



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN MATERIALES AVANZADOS,
S. C. POSGRADO**

**EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CALIDAD DE LA
ENERGÍA ELÉCTRICA EN PLANTA BEBIDAS
MUNDIALES S.A DE C.V**

Tesis que presenta

“José Luis Peinado Martínez”

“Julio Antonio Hernández Valenzuela”

**Como Requisito para obtener
el Grado de Maestro en Ciencias
en Energías Renovables**

Director de tesis:

Dr. Mauricio Alberto Garza Castañón

Cd. Juárez, Chihuahua

Septiembre de 2012

2. AGRADECIMIENTOS

Para la realización de todo trabajo es necesaria la participación cooperativa de un grupo de personas y del apoyo moral que consciente o inconscientemente nos brindan las personas que nos rodean.

Esta tesis no es la excepción, ya que sin la colaboración de mis profesores, y el apoyo incondicional de mi familia, mis amigos y compañeros no hubiera sido posible.

De manera especial agradezco el apoyo de mi asesor el Dr. Mauricio Alberto Garza Castañón por el tiempo y paciencia que me brindó durante la realización de mi trabajo.

Agradezco a mi esposa Carmen y a mis hijos José y Miguel por su comprensión y paciencia que me brindaron durante estos últimos años.

Agradezco a quien con su paciencia, compañía y ayuda incondicional me motivo, ya que sus comentarios y frases de aliento llegaron a mí como una estela de inspiración para poder concluir este proyecto.

A mis padres quienes siempre me apoyaron y alentaron para seguir adelante.

Agradezco a todas aquellas personas que creyeron en mí y me motivaron para seguir adelante y también a las que no creyeron, ya que gracias a ellas me dieron el coraje necesario para cumplir mis metas.

3. ÍNDICE

1. PORTADA.....	0
2. AGRADECIMIENTOS.....	i
3. ÍNDICE.....	ii
3.1 Índice de figuras.....	v
3.2 Índice de tablas.....	vi
4. RESUMEN.....	10
5. INTRODUCCIÓN.....	11
5.1 Antecedentes.....	11
5.2 Definición del problema.....	12
5.3 Justificación.....	12
5.4 Objetivos.....	12
5.4.1 Objetivos específicos.....	12
6. MARCO DE REFERENCIA.....	14
6.1 Eficiencia Energética.....	14
6.2 Sistemas de iluminación.....	16
6.3 Motores eléctricos.....	18
6.4 Sistema de Aire Comprimido.....	20
6.5 Diagnóstico energético.....	21
6.6 Calidad de la Energía.....	25
6.6.1 Variaciones de voltaje de corta duración.....	27
a. Pico de voltaje.....	27
b. Swells.....	28
c. Sags.....	28
6.6.2 Variaciones de voltaje de larga duración.....	29
a. Alto y bajo voltaje.....	29
b. Interrupción.....	29
c. Flickers.....	30
6.6.3 Transitorios.....	31
a. Distorsión armónica.....	33
b. Límites de distorsión de voltaje.....	33

c. Límites de distorsión de corriente.....	33
d. Flujo.....	34
e. Efecto de las armónicas en el equipo.....	34
f. Las soluciones a los problemas de armónicas.....	35
g. Filtros Pasivos.....	35
h. Ruido eléctrico.....	37
6.6.4 Puesta A Tierra.....	38
a. Tierra Aislada.....	38
b. Red de Referencia.....	38
7. DESARROLLO.....	39
7.1 Eficiencia energética eléctrica.....	39
7.1.1 Acometida y subestaciones de la empresa Bebidas Mundiales.....	39
7.1.2 Carga de las subestaciones uno y dos.....	41
7.1.3 Diagnóstico energético.....	42
a. Comportamiento y uso de la energía eléctrica.....	42
b. Consumo en cada una de las áreas.....	48
7.1.4 Desperdicio de energía en la planta Bebidas Mundiales S.A. de C. V.....	53
a. Tiempo muerto en las líneas de producción.....	53
Consumo de tiempo muerto en las líneas.....	56
Total de pérdidas en las líneas.....	58
b. Desperdicio de energía eléctrica debido a fugas de aire.....	58
Fugas de aire comprimido.....	58
Problemas ocasionados por fugas de aire.....	58
Detección de fugas de aire.....	58
Calculo de perdidas en Kw por fugas de aire comprimido.....	61
Censo de fugas de aire.....	61
Kilowatts horas desperdiciados por fugas de aire comprimido.....	62
Costo ocasionado por fugas de aire comprimido.....	63
c. Perdida de energía por uso de motores de baja eficiencia.....	64
Ahorro al sustituir un motor de baja eficiencia por uno de alta eficiencia.....	65
7.2 Calidad de la energía eléctrica.....	69
7.2.1 Procedimiento para la adquisición de datos.....	69
7.2.2 Datos obtenidos del análisis de calidad.....	70

8. RESULTADOS.....	79
8.1 Eficiencia energética.....	79
8.1.1 Carga total instalada.....	79
8.1.2 Perdidas de energía.....	79
a. Pérdidas en los compresores por fugas en las líneas.....	79
b. Pérdidas en los compresores por fugas en las líneas.....	79
8.1.3 Ahorro de energía en motores.....	79
a. Ahorro de energía por sustitución de motores de baja eficiencia por motores de alta eficiencia de 1 HP.....	79
b. Ahorro de energía por sustitución de motores de baja eficiencia por motores de alta eficiencia de 1.5 HP.....	80
c. Ahorro de energía por sustitución de motores de baja eficiencia por motores de alta eficiencia de 150 HP.....	80
d. Ahorro de energía por sustitución de motores de baja eficiencia por motores de alta eficiencia de 300 HP.....	80
8.2 Calidad de la energía eléctrica.....	82
8.2.1 Diagnóstico del estado de las instalaciones.....	82
a. Voltajes Nominales.....	82
b. Espectro armónico de Voltaje (THDv).....	82
c. Espectro armónico de Corriente (THDi).....	83
d. Transformador 1 Subestación 1.....	84
e. Transformador 3 Subestación 1.....	84
f. Transformador 1 Subestación 2.....	84
g. Transformador 2 Subestación 2.....	85
8.2.3 Termografía.....	85
9. Conclusiones.....	87
10. Recomendaciones.....	89
11. Referencias.....	90

Índice de Figuras.

Figura 1	Distribución del consumo de energía eléctrica por sector y por área.....	16
Figura 2	Pico de voltaje.....	28
Figura 3	Incremento de voltaje de varios ciclos.....	28
Figura 4	Decremento momentáneo de voltaje.....	29
Figura 5	Variaciones de voltaje de larga duración.....	29
Figura 6	Interrupciones de voltaje.....	30
Figura 7	Fluctuaciones de voltaje.....	30
Figura 8	Transitorios.....	31
Figura 9	Distorsión de la onda sinodal.....	32
Figura 10	Frecuencias múltiplos de la onda sinodal.....	32
Figura 11	Distorsión de la onda senoidal debido a armónicas.....	33
Figura 12	Recomendaciones del IEEE 519.....	33
Figura 13	Filtros para armónicas.....	36
Figura 14	Potencia de distorsión armónica.....	37
Figura 15	Ruido eléctrico.....	37
Figura 16	Diagrama unifilar de la alimentación a los cuatro transformadores de 500 KVA.....	39
Figura 17	Diagrama unifilar de la alimentación a los dos transformadores de 1000 KVA.....	40
Figura 18	Diagrama unifilar de la alimentación al transformador de 2500 KVA.....	41
Figura 19	Banda de transporte 1.....	53
Figura 20	Chupones de despaletizadora.....	54
Figura 21	Las bandas de transporte 2.....	54
Figura 22	Las bandas de transporte 3.....	55
Figura 23	Desperdicio de aire comprimido en transportador aéreo L3.....	59
Figura 24	Desperdicio de aire comprimido en secador de botella L3.....	59
Figura 25	Desperdicio de aire comprimido en transportador aéreo línea 4.....	60
Figura 26	Desperdicio de aire comprimido en transportador línea 4.....	60
Figura 27	Motor de la línea 3.....	64
Figura 28	Motor de alta eficiencia 1 HP, eficiencia de 86.5.....	65
Figura 29	Perfil de la corriente en el Transformador 1 500KVA de la subestación 1....	70
Figura 30	Perfil de la corriente en el Transformador 3 500 KVA de la subestación 1...	71

Figura 31	Perfil de la corriente en el Transformador 1 1000KVA en la subestación 2	71
Figura 32	Perfil de la corriente en el Transformador 2 1000 KVA de la subestación 2..	72
Figura 33	Perfil del voltaje en el Transformador 1 500 KVA de la subestación 1.....	72
Figura 34	Perfil de voltaje en el Transformador 3 500 KVA de la subestación 1.....	73
Figura 35	Perfil de voltaje en el Transformador 1 1000 KVA de la subestación 2.....	73
Figura 36	Perfil de voltaje en el Transformador 2 1000 KVA de la subestación 2.....	73
Figura 37	Espectro Armónico de Voltaje (THDv) Transformador 1.....	74
Figura 38	Espectro Armónico de Corriente (THDv) Transformador 1.....	74
Figura 39	Termografía de un controlador de un compresor.....	85
Figura 40	Termografía de acometida eléctrica.....	40

Índice de tablas

Tabla 1	Comparativa de eficiencia y tiempo de vida de diferentes tecnologías para la iluminación.....	17
Tabla 2	Valores nominales de eficiencia PREMIUM en motores jaula de ardilla completamente cerrados.....	18
Tabla 3	Valores nominales de eficiencia ESTÁNDAR en motores jaula de ardilla completamente cerrados.....	19
Tabla 4	Comparativa entre los valores establecidos por Energy Policy Act (EPA) y eficiencia Premium en motores eléctricos.....	19
Tabla 5	Limites de distorsión de corriente para sistemas de 120 V a 69 KV.	34
Tabla 6	Secuencia de las armónicas.....	34
Tabla 7	Equipo eléctrico utilizado en la línea 1A.....	43
Tabla 8	Equipo eléctrico utilizado en la línea 2.....	43
Tabla 9	Equipo eléctrico utilizado en la línea 3.....	44
Tabla 10	Equipo eléctrico utilizado en la línea 4.....	44
Tabla 11	Equipo eléctrico utilizado en la línea Ciel.....	45
Tabla 12	Equipo eléctrico utilizado en la la Planta Tratadora de Agua.....	46
Tabla 13	Equipo eléctrico utilizado en el área de Calderas.....	46
Tabla 14	Equipo eléctrico utilizado en el área de Compresores.....	47
Tabla 15	Equipo eléctrico utilizado en Iluminación.....	47

Tabla 16	Carga y costo de operación de la línea 1A.....	48
Tabla 17	Carga y costo de operación de la línea 2.....	48
Tabla 18	Carga y costo de operación de la línea 3.....	49
Tabla 19	Carga y costo de operación de la línea 4.....	49
Tabla 20	Carga y costo de operación de la línea Ciel.....	50
Tabla 21	Carga y costo de operación de la línea Ciel.....	50
Tabla 22	Carga y costo de operación de la línea Ciel.....	51
Tabla 23	Carga y costo de operación del área de compresores.....	51
Tabla 24	Carga y costo de operación de Iluminación.....	52
Tabla 25	Resumen del costo eléctrico de la Planta Bebidas Mundiales S.A. de C.V.....	52
Tabla 26	Costo del tiempo muerto en la línea 1A.....	56
Tabla 27	Costo del tiempo muerto en la línea 2.....	56
Tabla 28	Costo del tiempo muerto en la línea 3.....	57
Tabla 29	Costo del tiempo muerto en la línea 4.....	57
Tabla 30	Resumen del costo por perdidas de la Planta Bebidas Mundiales S.A. de C.V.....	58
Tabla 31	Índices de fuga para diferentes presiones de suministro y diámetros de fuga.....	61
Tabla 32	Número de fugas en las líneas 3 y 4.....	61
Tabla 33	Pérdidas en KWH por fugas en línea 3.....	62
Tabla 34	Pérdidas en KWH por fugas en línea 4.....	62
Tabla 35	Costo ocasionado por fugas de aire comprimido en línea 3.....	63
Tabla 36	Costo ocasionado por fugas de aire comprimido en línea 4.....	63
Tabla 37	Desperdicio de energía por fugas de aire en L3 y L4.....	64
Tabla 38	Ahorro de KWH entre un motor de 1 HP de alta y uno de baja eficiencia.....	65
Tabla 39	Ahorro Mensual entre un motor de 1 HP de alta y uno de baja eficiencia.....	65
Tabla 40	Ahorro de KWH entre un motor de 1.5 HP de alta y uno de baja eficiencia.....	66
Tabla 41	Ahorro de KWH entre un motor de 1.5 HP de alta y uno de baja eficiencia.....	66

Tabla 42	Ahorro de KWH entre un motor de 150 HP de alta y uno de baja eficiencia.....	67
Tabla 43	Ahorro de KWH entre un motor de 150 HP de alta y uno de baja eficiencia.....	67
Tabla 44	Ahorro de KWH entre un motor de 150 HP de alta y uno de baja eficiencia.....	68
Tabla 45	Ahorro de KWH entre un motor de 300 HP de alta y uno de baja eficiencia.....	68
Tabla 46	Resultados de Transformador 1 en Subestación 1.....	75
Tabla 47	Resultados de Transformador 3 en Subestación 1.....	76
Tabla 48	Resultados de Transformador 1 en Subestación 2.....	77
Tabla 49	Resultados de Transformador 2 en Subestación 2.....	78
Tabla 50	Total de pérdidas en la empresa.....	81
Tabla 51	Voltajes promedios en las subestaciones 1 y 2.....	82
Tabla 52	Espectro armónico de Voltaje (THDv).....	83
Tabla 53	Espectro armónico de Corriente (THDi).....	83
Tabla 54	Calculo de la relación I_{cc}/I_{max}	84

4. RESUMEN

El presente es el reporte del proyecto de diagnóstico energético eléctrico en la empresa Bebidas Mundiales S.A. de C.V. desarrollado en los meses de diciembre de 2011 a agosto de 2012, el cual incluye la revisión visual de las instalaciones y equipo eléctrico, adquisición de datos a través de la medición de variables de potencia y calidad eléctrica, así como su análisis para una propuesta de mejoramiento en la eficiencia energética y disminución de problemas de calidad eléctrica.

Abstract.

This is the report of electric energy assessment project in Bebidas Mundiales S.A. de C.V. developed in the months of December 2011 to August 2012, which includes the visual inspection of the facilities and electrical equipment, data acquisition through variables measuring power and power quality, and their analysis for a proposed improved energy efficiency and reduced power quality problems.

5. INTRODUCCIÓN

5.1 Antecedentes de la empresa

Bebidas Mundiales Arca Continental S.A de C.V. distribuidora de diversos productos situada en Ciudad Juárez Chihuahua; Boulevard Óscar Flores 9755, Puente Alto 32695 Juárez, Chihuahua; con casi 12 años de carrera en Coca-Cola Company, James Quincey llegó a México en diciembre de 2005 con muchos retos y expectativas.

En enero de 2001, se dan los primeros pasos para el nacimiento de Embotelladoras Arca, S.A. de C.V., cuando tres importantes grupos embotelladores de Coca-Cola del norte del país, ARGOS, ARMA y PROCOR, hicieron pública su intención de fusionarse en una sola empresa, que prácticamente se concretó en el mes de diciembre de ese mismo año.

La afinidad de los tres grupos embotelladores, en cuestiones tan importantes como su visión de negocio de los refrescos embotellados, su filosofía de trabajo, sus metas, objetivos y estrategias para mantener el liderazgo de sus marcas en un mercado tan competitivo y, sobre todo el contar con finanzas muy sanas y considerar al ser humano como su recurso más valioso, dio como resultado que las negociaciones para esta fusión se concretaran armónica y satisfactoriamente.

La historia de tres organizaciones que fueron creadas por tres hombres emprendedores, tenaces y visionarios, Don Manuel L. Barragán Escamilla, Don Emilio Santos y Don Tomás Fernández Blanco, imprimió a sus empresas coincidencias o similitudes en el quehacer industrial, que han favorecido el mutuo entendimiento por el cual se llevó a cabo la fusión y para definir la estructura de este grupo embotellador que hoy en día cuenta con 12 plantas productoras y 57 Centros de Distribución en México y 4 plantas productoras y 25 centros de distribución en Argentina.

5.2 Definición del Problema

La empresa Bebidas Mundiales S.A. de C. V. como parte de un conglomerado nacional requiere el cumplir con índices de consumo energético en función de los niveles de producción así como un estándar de afectaciones al sistema eléctrico. El parámetro de eficiencia energética establecido es de 20, 000 litros de producción por cada KWH de energía eléctrica consumida, cuando actualmente se tiene una producción de 17, 000 litros por KWH de energía eléctrica.

5.3 Justificación:

Para poder hacer un uso eficiente de la energía eléctrica, es necesario tener conocimiento de cuánto, cuándo, cómo, dónde y porqué se consume la energía, así como la forma para establecer el grado de eficiencia en su utilización. Esto solo se logra implementando un programa de eficiencia energética y calidad de la energía eléctrica.

5.4 Objetivo:

Caracterizar el consumo de la energía eléctrica en la empresa Bebidas Mundiales S.A. de C.V. a través de la realización de un diagnóstico energético en función de parámetros de eficiencia de utilización y variables de calidad de la energía eléctrica, con el fin de elaborar un programa de eficiencia energética y reducción de afectaciones en el sistema eléctrico, para lo cual se plantean objetivos específicos:

5.4.1 Objetivos específicos

- Realizar un análisis exploratorio de información de consumo energético eléctrico que incluya costos del suministro, calidad de la energía, elementos de soporte para la eficiencia (bancos de capacitores para la corrección del factor de potencia y filtros para corrientes armónicas), contrastando estos datos con los volúmenes de producción, para definir los factores que contribuyen a la variación de los índices energéticos de la planta.
- Obtener el balance energético eléctrico general de la planta, así como los balances energéticos específicos para cada equipo y área de producción.
- Identificar las áreas de oportunidad con potencial de ahorro energético.

- Evaluar económicamente los volúmenes de ahorro energético alcanzables y las metodologías para lograrlo, y plantear las alternativas a la empresa.
- Diseñar e implementar un programa para el ahorro de energía eléctrica en un área de producción donde tenga un impacto significativo.
- Análisis de los parámetros de calidad de la energía eléctrica y propuesta de atenuación en la afectación que producen en el sistema y equipo eléctrico y electrónico.

6. MARCO DE REFERENCIA:

Tal y como está sucediendo con los alimentos, el aire y el agua, la energía es esencial para la existencia humana. Pero con una población mundial rápidamente acercándose a los siete mil millones de habitantes, (Hernández 1999) ¿cómo podremos alcanzar la demanda creciente de energía de una manera responsable, equitativa y sustentable?

Las dos maneras para hacerlo son:

1. Hacer un uso más eficiente de la energía

2. Generar tu propia energía

¿Cuál de los dos es más barato?

El fuerte enfoque hacia ahorro y eficiencia energética se ha volcado mucho en las fuentes de energía renovable como una forma para reducir el impacto del uso de la energía en el medio ambiente y en el bolsillo de las empresas. Pero aún los más entusiastas promotores de energías alternativas concuerdan que la manera más fácil de reducir costos y emisiones de gases de efecto invernadero es enfocarse en hacer un uso más eficiente de la energía, ya que las energías alternativas trabajarán en un ambiente más eficiente y lograrán mejor su cometido.

6.1 Eficiencia Energética

La Eficiencia Energética se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso. La reducción de la intensidad energética es un objetivo prioritario para cualquier economía, siempre que su consecución no afecte negativamente al volumen de actividad. Uno de los parámetros que determinan la correlación entre consumo de energía y crecimiento económico es la evolución de la intensidad energética, indicador generalista que señala la relación entre consumos de energía y el Producto Interior Bruto (Hernández 1999).

La eficiencia tiene que ver con dos cometidos básicos, lo económico y lo relacionado con el medio ambiente. El primer punto se refiere a la sustentabilidad de una empresa que tiene que ver con qué tan eficiente hace uso del recurso al que tiene

disponibilidad y sobre todo al menor costo. La crisis financiera ha traído como consecuencia un cuidado más estricto de cómo se aplica el recurso financiero y la energía representa uno de los costos más importantes en las industrias y en los comercios, y el segundo al hecho de que la actividad humana está teniendo un gran impacto en la vida del planeta, el hecho es de qué estamos creando un planeta que no podrá sostenerse en el corto plazo. Cuanto tiempo será esto, no se sabe, mas desafortunadamente, como muchas cosas que están a punto de hacer crisis, cuando la hacen, ya es demasiado tarde para una solución rápida y sencilla, y entramos en una probable solución que se llevará mucho tiempo y dinero.

Existen varias estrategias que pueden ser utilizadas para una reducción en el consumo energético y en el costo de la misma. (Parker, 2007).

Estas pueden incluir:

- a) Programas que motiven un cambio en la conducta del usuario que lleven como consecuencia una reducción del consumo energético.
- b) Programas de operación y mantenimiento de equipo, que asegure que se opere eficientemente y se optimicen los tiempos de uso.
- c) Programas de entrenamiento al personal sobre cómo reducir el consumo energético y los ahorros que ello conllevan.
- d) Programa de adquisición de equipo con políticas de compra en base a la eficiencia y no al costo.
- e) Diversificar las fuentes energéticas, procurando incluir las energías renovables.
- f) Programas para el uso de tecnología eficiente en términos de energía, que incluya el reemplazo de equipo existente o convencional por más eficiente.

En el sector industrial la distribución del consumo energético eléctrico se da en mayor medida en los sistemas de iluminación, motores eléctricos, sistemas de aire comprimido, y climatización, (Martin, 2008)

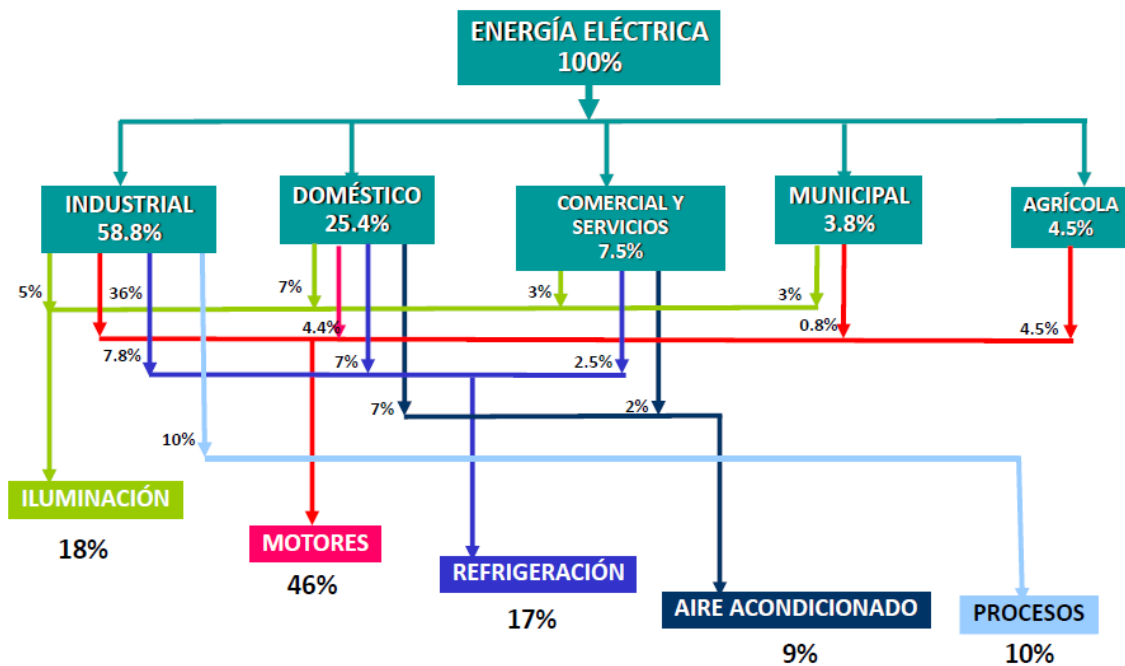


Figura 1. Distribución del consumo de energía eléctrica por sector y por área.

6.2 Sistemas de iluminación

A nivel mundial, la iluminación representa aproximadamente el 15% del consumo total de energía eléctrica. Se estima que en México el consumo energético por iluminación representa aproximadamente el 18% del consumo total de energía eléctrica. Entre 1997 y 2007 el consumo de electricidad para iluminación creció a un ritmo del 3.9% anual y se espera que continúe creciendo. El alto consumo de energía por iluminación se debe principalmente a una alta utilización de focos de baja eficiencia.

Para la mayoría de los focos tradicionales existen sustitutos tecnológicos más eficientes, lo que ha llevado a México a realizar acciones a fin de satisfacer las necesidades de iluminación con mayor eficiencia, (Estrada 2012).

Lighting Comparison Chart						
Lighting Type	Efficacy (lumens/watt)	Lifetime (hours)	Color Rendition Index (CRI)	Color Temperature (K)	Indoors/Outdoors	
Incandescent						
Standard "A" bulb	10–17	750–2500	98–100 (excellent)	2700–2800 (warm)	Indoors/outdoors	
Energy-Saving Incandescent (or Halogen)	12–22	1,000–4,000	98–100 (excellent)	2900–3200 (warm to neutral)	Indoors/outdoors	
Reflector	12–19	2000–3000	98–100 (excellent)	2800 (warm)	Indoors/outdoors	
Fluorescent						
Straight tube	30–110	7000–24,000	50–90 (fair to good)	2700–6500 (warm to cold)	Indoors/outdoors	
Compact fluorescent lamp (CFL)	50–70	10,000	65–88 (good)	2700–6500 (warm to cold)	Indoors/outdoors	
Circline	40–50	12,000			Indoors	
Light-Emitting Diodes						
Cool White LEDs	60–92	25,000–50,000	70–90 (fair to good)	5000 (cold)	Indoors/outdoors	
Warm White LEDs	27–54	25,000–50,000	70–90 (fair to good)	3300 (neutral)	Indoors/outdoors	

Tabla 1. Comparativa de eficiencia y tiempo de vida de diferentes tecnologías para la iluminación.

6.3 Motores eléctricos.

Una de las estrategias que a nivel mundial se ha desarrollado para incrementar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica a través de los motores eléctricos es la estandarización de niveles de eficiencia energética en los motores eléctricos y la motivación al consumidor final para que utilice motores cada vez más eficientes. Ejemplo de ello es el estándar NEMA MG-1: Motors and generators, desarrollado por la Asociación Nacional de la Industria Eléctrica en Estados Unidos.

Table 12-12 (Continued)						
FULL-LOAD EFFICIENCIES FOR 60 HZ PREMIUM EFFICIENCY ELECTRIC MOTORS RATED 600 VOLTS OR LESS (RANDOM WOUND)						
ENCLOSED MOTORS						
HP	2 POLE		4 POLE		6 POLE	
	Nominal Efficiency	Minimum Efficiency	Nominal Efficiency	Minimum Efficiency	Nominal Efficiency	Minimum Efficiency
1	77.0	74.0	85.5	82.5	82.5	80.0
1.5	84.0	81.5	86.5	84.0	87.5	85.5
2	85.5	82.5	86.5	84.0	88.5	86.5
3	86.5	84.0	89.5	87.5	89.5	87.5
5	88.5	86.5	89.5	87.5	89.5	87.5
7.5	89.5	87.5	91.7	90.2	91.0	89.5
10	90.2	88.5	91.7	90.2	91.0	89.5
15	91.0	89.5	92.4	91.0	91.7	90.2
20	91.0	89.5	93.0	91.7	91.7	90.2
25	91.7	90.2	93.6	92.4	93.0	91.7
30	91.7	90.2	93.6	92.4	93.0	91.7
40	92.4	91.0	94.1	93.0	94.1	93.0
50	93.0	91.7	94.5	93.6	94.1	93.0
60	93.6	92.4	95.0	94.1	94.5	93.6
75	93.6	92.4	95.4	94.5	94.5	93.6
100	94.1	93.0	95.4	94.5	95.0	94.1
125	95.0	94.1	95.4	94.5	95.0	94.1
150	95.0	94.1	95.8	95.0	95.8	95.0
200	95.4	94.5	96.2	95.4	95.8	95.0
250	95.8	95.0	96.2	95.4	95.8	95.0
300	95.8	95.0	96.2	95.4	95.8	95.0
350	95.8	95.0	96.2	95.4	95.8	95.0
400	95.8	95.0	96.2	95.4	95.8	95.0
450	95.8	95.0	96.2	95.4	95.8	95.0
500	95.8	95.0	96.2	95.4	95.8	95.0

Tabla 2. Valores nominales de eficiencia PREMIUM en motores jaula de ardilla completamente cerrados.

Table 12-11 (Continued)
FULL-LOAD EFFICIENCIES OF ENERGY EFFICIENT MOTORS

Hp	ENCLOSED MOTORS							
	2 POLE		4 POLE		6 POLE		8 POLE	
	Nominal Efficiency	Minimum Efficiency	Nominal Efficiency	Minimum Efficiency	Nominal Efficiency	Minimum Efficiency	Nominal Efficiency	Minimum Efficiency
1.0	75.5	72.0	82.5	80.0	80.0	77.0	74.0	70.0
1.5	82.5	80.0	84.0	81.5	85.5	82.5	77.0	74.0
2.0	84.0	81.5	84.0	81.5	86.5	84.0	82.5	80.0
3.0	85.5	82.5	87.5	85.5	87.5	85.5	84.0	81.5
5.0	87.5	85.5	87.5	85.5	87.5	85.5	85.5	82.5
7.5	88.5	86.5	89.5	87.5	89.5	87.5	85.5	82.5
10.0	89.5	87.5	89.5	87.5	89.5	87.5	88.5	86.5
15.0	90.2	88.5	91.0	89.5	90.2	88.5	88.5	86.5
20.0	90.2	88.5	91.0	89.5	90.2	88.5	89.5	87.5
25.0	91.0	89.5	92.4	91.0	91.7	90.2	89.5	87.5
30.0	91.0	89.5	92.4	91.0	91.7	90.2	91.0	89.5
40.0	91.7	90.2	93.0	91.7	93.0	91.7	91.0	89.5
50.0	92.4	91.0	93.0	91.7	93.0	91.7	91.7	90.2
60.0	93.0	91.7	93.6	92.4	93.6	92.4	91.7	90.2
75.0	93.0	91.7	94.1	93.0	93.6	92.4	93.0	91.7
100.0	93.6	92.4	94.5	93.6	94.1	93.0	93.0	91.7
125.0	94.5	93.6	94.5	93.6	94.1	93.0	93.6	92.4
150.0	94.5	93.6	95.0	94.1	95.0	94.1	93.6	92.4
200.0	95.0	94.1	95.0	94.1	95.0	94.1	94.1	93.0
250.0	95.4	94.5	95.0	94.1	95.0	94.1	94.5	93.6
300.0	95.4	94.5	95.4	94.5	95.0	94.1	...	...
350.0	95.4	94.5	95.4	94.5	95.0	94.1	...	...
400.0	95.4	94.5	95.4	94.5	...	...	...	...
450.0	95.4	94.5	95.4	94.5	...	...	...	...
500.0	95.4	94.5	95.8	95.0	...	...	...	...

Tabla 3. Valores nominales de eficiencia ESTÁNDAR en motores jaula de ardilla completamente cerrados.

Horsepower	Average EPart efficiency at 75% load (%)	Average premium efficiency at 75% load (%)	Ratio of premium-efficiency motor cost to EPart motor cost
1	82.4	85.2	1.20
5	88.5	90.5	1.20
10	91.1	91.9	1.09
20	92.3	93.5	1.08
50	93.9	94.8	1.14
75	94.5	95.7	1.09
100	94.9	95.7	1.17
150	96.1	95.9	1.24
200	95.3	96.3	1.14

Source: From American Council for an Energy Efficient Economy

Tabla 4. Comparativa entre los valores establecidos por Energy Policy Act (EPart) y eficiencia Premium en motores eléctricos.

6.4 Sistema de Aire Comprimido

De manera simple se puede considerar la potencia suministrada al compresor como proporcional al caudal de aire y al aumento de presión.

$$P = Q \times (P2 - P1)$$

El caudal Q y el aumento de presión dependen del diseño del equipo y de las condiciones de operación, en particular de la velocidad de rotación.

De la ecuación resulta que la demanda de potencia puede reducirse mediante la reducción del caudal o la diferencia de presiones.

a) Reducción de fugas de aire comprimido.

El caudal total que circula en los compresores de aire es una función de la carga del equipo, más las fugas. Las fugas de aire comprimido son la mayor y más importante fuente de desperdicio de energía en la mayoría de estos sistemas. Este volumen de pérdidas aumenta con la presión y las horas de operación del sistema. Es importante resaltar que las pérdidas de aire aumentan en función directamente proporcional al cuadrado del diámetro del agujero.

El costo que representan las fugas puede encontrarse multiplicando la cantidad de aire desperdiciado, por la energía necesaria para comprimirlo a la presión del sistema y por el costo de energía. Sin embargo, este procedimiento es indirecto e inexacto, ya que hay que estimar el número y tamaño de las fugas. Un método más exacto consiste en cronometrar el tiempo de servicio del compresor necesario para mantener la presión en el sistema con todo el equipo alimentador previamente desconectado en su totalidad.

La lubricación correcta y el mantenimiento apropiado de las transmisiones, la limpieza y el reemplazo oportuno de los filtros de aire de succión son otras técnicas de mantenimiento que pueden originar economías de energía. Las pérdidas de presión a través de filtros sucios causan una presión negativa en la cámara de succión y aumenta el factor $(P2 - P1)$ de la ecuación de energía.

b) Reducción de la presión del sistema al mínimo posible.

El ajuste de presión debe hacerse un poco más alto que el correspondiente a las demandas del equipo, para compensar las caídas de presión que hubiere en las líneas

de distribución. Las caídas de presión son proporcionales a la longitud de las líneas y al cuadrado de la velocidad frontal del gas que se mueve dentro de ellas.

Las pérdidas por fricción en el sistema pueden reducirse, colocando los compresores cerca de los puntos de consumo, aumentando el diámetro de las tuberías de distribución y eliminando fugas. - Conviene también examinar las posibilidades y las ventajas de instalar varios sistemas para varias presiones, ya que, por lo general, son pocos los equipos que demandan altas cantidades de aire.

c) Control de operación del sistema.

Es necesario desarrollar perfil de cargas antes de definir el control del sistema de aire comprimido, ya que ello definirá si se requiere un método sencillo, como la utilización de tanques de almacenamiento que soporten las variaciones, sistemas de compresores multietapa, arranque secuencial de compresores o controladores de velocidad de los motores.

Un listado de actividades para un buen funcionamiento del sistema de aire comprimido es:

- a) Eliminar todas las fugas de aire que se presentan en la red de distribución. Las fugas pueden alcanzar hasta un 50% de la capacidad instalada en instalaciones descuidadas. Con una inversión moderada deben limitarse a menos del 5%.
- b) Eliminar líneas de distribución que no sean necesarias.
- c) Limpieza periódica de los filtros de aire.
- d) No usar aire comprimido para ventilación o limpieza.
- e) Determinar la presión mínima requerida para la operación satisfactoria de todos los equipos y efectuar su control.
- f) Dimensionar correctamente el tamaño de las líneas.
- g) Apagar los compresores cuando no se requiera aire comprimido.
- h) La temperatura del aire de aspiración no debe ser mayor a la recomendada por el fabricante.

6.5 Diagnóstico energético

Para poder lograr una eficiencia energética es necesario realizar un diagnóstico energético el cual es un instrumento imprescindible para saber cuánto, cuándo, cómo, dónde y porqué se consume la energía, así como la forma para establecer el grado de eficiencia en su utilización (Energiza 2010).

El diagnóstico energético puede ser caracterizado por el nivel de esfuerzo que se le dedica y capital económico necesario para el logro de las metas que se recomiendan, el tipo más simple es la evaluación a través de observar el sistema y puede resultar en una sola lista de actividades. El diagnóstico más complejo incluye reportes técnicos que demuestran cálculos de ahorro económico y costos de implementación.

ASHRAE designa las evaluaciones por niveles:

Nivel I-Por simple observación,

Nivel II-Análisis del consumo y eficiencia,

Nivel III-Análisis detallado de las necesidades de capital.

La medida más común de mérito financiero es recuperación simple aunque el ciclo de vigencia del costo puede ser utilizado y es requerido por algunos programas federales bajo el Programa de Gestión de Energía de la Nación. Huffington, (2007).

El objetivo de un diagnóstico energético es determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía. Consiste en el análisis y estudio de todas las formas y fuentes de energía que utiliza un inmueble. Este análisis se hace de manera crítica en la instalación consumidora de energía, para así, establecer el punto de partida para la implementación y control de un Programa de Ahorro de Energía. El estudio determina dónde y cómo es utilizada la misma, además de especificar cuanta es desperdiciada así como los sistemas y programas a realizar para elevar la eficiencia del uso de energía del inmueble. El diagnóstico nos dará la información apropiada para establecer los planes y procedimientos adecuados para lograr las metas de ahorro y eficiencia. Las empresas que deseen ser competitivas en este mundo globalizado deberán establecer programas de ahorro y eficiencia de energía. Huffington, (2007).

Las medidas que se implementen como resultado del diagnóstico energético, permitirán alcanzar ahorros significativos en el corto, mediano y largo plazos.

Algunos de los beneficios que se obtienen de un diagnóstico energético pueden ser:

a) Conocer el comportamiento y uso de la energía.

Una manera de conocer las áreas de oportunidad en donde se puede ahorrar energía, es registrando el comportamiento de variables eléctricas en un área de la instalación o en un elemento importante de la misma.

Una vez analizados esos registros, es posible determinar alguna acción preventiva o correctiva la cual permita disminuir el consumo de energía y por consiguiente, tener ahorros económicos, estas acciones pueden ser desde cambiar el patrón de funcionamiento de un área de la instalación o elemento, hasta la sustitución de elementos del sistema (Warren 2007).

b) Evaluar cuantitativa y cualitativamente la energía que se consume.

Es preciso conocer claramente el tipo y la cantidad de energía que se utiliza en cada uno de los procesos que conforman la operación industrial y determinar las acciones pertinentes para abaratar los costos de producción por concepto de energía, sin afectar la calidad ni la cantidad de producción.

c) Detectar áreas de oportunidad de ahorro y uso eficiente de energía.

Uno de los aspectos más importantes en el desarrollo de un diagnóstico energético es el identificar las áreas de oportunidad de ahorro de energía eléctrica, realizando un análisis a conciencia de los procesos, los motores y la iluminación de la empresa, incluyendo también las prácticas del personal operativo.

d) Cuantificar los potenciales de ahorro de energía.

Partiendo de la identificación de las áreas de oportunidad de ahorro de energía eléctrica, se requiere cuantificar cuánto sería el ahorro en cada una de ellas para determinar la viabilidad.

e) Analizar de manera detallada las instalaciones, a fin de estructurar propuestas técnicas viables, para ahorrar energía en los diversos sistemas eléctricos.

Es necesario conocer cada uno de los equipos con que dispone la empresa, su valor de consumo nominal y las horas de operación promedio.

f) Determinar la eficiencia energética de la dependencia o entidad en términos de índices energéticos.

Uno de los parámetros más importantes que toda empresa debe de cuidar es determinar el consumo energético de la empresa en relación a su producción.

g) Establecer un catálogo de acciones y medidas de ahorro.

Realizar un procedimiento donde se especifique los pasos a seguir para lograr la eficiencia energética, empezando por aquellas acciones que no requieran inversión o esta sea mínima, se puede empezar por algunas modificaciones en los procesos, establecer una cultura de ahorro del personal operativo hasta llegar a la sustitución de equipo.

h) Estimar la inversión requerida para la aplicación de las medidas de ahorro.

Cuando se requiera cambio de equipo por otro más eficiente se deberá determinar el monto de la inversión y el tiempo de recuperación.

i) Determinación de beneficios energéticos, ambientales y económicos, Energiza (2010).

Establecer los ahorros económicos que se lograrán al eficientizar el uso de la energía y el impacto ambiental. El diagnóstico nos dará la información apropiada para establecer los planes y procedimientos adecuados para lograr las metas de ahorro y eficiencia.

Las empresas que deseen ser competitivas en este mundo globalizado deberán establecer programas de ahorro y eficiencia de energía.

El implementar y desarrollar programas de ahorro y eficiencia energética nos traerá diversos beneficios de los cuales se pueden enunciar:

- Reducción de la demanda eléctrica (KW)
- Reducción del consumo (KWh/Año)
- Reducción en facturación (\$/Año)
- Incremento de eficiencia en equipos y sistemas
- Mayor productividad y competitividad
- Mejora de índices energéticos (menos KWh por piezas de producción)
- Disminución de costos de operación y mantenimiento.

6.6 Calidad de la Energía

La calidad del servicio de energía eléctrica es un amplio término relacionado con la continuidad del servicio y la calidad de la onda de tensión. La continuidad del servicio es lo que tradicionalmente se ha denominado confiabilidad y básicamente es calificada con los siguientes aspectos: número de interrupciones por año, tiempo promedio por interrupción y usuarios afectados en promedio por interrupción.

Una interrupción es una pérdida completa de tensión durante un intervalo de tiempo, dependiendo del tiempo que duren las interrupciones éstas se clasifican en: instantáneas (0.5 - 30 ciclos), momentáneas (30 ciclos - 2 segundos), temporales (2 segundos - 2 minutos), y de largo tiempo (mayores a 2 minutos).

La calidad de tensión es un término usado para describir la relativa cantidad de disturbios o variaciones de tensión, particularmente en lo que se refiere a: armónicos, fluctuaciones de tensión, transitorios y factor de potencia.

La tensión que se suministra a una carga o a una instalación está caracterizada por cinco parámetros básicos: frecuencia, magnitud, forma de onda, desbalance y continuidad. La calidad del suministro puede definirse en términos de las desviaciones de estos parámetros de sus valores ideales y de la definición de los valores máximos de desviación en términos del valor que puedan alcanzar sin que se afecte el funcionamiento de los equipos eléctricos.

Tradicionalmente las empresas de electricidad solo han considerado la regulación de tensión como único parámetro para medir la calidad de la tensión, sin embargo, ésta es una condición de estado estacionario que por sí sola no refleja la gran cantidad de disturbios que pueden afectar los equipos del usuario.

Disturbios e interrupciones siempre han existido en los sistemas de potencia, solo que hoy en día estas condiciones se ven agravados por dos hechos:

- La revolución de la electrónica, que ha creado equipos muy sensibles a los disturbios y a las interrupciones, especialmente aquellos que usan funciones de memoria.
- Estos nuevos equipos exhiben una característica altamente no lineal que ha incrementado considerablemente el deterioro de las señales de tensión en la red.

Cada vez se incrementa más el uso de dispositivos eficientes ahorradores de energía, en estos programas se incentiva al uso de los elementos de estado sólido de electrónica de potencia, un ejemplo es el empleo de lámparas eficientes (balastos electrónicos) y de variadores de velocidad (ASD). Este tipo de equipos es mucho más eficiente, pero esta eficiencia se ve opacada por los efectos adversos que ocasionan: distorsionan la onda de tensión, producen armónicos de corriente y se les asocia por lo general un bajo factor de potencia.

Desde el punto de vista de la empresa de energía, la calidad se mide en el punto de servicio al usuario, en tanto el usuario mide la calidad en el punto de utilización, la percepción de calidad puede variar para el usuario debido a disturbios ocasionados por otros usuarios o por los propios equipos del mismo.

Para definir los niveles adecuados de calidad, es vital una estrecha colaboración entre usuarios, empresas de electricidad y fabricantes de equipos; soluciones a ambos lados del contador deben ser consideradas en el caso de cargas sensitivas. Los fabricantes de equipos deben conocer el ambiente en el cual operarán sus equipos, con esto se pueden anticipar muchos de los problemas que se pueden presentar. El usuario debe procurar instalar y operar sus equipos de acuerdo a las especificaciones, velando por mantener en buenas condiciones su red eléctrica.

Los sistemas eléctricos son planeados para proveer el mejor servicio a los usuarios, pero es inevitable la presencia de disturbios y variaciones momentáneas que se reflejan en el usuario. La naturaleza de los disturbios, severidad, tasa de ocurrencia y los efectos en los equipos sensibles pueden variar ampliamente. Los disturbios de tensión son un problema para los equipos sensibles, que van desde la pérdida de información hasta daños en los equipos, traduciéndose en pérdidas de tiempo y por último en pérdidas económicas.

En el sistema de potencia externo al usuario existe una gran cantidad de situaciones que pueden deteriorar la calidad del servicio, en términos generales se pueden presentar: fallas temporales, fallas permanentes, operaciones de maniobra y descargas atmosféricas.

La mayoría de los problemas de tensión están asociados con:

- Impulsos transitorios de tensión
- Caídas momentáneas de tensión

- Elevaciones momentáneas de tensión
- Interrupciones momentáneas de tensión
- Interrupciones muy frecuentes de tensión
- Armónicos • Flickers

Estos disturbios pueden originar muchos problemas a los equipos sensibles, ya que muchos equipos no están diseñados para resistir estos transitorios de tensión (incompatibilidad). Algunas de las cargas sensibles introducen armónicos al sistema.

Los problemas generales causados por una mala calidad de potencia son los siguientes:

- Fallas intermitentes de equipos de cómputo.
- Fallas permanentes de equipos de cómputo.
- Interferencia con equipos de comunicaciones.
- Mal funcionamiento de controladores de procesos.
- Reducción de la vida útil de capacitores, transformadores y equipos de interrupción.
- Daño de motores durante el arranque.
- Sobrecarga de cables, equipos de interrupción, transformadores.
- Medida inexacta de la potencia.
- Operación insatisfactoria de generadores en stand-by.
- Riesgos de choque eléctrico fatal.
- Disparos indeseados de interruptores y circuitos residuales en algunos dispositivos.

6.6.1 Variaciones de voltaje de corta duración

a. Pico de voltaje.

Es un incremento en el nivel de voltaje que dura microsegundos. Es debido principalmente por fallas en la red eléctrica, descargas atmosféricas y entrada y salida de grandes cargas.

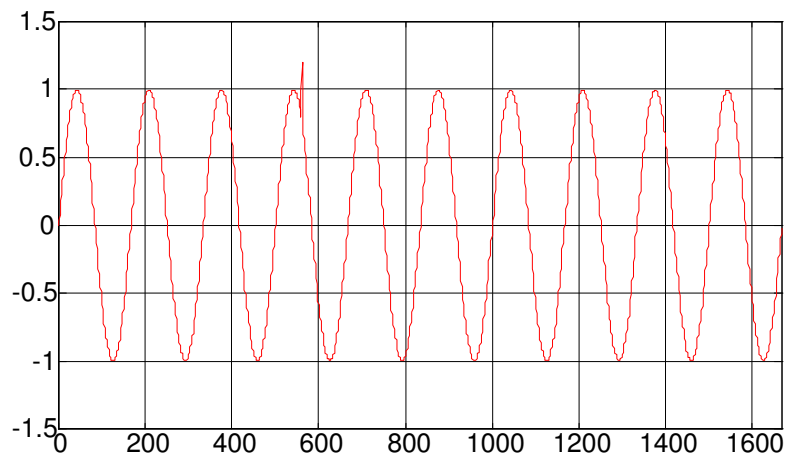


Figura 2. Pico de voltaje.

b. Swells.

Es un incremento del voltaje de varios ciclos de duración. Es ocasionado por la desconexión de cargas grandes y no llega a ser un sobre voltaje.

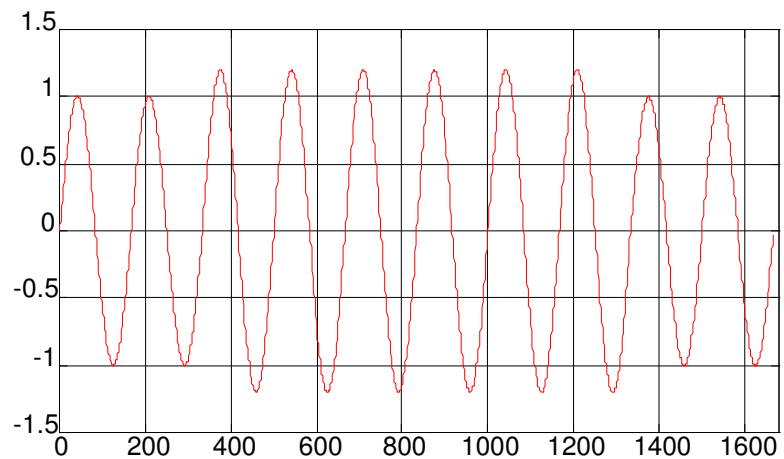


Figura 3. Incremento de voltaje de varios ciclos.

c. Sags.

Es un decremento momentáneo (varios ciclos de duración) en el nivel de voltaje. Es debido a la conexión de grandes cargas, descargas atmosféricas y fallas en la red eléctrica.

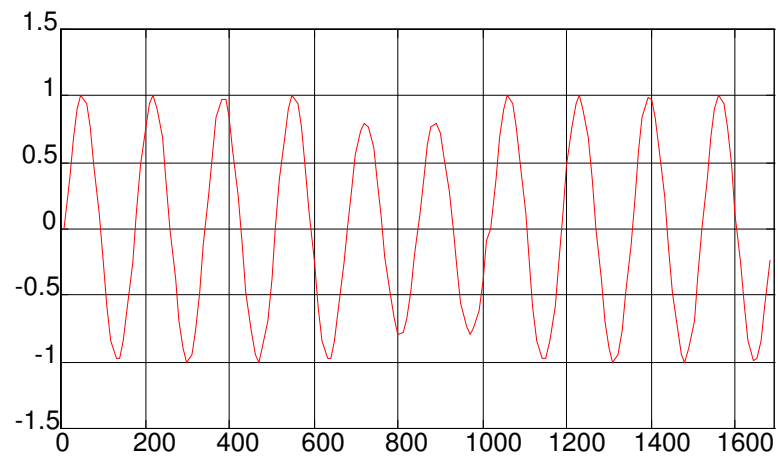


Figura 4. Decremento momentáneo de voltaje.

6.6.2 Variaciones de voltaje de larga duración.

a. Alto y bajo voltaje.

Es una condición de voltaje diferente del valor nominal, que a diferencia del *swell* y *sags*, dura mucho más tiempo. Es causado por una pobre regulación de voltaje.

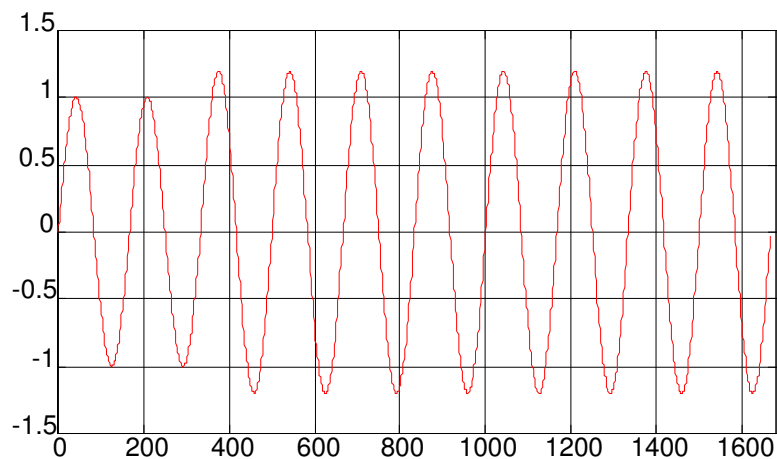


Figura 5. Variaciones de voltaje de larga duración.

b. Interrupción.

Es la pérdida total de potencia. Por lo general se considera interrupción cuando el voltaje ha decrecido a un 15 % del valor nominal o menos. Éste es debido a aperturas de líneas, daño de transformadores, operación de fusibles o equipos de protección de la red, entre

otras posibilidades. También se consideran interrupciones de energía aquellas que duran milisegundos.

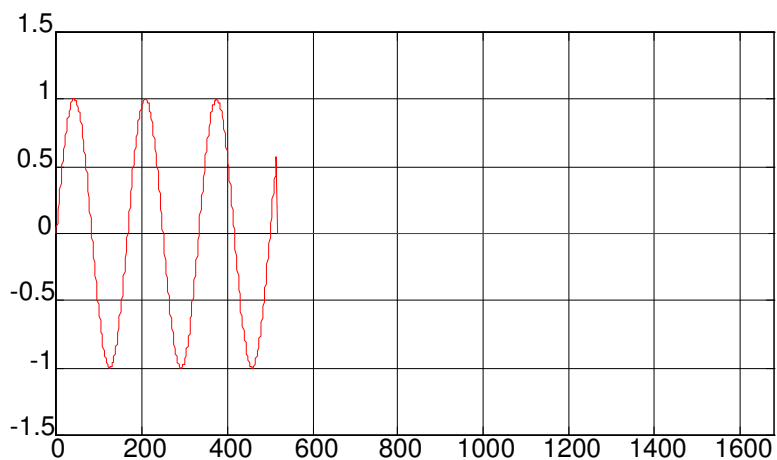


Figura 6. Interrupciones de voltaje.

c. Flickers.

Fluctuaciones en el nivel de voltaje, son debidas a la conexión de cargas cíclicas como hornos eléctricos o por oscilaciones subarmónicas (señales de frecuencia menor a la fundamental). Por lo general este efecto se observa fácilmente en el cambio de intensidad bajo y alto de lámparas y ruido acelerado y desacelerado de motores

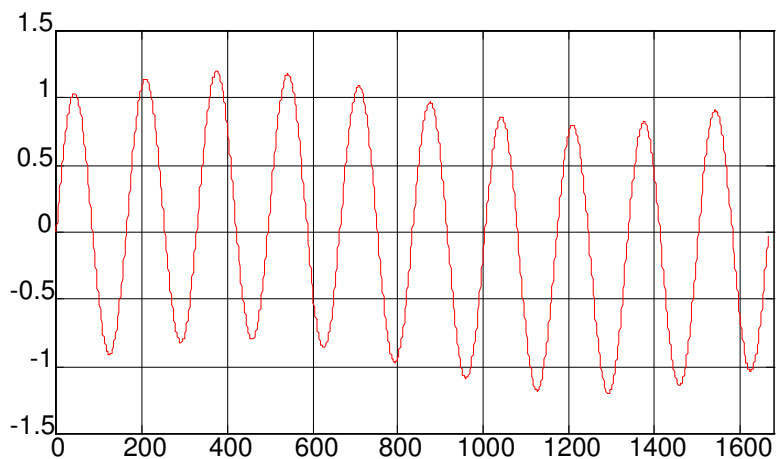


Figura 7. Fluctuaciones de voltaje.

6.6.3 Transitorios

Picos de corriente con amplitudes de rango de decenas de volts a varios miles de volts y, con duración de unas decenas de nanosegundos a unas centenas de microsegundos.

Son generadas por causas internas y externas. Las sobretensiones atmosféricas, los variadores de velocidad, las maniobras de la red eléctrica y las conmutaciones de carga de las empresas suministradoras de energía eléctrica, provocan disturbios de energía.

El 80 % de los transitorios se generan en forma interna

- Cortocircuito
- Sobrecorriente
- Encendido y apagado normal de las fotocopiadoras hasta las líneas de montaje robotizadas y las máquinas de soldadura, prácticamente todas las máquinas o sistemas industriales causan o se ven afectados en forma adversa por los transientes.

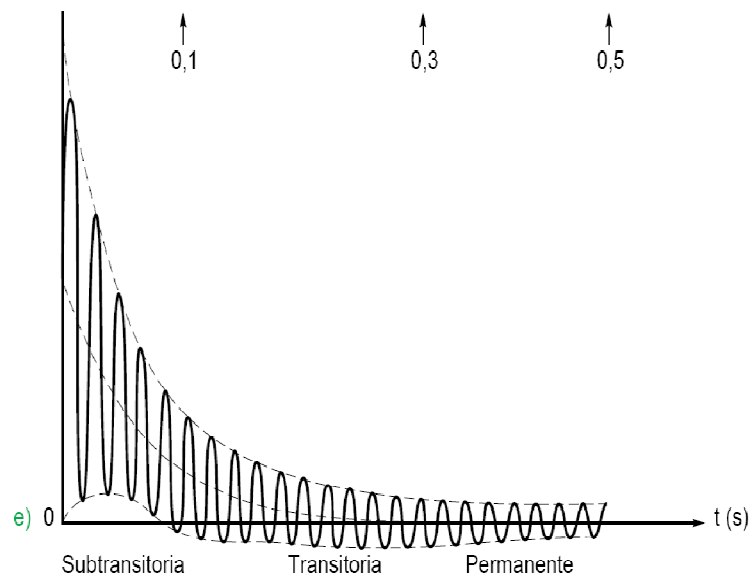


Figura 8. Transitorios.

Definición de transitorios

Una armónica está definida como una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental, que en nuestro sistema eléctrico es de 60 Hz.

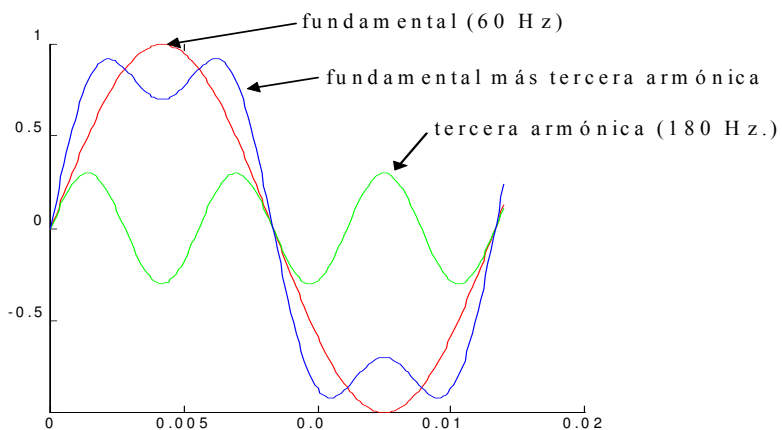


Figura 9. Distorsión de la onda senoidal.

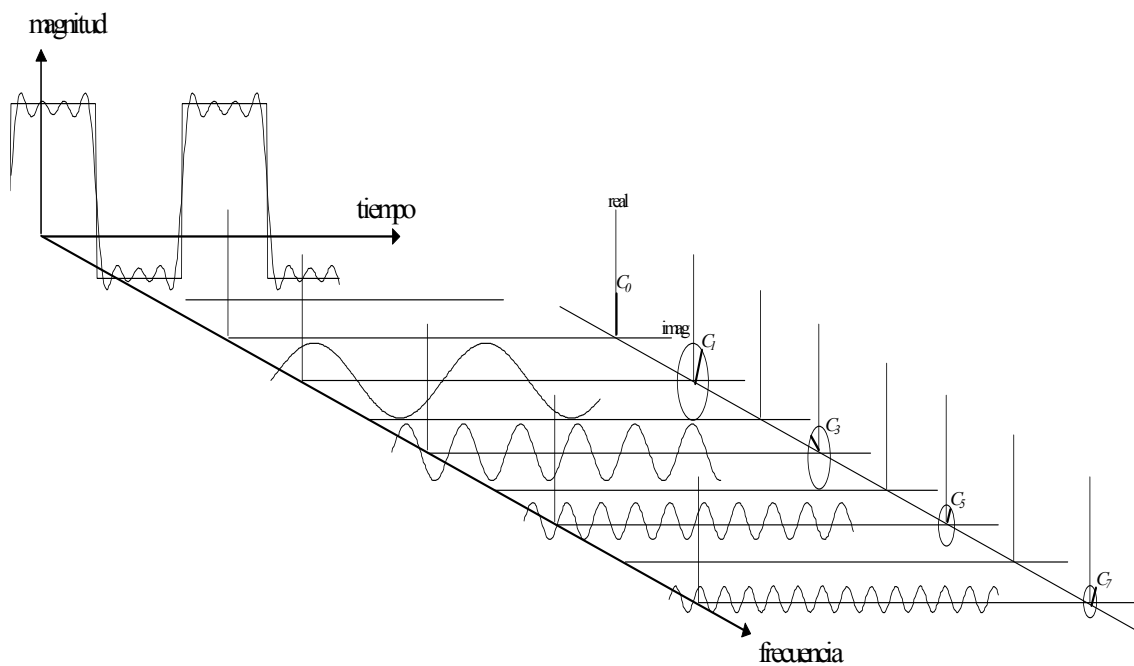


Figura 10. Frecuencias múltiples de la onda sinoidal.

a. Distorsión armónica.

Es la distorsión, periódica, de la forma de onda senoidal del voltaje o corriente. Está causada por la operación de equipos no lineales como lo son rectificadores y hornos de arco eléctrico. Este es un fenómeno en estado estable

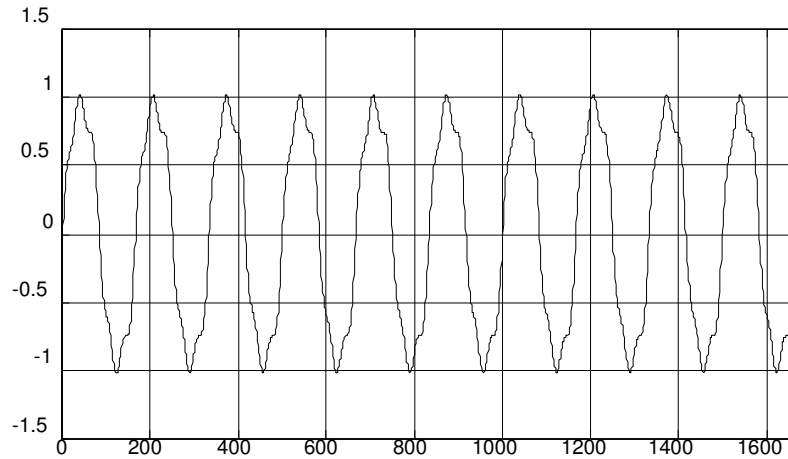


Figura 11. Distorsión de la onda senoidal debido a armónicas.

b. Límites de distorsión de voltaje.

Voltaje del bus	IHD	THD
≤ 69 KV	3.0	5.0
69 KV - 161 KV	1.5	2.5
> 161 KV	1.0	1.5

Figura 12. Recomendaciones del IEEE 519

c. Límites de distorsión de corriente

Límites de distorsión de corriente para sistemas de 120 V a 69 KV. Máxima corriente de distorsión en % de I_L . Para armónicas impares

I_{CC}/I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Tabla 5. Límites de distorsión de corriente para sistemas de 120 V a 69 KV

d. Flujo.

Toda corriente eléctrica fluye por donde se le presenta menor resistencia a su paso. Por esta razón las corrientes armónicas siguen trayectorias distintas, pues se tiene que las impedancias de los sistemas varían según la frecuencia. Donde se tiene que la reactancia inductiva se incrementa con la frecuencia y la resistencia se incrementa en menor medida, mientras que la reactancia capacitiva disminuye con la frecuencia

Flujo

Las armónicas múltiplos de tres, de secuencia cero, tienden a fluir por los neutros del sistema.

secuencia	+	-	0	+	-	0	+	-	.....
armónica	1	2	3	4	5	6	7	8	.....

Tabla 6. Secuencia de las armónicas

e. Efecto de las armónicas en el equipo.

- Calentamiento de transformadores con cargas por debajo de la nominal
- Corriente excesiva por el conductor neutro
- Pérdidas de información en computadoras
- Interferencia en radiofrecuencia

- Activación en falso de protecciones
- Lámparas que no alcanzan a encender
- Lámparas que parpadean
- Inducción en estructuras

f. Las soluciones a los problemas de armónicas incluyen:

- Conductor neutro sobredimensionado, 200%
- Uso de fuentes de potencia con controles de armónicos internos y corrección del factor de potencia.
- Balancear tipos de cargas armónicas dentro de las instalaciones para reducir la magnitud de las corrientes armónicas.
- Añadir impedancia (reactores lineares) en las fuentes identificables de corrientes armónicas para reducir la magnitud de las corrientes armónicas.
- Añadir filtros de armónicas pasivos para controlar armónicas de frecuencia específica.
- Añadir filtros de armónicas activos para reducir o eliminar factores de potencia y armónicas.
- Usa transformadores especiales para tolerar el efecto de las armónicas (transformadores de factor-K).

g. Filtros Pasivos

El filtro pasivo es un filtro que se sintoniza para una armónica en especial, o un rango determinado.

Estos filtros son los más utilizados en los sistemas eléctricos por su bajo costo y fácil instalación, aunque en algunos casos trae consigo problemas de resonancia. La figura muestra la configuración de estos filtros.

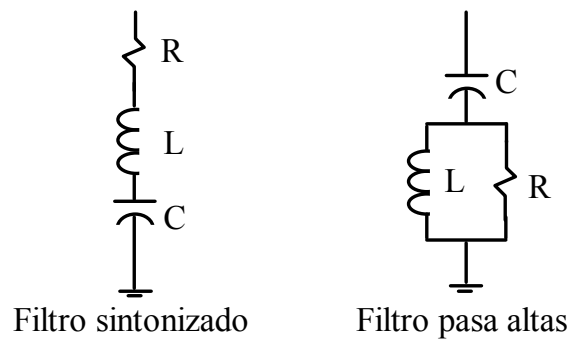


Figura 13. Filtros para armónicas.

El filtro lo que hace es presentar una impedancia baja a una corriente de una frecuencia determinada, esto significa que los elementos del filtro entran en resonancia serie, ocasionando la circulación de esta corriente. De esta manera a partir de un valor del banco de capacitores se obtiene el valor del reactor del filtro:

$$X_{cap} = \frac{KV^2}{MV ar_{CAP}} \quad X_{reac} = \frac{X_{cap}}{h^2}$$

Donde h es la armónica a la cual está sintonizado el filtro, y por tanto a la corriente que se quiere drenar.

El filtro sintonizado es utilizado para eliminar en forma individual las armónicas más bajas como la 3a, 5a y 7a. En cambio el filtro pasa altas es utilizado para eliminar un rango de armónicas las cuales tienen un valor pequeño de corriente, por lo general son usados para eliminar de la armónicas 11a en adelante

$$R = \frac{X_{reac}(f_{res})}{Q}$$

Q = Factor de calidad = $20 < Q < 30$

Para el filtro pasa altas el cálculo de la resistencia está dado por:

$$R = QX_{reac}(f_{res})$$

Q = Factor de calidad = $0.5 < Q < 2$

En los casos prácticos, muchas veces esta resistencia es la propia del reactor, por lo que no se hace necesario la utilización de resistencias adicionales.

Potencias aparente, activa, reactiva y de distorsión.

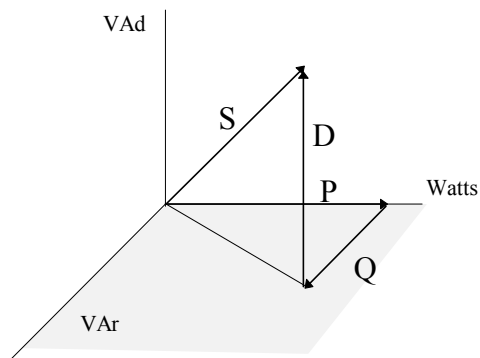


Figura 14. Potencia de distorsión armónica.

Donde D queda definida como una Potencia de Distorsión, la cual está dada por la multiplicación de las magnitudes de corriente y voltaje de diferentes frecuencias.

h. Ruido eléctrico.

Es la distorsión (no necesariamente periódica) de la forma senoidal del voltaje. Normalmente es causado por entrada y salida de equipo, transmisores de radio y equipo industrial de arco eléctrico.

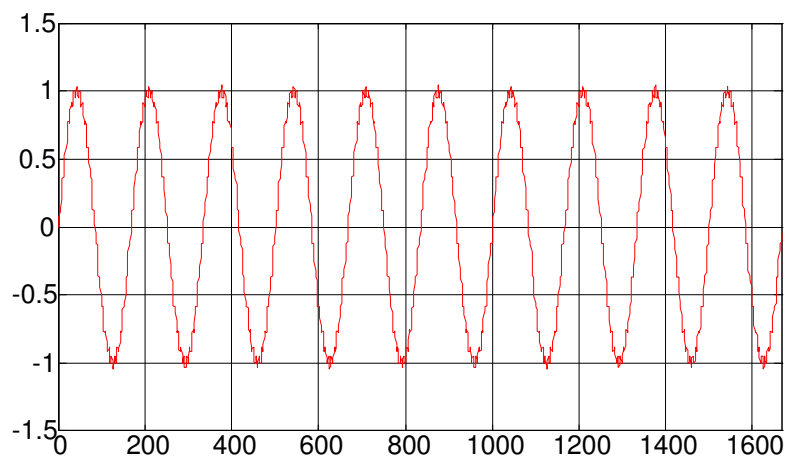


Figura 15. Ruido eléctrico

6.6.4 Puesta A Tierra.

Este esquema consiste en conectar todos los aparatos e instrumentos a tierra usando una configuración de estrella a partir de un sólo punto físico, el cual es una placa de conexión. El cual a su vez está conectada mediante un conductor apropiado a la red general de tierras.

a. Tierra Aislada.

Tierra aislada se refiere a una tierra aislada (realmente con aislamiento) de la computadora al punto de aterrizado de potencia. No es un sistema de tierras "limpio" separado para la computadora, aislado de la tierra "sucia" de la compañía suministradora. Debe existir una sola tierra. Colocando una segunda tierra separada no solo es peligrosa y una violación a la Norma, sino que también causa más problemas de los que resuelve.

b. Red de Referencia.

Piso celular de baja impedancia donde los equipos y partes metálicas estructurales se conectan mediante trencillas, y que al ofrecer un plano de referencia de tierra, baja la impedancia a tierra en todas las frecuencias.

Un PAEE donde se puede observar con más claridad los efectos de la implementación de los planes diseñados después de un diagnóstico energético.

- Control de la demanda eléctrica facturable
- Modificación de costumbres de operación
- Motores de alta eficiencia
- Ventilación y extracción
- Sistemas de aire comprimido
- Sistemas de bombeo
- Sistemas de iluminación
- Aire acondicionado
- Desperdicio de energía y usos inapropiados

Para hacer el análisis de la empresa más eficiente se debe clasificar en las diferentes áreas que conforman una empresa y envuelven a su personal, sus métodos operativos y su infraestructura.

7. DESARROLLO

El proyecto de desarrollo en dos etapas:

7.1 Eficiencia energética eléctrica

7.2 Calidad de la energía eléctrica

7.1 Eficiencia energética eléctrica.

La empresa Bebidas Mundiales S.A. de C.V. cuenta con una sola acometida para el área de producción, la cual cuenta actualmente con cuatro transformadores de 500KVA, dos de 1000KVA y uno de 2500 KVA.

7.1.1 Acometida y subestaciones de la empresa Bebidas Mundiales S.A. de C.V.

La empresa fue diseñada con una sola acometida la cual originalmente alimentaba cuatro subestaciones de 500 KVA.

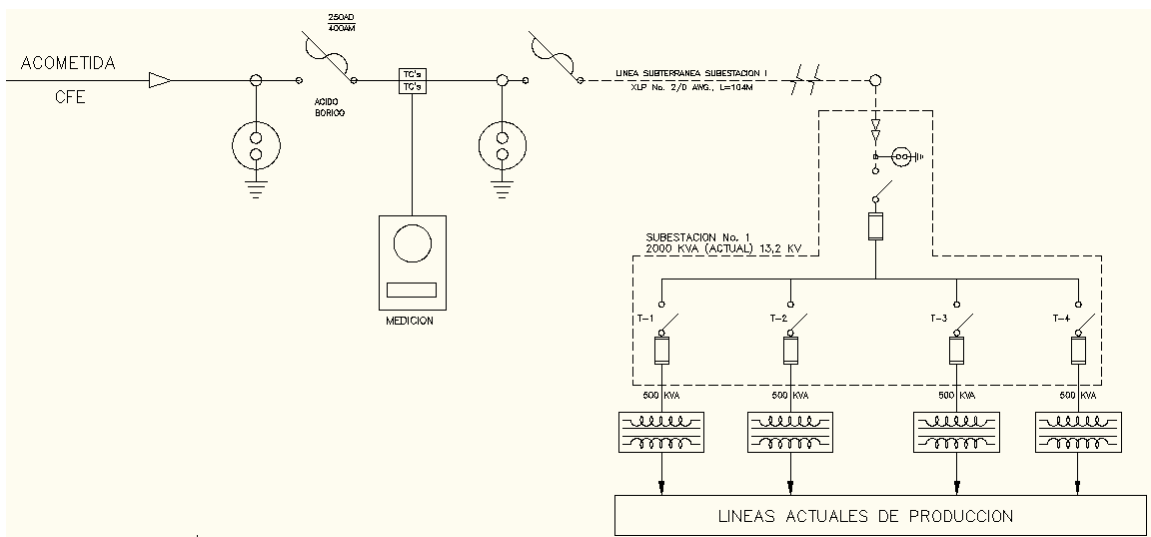


Figura 16. Diagrama unifilar de la alimentación a los cuatro transformadores de 500 KVA.

Debido a la demanda que tenía la empresa se tuvo la necesidad de ampliar la carga, por lo cual se añadieron dos subestaciones más de 1000KVA cada una.

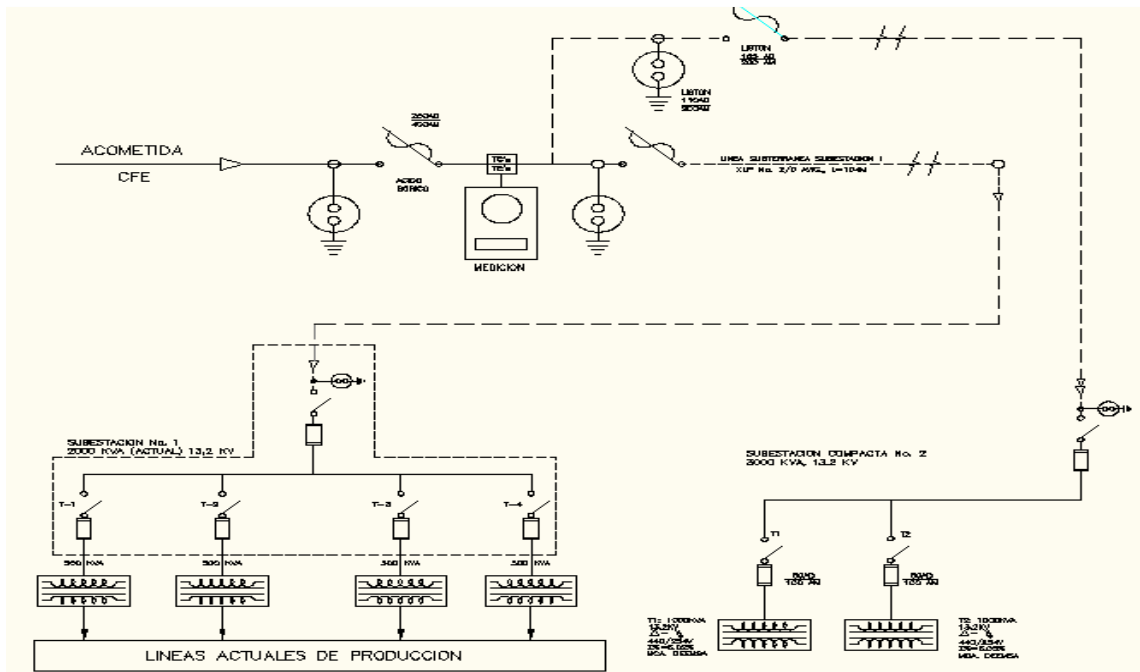


Figura 17 Diagrama unifilar de la alimentación a los dos transformadores de 1000 KVA.

Con la finalidad de reducir costos en la fabricación de las botellas de plástico, la empresa Arca se ubicó a un costado de la empresa Bebidas Mundiales, la cual instaló provisionalmente un transformador de 2500 KVA el cual está conectado a la acometida de la empresa.

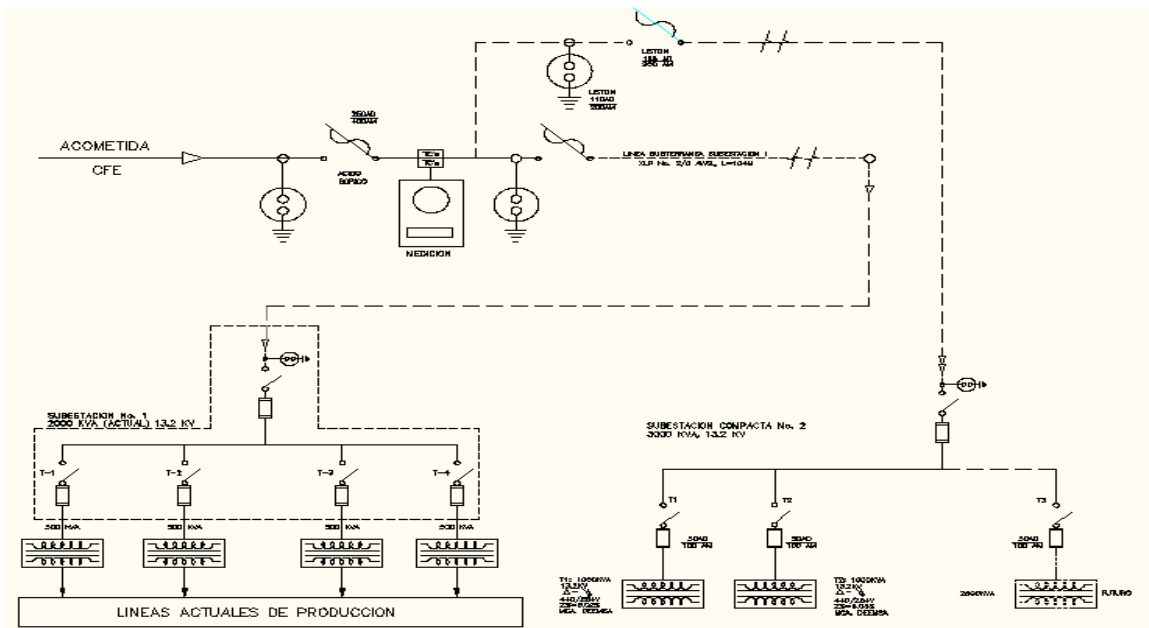


Figura 18 Diagrama unifilar de la alimentación al transformador de 2500 KVA.

7.1.2 Carga de las subestaciones uno y dos.

Las subestaciones uno y dos alimenta energía a las diferentes áreas de producción las cuales cuentan con los siguientes equipos:

Tratamiento de aguas residuales

- Sopladores
- Tableros de control
- Compresores
- Bombas de agua

Área de calderas:

- Bombas
- Caldera 300HP
- Caldera 150HP
- Condensadores de NH3

Líneas de producción:

- Bombas de agua
- Bombas de jarabe
- Bombas de CO2
- Bandas de transporte
- Bandas de transporte aéreo
- Paletizadora

Tratamiento de agua:

- Bombas de agua
- Mezcladores
- Tableros de control
- Cuarto de máquinas:
- Compresores de aire
- Compresores de NH3

- Despaletizadora
 - Lavadora
 - Enjuagadora
 - Llenadora
 - Capsuladora
 - Túnel de calor
 - Túnel de termoencogible
 - Envolvedora
 - Jarabe simple
 - Mezcladora
 - Bombas
- Tableros de control
- Jarabe Terminado**
- Mezcladora
 - Bombas
- Área cisternas**
- Bombas de agua

Subestación ALPLA

No es parte del complejo de Bebidas Mundiales Arca Continental y está conectado como carga a la subestación 2.

7.1.3 Diagnóstico energético

a. **Comportamiento y uso de la energía eléctrica en las líneas de producción.**

Para conocer el comportamiento y uso de la energía eléctrica se realizó un censo de todas las cargas eléctricas en las áreas antes mencionadas.

Primero se realizó el levantamiento en las líneas de producción, detectando todos los motores utilizados en las bandas y en las bombas, con los siguientes resultados.

Línea 1A					
Nombre	Voltaje	Corriente(A)	Potencia (HP)	Cantidad	Potencia total(Kw)
Banda transportadora	220/380	2	1/4	1	0.187
Banda transportadora	230/460	1.32/66	1/2	1	0.373
Banda transportadora	220/380	3.45/1.99	1	1	0.746
Banda transportadora	220	2.3	1	1	0.746
Banda transportadora	220/460	4.8/2.4	1.5	1	1.119
Bomba lavadora	230/440		2	1	1.492
Bombas Promix	208-230/461	15-13.2/6.6	5	1	3.730
Area Promix	208-230/460	25-23/11.5	10	1	7.460
Bombas Promix	230/460	55/27.5	15	1	11.190
Area Promix	220/380	6.4/3.7	2	2	2.984
Banda transportadora (horno)	208-230/460	13.5-12.2/6.1	5	3	11.190
Bombas Promix	208-230/460	28-27/13.5	10	2	14.920
Motor de lavadora	230/440		10	2	14.920
Banda transportadora	220/380	2.05/1.19	1/2	3	1.119
Banda transportadora	230/460	3.9/1.35	1	3	2.238
Banda transportadora	230/480	2/1a	2	3	4.476
Bombas Promix	208-230/460	19-17.2/8.6	7.5	3	16.785
Banda transportadora	220/380	6.2/2.5	1.5	7	7.833
Banda transportadora	220/380	3.1/1.76	0.73	11	5.990
Transportadora de aire	380/480	4.5	3	13	29.094
					138.592

Tabla 7. Equipo eléctrico utilizado en la línea 1A.

Línea 2					
Nombre	Voltaje	Corriente(A)	Potencia unitaria(Kw)	Cantidad	Potencia total(Kw)
Banda Transportadora	230/440		0.746	15	11.19
	230/440	4.7/2.32	1.11	14	15.54
			1.1	14	15.4
Bomba (detras de tablero)	220	18.5	3.72	1	3.72
Bomba de solución caustica (atras de lavadora)	208-230/460	2.1-18.8/9.4	5.59	1	5.59
Bombas (tanques)	208-230/460	18.5-17/8.5	5.59	2	11.18
Bombas de lavadora (cubiertos)	230/440	7.35	1.7	4	6.8
Capsulador	380/480	1.4/2.8	0.55	2	1.1
Motor de paletizado	220		11.18	1	11.18
Motor Despaletizadora (rojo)	220		11.18	1	11.18
Motor Despaletizadora (Gris)	220/380	12.1/17.10	14.91	1	14.91
Mtores lavadora (gris)	230/440		2.98	4	11.92
Ventiladores de lavadora (superior)	208-230/460	25.6/12.8	7.46	3	22.38
					119.71

Tabla 8. Equipo eléctrico utilizado en la línea 2.

Línea 3					
FUNCION	V	I	P (kw)	Cantidad	Ptotal(kw)
Transportadora de Aire	230/400	7.6/4.4	2.2	9	19.8
Bandas Transportadoras	220	3.3	0.726	14	10.164
Banda Transp entrada Horno	125/220	8.9/5.10	1.1	3	3.3
Motor al costado de horno	125.22	2.2/1.24	0.25	1	0.25
Motor interior del Horno	125/220	20/11.5	3	1	3
Motor interior del Horno(negro)	220	3.8/11.4	0.05	3	0.15
Ventiladores	125	3.32	0.415	2	0.83
Bandas Transportadoras (salida de empaque)	220/380	5.1/5.95	1.1	6	6.6
Enjuagadora	220/380		37.3	1	37.3
Llenadora					
Bomba 1	208/230		5.6	1	5.6
Bomba 2	208/230	99/87	15	1	15
Bomba3	208/230	41/37	11.2	1	11.2
Bomba 4	208/230	25/24	7.5	1	7.5
Tunel de calor	400	160	77.6	1	77.6
					198.294

Tabla 9. Equipo eléctrico utilizado en la línea 3.

Línea 4					
Nombre	Voltaje	Corriente(A)	Potencia unitaria(Kw)	Cantidad	Potencia total(Kw)
Banda Transportadora	230/440	4.8/2.8	1.1	3	3.3
	220/380	5/2.9	1.1	3	3.3
	220/380	1.6/.51	0.15	2	0.3
	220/381	2.05/1.19	0.37	1	0.37
	220/380	3.10/1.78	0.746	2	1.492
	380/460	4.8/2.40	1.5	3	4.5
	220/360	2.5/1.5	0.55	4	2.2
Bomba de agua (tanques)	230/460	12.4/6.2	3.72	2	7.44
Bomba de enjuagadora	208-230/460	25-23/11.5	7.45	1	7.45
Bomba de enjuagadora (azul)	230/440	4.8/2.8	1.1	1	1.1
Bomba de Jarabe (tanques)	380/460	38/19	11.18	1	11.18
Elevador de taparrosas	230/440	4.8/2.8	1.1	2	2.2
Motor de Enjuagadora	440		2.98	1	2.98
Motor de Llenadora	380/460	29.4/24.3	11.18	1	11.18
Transportadores de Aire(1)	230/400	7.6/4.4	2.2	6	13.2
Transportadores de Aire(2)	220-380/440	5.46-3.16/2.73	1.5	7	10.5
Tunel de calor (empaque)	400	125	96	1	96
Tunel de calor (grande)	220/380	20.2/11.7	5.5	1	5.5
					184.192

Tabla 10. Equipo eléctrico utilizado en la línea 4.

Línea Ciel					
Nombre	Voltaje	Corriente	Potencia unitaria(Kw)	Cantidad	Potencia total(Kw)
Acondicionador tablero	230	4.4	0.86	2	1.72
Banda Transportadora	220/440	3.1/1.56	0.75	12	9
Bomba de agua destilada	115	0.4	0.046	1	0.046
Bomba de llenadora	208-230/460	13.2-12/6	3.72	3	11.16
Bombas de agua	208-230/460	22-20.21/10.1	5.59	2	11.18
Motor - elevador	230/460	6	1.1	3	3.3
Motor (a)	230/460	1.32/.66	0.25	2	0.5
Motor (c)	230/460	2.35/1.43	0.55	4	2.2
Motor (d)	230/460	1.32	0.26	3	0.78
Motor (e)	208/230	21-18.8/9.4	5.59	1	5.59
Motor capsulador	220/460	1.93/1.9	0.38	1	0.38
Motor soplador	220/440	5.9/20.2	5.59	1	5.59
Motor soplador 2	230/460	24.3/11.2	5.59	1	5.59
					57.036

Tabla 11. Equipo eléctrico utilizado en la línea Ciel.

Planta de Tratamiento de Agua					
Nombre	Voltaje	Corriente	Potencia unitaria(Kw)	Cantidad	Potencia total(Kw)
Bomba azul turquesa	127	5.5	0.37	1	0.37
Bomba de sedimentacion 1	208-230/460	66.2-59/29.5	18.64	1	18.64
Bomba de sedimentacion 2					0
Bomba de agua cruda	208-230/460	8.2-7.4/3.7	2.23	1	2.23
Motor de sedimentacion 1	230/459	8/5a	1.84	2	3.68
Motor de sedimentacion 2	230/460	8/5a	1.84	2	3.68
Bomba tanque cal 2	220/440	2.2/1.1	0.37	1	0.37
Bomba tanque cal 1					0
Bomba Milton Roy	120	1.5	0.18	1	0.18
Bomba		7.4-3.8	0.55	2	1.1
Bomba Azul	115	1	0.115	1	0.115
Bomba rojas	230/460	50/25	14.91	2	29.82
Bombas rojas pump	208-230/460	66-58/29	18.64	2	37.28
Compresor rojo	208-230/460	30-27.5/13.8	7.5	1	7.5
Bomba concept plus	115	3	0.011	10	0.11
Compresor Atlas	208-230/460	12.2-10.2/5.2	2.54	1	2.54
Bomba Dren	208-230/460	22-20.2/10.1	5.59	2	11.18
Bomba chica Dren	208-230/460	3.4-3.4/1.7	0.55	1	0.55
Bombas prominent	100/230	0.8	0.023	1	0.023
Turbidimetro	110	0.12	0.0128	1	0.0128
Bomba	120-380/460	4.4-4.2/2.1	1.12	1	1.12
Bomba de osmosis inversa	208-230/460	19-18/9	5.59	3	16.77
Bomba Tanque de agua refrigerada					0
Bombas Tanque de agua pemeada	208-230/460	5.1-4.8/2.4	1.12	2	2.24
Transmisor 40 VAMAX	90/250			3	0
Bombas Doradas	230/460	68/34	22.38	2	44.76
Bomba dorada chica	230/460	18.8/9.4	5.59	1	5.59
Bombas de alta presion Baldor	230/460	56/28	15	2	30
Bomba 40BAPB01-02	230/460	106/53	30	2	60
Bomba tanque de limpieza	208-230/460	26.2-23.8/11.9	7.5	1	7.5
					168.5658

Tabla 12. Equipo eléctrico utilizado en la Planta Tratadora de Agua.

Calderas					
Nombre	Voltaje	Corriente	Potencia unitaria(Kw)	Cantidad	Potencia total(Kw)
Bombas de Condensador	230/460	12.8/6.4	4	5	20
Bomba Copeland	230		2.5	1	2.5
Bomba de Agua suavizada	208-230.460	14.1-12.8/6.4	4	1	4
Bomba de Agua suavizada	230/460	27.1-24.2/12.1	7.5	1	7.5
Bomba de Condensador	230/460	9.4/4.7	2.23	1	2.23
Caldera 150 hp	230/461		112	1	112
Caldera 300 hp	230/462		224	1	224
Bomba (tanque azul)	115	6	0.75	2	1.5
Bomba	220/440	19/9.5	4.2	1	4.2
Bomba	230/460		11.5	1	11.5
					389.43

Tabla 13. Equipo eléctrico utilizado en el área de Calderas.

Compresores					
Nombre	Voltaje	Corriente	Potencia unitaria(Kw)	Cantidad	Potencia total(Kw)
Clima de tableros	230	6	1.16	1	1.16
Compresor NH3	460	345	232.25	2	464.5
Compresor NH3	460	332	232.25	2	464.5
Compresor Igersoll Rand	460	200	118	1	118
Compresor Igersoll Rand	460	98	60	1	60
Compresor Igersoll Rand	460	214	119	1	119
Compresor Atlas	460	126	58	1	58
					1285.16

Tabla 14. Equipo eléctrico utilizado en el área de Compresores.

Iluminación de la planta					
Area	Luminarias	# Lamparas	Tipo	Potencia unitaria	Potencia total en Kw
Produccion	12	3	fluorescente T8	32	1.152
Calidad	15	4	fluorescente	32	1.92
Almacen - Producto Terminado	140	1	Vapor de sodio	400	56
Lineas de produccion Area Seca	107	1	Vapor de sodio	400	42.8
Lineas de produccion Area Mojada / jarabe	41	6	fluorescente T5	55	13.53
PTA y Cuarto de maquinas	14	1	Vapor de sodio	400	5.6
Almacen	12	2	fluorescente T12	59	1.416
	10	1	Vapor de sodio	400	4
Bolsas de jarabe	4	4	Fluorescente T8	32	0.512
Mantenimiento	28	4	Fluorescente T8	32	3.584
					130.514

Tabla 15. Equipo eléctrico utilizado en Iluminación.

b. Consumo en cada una de las áreas.

Para determinar el consumo en cada una de las áreas se realizó el cálculo de acuerdo a las cargas conectadas y el tiempo de operación de cada una de ellas.

Consumo total en la Línea 1A

Consumo continuo mensual			
Tiempo de Operación =	677	Horas	
Carga Total en la Línea =	138.59	Kw	
Consumo Total (Kw)(Hr)	93825.43	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	29477.14
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	58872.64
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	5475.65
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	177.33
	Costo Base	\$26,992.21	
	Costo Intermedio	\$66,284.69	
	Costo Punta	\$10,426.22	
	Demanda Facturable	\$29,309.12	
	Costo Neto	\$133,012.24	
	IVA	11%	
	Costo Total	\$147,643.59	

Tabla 16. Carga y costo de operación de la línea 1A.

Consumo total en la Línea 2

Consumo continuo mensual			
Tiempo de Operación =	677	Horas	
Carga Total en la Línea =	119.71	Kw	
Consumo Total (Kw)(Hr)	81043.67	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	25461.49
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	50852.47
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	4729.71
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	153.17
	Costo Base	\$23,315.09	
	Costo Intermedio	\$57,254.79	
	Costo Punta	\$9,005.86	
	Demanda Facturable	\$25,316.36	
	Costo Neto	\$114,892.10	
	IVA	11%	
	Costo Total	\$127,530.23	

Tabla 17. Carga y costo de operación de la línea 2.

Consumo total en la Línea 3

Consumo continuo mensual			
Tiempo de Operación =	677	Horas	
Carga Total en la Línea =	198.29	Kw	
Consumo Total (Kw)(Hr)	134242.33	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	42174.91
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	84233.03
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	7834.38
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	253.72
	Costo Base	\$38,619.57	
	Costo Intermedio	\$94,837.95	
	Costo Punta	\$14,917.49	
	Demanda Facturable	\$41,934.52	
	Costo Neto	\$190,309.53	
	IVA	11%	
	Costo Total	\$211,243.58	

Tabla 18. Carga y costo de operación de la línea 3.

Consumo total en la Línea 4

Consumo continuo mensual			
Tiempo de Operación =	677	Horas	
Carga Total en la Línea =	173.13	Kw	
Consumo Total (Kw)(Hr)	117209.01	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	36823.55
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	73545.14
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	6840.32
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	221.53
	Costo Base	\$33,719.33	
	Costo Intermedio	\$82,804.45	
	Costo Punta	\$13,024.68	
	Demanda Facturable	\$36,613.67	
	Costo Neto	\$166,162.13	
	IVA	11%	
	Costo Total	\$184,439.97	

Tabla 19. Carga y costo de operación de la línea 4.

Consumo total en la Línea Ciel

Consumo continuo mensual			
Tiempo de Operación =	677	Horas	
Carga Total en la Línea =	57.03	Kw	
Consumo Total (Kw)(Hr)	38609.31	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	12129.89
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	24226.18
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	2253.24
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	72.97
	Costo Base	\$11,107.34	
	Costo Intermedio	\$27,276.25	
	Costo Punta	\$4,290.40	
	Demanda Facturable	\$12,060.75	
	Costo Neto	\$54,734.74	
	IVA	11%	
	Costo Total	\$60,755.57	

Tabla 20. Carga y costo de operación de la línea Ciel.

Consumo total en Planta de Tratamiento de Agua

Consumo continuo mensual			
Tiempo de Operación =	677	Horas	
Carga Total de la PTA=	168.56	Kw	
Consumo Total (Kw)(Hr)	114115.12	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	35851.55
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	71603.81
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	6659.76
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	215.68
	Costo Base	\$32,829.26	
	Costo Intermedio	\$80,618.72	
	Costo Punta	\$12,680.88	
	Demanda Facturable	\$35,647.20	
	Costo Neto	\$161,776.06	
	IVA	11%	
	Costo Total	\$179,571.42	

Tabla 21. Carga y costo de operación de la línea Ciel.

Consumo total en Cuarto de Calderas

Consumo continuo mensual			
Tiempo de Operación =	280	Horas	
Carga Total de Calderas =	389.43	Kw	
Consumo Total (Kw)(Hr)	109040.4	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	34257.22
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	68419.58
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	6363.60
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	206.09
	Costo Base	\$31,369.34	
	Costo Intermedio	\$77,033.59	
	Costo Punta	\$12,116.93	
	Demanda Facturable	\$34,061.96	
	Costo Neto	\$154,581.82	
	IVA	11%	
	Costo Total	\$171,585.82	

Tabla 22. Carga y costo de operación de la línea Ciel.

Compresores

Consumo continuo mensual			
Tiempo de Operación =	370	Horas	
Carga Total de Compresores =	1285.16	Kw	
Consumo Total (Kw)(Hr)	475509.2	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	149390.73
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	298367.76
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	27750.72
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	898.71
	Costo Base	\$136,797.09	
	Costo Intermedio	\$335,932.26	
	Costo Punta	\$52,840.14	
	Demanda Facturable	\$148,539.23	
	Costo Neto	\$674,108.71	
	IVA	11%	
	Costo Total	\$748,260.67	

Tabla 23. Carga y costo de operación del área de compresores.

Iluminación

Consumo continuo mensual			
Tiempo de Operación =	325	Horas	
Carga Total De Iluminacion =	130.51	Kw	
Consumo Total (Kw)(Hr)	42415.75	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	13325.76
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	26614.61
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	2475.38
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	80.17
Costo Base	\$12,202.39		
Costo Intermedio	\$29,965.39		
Costo Punta	\$4,713.38		
Demanda Facturable	\$13,249.80		
Costo Neto	\$60,130.96		
IVA	11%		
Costo Total	\$66,745.37		

Tabla 24. Carga y costo de operación de Iluminación.

RESUMEN DE KW DEL AREA DE PRODUCCION		RESUMEN DE KWH DEL AREA DE PRODUCCION	
AREA	KW	AREA	KWH
Línea 1A	138.59	Línea 1A	93,825.43
Línea 2	119.71	Línea 2	81,043.67
Línea 3	198.29	Línea 3	134,242.33
Línea 4	173.13	Línea 4	117,209.01
Línea Ciel	57.03	Línea Ciel	38,609.31
Planta de Tratamiento de Agua	168.56	Planta de Tratamiento de Agua	114,115.12
Calderas	389.43	Calderas	109,040.40
Área de compresores	1,285.16	Área de compresores	475,509.20
Iluminación	130.51	Iluminación	42,415.75
Total	2,529.90	Total	1,163,594.47

Tabla 25. Resumen de KW Y KWH de la Planta Bebidas Mundiales S.A. de C.V.

7.1.4 Desperdicio de energía en la planta Bebidas Mundiales S.A. de C. V.

a. Tiempo muerto en las líneas de producción.

Durante el levantamiento del equipo eléctrico utilizado en las líneas de producción, se detectó un número considerable de acontecimientos en los cuales la producción se detenía, pero el equipo eléctrico seguía funcionando.

Debido a esto se decidió realizar un conteo del tiempo en que la maquinaria seguía funcionando sin que hubiera producción, esto se llevó a cabo por medio de la observación del proceso. Además del conteo del tiempo muerto se realizó una lista de las causas que ocasionaban los paros siendo los más importantes los siguientes factores:

- La banda de transporte al inicio de la línea esta desviada, y esto provoca que se atoren las cajas/canastillas en donde van los envases.



Figura 19. Banda de transporte 1.

- Las fugas de aire provocan que los envases se caigan. Ajustar o incluso cambiar los chupones de despaletizadora.



Figura 20. Chupones de despaletizadora.

- Las bandas de transporte donde el brazo coloca los envases vacíos, se encuentran desniveladas y provoca que se caigan los envases.



Figura 21. Las bandas de transporte 2.

- La Banda de transporte que está antes del descapsulador está floja, esto provoca que se suelte y haya paros en la línea. Requiere ser más ajustada para que no provoque estos incidentes.



Figura 22. Las bandas de transporte 3.

Consumo de tiempo muerto en las líneas.

De acuerdo al tiempo muerto y la carga instalada se realizaron los cálculos de los costos de este desperdicio de energía.

Consumo tiempo muerto en la Línea 1A

Consumo tiempo muerto mensual			
Tiempo de Operación =	84.82	Horas	
Carga Total en la Línea =	134.62	Kw	
Consumo Total (Kw)(Hr)	11418.4684	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	3587.34
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	7164.75
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	666.38
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	21.58
	Costo Base	\$3,284.93	
	Costo Intermedio	\$8,066.79	
	Costo Punta	\$1,268.86	
	Demanda Facturable	\$3,566.89	
	Costo Neto	\$16,187.47	
	IVA	11%	
	Costo Total	\$17,968.09	

Tabla 26. Costo del tiempo muerto en la línea 1A.

Consumo tiempo muerto en la Línea 2

Consumo tiempo muerto mensual			
Tiempo de Operación =	137.89	Horas	
Carga Total en la Línea =	102.7	Kw	
Consumo Total (Kw)(Hr)	14161.303	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	4449.06
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	8885.79
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	826.45
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	26.76
	Costo Base	\$4,074.00	
	Costo Intermedio	\$10,004.51	
	Costo Punta	\$1,573.65	
	Demanda Facturable	\$4,423.70	
	Costo Neto	\$20,075.87	
	IVA	11%	
	Costo Total	\$22,284.21	

Tabla 27. Costo del tiempo muerto en la línea 2.

Consumo tiempo muerto en la Línea 3

Consumo tiempo muerto mensual			
Tiempo de Operación =	33.84	Horas	
Carga Total en la Línea =	179	Kw	
Consumo Total (Kw)(Hr)	6057.36	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	1903.04
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	3800.81
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	353.51
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	11.45
	Costo Base	\$1,742.61	
	Costo Intermedio	\$4,279.33	
	Costo Punta	\$673.12	
	Demanda Facturable	\$1,892.19	
	Costo Neto	\$8,587.26	
	IVA	11%	
	Costo Total	\$9,531.85	

Tabla 28. Costo del tiempo muerto en la línea 3.

Consumo tiempo muerto en la Línea 4

Consumo tiempo muerto mensual			
Tiempo de Operación =	62.13	Horas	
Carga Total en la Línea =	157.25	Kw	
Consumo Total (Kw)(Hr)	9769.9425	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	3069.42
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	6130.35
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	570.17
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	18.47
	Costo Base	\$2,810.67	
	Costo Intermedio	\$6,902.15	
	Costo Punta	\$1,085.67	
	Demanda Facturable	\$3,051.93	
	Costo Neto	\$13,850.42	
	IVA	11%	
	Costo Total	\$15,373.97	

Tabla 29. Costo del tiempo muerto en la línea 4

La línea Ciel, la Planta Tratadora de Agua y el Área de Compresores no presento tiempo muerto significativo durante el tiempo de observación.

Total de pérdidas en las líneas.

RESUMEN DE PERDIDAS DEL COSTO TOTAL DE OPERACION	
Línea 1A	\$17,968.09
Línea 2	\$22,284.21
Línea 3	\$9,531.85
Línea 4	\$15,373.97
	\$65,158.12

Tabla 30. Resumen del costo por pérdidas de la Planta Bebidas Mundiales S.A. de C.V.

b. Desperdicio de energía eléctrica debido a fugas de aire.

Fugas de aire comprimido

Las fugas de aire comprimido son una fuente importante de desperdicio de energía en un sistema de aire comprimido, desperdiciando comúnmente entre 20 y 30% de la capacidad del compresor.

Problemas ocasionados por fugas de aire

Las fugas de aire comprimido ocasionan diferentes problemas en los compresores, de los cuales los que más afectan al funcionamiento son los siguientes.

- Fluctuación de la presión, que puede causar que los equipos que dependen de esta no funcionen correctamente.
- Capacidad de compresión excesiva, resultando en costos de operación innecesaria.
- Disminución de vida de servicio y aumento de costos de mantenimiento.

Detección de fugas de aire.

Para poder detectar las fugas de aire en la planta no se necesita más que la observación del proceso ya que la mayoría del desperdicio del aire comprimido se debía a los malos hábitos del personal que operaba las líneas.

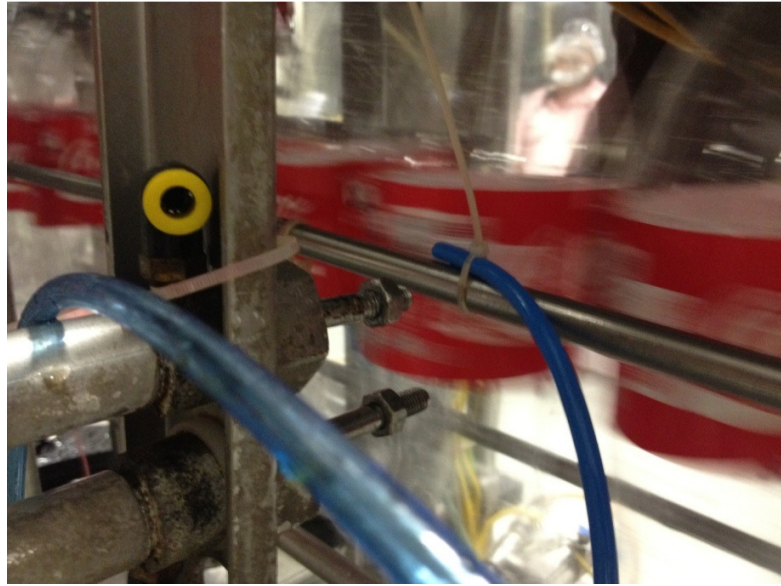


Figura 23. Desperdicio de aire comprimido en transportador aéreo L3.

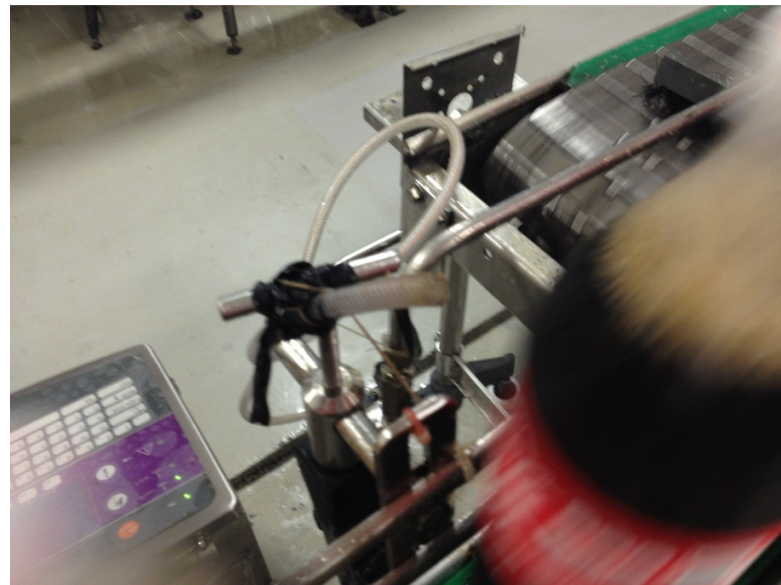


Figura 24. Desperdicio de aire comprimido en secador de botella L3.

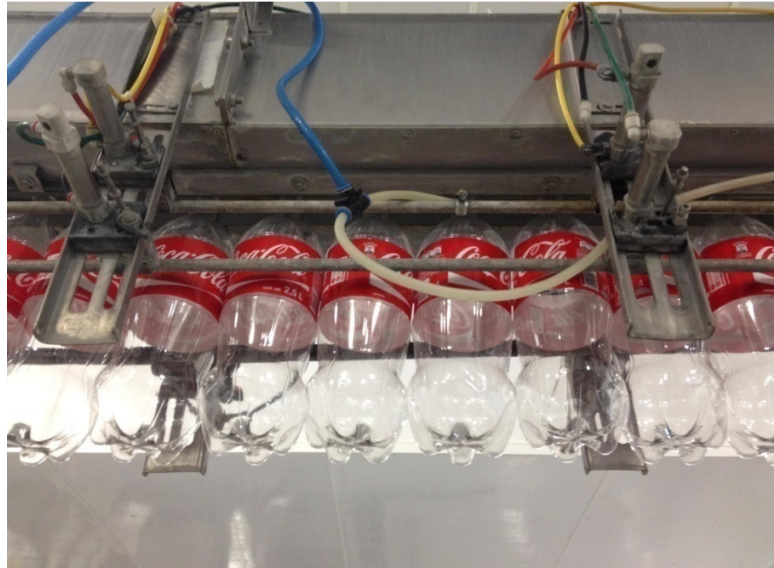


Figura 25. Desperdicio de aire comprimido en transportador aéreo línea 4.



Figura 26. Desperdicio de aire comprimido en transportador línea 4.

Calculo de perdidas en Kw por fugas de aire comprimido.

El índice de las fugas de aire están en función de la presión del sistema y del cuadrado del diámetro del orificio, en la tabla siguiente se muestran los índices de fuga para diferentes presiones de suministro y diámetros de fuga. La generación de aire comprimido requiere de 18 KW/100 CFM.

Size Of Orifice (In.)	Pressure (psig)																		
	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	125	150	200
1/64"	.024	.040	.061	.079	.096	.113	.129	.145	.161	.177	.193	.225	.256	.287	.319	.350	.428	.506	.661
1/32"	.098	.161	.243	.319	.384	.451	.516	.581	.645	.709	.772	.898	1.02	1.15	1.27	1.40	1.71	2.02	2.64
3/64"	.22	.363	.547	.71	.86	1.01	1.16	1.31	1.45	1.59	1.74	2.02	2.30	2.59	2.87	3.15	3.85	4.55	5.95
1/16"	.391	.645	.972	1.26	1.54	1.80	2.07	2.32	2.58	2.84	3.09	3.59	4.10	4.60	5.10	5.60	6.85	8.09	10.6
3/32"	.881	1.45	2.19	2.84	3.46	4.06	4.65	5.23	5.81	6.38	6.95	8.09	9.22	10.3	11.5	12.6	15.4	18.2	23.8
1/8"	1.57	2.58	3.89	5.05	6.15	7.21	8.26	9.30	10.3	11.3	12.4	14.4	16.4	18.4	20.4	22.4	27.4	32.4	42.3
3/16"	3.52	5.80	8.75	11.4	13.8	16.2	18.6	20.9	23.2	25.5	27.8	32.3	36.9	41.4	45.9	50.4	61.6	72.8	95.2
1/4"	6.26	10.3	15.6	20.2	24.6	28.9	33.0	37.2	41.3	45.4	49.4	57.5	65.5	73.6	81.6	89.6	110	129	169
3/8"	14.1	23.2	35.0	45.4	55.3	64.9	74.4	83.7	92.9	102	111	129	147	166	184	202	246	291	381
1/2"	25.1	41.3	62.2	80.8	98.4	115	132	149	165	181	198	230	262	294	326	358	438	518	677
5/8"	39.1	64.5	97.2	126	154	180	207	232	258	284	309	359	410	460	510	560	685	809	1058
3/4"	56.4	92.9	140	182	221	260	297	335	372	408	445	518	590	662	734	806	986	1165	1523
7/8"	76.7	126	191	247	301	354	405	455	506	556	605	704	803	901	999	1097	1342	1586	2073
1"	100	165	249	323	393	462	529	595	661	726	791	920	1049	1177	1305	1433	1752	2071	
1-1/8"	127	209	315	409	498	584	669	753	836	919	1001	1164	1327	1490	1652	1814	2218		
1-1/4"	157	258	389	505	615	721	826	930	1032	1134	1236	1438	1639	1839	2039	2239			
1-3/8"	189	312	471	611	744	893	1000	1125	1249	1372	1495	1739	1983	2226	2468				
1-1/2"	225	371	560	727	885	1039	1190	1339	1486	1633	1779	2070	2360						
1-3/4"	307	506	762	990	1205	1414	1619	1822	2023	2223	2422								
2"	401	660	996	1293	1574	1847	2115	2380											

Tabla 31. Índices de fuga para diferentes presiones de suministro y diámetros de fuga.

Censo de fugas de aire.

Se realizo el censo de fugas y mal uso de aire comprimido en el área de embotellado y el resultado fue el siguiente.

Línea 3	Línea 4
Fugas de 1/2 in = 1	Fugas de 1/4 in = 4
Fugas de 1/8 in = 5	Fugas de 1/2 in = 1
	Fugas de 1/8 in = 5

Tabla 32. Número de fugas en las líneas 3 y 4.

Kilowatts horas desperdiciados por fugas de aire comprimido.

Línea 3					
Diámetro	Número	Índice	KW/CFM	Horas de operación	KWHr
1/8"	5	22.4	0.180	210.3	4239.65
1/2"	1	358	0.180	210.3	13551.73
					17791.38

Tabla 33. Pérdidas en KWH por fugas en línea 3.

Línea 4					
Diámetro	Número	Índice	KW/CFM	Horas de operación	KWHr
1/4"	4	89.6	0.180	183.3	11825.05
1/2"	1	358	0.180	183.3	11811.85
1/8"	5	22.4	0.180	183.3	3695.33
					27332.23

Tabla 34. Pérdidas en KWH por fugas en línea 4.

Costo ocasionado por fugas de aire comprimido

Costo ocasionado por fuga de aire en la Línea 3

Consumo tiempo muerto mensual			
Consumo Total (Kw)(Hr)	17791.38	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	5589.52
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	11163.56
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	1038.30
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	33.63
	Costo Base	\$5,118.32	
	Costo Intermedio	\$12,569.05	
	Costo Punta	\$1,977.04	
	Demanda Facturable	\$5,557.66	
	Costo Neto	\$25,222.07	
	IVA	11%	
	Costo Total	\$27,996.50	

Tabla 35. Costo ocasionado por fugas de aire comprimido en línea 3.

Costo ocasionado por fuga de aire en la Línea 4

Consumo mensual			
Consumo Total (Kw)(Hr)	27332.23	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	8586.97
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	17150.15
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	1595.11
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	51.66
	Costo Base	\$7,863.09	
	Costo Intermedio	\$19,309.35	
	Costo Punta	\$3,037.25	
	Demanda Facturable	\$8,538.02	
	Costo Neto	\$38,747.72	
	IVA	11%	
	Costo Total	\$43,009.97	

Tabla 36. Costo ocasionado por fugas de aire comprimido en línea 4.

Desperdicio de energía por fugas de aire

Línea 3	\$27,996.50
Línea 4	\$43,009.97
	\$71,006.46

Tabla 37. Desperdicio de energía por fugas de aire en L3 y L4.

c. Pérdida de energía por uso de motores de baja eficiencia.

Durante el estudio termográfico realizado al inicio de la estadía se encontraron motores deteriorados físicamente y la gran mayoría presentaban índices de eficiencia bajos, lo que nos indica que son obsoletos y su consumo energético es elevado.

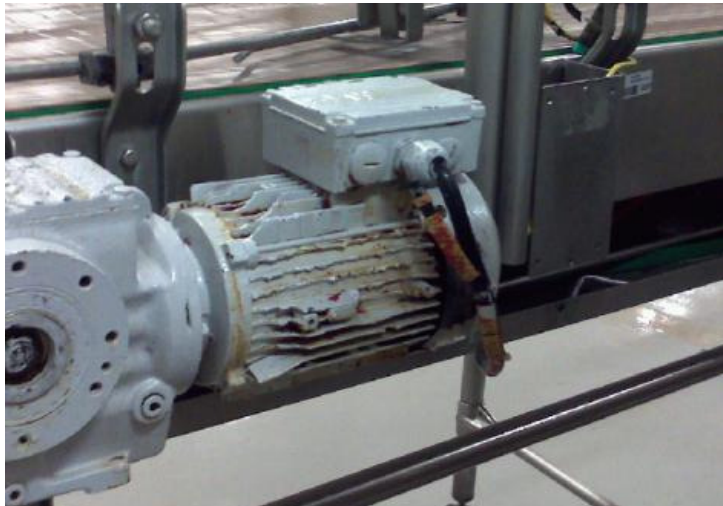


Figura 27. Motor de la línea 3.

Después de realizar un censo de carga en las líneas, se observó que el consumo más importante radica en las bandas de transporte. En la línea 2, el consumo de las bandas de transporte ocupa el 65% del consumo total.

Las bandas de transporte se componen de: 18 motores de 1HP y 28 motores de 1.5 HP. El censo de carga reveló que los motores de transporte tienen en promedio una eficiencia baja. Esto nos presenta una oportunidad de ahorro que se puede implementar de forma gradual.

Un motor que se puede utilizar como reemplazo se muestra en la figura 28.



Figura 28. Motor de alta eficiencia 1 HP, eficiencia de 86.5.

Ahorro al sustituir un motor de baja eficiencia por uno de alta eficiencia.

Motores 1 HP				
Potencia	KW	Eficiencia	Horas de operación	KWHr
1	0.7457	0.71	600	630.17
1	0.7457	0.855	600	523.30
				106.87

Tabla 38. Ahorro de KWH entre un motor de 1 HP de alta y uno de baja eficiencia.

Ahorro al sustituir motores de 1 HP de alta eficiencia por los de baja eficiencia

Ahorro mensual			
Numero de motores	1		
Ahorro por cada Motor	106.87		
Ahorro Total (Kw)(Hr)	106.87	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	33.58
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	67.06
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	6.24
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	0.20
Costo Base	\$30.75		
Costo Intermedio	\$75.50		
Costo Punta	\$11.88		
Demanda Facturable	\$33.38		
Costo Neto	\$151.51		
IVA	11%		
Costo Total	\$168.17		

Tabla 39. Ahorro Mensual entre un motor de 1 HP de alta y uno de baja eficiencia.

Motores 1.5 HP				
Potencia	KW	Eficiencia	Horas de operación	KWHr
1	1.1185	0.77	600	871.56
1	1.1185	0.865	600	775.84
				95.72

Tabla 40. Ahorro de KWH entre un motor de 1.5 HP de alta y uno de baja eficiencia.

Ahorro al sustituir motores de 1.5 HP de alta eficiencia por los de baja eficiencia

Ahorro mensual			
Numero de motores	1		
Ahorro por cada Motor	95.72		
Ahorro Total (Kw)(Hr)	95.72	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	30.07
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	60.06
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	5.59
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	0.18
Costo Base	\$27.54		
Costo Intermedio	\$67.62		
Costo Punta	\$10.64		
Demanda Facturable	\$29.90		
Costo Neto	\$135.70		
IVA	11%		
Costo Total	\$150.63		

Tabla 41. Ahorro de KWH entre un motor de 1.5 HP de alta y uno de baja eficiencia.

Motores 150 HP				
Potencia	KW	Eficiencia	Horas de operación	KWHR
1	111.9	0.85	600	78988.24
1	111.9	0.95	600	70673.68
				8314.55

Tabla 42. Ahorro de KWH entre un motor de 150 HP de alta y uno de baja eficiencia.

Ahorro al sustituir motores de 150 HP de alta eficiencia por los de baja eficiencia

Ahorro mensual			
Numero de motores	1		
Ahorro por cada Motor	8314.55		
Ahorro Total (Kw)(Hr)	8314.55	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	2612.18
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	5217.13
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	485.24
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	15.71
Costo Base	\$2,391.98		
Costo Intermedio	\$5,873.97		
Costo Punta	\$923.94		
Demanda Facturable	\$2,597.29		
Costo Neto	\$11,787.18		
IVA	11%		
Costo Total	\$13,083.77		

Tabla 43. Ahorro de KWH entre un motor de 150 HP de alta y uno de baja eficiencia.

Motores 300 HP				
Potencia	KW	Eficiencia	Horas de operación	KWHr
1	223.8	0.83	600	161783.13
1	223.8	0.95	600	141347.37
				20435.76

Tabla 44. Ahorro de KWH entre un motor de 300 HP de alta y uno de baja eficiencia.

Ahorro al sustituir motores de 300 HP de alta eficiencia por los de baja eficiencia

Ahorro mensual			
Numero de motores	1		
Ahorro por cada Motor	20435.76		
Ahorro Total (Kw)(Hr)	20435.76	Kwh	
Costo Tarifario			
Costo Base	\$0.92	Consumo Base(kwh)	6420.30
Costo Intermedio	\$1.13	Consumo Intermedio(kwh)	12822.83
Costo Punta	\$1.90	Consumo Punta(kwh)	1192.63
Costo Demanda Facturable	\$165.28	Consumo Demanda Facturable (kwh)	38.62
Costo Base		\$5,879.07	
Costo Intermedio		\$14,437.22	
Costo Punta		\$2,270.89	
Demanda Facturable		\$6,383.71	
Costo Neto		\$28,970.90	
IVA		11%	
Costo Total		\$32,157.70	

Tabla 45. Ahorro de KWH entre un motor de 300 HP de alta y uno de baja eficiencia.

7.2 Calidad de la energía eléctrica.

Para medir los parámetros correspondientes a la calidad de la energía se utilizó el Analizador de energía y calidad eléctrica Fluke 435 serie II que cuenta con funciones avanzadas de registro en tiempo real en intervalos indicados por el usuario.

Este analizador es capaz de medir todos los parámetros necesarios para analizar de calidad de la energía.

También fue usada la cámara termográfica Fluke Ti10 para detectar la temperatura de los motores y tableros y controladores de la empresa.

Las muestras registradas se almacenan en memoria y se procesan para obtener los perfiles de operación de cada parámetro eléctrico. De estos parámetros eléctricos se obtienen los valores máximos, mínimos y promedios para establecer los límites de operación del sistema eléctrico y son comparados con lo que recomiendan los estándares.

Los parámetros eléctricos elegidos para realizar las mediciones fueron los siguientes:

Voltaje

Corriente

Potencia activa

Potencia reactiva

Potencia aparente

Factor de potencia

Armónicos

7.2.1 Procedimiento para la adquisición de datos.

Se realizó el estudio de las 2 subestaciones, tomando las mediciones de cada transformador de forma independiente durante una semana. En la subestación 1, conformada por 4 transformadores de 500 KVA y la subestación 2 que se compone de 2 transformadores de 1000 KVA.

Durante el análisis de la subestación 1, se observó que los transformadores 2 y 4 se encontraban fuera de servicio y desconectados en alta tensión y los tableros correspondientes a dichos transformadores transfieren su carga a los transformadores 1 y 3.

7.2.2 Datos obtenidos del análisis de calidad.

1. Las gráficas del comportamiento de la corriente se muestran en las figuras 29, 30, 31 y 32 dónde (I máxima, I promedio, I mínima).

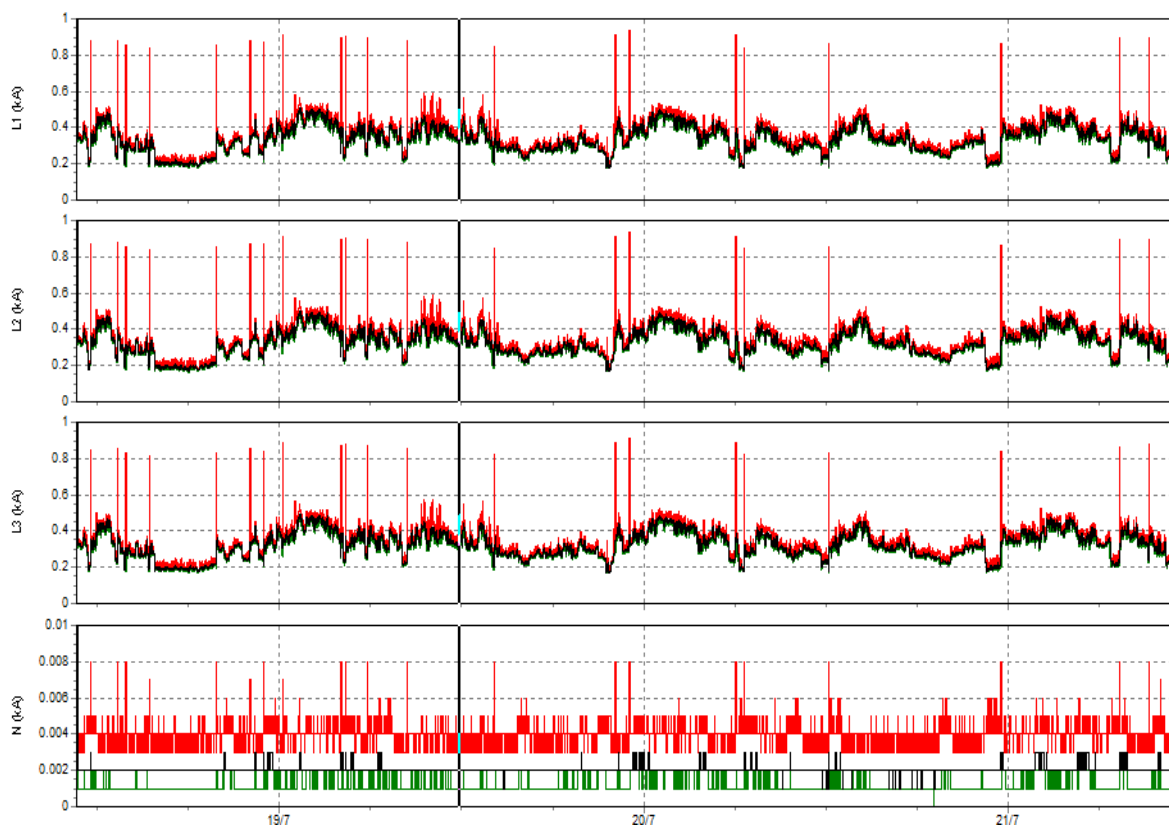


Figura 29. Perfil de la corriente en el Transformador 1 500KVA de la subestación 1.

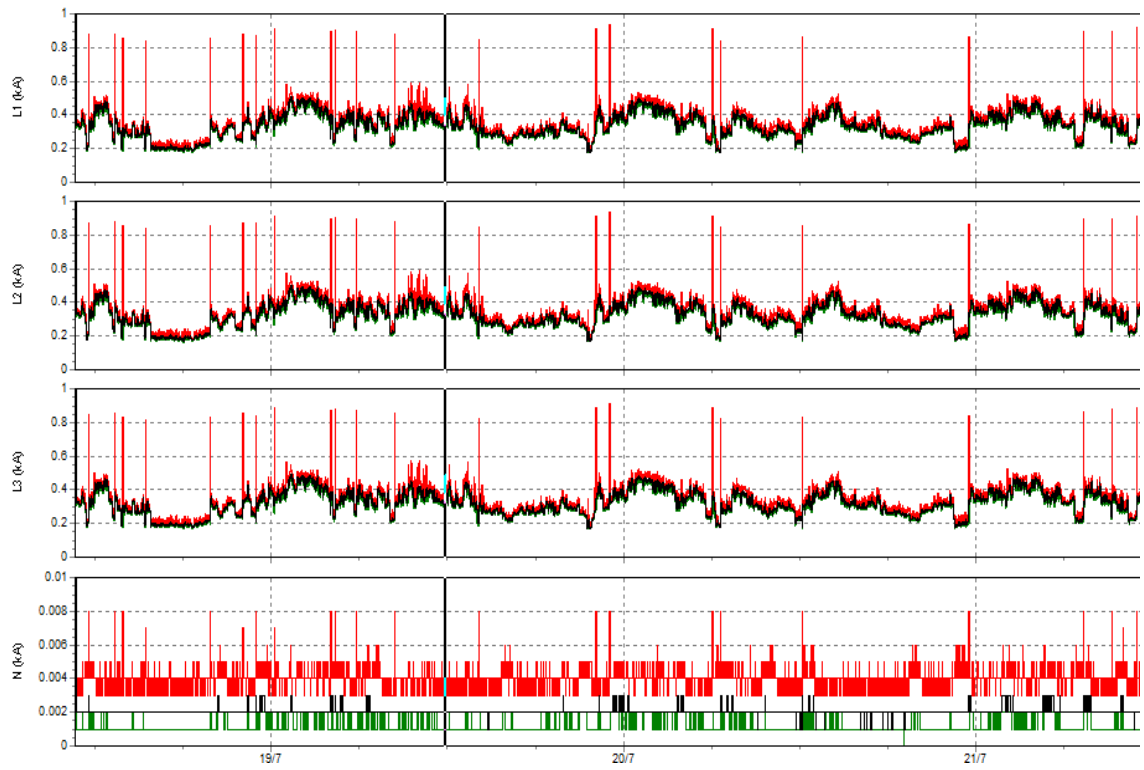


Figura 30. Perfil de la corriente en el Transformador 3 500 KVA de la subestación 1.

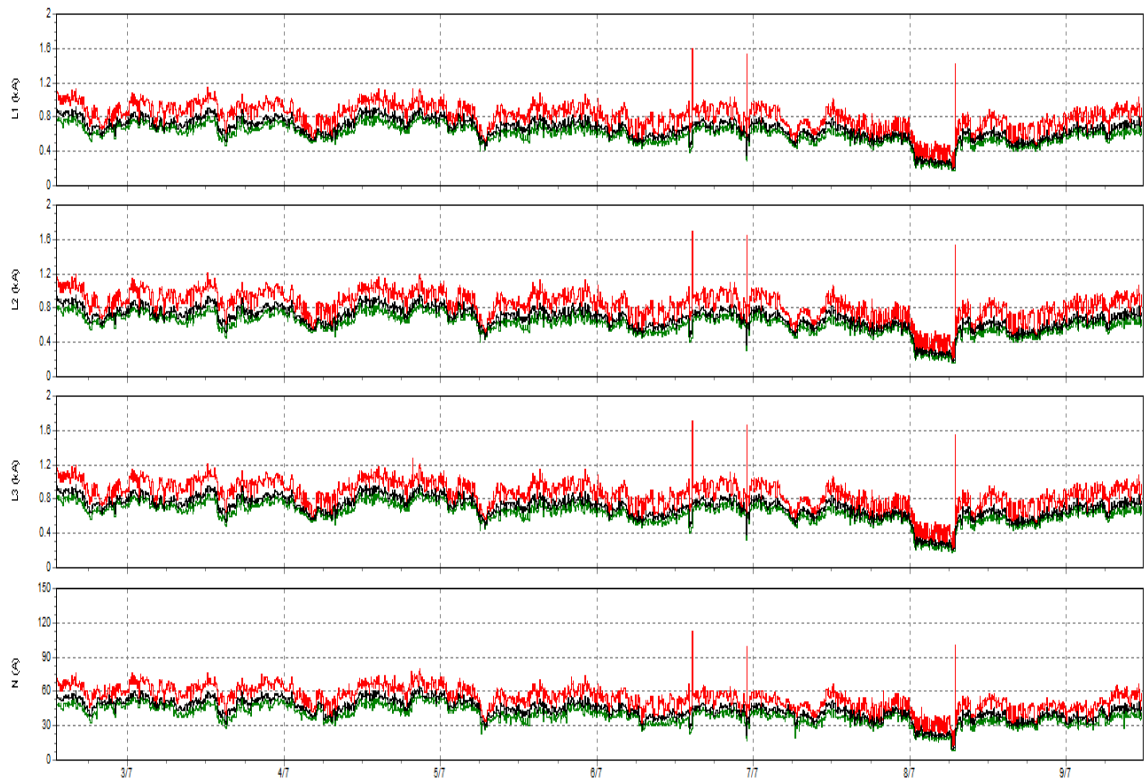


Figura 31. Perfil de la corriente en el Transformador 1 1000KVA en la subestación 2.



Figura 32. Perfil de la corriente en el Transformador 2 1000 KVA de la subestación 2.

2. Las graficas del comportamiento de los voltajes se muestran en las figuras 31, 32, 33 y 34.

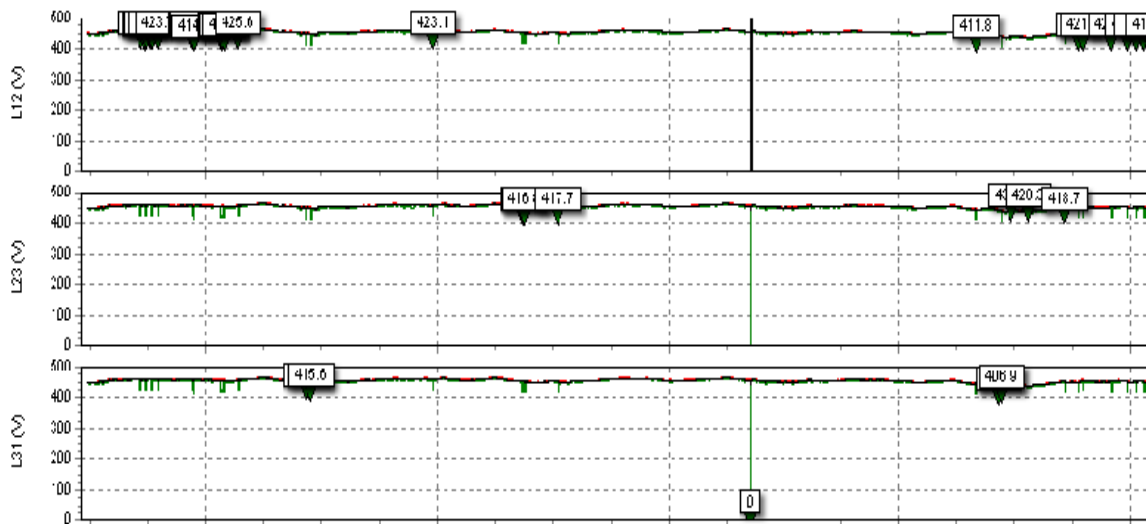


Figura 33. Perfil del voltaje en el Transformador 1 500 KVA de la subestación 1.

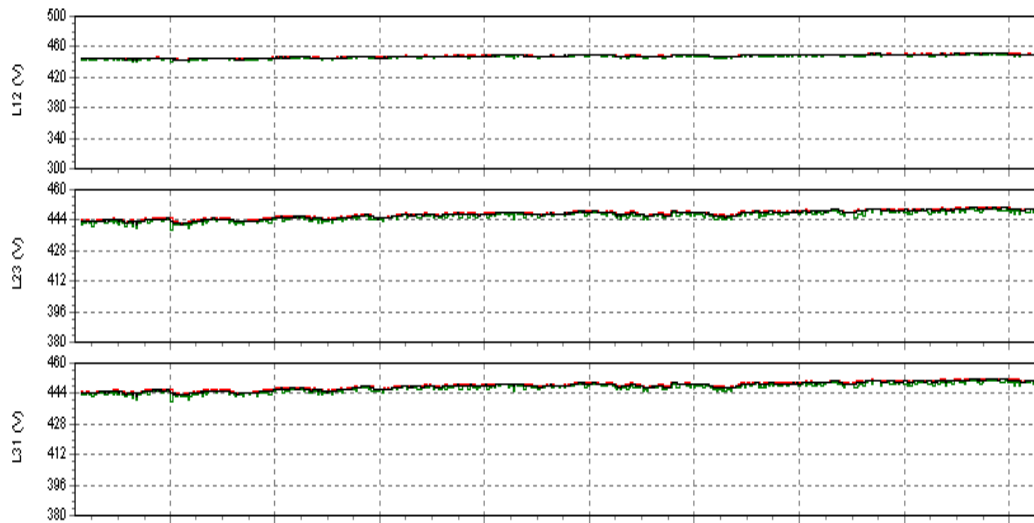


Figura 34. Perfil de voltaje en el Transformador 3 500 KVA de la subestación 1.

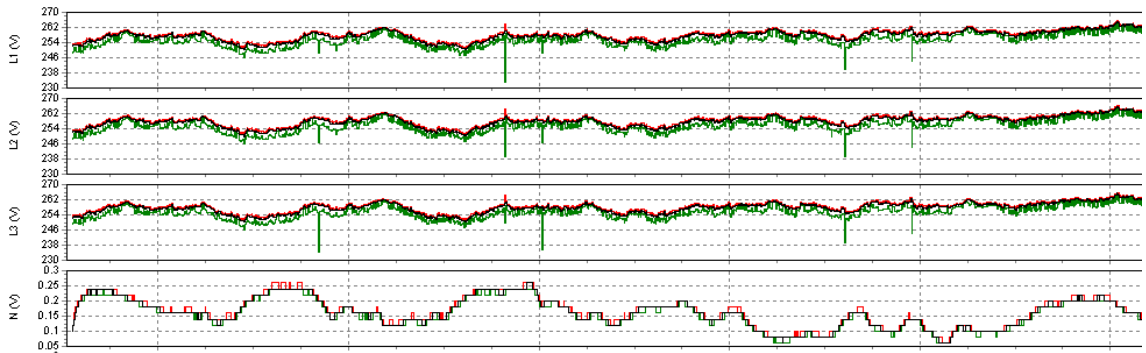


Figura 35. Perfil de voltaje en el Transformador 1 1000 KVA de la subestación 2.

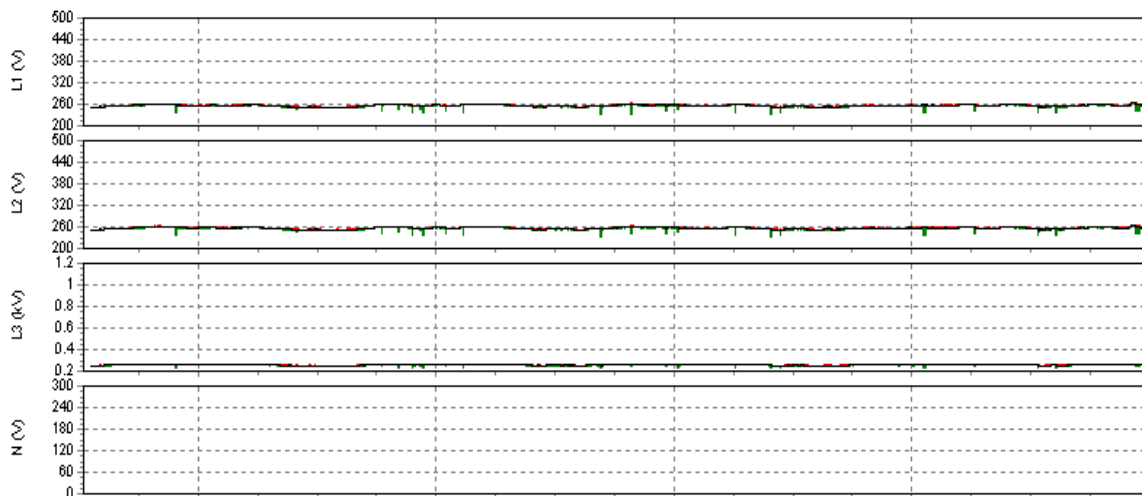


Figura 36. Perfil de voltaje en el Transformador 2 1000 KVA de la subestación 2.

1. Las graficas del espectro armónico de voltaje y corriente se muestran en las figuras 37 y 38.

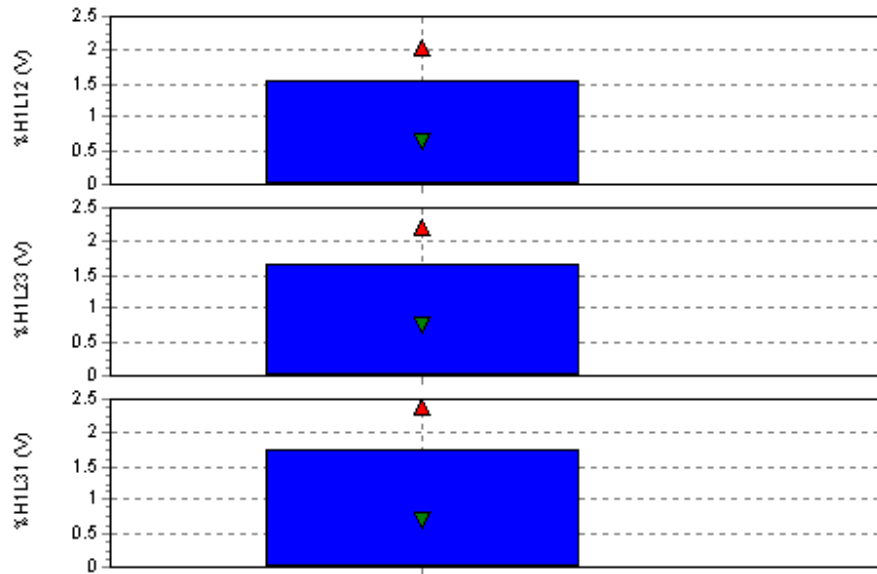


Figura 37. Espectro Armónico de Voltaje (THDv) Transformador 1.

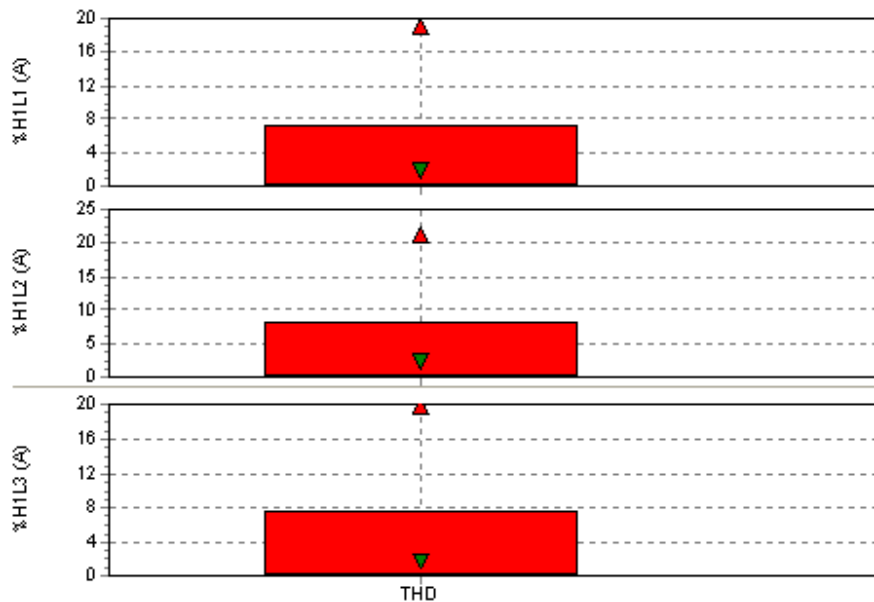


Figura 38. Espectro Armónico de Corriente (THDv) Transformador 1.

2. Los resultados generales del analizador de calidad se muestran en las siguientes tablas 42, 43, 44 y 45.

	MIN	PROM	MAX
VL1N	260.2294049	260.9623287	261.3068892
VL2N	259.4234317	260.1771521	260.5200258
VL3N	259.7185809	260.4609579	260.8008095
VNG	0.174262216	0.177471376	0.181606193
IL1N	308.7879374	321.377036	345.4675052
IL2N	299.1111111	311.8666344	336.5418481
IL3N	297.3801	309.6126431	333.5087889
ING	6.13836478	6.8721174	8.846798903
I PK L1N	431.0672472	449.8809869	495.5242703
I PK L2N	415.1249798	433.9967747	479.6894049
I PK L3N	413.7926141	431.9806483	476.4034833
I PK NG	2.536365102	4.07966457	7.345589421
Frecuencia	59.98646896	60.00628576	60.02658668
Desbalance Vn	0.202407676	0.18611353	0.218037413
Desbalance Vz	0.045445896	-0.01820835	0.02630866
Desbalance An	1.051625544	1.444370263	1.96586357
Desbalance Az	1.385720045	1.462099661	1.534175133
Potencia activa L1N	69358.52282	72278.21319	76331.3014
Potencia activa L2N	66484.00258	69461.60297	73599.09692
Potencia activa L3N	66493.2269	69381.29334	73476.58442
Potencia activa total	211121.5933	223326.399	37691.96904
Potencia reactiva L1N	37691.96904	39154.87825	44515.69102
Potencia reactiva L2N	37172.89147	38605.51524	44034.80084
Potencia reactiva L3N	36360.99016	37738.05838	42880.66441
Potencia reactiva total	111389.3243	115498.9518	131343.3962
Potencia aparente L1N	79124.10901	82292.9205	88341.59007
Potencia aparente L2N	76339.92904	79542.63828	85724.17352
Potencia aparente L3N	75982.7931	79052.66892	85044.28318
Potencia aparente total	231506.2409	240889.2759	259050.4274
Factor de potencia L1N	0.857216578	0.875926463	0.881435252
Factor de potencia L2N	0.850633769	0.870103209	0.876110305
Factor de potencia L3N	0.855553943	0.873733269	0.879879052
Factor de potencia total	0.854781487	0.873412353	0.878569586
THD VL1N	1.392035156	1.459917755	1.538674407
THD VL2N	1.400083857	1.464546041	1.542557652
THD VL3N	1.539979036	1.61650379	1.705147557
THD NG	57.85791969	62.63885825	66.91889373
THD AL1N	4.504705693	4.938624415	5.304418642
THD AL2N	5.197695533	5.695465248	6.090651508
THD AL3N	5.021490082	5.505020158	5.896078052
THD NG	16.89181584	20.18796484	27.76001129

Tabla 46. Resultados de Transformador 1 en Subestación 1.

	Mínimo	Promedio	Máximo
VL1N	254.6385	257.459	258.3744
VL2N	253.9621	256.8574	257.7821
VL3N	253.8267	256.6297	257.5221
VNG	0.108718	0.115897	0.121538
IL1N	365.4949	367.9462	370.0974
IL2N	362.7462	365.0615	367.3
IL3N	362.7897	365.1564	367.2846
ING	0.212821	0.238462	0.433333
I PK L1N	272.4615	306.641	403.8205
I PK L2N	256.6154	290.359	386.3077
I PK L3N	263.1795	296.3077	391.7692
I PK NG	0.153846	1.307692	4.384615
Frecuencia	386.9744	434.7692	592.2051
Desbalance Vn	362.6667	409.5385	563.6923
Desbalance Vz	371.0256	417.2308	570.7692
Desbalance An	0.974359	2.512821	6.717949
Desbalance Az	59.96626	60.00267	60.04036
Potencia activa L1N	60307.69	67515.38	79751.28
Potencia activa L2N	56197.44	63338.46	75423.08
Potencia activa L3N	57310.26	64384.62	76725.64
Potencia activa total	173853.8	195248.7	231848.7
Potencia reactiva L1N	35507.69	39605.13	62702.56
Potencia reactiva L2N	34125.64	38074.36	60833.33
Potencia reactiva L3N	35371.79	39169.23	61507.69
Potencia reactiva total	105215.4	116874.4	185010.3
Potencia aparente L1N	70169.23	78351.28	101974.4
Potencia aparente L2N	65907.69	73979.49	97248.72
Potencia aparente L3N	67546.15	75456.41	98600
Potencia aparente total	203674.4	227792.3	297764.1
Factor de potencia L1N	0.784103	0.858718	0.874103
Factor de potencia L2N	0.774615	0.850513	0.866667
Factor de potencia L3N	0.777436	0.847436	0.86359
Factor de potencia total	0.779231	0.851538	0.866923
THD VL1N	1.084872	1.264872	1.848205
THD VL2N	1.118974	1.287179	1.894615
THD VL3N	1.203333	1.397179	2.03
THD NG	78.71385	85.70128	90.21436
THD AL1N	2.952308	3.758974	5.648974
THD AL2N	3.17359	4.108718	6.173846
THD AL3N	3.183077	4.076923	6.164359
THD NG	21.98641	31.34077	53.9359

Tabla 47. Resultados de Transformador 3 en Subestación 1.

	Mínimo	Promedio	Máximo
VL1N	255.7471	258.025	258.7089
VL2N	256.0405	258.3308	259.0157
VL3N	255.8885	258.1419	258.8358
VNG	0.157668	0.162623	0.167728
IL1N	599.496	662.986	807.2052
IL2N	614.8799	682.3083	839.2743
IL3N	641.9419	708.1131	859.952
ING	39.13313	44.16116	54.13564
I PK L1N	840.8118	932.7668	1210.709
I PK L2N	876.9159	973.6066	1266.532
I PK L3N	912.979	1008.067	1287.819
I PK NG	61.49449	69.37237	88.88889
Frecuencia	59.96875	60.00568	60.04364
Potencia activa L1N	143026	157896.2	181664.9
Potencia activa L2N	141856.1	157497.4	182190.9
Potencia activa L3N	150296.3	165828.8	190469
Potencia activa total	435296.7	481221.7	554171.3
Potencia reactiva L1N	57100.9	63828.93	98868.82
Potencia reactiva L2N	69840.99	77344.54	114741.3
Potencia reactiva L3N	68314.46	75194.99	111022.6
Potencia reactiva total	195642.5	216367.1	324537.8
Potencia aparente L1N	154587.2	170436.4	205967.2
Potencia aparente L2N	158744.9	175609.5	214394.2
Potencia aparente L3N	165670.3	182185.4	219617.2
Potencia aparente total	479104.8	528232.5	639885.9
Factor de potencia L1N	0.868198	0.924179	0.934414
Factor de potencia L2N	0.834174	0.894169	0.906266
Factor de potencia L3N	0.852938	0.907282	0.917918
Factor de potencia total	0.851682	0.908433	0.918944
THD VL1N	0.868358	1.036131	1.226802
THD VL2N	1.018909	1.191421	1.387768
THD VL3N	0.958744	1.1298	1.323764
THD NG	33.77446	39.71284	45.95033
THD AL1N	3.121607	4.148313	4.960576
THD AL2N	2.875	3.897678	4.706827
THD AL3N	2.600721	3.533348	4.293128
THD NG	10.7095	13.74592	15.94696

Tabla 48. Resultados de Transformador 1 en Subestación 2.

	Mínimo	Promedio	Máximo
VL1N	255.2288	256.3478	256.9848
VL2N	255.5014	256.6318	257.2984
VL3N	255.2240	256.4004	257.1256
VNG	0.0451	0.0468	0.0515
IL1N	787.2704	897.4311	1001.9665
IL2N	786.6923	897.8827	1002.7959
IL3N	794.4113	908.5316	1013.5720
ING	14.0213	16.8271	19.7205
I PK L1N	1238.8225	1394.3839	1097.2582
I PK L2N	1237.0069	1389.7837	1104.9535
I PK L3N	1254.0685	1408.4722	22.0944
I PK NG	26.7570	35.4730	59.9624
Frecuencia		59.9975	60.0336
Potencia activa L1N	185589.2612	214675.9330	238667.9360
Potencia activa L2N	184154.6078	213181.1881	237244.8591
Potencia activa L3N	186631.3785	216602.0564	240719.8781
Potencia activa total	556447.1439	644459.1775	716525.7426
Potencia reactiva L1N	74383.7014	77830.0076	87577.8370
Potencia reactiva L2N	79218.7357	82988.0427	92595.5826
Potencia reactiva L3N	77421.3252	81239.6040	90965.9558
Potencia reactiva total	232621.3252	242056.5118	270214.9276
Potencia aparente L1N	200823.3054	228531.2262	254716.3747
Potencia aparente L2N	200968.6976	228929.5506	255212.9474
Potencia aparente L3N	202868.8500	231496.2681	257747.1439
Potencia aparente total	604731.5308	688957.4257	767571.3633
Factor de Potencia L1N	0.9100	0.9344	0.9445
Factor de potencia L2N	0.9027	0.9262	0.9364
Factor de potencia L3N	0.9068	0.9309	0.9419
Factor de potencia total	0.9071	0.9306	0.9416
THD VL1N	2.3951	2.5271	2.6890
THD VL2N	2.5443	2.6776	2.8410
THD VL3N	2.5142	2.6445	2.8034
THD NG	76.4834	102.2693	138.8159
THD AL1N	4.2989	5.4533	6.8594
THD AL2N	4.1845	5.3360	6.7602
THD AL3N	3.6826	4.7727	6.1263
THD NG			

Tabla 49. Resultados de Transformador 2 en Subestación 2.

8. RESULTADOS

8.1 EFICIENCIA ENERGETICA.

8.1.1 Carga total instalada.

La carga total instalada en la empresa Bebidas Mundiales S.A. de C.V. , considerando las cinco líneas de producción, la planta de tratamiento de agua, calderas, área de compresores e iluminación es de 2525.9 KW, y de acuerdo a los tiempos de utilización la energía consumida es de 1,163,594.47 KWH.

Tomando en consideración el consumo en tarifa base, media y punta el costo total es de \$1, 831,030.84 pesos.

8.1.2 Pérdidas de energía.

a. Pérdidas en las líneas de producción.

Las perdidas en las líneas de producción de acuerdo a la carga instalada es de 667.60 KW y la energía que se consume sin que haya producción es de 50,139.98 KWH, lo cual nos da un costo total de \$65,158.12 pesos.

b. Pérdidas en los compresores por fugas en las líneas.

Las pérdidas por fugas de aire en las líneas fue de 45,123.61KWH lo cual nos da un costo de \$71,006.46 pesos.

8.1.3 Ahorro de energía e motores

a. Ahorro de energía por sustitución de motores de baja eficiencia por motores de alta eficiencia de 1 HP.

Los motores instalados en las líneas son de una eficiencia de 0.71 lo cual nos da un consumo de energía considerando las horas de uso de 630.17 KWH por cada motor. El sustituirlos por uno de una eficiencia de 0.855, el consumo de energía considerando las horas de uso de 523.3 KWH. La diferencia en energía es de 106.87 KWH, por lo cual se obtendría un ahorro de \$168.17 pesos por cada motor mensualmente.

Los motores instalados en las líneas son 49, lo cual nos daría un ahorro de \$8240.41 pesos.

b. Ahorro de energía por sustitución de motores de baja eficiencia por motores de alta eficiencia de 1.5 HP.

Los motores instalados en las líneas son de una eficiencia de 0.77 lo cual nos da un consumo de energía considerando las horas de uso de 871.56 KWH por cada motor. El sustituirlos por uno de una eficiencia de 0.865, el consumo de energía considerando las horas de uso de 775.84 KWH. La diferencia en energía es de 95.72 KWH, por lo cual se obtendría un ahorro de \$150.63 pesos por cada motor mensualmente.

Los motores instalados en las líneas son 54, lo cual nos daría un ahorro de \$8993.56 pesos.

c. Ahorro de energía por sustitución de motores de baja eficiencia por motores de alta eficiencia de 150 HP.

Los motores instalados en las calderas y los compresores son de una eficiencia de 0.83 lo cual nos da un consumo de energía considerando las horas de uso de 78988.24 KWH por cada motor. El sustituirlos por uno de una eficiencia de 0.95, el consumo de energía considerando las horas de uso de 70673.68 KWH. La diferencia en energía es de 8314.55 KWH, por lo cual se obtendría un ahorro de \$13,083.77 pesos por cada motor mensualmente.

Los motores instalados en las líneas son 3, lo cual nos daría un ahorro de \$39,251.30 pesos.

d. Ahorro de energía por sustitución de motores de baja eficiencia por motores de alta eficiencia de 300 HP.

Los motores instalados en las calderas y los compresores son de una eficiencia de 0.85 lo cual nos da un consumo de energía considerando las horas de uso de 161783.13 KWH por cada motor. El sustituirlos por uno de una eficiencia de 0.95, el consumo de energía considerando las horas de uso de 141347.37 KWH. La diferencia en energía es de 20435.76 KWH, por lo cual se obtendría un ahorro de \$32,157.70 pesos por cada motor mensualmente.

Los motores instalados en las líneas son 3, lo cual nos daría un ahorro de \$96,473.09 pesos.

Considerando las pérdidas en las líneas de producción, en las fugas de aire comprimido, y la sustitución de motores se puede tener un ahorro aproximado de \$ 289122.94, Esto se muestra en la tabla 46. Este monto representa el 15.79% del consumo total.

Pérdidas en las líneas de producción.	\$65,158.12
Pérdidas en los compresores por fugas en las líneas.	\$71,006.46
Ahorro de energía por sustitución de motores de baja eficiencia por motores de alta eficiencia de 1 HP.	\$8240.41
Ahorro de energía por sustitución de motores de baja eficiencia por motores de alta eficiencia de 1.5 HP.	\$8993.56
Ahorro de energía por sustitución de motores de baja eficiencia por motores de alta eficiencia de 150 HP.	\$39,251.30
Ahorro de energía por sustitución de motores de baja eficiencia por motores de alta eficiencia de 300 HP.	\$96,473.09
Total	\$ 289122.94

Tabla 50. Total de pérdidas en la empresa.

8.2 CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

8.2.1 Diagnóstico del estado de las instalaciones.

a. Voltajes Nominales.

De acuerdo a la tabla 46 se puede observar que los voltajes promedios se encuentra fuera del rango de $\pm 5\%$, recomendado por la NOM-001-SEDE-2005.

Promedios de voltajes en subestaciones			
Líneas	VL1N	VL2N	VL3N
Voltaje T1 S1	260.22	259.42	259.71
Voltaje T3 S1	254.63	253.96	253.82
Voltaje T1 S2	255.47	256.04	255.88
Voltaje T2 S2	255.22	256.34	256.98

Tabla 51. Voltajes promedios en las subestaciones 1 y 2.

b. Espectro armónico de Voltaje (THDv).

En la Tabla 47 se muestran los porcentajes el espectro armónico de la señal en voltaje (THDv) de las subestaciones. Se presenta el porcentaje THDv de cada línea con la finalidad de observar y validar que sus totales se encuentren dentro de los niveles recomendados por el STD. 519-1992. El valor total de THDv en cada línea es menor al 5% aceptable para este nivel de voltaje de acuerdo a la Figura 12. Recomendaciones del IEEE 519.

Porcentaje THDv de cada Subestación				
Transformador.		Min.	Prom.	Max.
T1 S1	THD VL1N	1.39	1.46	1.54
	THD VL2N	1.40	1.46	1.54
	THD VL3N	1.54	1.62	1.71
T3 S1	THD VL1N	1.08	1.26	1.85
	THD VL2N	1.12	1.29	1.89
	THD VL3N	1.20	1.40	2.03
T1 S2	THD VL1N	0.87	1.04	1.23
	THD VL2N	1.02	1.19	1.39
	THD VL3N	0.96	1.13	1.32
T2 S2	THD VL1N	2.40	2.53	2.69
	THD VL2N	2.54	2.68	2.84
	THD VL3N	2.51	2.64	2.80

Tabla 52. Espectro armónico de Voltaje (THDv).

c. Espectro armónico de Corriente (THDi).

En la Tabla 48 se muestran los porcentajes el espectro armónico de la señal en corriente (THDi) de las subestaciones. Se presenta el porcentaje THDi de cada línea con la finalidad de observar y validar que sus totales se encuentren dentro de los niveles recomendados por el STD. 519-1992.

Porcentaje THDi de cada Subestación				
Transformador.		Min.	Prom.	Max.
T1 S1	THD AL1N	4.50	4.94	5.30
	THD AL2N	5.20	5.70	6.09
	THD AL3N	5.02	5.51	5.90
T3 S1	THD AL1N	2.95	3.76	5.65
	THD AL2N	3.17	4.11	6.17
	THD AL3N	3.18	4.08	6.16
T1 S2	THD AL1N	3.12	4.15	4.96
	THD AL2N	2.88	3.90	4.71
	THD AL3N	2.60	3.53	4.29
T2 S2	THD AL1N	4.30	5.45	6.86
	THD AL2N	4.18	5.34	6.76
	THD AL3N	3.68	4.77	6.13

Tabla 53. Espectro armónico de Corriente (THDi).

Para poder realizar esta validación se requiere la cortocircuito I_{cc} , la corriente máxima I_{max} y la relación I_{cc}/I_{max} , las cuales se muestran en la tabla 49.

Transformador y Subestación	Voltaje	Potencia KVA	Z	I_{cc}	I_{max}	I_{cc}/I_{max}
Transformador 1; Subestación 1	480	500	5.01	12018.35	345.47	34.79
Transformador 3; Subestación 1	480	500	5.01	12018.35	370.1	32.47
Transformador 1; Subestación 2	480	1000	6.02	20003.97	859.95	23.26
Transformador 2; Subestación 2	480	1000	6.02	20003.97	1013.57	19.74

Tabla 54. Calculo de la relación I_{cc}/I_{max} .

d. Transformador 1 Subestación 1

Para el transformador 1, la corriente de corto circuito es de 12018.35 Amperes, y la corriente máxima promedio consumida (I_{max}) es de 345.47 Amperes, lo que nos da una relación de cortocircuito de 34.79.

Se registró un THDi promedio 5.7%, lo cual se encuentra dentro del recomendado por el estándar (7 % sobre la base de la SCR calculada en referencia a la tabla 5; Std IEEE 519-1992).

e. Transformador 3 Subestación 1

Para el transformador 3, la corriente de corto circuito es de 12018.35 Amperes, y la corriente máxima promedio consumida (I_{max}) es de 370.1 Amperes, lo que nos da una relación de cortocircuito de 32.47.

Se registró un THDi promedio 4.11%, lo cual se encuentra dentro del recomendado por el estándar (7 % sobre la base de la SCR calculada en referencia a la tabla 5; Std IEEE 519-1992).

f. Transformador 1 Subestación 2.

Para el transformador 1, la corriente de corto circuito es de 20,001.97 Amperes, y la corriente máxima promedio consumida (I_{max}) es de 859.95 Amperes, lo que nos da una relación de cortocircuito de 23.26.

Se registró un THDi promedio 4.15%, lo cual se encuentra dentro del recomendado por el estándar (7 % sobre la base de la SCR calculada en referencia a la tabla 5; Std IEEE 519-1992).

g. Transformador 2 Subestación 2

Para el transformador 2, la corriente de corto circuito es de 20,001.97 Amperes, y la corriente máxima promedio consumida (I_{max}) es de 1013.57 Amperes, lo que nos da una relación de cortocircuito de 19.74.

Se registró un THDi promedio 5.45%, lo cual se encuentra dentro del recomendado por el estándar (7 % sobre la base de la SCR calculada en referencia a la tabla 5; Std IEEE 519-1992).

8.2.3. Termografía

El estudio se compone de más de 600 fotos termograficas de todos los dispositivos eléctricos, entre los cuales podemos mencionar los motores, tableros, variadores de frecuencia, bombas de aceite, contactores y motores de compresores de aire y amoniaco. Al final se realizó un reporte individual de cada área y cada línea de producción, aislando así los casos de calentamiento excesivo que se presentaron. En las figuras 38 y 39.

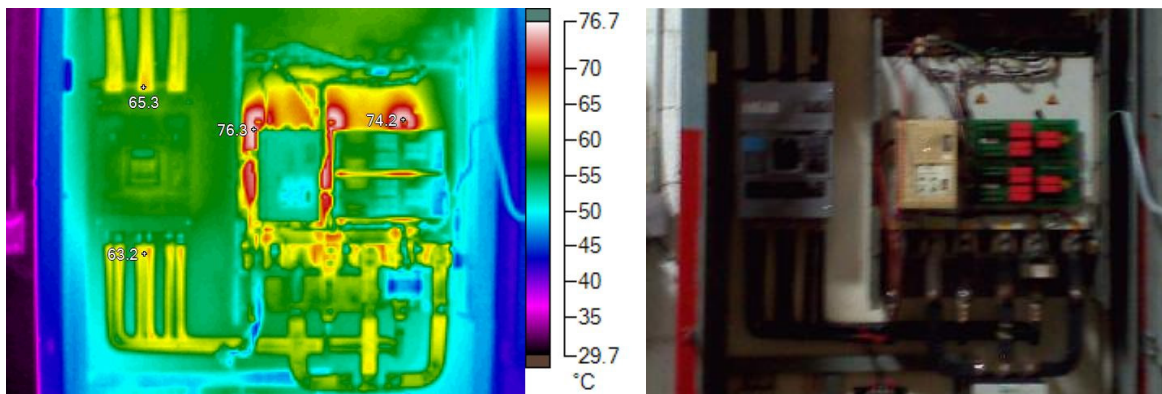


Figura 39. Termografía de un controlador de un motor de compresor.

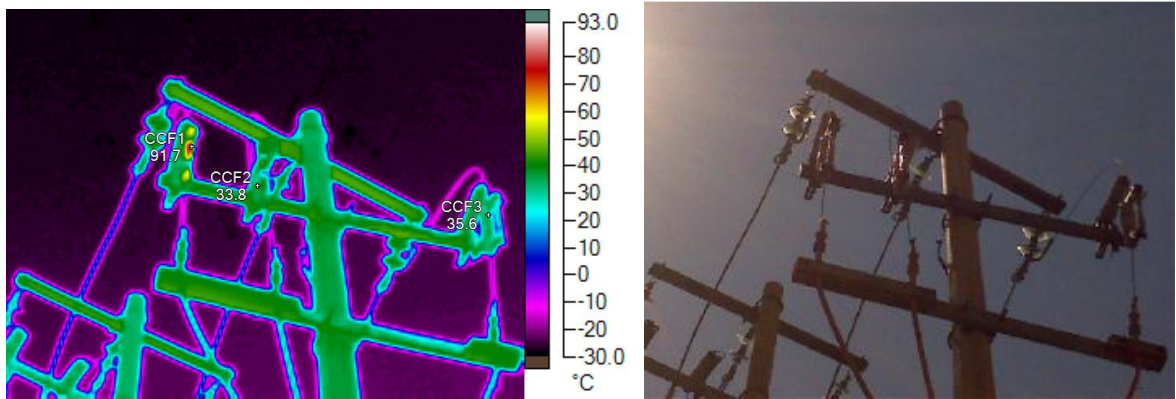


Figura 40. Termografía de acometida eléctrica.

9. CONCLUSIONES

Bebidas Mundiales S.A. de C.V. es una empresa que opera de forma responsable en cuanto a la conciencia de ahorro energético y desarrollo sustentable. Eso nos permitió realizar este proyecto para ayudarles a detectar las áreas de oportunidad para hacer más eficiente el uso de la energía eléctrica y a la vez que contribuyen a mejorar el medio ambiente, también reducen costos de operación.

Uno de los factores más importantes que contribuye al desperdicio de energía eléctrica en la empresa Bebidas Mundiales S.A. de C.V. es la conducta de los empleados ya que los tiempos muertos que se presentan en las líneas de producción son causados en 90% por este factor, debido a las modificaciones que han realizado a las líneas, en las cuales han retirado sensores de movimiento y presencia, lo cual provoca que cuando se presenta una falla la línea sigue operando.

En lo que respecta a las fugas de aire, estas no son ocasionadas por alguna por algún desperfecto en alguna unión de la tubería o por mala condición de la misma, si no a los malos hábitos de los operadores ya que las válvulas de regulación de aire han sido retiradas y solo se controlan manualmente, además de usar el aire comprimido para regulación de temperatura lo cual no tiene que ver con el proceso.

Un 70% de los motores de las líneas se encuentran deteriorados físicamente y la gran mayoría presentaban índices de eficiencia bajos, lo que nos indica que son obsoletos y su consumo energético es elevado. Estos motores deben de ser reemplazados gradualmente durante un programa de mantenimiento preventivo por motores de alta eficiencia, por lo cual solo se tendrá que pagar la diferencia entre un motor convencional y uno de alta eficiencia, con esto se disminuirá drásticamente el tiempo de amortización de los motores.

La empresa Bebidas Mundiales S.A. de C. V. tiene la práctica de mandar a reparación mayor a los motores de una potencia nominal grande “Los ubicados en calderas y compresores” que sufren alguna avería, se ha repetido varias veces en los motores lo

cual ha traído consigo una disminución en la eficiencia de ellos, por lo cual si en lugar de repararlos, se sustituyeran por equipos de alta eficiencia, se tendría un ahorro considerable, y si se considera el costo de reparación el tiempo de amortización de la sustitución se reduciría drásticamente.

Este estudio se realizó en una industria cuya principal característica es que su carga eléctrica es predominantemente en motores eléctricos, por lo cual es perfectamente válido transferir los resultados a industrias similares, cuya mayor carga sea motores eléctricos.

10. RECOMENDACIONES

Establecer un programa de concientización del uso eficiente de la energía eléctrica.

Programa de sustitución de motores eléctricos, estableciendo la alta eficiencia del equipo como principal criterio de adquisición y evitar tomar la decisión en función exclusiva del costo del motor.

En motores de compresores, de alta potencia, impidiendo la reparación de devanados y promoviendo la sustitución en caso de fallas, siempre después de contar con programas de mantenimiento confiable.

Programa de detección de fugas en aire comprimido. Establecer medio de comunicación donde cualquier empleado de la empresa puede reportar cuando visualice algún punto con fuga de aire comprimido.

Programa de mantenimiento preventivo a instalaciones eléctricas. Revisión periódica al sistema eléctrico, para prevenir la existencia de la generación excesiva de calor, que ocasiona daños a la instalación y conlleva a pérdidas eléctricas.

11. REFERENCIAS

1. Hernández Hdez. Manuel (1999) Consultado el 22 de julio de 2012 en:
<http://www.monografias.com/trabajos67/eficiencia-energetica/eficiencia-energetica.shtml>.
2. Conuee (2012) Consultado el 15 de marzo de 2012 en:
<http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7505/5/DEInmuebles.pdf>.
3. Energiza (2010) *6 Principios Fundamentales para el Ahorro y la Eficiencia Energética* Consultado el 20 de junio de 2012 en:
http://www.energizaonline.com/es/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=24&lang=es.
4. http://www.funken.com.mx/activosfunken_base/EjemploMediciones.PDF.
5. Warren M. Huffington, (2007) Auditing: Facility Energy Use industrial Center Assessment, Department of Mechanical Engineering, Texas A&M University, College Station, Texas, U.S.A.
6. Parker Steven A., (2007) Energy Efficiency: Information Sources for New and Emerging Technologies Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington, U.S.A.
7. <http://aceee.org/>.
8. Anes (2009) Curva de Costos de Abatimiento de Energía derivada de la Curva de Costos de Abatimiento de Gases de Efecto Invernadero, Consultado el 15 de junio de 2012 en:
<http://www.anes.org/anes/formularios/Descargas/PRONASE.pdf>.

9. Department of Energy (2012) Luminarias, Consultado el 12 de mayo de 2012 en:
<http://energy.gov/energysaver/articles/types-lighting>.

10. Martin Esquivel Sergio (2008), Proyectos Exitosos de Ahorro de Energía en el Sector Productivo, Consultado el 13 de abril de 2012 en:
http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/formulario/Memorias2009/Panel_Programas_Exitosos/Proyectos_Exitosos_de_Ahorro_Eficiencia_Energetica.pdf.

11. Estrada Alejandro (2012), Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal Consultado el 17 mayo de 2012 en:
http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/alumbrado_publico.

12. Motores http://www.novem.com.mx/pdf/NOVEM_LP_SBO.pdf.

13. Motores eléctricos siemens 2012. Consultado el 25 de septiembre de 2012 en:
<http://industria.siemens.com.mx/Motores/Docs/Motores%20NNM.pdf>.

