times 100$$

$$= \frac{1587,77 \text{ KW}}{3143,65 \text{ KW}} \times 100 = 50,51\%$$

#### **-Peso/Área (Kg/m<sup>2</sup>)**

Peso del Centauro= 26.015Kg

Área Útil= 23,28 m<sup>2</sup>

Considerando Un Centauro 40

$$\text{Relación Peso/Área} = 1.117,48 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

**-Impacto Ambiental por Emisiones (Ton CO<sub>2</sub>/Año)**

$$R_{CO_2} = 22.148,00 \text{ Ton. de } CO_2$$

**-Impacto Social/excedente KW**

$$\text{Excedente} = 1.012,23 \text{ KW}$$

Para tener una idea aproximada se toma en cuenta un promedio de 500KWh al mes que consume una vivienda de interés social, por lo que Cerámicas Caribe ofreciéndoles un excedente 1.012,23KW de su propia generación se tiene un estimado que cada casa consume un 0,69KW por lo que la empresa alimentaria a un sector de 1450 viviendas.

**-Crecimiento de la Planta/Espacio por equipo m<sup>2</sup>**

Se considera el espacio útil ocupado por los equipos más una separación mínima de 1,2.

$$\text{Área Útil (m}^2\text{)} = 23,28 \text{ m}^2$$

**-Costos de Mantenimiento y operaciones**

Tomando en cuenta lo explicado anteriormente en la propuesta 1 es Medio

**-Costos de Capital e instalación Medio**

**PROPUESTA 3**

**UN TURBOGENERADOR CENTAURO 40 Y UN SATURNO 20 (4700 KW)**

Todos los criterios fueron calculados con el mismo procedimiento de la Propuesta 1.

**-Cálculo del porcentaje de carga tomando en cuenta**

$$\%_{\text{Carga}} = 27,38\%$$

**-Cálculo de la eficiencia eléctrica esperada:**

$$\eta_{\text{eléctrica}} = 9,10\% \quad \dot{Q}_{\text{combustible}} = 17444,4 \text{ KW}$$

**-Consumo de combustible teórico en m<sup>3</sup>/mes. Si H= 37.706MJ/m<sup>3</sup> según proveedor PDVSA**

$$CCT = \frac{\text{Consumo}_{\text{Combustible}}}{H} = \left( \frac{17444,4 \text{ KW}}{37.706 \text{ J} / \text{m}^3} \right) \times \frac{3600 \text{ J}}{1 \text{ KW}} \times \frac{365}{12} \times 24 = 1.215.824,62 \text{ m}^3 / \text{mes}$$

**-Costo del Gas Natural. Según Dato asignado por el proveedor (PDVSA)**

$$\text{Costo Combustible} = 0,104 \frac{\text{Bs.F}}{\text{m}^3}$$

$$\text{CGN} = 126.445,76 \text{BsF/mes}$$

**-Porcentaje incremental del costo de gas natural según situación actual**

$$\%_{\text{INCREMENTOCOSTOGASNATURAL}} = 52,32\%$$

**-Porcentaje incremental de la carga eléctrica debido a la ampliación**

$$\%_{\text{Carga}} = \frac{\text{Carga}_{\text{ampliacion}}}{\text{Carga}_{\text{total}}} \times 100$$

$$= \frac{1587,77 \text{KW}}{3143,65 \text{KW}} \times 100 = 50,51\%$$

**-Peso/Área (Kg/m<sup>2</sup>)**

Peso del Centauro= 26.015Kg; Área Útil Centauro = 23,28 m<sup>2</sup>

Peso del Saturno= 8980Kg; Área Útil Saturno=10,2m<sup>2</sup>

Considerando Un Centauro 40 y Un Saturno

Relación Peso/Área= = 1997,87 Kg / m<sup>2</sup>

**-Impacto Ambiental por Emisiones (Ton CO<sub>2</sub>/Año)**

$$R_{\text{CO}_2} = 30.840,10 \text{ Ton. de CO}_2$$

**-Impacto Social/excedente KW**

$$\text{Excedente} = 1997,87 \text{KW}$$

La situación de la propuesta 2 en este caso el total de viviendas que se beneficiaran seria de 2800 viviendas aproximadamente.

**-Crecimiento de la Planta/Espacio por equipo m<sup>2</sup>**

Se considera el espacio útil ocupado por los equipos más una separación mínima de 1,2. Estos Datos de las configuraciones del equipo.

$$\text{Área Útil (m}^2\text{)} = 33,48 \text{m}^2$$

**-Costos de Mantenimiento y operaciones** Tomando en cuenta lo explicado anteriormente en la propuesta 1 es Alto

**-Costos de Capital e instalación** Alto

## **PROPUESTA 4**

### **DOS TURBOGENERADORES CENTAURO 40 (7000 KW)**

Todos los criterios fueron calculados con el mismo procedimiento de la Propuesta 1.

#### **-Cálculo del porcentaje de carga tomando en cuenta**

$$\%_{Carga} = 24,24\%$$

#### **-Cálculo de la eficiencia eléctrica esperada:**

$$\eta_{electrica} = 6,34\% \quad \dot{Q}_{combustible} = 25055,6KW$$

#### **-Consumo de combustible teórico en m<sup>3</sup>/mes. Si H= 37.706MJ/m<sup>3</sup> según proveedor PDVSA**

$$CCT = \frac{Consumo_{Combustible}}{H} = \left( \frac{25055,6KW}{37.706J / m^3} \right) \times \frac{3600J}{1KW} \times \frac{365}{12} \times 24 = 1.746.303,42m^3 / mes$$

#### **-Costo del Gas Natural. Según Dato asignado por el proveedor (PDVSA)**

$$Costo_{Combustible} = 0,104 \frac{Bs.F}{m^3}; CGN = 181.615,56BsF/mes$$

#### **-Porcentaje incremental del costo de gas natural según situación actual**

$$\%_{INCREMENTOCOSTOGASNATURAL} = 61,18\%$$

#### **-Porcentaje incremental de la carga eléctrica debido a la ampliación**

$$\%_{Carga} = \frac{Carga_{ampliacion}}{Carga_{total}} \times 100$$

$$= \frac{1587,77KW}{3143,65KW} \times 100 = 50,51\%$$

#### **-Peso/Área (Kg/m<sup>2</sup>)**

Peso del Centauro= 26.015Kg; Área Útil Centauro = 23,28 m<sup>2</sup>

Considerando Dos Centauro 40

$$Relación\ Peso/\Área = 2.234,97Kg / m^2$$

#### **-Impacto Ambiental por Emisiones (Ton CO<sub>2</sub>/Año)**

$$R_{CO_2} = 44.296,00\ Ton.\ de\ CO_2$$

### -Impacto Social/excedente KW

*Excedente* = 4.512,23KW Viviendas beneficiadas 6500 aproximadamente.

### -Crecimiento de la Planta/Espacio por equipo m<sup>2</sup>

Se considera el espacio útil ocupado por los equipos más una separación mínima de 1,2. Estos

**Área Útil (m<sup>2</sup>)= 46,56m<sup>2</sup>**

### -Costos de Mantenimiento y operaciones

Tomando en cuenta lo explicado anteriormente en la propuesta 1 es Muy Alto

### -Costos de Capital e instalación Muy Alto

### 4.2.8 Selección de la Mejor Alternativa

Se comparan las propuestas en función del cumplimiento de unos criterios comunes según la tabla 4.1

**Tabla 4.1** Propuestas de los Turbogeneradores a seleccionar.

<b>Propuestas de instalación de los Turbogeneradores</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Propuestas Turbogeneradores	Dos Saturnos 2400 KW.	Un Centauro 40 3.500 KW.	Un Centauro 40 Un Saturno 20 4700 KW	Dos Centauro 40 7000KW.
Criterios				
Porcentaje de carga	66,16	27,61	27,38	24,24
Eficiencia esperada	16,15	12,67	9,10	6,34
Combustible consumido por la planta en KW.	9.833,33	12.527,80	17444,4	25055,6
Consumo de combustible teórico en m <sup>3</sup> /mes. Si H= 37.706MJ/m <sup>3</sup>	685.354,88	873.151,71	1.215.824,62	1.746.303,42
Costo del Gas Natural Si 0,104 BF/m <sup>3</sup>	71.276,91	90.807,78	126.445,76	181.615,56
Porcentaje incremental del costo de gas natural según situación actual	38,21	44,07	52,32	61,18
Porcentaje incremental de la carga eléctrica debido a la ampliación	50,51	50,51	50,51	50,51
Peso/Área (Kg/m <sup>2</sup> )	1.760,78	1.117,48	1997,87	2.234,97
Impacto Ambiental por Emisiones (Ton CO <sub>2</sub> /Año)	17.384,42	22.148,00	30.840,10	44.296,00
Vida Útil Años	15-30	15-30	15-30	15-30
Periodos de Mantenimiento	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual
Relación de Costos de Mantenimiento	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Impacto Social/excedente KW	-87,77	1.012,23	2.212,23	4.512,23
Crecimiento de la Planta/Espacio por equipo m <sup>2</sup>	21,60	23,28	35,20	47,76
Relación de Costos de Capital	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Relación Costos de Instalación	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto

### 4.3 ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS

En las propuestas estudiadas se han extraído una serie de criterios comunes que se detallan en la tabla 4.1 que permiten validar desde el punto de vista de factibilidad técnica, de disponibilidad, de eficiencia, de operación, de mantenimiento, de beneficios energéticos y de costos que nos permite encontrar la mejor opción a elegir:

#### **Propuesta 1**

Menor costo de combustible, mantenimiento, capital, instalación, mayor eficiencia esperada y menor impacto ambiental en la relación a las demás. Pero se obtiene muy poco beneficio debido un aumento mínimo de potencia, la carga demandada por los arranques de las máquinas podrá tener inconvenientes y además se obtiene bajo impacto social debido a que no se aportara excedente a la comunidad.

#### **Propuesta 2**

En relación con la propuesta 1 los costos de combustible, mantenimiento, capital, instalación, no varían mucho así como la eficiencia esperada, el impacto ambiental, y espacio físico de crecimiento de la planta obteniéndose un aumento de la Capacidad de Potencia a la Planta, asegurando la disponibilidad y confiabilidad en los arranques de los equipos; además un impacto social medio por aporte 1012,23 KW a la comunidad.

#### **Propuesta 3**

En relación con la propuesta 1 y 2 se observa un aumento en los costos de combustible, mantenimiento, capital, instalación, variación significativa en cuanto eficiencia esperada, impacto ambiental significativo, espacio físico de crecimiento a la planta, obteniéndose una alta capacidad de potencia con suficiente disponibilidad y confiabilidad de en los arranques de los equipos, con un alto impacto social con aporte de 2.212,23 KW a la comunidad.

#### **Propuesta 4**

En relación con las propuestas anteriores, se observa alto costo combustible, mantenimiento, capital, instalación, variación de eficiencia esperada baja, impacto ambiental alto, espacio físico de crecimiento a la planta aumenta significativamente, obteniéndose un aumento máximo de potencia con máxima disponibilidad, confiabilidad de en los arranques de los equipos, muy alto impacto social a comunidad.

#### 4.4 SELECCIÓN DE LA MEJOR OPCIÓN PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Para determinar la mejor opción a los intereses de la empresa, en el cumplimiento de la factibilidad técnica por consultas de fabricantes para la viabilidad tecnológica, de disponibilidad de eficiencia de operación, costos de equipos, instalaciones, mantenimiento, referencia del precio promedio del gas natural según PDVSA, impacto ambiental, impacto social, y los beneficios energético se considero las propuestas 2.

Esta propuesta implica diseñar, y modificar todos los componentes para, ensamblar, instalar, probar y poner en operación la turbina de aproximadamente 3500KW de potencia, con generador polos salientes de 3 fases, 6 cables, conexiones de estrella, sincrónico con excitatriz sin escobillas acordes a las potencias antes indicadas, excitatriz y gobernador digitales, transformador de excitación, transformador de potencia totalmente nuevos y con sus sistemas de enfriamiento y de medición, supervisión y control. Además del acondicionamiento de la instalación de unidades, paneles eléctricos de control, sistema de indicación de posición para que sigan operando por muchos años.

La ejecución de la propuesta va permitir los objetivos estratégicos de la empresa al incrementar la calidad del servicio, ampliar infraestructura existente de generación, cuyos indicadores serán la disponibilidad y confiabilidad de las unidades generadoras y el incremento en la potencia de las unidades modernizadas, de esta manera obtener:

**Aumentar el aporte de energía al Sistema Eléctrico Nacional.** Por el aumento en la capacidad de generación, alineado con el objetivo de ampliar la infraestructura existente de generación.

**Aumentar la disponibilidad de las unidades generadoras.** Asegurar que la disponibilidad de las unidades generadoras Centauro 1, Saturno 2 y 3

**Aumentar la eficiencia de las unidades generadoras.** Aumentar la eficiencia de las unidades generadoras Centauro 1, Saturno 2 y 3.

**Mejorar los ciclos de los mantenimientos mayores.** Mejora en los ciclos de mantenimiento de las unidades generadoras entre paradas y reducir su duración a menos de sesenta (60) días, acorde con el objetivo de calidad de la empresa

**Extender la vida útil de la planta.** Extender la vida útil de las unidades generadoras por muchos años alineado con el objetivo de ampliar la infraestructura existente de generación.

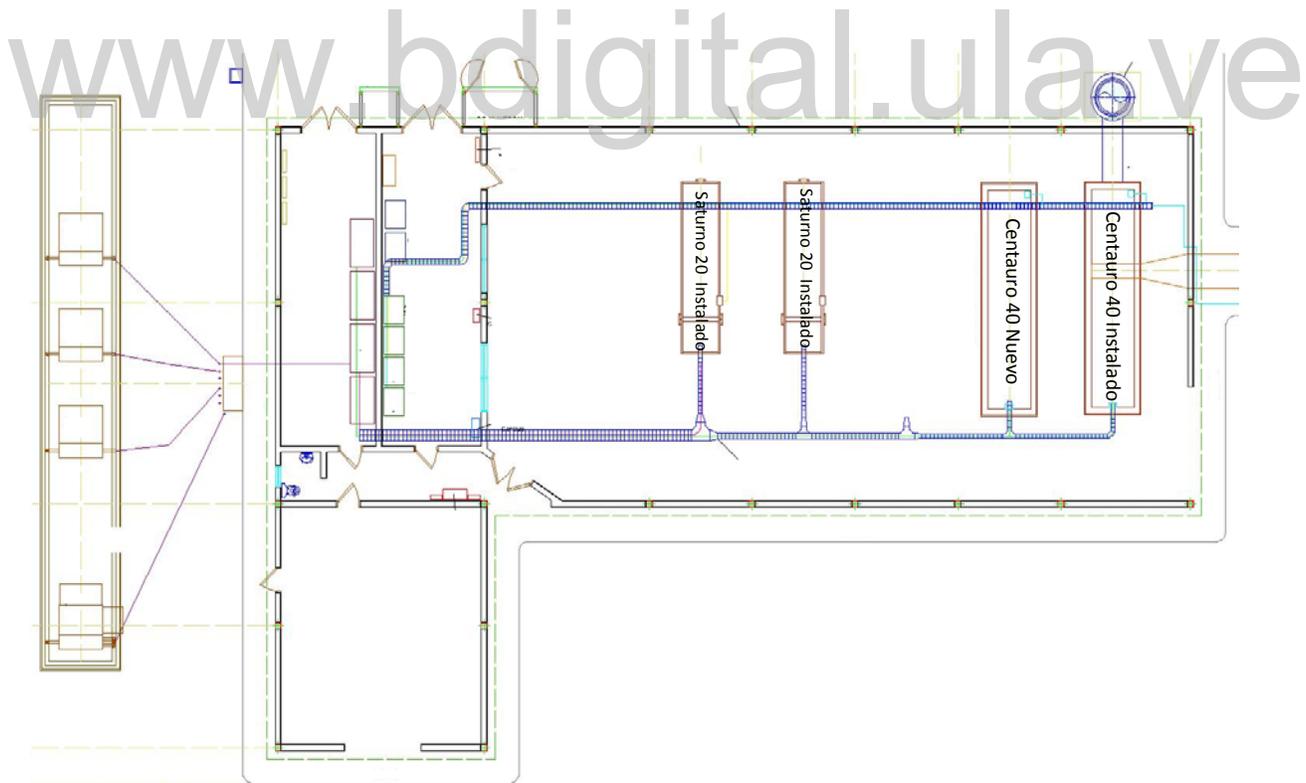
# CAPÍTULO V

## INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE DE LAS PROPUESTAS SELECCIONADAS.

Se establece las configuraciones de la propuesta de manera de ensamblar, instalar, y las conexiones de operación del turbogenerador con el sistema eléctrico de la planta. Indicándose a continuación la ingeniería básica y de detalle de la propuesta.

### 5.1 Propuesta 2

**Un turbogenerador Centauro 40 (3.500 KW)**



**Figura. 5.1** Diagrama de Instalación del Turbogenerador Centauro 40

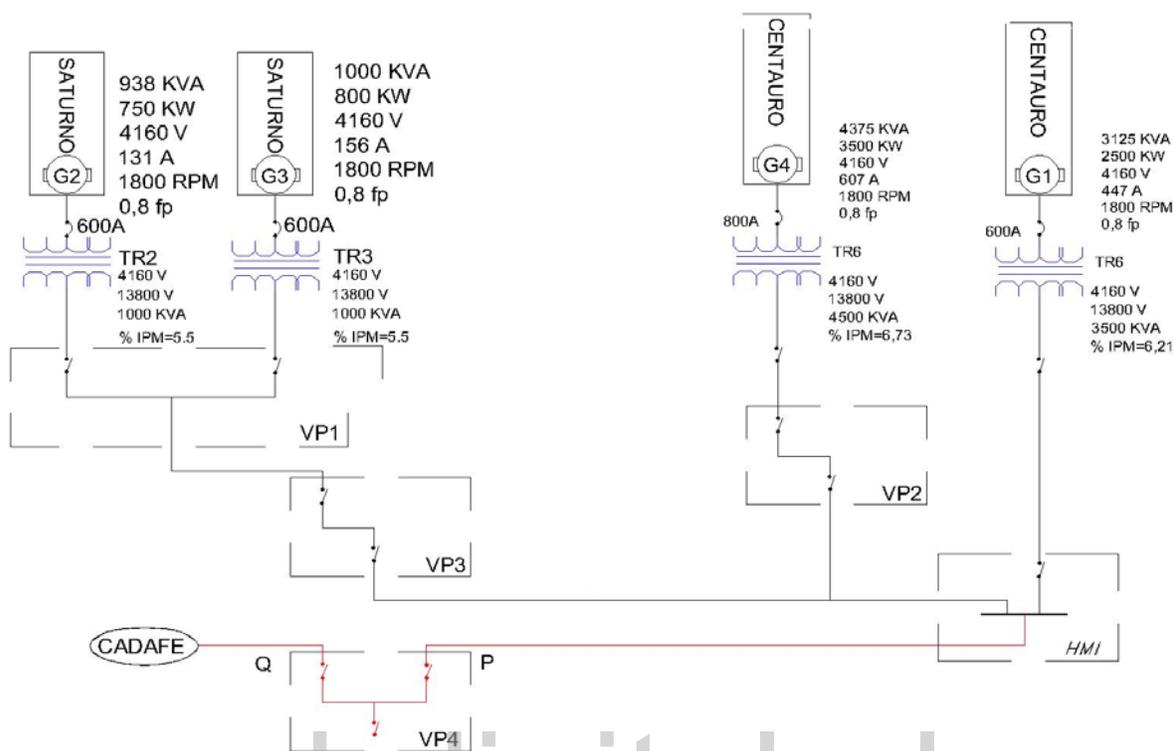


Figura. 5.2 Diagrama de Conexión del Turbogenerador Centauro 40.

### 5.1.1 Requerimientos Eléctricos de Instalación.

#### -Características Generales

Para Un (1) transformador tipo seco, 4.16/13.8KV de 4500KVA.

$Z_{cc}(\%)$  6,73

$R_{cc}(\%)$  1

Voltaje Primario (V) **4160**

Voltajes Secundarios (V)

a) 14490 b) 14145 c) **13800V** d) 13455 e) 13110 Taps Posición c)

#### -Cálculo de los Alimentadores

Se realiza el cálculo de los alimentadores media y alta tensión.

a. *Alimentador de Media Tensión 4,16KV:* Tomando en cuenta la capacidad de potencia requerida por el transformador de 4500KVA, se procede a determinar la corriente trifásica necesaria para satisfacer la demanda máxima.

De la ecuación  $S = \sqrt{3} \times V \times I_{Mt}$  (5-1)

Despejando la corriente trifásica  $I_{Mt}$ , se obtiene:

$$I_{Mt} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

- $I_{Mt} = \frac{4500 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 4160V} = 624,54A$

Luego, de acuerdo al CEN sección 215.2 (B) (1) establecen que la ampacidad para los conductores del alimentador no será menor que la suma de capacidad de las placas de los transformadores alimentados cuando se trata sólo de transformadores.

$$I_{MT} = 1,25 \times I_{Mt} \quad (5-2)$$

Entonces;  $I_{MT} = 1,25 \times 624,54 = 780,67A$

Para utilizar 2 conductores por fase.

$$I_{Mt} = \frac{780,67}{2} = 390,33A \quad I_n = 401A.$$

Se obtiene por capacidad de corriente 2 conductores tipo MV- 90°C para 5KV de calibre N° 400 MCM- TTU de cobre por fase. (401A). (Ver Tabla 5.12)

**Tabla 5.1.** Corriente del Alimentador de Media Tensión de 4,16KV

Potencia Trifásica (KVA)	Voltaje Trifásico (KV)	Corriente Trifásica(A)	Corriente del Alimentador (A)
4500	4.16	780,67	780,67/2 =(390,33)

Ahora, se debe comprobar el conductor obtenido por Caída de Tensión para una caída máxima permisible del 1%.

$$M-E_{calc} = I_{alimentador} \times distancia \text{ (m)} \quad (5-3)$$

$$M-E_{calc} = 390,33 \times 40 = 15613,4 \text{ (A-m)}$$

$M-E_{tab} = 163380$  (Valor Obtenido de la tabla 5.8).

**Tabla 5.2.** Caída de Tensión del alimentador de Media Tensión de 4,16KV, proveniente de la Unidad

Corriente (A)	Distancia (m)	M-E <sub>calc</sub> (A-m)	M-E <sub>tab</sub> (A-m)	$\Delta V_{real}$ 1%
202,4	40	15613,4	163380	0,095%

El valor de la caída de tensión real obtenido es menor al 1% por lo que el calibre satisface la condición de mantener el voltaje constante a lo largo de su recorrido. En vista de que se tiene un transformador trifásico, entonces son necesarios nueve (9) conductores de MV-90°C para 5KV de calibre N° 400 MCM para el transformador de voltaje.

*b. Alimentador de Alta Tensión 13,8KV*

$$I_{Mt} = \frac{4500 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ KV}} = 188,27 \text{ A}$$

$$I_{alimentador MT} = 1,25 \times 188,27 = 235,33 \text{ A}; \quad I_n = 239 \text{ A.}$$

Se obtiene por capacidad de corriente un conductor tipo MV- 90°C para 5KV de calibre N° 3/0 AWG- TTU de cobre por fase. (239A)

**Tabla 5.3.** Corriente del Alimentador de Alta Tensión de 13,8KV

<i>Potencia Trifásica (KVA)</i>	<i>Voltaje Trifásico (KV)</i>	<i>Corriente Trifásica(A)</i>	<i>Corriente del Alimentador (A)</i>
4500	4.16	188,27	235,33

Ahora, se debe comprobar el conductor obtenido por Caída de Tensión para una caída máxima permisible del 1%.

$$M-E_{calc} = 183,03 \times 10 = 1880,3 \text{ (A-m)}$$

$$M-E_{tab} = 83770 \text{ (Valor Obtenido de la tabla 5.8)}$$

**Tabla 5.4.** Caída de Tensión del alimentador de Alta Tensión de 13,8KV

<i>Corriente (A)</i>	<i>Distancia (m)</i>	<i>M-E<sub>calc</sub> (A-m)</i>	<i>M-E<sub>tab</sub> (A-m)</i>	<i>ΔV<sub>real</sub> 1%</i>
202,4	40	1880,3	83770	0,022%

El valor de la caída de tensión real obtenido es menor al 1% por lo que el calibre satisface la condición de mantener el voltaje constante a lo largo de su recorrido. En vista de que se tiene un transformador trifásico, entonces son necesarios tres (3) conductores de MV-90°C para 5KV de calibre N° 3/0 para el transformador de voltaje.

#### **-Selectividad de las Protecciones**

En los sistemas de distribución de energía eléctrica, en los cuales normalmente se encuentran varias protecciones intercaladas en un circuito eléctrico, cada una con una función

de protección limitada a la parte del circuito del lado de la carga, es preciso que se establezca un criterio determinado, a fin de hacer que la protección de un grupo de dispositivos sean hechas en la forma más objetiva y conveniente al sistema o al servicio que se desee.

Para la protección de transformadores en instalaciones industriales de más de 600 V, se requiere por norma al menos la llamada **“Protección contra sobrecorriente”**.

Para la protección de sobrecorriente en el primario y secundarios de transformadores de más de 600V se utiliza la tabla 5.5; cuando se usan fusible. ( Autor Enriquez Harper. Capítulo 5. Página 312.)

**Tabla 5.5** Protección de Sobrecorriente en el Primario y Secundarios de Transformadores de más de 600V

Máximo de Dispositivos de Sobrecorriente				
Impedancia Nominal del Transformador	Primario		Secundario	
	Más de 600 V		Mas de 600V	
	Ajuste del Interruptor	Capacidad del Fusible	Ajuste del Interruptor	Capacidad del Fusible
No Mayor del 6%	600%	300%	300%	150%
Mayor del 6%	400%	200%	250%	125%

Fuente: Protecciones de Instalaciones Eléctricas industriales y comerciales.

Para el transformador trifásico de 3500KVA, 4,16/13,8KV, 60 Hz, Impedancia de 6,73%.

Su protección por medio de fusible por el lado primario y secundario.

La corriente en el primario es

$$I_p = \frac{4500 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 4,16 \text{ KV}} = 624,53 \text{ A}$$

De acuerdo a la tabla 5.5 la capacidad del fusible no debe exceder el 200% por lo tanto:

$$2,00 \times 624,53 = 1249,08 \text{ A}$$

Se recomienda usar un fusible normalizado comercialmente de 1600A.

La capacidad del interruptor es  $4,00 \times 624,53 = 2498,15 \text{ A}$

Usando un interruptor inferior al valor anterior conseguido, por lo que se recomienda comercialmente de 2500A.

La corriente del Secundario es:

$$I_p = \frac{4500 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ KV}} = 188,26 \text{ A}$$

De acuerdo a la tabla 5.5 la capacidad del fusible no debe exceder el 125% por lo tanto:

$$1,25 \times 188,26 = 235,33A$$

Se recomienda usar un fusible normalizado comercialmente de 250A.

Para el interruptor  $2,5 \times 188,26 = 470,65A$ . Se utiliza un interruptor de valor comercial de 450A.

Para la protección de los generadores estos vienen incluido en el paquete del turbogenerador por lo que se recomienda dichas protecciones contengan:

- 3 Dispositivos de 51V, relevadores de sobrecorriente de respaldo, con restricción de voltaje, o de tipo de voltaje controlado.
- 1 Dispositivo 51G, relevadores sobrecorriente tiempo respaldo.
- 1 Dispositivo 32, relevador de potencia inversa para protección antimotorización.
- 1 Dispositivo 40, relevador de impedancia tipo MHO para protección contra pérdida de campo
- 2 Dispositivo 46, que es un relevador de sobrecorriente de secuencia negativa para protección contra condición de desbalance.
- 1 Dispositivo 87, relevador diferencial del tipo porcentaje fijo o variable, de alta velocidad o tipo estándar

### 5.3 Equipos Conectados en el Transformador (3000KVA) De la Subestación Uno (1)

**Tabla 5.6** Equipos Conectados en el Transformador de la Subestación Uno (1)

<b>Potencia Carga Alimentada</b>	<b>Consumo estimado por Área en KW</b>
Equipos del Estimados en el Área de Pasta	458,23
Prensa	273,42
Secadero	174,32
Línea de Esmalte	32,62
Entrada del Horno	6,16
Sistema de Enfriamiento de Aceite	29
Hidrofilter	58,24

$$\% \text{ tranf} = \frac{877,19}{3000} = 29,23\%$$

Quedando una reserva de 70,77%

Este transformador de 3000KVA la empresa Cerámicas Caribe lo tiene dispuesto para su utilización ya que su compra fue adquirida hace varios años.

#### 5.4 Equipos Conectados en el Transformador (1000KVA) De la Subestación Dos (2)

**Tabla 5.7** Equipos Conectados en el Transformador de la Subestación Dos (2)

Potencia Carga Alimentada	Consumo estimado por Área en KW
Salida del Horno	5,58
Consola Horno	317,42
Ventosa	24,5
Seleccionadora y Cartón Parking	8,54
Paletizador	5,84
Compresores	193,9

$$\% \text{ tranf} = \frac{472,41}{1000} = 47,24\%$$

Quedando una reserva de 52,75%

Este transformador de 1000KVA la empresa Cerámicas Caribe debe suministrarlo para conectar las cargas de los nuevos equipos señalados en la tabla 5.11

**Tabla 5.8** Características de los conductores de cobre con aislamiento TTU – 5 kV, 75 °C, en ducto no magnético, en sistema trifásico 4.16kV, 60 Hz, temperatura ambiente 40 °C.

Calibre AWG	Sección	D <sub>iam</sub>	I <sub>nom</sub>	Capacidad de Distribución Sistema Trifásico					
				KVA-m para dv=1%			A-m para dv=1%		
				mm <sup>2</sup>	mm	A	0,80	0,90	1,00
8	8,36	6,10	58	78200	70600	65400	10860	9810	9080
6	13,30	7,87	79	122200	111000	103800	16970	15410	14440
4	21,15	9,08	104	188600	173000	165200	26200	24030	22940
2	33,60	10,62	136	288000	267800	263000	40010	37200	36530
1/0	53,50	13,46	181	423800	403600	417400	55850	56060	57970
2/0	67,40	14,60	220	513600	495200	526800	71340	68790	73170
3/0	85,00	15,90	239	616200	603200	664600	85590	83770	92310
4/0	107,20	17,40	274	735600	731600	803800	102170	101610	116500
250	126,18	19,40	305	827200	833200	987400	114890	115720	137140
300	152,22	20,80	338	939600	959400	1183400	130500	133260	164380
350	177,42	22,10	372	1032800	1068600	1371400	143450	148420	190480
400	203,08	23,30	401	1121400	1176400	1570800	155740	163380	218180
500	253,17	25,40	457	1249400	1341600	1941600	173530	186330	269660

Para la capacidad de distribución en A-m y KVA- m de los sistemas trifásicos de 208 V y 60Hz, y temperatura del conductor 75°C. Se dimensionan al valor de voltaje que se tiene. Se utiliza los A-m tabulados y se multiplica por un factor de corrección K. Donde K=Voltaje nuevo que en nuestro caso es 4160 V entre 208V. Para obtener los valores de la tabla 5.12 se utiliza la tabla N°4 y Tabla N° 6 para conductores no magnéticos del libro de Ing. Electricista Oswaldo Penissi, En la búsqueda de los conductores por caída de tensión se propone las siguientes ecuaciones para el cálculo de la capacidad de distribución (Penissi,2010)

Existen factores de corrección para tensiones y sistemas trifásicos 208/120 V aplicables a las capacidades de distribución de tablas tanto a los A-m como a los KVA-m, la capacidad nominal del calibre a utilizar se calculadas y una vez teniendo estas se procede a buscar por tablas las capacidades nominales, Existe un factor de corrección para caídas de tensión diferentes a las de las tablas que se utilizan para la búsqueda de los conductores, este factor se cálculo de la siguiente manera:

$$F1 = \frac{\Delta V_{\text{Nuevo}}}{\Delta V_{\text{(Tabla)}}$$

Donde:

F1=Factor de corrección por caída de tensión.

$\Delta V$  (Nuevo)=Caída de tensión permitida en %

$\Delta V$  (Tabla)=Caída de tensión de la tabla que se utiliza en %.

### 5.5 Estimación de Costo de las conexiones eléctricas del turbogenerador.

Para estimar la inversión a realizar debido a la instalación del turbogenerador se evalúan los costos para cada uno de los componentes que integran dicha instalación, estos componentes son:

**Tabla 5.8** Estimación de Costo de las conexiones eléctricas del turbogenerador.

N° Renglón	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo
1	Paquete Turbogenerador Centauro 40	Pza	1	4.000.000\$
2	Válvula de Compuerta de Ø3" para 300 Psig incluye Brida Soldable de Acero al Carbono 300 Psig para tubería de Ø3", con tornillería.	Pza	10	21.000BsF
3	Tubería de Ø3"	m	42,06	15.177,8BsF
4	Transformador Seco 4500KVA	Pza	1	540.000BsF
5	Terminales Para cables N° 400MCM- TTU de cobre por fase	Pza	12	350BsF
6	Cables N° 400 MCM- TTU de cobre por fase	m	240	203.868BsF
7	Terminales Para cables N° 3/0 AWG- TTU de cobre por fase	Pza	6	180 BsF
8	Cables N° 3/0 AWG- TTU de cobre por fase	m	30	11.533BSF
9	Fusible Automático para protección de 1600A 4160 V	Pza	1	6.860BsF
10	Interruptor Automático para protección de 2500A 4160 V	Pza	1	10.977,6BsF
11	Fusible Automático para protección de 250A 13,8KV	Pza	1	1.372,2 BsF
12	Interruptor Automático para protección de 450A 13,8KV	Pza	1	2401,35 BsF
			<b>Total</b>	17.983.791 BsF

## Costo de la Mano de Obra

**Tabla 5.10** Costo de la mano de Obra del turbogenerador.

<b>Costo de Mano de Obra Contratada</b>		
<b>Partida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total Mano de Obra BsF</b>
1	Instalación de Tuberías, Válvulas Ø 3"	66.942,8
2	Instalaciones Eléctricas entre el Generador, interruptor principal, transformador en barras de distribución	15.293,6
<b>Costo Total Mano de Obra.</b>		<b>82.236,4 BsF</b>
<b>Costo Total de la Propuesta:</b>		<b>18.066.027,4 BsF</b>

Para el funcionamiento del turbogenerador no se requiere nuevos operarios debido que el personal que actualmente labora atenderá las exigencias del mismo.

Además del costo total de la propuesta se debe hacer una evaluación económica con información básica, con la que se determinara su factibilidad de acuerdo a la rentabilidad que se obtenga al aplicarla en la organización.

## CONCLUSIONES

Este trabajo permitió un reconocimiento actualizado, en cuanto a las cargas del sistema conformado por motores eléctricos donde se realiza todo el proceso de producción de cerámicas, realización de los planos unifilares que describen todo el sistema eléctrico de la planta.

Mediante las mediciones puntuales de voltajes y corrientes de los equipos de mayor consumo eléctrico, se realizó un estimado del consumo eléctrico futuro de la planta que tendrá los equipos que hacen falta para incrementar la producción.

La producción actual obtenida es aproximadamente de 582.360,84m<sup>2</sup>/mes de baldosas, con la estimación de los equipos que se requieren dentro de las áreas de procesos se estima un aumento en la producción idealmente a 1.260.000m<sup>2</sup>/mes de baldosas seleccionadas donde se estima una potencia consumida adicional por equipos de 1587,14 KW, dando un total de potencia consumida más la ampliación de 4787,15KW. Además se considero los picos de carga más elevados producidos por los arranques de los equipos, siendo el de mayor registro de 600KW para ATM 180 y 300KW para el área de los molinos de pasta.

Se mostro en su totalidad el consumo eléctrico de todos los espacios que conforma la empresa, que se genera en la planta mediante los turbogeneradores actualmente instalados, se puede observar mediante los gráficos el comportamiento de los mismo a través de un año, mes y día, permitiendo dimensionar el conjunto de instalaciones a futuro.

Los requerimientos de los turbogeneradores futuros se toman como referencia los instalados por adecuarse técnicamente, permitiendo un ahorro a la empresa debido a la experiencia en cuanto a operaciones, mantenimiento y stock de repuestos de los mismos,

Para determinar la mejor opción a los intereses de la empresa, en el cumplimiento de la factibilidad técnica por consultas de fabricantes para la viabilidad tecnológica, de disponibilidad de eficiencia de operación, costos de equipos, instalaciones, mantenimiento, referencia del precio promedio del gas natural según PDVSA, impacto ambiental, impacto social, y los beneficios energético se considero como la mejor opción el turbogenerador centauro.

Esta propuesta implican diseñar, y modificar todos los componentes para, ensamblar, instalar, probar y poner en operación la turbina de aproximadamente 4375KVA de potencia.

La ejecución de la propuesta va permitirá alcanzar objetivos estratégicos de la empresa al incrementar la calidad del servicio, ampliar la infraestructura existente de generación, cuyos indicadores serán la disponibilidad y confiabilidad de las unidades generadoras y el incremento en la potencia de las unidades modernizadas, de esta manera se puede:

**Aumentar el aporte de energía al Sistema Eléctrico Nacional.** Por el aumento en la capacidad de generación, alineado con el objetivo de ampliar la infraestructura existente de generación.

**Aumentar la disponibilidad de las unidades generadoras.** Asegurar que la disponibilidad de las unidades generadoras Centauro 1, Saturno 2 y 3

**Aumentar la eficiencia de las unidades generadoras.** Aumentar la eficiencia de las unidades generadoras Centauro 1, Saturno 2 y 3.

**Mejorar los ciclos de los mantenimientos mayores.** Mejora en los ciclos de mantenimiento de las unidades generadoras entre paradas y reducir su duración a menos de sesenta (60) días, acorde con el objetivo de calidad de la empresa

**Extender la vida útil de la planta.** Extender la vida útil de las unidades generadoras por muchos años alineado con el objetivo de ampliar la infraestructura existente de generación.

## RECOMENDACIONES

-Realización de nueva sala de turbina, aprovechando que los generadores en el mejor uso de su energía por proceso de cogeneración reutilicen su calor generado en el escape de las turbinas para uso de combustión del atomizador en la producción de Cerámicas.

- Tomar en consideración el análisis de selección de las propuestas plantadas, como respuesta a los objetivos estratégicos de la empresa para modernizar y ampliar su producción, así como beneficiar al sistema interconectado nacional.

-Colocar la carga generada por los turbogeneradores en modo droop, (Provee una sincronización automática de la unidad, está situada en la consola de control oprimiendo un botón en el panel de medición eléctrica); permitiendo la sincronización con la red de CADAFE.

-Montar un sincronoscopio para monitoreo con la red de CADAFE.

-El excedente entregado al sistema de interconectado está distribuido entre todos los turbogeneradores.

-Verificar que los equipos que se adquieran sean de calidad y cumplan con las especificaciones técnicas descritas en paquete de la empresa Solar Turbines Inc, los trabajos deben ser realizados por mano de obra calificada.

## REFERENCIAS

Cerámicas Caribe C.A. Departamento de Mantenimiento Eléctrico. *Especificaciones Sistema Eléctrico General*.

CODELECTRA. (2004). Código Eléctrico Nacional (7a. Revisión). Caracas.

CORPOELECT, Gerencia de Planificación, Coordinación de Transmisión Yaracuy-Venezuela.

Especificaciones Técnicas del proceso de producción de baldosas. Consultado el día 20 de febrero de 2010. Disponible <http://www.spaintiles.info/documentos/proceso.pdf>

GRUPO CENTEC, *Manual de sistemas de turbocompresión –turbogeneración*.

Loreto, R, *Apuntes de turbinas de ga*, Facultad de Ingeniería de la ULA, Mérida-Venezuela.

Harper, E. (2004). *El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos*. México: Editorial Limusa S.A.

Harper, E. (2005). *Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales*. México: Editorial Limusa S.A.

Harper, E. (2006). *Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales*. México: Editorial Limusa S.A.

Martín, J. (1987), *Diseño de Subestaciones Eléctricas* .México: Editorial McGraw- Hill S.A

Penissi, O. (2010). *Canalizaciones Eléctricas Residenciales*. Undécima Edición Valencia-Venezuela.

Philip K, (2002). *Power Generation Handbook*. Primera Edición, Editorial McGraw Hill. S.A.

Solar Turbines (2008), *Guía para la Selección de Productos de Generación de Potencia*. E.E.U.U

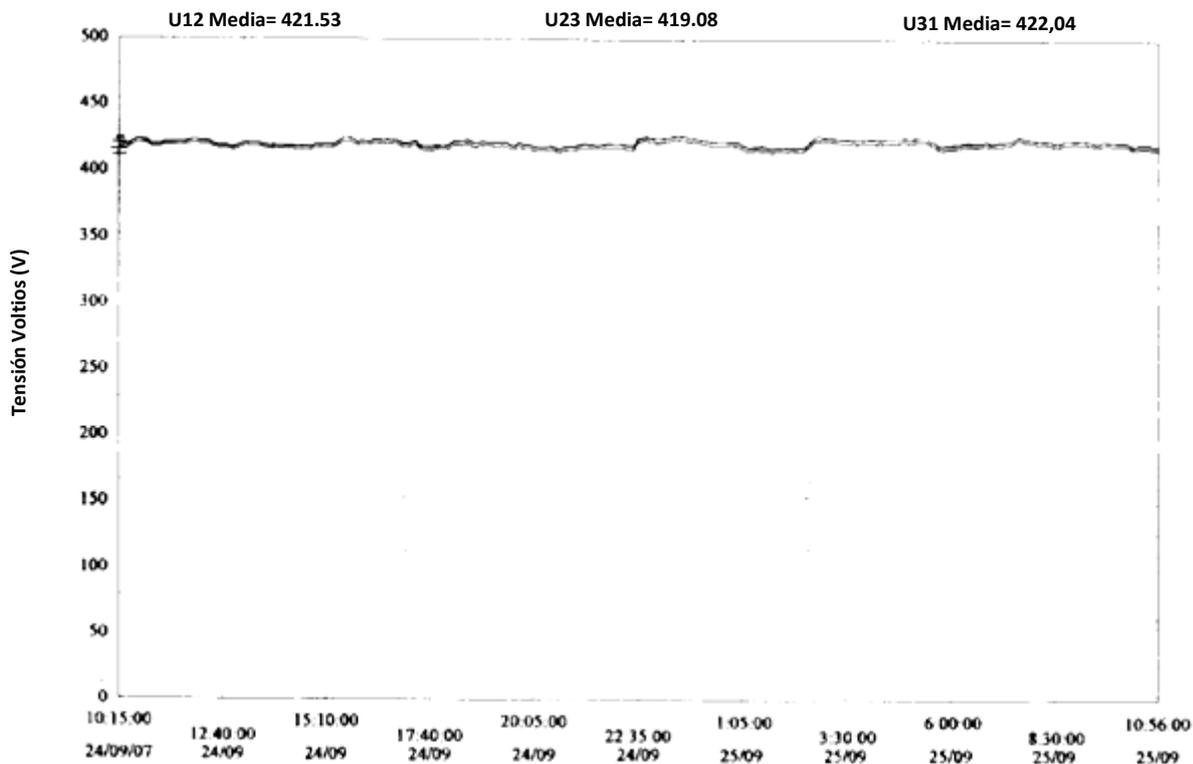
WIKIPEDIA. *Chivacoa Edo- Yaracuy*. Consultado el día 10 de febrero de 2010. Disponible <http://es.wikipedia.org/wiki/Chivacoa>

*Ubicación Geográfica del Estado Yaracuy*. Consultado el día 10 de febrero de 2010.

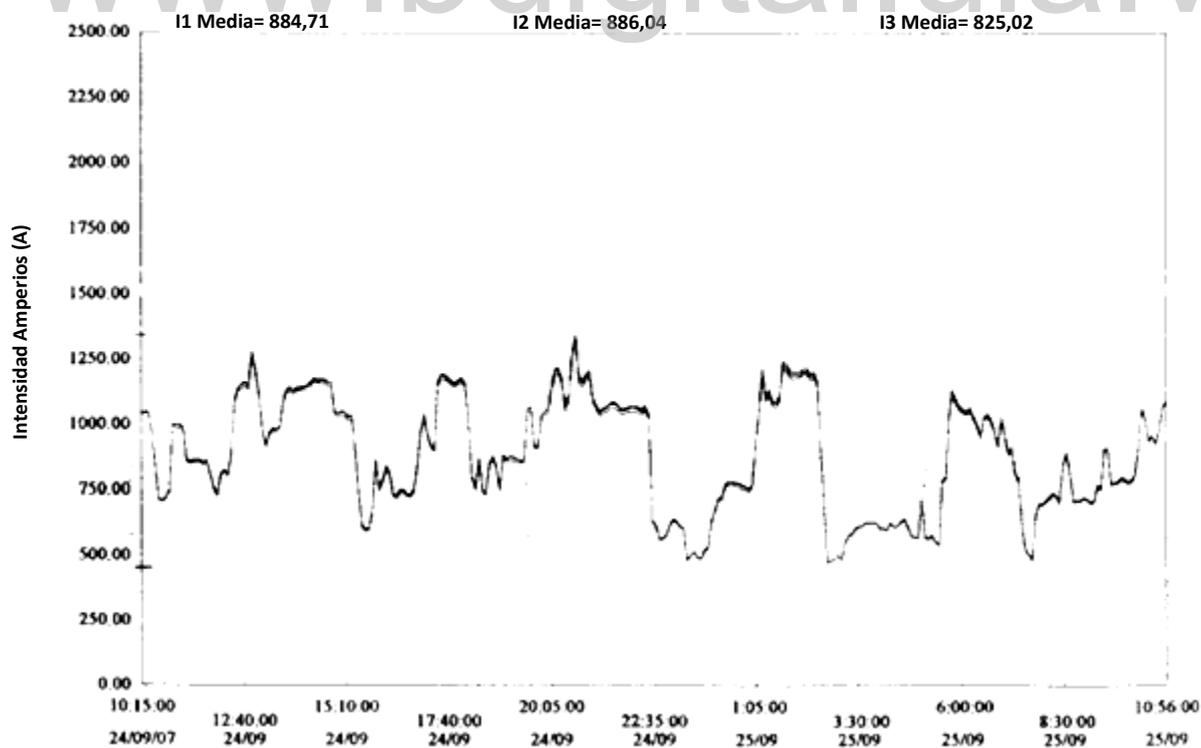
Disponible <http://www.venezuela-online.net/mapas/Yaracuy.jpg>.

ANEXOS  
www.bdigital.ula.ve

*Registro de la tensión del transformador A Subestación 1*

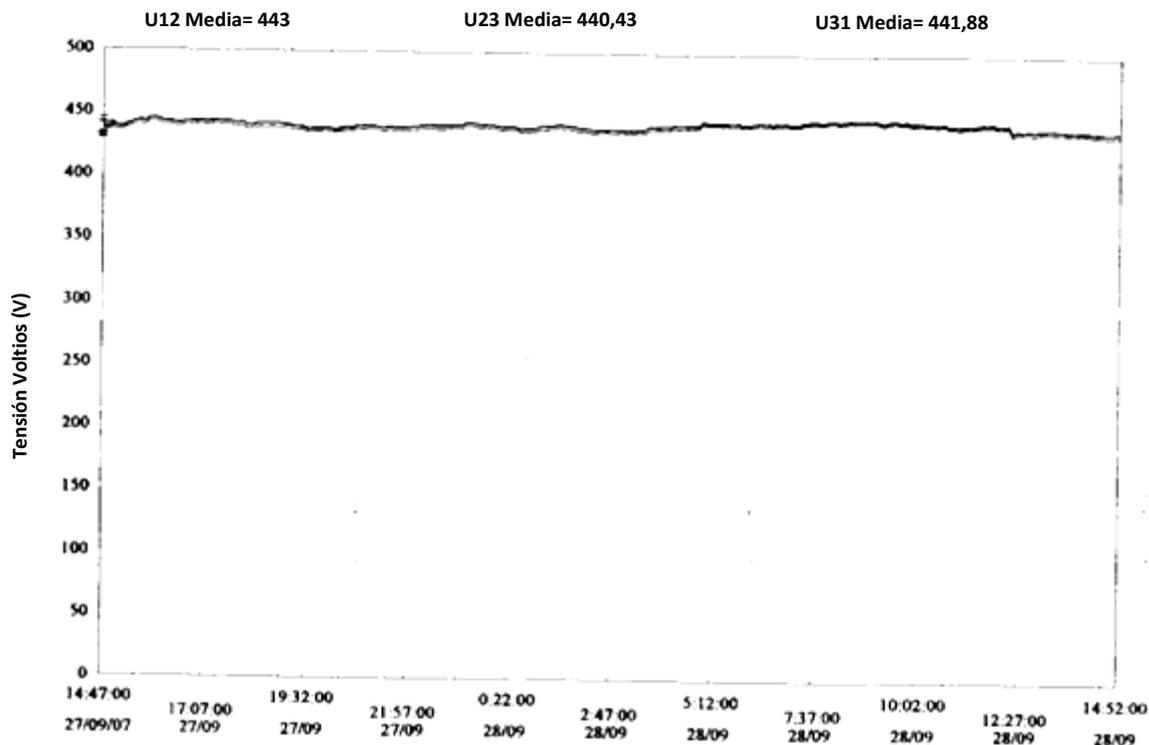


*Registro de la corriente del transformador A Subestación 1*

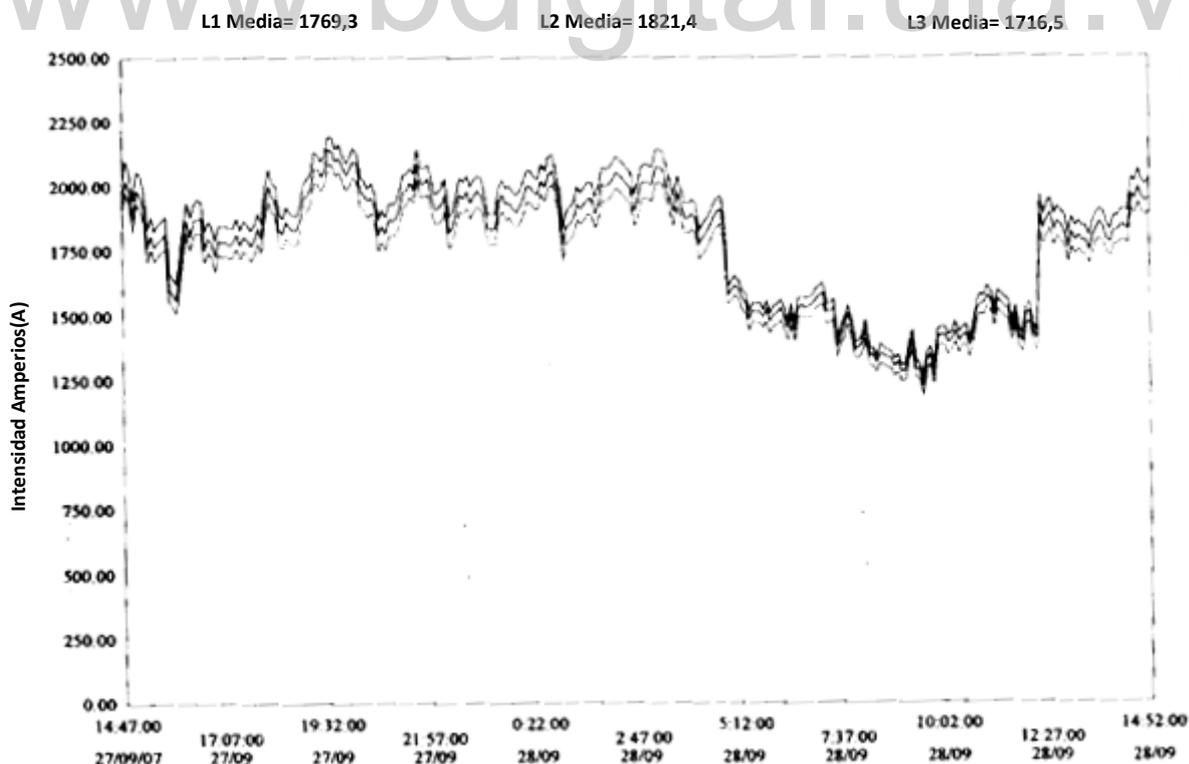


*Anexo A.1 Fuente. Gráficos realizados por la empresa DSI CONSULT de los transformadores A de la Subestación 1 Voltajes y Corrientes*

*Registro de la tensión del transformador B Subestación 1*

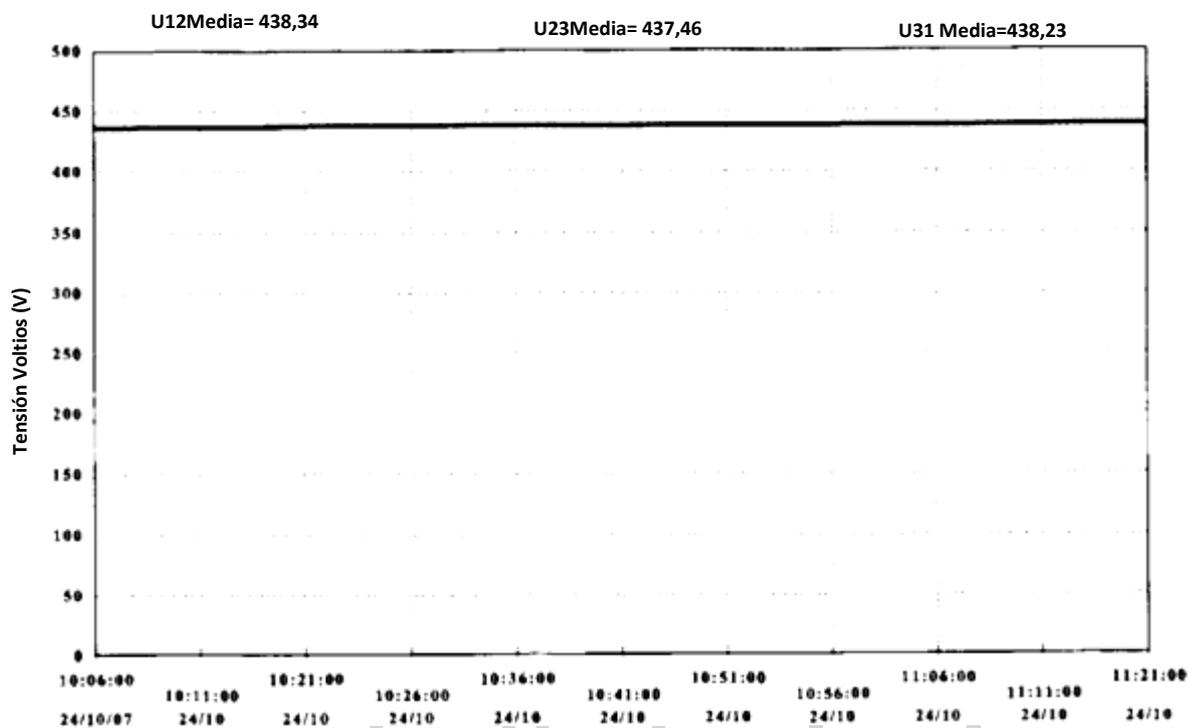


*Registro de la corriente del transformador B Subestación 1*

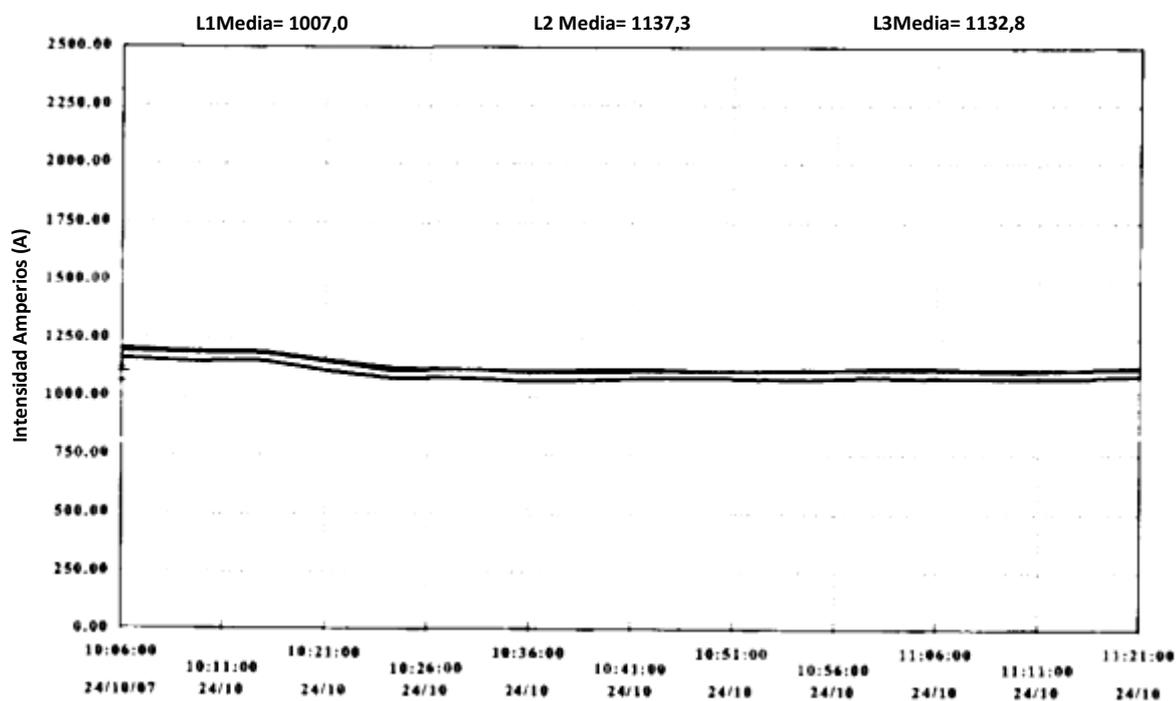


*Anexo A.2 Fuente. Gráficos realizados por la empresa DSI CONSULT de los transformadores B de la Subestación 1 Voltajes y Corriente*

*Registro de la tensión del transformador de la Subestación 2*

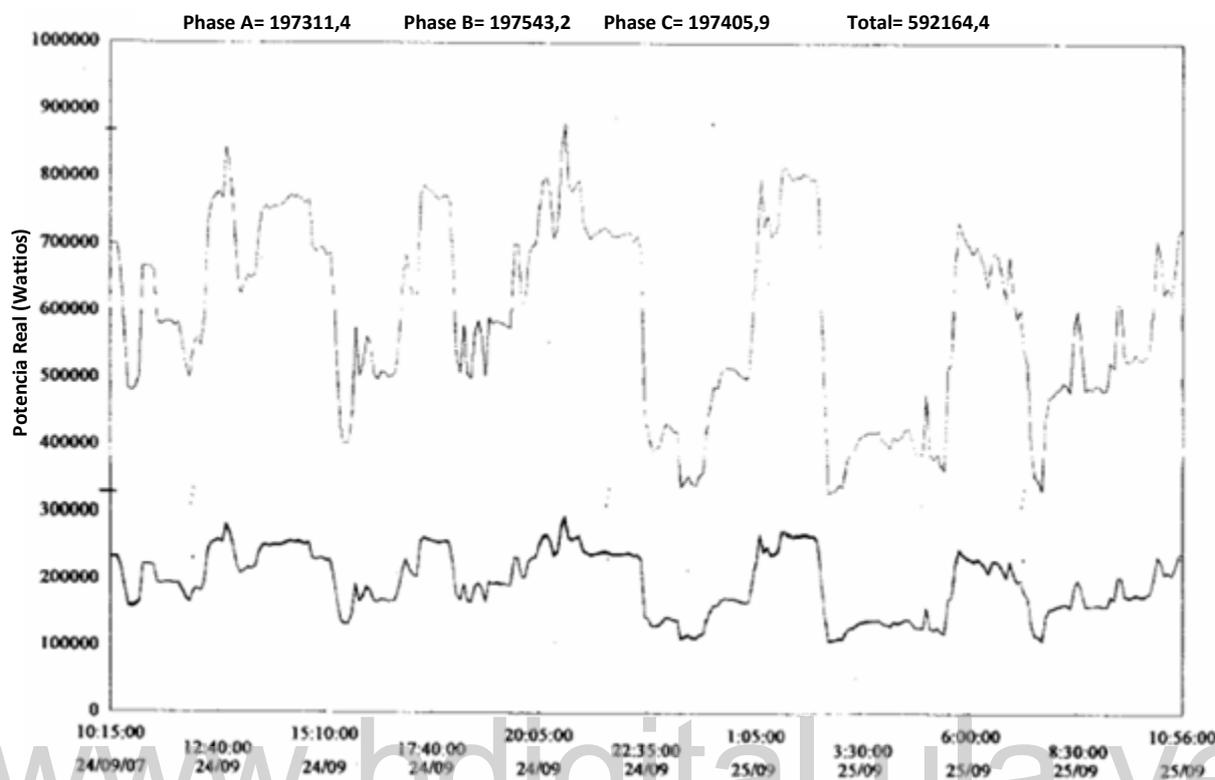


*Registro de la corriente del transformador de la Subestación 2*

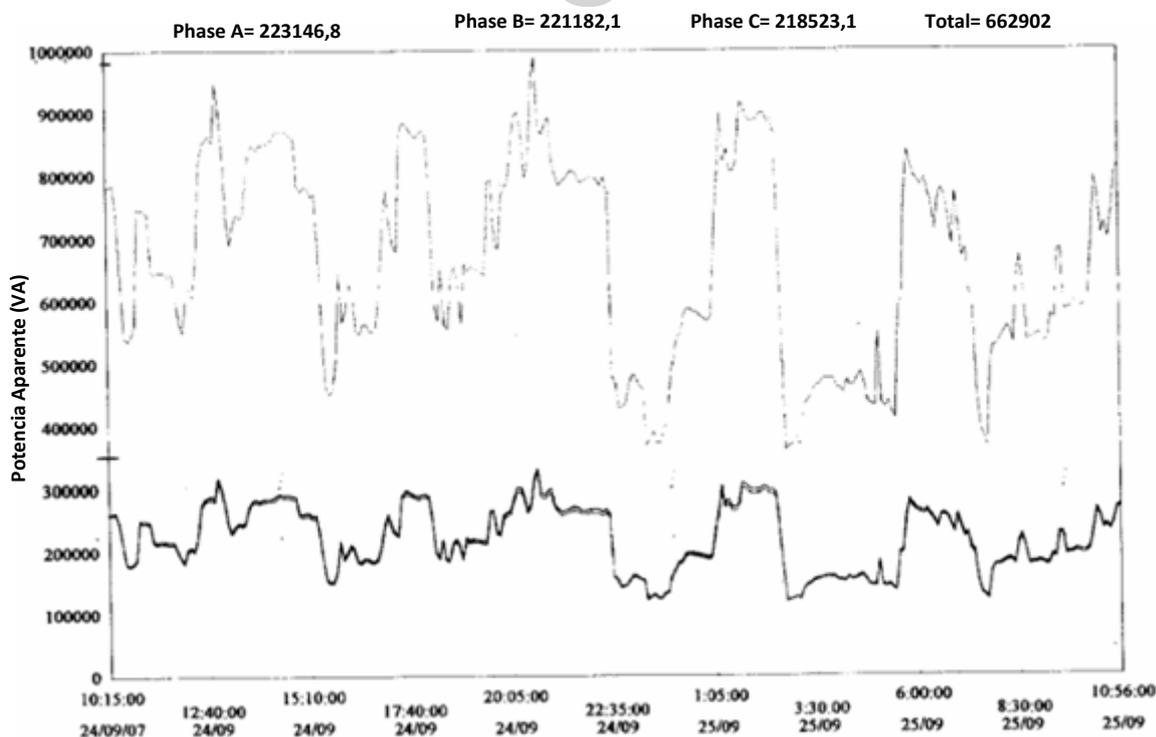


*Anexo A.3 Fuente. Gráficos realizados por la empresa DSI CONSULT de los transformadores de la Subestación 2 Voltajes y Corrientes*

**Registro de la Potencia Activa del transformador A de la Subestación I**

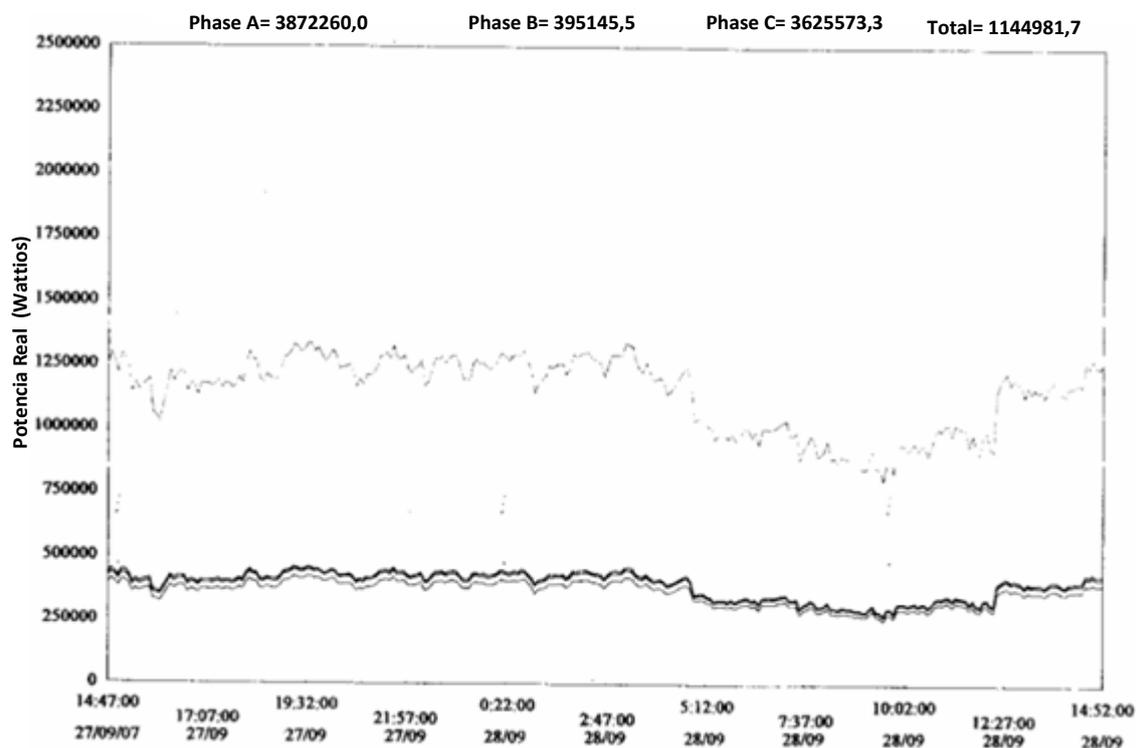


**Registro de la Potencia Aparente del transformador A de la Subestación I**

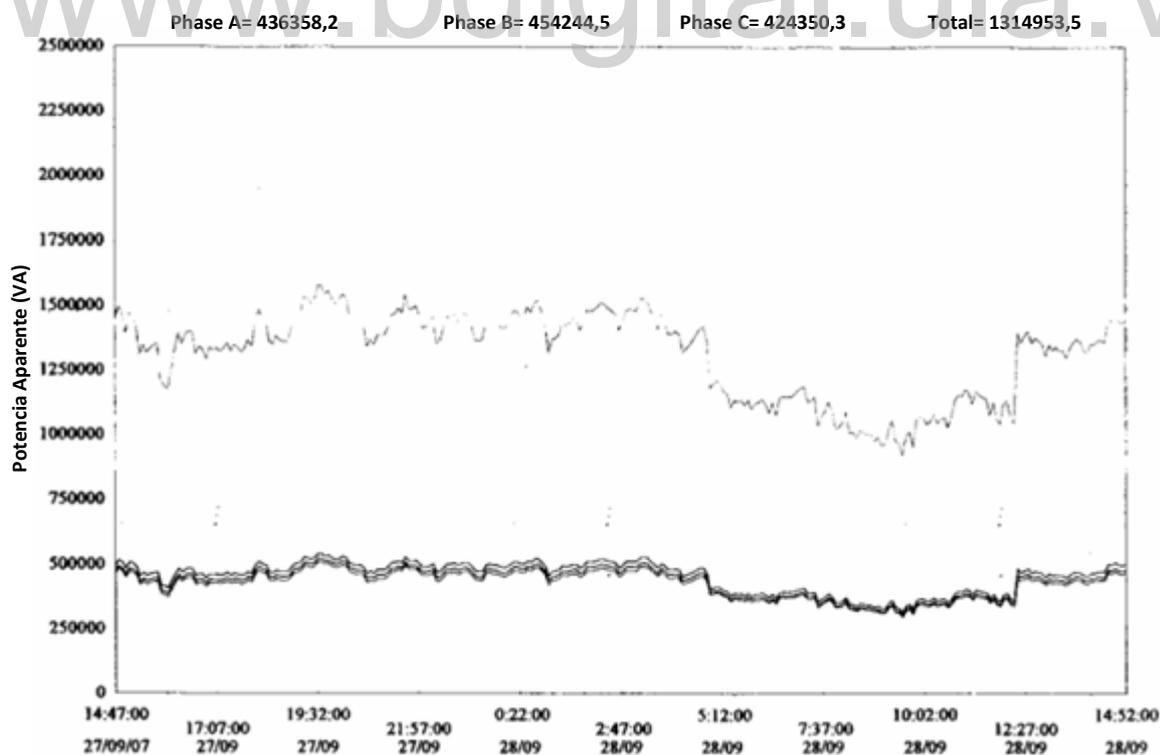


**Anexo A.4 Fuente. Gráficos realizados por la empresa DSI CONSULT de los transformadores A de la Subestación I Potencia Activa y Aparente**

**Registro de la Potencia Activa del transformador B de la Subestación 1**



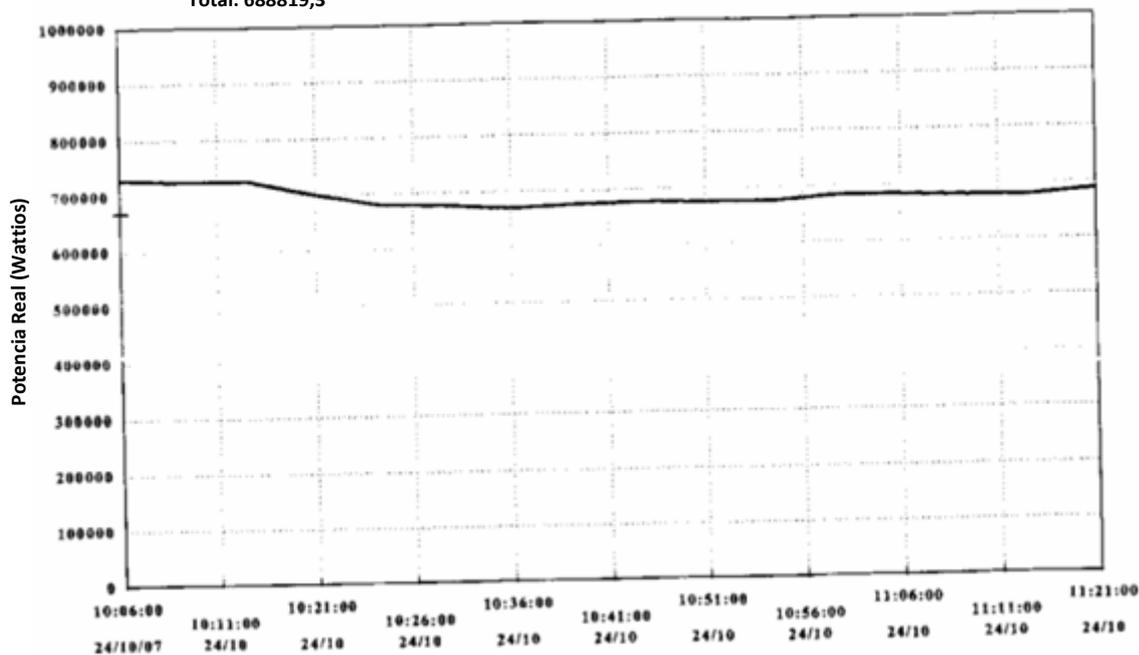
**Registro de la Potencia Aparente del transformador B de la Subestación 1**



*Anexo A.5 Fuente. Gráficos realizados por la empresa DSI CONSULT de los transformadores B y Subestación 1 Potencia Activa y Reactiva*

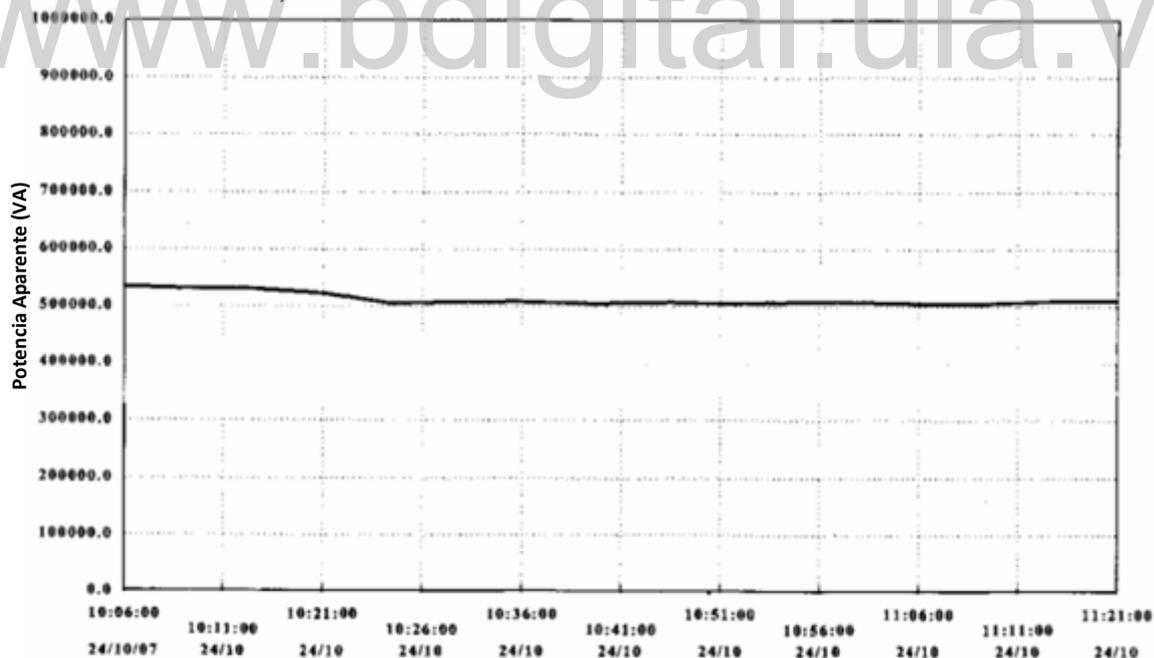
*Registro de la Potencia Activa del transformador de la Subestación 1*

Total: 688819,3



*Registro de la Potencia Aparente del transformador de la Subestación 2*

Total: 858883,2



*Anexo A.6 Fuente. Gráficos realizados por la empresa DSI CONSULT de los transformadores Subestación 2 Potencia Activa y Reactiva*

Fuente: reporte ZPP12. Comparativo del modulo de planificación y producción del sistema SAP)

**AREA/DEPARTAMENTO: Diseño y Desarrollo**

Año 2008					
		Engobe (Kg.)	Esmalte (Kg.)	Tintas (Kg.)	Selección (m2)
Enero	14.606.250,00	338.500,00	412.800,00	31.058,00	<b>674.373,40</b>
Febrero	12.650.000,00	288.400,00	369.600,00	25.212,00	<b>605.241,84</b>
Marzo	11.581.250,00	274.100,00	390.800,00	22.206,00	<b>584.058,40</b>
Abril	12.637.500,00	290.100,00	391.100,00	17.882,00	<b>492.065,50</b>
Mayo	14.149.999,00	323.100,00	424.000,00	25.420,00	<b>702.619,02</b>
Junio	13.462.262,67	316.600,00	398.900,00	29.646,00	<b>688.926,82</b>
Julio	14.872.210,00	305.400,00	406.900,00	32.872,00	<b>695.234,56</b>
Agosto	8.444.186,00	200.300,00	279.300,00	26.644,50	<b>465.199,66</b>
Septiembre	9.360.800,00	192.800,00	288.000,00	23.090,00	<b>488.138,70</b>
Octubre	11.028.400,00	189.100,00	253.000,00	24.862,00	<b>485.102,26</b>
Noviembre	7.118.400,00	147.600,00	219.600,00	11.156,00	<b>299.680,34</b>
Diciembre	14.388.900,00	209.800,00	310.400,00	22.044,00	<b>529.630,16</b>
<b>Totales</b>	<b>144.300.157,67</b>	<b>3.075.800,00</b>	<b>4.144.400,00</b>	<b>292.092,50</b>	<b>6.710.270,66</b>

Año 2009					
	Polvo atomizado (Kg.)	Engobe (Kg.)	Esmalte (Kg.)	Tintas (Kg.)	Selección (m2)
Enero	12.228.800,00	223.100,00	330.200,00	26.300,00	<b>577.608,78</b>
Febrero	12.129.300,00	215.600,00	339.800,00	28.484,00	<b>582.646,80</b>
Marzo	13.393.120,00	286.900,00	410.400,00	31.932,00	<b>726.222,90</b>
Abril	11.880.640,00	216.600,00	265.600,00	21.664,00	<b>487.747,06</b>
Mayo	12.599.200,00	262.900,00	374.700,00	25.201,00	<b>616.592,24</b>
Junio	12.754.100,00	269.300,00	330.100,00	30.194,00	<b>582.711,36</b>
Julio	15.636.400,00	270.700,00	558.831,92	29.704,00	<b>655.241,35</b>
Agosto	12.242.000,00	280.900,00	484.930,00	40.669,00	<b>648.393,42</b>
Septiembre	13.973.050,00	274.800,00	547.598,43	27.326,00	<b>659.387,08</b>
Octubre	14.651.625,00	257.100,00	651.678,00	28.276,00	<b>709.496,83</b>
Noviembre	13.716.000,00	277.500,00	638.710,00	23.726,00	<b>653.585,06</b>
Diciembre	10.800.500,00	224.800,00	429.230,00	24.134,00	<b>520.857,69</b>
<b>Totales</b>	<b>156.004.735,00</b>	<b>3.060.200,00</b>	<b>5.361.778,35</b>	<b>337.610,00</b>	<b>7.420.490,57</b>

Año 2010					
	Polvo atomizado (Kg.)	Engobe (Kg.)	Esmalte (Kg.)	Tintas (Kg.)	Selección (m2)
Enero	10.857.000,00	268.000,00	574.484,00	26.141,00	<b>597.878,26</b>
Febrero	11.436.600,00	238.950,00	315.000,00	24.067,35	<b>530.405,66</b>
Marzo	11.912.500,00	274.100,00	372.852,12	27.364,86	<b>580.273,32</b>
<b>Totales</b>	<b>34.206.100,00</b>	<b>781.050,00</b>	<b>1.262.336,12</b>	<b>77.573,21</b>	<b>1.708.557,25</b>

Anexo A.7

AREA DE INSPECCIÓN PRODUCTO	ESPECIFICACIONES					
<b>PREPARACIÓN DE PASTA</b>						
<b>Barbotina</b>	<b>Densidad (gr/cm<sup>3</sup>)</b>		<b>Viscosidad (s)</b>		<b>Residuo (%)</b>	
	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
	1,70	1,73	7	11	7	25
<b>Polvo Atomizado</b>	<b>Humedad (%)</b>		<b>Granulometría</b>			
			<b>Granulometría malla (500+600) (g)</b>		<b>Granulometría malla (125+Resto) (g)</b>	
	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Max</b>	
	4,9	5,5	20	30	22	
<b>PRENSA</b>						
<b>Polvo Atomizado a prensar</b>	<b>Humedad (%)</b>		<b>Granulometría malla (500 +600) (g)</b>			
	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>		<b>Max</b>	
	4,7	5,5	15		30	
<b>Baldosa Verde</b>	<b>Formato</b>	<b>Diferencia de Peso entre Moldes (g)</b>		<b>Espesor (mm)</b>		
		<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Fab</b>	<b>Max</b>
	20x20	0	15	7,6	7,8	8,0
	32x32	0	60	7,7	8,0	8,2
	20x32	0	30	7,9	8,1	8,2
	<b>Biselado Blanco</b>	20x32	0	30	8,1	8,2
	25x32	0	45	8,1	8,3	8,5
	25x40	0	60	8,3	8,5	8,7
	25x25	0	30	7,9	8,1	8,2
	40x40	0	100	8,3	8,5	8,7
	43x43	0	110	8,4	8,7	9,0
<b>SECADERO</b>						
<b>Baldosa Seca</b>	<b>Resistencia a la Flexión (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>			<b>% Humedad</b>		
<b>Formato 32x32, 25x40, 25x32, 40x40, 43x43</b>	≥ 10			≤ 0,8		
<b>Formato 20x20, 20x32, 25x25</b>	≥ 8					

Anexo A.8 Especificación FES\_05 Dpto. de Diseño y Desarrollo intranet CeCar.

		<b>DETERMINACION DEL RESIDUO SECO DE LA BARBOTINA DESPUES DE LA MOLIENDA</b>			Fecha:02-03-05 Act: 1 Página: 1 de 1
<b>AREA/DEPARTAMENTO: Diseño y Desarrollo</b>					
DENSIDAD g/cm <sup>3</sup>	% AGUA	% SS	SSt g	% RS	
1,62	38,75	61,25	99,23	RS x 1,01	
1,63	38,27	61,73	100,62	RS x 0,99	
1,64	37,60	62,40	102,34	RS x 0,98	
1,65	37,06	62,94	103,85	RS x 0,96	
1,66	36,58	63,42	105,28	RS x 0,95	
1,67	36,06	63,94	106,78	RS x 0,94	
1,68	35,38	64,62	108,56	RS x 0,92	
1,69	34,74	65,26	110,29	RS x 0,91	
1,70	34,12	65,88	111,99	RS x 0,89	
1,71	33,70	66,30	113,30	RS x 0,88	
1,72	33,22	66,78	114,74	RS x 0,87	
1,73	32,74	67,26	116,78	RS x 0,86	
1,74	32,33	67,67	117,75	RS x 0,85	
1,75	31,93	68,07	119,12	RS x 0,84	
1,76	31,46	68,54	120,63	RS x 0,83	
1,77	30,86	69,14	122,38	RS x 0,82	
1,78	30,23	69,77	124,19	RS x 0,81	
1,79	29,57	70,43	126,07	RS x 0,79	
1,80	29,22	70,78	127,40	RS x 0,78	

El porcentaje de residuo seco, se calcula con la expresión:  
 $\%RS = RS \times \text{constante}$

Donde:  
 $\%RS = \text{Porcentaje de residuo seco}$

RS = g de residuo seco (Retenido en el tamiz 230)

Constante =  $\frac{100}{SSt}$

FES 06 Act.: 1 Fecha de Aprob.:02-03-05

*Anexo A.9 Especificación FES\_06 Dpto. de Diseño y Desarrollo intranet CeCar.*

ESPECIFICACIONES DEL PROCESO		Fecha: 13-02-06 Act: 4	
AREA: Preparación de Esmaltes			
VARIABLE	EQUIPO	RANGO	
		Mínimo	máximo
Carga de Bolas de Alubit	MT 10000	2550 kg de diámetro (2",1"), 5100 kg de diámetro (1 3/4")	
	MT 5000	1275 kg de diámetro (2",1"), 2550 kg de diámetro (1 3/4")	
	MT 2000	525 kg de diámetro (2",1"), 1050 kg de diámetro (1 3/4")	
	MT 200	60 kg de diámetro (2",1"), 90 kg de diámetro (1 3/4")	
	Micronet	10 1/2 kg de (7 mm)	
Tiempo de Molienda	MT 10000	5 horas	7 horas
	MT 5000	1 1/2 horas	7 horas
	MT 2000	1,5 horas	8 horas
	MT 200	20 min	4 horas
	Micronet	20 min	1 hora
	Mezcladora	20 min	1 hora
FES 07 Act.: 2 Fecha de Aprob.: 02-03-05			

*Anexo A.10 Especificación FES\_07 Dpto. de Diseño y Desarrollo intranet CeCar.*



**ESPECIFICACIONES PARA LA APROBACIÓN DE  
LOS ESMALTES, ENGOBES Y TINTAS  
SERIGRÁFICAS**

Pág.: 3 de 29

**Área/Departamento:** Diseño y Desarrollo

Producto	Tipo	Código	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Viscosidad (s)	Residuo (g)
Engobe Disco	KSM	3	1.45-1.50	11-22	0.5-1.0
Engobe Vela	KSM	4	1.70-1.76	≥ 40	1.0-1.4
Engobe Bajo Bizc.	KSM	5	1.20-1.25	7 -40	3.0-4.0
Engobe Vela	KSM	10	1.70-1.76	≥ 40	1.0-1.4
Esmalte para gota	KSM	16F	1.70-1.72	15-25	3.0-4.0
Esmalte para aerógrafo	KSM	18E	1.50-1.52	15-25	0.0-0.6
Esmalte para aerógrafo	KSM	20F	1.50-1.52	15-25	0.0-0.6
Esmalte para gota	KSM	30F	1.70-1.72	15-25	3.0-4.0
Esmalte para aerógrafo	KSM	31B	1.50-1.52	15-25	0.0-0.6
Esmalte para aerógrafo	KSM	33	1.50-1.52	-----	0.0-0.6
Esmalte para aerógrafo	KSM	40E	1.50-1.60	15-25	0.0-0.6
Esmalte para aerógrafo	KSM	44	1.50-1.52	-----	0.0-0.6
Esmalte para aerógrafo	KSM	45	1.50-1.52	-----	0.0-0.6
Esmalte para aerógrafo	KSM	46	1.50-1.52	15-25	0.0-0.6
Esmalte para aerógrafo	KSM	50	1.50-1.52	15-25	0.0-0.6
Esmalte para aerógrafo	KSM	51F	1.50-1.52	15-25	0.0-0.6
Esmalte	KSM	52	1.66-1.69	14-30	3.0-4.0
Esmalte	KSM	53	1.66-1.69	14-30	3.0-4.0
Esmalte	KSM	54	1.66-1.69	14-30	3.0-4.0
Esmalte	KSM	55	1.66-1.69	14-30	3.0-4.0
Esmalte	KSM	56	1.66-1.69	14-30	3.0-4.0
Esmalte	KSM	57	1.66-1.69	14-30	3.0-4.0

FES 04 Act.: 1 Fecha de Aprob.: 02-03-05

*Anexo A.11 Especificación FES\_04 Dpto. de Diseño y Desarrollo intranet CeCar.*

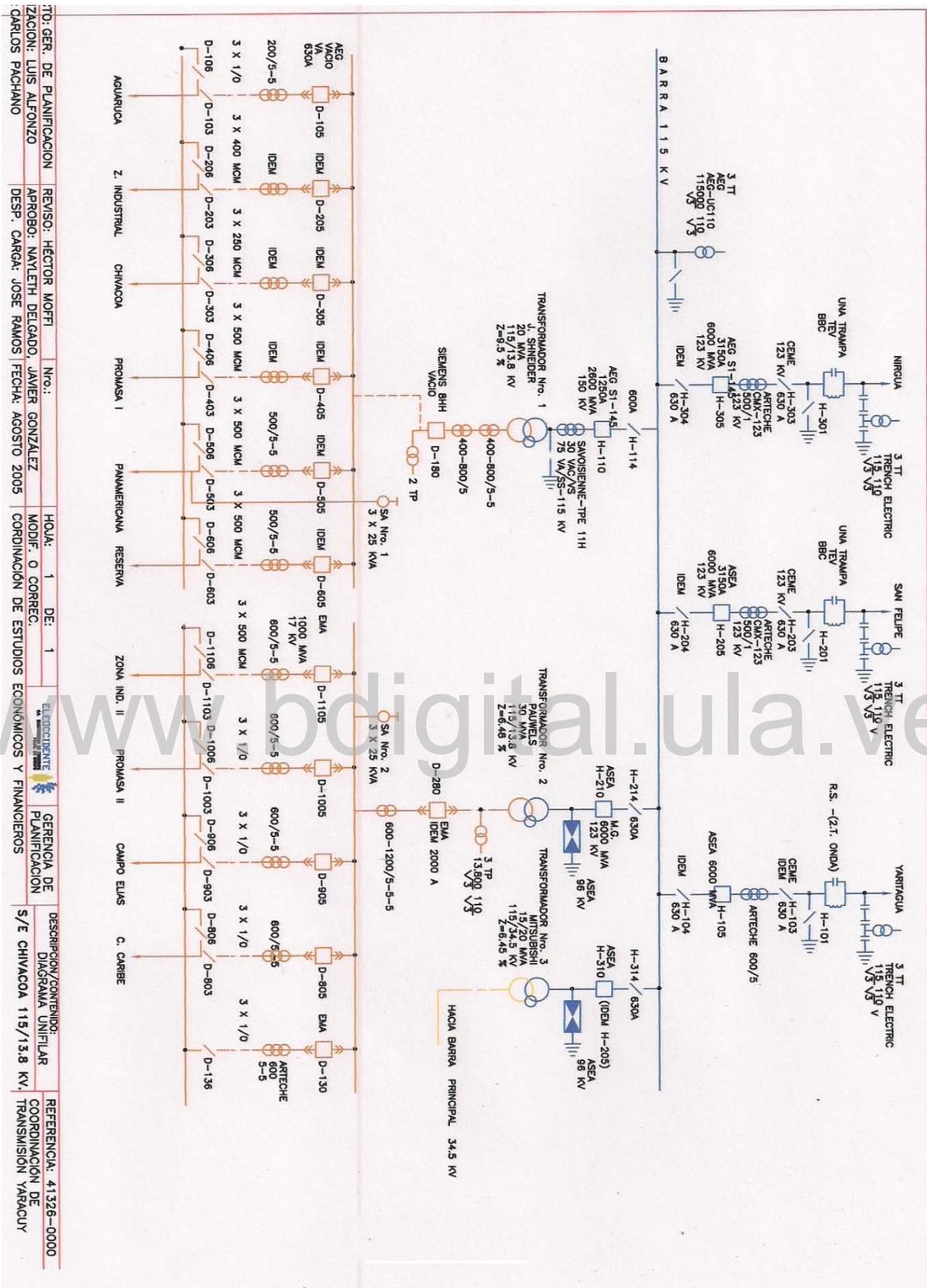
	<b>ESPECIFICACIONES PARA LA APROBACIÓN DE LOS ESMALTES, ENGOBES Y TINTAS SERIGRÁFICAS</b>	Pág.: 26 de 29
---	---	----------------

**Área/Departamento:** Diseño y Desarrollo

Producto	Tipo	Código	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Viscosidad (s)	Residuo (g)
Tinta Serigráfica	KP	503	1.45-1.55	15 - 25	0,0-1,0
Tinta Serigráfica	KP	504	1.45-1.55	15 - 25	0,0-1,0
Tinta Serigráfica	KP	505	1.45-1.55	15 - 25	0,0-1,0
Tinta Serigráfica	KP	506	1.45-1.55	15 - 25	0,0-1,0
Tinta Serigráfica	KP	507	1.45-1.55	15 - 25	0,0-1,0
Tinta Serigráfica	KP	508	1.45-1.55	15 - 25	0,0-1,0

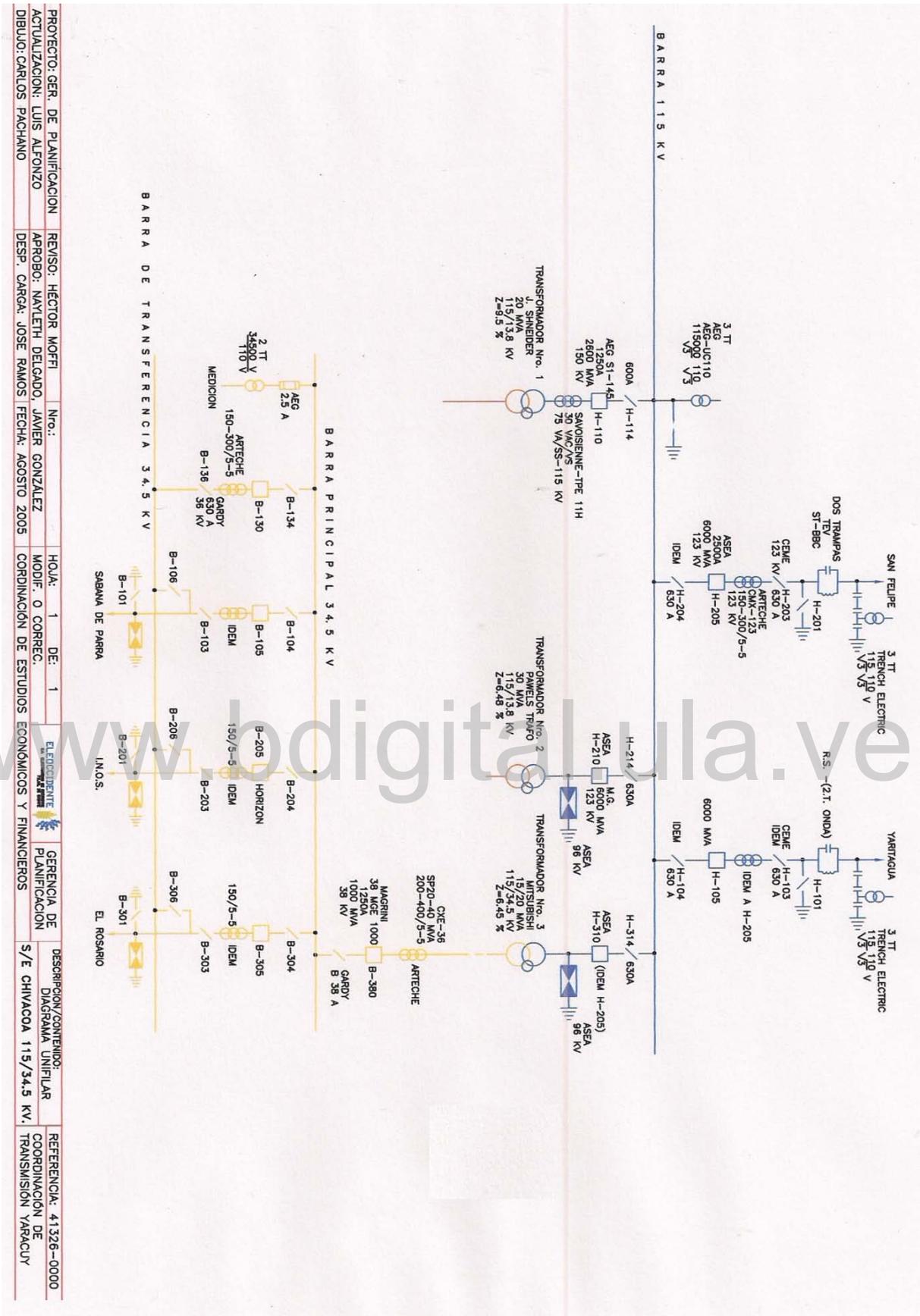
*Anexo A.12 Especificación FES\_04 Dpto. de Diseño y Desarrollo intranet CeCar.*

www.bdigital.ula.ve



TIPO: GER. DE PLANIFICACION	REVISO: HECTOR MOFFI	Nro.:	HOLA: 1	DE: 1	ELABORANTE:	GERENCIA DE PLANIFICACION	DESCRIPCION/CONTENIDO: DIAGRAMA UNIFILAR	REFERENCIA: 41326-0000
IZACION: LUIS ALFONZO	APROBO: NAVLETH DELGADO, JAVIER GONZALEZ		MODIF. O CORREC.					
CARLOS PACHANO	DESP. CARGA: JOSE RAMOS	FECHA: AGOSTO 2005	COORDINACION DE ESTUDIOS ECONOMICOS Y FINANCIEROS				S/E CHIVACOA 115/13.8 KV, TRANSMISION YARACUY	

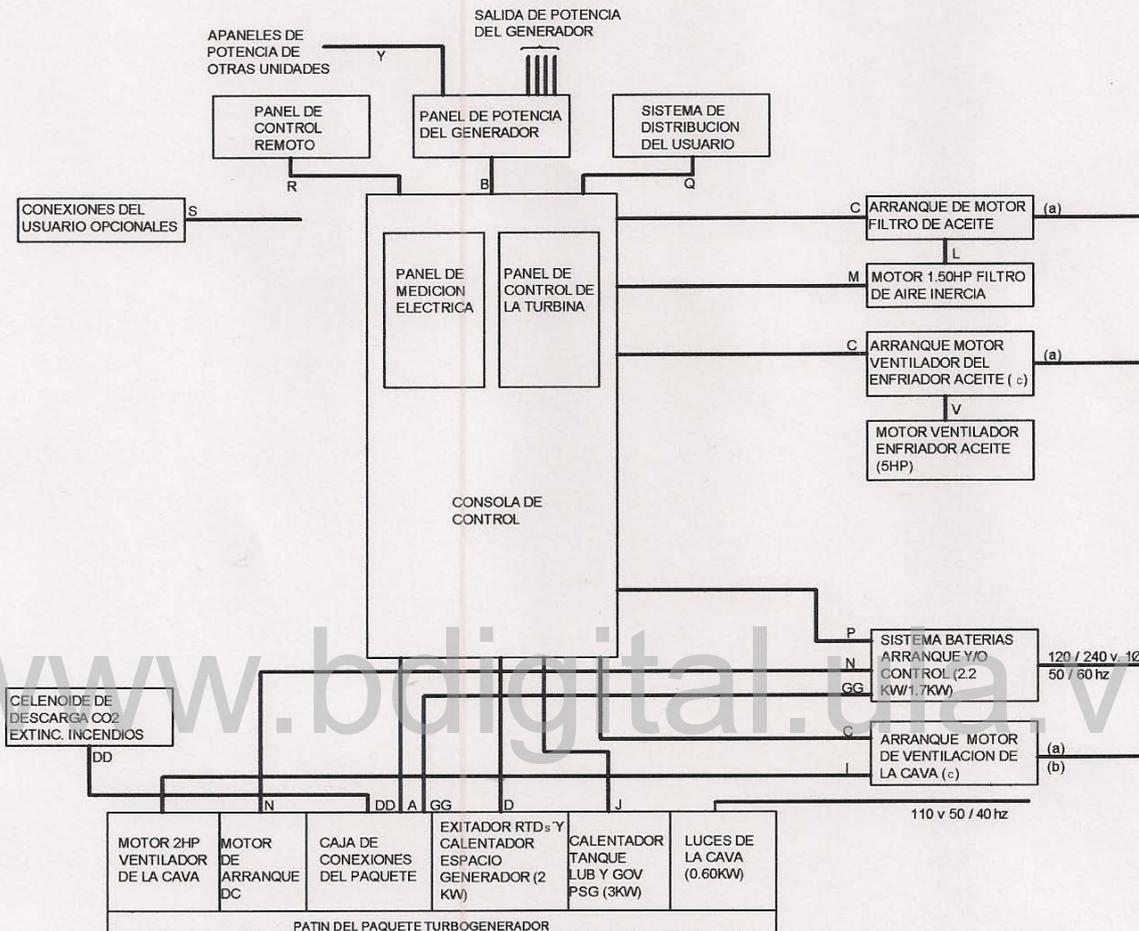
Anexo A.13



PROYECTO: GER. DE PLANIFICACION	REVISO: HECTOR MOFI	Nro.:	HOJA: 1	DE: 1	EL ENCENDIENTE	GERENCIA DE PLANIFICACION	DESCRIPCION/CONTENIDO: DIAGRAMA UNIFILAR	REFERENCIA: 41326-0000
ACTUALIZACION: LUIS ALFONZO	APROBO: NAYLETH DELGADO, JAVIER GONZALEZ		MODIF. O CORREC.					
DIBUJO: CARLOS PACHANO	DESP. CARGA: JOSE RAMOS	FECHA: AGOSTO 2005	COORDINACION DE ESTUDIOS ECONOMICOS Y FINANCIEROS				S/E CHIVACOA 115/34.5 KV.	COORDINACION DE TRANSMISION YARACUY

Anexo A.14

## TURBOGENERADOR SATURNO



### NOTAS

(a) ESTOS MOTORES PUEDEN SER 230 /460 VOLTIOS RECONECTABLE) 60hz, 3Ø, o 380 VOLTIO, 3Ø 50 hz

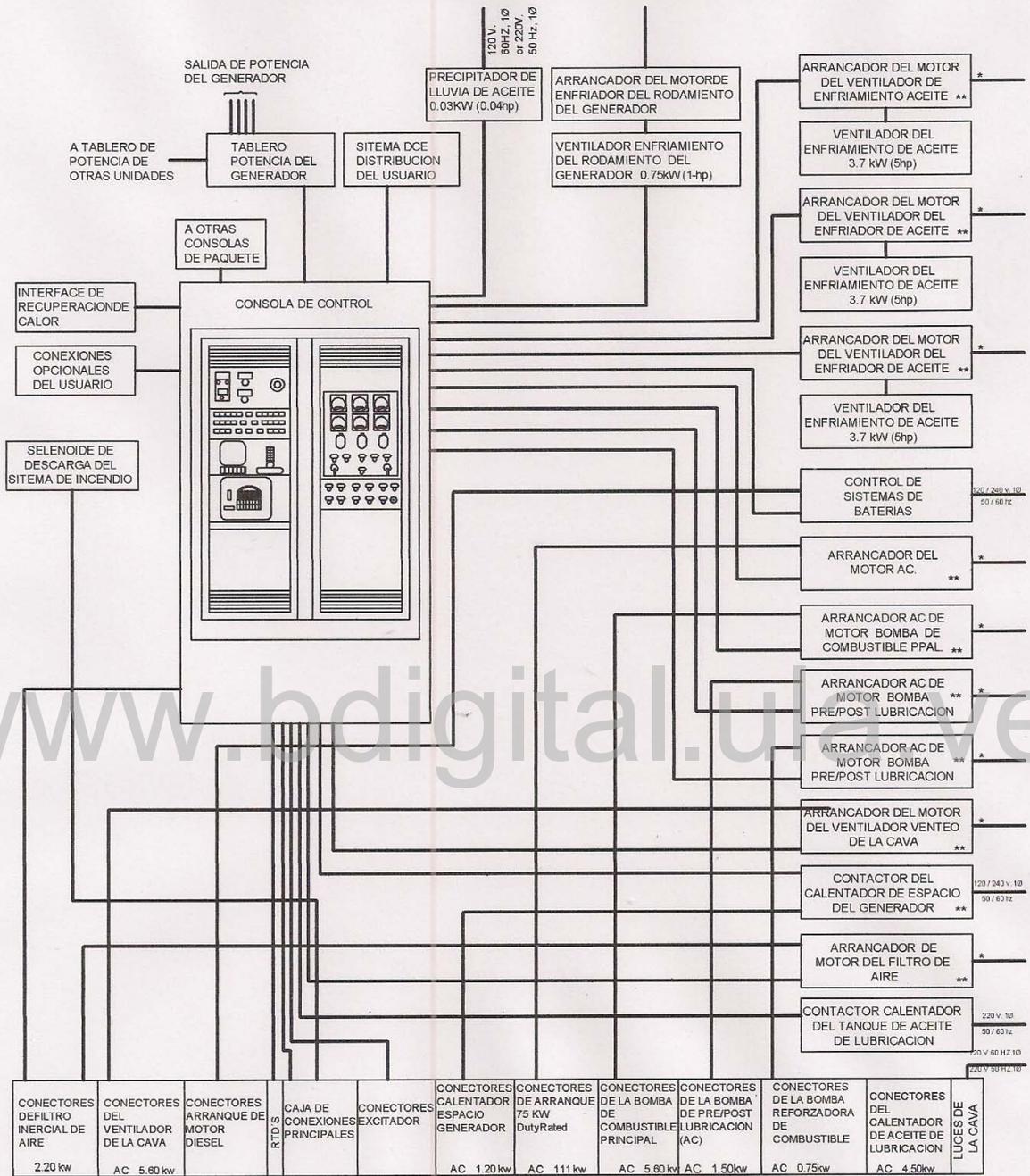
(b) REQUERIDO CON ENFRIADOR DE ACEITE FUERA DEL PATIN

(b) TODOS LOS MOTORES DE ARRANQUE SON SUPLIDOS POR EL USUARIO Y DEBEN TENER BOBINA DE 24 VCD

(b) REFERIRSE AL TAMAÑO Y CANTIDADES DE CABLES COMO INDICADO POR EL DESIGNADO DE CORRIDA (i.e A.B.C. etc.)

### Anexo A.15

### TURBOGENERADOR CENTAURO

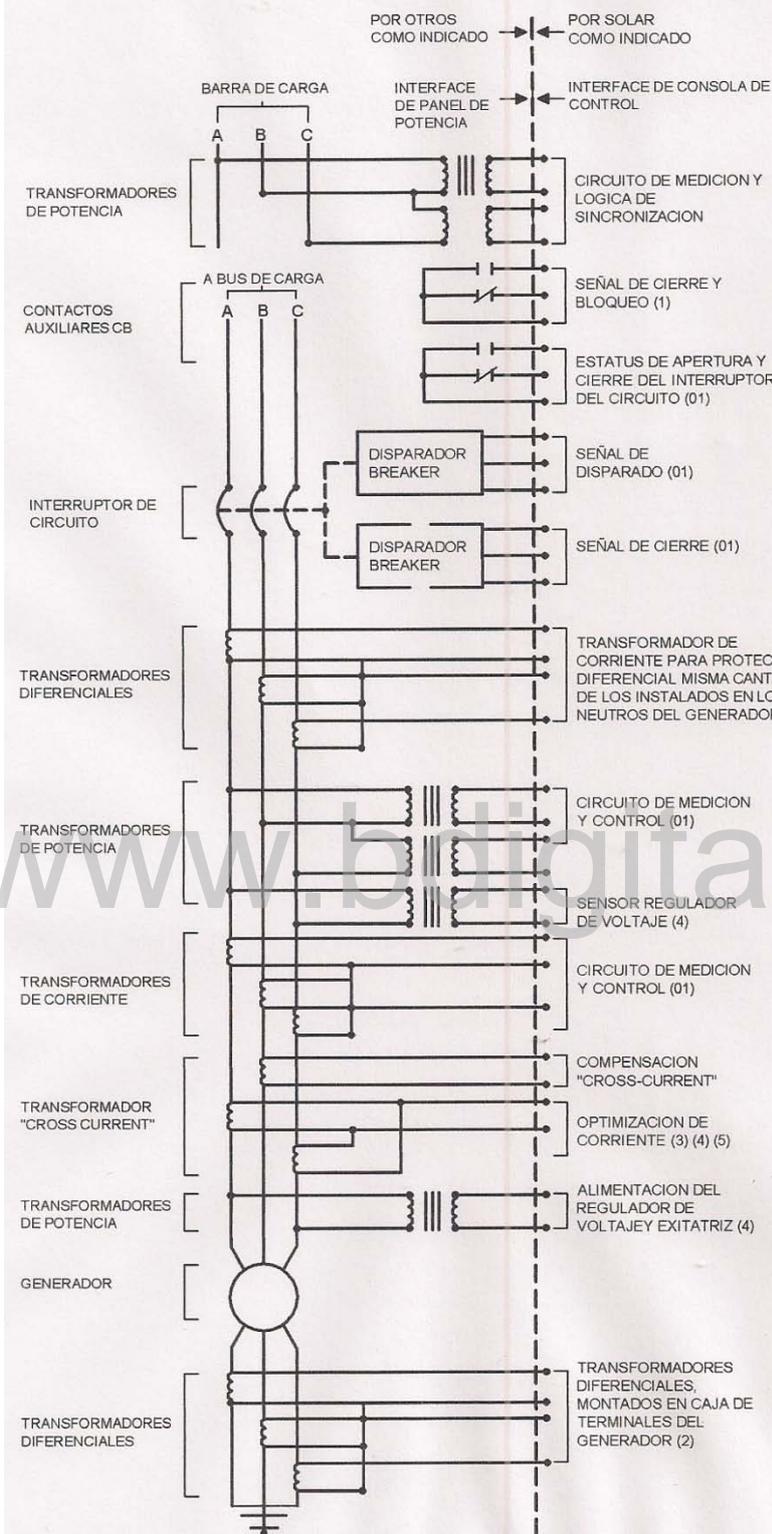


NOTAS: \* Estos motores AC pueden ser: 230 / 460 voltios (reconectables) 60hz 3Ø o 380 voltios. 50 Hz.  
se suplén dos enfriadores para temperatura ambiente menores a 43°C (110°F) otros enfriadores para temperatura ambiente hasta 60°C (140°F)

: \* Cuando los arrancadores de motores de arranque son suplidos por el usuario, deben traer una bobina inductiva de 24 VCD o 120 VCA de 1.50 amp.

Anexo A.16

## DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y CONTROL DEL GENERADOR



### NOTAS

(1) Estos instrumentos típicos de control e indicación son suplidos por solar con el panel de medición eléctrica opcional.

(2) Si se especifica protección de corriente diferencial, solar debe ser avisado con el fin de determinar el tamaño apropiado de la caja terminal del generador para acomodar los transformadores de corriente requeridos. El comprador puede suplir los transformadores a solar para montaje en la caja terminal del generador a un costo adicional.

(3) El transformador de optimización de corriente es provisto por Solar para su instalación en el panel de potencia por el usuario. los demás transformadores son provistos por el usuario

(4) El regulador de voltaje es provisto de solar con el paquete básico y esta situado en la consola de control de paquete turbogenerador.

(5) No se requiere con un sistema de excitación tipo PMG.

**Anexo A.17**