

**CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE LA PLANTA
TERMOGUAJIRA, USANDO LA NORMA ISO 50001:2011**

WILLIAM GONZÁLEZ COQUEL

EDGAR MONTERROZA TORRES

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARTAGENA D.T Y C**

2012

**CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE LA PLANTA
TERMOGUAJIRA, USANDO LA NORMA ISO 50001:2011**

WILLIAM GONZÁLEZ COQUEL

EDGAR MONTERROZA TORRES

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista

Director:

ING. LUIS EDUARDO RUEDA RINCÓN
Ingeniero Electricista

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARTAGENA D.T Y C

2012

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena D.T. y C., Septiembre de 2012

Agradecemos a Dios y a Todas las personas que con su apoyo, consejos y voz de aliento hicieron posible que este trabajo se llevara a cabo. Éste estudio se realizó Gracias a la colaboración de nuestras familias, del personal de Gecelca y de los profesores de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

¡Infinitas gracias!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero que todo a Dios por darme la sabiduría, fortaleza, paciencia y perseverancia para alcanzar este gran logro en mi vida. A mis padres en especial a mi madre por todo ese esfuerzo, apoyo incondicional, por siempre creer en mí y por motivarme para alcanzar mis metas. A mi hermana que siempre me tendió la mano incondicionalmente y por los sacrificios que hizo para que yo pudiera ser un profesional.

Gracias a mis profesores y todas esas personas que compartieron sus conocimientos; En general agradezco a todos aquellos que aportaron su granito de arena a lo largo de este camino y que gracias a ellos hoy soy un profesional y una mejor persona.

William Enrique Gonzalez Coquel

CONTENIDO

RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN.....	12
1. GENERALIDADES.....	14
1.1 PROTOCOLO DE KYOTO	15
1.2 ACUERDO DE COPENHAGUE	16
1.3 NORMA ISO 14001	16
1.4 NORMA ISO 50001	17
1.5 NORMATIVA VIGENTE EN COLOMBIA.....	18
2. ENCUESTA DE IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	20
2.1 INFORMACIÓN GENERAL DE TERMOGUAJIRA.....	20
2.2 INFORMACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	22
2.3 INFORMACIÓN TÉCNICA.....	26
3. ANÁLISIS DE BRECHAS ISO 50001:2011	29
3.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE BRECHAS ISO 50001:2011	29
3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE BRECHAS	30
4. CENSO DE CARGA EN LA EMPRESA	33
4.1 CENSO DE CARGA UNIDAD 1.....	34
4.2 CENSO DE CARGA UNIDAD 2.....	37
4.3 ENERGÍA NO ASOCIADA A LA PRODUCCIÓN.....	40
5. CARACTERIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	43
5.1 HERRAMIENTAS PARA ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	43
5.1.1 Gráfico de Consumo – Generación (E Vs P).....	43
5.1.2 Gráfico de Consumo – Generación Meta (E Vs P Meta).....	48

5.1.3	Diagrama de Índice de Consumo – Generación (Ic Vs P).....	52
5.1.4	Gráfico de Tendencia o de Sumas Acumulativas (CUSUM)	55
5.1.5	Diagrama de Pareto	57
6.	DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES.....	62
	CONCLUSIONES	67
	ANEXO A.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista nocturna de la Planta Termogujira.	20
Figura 2. Vista exterior de la Caldera Unidad 1.	23
Figura 3. Ciclo cerrado de Vapor.	24
Figura 4. Sistema de Carbón.	25
Figura 5. Vista del patio de carbón.	26
Figura 6. Vista del turbo-generador de la Unidad 1.	27
Figura 7: Consumo por Grupo de Equipos Unidad 1	37
Figura 8: Consumo por Grupo de Equipos Unidad 2	40
Figura 9. Gráfico de Consumo Vs Generación de la Unidad 1	46
Figura 10. Gráfico de Consumo Vs Generación de la Unidad 2	46
Figura 11. Gráfico Meta de Consumo Vs Generación de la Unidad 1	50
Figura 12. Gráfico Meta de Consumo Vs Generación de la Unidad 2	50
Figura 13. Índice de Consumo Vs Generación Unidad 1	53
Figura 14. Índice de Consumo Vs Generación Unidad 2	54
Figura 15. Gráfico de Tendencia (CUSUM) Unidad 1	56
Figura 16. Gráfico de Tendencia (CUSUM) Unidad 2	56
Figura 17. Diagrama de Pareto Unidad 1	59
Figura 18. Diagrama de Pareto Unidad 2	61

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Información General de la empresa.....	21
Tabla 2: Numero de trabajadores por turno de trabajo.	22
Tabla 3: Principales características para cada una de las unidades.....	28
Tabla 4: Análisis de brechas ISO 50001:2011	30
Tabla 5: Potencias asociadas a los motores de 6,9KV de la Unidad 1	35
Tabla 6: Energía utilizada de los equipos de la tabla 5.....	36
Tabla 7: Potencias asociadas a los motores de 6,9KV de la Unidad 2.....	38
Tabla 8: Energía utilizada de los equipos de la tabla 7.....	39
Tabla 9: Censo de luminarias Unidad 1.....	41
Tabla 10: Censo de luminarias Unidad 2.....	42
Tabla 11: Censo de luminarias Áreas Compartidas de la Planta.....	42
Tabla 12: Datos de Consumo y Generación de la Unidad 1 y Unidad 2.....	44
Tabla 13: Consumo porcentual de los equipos de la Unidad 1	58
Tabla 14: Consumo porcentual de los equipos de la Unidad 2.....	60

RESUMEN

En el presente trabajo de grado se realiza una caracterización, y posterior diagnóstico, de la energía eléctrica en la empresa Gecelca S.A. E.S.P. A partir de éste estudio se podrá implementar un sistema de gestión energético en su primera fase, que irá evolucionando según las necesidades de la empresa. El estudio consta de cinco etapas, las cuales ayudan a determinar el estado inicial de los consumos de energía eléctrica en Gecelca.

La primera etapa consiste en realizar una encuesta llamada “Encuesta de identificación y descripción de la empresa, la cual ayuda a establecer e identificar las actividades y procesos realizados por Gecelca. Esta encuesta es el primer paso del estudio, y en ella se da información general de la empresa, así como los horarios e información técnica de la misma.

Seguidamente se realiza un “Análisis de brechas ISO 50001”, por medio del cual se puede evidenciar el estado actual de la gestión energética en Gecelca según la Norma ISO 50001. Esta etapa se lleva a cabo con la colaboración de un representante de la gerencia, que conozca el proceso o los procesos realizados en Gecelca.

Luego se ejecuta la tercera etapa que corresponde a la “Realización del censo de carga en la empresa”, en la cual se determinan los equipos que consumen el 80% de la energía eléctrica utilizada en el proceso de generación. Este censo también se realiza para conocer con mayor detalle cada una de las máquinas que hacen parte importante del proceso de generación en Gecelca.

La siguiente etapa corresponde a la “Caracterización de la eficiencia energética de la empresa”, en la cual se obtiene información del estado actual de los consumos de energía eléctrica relacionados con la generación. Además se determinan

posibles anomalías en el comportamiento de los consumos a través del tiempo comparando generación y consumos del pasado con los actuales o los más recientes, identificando mejoras o desaciertos en las políticas de generación o de mantenimiento tomadas en el pasado. En esta etapa se obtienen gráficos de consumo vs generación, índice de consumo vs generación, Pareto y CUSUM; los cuales permiten un posterior análisis de los consumos de Gecelca.

Por último se realiza la etapa de “Diagnóstico energético”, en la cual se desarrollan las propuestas y recomendaciones para mejorar el uso de la energía eléctrica sin que el proceso de generación se vea afectado. Dichas propuestas se explican detalladamente para facilitar la implementación de las mismas en la empresa.

INTRODUCCIÓN

Los efectos del calentamiento global y los efectos de la globalización cada día exigen a las empresas una mayor competitividad, donde se necesita tener un control de los costos de los procesos ya sea de la fabricación de un producto o en nuestro caso, de generación eléctrica.

En la industria hay consumos energéticos, correspondientes a las actividades laborales que se desarrollan. Estos consumos permiten el funcionamiento de equipos para la producción, oficinas o áreas de una empresa; además corresponden un gasto económico y un impacto ambiental, que puede reducirse implementando un sistema de gestión energética (SGEn).

La empresa Gecelca S.A. ESP, tiene la necesidad de implementar un SGEn que le permita disminuir costos en el consumo de energía eléctrica y el impacto ambiental asociado al proceso de generación, sin afectar dicho proceso. Éste sistema se basa en la Norma ISO 50001, la cual permite establecer, en las organizaciones o empresas, los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía.

La principal intención es realizar la caracterización y el diagnóstico energético en Gecelca para que se pueda implementar un Sistema de Gestión Energética (SGEn), el cual permita disminuir costos de energía eléctrica y el impacto ambiental.

Actualmente el control de los consumos de energía eléctrica en la empresa no ha sido una prioridad. Al no monitorear estos consumos, se desconoce la eficiencia de áreas significativas de consumo en la empresa y se dificulta la implementación de correctivos que permitan mejorar el uso de la energía.

Un SGEEn podría lograr un uso más racional de energía eléctrica, para reducir el consumo de la misma sin perjudicar la calidad de la generación. Éste trabajo puede considerarse como el primer paso de Gecelca para conseguir los objetivos de tener un uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

Para éste estudio se utiliza como guía base el Manual de Procedimientos para la Caracterización y Diagnóstico Energético, desarrollado por el Grupo de Gestión Eficiente de Energía, KAI de la Universidad del Atlántico; dicho manual posee cinco etapas. La primera corresponde a una encuesta de identificación y descripción de la empresa; la segunda es un análisis de brechas ISO 50001; la tercera es realizar un censo de carga en la empresa; la cuarta es la caracterización de la eficiencia energética de la empresa; y la quinta etapa es un diagnóstico energético.

Lo que se busca con éste trabajo es identificar inicialmente el nivel de gestión de la organización, identificar el grado de control de los consumos eléctricos por parte de la empresa, identificar también los equipos de mayor consumo eléctrico en los cuales se debe concentrar la mayor atención para reducir los consumos, establecer unas metas para el cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 50001 y finalmente establecer unas metas de reducción de costos a partir de datos históricos de consumo. Estos son los primeros pasos para la implementación de un Sistema de Gestión Energética.

1. GENERALIDADES

Actualmente el mundo enfrenta un desafío, que es la lucha contra el cambio climático. Y una de las razones por las que existe ese desafío es la forma como se está generando la energía.

En el acuerdo de Copenhague, los países que asistieron, se comprometieron a disminuir gases de efecto invernadero para que el aumento de la temperatura global se mantuviera por debajo de los 2°C. Sin embargo, hasta la fecha, dicho acuerdo no parece tener ningún resultado significativo en las políticas de cada país.

El incumplimiento del acuerdo de Copenhague puede traer consecuencias irreparables tales como, derretimiento de capas de hielo, aumento en el nivel del mar, sequías, inundaciones, desplazamientos causados por los niveles del mar, entre otras. Para evitar que sucedan estos daños es necesario cambiar la forma como se produce, consume y distribuye la energía. Por esta razón el uso eficiente de la energía es sumamente importante.

Anterior al acuerdo de Copenhague, se firmó el protocolo de Kyoto por parte de los países industrializados. En dicho protocolo se comprometieron a reducir o limitar emisiones de gases de efecto invernadero en el período comprendido entre 2008 y 2012, sin embargo los resultados siguen siendo preocupantes hasta la fecha.

Es necesario que los gobiernos estén más comprometidos con el impacto ambiental existente en cada nación. Los países deben dirigir sus esfuerzos en las actividades industriales que se presentan en sus territorios, ya que en el sector industrial es donde se concentra el mayor daño al medio ambiente. La contaminación puede ser reducida y la energía puede tener un mejor uso, siempre

y cuando se apliquen normas internacionales vigentes, tales como la ISO 14001 y la ISO 50001.

La empresa Gecelca S.A. E.S.P. fomenta y apoya la protección ambiental y la prevención de la contaminación en equilibrio con las necesidades socioeconómicas. Además alienta el desarrollo y la difusión de tecnologías respetuosas al medio ambiente. Éste compromiso social y ambiental permite que la empresa inicie un estudio de los consumos de energía eléctrica, para hacer uso racional y eficiente de este tipo de energía.

Debido a la magnitud de la empresa, Gecelca ha decidido iniciar la implementación de su sistema analizando primero la energía eléctrica. Posteriormente, la empresa, realizara un análisis parecido para los otros tipos de energía que se utilizan. Para poder implementar un sistema de gestión energética, la empresa tendrá en cuenta las normas internacionales vigentes, así como las normativas vigentes en Colombia.

1.1 PROTOCOLO DE KYOTO

El protocolo de Kyoto es un acuerdo internacional que consiste en promover el desarrollo sostenible y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Éste protocolo dice que los países deben fomentar la eficiencia energética en sectores correspondientes a la economía nacional. De igual forma se deben elaborar políticas y medidas de protección y mejora de los sumideros de los gases de efecto invernadero.

El acuerdo da mucha importancia a tener una buena comunicación entre los gobiernos y la industria, que permitan promover medidas de investigación, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía.

Los países comprometidos con la reducción de gases de efecto invernadero y comprometidos con el uso eficiente de la energía deberán demostrar que se han tomado medidas para proteger el medio ambiente sin que haya repercusiones sociales ni económicas.

1.2 ACUERDO DE COPENHAGUE

En éste acuerdo se señala que el cambio climático es uno de los mayores desafíos de la actualidad. Además se resalta la urgencia de abordar esta situación con compromiso aceptando y respetando las necesidades y prioridades de cada país. Sin embargo, todos deben contribuir al objetivo principal del acuerdo. Éste objetivo consiste en evitar que el aumento de la temperatura global no sobrepase los 2°C.

1.3 NORMA ISO 14001

Las empresas desean controlar el impacto ambiental que pueden ocasionar sus actividades o servicios. Ésta necesidad es cada vez más evidente y esto se debe, en gran parte, a las exigencias impuestas por los gobiernos que desean fomentar un desarrollo sostenible, sin dañar el medio ambiente.

Actualmente algunas organizaciones solo hacen revisión de sus actividades para ver que tanto afectan el entorno. Lamentablemente estas empresas solo se quedan en la revisión y no toman las medidas necesarias para controlar o reducir la contaminación causada.

La Norma internacional ISO 14001 proporciona los elementos necesario para implementar un sistema de gestión ambiental, a través del cual una empresa u organización logre mantener o mejorar su economía sin afectar el entorno. Esta norma se ajusta a todo tipo de empresa y su objetivo principal es la protección del

medio ambiente y prevenir la contaminación. La norma se fundamenta en la metodología PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), la cual permite tener un control ambiental que varía de acuerdo a las necesidades de la empresa, a través de indicadores cuantitativos y cualitativos que son observados periódicamente.

Los elementos de la norma ISO 14001 pueden alinearse o integrarse con los de otros sistemas de gestión, esto sucede en el caso de que la empresa implemente otros sistemas integrales. La idea no es que la norma evite algún otro tipo de gestión en una empresa, sino que sea flexible y adaptable a las necesidades de la misma.

Las organizaciones pueden darle un enfoque al sistema ambiental que podría considerar emisiones a la atmosfera, vertidos al agua, descargas al suelo, uso de materias primas y recursos naturales, uso de energía, análisis de la energía emitida (calor, radiación, vibraciones) o residuos y subproductos. Todo esto depende de las necesidades de la empresa.

1.4 NORMA ISO 50001

Las empresas desean controlar el consumo de energía propio de sus actividades o servicios. Ésta necesidad es cada vez más evidente y esto se debe, en gran parte, a las exigencias impuestas por los gobiernos que desean fomentar un desarrollo sostenible, sin hacer mal uso de la energía y de los portadores que la generan.

Actualmente algunas organizaciones se olvidan de la importancia de controlar el consumo energético. Estas organizaciones solo hacen revisión de sus actividades para ver si cumplen con la producción requerida. Lamentablemente la mayoría de los portadores energéticos son recursos no renovables, por lo tanto es sumamente importante hacer uso racional y eficiente de ellos. Además hay que velar por el

cuidado del medio ambiente reduciendo los consumos energéticos sin que la actividad productiva se vea afectada.

La Norma internacional ISO 50001 proporciona los elementos necesario para implementar un sistema de gestión energética, a través del cual una empresa u organización logre mantener o mejorar su economía sin afectar su producción.

Ésta norma se ajusta a todo tipo de empresa y se fundamenta en la metodología PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), la cual permite tener un control del consumo a través de actividades o correctivos propuestos a la empresa. Además se utilizan indicadores cuantitativos y cualitativos que son observados periódicamente.

Los elementos de la norma ISO 50001 pueden alinearse o integrarse con los de otros sistemas de gestión, esto sucede en el caso de que la empresa implemente otros sistemas integrales. La idea no es que la norma evite algún otro tipo de gestión en una empresa, sino que sea flexible y adaptable a las necesidades de la misma.

1.5 NORMATIVA VIGENTE EN COLOMBIA

En Colombia el compromiso del estado de hacer uso racional y eficiente de la energía es cada vez mayor. El gobierno, a través de la UPME, Colciencias, la Universidad del Atlántico y la Universidad Autónoma de Occidente, ha adelantado estudios de éste tipo y además han proporcionado información gratuita para toda aquella empresa o persona que desee controlar sus consumos energéticos.

Actualmente en Colombia existe la ley 697 de 2001 que declara asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, el uso racional y eficiente de la energía así como el uso de fuentes energéticas no convencionales; esta ley impone la

necesidad de expedir la reglamentación necesaria para garantizar que el país cuente con una normativa que permita el uso racional y eficiente de los recursos energéticos existentes en el territorio nacional.

Adicionalmente, en Colombia existe el decreto 3683 de 2003 el cual reglamenta el uso racional y eficiente de la energía de tal manera que se tenga la mayor eficiencia energética. Y el decreto 3450 de 2008 dice que las bombillas tradicionales (incandescentes) deben ser remplazadas por bombillas ahorradoras disponibles en el mercado.

2. ENCUESTA DE IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Para implementar un Sistema de Gestión Energética, es necesario determinar el estado inicial de la misma en la empresa. Esto se logra realizando una “Encuesta de identificación y descripción de la empresa (establecimiento, instalaciones, entorno y antecedentes)”, en la cual se obtienen una identificación clara de las actividades que realiza la empresa.

2.1 INFORMACIÓN GENERAL DE TERMOGUAJIRA

La GENERADORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA DEL CARIBE S.A ESP – GECELCA, es una empresa de servicios públicos mixta, de nacionalidad colombiana, constituida como sociedad por acciones, del tipo de las anónimas, sometidas al régimen de los servicios públicos domiciliarios y que ejercen sus actividades dentro del ámbito del derecho privado como empresario mercantil.

Figura 1. Vista nocturna de la Planta Termoguajira.



Fue creada según escritura pública No 747 del 6 de Abril de 2006 e inició operación comercial en el mercado de energía mayorista del sector eléctrico Colombiano el primero (1°) de Febrero de 2007, dándole continuidad al proceso

comercial y de consolidación de la antigua CORELCA, con una estructura financiera más holgada y una cultura corporativa centrada en el negocio, sin tener que dedicar esfuerzo empresarial a otras tareas.

El 1 de febrero de 2007 se inició la operación comercial de GECELCA, sustituyendo a la Corporación Eléctrica de la Costa Atlántica S.A. ESP. – CORELCA, en el mercado de energía mayorista con sus correspondientes derechos y obligaciones, teniendo en cuenta que CORELCA capitalizó en GECELCA, los activos y algunos pasivos asociados a las actividades de generación y comercialización de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional, mediante el aporte en especie de los mismos y a cambio de acciones de GECELCA a nombre de CORELCA.

En la tabla 1 se presenta la información correspondiente a la empresa:

Tabla 1: Información General de la empresa.

RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA	Gecelca S.A. E.S.P.
RUT	
LOGO	
REPRESENTANTE LEGAL	Andrés Yabrudy
DIRECCIÓN	A ochenta Kilómetros sobre la Troncal del Caribe.
NÚCLEO URBANO	Corregimiento de Mingueo, Municipio de Dibulla, Departamento de la Guajira.
REGIÓN	Caribe
CÓDIGO POSTAL	57
TELÉFONO	(5) 3303000 – (5) 3303200
FAX	(5) 3303011
WEB	www.gecelca.com.co
E-MAIL	contactenos@gecelca.com.co

En la planta Termoguajira, el número de días de trabajo a la semana son 8, es decir, de Lunes a Domingo. Adicionalmente hay tres turnos diferentes, los cuales se muestran en la tabla 2 con sus horarios correspondientes y el número de trabajadores.

Tabla 2: Numero de trabajadores por turno de trabajo.

TURNOS		N° DE TRABAJADORES	HORARIOS			
3 TURNOS	1°	84	De	8:00AM	A	4:30PM
	2°	6	De	6:00AM	A	6:00PM
	3°	6	De	6:00PM	A	6:00AM

En Gecelca se realizan paradas regulares que corresponden al mantenimiento de alguna de las dos unidades de la planta. El número de paradas que se realizan al año son de aproximadamente dos para cada unidad. La empresa realiza periódicamente actividades de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.

2.2 INFORMACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

En Gecelca existen varios subprocesos que constituyen el proceso de generación de la central termoeléctrica, sin embargo para mayor comprensión del proceso éste será explicado a través del ciclo cerrado de vapor (RANKINE) de la figura 3 y del sistema de carbón de la figura 4.

La captación de agua dulce se realiza en el rio cañas, ubicado en el corregimiento de Mingueo. El agua pasa por un proceso de desmineralización para luego ser almacenada en el **Tanque de agua desmineralizada**. A través de las **Bombas de agua de alimentación**, el agua desmineralizada es conducida a la **Caldera**. En la Caldera se realiza la combustión necesaria para tener vapor sobrecalentado.

El vapor se dirige a la **Turbina de alta presión** y posteriormente a la **Turbina de media presión** y **Turbina de baja presión**. Luego el vapor se dirige al **Condensador** para convertirlo nuevamente en agua. El agua, que se encuentra en el Condensador, es dirigida nuevamente a la Caldera. Todo el vapor que pasa por las turbinas es aprovechado por la planta en los **Calentadores** que son los que se encargan de ir precalentando el agua antes de entrar a la Caldera.

Las tres turbinas tienen un eje en común, el vapor que entra en ellas hace girar el rotor del generador donde se genera la Energía eléctrica a una tensión de 13800V. Para el proceso de transmisión, existe una subestación que eleva la tensión de 13,8KV a 220KV, la conexión entre el generador y el transformador de la subestación se hace por medio de barras.

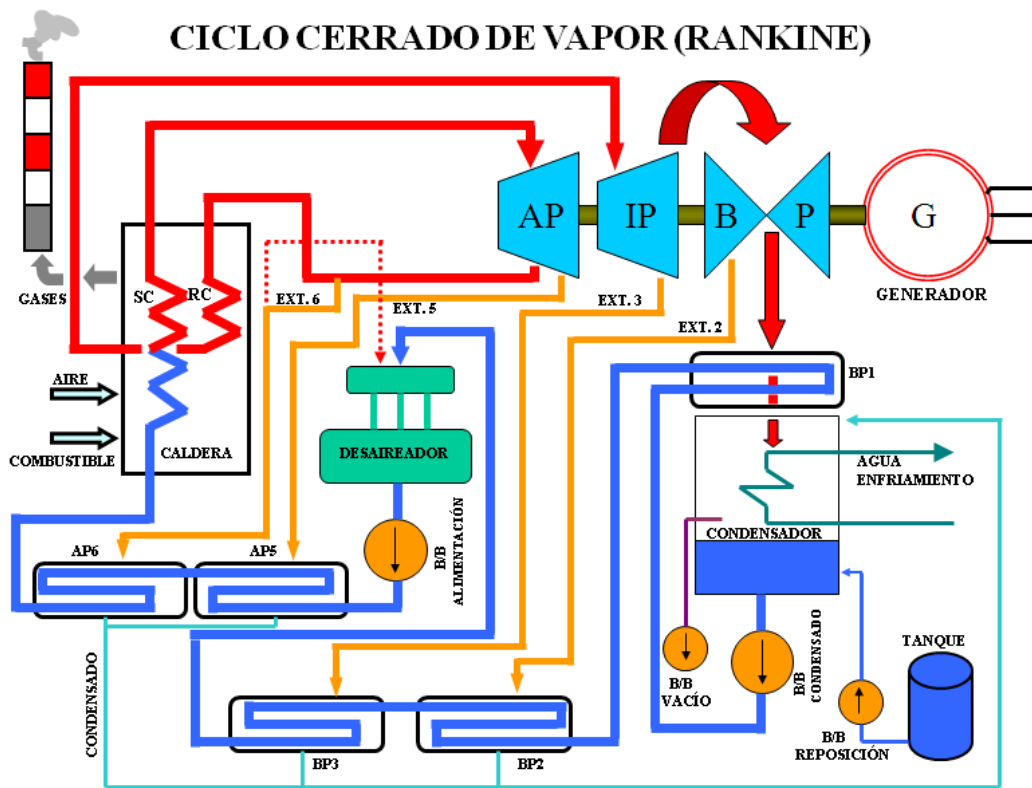
Figura 2. Vista exterior de la Caldera Unidad 1.



En la figura 2 se aprecia la Caldera de la Unidad 1 de la planta.

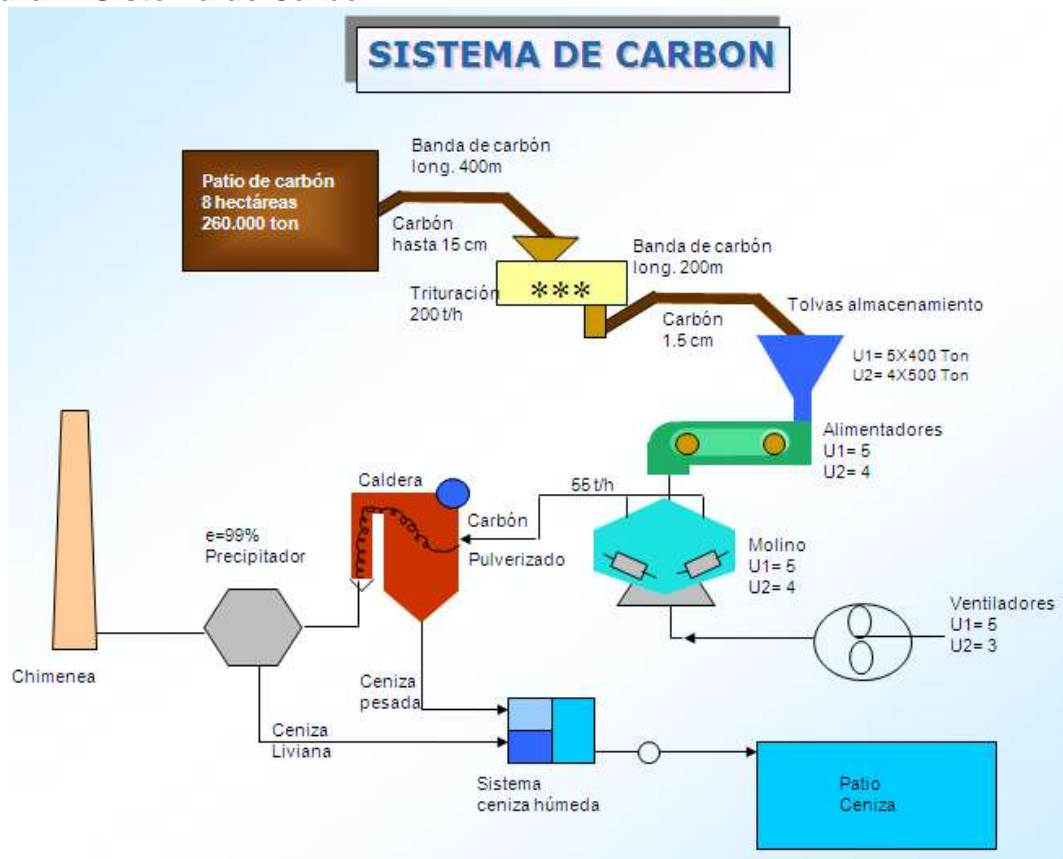
El agua de enfriamiento utilizado en el Condensador es obtenida del mar y las bombas de reposición son utilizadas siempre y cuando haya pérdidas de agua en cada una de las etapas del proceso de generación.

Figura 3. Ciclo cerrado de Vapor.



En Gecelca se almacena el carbón en el **patio de carbón**, mostrado en la figura 5. Cuando se desea generar con carbón, éste es dirigido a través de una banda transportadora desde el patio de carbón hacia la **casa de trituración** donde es triturado para luego ser llevado a las **tolvas de almacenamiento**, en éste lugar los **alimentadores** se encargan de controlar la cantidad de carbón que va hacia los **molinos**, según sea la necesidad de generación.

Figura 4. Sistema de Carbón.



En los molinos el carbón es pulverizado y posteriormente dirigido a la **caldera** para que pueda hacerse la combustión. Finalmente el humo pasa por los **precipitadores electrostáticos** antes de salir por la **chimenea**. Los precipitadores son usados para evitar que la ceniza salga por la chimenea, y no contaminar el medio ambiente.

Tanto para el proceso de arranque y cuando no se esta generando, los equipos se alimentan por medio del transformador de arranque que esta conectado al circuito de Gecelca 13800V. Una vez que se esta generando, se hace el switcheo con el transformador auxiliar que esta conectado al generador.

Figura 5. Vista del patio de carbón.



2.3 INFORMACIÓN TÉCNICA

La planta, ubicada en el corregimiento de Mingueo, Guajira, está conformada por dos unidades turbo vapor Mitsubishi de 151 MW, con capacidad para generar con gas natural y carbón. La unidad 1 de la central Termoguajira entró en operación comercial en el año de 1983 y la unidad dos entro en servicio en el año de 1987, todo esto cuando la empresa aún se llamaba Corelca.

La generación puede ser por medio de gas o carbón o ambos combustibles; por confiabilidad y ahorro, se genera más con carbón debido a que se tiene una capacidad de almacenamiento para 30 días en generación continua y se produce un ahorro del 25% frente a la generación por gas.

Las características de la calera, del generador y la turbina, propias de cada unidad, se pueden apreciar en la tabla 3. El generador puede operar exitosamente dentro de 95-105% de la tensión de terminal asignada a los KVA asignados y a la frecuencia asignada.

De igual forma el generador puede operar exitosamente dentro de 95-105% de la frecuencia de terminal asignada a los KVA asignados y a la tensión asignada. El sistema de refrigeración interna del generador, está diseñado para eliminar el calor directamente de los conductores del estator y del rotor debido al paso de Hidrogeno (H₂) por unos orificios.

Figura 6. Vista del turbo-generador de la Unidad 1.



Las características propias a cada unidad se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Principales características para cada una de las unidades.

CENTRAL TERMOGUAJIRA CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES		
Características de la Turbina	Unidad 1	Unidad 2
Capacidad Nominal	162.000 KW	162.000 KW
Capacidad Máxima	168.200 KW	168.200 KW
Velocidad	3.600 RPM	3.600 RPM
Temperatura del Vapor de Alimentación	538 °C	538 °C
Características del Generador	Unidad 1	Unidad 2
Capacidad	202.500 KVA	191.500 KVA
Tensión	13.800 V	13.800 V
Corriente	8.742 A	8.742 A
Factor de Potencia	0,85	0,85
Fases	3	3
Frecuencia	60 Hz	60 Hz
Velocidad	3.600 rpm	3.600 rpm
Polos	2	2
Conexión estator	Y	Y
Aislamiento	Clase B	Clase B
Voltaje de Excitación	320 V	320 V
Corriente de campo	1.400 A	1.400 A
Potencia Activa	172.125 KW	162.775 KW
Enfriamiento	Hidrógeno a 30 psig	Hidrógeno a 30 psig
Características de la Caldera	Unidad 1	Unidad 2
Hogar	Balanceado	Balanceado
Quemadores de gas tangenciales en 4 elevaciones	16	8 duplex
Molinos de carbón	5	4
Ventiladores de tiro forzado	2	2
Ventiladores de tiro inducido	2	2
Bombas de agua de alimentación	330 tons/hora cada bomba	330 tons/hora cada bomba
Eficiencia (gas)	90,5%	90,5%
Consumo de gas	992.000 m ³ /día (turbina a plena carga)	992.000 m ³ /día (turbina a plena carga)
Consumo de carbón	1.200 tons/día (turbina a plena carga)	1.200 tons/día (turbina a plena carga)

3. ANÁLISIS DE BRECHAS ISO 50001:2011

La norma ISO 50001:2011 sobre “Sistemas de Gestión Energética” brinda las bases organizacionales para generar los mecanismos de una gestión dirigida a la reducción del consumo energético de sus operaciones, aumentando la rentabilidad y reduciendo el impacto ambiental asociado a la actividad industrial.

Los principales componentes de ésta norma orientan a la empresa para la formulación de una política, objetivos y metas para la eficiencia energética, destinar los recursos para el cumplimiento, documentar, revisar y hacer seguimiento de los resultados del sistema buscando siempre la mejora continua de los procesos.

Con éste análisis de brechas se busca determinar el estado actual de la gestión energética organizacional de forma cuantitativa, según los estándares de la Norma ISO 50001:2011, como parte de la etapa de Decisión Estratégica del Sistema de Gestión Integral de la Energía SGIE, que es preparatoria en los aspectos culturales, técnicos y organizativos previos a la implementación del sistema. Ésta etapa tiene por objetivo evaluar las condiciones estratégicas para la toma de decisiones y el direccionamiento organizacional del sistema.

3.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE BRECHAS ISO 50001:2011

En la tabla 4 se aprecian los ítems que hacen referencia a sectores o aspectos de la empresa que se relacionan entre sí. Estos ítems son evaluados y calificados respecto a la Norma ISO 50001. En el Anexo A se puede apreciar éste análisis de brechas con mayor detalle. La máxima calificación que puede obtener cada ítem es de 3.

Tabla 4: Análisis de brechas ISO 50001:2011

No	ANÁLISIS DE BRECHAS ISO 50001:2011	CALIFICACIÓN (1 a 3) 1=No Cumple 2=En Proceso 3=Cumple
A	GENERALES	1
B	GERENCIA	1,36
C	REPRESENTANTE DE LA GERENCIA	2
D	PLANIFICACIÓN	1,65
E	TALENTO HUMANO	1
F	COMPRAS	1,33
G	CONTROL OPERACIONAL	1
H	DOCUMENTOS Y REGISTROS	1,38
I	COMUNICACIÓN	2,5
J	VERIFICACIÓN	1,27
	CALIFICACIÓN PROMEDIO TOTAL DE LA EMPRESA	1,45

En el análisis de brechas, la empresa obtuvo una calificación promedio de 1,45 de un máximo de 3. En el siguiente ítem se hace un análisis para cada uno de los aspectos evaluados.

3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE BRECHAS

Luego de calificar a la empresa se realiza un análisis detallado para cada aspecto. Éste análisis es necesario para determinar la situación actual de las políticas energéticas e identificar acciones equivocadas que se han tomado en el pasado.

Generales: No existe un SGE de acuerdo con la norma ISO 50001. La empresa no ha documentado el alcance ni los límites de un SGE. No hay un sistema implementado y mucho menos hay un seguimiento de la eficiencia energética a través de indicadores.

Gerencia: Se ha mostrado el compromiso de apoyar un SGE, sin embargo no existe una política energética definida y documentada. Existe un apoyo al comprar productos y servicios energéticamente eficientes pero no existe una práctica o procedimiento de comunicación que permita involucrar a todas las personas que trabajan en la empresa.

Representante de la gerencia: Se ha designado una persona para asegurar que el SGE se logre establecer de acuerdo con la norma internacional ISO 50001. Sin embargo, esta persona aún no planifica actividades de gestión energética debido a que el sistema aún no se ha implementado.

Planificación: En la empresa se tienen identificados los equipos que afectan de manera significativa el uso y consumo de energía. Sin embargo, no existe una revisión energética y mucho menos un análisis de los equipos, sistemas, procesos e instalaciones, que ayuden a mejorar el desempeño energético. No existen indicadores de desempeño para medir la eficiencia energética. Y aún no se ha establecido un cronograma para lograr los objetivos y metas.

Talento humano: No se han identificado a las personas que afecten significativamente el desempeño energético. No hay una formación en cuanto a políticas energéticas por parte de los trabajadores de la empresa. Al no existir una política energética documentada, el personal no tiene una cultura energética clara.

Compras: Actualmente los nuevos productos que la empresa adquiere son seleccionados de tal forma que ayuden significativamente a mejorar la eficiencia energética. Sin embargo, no hay especificaciones definidas que permitan un mejor desempeño energético.

Control operacional: La empresa aún no ha identificado y mucho menos planificado las actividades de mantenimiento que están relacionados con el uso

significativo de la energía. No se han comunicado controles operacionales al personal que trabaja para, o en nombre de la empresa.

Documentos y registros: Existe información de consumos y generación pero dichos datos no están organizados para el seguimiento y el control del desempeño energético. Existen objetivos generales pero no existen planes de acción que ayuden a mejorar el desempeño energético.

Comunicación: Existe un mecanismo de comunicación interna con relación a la eficiencia energética pero aun no existe un SGE. La organización ha documentado su decisión de comunicar la información acerca de su eficiencia energética.

Verificación: No existe un monitoreo, una medición, un análisis y mucho menos un registro del desempeño energético. No existen indicadores de desempeño que permitan medir la eficiencia energética.

Hay pocos equipos de seguimiento y medición que provean datos precisos y repetitivos. En la empresa existen registros de los mantenimientos correctivos y preventivos que se realizan a cada uno de los equipos, sin embargo estos mantenimientos no están relacionados con el desempeño energético.

4. CENSO DE CARGA EN LA EMPRESA

En el ítem 2.3, se dijo que la Planta Termoguajira está conformada por dos unidades de generación; en cada una de estas unidades se realiza un censo de carga, para determinar el 20% de las máquinas que consumen alrededor del 80% de la energía eléctrica.

Para la toma de datos de los diferentes equipos, se implementan todas las medidas de seguridad, tales como el uso de los elementos de protección personal (EPP), conocer los niveles de tensión, identificar los equipos que se encuentran en funcionamiento y los que se encuentran en reserva.

A pesar de que la empresa es grande, ésta carece de medidores de energía para cada uno de los equipos tanto de media como de baja tensión, además tampoco cuenta con un analizador de redes.

El censo de carga se realiza a partir del barraje de 6,9KV. Cada una de las celdas del Switchgear cuenta con un amperímetro análogo donde se visualizan las corrientes de cada equipo y de los transformadores de 480V; éstas celdas no cuentan con medidores de energía ni mucho menos existe un sistema de monitoreo y registro automático de potencia.

Para obtener los datos de potencia activa de cada motor, se registraron los valores de corriente de los equipos conectados al Switchgear de cada Unidad de Generación, cuando se está generando a toda su capacidad. A continuación se detalla para cada Unidad el cálculo de la potencia activa y la energía asociada a cada equipo. Y por ultimo se hace un censo de carga general de la iluminación de la planta.

4.1 CENSO DE CARGA UNIDAD 1

Para la Unidad 1, se determina que el 20% de los equipos que consumen el 80% de la energía activa total, corresponden a los motores de media tensión. Estos motores se encuentran conectados al barraje de 6,9KV. Para el censo de carga no se tienen en cuenta los equipos de baja tensión debido a que su consumo no representa una cantidad considerable.

Las potencias asociadas a los equipos de 6.9KV se calculan de forma aritmética. Éstas potencias se calculan, conociendo la corriente de cada uno de los motores, la tensión del barraje al que se encuentran conectados y el factor de potencia al que trabajan es de 0,85.

Los resultados se encuentran registrados en la tabla 5 en donde también se observa la potencia de placa correspondiente a cada equipo.

Los equipos de la tabla 5 cuya potencia de medida es cero, son motores que normalmente están fuera de servicio debido a que estos se utilizan como reserva y los equipos de la tabla 5 cuya potencia de medida es diferente de cero, permanecen encendidos siempre y cuando se esté generando o se esté en proceso de arranque de la unidad.

La potencia de los Transformadores de Caldera (A y B) y los Transformadores de Turbina (A y B), son de 2MVA cada uno.

Tabla 5: Potencias asociadas a los motores de 6,9KV de la Unidad 1

BARRAJE 6,9KV	EQUIPO	POTENCIA DE PLACA [KW]	POTENCIA MEDIDA [KW]
A	Bomba de agua alimentación de caldera A	2250	0
	Bomba de agua alimentación de caldera C	2250	1829
	Pulverizador de carbón A	190	0
	Pulverizador de carbón C	190	122
	Ventilador aire primario A	300	0
	Ventilador aire primario C	300	213
	Ventilador tiro inducido A	910	813
	Ventilador tiro forzado A	660	508
	Bomba de condensado A	350	244
	Bomba de circulación de agua A	1000	1117
	Transformador Caldera A	---	16
	Transformador Turbina A	---	142
	Ventilador de aire de molino de sello A	200	0
B	Bomba de agua alimentación de caldera B	2250	2082
	Pulverizador de carbón E	190	0
	Pulverizador de carbón B	190	122
	Pulverizador de carbón D	190	0
	Ventilador aire primario E	300	0
	Ventilador aire primario B	300	264
	Ventilador aire primario D	300	0
	Ventilador tiro inducido B	910	914
	Ventilador tiro forzado B	660	477
	Bomba de condensado B	350	335
	Bomba de circulación de agua B	1000	0
	Transformador Caldera B	---	316
	Transformador Turbina B	---	348
Ventilador de aire de molino de sello B	200	188	

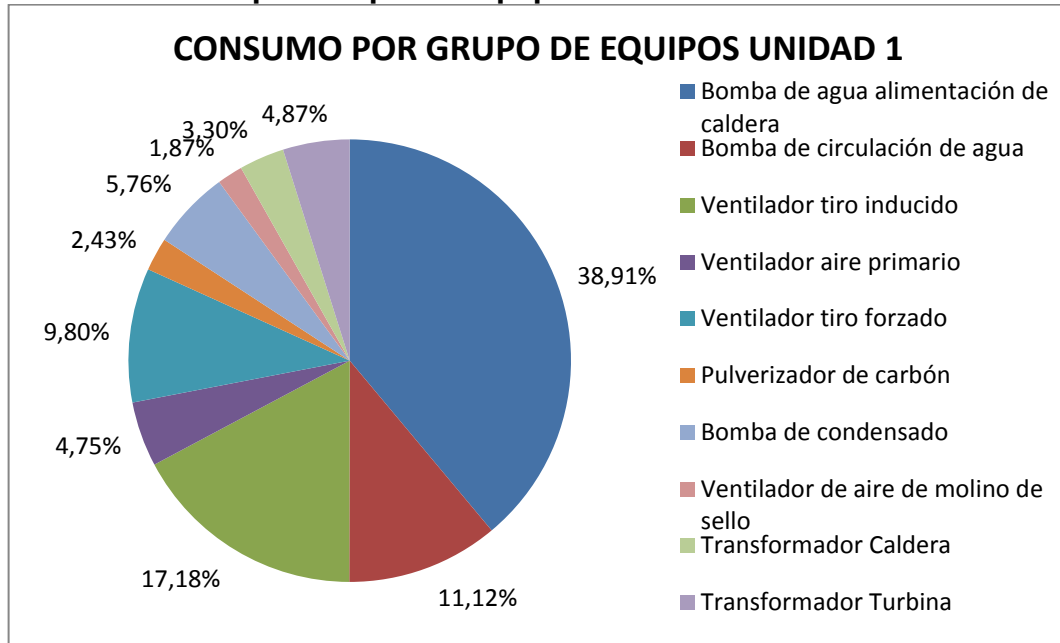
El consumo energético de estos equipos en un período de un día y de un mes (30 días) se aprecian en la columna 3 y 4 respectivamente, de la tabla 6.

Tabla 6: Energía utilizada de los equipos de la tabla 5.

EQUIPO	ENERGIA KWh	ENERGIA KWh/DÍA	ENERGIA KWh/MES
Bomba de agua alimentación de caldera A	0	0	0
Bomba de agua alimentación de caldera C	1.829	43.885	1.316.539
Pulverizador de carbón A	0	0	0
Pulverizador de carbón C	122	2.926	87.769
Ventilador aire primario A	0	0	0
Ventilador aire primario C	213	5.120	153.596
Ventilador tiro inducido A	813	19.504	585.128
Ventilador tiro forzado A	508	12.190	365.705
Bomba de condensado A	244	5.851	175.538
Bomba de circulación de agua A	1.117	26.818	804.551
Transformador Caldera A	16	379	11.373
Transformador Turbina A	142	3.412	102.360
Ventilador de aire de molino de sello A	0	0	0
Bomba de agua alimentación de caldera B	2.082	49.980	1.499.391
Pulverizador de carbón E	0	0	0
Pulverizador de carbón B	122	2.926	87.769
Pulverizador de carbón D	0	0	0
Ventilador aire primario E	0	0	0
Ventilador aire primario B	264	6.339	190.167
Ventilador aire primario D	0	0	0
Ventilador tiro inducido B	914	21.942	658.269
Ventilador tiro forzado B	477	11.459	343.763
Bomba de condensado B	335	8.046	241.365
Bomba de circulación de agua B	0	0	0
Transformador Caldera B	316	7.582	227.467
Transformador Turbina B	348	8.340	250.213
Ventilador de aire de molino de sello B	188	4.510	135.311

La energía asociada a los equipos se aprecia en la figura 7; en donde se observa que las bombas de agua de alimentación de calderas consumen el 38,91% del consumo total, seguido de los ventiladores de tiro inducido con el 17,18%.

Figura 7: Consumo por Grupo de Equipos Unidad 1



4.2 CENSO DE CARGA UNIDAD 2

Así como en la Unidad 1, para la Unidad 2 también se determina el 20% de los equipos que consumen el 80% de la energía activa total, los cuales corresponden a los motores de media tensión. Estos motores se encuentran conectados al barraje de 6,9KV. Como sucede en la Unidad 1, para el censo de carga no se tienen en cuenta los equipos de baja tensión debido a que su consumo no representa una cantidad considerable.

Las potencias asociadas a los equipos de 6,9KV se calculan de forma aritmética. Éstas potencias se calculan conociendo la corriente de cada uno de los motores, la tensión del barraje al que se encuentran conectados y el factor de potencia al que trabajan es de 0,85. Los resultados se encuentran registrados en la tabla 7 en donde también se puede observar la potencia de placa.

Tabla 7: Potencias asociadas a los motores de 6,9KV de la Unidad 2

BARRAJE 6,9KV	EQUIPO	POTENCIA DE PLACA [KW]	POTENCIA MEDIDA [KW]
A	Bomba de agua alimentación de caldera A	2250	2184
	Bomba de agua alimentación de caldera C	2250	0
	Pulverizador de carbón A	225	142
	Pulverizador de carbón C	225	102
	Ventilador aire primario A	675	457
	Ventilador aire primario C	675	559
	Ventilador tiro inducido A	1250	681
	Ventilador tiro forzado A	525	325
	Bomba de condensado A	350	305
	Bomba de circulación de agua C	1000	1341
	Transformador Caldera A	---	95
	Transformador Turbina A	---	711
	Ventilador de aire de molino de sello A	200	0
B	Bomba de agua alimentación de caldera B	2250	2032
	Pulverizador de carbón B	225	0
	Pulverizador de carbón D	225	0
	Ventilador aire primario B	675	467
	Ventilador aire primario D	675	0
	Ventilador tiro inducido B	910	711
	Ventilador tiro forzado B	525	335
	Bomba de condensado B	350	305
	Transformador Caldera B	---	95
	Transformador Turbina B	---	197
	Ventilador de aire de molino de sello B	200	173

Los equipos de la tabla 7 cuya potencia de medida es cero, son motores que normalmente están fuera de servicio debido a que estos se utilizan como reserva. La potencia de los Transformadores de Caldera (A y B) y los Transformadores de Turbina (A y B), son de 2MVA cada uno.

Por otra parte, los equipos de la tabla 7 cuya potencia de medida es diferente de cero, permanecen encendidos siempre y cuando se esté generando o se esté en proceso de arranque de la unidad. Los consumos energéticos de estos equipos en

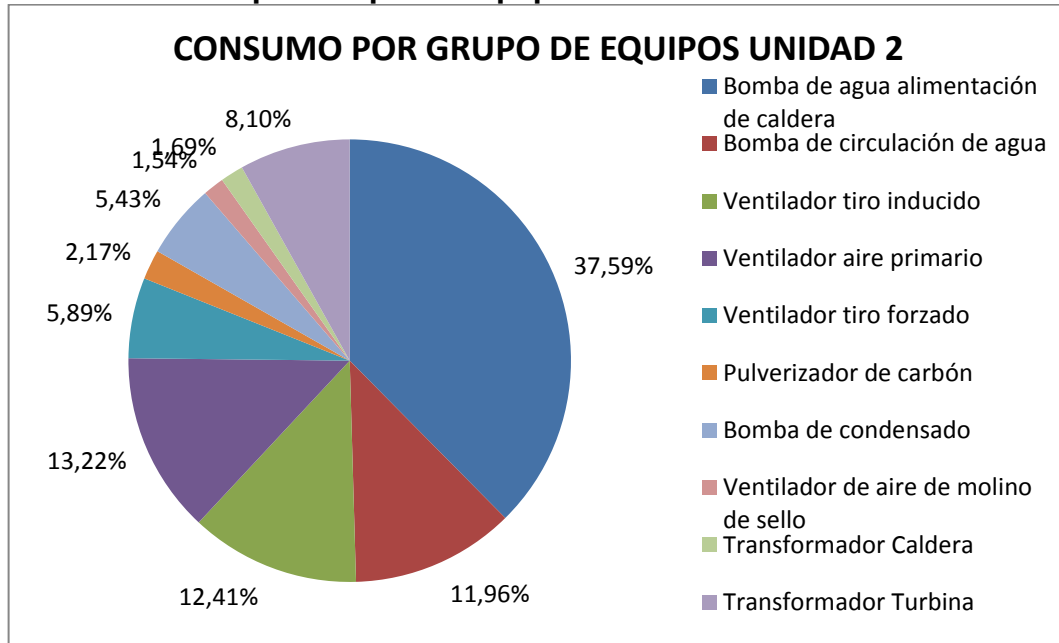
un período de un día y de un mes (30 días), se aprecian en la columna 3 y 4 respectivamente, de la tabla 8.

Tabla 8: Energía utilizada de los equipos de la tabla 7.

EQUIPO	ENERGIA KWh	ENERGIA KWh/DÍA	ENERGIA KWh/MES
Bomba de agua alimentación de caldera A	2.184	52.418	1.572.532
Bomba de agua alimentación de caldera C	0	0	0
Pulverizador de carbón A	142	3.413	102.397
Pulverizador de carbón C	102	2.438	73.141
Ventilador aire primario A	457	10.971	329.135
Ventilador aire primario C	559	13.409	402.276
Ventilador tiro inducido A	681	16.335	490.045
Ventilador tiro forzado A	325	7.802	234.051
Bomba de condensado A	305	7.314	219.423
Bomba de circulación de agua C	1.341	32.182	965.462
Transformador Caldera A	95	2.275	68.240
Transformador Turbina A	711	17.060	511.800
Ventilador de aire de molino de sello A	0	0	0
Bomba de agua alimentación de caldera B	2.032	48.761	1.462.821
Pulverizador de carbón B	0	0	0
Pulverizador de carbón D	0	0	0
Ventilador aire primario B	467	11.215	336.449
Ventilador aire primario D	0	0	0
Ventilador tiro inducido B	711	17.066	511.987
Ventilador tiro forzado B	335	8.046	241.365
Bomba de condensado B	305	7.314	219.423
Transformador Caldera B	95	2.275	68.240
Transformador Turbina B	197	4.739	142.167
Ventilador de aire de molino de sello B	173	4.145	124.340

La energía asociada a los equipos se aprecia en la figura 8; en donde se observa que las bombas de agua de alimentación de calderas consumen el 37,59% del consumo total, seguido de los ventiladores de aire primario con el 13,22%.

Figura 8: Consumo por Grupo de Equipos Unidad 2



4.3 ENERGÍA NO ASOCIADA A LA PRODUCCIÓN

La energía no asociada a la producción, es la energía correspondiente a la iluminación, equipos de oficina, artefactos electrónicos no asociados al proceso, equipos de cocina, entre otros. Estos equipos necesitan funcionar para mantener un buen ambiente laboral.

En la industria, la iluminación puede llegar a ser uno de los mayores consumos no asociados a la producción, ya que la planta física requiere permanecer iluminada. Por esta razón se realizó un censo de carga donde están las luminarias de las principales áreas de la central termoeléctrica.

Las Áreas que se tuvieron en cuenta para el estudio son las Calderas, Turbogrupos y Barrajes de 6,9KV para cada una de las Unidades; también se tuvo en cuenta las áreas compartidas como es el caso de Casa de Maquinas, Sala de Mando y el

área de las casas. En la tabla 9, 10 y 11 se aprecia la potencia, la cantidad, las horas de servicio y la energía en KWh para cada una de las luminarias.

Tabla 9: Censo de luminarias Unidad 1.

ÁREA	POTENCIA	CANTIDAD	HORAS E/S	ENERGÍA KWh	ENERGÍA KWh/DÍA
CALDERA UNIDAD 1					
BOMBILLO 125W 120V PHILIPS	125	81	12	10,13	121,5
BOMBILLO MERCURIO 400W 220V STARLUX	400	10	12	4	48
LAMPARA 2X40W 120V	80	12	12	0,96	11,52
LAMPARA 2X32W 120V	64	38	12	2,43	29,18
LAMPARA FLUORESCENTE ILURAM 2X32W	64	41	12	2,62	31,49
TURBOGRUPO U1					
LAMPARA FLUORESCENTE SYLVANIA 2X40W	80	99	24	7,92	190,08
BARRAJE 6.9KV U1					
LAMPARA FLUORESCENTE SYLVANIA 1X40W	40	22	24	0,88	21,12
LAMPARA FLUORESCENTE SYLVANIA 2X40W	80	28	24	2,24	53,76

En la tabla 9, 10 y 11, se observa que para la Unidad 1 se utilizan 331 luminarias, en la Unidad 2 se utilizan 337 y para las áreas compartidas (que se incluyen en la tabla 11) de la planta se utilizan 202 luminarias de diferente tipo; el área de mayor consumo para ambas Unidades es la Caldera y para las áreas compartidas el mayor consumo se encuentra en Sala de Maquinas.

Tabla 10: Censo de luminarias Unidad 2.

ÁREA	POTENCIA [W]	CANTIDAD	HORAS E/S	ENERGÍA KWh	ENERGÍA KWh/DÍA
CALDERA UNIDAD 2					
BOMBILLO 125W 120V PHILIPS	125	217	12	27,13	325,5
TURBO GRUPO U2					
LÁMPARA FLUORESCENTE SYLVANIA 2X40W	80	108	24	8,64	207,36
LÁMPARA FLUORESCENTE SYLVANIA 1X40W	40	3	24	0,12	2,88
BARRAJE 6.9KV U2					
LÁMPARA FLUORESCENTE SYLVANIA 1X40W	40	13	24	0,52	12,48
LÁMPARA FLUORESCENTE SYLVANIA 2X40W	80	36	24	2,88	69,12

Tabla 11: Censo de luminarias Áreas Compartidas de la Planta.

ÁREA	POTENCIA	CANTIDAD	HORAS E/S	ENERGÍA KWh	ENERGÍA KWh/DÍA
CASA DE MAQUINAS					
BOMBILLO MERCURIO 400W 220V STARLUX	400	42	24	16,80	403,20
SALA DE MANDO					
LAMPARA FLUORESCENTE SYLVANIA 2X40W	80	20	24	1,60	38,40
CASAS					
BOMBILLO FLUORESCENTE 40W SYLVANIA	151	40	6	6,04	36,24
BOMBILLO FLUORESCENTE 3U 20W SYLVANIA	13	20	6	0,26	1,56
LAMPARA FLUORESCENTE SYLVANIA 2X40W	52	80	6	4,16	24,96

5. CARACTERIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

En ésta etapa se busca determinar posibles anomalías en el comportamiento de los consumos a través del tiempo comparando generación y consumos pasados con los actuales o los más recientes, de esta forma se identifican las actividades o alternativas de ahorro para mejorar el desempeño energético.

Para determinar el comportamiento del proceso de generación, se utilizan herramientas para tal fin, tales como: Gráfico de Consumo vs Generación, Diagrama de Índice de Consumo, Gráfico de Tendencia y Diagrama de Pareto para cada una de las unidades.

El análisis se realiza entre el mes de enero del 2010 hasta mayo del 2012 para un total de 29 meses. Inicialmente la información se encontró por horas, pero para mayor facilidad esta información es agrupada por meses. En el ítem 5.1, se detalla cada una de las herramientas que se implementan en el análisis.

5.1 HERRAMIENTAS PARA ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

5.1.1 Gráfico de Consumo – Generación (E Vs P)

Los gráficos de consumo vs generación, muestran la variación simultánea del consumo de energía eléctrica con la generación, obtenida en un mismo período de tiempo. Éste gráfico posee la información mensual del consumo y la generación de energía en los 29 periodos de estudio.

En la tabla 12 se aprecian los datos de generación y consumo de la central termoeléctrica de estos 29 meses, para cada una de las Unidades de Generación.

Tabla 12: Datos de Consumo y Generación de la Unidad 1 y Unidad 2.

MES Y AÑO	UNIDAD 1		UNIDAD 2	
	GENERACIÓN (GWh/Mes)	CONSUMO (MWh/Mes)	GENERACIÓN (GWh/Mes)	CONSUMO (MWh/Mes)
ene-10	80,95	7439,99	81,58	5991,13
feb-10	68,98	6357,97	84,68	6064,50
mar-10	96,98	8594,58	70,08	5290,76
abr-10	57,04	5842,00	90,09	6581,33
may-10	49,53	5326,63	96,55	7095,00
jun-10	38,97	3984,11	17,42	1880,00
jul-10	23,52	2840,68	0,57	1056,74
ago-10	18,62	2628,53	46,02	4234,18
sep-10	37,41	3672,01	76,68	5764,56
oct-10	66,86	5769,56	17,52	2190,57
nov-10	69,43	6043,35	0,00	436,41
dic-10	46,09	5058,22	0,00	424,93
ene-11	71,98	6154,52	0,00	400,78
feb-11	40,68	4131,13	17,37	2431,30
mar-11	39,70	4821,81	36,03	4340,56
abr-11	40,33	4503,82	31,16	3157,84
may-11	13,28	1858,45	41,90	4114,55
jun-11	53,94	5467,59	33,88	3775,72
jul-11	63,22	5719,36	38,64	4285,13
ago-11	59,68	5589,22	59,55	5915,35
sep-11	44,22	4905,37	47,30	4652,18
oct-11	51,16	5700,18	76,29	5954,12
nov-11	58,63	6085,17	65,15	5471,82
dic-11	38,93	4507,95	42,90	4842,76
ene-12	56,73	5398,82	62,63	5825,28
feb-12	38,65	4377,66	59,55	5980,26
mar-12	34,88	3984,73	56,68	5980,39
abr-12	60,75	5609,50	41,97	5017,35
may-12	13,63	2120,19	58,15	5743,03

A partir de la información de la tabla 12, se elaboran los gráficos de Consumo – Generación (E vs P) para cada una de las Unidades de generación, las cuales se pueden apreciar en la figura 9 y 10 respectivamente.

Estos gráficos revelan información importante sobre la eficiencia del proceso; además se puede determinar en que medida la variación de los consumos energéticos se debe a variaciones de la generación y se identifica el modelo de variación promedio de los consumos respecto a la generación.

Para determinar el modelo de variación, se parte de un modelo lineal (ecuación de la recta) donde se calcula la pendiente y el intercepto con el eje “Y”. Para que el modelo sea valido, el coeficiente de correlación debe ser lo más cercano a 1. El modelo tiene la forma:

Ecuación 1

$$E = mP + E_0$$

Donde:

E = Consumo de energía en el período seleccionado.

P = Generación asociada en el período seleccionado.

m = Pendiente de la recta, es la razón de cambio medio del consumo de energía respecto a la generación.

E₀ = Valor de energía no asociada al proceso de generación.

mP = Es la energía utilizada en el proceso de generación.

Para el Gráfico de Consumo Vs Generación de la Unidad 2, no se tienen en cuenta los periodos Julio, Noviembre y Diciembre del 2010 y Enero del 2011 debido a que en esos períodos no hubo generación de energía.

Figura 9. Gráfico de Consumo Vs Generación de la Unidad 1

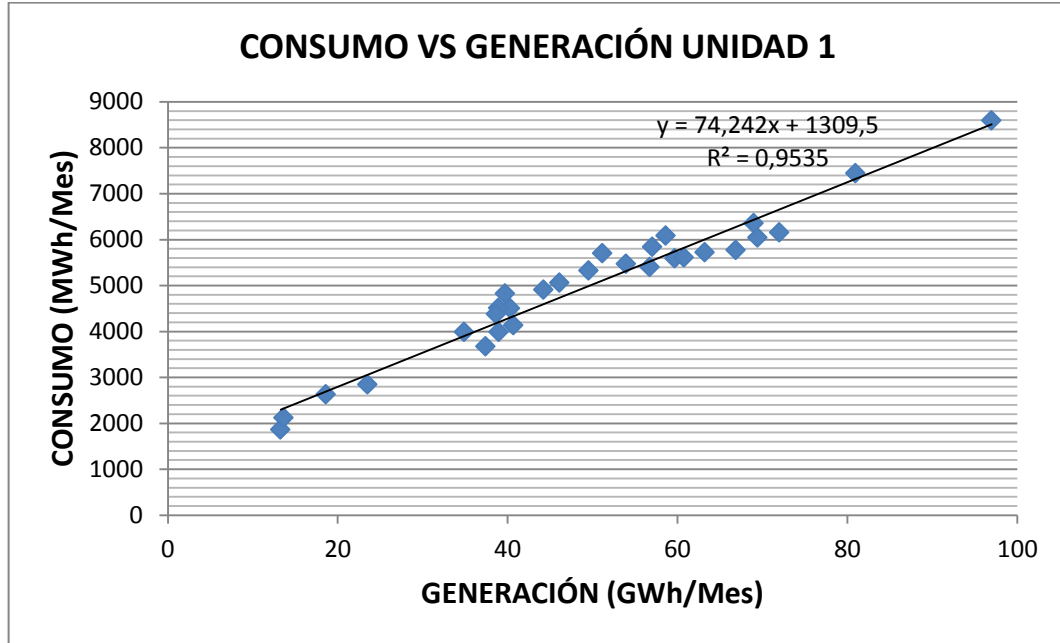
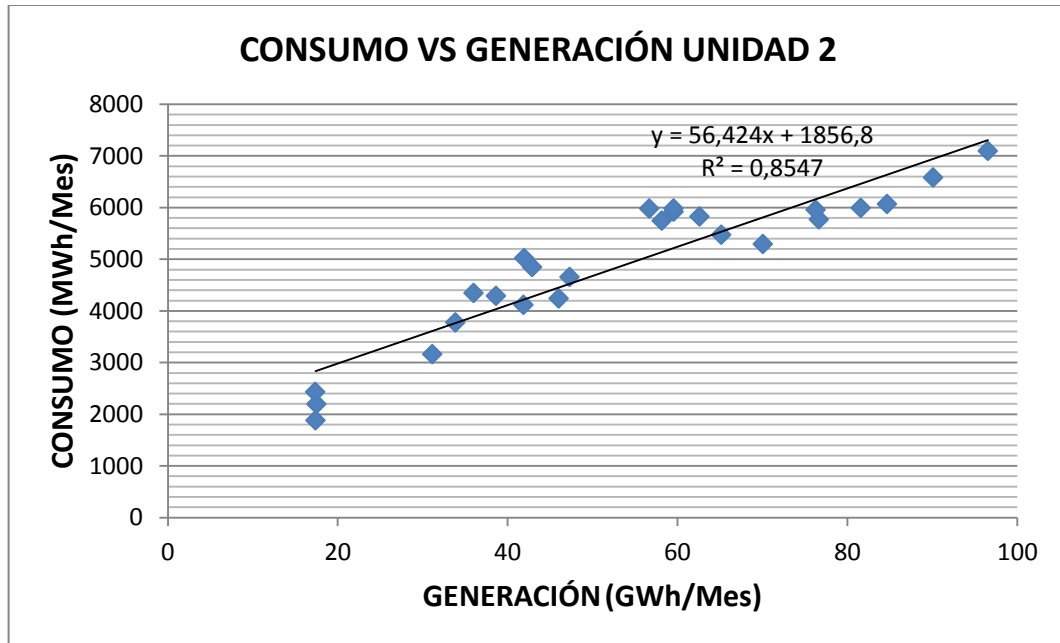


Figura 10. Gráfico de Consumo Vs Generación de la Unidad 2



De la figura 9 y 10, se obtiene la ecuación de la línea de tendencia para cada una de las gráficas; además de esto también se aprecia el coeficiente de

determinación que hay entre el consumo y la generación para cada una de las Unidades.

La ecuación de la recta que más se ajusta para la Unidad 1 es:

Ecuación 2

$$E = 74,242P + 1309,5 \text{ [MWh/Mes]}$$

La ecuación de la recta que más se ajusta para la Unidad 2 es:

Ecuación 3

$$E = 56,424P + 1856,8 \text{ [MWh/Mes]}$$

Para ambas ecuaciones el consumo y la generación corresponden a un período de un mes; “P” está en GWh y “E” en MWh.

La raíz cuadrada del coeficiente de determinación es igual al índice de correlación, el cual debe ser lo más cercano a uno. El índice de correlación para la gráfica de la Unidad 1 es de 0,976 y para la gráfica de la Unidad 2 es de 0,924; lo que indica que hay una buena relación entre estos parámetros (E Vs P) para ambas Unidades de generación; por esta razón se puede utilizar la ecuación 2 y 3 para estimar valores de consumo según sea la generación mensual.

De la ecuación 2, que corresponde a la Unidad 1, la energía mensual no asociada al proceso de generación es de 1309,5 MWh/Mes y para la Unidad 2 es de 1856,8 MWh/Mes. Estos consumos no son despreciables e indican que se están presentando pérdidas o se está haciendo un mal uso de la energía. La energía no asociada al proceso de generación en la empresa puede ser por los siguientes factores:

- Iluminación: La planta física en general requiere permanecer iluminada en horas de generación y en horas de no generación, viviendas del personal, casino, parqueadero entre otros lugares de la central termoeléctrica; por lo tanto esto se convierte en un consumo adicional que no está relacionado directamente con el proceso de generación.
- El consumo de energía eléctrica en equipos de oficina, equipos de aire acondicionado, también es un consumo que no está relacionado con el proceso de generación.
- Trabajo en vacío de equipos eléctricos.
- Energía usada en servicios de mantenimiento (Herramientas de mano, equipos de soldadura, equipos de pintura entre otros).
- Energía pérdida en escapes de vapor y sistemas de refrigeración bastantes significativos, los cuales se suman al consumo no asociado a la generación.
- Procesos de arranque de las Unidades mal sincronizados y fallidos; muchas veces se empieza el procesos de arranque con mucho tiempo de anticipación y los equipos quedan funcionando mucho tiempo antes de empezar a generar.

5.1.2 Gráfico de Consumo – Generación Meta (E Vs P Meta)

En éste ítem se establecen metas de consumo para cada una de las unidades, teniendo en cuenta el histórico de los últimos dos años. Por medio de los gráficos de la figura 9 y 10 se pueden identificar metas para reducir la energía no asociada a la generación.

La meta de consumo para un nivel de generación dado se calcula con la ecuación de línea de tendencia del gráfico Consumo vs. Generación, hallada para los niveles por debajo de la media.

Ecuación 4

$$E_{meta} = m_{meta} * P + E_{0meta} \text{ [MWh/Mes]}$$

Donde:

E_{meta} = Consumo meta para un nivel de generación dado (MWh/Mes).

m_{meta} = Nueva pendiente para la línea meta de tendencia.

E_{0meta} = Nuevo intercepto para la línea meta de tendencia.

P = Generación programada (GWh/mes).

También se puede determinar un indicador de cumplimiento de la Meta dado por la ecuación 5. Si el porcentaje de cumplimiento es mayor a 100% entonces se ha superado el consumo Meta para ese período.

Ecuación 5

$$\%Cumplimiento = \frac{E_{real}}{m_{meta} * P + E_{0meta}} * 100$$

Donde:

E_{real} = Consumo real total mensual (MWh/mes).

P = Generación real para el mismo período de consumo (GWh/mes).

En la figura 11 y 12 se aprecian ambos gráficos, el Gráfico de Consumo Vs Generación (Color Negro) y el de Consumo Vs Generación Meta (Color Azul); se tienen en cuenta los mismos períodos de estudio del ítem anterior para cada una de las Unidades de Generación.

Figura 11. Gráfico Meta de Consumo Vs Generación de la Unidad 1

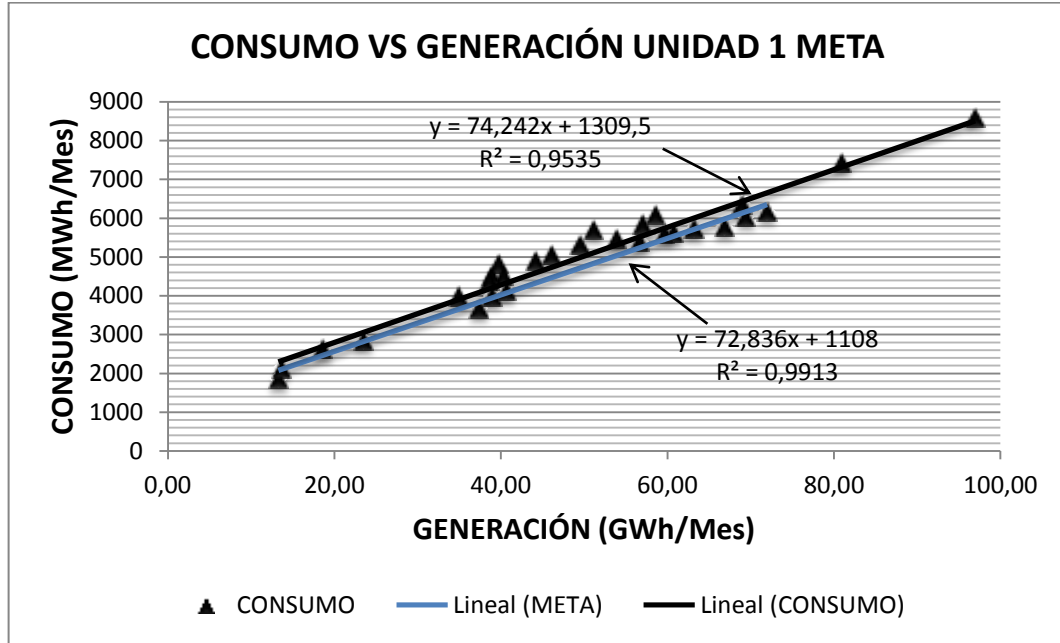
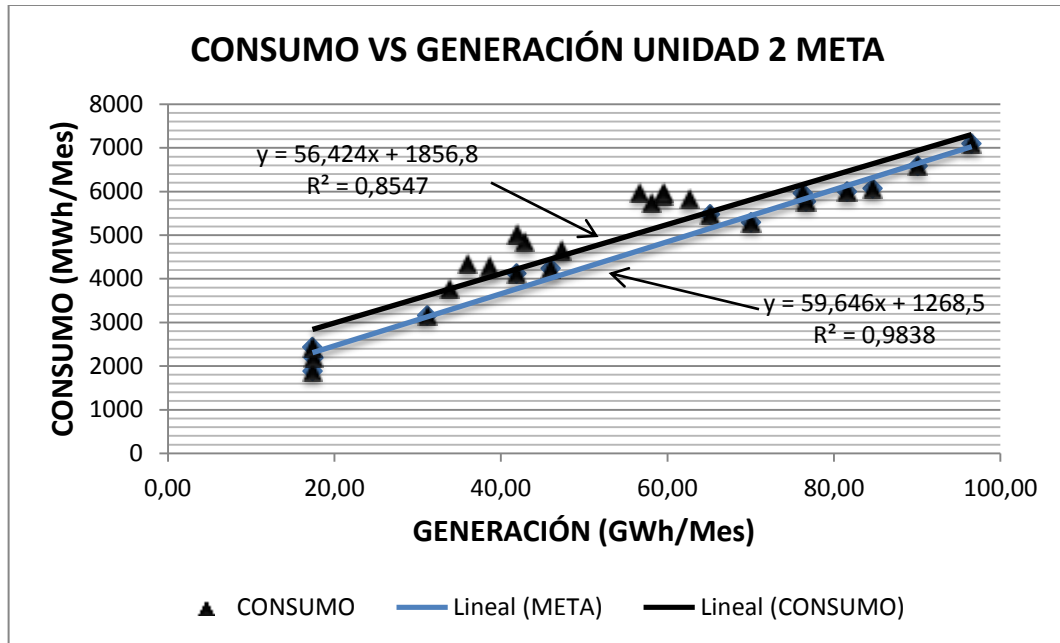


Figura 12. Gráfico Meta de Consumo Vs Generación de la Unidad 2



En la figura 11 y 12 se obtiene la ecuación de la línea de tendencia meta para cada una de las gráficas; además de esto se aprecia una mejora en el coeficiente

de determinación entre el consumo meta y la generación para cada una de las Unidades. Para obtener la ecuación de la línea de tendencia meta, lo que se hace es eliminar los puntos que están por encima de la ecuación 3 y 4 y se halla una nueva ecuación para cada Unidad.

La ecuación de la recta meta para la Unidad 1 es:

Ecuación 6

$$E = 72,836P + 1108 \text{ [MWh/Mes]}$$

La ecuación de la recta meta para la Unidad 2 es:

Ecuación 7

$$E = 59,646 P + 1268,5 \text{ [MWh/Mes]}$$

El objetivo después de obtener una nueva línea de tendencia meta, es el de establecer medidas que permitan a las variables de consumo y generación, tener un comportamiento por debajo de la ecuación 6 y 7 para cada Unidad, de esta manera se pueden obtener generaciones más eficientes, mejorando la cultura de ahorro y optimizando los procesos.

De la figura 11 y 12 también se obtiene que el índice de correlación es de 0,996 para la Unidad 1 y de 0,992 para la Unidad 2; por lo tanto las variables mejoran su relación lineal. Esto indica que esta nueva ecuación meta describe mejor el comportamiento lineal de las variables.

Si se desea obtener una nueva meta, solo se tienen que eliminar los puntos por encima de las ecuaciones 6 y 7; y a partir de estos nuevos valores, obtener la ecuación de la nueva línea meta.

5.1.3 Diagrama de Índice de Consumo – Generación (Ic Vs P)

Una vez obtenida la grafica de E Vs P y la ecuación 1 con el índice de correlación aceptable para cada una de las Unidades de Generación, se procede a elaborar el Gráfico de IC Vs P el cual es una línea curva con asíntota en el eje x, con el valor de la pendiente de la ecuación 1. Ésta curva se obtiene dividiendo la ecuación 1 entre la generación asociada a ese período y se expresa por medio de la ecuación 8.

Ecuación 8

$$IC = m + \frac{E_0}{P}$$

La ecuación anterior indica una relación inversamente proporcional entre el nivel de generación y el índice de consumo, lo que significa que a altos niveles de generación disminuye el índice de consumo y viceversa. A medida que la generación disminuye es posible que disminuya el consumo total de la energía, pero el gasto energético por unidad de producto aumenta. Esto se debe a que aumenta el peso relativo de la energía no asociado a la generación respecto a la energía productiva.

En los diagramas de IC Vs P, existe un punto donde comienza a dispararse el índice de consumo para bajas generaciones y se denomina punto crítico. Las generaciones que están por encima del punto crítico no cambian significativamente el índice de consumo, esto indica un incremento de eficiencia del proceso. Sin embargo, por debajo del punto crítico el índice de consumo se incrementa y esto indica una baja eficiencia del proceso.

Estos diagramas son muy útiles para establecer sistemas de gestión energética y estandarizar procesos productivos a niveles de eficiencia energética superiores.

También se observa a partir de éste gráfico, las metas de reducción del índice proyectadas para el nuevo período y se puede controlar su cumplimiento.

Aplicando la ecuación 8 para cada una de las Unidades, se obtiene:

Ecuación 9

$$IC = 74,242 + \frac{1309,5}{p} \text{ Unidad 1}$$

Ecuación 10

$$IC = 56,424 + \frac{1856,8}{p} \text{ Unidad 2}$$

En la figura 13 y 14 se aprecia el Diagrama de Índice de Consumo Vs Producción para cada una de las Unidades de Generación; en ellas se observa la gráfica de las ecuaciones 9 y 10, y el índice de consumo de los 29 períodos de estudio para la Unidad 1 y los 25 períodos para la Unidad 2.

Figura 13. Índice de Consumo Vs Generación Unidad 1

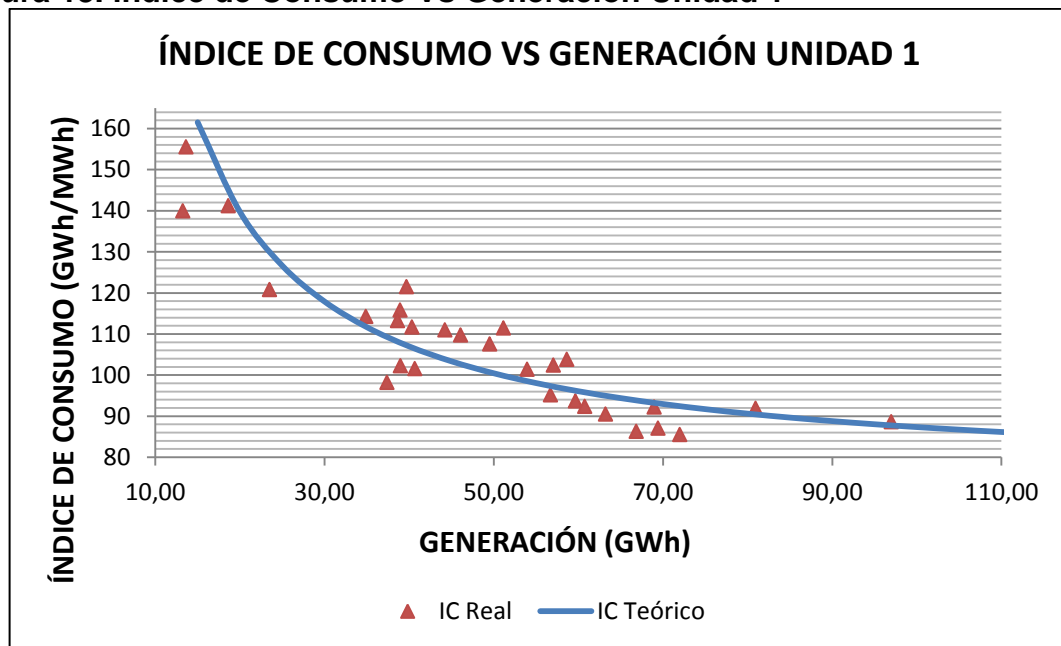
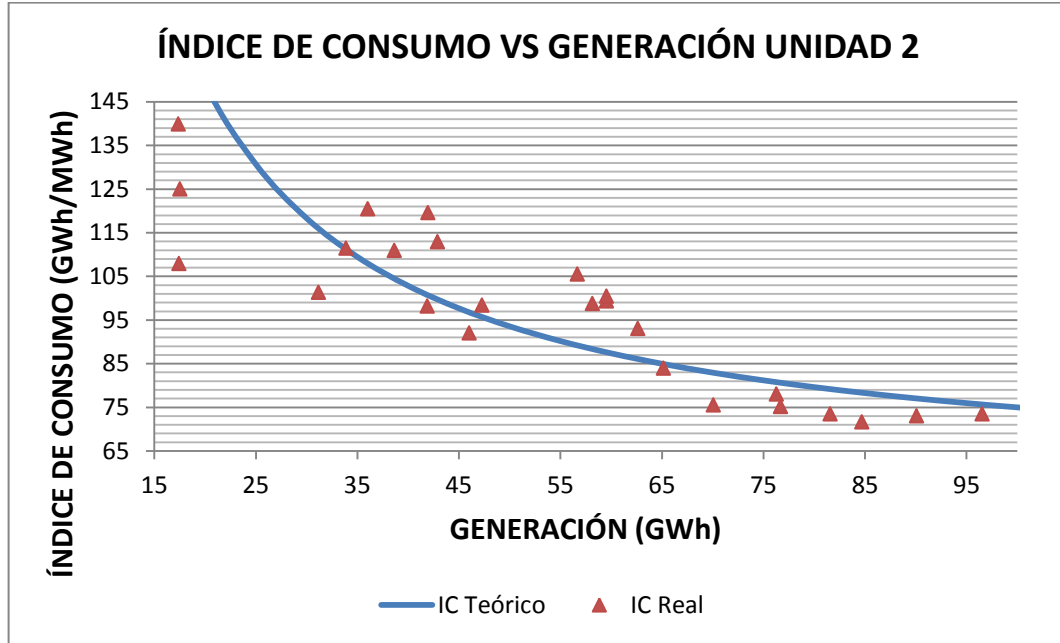


Figura 14. Índice de Consumo Vs Generación Unidad 2



La asíntota para la Unidad 1 es $x = 74,242$ y para la Unidad 2 es $x = 56,424$; la asíntota corresponde al índice de consumo más bajo que se puede obtener para que el proceso sea eficiente.

En la figura 13, que corresponde a la Unidad 1, se aprecia que el índice de consumo varía entre 85,50 y 155,51 GWh/MWh. El índice de consumo promedio es de 106,43 GWh/MWh y comienza a estabilizarse alrededor de los 65GWh.

Los períodos menos eficientes del estudio corresponden al mes de agosto del 2010, mayo del 2011 y mayo del 2012 con un índice de consumo por encima de 120 GWh/MWh. Los períodos más eficientes corresponden al mes de marzo, octubre y noviembre del 2010 y enero del 2011 con un índice de consumo por debajo de 90 GWh/MWh.

En la figura 14, que corresponde a la Unidad 2, se aprecia que el índice de consumo varía entre 71,61 y 139,93 GWh/MWh. El índice de consumo promedio es de 97,57 GWh/MWh y comienza a estabilizarse alrededor de los 70GWh.

Los períodos menos eficientes del estudio para la Unidad 2 corresponden al mes de octubre del 2010, febrero y marzo del 2011 y abril del 2012 con un índice de consumo por encima de 115 GWh/MWh. Los períodos más eficientes corresponden al mes de enero, febrero, abril y mayo del 2010 con un índice de consumo por debajo de 75 GWh/MWh.

5.1.4 Gráfico de Tendencia o de Sumas Acumulativas (CUSUM)

Los gráficos de Tendencia o de Suma Acumulativa se utilizan para monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación del consumo de energía eléctrica, con respecto a un período base. A partir del CUSUM también puede determinarse cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha sobre-consumido hasta el momento.

Por medio de éste gráfico, se pueden comparar diferentes períodos de generación y de eficiencia energética y también permite evaluar la efectividad de las medidas de ahorro de energía que se estén implementando.

En la figura 15 y 16 se aprecian los Gráficos de Tendencia (CUSUM) de cada una de las Unidades de Generación. Para su elaboración se tiene en cuenta la generación y consumo de energía de los 29 períodos de estudio para la Unidad 1 y los 25 períodos para la Unidad 2.

Figura 15. Gráfico de Tendencia (CUSUM) Unidad 1



Figura 16. Gráfico de Tendencia (CUSUM) Unidad 2



En la figura 15 se observa una disminución en el consumo de energía entre los períodos de mayo del 2010 a noviembre del 2010; en los períodos comprendidos

entre agosto del 2011 y marzo del 2012 se observa un incremento en el consumo. Para los demás períodos se presentan pequeñas fluctuaciones en el consumo.

En la figura 16 se observa una disminución en el consumo de energía entre los períodos de enero del 2010 a mayo del 2011; en los períodos comprendidos entre junio del 2011 y mayo del 2012 se observa un incremento en el consumo.

5.1.5 Diagrama de Pareto

Los diagramas de Pareto son muy útiles para aplicar el principio de Pareto conocida también como la ley de Pareto o ley 80 – 20, el cual identifica el 20% de las causas que provocan el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado.

Éstos diagramas, son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en por ciento. Los por cientos agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la adición incremental de cada categoría respecto al total.

Adicionalmente con estos diagramas se logran identificar los puntos claves de un problema o fenómeno. Además se identifican los mayores consumidores de energía de la planta, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos de la empresa; también se logra predecir la efectividad de una acción de mejora, al disminuir la magnitud de las barras con consumo ineficiente. Y por último se puede determinar la efectividad de una mejora si se hacen comparaciones entre diagramas de Pareto antes y después de dicha mejora.

En el diagrama de Pareto, se registran los consumos de los motores eléctricos correspondientes a cada Unidad. En las tablas 13 y 14 se aprecian los equipos, la

potencia medida, el porcentaje de consumo y el porcentaje de consumo acumulado para cada equipo.

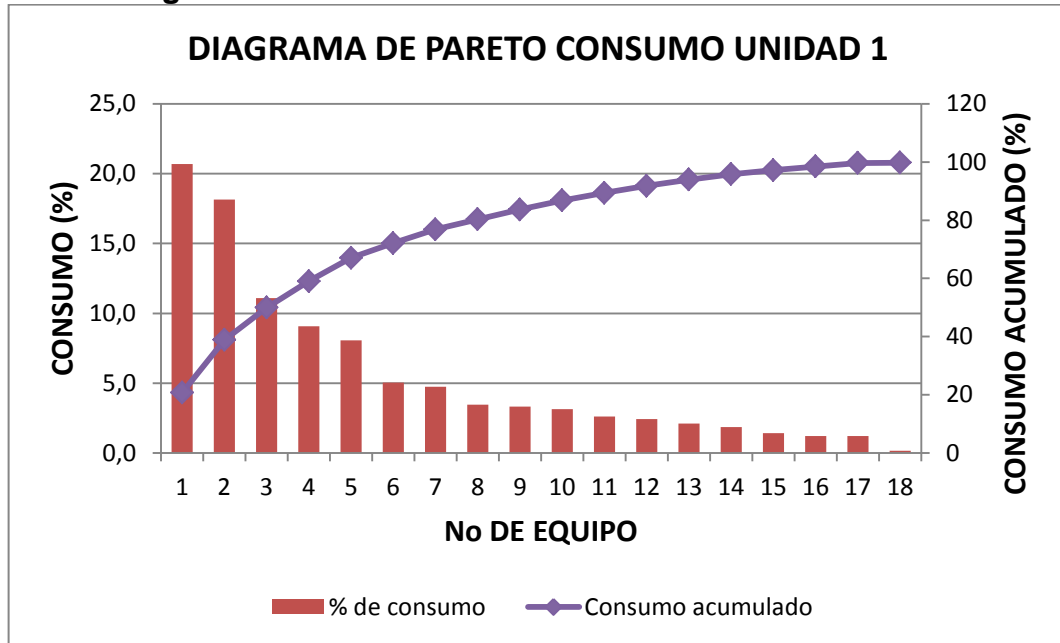
A cada equipo se le asocia un número (No) para facilitar la visualización en el diagrama de Pareto. Los equipos de estudio corresponden a las maquinas conectadas en el barraje de 6,9KV, los cuales como se menciona en el ítem 4, son los que consumen alrededor del 80% del consumo total de cada Unidad.

En la figura 17 y 18, se aprecian los diagramas de Pareto correspondientes a cada una de las Unidades de Generación.

Tabla 13: Consumo porcentual de los equipos de la Unidad 1

No	EQUIPO	POTENCIA MEDIDA [KW]	% CONSUMO	% CONSUMO ACUMULADO
1	Bomba de agua alimentación de caldera B	2082	20,7	20,68
2	Bomba de agua alimentación de caldera C	1829	18,2	38,84
3	Bomba de circulación de agua A	1117	11,1	49,93
4	Ventilador tiro inducido B	914	9,1	59,01
5	Ventilador tiro inducido A	813	8,1	67,08
6	Ventilador tiro forzado A	508	5,0	72,13
7	Ventilador tiro forzado B	477	4,7	76,87
8	Transformador Turbina B	348	3,5	80,32
9	Bomba de condensado B	335	3,3	83,65
10	Transformador Caldera B	316	3,1	86,78
11	Ventilador aire primario B	264	2,6	89,41
12	Bomba de condensado A	244	2,4	91,83
13	Ventilador aire primario C	213	2,1	93,95
14	Ventilador de aire de molino de sello B	188	1,9	95,81
15	Transformador Turbina A	142	1,4	97,22
16	Pulverizador de carbón C	122	1,2	98,44
17	Pulverizador de carbón B	122	1,2	99,65
18	Transformador Caldera A	16	0,2	99,80

Figura 17. Diagrama de Pareto Unidad 1



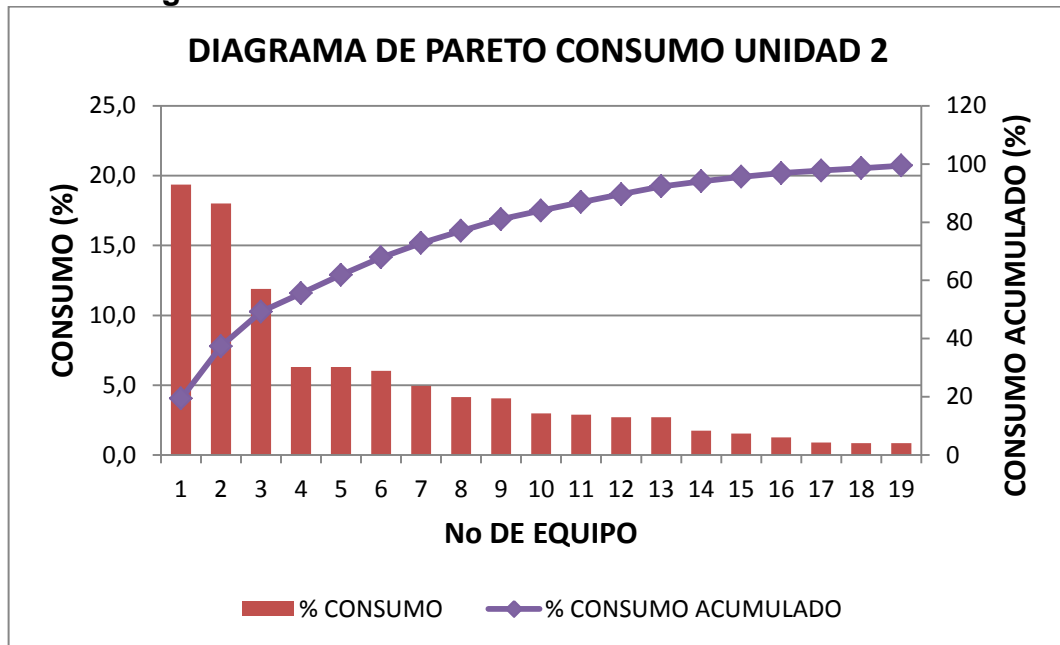
Para la Unidad 1, los equipos que presentan los mayores consumos son las bombas de agua que alimentan a las calderas, las bombas de circulación de agua, los ventiladores de tiro inducido y de tiro forzado, la bomba de condensado y los demás equipos conectados al barraje de 6,9KV. La reducción en el consumo de cualquiera de los equipos que hacen parte del 80% del consumo total, aumentaría notablemente la eficiencia de energía eléctrica.

Tabla 14: Consumo porcentual de los equipos de la Unidad 2

No	EQUIPO	POTENCIA MEDIDA [KW]	% CONSUMO	% CONSUMO ACUMULADO
1	Bomba de agua alimentación de caldera A	2184	19,4	19,36
2	Bomba de agua alimentación de caldera B	2032	18,0	37,38
3	Bomba de circulación de agua C	1341	11,9	49,26
4	Ventilador tiro inducido B	711	6,3	55,57
5	Transformador Turbina A	711	6,3	61,87
6	Ventilador tiro inducido A	681	6,0	67,91
7	Ventilador aire primario C	559	5,0	72,86
8	Ventilador aire primario B	467	4,1	77,00
9	Ventilador aire primario A	457	4,1	81,05
10	Ventilador tiro forzado B	335	3,0	84,03
11	Ventilador tiro forzado A	325	2,9	86,91
12	Bomba de condensado A	305	2,7	89,61
13	Bomba de condensado B	305	2,7	92,31
14	Transformador Turbina B	197	1,8	94,06
15	Ventilador de aire de molino de sello B	173	1,5	95,59
16	Pulverizador de carbón A	142	1,3	96,85
17	Pulverizador de carbón C	102	0,9	97,76
18	Transformador Caldera A	95	0,8	98,60
19	Transformador Caldera B	95	0,8	99,44

Para la Unidad 2, los equipos que presentan los mayores consumos son las bombas de agua que alimentan a las calderas, las bombas de circulación de agua, los ventiladores de tiro inducido, ventilador de aire primario y de tiro forzado, la bomba de condensado y los demás equipos conectados al barraje de 6,9KV. La reducción en el consumo de cualquiera de los equipos que hacen parte del 80% del consumo total, aumentaría notablemente la eficiencia de energía eléctrica.

Figura 18. Diagrama de Pareto Unidad 2



6. DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES

A partir de este trabajo, se busca que la organización implemente un plan de acción, en base a las recomendaciones que surgen luego de hacer un análisis de los consumos de la empresa.

Utilizando el Diagrama de Pareto, se identifica que los equipos de mayor consumo energético son los asociados al barraje de 6,9KV, por esta razón se puede lograr un ahorro energético considerable, siempre y cuando haya una reducción en el consumo de dichos equipos.

Una de las soluciones sería evitar el uso de los equipos de 6,9KV en vacío, para impedir el consumo en un tiempo productivo muerto. Un ejemplo de la situación anterior es cuando se inicia el proceso de arranque de las Unidades, y en ocasiones hay equipos que permanecen en vacío más del tiempo necesario.

En este trabajo se calcula la potencia consumida por los equipos de 6,9KV de forma aritmética, utilizando datos de corriente, tensión y factor de potencia. Por lo tanto se recomienda hacer una medición más detallada que permita obtener otros parámetros eléctricos, tales como potencia activa, potencia aparente, potencia reactiva y corriente de arranque. Con los parámetros mencionados se puede hacer un mejor diagnóstico a los motores. Para tal fin se podría utilizar un analizador de red trifásico.

Se recomienda hacer seguimiento a las Bombas de Circulación de Agua de ambas Unidades, debido a que la potencia activa medida está por encima de la potencia de placa. Lo primero que hay que hacer es medir el factor de potencia y ver el estado del banco de capacitores; todo indica que el factor de potencia esta por debajo del promedio de la planta.

En Gecelca, cada motor de media tensión está conectado a un banco de condensadores, los cuales mejoran el factor de potencia. Se recomienda verificar el buen funcionamiento del banco de condensadores de forma periódica. Además, se debe medir y registrar el factor de potencia, garantizando que dicho valor este corregido a 0,95.

Con respecto a la iluminación, en la empresa se han encontrado áreas con luminarias de alto consumo. La solución es implementar luminarias con mayor eficiencia, o en el mejor de los casos implementar un sistema de iluminación inteligente en base a luminarias tipo LED.

Las áreas identificadas de mayor consumo en la iluminación son Caldera U1, Caldera U2 y Casa de máquinas; principalmente en estas áreas, se puede implementar tecnología LED. En la empresa ya se ha iniciado esta labor en Caldera U1. Indudablemente la inversión inicial es alta, pero el ahorro energético se verá reflejado en los consumos que no están asociados al proceso de generación.

Otra recomendación relacionada con la iluminación sería hacer el cambio de las lámparas de mercurio que consumen alrededor de 400W, por lámparas de sodio de alta presión de 150W o 250W. Al realizar el cambio de las lámparas, el desempeño energético, de la iluminación de Casa de máquinas, mejoraría entre un 30% y 50%.

Actualmente los equipos de mayor consumo no tienen un medidor de energía y la energía generada es registrada de forma manual en hojas de cálculo por el ingeniero de turno. Por esta razón se recomienda implementar un sistema de medición energética automatizada que registre datos de generación, así como los datos de los equipos y áreas de mayor consumo en la empresa.

Con el sistema de medición se pueden obtener los datos históricos tanto de consumo como de generación para cada una de las unidades y además se podrá tener un registro de fallas. De esta forma se busca tener la información suficiente para realizar mejoras en el sistema de gestión energética que implemente Gecelca, además se pueden implementar acciones en caso de anomalías en los equipos o áreas de la planta.

Gecelca debe nombrar un representante de la gerencia y aprobar la formación de un grupo de gestión, para que se encarguen de la gestión energética. Ellos deben conocer el alcance y los límites del sistema de gestión. Además el representante de la gerencia debe garantizar que los índices de desempeño sean adecuados para alcanzar los objetivos y metas.

La empresa debe documentar su política energética, de tal forma que se comprometa a: mejorar continuamente el sistema de gestión, proveer la información y recursos necesarios para alcanzar los objetivos y metas, cumplir con todos los requisitos legales relacionados con el uso y consumo de energía y finalmente comunicar a todas las personas que trabajan para la organización y en nombre de ella. Esta labor debe ser desempeñada, conjuntamente, por el representante de la gerencia y el grupo de gestión.

Es necesario que se divulgue en todas las áreas de la empresa la política energética, así como las metas, los alcances, los cambios y los avances. Esto es con el fin de que se pueda crear un sistema exitoso, comprometido con la eficiencia energética y el medio ambiente. Esta labor debe ser desempeñada por el grupo de gestión.

En la empresa se debe realizar un estudio que permita identificar las instalaciones, sistemas, procesos, personal y otros equipos que afectan de manera significativa

el uso y el consumo de energía eléctrica. Esta labor debe ser desempeñada por el grupo de trabajo de gestión, el cual debe encargarse semanalmente de esta labor.

Se deben conservar registros de las revisiones realizadas por la gerencia y el grupo de gestión. En las revisiones se debe analizar la eficiencia energética y los índices de desempeño; se debe evaluar el cumplimiento legal del sistema y el cumplimiento de los objetivos y metas.

Además el grupo de gestión debe analizar las actividades correctivas y preventivas, relacionadas con los equipos de mayor consumo. La planificación de actividades debe solucionar los problemas encontrados en las revisiones energéticas.

La empresa Gecelca debe comprar equipos y elementos que mejoren el desempeño energético. Si la empresa necesita comprar un equipo o elemento, éste debe tener información del desempeño energético y la eficiencia debe ser mayor a la del equipo remplazado.

Otra de las medidas sería el reemplazó de motores monofásicos por motores trifásicos, esta labor se podrá realizar siempre y cuando los motores monofásicos que están actualmente en la empresa se dañen definitivamente; al realizar este cambio la eficiencia mejorara de 3% a 5%. Los encargados de estas actividades deben ser el representante de la gerencia, el grupo de gestión y la gerencia de mantenimiento.

Todos los objetivos y metas deben ser medibles. Además se deben establecer cronogramas para lograr esos objetivos y metas. Se deben realizar ajustes a las gráficas de consumo vs generación cuando se presenten cambios importantes en los procesos, sistemas e instalaciones. Estas labores deben ser desempeñadas por el grupo de trabajo de gestión.

El talento humano debe estar capacitado y formado en el uso racional de la energía, además debe conocer la política energética de la empresa, así como las responsabilidades que tienen como trabajadores de participar activamente del sistema de gestión.

Finalmente, la documentación relacionada con la eficiencia energética debe ser recolectada, de tal forma que el grupo de trabajo o quien lo requiera, pueda tener acceso de la evolución del sistema de gestión, a través de los años.

En la documentación debe haber información de las áreas de mayor consumo que incluyan planos eléctricos y reportes de fallas. Esta labor debe ser desempeñada conjuntamente por el grupo de gestión y por la persona encargada del área de archivo.

CONCLUSIONES

Para que la empresa pueda implementar, en un futuro, un Sistema de Gestión Energética, se hace indispensable seguir las recomendaciones planteadas en el presente documento.

Por medio del Análisis de Brechas, se determina el estado inicial de la planta Termoguajira, donde se obtiene una calificación de 1,45, de un máximo de 3, al momento de realizar la encuesta. Esta situación demuestra que Gecelca ha tomado una buena decisión al iniciar un estudio energético, el cual le ayudara a implementar un sistema de gestión energética.

A través del censo de carga se identifican los equipos de mayor consumo en la planta. Estos equipos corresponden a los de media tensión, los cuales superan el 80% del consumo total por Unidad de Generación. Esta situación es de gran importancia para los jefes de producción, mantenimiento y gerente de planta para encaminar y priorizar diferentes proyectos de mejora.

Al realizar la caracterización de la eficiencia de energía eléctrica de la empresa, se puede determinar un modelo lineal de consumo en base a los registros de consumo y generación de los últimos dos años. A partir de este modelo se obtiene la energía no asociada al proceso de generación para cada una de las Unidades de Generación.

En cuanto a las falencias de la empresa, se propone inicialmente realizar una inversión que permita llevar a cabo la implementación de medidores de energía eléctrica, para llevar un control detallado del consumo en los equipos y áreas de la empresa. Es indispensable que la empresa maneje un registro de estos consumos para obtener un mejor análisis a la hora de revisar la información.

Es de gran importancia vincular y comprometer en el tema de ahorro energético a los responsables de las diferentes áreas así como a los operarios de todos los equipos. Esta situación hará que las medidas tomadas sean exitosas y además se irá adquiriendo una cultura de uso racional de la energía.

BIBLIOGRAFÍA

- MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO. Grupo de Gestión Eficiente de Energía, KAÍ. Universidad del Atlántico, 2011.
- GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA. UPME, COLCIENCIAS, Grupo de Gestión eficiente de la Universidad del Atlántico KAI; Grupo de Investigación de Energías de la Universidad Autónoma de Occidente GIEN.
- APLICACIÓN DE LA NORMA ISO 50001:2011 Sistemas de gestión de la energía. Ciclo de Videoconferencias. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍAS; SENA; CIDET. Agosto 25 de 2012. Disponible en Internet en: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Grupo%20de%20Participacion%20Ciudadana/AplicacionDeLaNormalISO50001.pdf>
- Unidad de planeación minero energética (UPME). Eficiencia energética en motores eléctricos. [En línea]. Santiago de Cali. [Consultado el 25 de Agosto, 2012]. Disponible en Internet: <http://www.upme.gov.co/>
- Unidad de planeación minero energética (UPME). Diagnóstico energético en el sistema de iluminación. [En línea]. Santiago de Cali. [Consultado el 25 de Agosto, 2012]. Disponible en Internet: <http://www.upme.gov.co/>
- CORELCA. Información de la empresa. [En línea]. Barranquilla. [Consultado el 25 de Agosto, 2012]. Disponible en Internet: <http://www.corelca.com.co/>

- Unidad de planeación minero energética (UPME). Corrección del factor de potencia y control de la demanda. [En línea]. Santiago de Cali. [Consultado el 25 de Agosto, 2012]. Disponible en Internet: <http://www.upme.gov.co/>
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico De Iluminación Y Alumbrado Público - RETILAP. Bogotá. 2009.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas - RETIE. Bogotá. 2008.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Sistema de gestión de la energía – Requisitos con orientación para su uso. ISO 50001:2011.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Sistema de gestión ambiental – Requisitos con orientación para su uso. ISO 14001:2004.
- CADAVID, Andrés. Caracterización Energética de la Empresa Coca - Cola Femsa Usando el modelo de Gestión Integral en Operación. Universidad Autónoma de Occidente, 2009

ANEXO A

Análisis de brechas Norma ISO 50001:2011. El calificador consiste en una serie de preguntas relacionadas con los requisitos de la norma ISO 50001, las cuales se evaluaron de 1 a 3, siendo:

- 1 = no cumplimiento del requisito.
- 2 = en proceso de ejecución y cumplimiento.
- 3 = cumplimiento del requisito.

No	ANÁLISIS DE BRECHAS ISO 50001:2011	Cal.
A	GENERALES	1
1	¿La organización ha establecido, documentado, implementado, mantenido y mejorado un SGE de acuerdo con la norma ISO 50001?	1
2	¿La organización ha definido y documentado el alcance y los límites de su SGE?	1
3	¿Existe suficiente evidencia para concluir que el sistema está completamente implementado y que se hace seguimiento a su eficiencia? (Verificar por lo menos un periodo de tres meses de evidencia objetiva)	1
B	GERENCIA	1,36
4	<p>¿La alta dirección ha demostrado su compromiso de apoyar el SGE y mejorar continuamente su eficacia cumpliendo con sus responsabilidades?</p> <ul style="list-style-type: none"> -Establece, mantiene e implementa una política energética. -Nombra a un representante de la dirección. -Aprueba la formación de un equipo de gestión de la energía. -Proporciona los recursos necesarios para establecer, implementar, mantener y mejorar el SGE y el desempeño que resulta de la energía. -Identifica el alcance y los límites que se abordan en el SGE. -Comunica a los de la organización la importancia de la gestión de la energía. -Se asegura que los objetivos y metas de la eficiencia energética se establezcan. -Se asegura que los IDEs (Indicadores de Desempeño Energético) son adecuados para la organización. -Considera la gestión energética en la planificación a largo plazo. -Se asegura que los resultados se miden y se informan a intervalos determinados. -Realiza revisiones periódicas al sistema de gestión. 	2

5	<p>¿Existe una política energética definida y documentada? ¿Incluye el compromiso con:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Mejoramiento continuo del SGE y la eficiencia energética. -Disponibilidad de información y de los recursos necesarios para alcanzar los objetivos y metas. -Cumplimiento con todo los requisitos legales y otros requisitos suscritos por la organización y relacionados con sus usos y consumos de energía? 	2
6	¿La política energética es apropiada a la naturaleza, escala, uso y consumo de la energía de la organización?	1
7	¿Esta política proporciona el marco de referencia para establecer y revisar los objetivos y metas de la energía?	1
8	¿Esta política apoya la compra de productos y servicios energéticamente eficientes y el diseño para la mejora de la eficiencia energética?	2
9	¿Existe una práctica o procedimiento para comunicar ésta a todas las personas que trabajan para la organización o en nombre de ella? ¿Se sigue consistentemente?	1
10	¿La política energética es revisada periódicamente? ¿Se actualiza cuando es necesario?	1
11	¿La alta dirección revisa a intervalos definidos el SGE para asegurar que haya conveniencia, adecuación y eficacia continua?	1
12	¿Se conservan registros de las revisiones por la dirección?	1
13	<p>En las revisiones por la dirección se han considerado como entradas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Acciones de seguimiento anteriores de revisiones de la dirección. -Revisión de la política energética. -Análisis de la eficiencia energética y IDEs relacionados. -Evaluación del cumplimiento legal y los cambios en los requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba. -El grado en que los objetivos energéticos y las metas se han cumplido. -Los resultados de la auditoría del SGE. -El estado de las acciones correctivas y preventivas. -Predicción de la eficiencia energética para el periodo siguiente, según corresponda. -Las recomendaciones de mejora. 	2
14	<p>Los resultados de las revisiones incluyen decisiones y acciones tomadas relacionadas con:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Los cambios en la eficiencia energética de la organización, en las políticas energéticas y en el IDEs. -Los cambios en los objetivos, metas y otros elementos del SGE, en consonancia con el compromiso de la organización para la mejora continua. -La asignación de recursos. 	1
C	REPRESENTANTE DE LA GERENCIA	2

15	<p>¿La dirección ha designado uno o varios representantes de la dirección con habilidades y competencias quien independientemente de otras responsabilidades, tenga la responsabilidad y autoridad para:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Asegurar de que el SGE se establezca, implemente, mantenga y mejore continuamente de acuerdo con la norma internacional ISO 50001. -Identificar a la(s) persona(s), apoderadas con un nivel adecuado de gestión, para trabajar con él o ella en apoyo de las actividades de gestión de la energía. -Informar a la alta dirección sobre el desempeño del SGE, así como modificaciones y los resultados del mismo. -Asegurar de que la planificación de las actividades de gestión de la energía estén diseñadas para apoyar la política de la organización de la energía. -Definir y comunicar las responsabilidades y competencias con el fin de facilitar la gestión eficaz de la energía. -Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurarse de que tanto la operación como el control del SGE son eficaces. -Promover el conocimiento de la política energética y los objetivos en todos los niveles de la organización? 	2
D	PLANIFICACIÓN	1,65
16	¿Se realiza y documenta un procedimiento de planificación energética?	2
17	¿Es coherente con la política energética y conduce las actividades de mejora continua de la eficiencia energética?	2
18	¿Esta planificación energética involucra una revisión de las actividades de la organización, que pueden afectar el desempeño energético?	2
19	¿Se identifica, implementa y se tiene acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba relacionados con sus usos y consumo de energía?	2
20	¿Se determina cómo se aplican estos requisitos a sus usos y consumos de energía?	2
21	¿Se introducen los requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba en el establecimiento, implementación y mantenimiento de su SGE?	2
22	¿Los requisitos legales y otros requisitos son periódicamente revisados?	1
23	¿Se realiza, registra y mantiene una revisión (caracterización) de la energía?	2
24	¿Se establece y documenta la metodología y los criterios utilizados para realizar la revisión (caracterización) de energía?	2
25	¿Se registra y analiza el uso y consumo de energía basado en la medición y otros datos?	2
26	¿Se identifican las fuentes actuales de energía?	3
27	¿Se evalúa el uso y el consumo de energía pasado y presente?	2
28	¿Se identifican las áreas de uso y consumo significativo de energía?	2
29	¿Se identifican las instalaciones, equipos, sistemas, procesos y personal que trabaja para o en nombre de la organización que afectan de manera significativamente el uso y consumo de energía?	2
30	¿Se identifican otras variables relevantes que afectan los usos significativos de energía?	2

31	¿Se determina el desempeño actual con respecto a la energía de las instalaciones, equipos, sistemas y procesos relacionados con los usos significativos de energía identificados?	2
32	¿Se calcula el consumo de energía actual y futuro?	2
33	¿Se identifican, priorizan y registran oportunidades para la mejora de la eficiencia energética?	1
34	¿Se actualizan a intervalos definidos la información y los análisis de la revisión energética y en respuesta a cambios importantes en las instalaciones, equipos, sistemas o procesos?	1
35	¿Se establece una o varias línea(s) base de la energía con la información de la revisión inicial de energía considerando un periodo de datos adecuados al uso y el consumo de energía de la organización?	1
36	¿Se miden y registran los cambios en el desempeño de la energía contra la(s) línea(s) base de energía?	1
37	¿Se realizan ajustes a la(s) línea(s) base, cuando los indicadores ya no reflejan el uso y el consumo de energía de la organización, o haya habido cambios importantes en el proceso, en las pautas de funcionamiento, o en los sistemas de energía, o de acuerdo a un método predeterminado?	1
38	¿Se mantienen y registran la(s) línea(s) base de la energía?	2
39	¿Se identifican IDEs adecuados para el seguimiento y la medición de la eficiencia energética?	1
40	¿Se establecen, registran y revisan con regularidad la metodología para determinar y actualizar los IDEs?	1
41	¿Se establecen, revisan y comparan los IDEs con la línea base de energía sobre una base regular?	1
42	¿Se han establecido, implementado y mantenido objetivos y metas de energía documentados en los niveles, funciones pertinentes, procesos o instalaciones de la organización?	1
43	¿Los objetivos y metas de la energía son medibles?	2
44	¿Se establecen cronogramas para el logro de los objetivos y metas?	1
45	¿Los objetivos y metas son consistentes con la política energética?	2
46	¿Las metas son consistentes con los objetivos, específicos y medibles?	2
47	¿Se tienen en cuenta los requisitos legales y otros requisitos a los que la organización suscriba, los usos significativos de energía y las oportunidades para mejora de la eficiencia energética para el establecimiento y revisión de los objetivos y metas? ¿Se considera el estado financiero, operativo y condiciones de la organización, las opciones tecnológicas, y las opiniones de las partes interesadas?	2
48	¿Se establecen, implementan y mantienen planes de acción para el logro de sus objetivos y metas? Estos planes incluyen: -La designación de la responsabilidad. -El marco de medios y el tiempo por el cual las metas individuales que se persiga. -Una declaración del método por el cual será una mejora de la eficiencia energética verificadas. -Una declaración del método de comprobación de los resultados.	1
49	¿Los planes de acción son documentados? ¿Son actualizados periódicamente?	1

E	TALENTO HUMANO	1
50	¿Se han identificado que personas (las cuales realicen tareas para la organización o en su nombre) están relacionadas con los usos significativos de la energía?	1
51	¿Es éste personal competente (tomando como base su educación formación o experiencia adecuada)? ¿Se mantienen los registros asociados?	1
52	¿Se han identificados las necesidades de formación relacionadas con el control de sus usos significativos de energía y la operación de su SGE?	1
53	¿Se ha impartido la formación o se ha emprendido las acciones necesarias para satisfacer las necesidades identificadas? ¿Se mantienen los registros asociados?	1
54	¿La organización se ha asegurado de que las personas que trabajan para o en su nombre son conscientes de: -La importancia de la conformidad con la política energética, los procedimientos y con los requisitos del SGE. -Sus funciones, responsabilidades y autoridades en el logro de los requisitos del SGE. -Los beneficios de la mejora del desempeño energético. -El impacto, real o potencial, con respecto al consumo de energía, de sus actividades y cómo sus actividades y comportamiento contribuyen a la consecución de los objetivos y meta energéticas, y las consecuencias potenciales de desviarse de los procedimientos especificados?	1
F	COMPRAS	1,33
55	¿Se informa a los proveedores que la contratación o adquisición debe ser en parte evaluada sobre la base de la eficiencia energética?	1
56	¿Se establecen e implementan criterios para evaluar el uso y consumo de energía durante la vida útil de nuevos productos adquiridos que utilizan energía, equipos y servicios que se espera que tengan un impacto significativo sobre el desempeño energético de la organización?	2
57	¿Se definen las especificaciones de compra de energía en su caso para el efectivo uso y consumo de energía?	1
G	CONTROL OPERACIONAL	1
58	¿Se implementa y opera el SGE según los planes de acción y otros productos del proceso de planificación?	1
59	¿La organización ha identificado y planificado aquellas operaciones y actividades de mantenimiento que están relacionadas con sus usos significativos de la energía, en coherencia con su política energética, objetivos, metas y planes de acción?	1
60	¿La organización ha establecido y ajustado criterios operacionales y de mantenimiento efectivos para controlar situaciones en la que su ausencia podría llevar a desviaciones significativas de la eficiencia energética?	1
61	¿La organización ha llevado a cabo actividades de operación y de mantenimiento de instalaciones, procesos, sistemas y equipos de acuerdo con criterios operacionales?	1
62	¿Se ha comunicado adecuadamente los controles operacionales al personal que trabaja para, o en nombre de la organización?	1

63	¿Se efectúa el análisis del diseño de nuevas, modificadas y renovadas instalaciones, equipos, sistemas y procesos que pueden tener un impacto significativo sobre el desempeño energético para identificar las oportunidades de mejora del desempeño energético y control operacional?	1
64	¿Se incorporan los resultados de la evaluación del desempeño energético en las especificaciones, diseños y actividades de adquisición de proyecto(s) pertinente(s)?	1
65	¿Se mantiene el registro de las actividades de diseño o modificaciones de equipos, sistemas y procesos?	1
H	DOCUMENTOS Y REGISTROS	1,38
66	¿Se establece, implementa y mantiene la información, en papel, en formato electrónico o en cualquier otro medio, para describir los elementos fundamentales de SGE y su interacción?	1
67	¿La documentación del SGE incluye: -El alcance y los límites del SGE. -La política energética. -Los objetivos de energía, metas y planes de acción. -Los documentos, incluyendo los registros requeridos por esta Norma Internacional. -Otros documentos determinados por la organización como necesarios?	2
68	¿Los documentos son/están: -Aprobados con relación a su adecuación antes de su emisión. -Revisados y actualizados cuando es necesario y aprobados nuevamente. -Identificados con su estado de revisión actual y se les han identificado los cambios realizados. -Disponibles en las versiones pertinentes en los puntos de uso -Identificados cuando son de origen externo y cuando son necesarios para la planificación y operación del SGE se controla su distribución?	1
69	¿Existen procedimientos para controlar los documentos del SGE?	1
70	¿Los documentos obsoletos son removidos oportunamente de todos los puntos de uso o se asegura que no sean usados para propósito no previstos? ¿Aquellos retenidos son identificados adecuadamente?	1
71	¿La organización ha definido e implementado controles para la identificación, recuperación y conservación de los registros?	2
72	¿Los registros son legibles, identificables y relevantes a la actividad correspondiente?	2
73	¿Los registros son suficientes para demostrar la conformidad con los requisitos de su SGE, de esta Norma Internacional y los resultados de desempeño energético alcanzado?	1
I	COMUNICACIÓN	2,5
74	¿Se establece un mecanismo de comunicación interna con relación a su eficiencia energética y el SGE?	2
75	¿Se establece un marco organizacional mediante el cual cualquier persona que trabaje para, o en nombre de la organización puede hacer comentarios o sugerir mejoras al SGE?	2
76	¿La organización ha documentado su decisión de comunicar o no externamente la información acerca de su SGE y eficiencia energética?	3
77	¿Si la decisión ha sido comunicarla, se han definido e implementado métodos para su realización?	3

J	VERIFICACIÓN	1,27
78	¿Se monitorean, miden, analizan y registran los resultados de la revisión de energía?	1
79	¿Se monitorean, miden, analizan y registran los usos significativos de energía?	1
80	¿Se monitorean, miden, analizan y registran la relación entre las variables pertinentes y el uso significativo de energía?	1
81	¿Se monitorean, miden, analizan y registran los IDEs?	1
82	¿Se monitorea, mide, analiza y registra la efectividad de los planes de acción para cumplimiento de los objetivos y metas?	1
83	¿Se monitorean, miden, analizan y registran la evaluación de consumo de energía actual versus esperado?	2
84	¿La organización ha definido e implementado plan de medición de energía adecuado a su tamaño y complejidad?	2
85	¿Se define y se revisa periódicamente las necesidades de medición?	1
86	¿Los equipos de seguimiento y medición proveen datos que sean precisos y repetitivos? ¿Existen registros sobre su estado de calibración y mantenimiento?	1
87	¿Se han investigado las desviaciones significativas en el desempeño energético? ¿Se ha dado respuesta a estas desviaciones?	1
88	¿Se evalúan y registran periódicamente el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos que suscriba que son relevantes para su uso y consumo de energía?	1
89	¿Se realizan auditorias internas a intervalos planificados para asegurar que el SGE: -Cumple los planes de gestión de energía, incluidos los requisitos de esta Norma Internacional los objetivos y metas energéticas establecidas. -Sea efectivamente implementadas y mantenidas y mejore el desempeño energético?	1
90	¿Se establece un calendario y un plan de auditorias teniendo en cuenta el estado y la importancia de los procesos y áreas a auditar, así como los resultados de las auditorias previas?	1
91	¿La selección de auditores y la realización de las auditorias aseguran la objetividad e imparcialidad del proceso de auditoria?	1
92	¿Se mantienen registros de los resultados de la auditoria y se le informan de estos a la alta dirección?	1
93	¿Se identifican y revisan las no conformidades reales y potenciales?	1
94	¿Se determinan las causas de las no conformidades reales y potenciales?	1
95	¿Se establecen medidas para asegurar que las no conformidades no vuelvan a ocurrir o se repitan?	1
96	¿Se determinan e implementan acciones adecuadas correctivas y preventivas?	3
97	¿Se mantienen registros de acciones correctivas y preventivas?	3
98	¿Las acciones correctivas y preventivas han sido consistentes con la magnitud de los problemas reales o potenciales y las consecuencias del desempeño energético detectadas?	1
99	¿Se incorporan los cambios en la documentación del SGE, derivados de las acciones preventivas y correctivas tomadas?	1
	CALIFICACIÓN PROMEDIO TOTAL DE LA EMPRESA	1,45

