



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

"DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO PARA AHORRO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA PARA UNA EMPRESA DEDICADA A
LA PRODUCCIÓN DE HIELO CON DEMANDA MENSUAL DE
150 KILO WATTS."

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA
P R E S E N T A :

BARRAGÁN CASTILLO HUGO EDUARDO
JUÁREZ GONZÁLEZ JOSÉ ALFREDO

ASESOR: ING. BENITO BARRANCO CASTELLANOS.



San Juan de Aragón, Estado de México, Octubre de 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice	I
Introducción	III
Capítulo 1 Motores eléctricos de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia, implementación de convertidores de frecuencia variable.	1
1.1 Productos eficientes energéticamente	1
1.2 Menores temperaturas significan más fiabilidad	4
1.3 Antecedentes	8
1.3.1 Descripción del Proceso	8
1.3.2 Análisis de Facturación	9
1.3.3 Facturación eléctrica	10
1.3.4 Demanda de Potencia Eléctrica	12
1.4 Económica del proyecto para ahorro de energía eléctrica referente a la sustitución de motores de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia.	14
1.4.1 Motores eléctricos	15
1.4.2 Pérdidas de Energía y Eficiencias	16
1.4.3 Pérdidas Permanentes o Fijas	17
1.4.4 Evaluación de Motores Eléctricos en Hielo y Refrigeración de Zacatepec S.A. de C.V	21
1.5 Evaluación de la potencia del motor de alta eficiencia recomendado	27
1.6 Eficiencia del nuevo motor	28
1.7 Ahorros de energía eléctrica	29
1.8 Ahorros económicos	30
1.9 Ahorro económico total	31
1.10 Evaluación de Motores Eléctricos en Hielo y Refrigeración de Zacatepec S.A. de C.V.	32
1.11 Implementación de convertidores de frecuencia variable	38
1.11.1 Evaluación de Variador de Frecuencia	41
1.11.2 Situación con convertidor de frecuencia variable	42
1.12 Situación con convertidor de frecuencia variable	46
1.13 Resumen total	48
1.14 Conclusiones del capítulo 1	49
Capítulo 2 Propuesta de cambio de iluminación convencional por iluminación eficiente	51
2.1 Acción concreta	51
2.1.1 Sistema de iluminación	52
2.1.2 Sistema de Iluminación Propuesto	60
2.3 Niveles de iluminación medidos.	75
2.3.1 Tanque 1, producción de barras altura de montaje 8 m	75
2.3.2 Tanque 2, Producción de barras altura de montaje 8 m	76
2.3.3 Área de maquinas 1	77
2.3.4 Área de maquinas 2	78
2.3.5 Área de producción de cubos	79
2.3.6 Pasillo tanque 1 a tanque 2	80
2.4 Conclusiones capítulo 2	87

Capítulo 3	Análisis y control de demanda a través de estrategias de control para los sistemas de refrigeración	89
3.1	Situación actual	89
3.2	Situación Propuesta	93
3.2.1	Estrategia de Control	94
3.2.2	Control de máxima demanda	95
3.2.3	¿Cómo controlar la máxima demanda?	97
3.3	Situación actual	98
3.3.1	Análisis del Sistema de Refrigeración	100
3.3.2	Recomendaciones de Compresores de Refrigeración en Hielo y Refrigeración de Zacatepec S.A.de C.V.	101
3.3.3	Concepciones Generales sobre Mantenimiento en compresores	104
3.3.4	Actividades para el mantenimiento preventivo del refrigerante y aceite	107
Conclusiones		109
Bibliografía		112



Objetivo

Estimar el diagnóstico energético para ahorro de energía eléctrica para una empresa dedicada a la producción de hielo con demanda mensual de 150 kilo watts para obtener:

- Ahorro, uso eficiente y aprovechamiento sustentable de la energía eléctrica.
- Fomento de nuevas tecnologías energéticas.
- Difusión de la cultura energética sustentable.

Introducción

El consumo mundial de energía ha aumentado en un 45% desde 1980 y se proyecta un aumento de un 70% más para el 2030. Para reducir el costo de la energía y su impacto sobre el medio ambiente, debemos aprender a adaptar y controlar el consumo de energía, los costos y los contaminantes.

A mediados del siglo pasado el crecimiento demográfico, los procesos de industrialización, urbanización, transporte de personas y mercancías y en general las actividades económicas relacionadas con el desarrollo del país, trajeron consigo una creciente demanda de energía eléctrica. El Gobierno Mexicano asumió el reto de canalizar esfuerzos importantes para la expansión de la industria eléctrica, que respondiera a los requerimientos energéticos que el desarrollo nacional demandaba (creación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (LyFC), construcción de infraestructura, etc.).

En décadas más recientes, la crisis de los precios internacionales de los hidrocarburos, la fuente principal para la generación de energía eléctrica, causada entre otras razones por previsiones de un descenso futuro de las reservas mundiales del petróleo y por la crisis generada entre países productores y consumidores de petróleo, abrió la posibilidad de transitar hacia un modelo que se preocupara por el agotamiento de los recursos naturales no renovables, por la búsqueda de energéticos alternos y por el diseño de programas de ahorro y uso racional de la energía.

En ese contexto, en 1989, el gobierno mexicano establece el Programa Nacional de Modernización Energética, a partir del cual la CFE inicia el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE) y la Secretaría de Energía pone en marcha diversas acciones que culminan en la creación de la Comisión Nacional de Ahorro de Energía (CONAE), actualmente denominada Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). Un año después, el 14 de agosto de 1990,

por iniciativa de la CFE, se creó el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (Fide), como un fideicomiso privado sin fines de lucro, que con la participación de los sectores público, social y privado, impulsara acciones y programas para fomentar el ahorro de energía eléctrica, al mismo tiempo que promoviera el desarrollo de una cultura de uso eficiente de este recurso¹.

En cuanto a la eficiencia energética su fin es promover e inducir, con acciones y resultados, el uso eficiente de energía eléctrica, a través, de proyectos que permitan la vinculación entre la innovación tecnológica y el consumo de energía eléctrica, mediante la aplicación de tecnologías eficientes.

Estos proyectos están orientados al sector productivo, mediante el otorgamiento de asesoría y asistencia técnica -con y sin financiamiento-, para la modernización de instalaciones, desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, de tal forma que con el ahorro y la eficiencia energética se contribuya a la conservación de los recursos naturales no renovables, al aprovechamiento sustentable de la energía y la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero. Estos proyectos permiten además desarrollar un mercado de consultoría y tecnologías de alta eficiencia, contribuyendo al crecimiento del empleo.

este trabajo de tesis consta de :

El **capítulo 1** hace mención sobre motores eléctricos de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia, implementación de convertidores de frecuencia variable.

En el **capítulo 2** se hace la propuesta e cambio de iluminación convencional por iluminación eficiente siendo una sugerencia que a la empresa en cuestión deberá valorar y tomar la mejor decisión.

¹ http://portal.fide.org.mx:8000/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=180

En el **capítulo 3** se estructura el Análisis y control de demanda a través estrategias de control para los sistemas de refrigeración y se muestran graficas ahorro de energía.

Capítulo 1

Motores eléctricos de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia, implementación de convertidores de frecuencia variable

Cuando se requiere un nuevo motor para llevar a cabo cualquier aplicación industrial, es habitual basar su selección principalmente según un criterio de costo de adquisición inicial. Sin embargo, la experiencia confirma que este criterio de elección repercute negativamente en los costos económicos futuros de su actividad mucho más pronto de lo que parece.

Para cada peso invertido en la compra de un motor, 1000 esos más se gastarán en su funcionamiento durante los siguientes 10 años. Estos gastos implican principalmente consumos energéticos y también necesidades de mantenimiento. Por lo tanto, los costos de funcionamiento de un motor son mucho mayores que los de compra. Esta relación pone de relieve la importancia de otros criterios que aseguren un excelente desempeño futuro del motor en el momento de su elección a pesar de unos mayores costos de adquisición¹.

1.1 Productos eficientes energéticamente

Los motores de alta eficiencia pueden alcanzar grandes reducciones del consumo de energía. Pero, además de la eficiencia, al optimizar el rendimiento de un motor durante toda su vida útil también hay que considerar otras características importantes, entre las cuales están su adecuación a la aplicación concreta, su correcto dimensionado y la fiabilidad de los devanados y cojinetes.

Los motores de alta eficiencia pueden proporcionar importantes ventajas, como ayudar a reducir los costos energéticos y a limitar las emisiones de carbono. En la

¹<http://www.abb.com/product/ap/seitp322/e7b722a09e18e2bc44257767002f39e2.aspx>, Pagina recuperada Febrero/8/2012

Unión Europea, la introducción del programa europeo de clasificación de la eficiencia ha concentrado la atención en la eficiencia energética.

El programa clasifica los motores en niveles de eficiencia EFF1 a EFF3, donde EFF1 es el nivel más alto. El programa ha tenido mucho éxito, ya que ha reducido el número de motores comerciales de baja eficiencia; muchos consideran la clasificación EFF1 no sólo como una señal de eficiencia, sino también como un distintivo general de calidad.

Actualmente se está perfeccionando el programa para armonizar los métodos de verificación de eficiencia, de modo que sea más fácil comparar los motores de distintos fabricantes.

Diseñar y fabricar motores fiables, con buenas prestaciones de arranque y funcionamiento, implica conseguir un delicado equilibrio entre diversos factores: no sólo la eficiencia y los costos, sino también el diseño de cojinetes, ranuras y ventilador, el aumento de la temperatura, la vibración y el ruido.

Sólo un equilibrio adecuado dará como resultado motores de alta calidad, eficientes y fiables, con peso óptimo y una larga vida útil. En lugar de centrarse sólo en la eficiencia, Durante el ciclo de vida de un dispositivo, la energía suele ser el mayor costo; lógicamente, el vertiginoso ascenso de los precios ha obligado a dirigir la atención a los costos de energía y a la eficiencia energética. En muchas partes del mundo, las autoridades están promoviendo programas para convencer a los usuarios industriales de que especifiquen motores de alta eficiencia. Esta situación ha llevado a algunos fabricantes a elevar el nivel de eficiencia de sus productos sin examinar otras áreas de rendimiento.

la clave para fabricar motores eficientes reduciendo al mínimo los costos totales durante la vida útil es garantizar que en cada etapa de diseño y fabricación alcance una alta calidad.

La eficiencia de un motor mide la conversión de la energía eléctrica en trabajo útil.

La energía que se pierde se convierte en calor. Para aumentar la eficiencia es preciso reducir estas pérdidas.

Las pérdidas de los motores se pueden clasificar en cinco categorías principales. Dos de éstas –las pérdidas en el hierro del núcleo y las pérdidas por resistencia aerodinámica y fricción– se clasifican como pérdidas no relacionadas con la carga, ya que permanecen constantes con independencia de la misma. Las pérdidas relacionadas con la carga, es decir, que varían con ella, son las pérdidas en el cobre del estator, las pérdidas en el rotor y las pérdidas de carga por dispersión tabla1.1 . En todas estas pérdidas pueden influir diversas consideraciones de diseño y construcción, es decir, la calidad de los procesos de diseño y fabricación.

Tabla 1.1 Pérdidas en el rotor y las pérdidas de carga por dispersión.

Pérdidas no debidas a la carga	Pérdidas en el hierro del núcleo	18%
	Pérdidas de resistencia aerodinámica y fricción	10%
Pérdidas debidas a la carga	Pérdidas en el cobre del estator	34%
	Pérdidas en el rotor	24%
	Pérdidas de carga por dispersión	14%

Las pérdidas en el hierro del núcleo se deben a la energía requerida para vencer la oposición del material del núcleo a la variación de los campos magnéticos. Los diseñadores pueden reducir estas pérdidas usando acero de mejor calidad y aumentando la longitud del núcleo, lo que reduce la densidad de flujo magnético.

Las pérdidas por resistencia aerodinámica y por fricción son causadas por la resistencia del aire y por el rozamiento de los cojinetes. En los motores de alta calidad, estas pérdidas se reducen seleccionando mejor los cojinetes y juntas y mejorando el diseño del flujo de aire y del ventilador. Éste ha de ser suficientemente grande para proporcionar una adecuada refrigeración, pero no demasiado grande, ya que se reduciría la eficiencia y aumentaría el ruido.

De las pérdidas que varían con la carga, las pérdidas en el cobre del estator (conocidas como pérdidas I^2R) son causadas por el calentamiento provocado por la circulación de corriente a través de la resistencia del devanado del estator.

Entre las técnicas empleadas para reducir estas pérdidas está la optimización del diseño de las ranuras del estator. Las laminaciones del estator deben ser de acero de baja pérdida, lo más uniformes y delgadas posibles, para maximizar la intensidad de los campos magnéticos. Deben estar alineadas cuidadosamente para garantizar que los canales sean rectos. Naturalmente, cuanto más delgadas sean las laminaciones, tanto más caras serán de producir; además, una gran precisión de alineamiento exige técnicas de producción más especializadas.

Las pérdidas en el rotor están causadas por las corrientes en el mismo y por las pérdidas en el hierro. En los motores de alta eficiencia, estas pérdidas se reducen aumentando el tamaño de las barras conductoras y los anillos terminales para reducir la resistencia. Las pérdidas de carga por dispersión resultan del flujo de fugas inducidas por las corrientes de carga y se pueden reducir mejorando la forma geométrica de las ranuras.

1.2 Menores temperaturas significan más fiabilidad

Los motores que sólo funcionan ocasionalmente, o en aplicaciones no críticas, no tienen que ser extraordinariamente fiables. Evidentemente, una avería siempre es una perturbación, pero eso no implica que las consecuencias sean muy graves.

Sin embargo, en algunos sectores y procesos la fiabilidad es de suma importancia. En procesos continuos como, por ejemplo, las aplicaciones de refrigeración en la industria del petróleo y gas o los accionamientos de máquinas de papel, se han de evitar a toda costa los tiempos muertos imprevistos. Una parada de sólo unos minutos puede costar tanto como un motor nuevo.

Por término medio, los materiales representan el 55% del costo de un motor.

Puesto que más de la mitad del costo total se va en materiales, es obvio que los fabricantes que intenten reducir costos demasiado agresivamente, escatimarán en los materiales y sus productos serán menos fiables.

Las dos causas más frecuentes de averías de motores son los cojinetes y devanados, de modo que estos componentes son esenciales para determinar la fiabilidad global. En el caso de los cojinetes y devanados, la temperatura de operación en el interior del motor es el factor más importante sobre la vida útil del componente. Un motor eficiente y de alta calidad, funcionando a plena carga, puede experimentar un aumento normal de temperatura de 60–80°C, pero esta cifra puede llegar a ser de hasta 100°C en los motores de menor calidad.

El aumento de temperatura puede ser mayor, sin provocar problemas, sólo en los motores diseñados especialmente para ello, que disponen de un sistema aislante apropiado que resiste las altas temperaturas. Para conseguir fiabilidad máxima es importante utilizar cojinetes de alta calidad.

Lista de control de cojinetes

Condiciones de los cojinetes para una fiabilidad óptima del motor:

- Suministrados por un fabricante fiable
- Dimensionados adecuadamente para la carga y velocidad
- Holgura interna adecuada para la temperatura de operación
- Grasa adecuada para la temperatura de operación

- Ser reengrasables si existe un servicio de mantenimiento adecuado (en caso contrario suelen ser preferibles los cojinetes sellados de por vida).

Los diseñadores han de seleccionar el tipo de cojinete adecuado para la aplicación de la carga concretas y a continuación elaborar un régimen de engrase apropiado para la aplicación en las condiciones de operación.

Dado que la grasa se degrada con las altas temperaturas, es importante limitar el aumento de temperatura. Una reducción de 10–15°C de la temperatura de operación debe duplicar, en teoría, la vida útil de la grasa del cojinete.

Las temperaturas internas excesivas también afectan a la vida útil de los devanados. En este caso, es el aislamiento en el hilo de cobre el que se degrada por efecto de las altas temperaturas.

Un aumento de 10°C en la temperatura de operación puede reducir a la mitad la vida útil del devanado. Por esta razón, la mayoría de los motores se fabrican con aislamiento de Clase F (155°C), pero se diseñan para funcionar a temperaturas no superiores a las de Clase B (130°C). El aumento de temperatura es un aspecto del rendimiento de los motores que se investiga permanentemente tabla 1.2.

Tabla 1.2 Formas para seguir mejorando la eficiencia energética

Tres formas para seguir mejorando la eficiencia energética	
1. Evitar el rebobinado	Generalmente, un motor rebobinado pierde eficiencia. Rebobinar un motor de más de 30kW reduce la eficiencia nominal en cerca del 1% y en motores más pequeños en hasta el 2 %. Esta pérdida no es tan importante en los motores de alta calidad.
2. Evitar el sobredimensionamiento	Por diversas razones, las empresas suelen adquirir motores sobredimensionados. Los estudios de las industrias de transformación concluyen que los motores funcionan, en promedio, con una carga de 50 a 60 % de su valor nominal, perdiendo eficiencia (de carga parcial). Sustituir los motores que funcionan por debajo de su carga nominal por otros más pequeños pero más

	eficientes energéticamente mejora en general la eficiencia del sistema.
3.Accionamientos VSD para el control de velocidad	No tiene sentido utilizar un motor muy eficiente si el sistema de accionamiento no está a la altura). En aplicaciones de bombas y ventiladores, por ejemplo, el caudal se regula estrangulando las válvulas. Un motor que funciona a velocidad máxima cuando bastaría una velocidad menor es un derroche de energía. Los accionamientos de velocidad variable (VSD) proporcionan velocidad óptima y control preciso y ahorran mucha energía. Un reciente estudio de la Universidad de Lappeenranta (Finlandia) ha demostrado que los accionamientos en instalaciones de bombeo en paralelo pueden ahorrar hasta el 70 % de energía.

Otro factor de la fiabilidad del devanado es la tensión soportada, que mide la integridad del devanado. Los devanados suelen soportar una tensión en torno a 1,200 V, aunque se pueden suministrar motores que soportan 1,400 V o más si el devanado ha de resistir mayores picos de tensión, como es el caso de algunos accionamientos de velocidad variable (Fig. 1.1). Asimismo, hay que tener presente que la fiabilidad también puede presentar aspectos distintos en diferentes entornos.

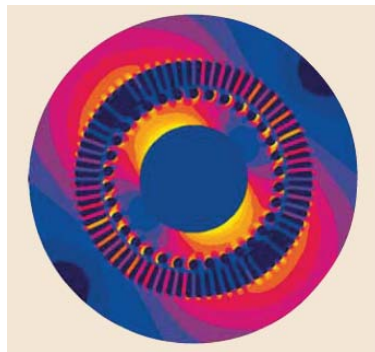


Fig. 1.1 accionamientos de velocidad variable

Características de un buen devanado:

- Compacidad, con buen índice de relleno de ranuras
- Pequeña proyección saliente
- Hilo de cobre de alta calidad
- Sistemas de devanado de alta calidad

- Aislamiento de ranuras, sistemas de impregnación y sistemas de aislamiento de fases, de alta calidad

En aplicaciones de motores en la industria del petróleo y gas, por ejemplo, la seguridad es fundamental para el propietario del proceso. Los motores funcionan generalmente en entornos muy duros y tienen que soportar condiciones extremas de calor o frío o ambientes polvorientos o húmedos².

1.3 Antecedentes

Hielo y Refrigeración de Zacatepec S.A de C.V., es una empresa de alimentos, localizada en el km 13.5 Carretera Alpuyeca - Jojutla, Col. Lázaro Cárdenas, Zacatepec, Morelos., C.P 62780, especializada en la fabricación de hielo en barra, cilindro, bloque y frapé, con una demanda facturable promedio mensual para el último año de 150 kW, un consumo de 141,328 kWh/mes y una facturación mensual de \$ 149,562.56 en tarifa HM región sur. La empresa trabaja en promedio 8,500 horas al año.

1.3.1 Descripción del Proceso

La principal materia prima es agua totalmente purificada, es utilizada para dos procesos de producción, en uno de ellos el agua es almacenada en los contenedores de acero, los cuales son introducidos a la salmuera que se encuentra a una temperatura menor a ceros grados, por transferencia de calor el agua dentro de los contenedores comienza a solidificarse hasta formar la barra de hielo. Una vez la barra totalmente congelada se extrae de los contenedores y es almacenada en la cámara de conservación para su posterior venta.

El segundo proceso consiste en bombear agua hacia las torres de congelación, en el proceso de producción circula amoniaco, el cual tiene la función de formar tubos de agua solidificada, estos tubos son cortados en pequeños trozos y

² Revista ABB 2/2007, pp. 82-84. Pagina recuperada Febrero/8/2012, <http://goo.gl/iBE7k>

posteriormente empacados para ser almacenados en cámaras de almacenamiento.

A continuación se muestran los esquemas de los dos procesos de producción:

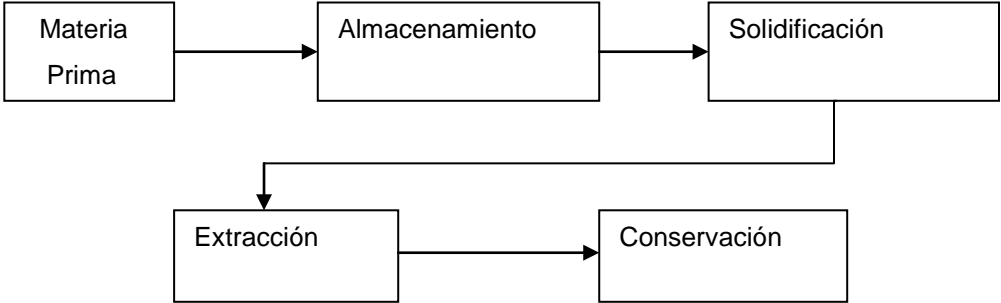


Fig. 1.2 Proceso 1



Fig. 1.3 Proceso 2

1.3.2 Análisis de Facturación

Desde el inicio de su operación, el servicio de energía eléctrica para la planta ha sido suministrado por **Comisión Federal de Electricidad** cuyo contrato observa las siguientes características:

Tabla 1.3 análisis de facturación

Región de facturación	SUR
Tarifa contratada	HM
Demanda Contratada	549
Demanda Conectada	549
Región de facturación	SUR
Tarifa contratada	HM
Demanda Contratada	549
Demanda Conectada	549

1.3.3 Facturación eléctrica

Consumo Histórico de la Energía

HIELO Y REFRIGERACION DE ZACATEPEC, S.A. de C.V., cuenta con una acometida en tarifa HM.

La acometida se encuentra ubicada en el Km. 13.5 de la carretera Alpuyeca - Jojutla, en Galena, Zacatepec, en el Estado de Morelos con número de servicio 299 880 801 282, y número de cuenta 53 DG 31 F 480050020.

Desde el inicio de su operación, el servicio de energía eléctrica para la empresa HIELO Y REFRIGERACION DE ZACATEPEC, S.A. de C.V., ha sido suministrado por Comisión Federal de Electricidad en cuyo contrato se observan las siguientes características:

Tabla 1.4 Fábrica de hielo en Barra y en Cilindros.

Región de Facturación	SUR
Tarifa Contratada	HM
Demanda Contratada	549
Demanda Conectada	549

El periodo analizado comprende de 13 recibos eléctricos de facturación, que van desde el mes de mayo del 2011 hasta mayo del 2012, y cuyos valores se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 1.5 Demanda de Potencia Eléctrica Facturación Eléctrica Hielo y refrigeración de Zacatepec, S.A. de C.V. 299 880 801 282

Mes	Demanda	Consumo	F.P. (%)	F.C. (%)	FACTURACION (\$)
	Facturable (KW)	total (KwH)			
May-11	157	228,228	93.02	56.81	\$304479.03
Jun-11	152	188,816	93.57	63.02	\$261204.92
Jul-11	148	174,851	93.97	62.98	\$246518.02
Ago-11	166	168,885	94.1	42.74	\$231504.53
Sep-11	116	156,007	94	59.73	\$225040.91
Oct-11	145	155,796	93.83	43.78	\$213407.85
Nov-11	148	124,668	93.90	44.18	\$124197.59
Dic-11	145	121,316	95.95	45.58	\$186950.52
Ene-12	126	106,866	96.21	51.34	\$167643.79
Feb-12	167	119,040	95.42	45.78	\$181807.09
Mar-12	165	184,012	94.32	52.19	\$259542.26
Abr-12	164	202,737	94.30	62	\$277321.64
May-12	146	208,473	94.28	61.89	\$287588.03
Promedio	150	164	94.4	53.23	\$228246.6
Anual	1945	2139695			\$2967206.18

Se analizaron las conductas de los rubros más importantes de facturación (Demanda Facturable y Consumo de Energía por horarios) con la finalidad de determinar, primero las características de operación energética de la empresa, y en segundo término, facilitar el trabajo de identificación de potenciales de ahorro de energía.

La potencia instalada actualmente está distribuida de la siguiente forma:

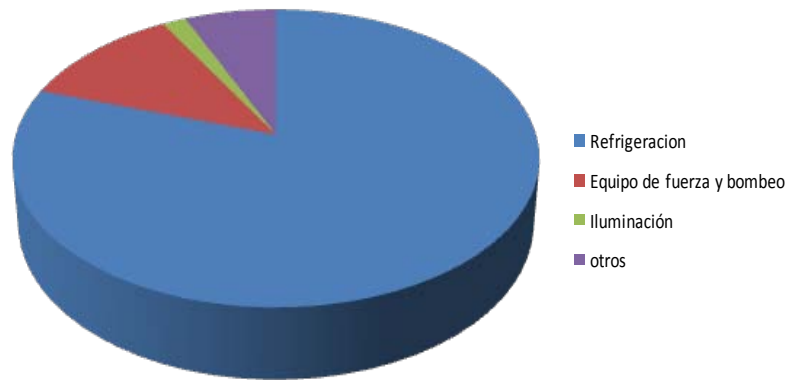


Fig. 1.4 Potencia total utilizada (kW).

1.3.4 Demanda de Potencia Eléctrica

El gráfico del perfil de demandas observa conductas interesantes: se observa, que la demanda máxima se encuentra en el mes de Mayo de 2011 en horario base alcanzando un máximo de 549 kW, la demanda facturable tiene un máximo de 180 kW. La demanda máxima en horario punta en el mismo mes alcanzó valores de 3 kW.

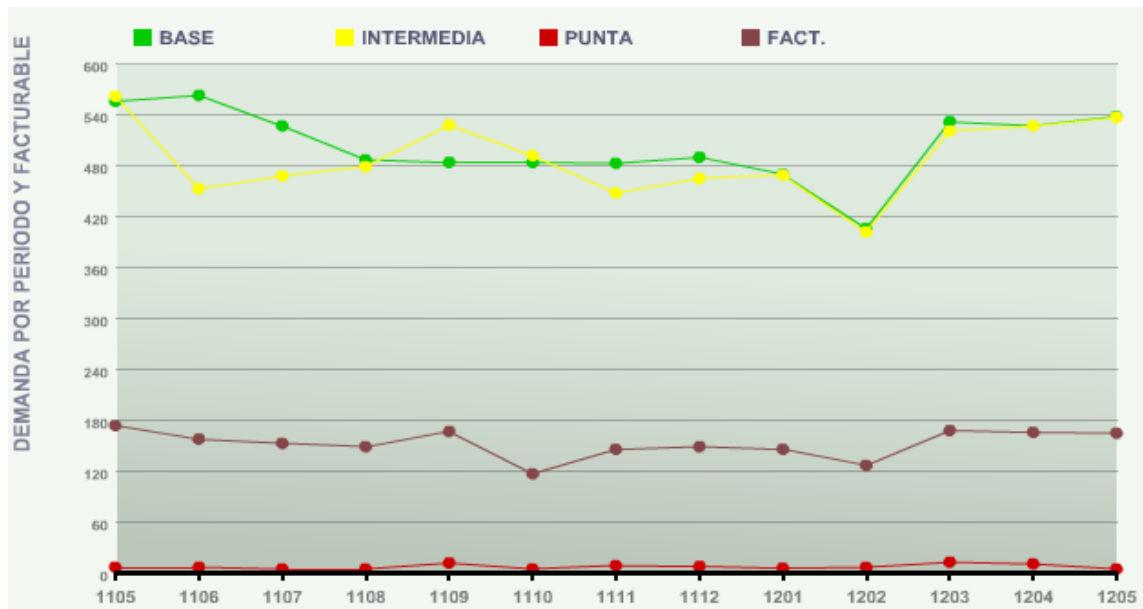


Fig. 1.5 Potencia eléctrica

El costo de la energía eléctrica presentado en los recibos es el siguiente:

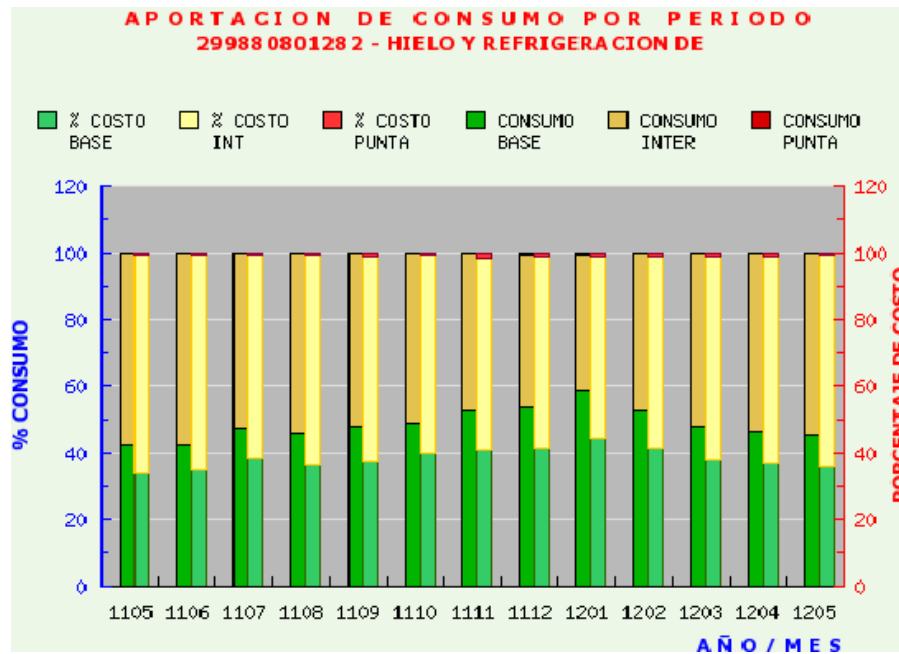


Fig. 1.6 Aportación de consumo por periodo, Año - Mes.

FECHA	CONS. BASE	PORC. COST_BASE	CONS. INT	PORC. COST_INT	CONS. PTA	PORC. COST_PTA	CONS. TOTAL
1105	96,781	33.80 %	131,304	65.72 %	137	0.48 %	228,222
1106	80,683	35.06 %	107,987	64.37 %	146	0.57 %	188,816
1107	83,271	38.62 %	91,440	60.94 %	140	0.44 %	174,851
1108	78,075	36.63 %	90,661	62.89 %	149	0.48 %	168,885
1109	74,986	37.25 %	80,882	61.66 %	139	1.09 %	156,007
1110	76,247	39.89 %	79,401	59.59 %	148	0.53 %	155,796
1111	65,730	41.05 %	58,630	57.69 %	308	1.25 %	124,668
1112	64,908	41.43 %	56,078	57.39 %	330	1.17 %	121,316
1201	62,384	44.40 %	44,192	54.59 %	290	1.02 %	106,866
1202	62,636	41.28 %	56,130	57.68 %	274	1.03 %	119,040
1203	88,713	38.00 %	95,009	60.79 %	290	1.21 %	184,012
1204	94,650	37.01 %	107,935	62.13 %	152	0.86 %	202,737
1205	94,361	36.00 %	113,990	63.62 %	122	0.38 %	208,473

TOTAL 13

Fig. 1.7 Aportación de consumo por periodo.

Los costos de la energía eléctrica se han mantenido con un promedio de \$228246.6.

- **Factor de Potencia** Por lo que toca este factor que influye en la facturación eléctrica, el Factor de Potencia, los valores que presenta la planta son en promedio del 94.4% en el transcurso de los años 2011 y 2012, y q se ha presentado con este valor promedio desde el 2007, se obtiene una bonificación por alto factor de potencia por parte de CFE en la facturación.

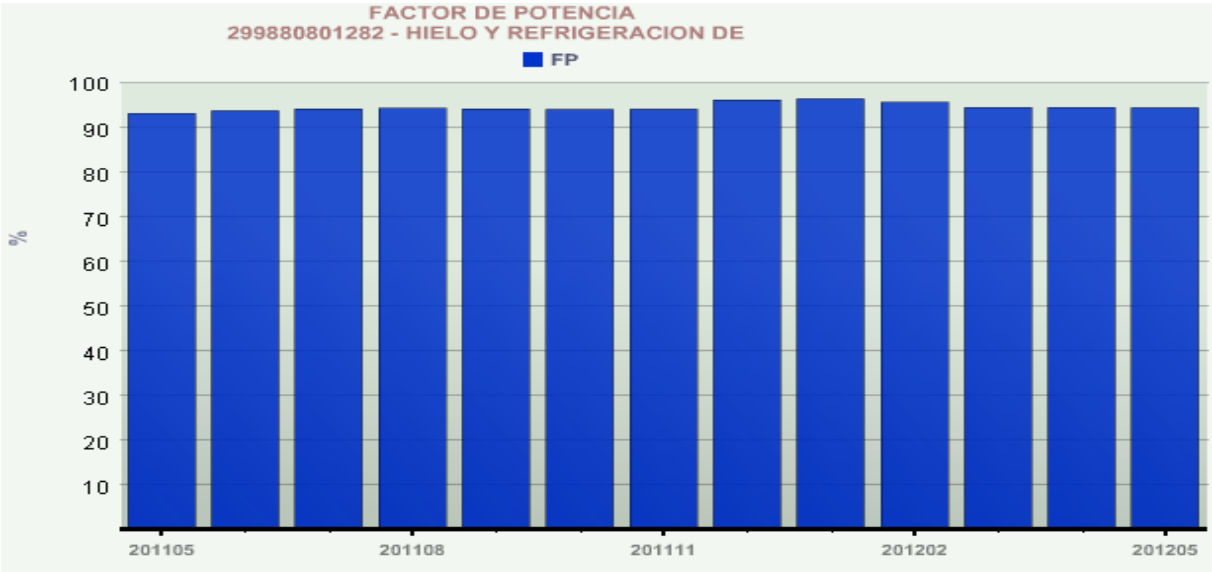


Fig. 1.8 Factor de potencia

1.4 Económica del proyecto para ahorro de energía eléctrica referente a la sustitución de motores de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia

- **Acción concreta:**
Reemplazar 9 motores de eficiencia estándar por 9 motores de alta eficiencia, de acuerdo al siguiente arreglo: Reemplazar 9 motores de eficiencia estándar por 9 motores de alta eficiencia, de acuerdo al siguiente arreglo mostrado en la tabla 1.6.

Tabla 1.6 Acción concreta.

EQUIPO ACTUAL	EQUIPO PROPUESTO
Motor del Agitador 1, de 5 Hp, marca US MOTORS, 1200 RPM, 220 V, armazón 256 U	por un Motor de 5 Hp, marca WEG, 1800 RPM, armazón 184T, 220 V
Motor del Agitador 2, de 5 Hp, marca US MOTORS, 1200 RPM, 220 V, armazón 256 U	por un Motor de 5 Hp, marca WEG, 1800 RPM, armazón 184T, 220 V
Motor de la Bomba 1 de la torre de enfriamiento, de 10 Hp, marca WEG, 1750 RPM, 220 V, armazón 215 JM,	por un Motor de 10 Hp, marca WEG, 1800 RPM, armazón 215T, 220 V;
Motor de la Bomba 2 de la torre de enfriamiento, de 10 Hp, marca WEG, 1750 RPM, 220 V, armazón 215 JM,	por un Motor de 10 Hp, marca WEG, 1800 RPM, armazón 215T, 220 V
Motor del Agitador 3, de 7.5 Hp, marca IEM, 1728 RPM, 220 V, armazón 213 TP,	por un Motor de 7.5 Hp, marca WEG, 1800 RPM, armazón 213T, 220 V;
Motor del Agitador 4, de 7.5 Hp, marca IEM, 1728 RPM, 220 V, armazón 213 TP,	por un Motor de 7.5 Hp, marca WEG, 1800 RPM, armazón 213T, 220 V;
Motor de la Bomba de torre de enfriamiento nueva, de 5 Hp, marca WEG, 1720 RPM, 220 V, armazón W184JM,	; por un Motor de 5 Hp, marca WEG, 1800 RPM, armazón 184T, 220 V
Motor de la Bomba de torre inoxidable, de 3 Hp, marca ABB, 1720 RPM, 220 V, armazón 182T	por un Motor de 3 Hp, marca WEG, 1800 RPM, armazón 182T, 220 V;
Motor del Ventilador de la torre inoxidable, de 5 Hp, marca SIEMENS, 1760 RPM, 220 V, armazón 213T	por un Motor de 5 Hp, marca WEG, 1800 RPM, armazón 184T, 220 V.

1.4.1 Motores eléctricos

Sustitución De Motores Estándar Por Motores De Alta Eficiencia Los motores eléctricos son los usuarios de mayor consumo de energía eléctrica en plantas industriales. Aproximadamente entre el 60 y 70 % del consumo de energía eléctrica de una industria corresponde a equipos electromotrices tales como ventiladores, bombas, compresores, etc.

Es evidente el gran impacto de los motores eléctricos en el consumo de energía en el sector industrial, por tanto, resalta la importancia de identificar y evaluar oportunidades de ahorro de energía en ellos. Sin embargo, es necesario determinación precisión el estado energético actual de los mismos (factor de

carga, eficiencia, factor de potencia, antigüedad, etc.) y conocer sistemas alternativos como son motores de alta eficiencia y variadores de frecuencia entre otros.

1.4.2 Pérdidas de Energía y Eficiencias

La función de un motor eléctrico es convertir la energía eléctrica en energía mecánica para realizar un trabajo útil.

En la transformación una parte de la energía eléctrica tomada de la red se convierte en calor, constituyendo una pérdida inherente al motor, ver figura. Las pérdidas de un motor de inducción, pueden ser desglosadas en 5 principales áreas, cada una de estas depende del diseño y construcción del motor. Estas pérdidas se clasifican en aquellas que ocurren cuando el motor está energizado y permanecen para un voltaje y velocidad dados, y las que se dan en función de la carga del motor.

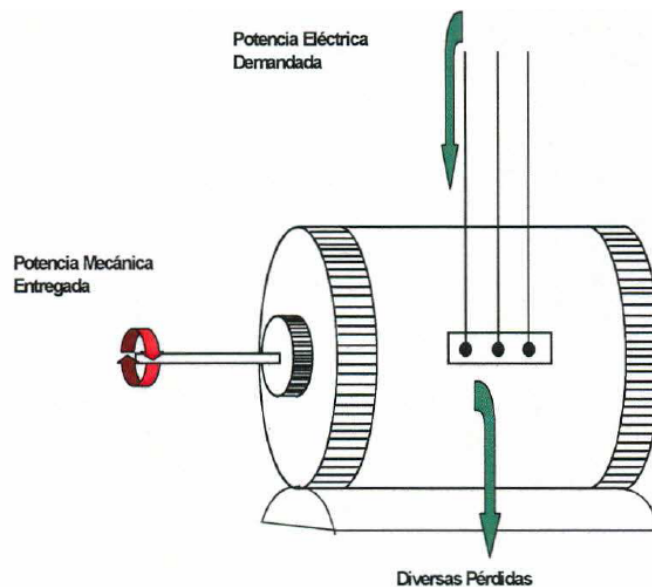


Fig. 1.9 Transformación una parte de la energía eléctrica tomada de la red se convierte en calor, constituyendo una pérdida inherente al motor

1.4.3 Pérdidas Permanentes o Fijas

Pérdidas en el núcleo: Representan la energía requerida para magnetizar el material del núcleo (histéresis) e incluyen las pérdidas por creación de corrientes de Eddy que fluyen en el núcleo. Pueden disminuir al mejorar la permeabilidad electromagnética del acero y extendiendo o alargando el núcleo para reducir la densidad del flujo magnético. Las pérdidas de Eddy son reducidas utilizando laminaciones de acero más delgadas. Pérdidas de fricción y ventilación: Ocurren debido a la fricción y se deben al rozamiento de los rodamientos del eje del motor. Las pérdidas de ventilación se deben a la fricción de las partes en movimiento del motor con el aire que se encuentra dentro de la carcasa. Mejorando la selección de cojinetes, flujo de aire y diseño del ventilador pueden ser reducidas. En un motor de alta eficiencia su reducción resulta en menores necesidades de enfriamiento, por lo que se utiliza un ventilador más pequeño.

- **Pérdidas en el Estator**, se reflejan como calentamiento debido al flujo de corriente a través del embobinado del Estator y dependen de la resistencia eléctrica del material utilizado. Se determinan como I^2R , donde I es la corriente que circula por una fase de la armadura, y R es la resistencia de la misma. Pueden ser reducidas modificando el diseño de la armadura del Estator o disminuyendo el espesor del aislamiento para incrementar el volumen de cable en el Estator.
- Pérdidas en el rotor, son función de I^2R_r afectan calentando el embobinado del rotor. Pueden disminuirse incrementando el tamaño de las barras conductoras para bajar la resistencia, o reduciendo la corriente eléctrica.
- **Pérdidas adicionales**, Son pérdidas que no se pueden incluir dentro de ninguna de las anteriores y dependen a su vez del tipo de fabricación y método de diseño del motor.

Eficiencia, La eficiencia de un motor es la relación entre la potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada. Se puede expresar de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia Mecánica de Salida}}{\text{Potencia Eléctrica de Entrada}} \quad 1.1$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia de entrada} - \text{perdidas}}{\text{Potencia Eléctrica de Entrada}} \quad 1.2$$

Fig. 1.10 Formula de la eficiencia de un motor.

Para mejorar la eficiencia se deben disminuir las pérdidas en el motor, esto se logra con el cambio de diseño, materiales de alta calidad y un mejor proceso de fabricación. Los motores de alta eficiencia a determinada carga entregan mayor o igual cantidad de trabajo con menor consumo de energía que un motor estándar.

- ¿Por qué este motor es de alta eficiencia?

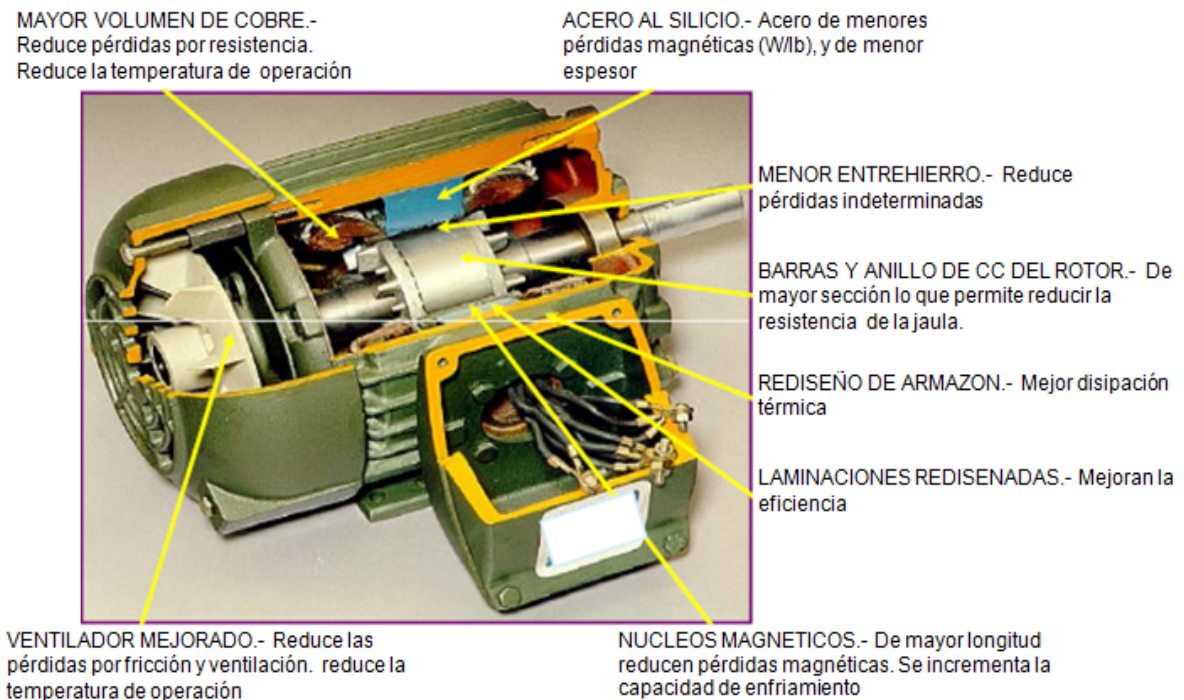


Fig. 1.11 Motor de alta eficiencia.

Los motores eléctricos tienen la máxima eficiencia, cuando las pérdidas permanentes o fijas son casi iguales a las pérdidas variables. Sustitución de un motor estándar por otro de alta eficiencia.

La siguiente gráfica (Fig. 1.12) presenta las curvas de eficiencia en función del factor de carga para 6 motores eléctricos de 1800 r.p.m. Las curvas superiores corresponden a motores de alta eficiencia de 20, 30 Y 40 'HP, las otras tres curvas son de motores estándar de las mismas potencias.

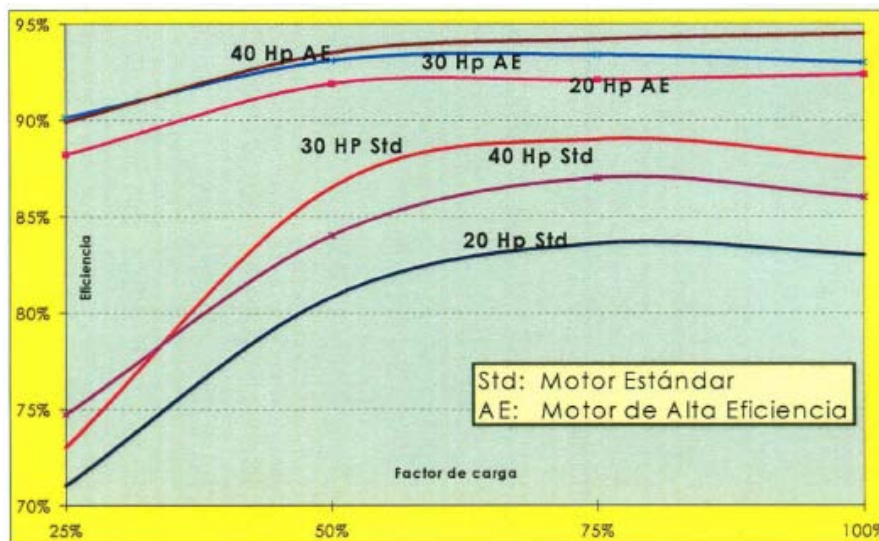


Fig. 1.12 La potencia eléctrica que demande un motor está totalmente relacionada con la eficiencia del mismo y con el factor de carga.

$$\text{Potencia eléctrica demandada} = \frac{\text{potencia mecánica de salida}}{\text{Eficiencia}}$$

1.3

De tal manera que al mejorar la eficiencia del motor la demanda eléctrica para la misma operación disminuye.

Observando la gráfica anterior resulta que es factible el sustituir motores estándar por motores de alta eficiencia bajo las siguientes circunstancias.

- Aplicación de Motores de Alta Eficiencia de Menor Tamaño: Cuando el motor estándar está trabajando con bajo factor de carga.
- Aplicación de Motores de Alta Eficiencia del Mismo Tamaño: Cuando el motor estándar está trabajando con un factor de carga entre 60 y 90%.
- Aplicación de Motores de Alta Eficiencia de Mayor Tamaño: Cuando el motor estándar está trabajando con un factor de carga mayor al 95%.

En todos los casos de sustitución deben tomarse muy en serio las condiciones de arranque y tipo de motor requerido. Por otro lado la sustitución debe estar avalada por un estudio minucioso de las condiciones de operación del motor, en el que se investigue sobre todos los parámetros eléctricos que alimentan al motor, sobre todo debe tenerse principal precaución en medir el factor de potencia por cada fase ya que una medición simple de corrientes puede llevar a resultados aberrantes.

Otras alternativas de ahorro en motores son:

- La reubicación de motores procurando aprovechar al máximo la eficiencia. El factor de carga óptimo para motores estándar se ubica en un rango del 65 al 85%, de tal manera que los motores que se encuentren más lejos de este rango son candidatos a ser aprovechados en otros puntos de aplicación, donde operen en mejor forma.
- Mejorar sus condiciones de alimentación eléctrica. Como son el desbalanceo de fases, las variaciones de voltaje, los sistemas sin tierra o mal aterrizados y el bajo factor de potencia.

Las mediciones eléctricas se realizaron en el inmueble por personal de Ingeniería Energética Integral, (UVIE)³ con analizadores de redes y medidores de potencia.

³ Es la persona física o moral que realiza actos de verificación para evaluar la conformidad con la **Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, "Instalaciones Eléctricas (utilización)"**. La/el aspirante debe contar con una acreditación vigente por parte de una entidad de acreditación y una aprobación vigente de la Secretaría de Energía.

http://www.sener.gob.mx/portal/directorio_de_unidades_de_verificacion_de_instalaciones_electricas.html

1.4.4 Evaluación de Motores Eléctricos en Hielo y Refrigeración de Zacatepec S.A. de C.V

La evaluación de motores eléctricos en las instalaciones de la planta está basada en la metodología del Fideicomiso para el Ahorro de Energía FIDE.

Dado que la metodología de cálculo es similar en todos los casos de sustitución de motores, sólo se presentará un ejemplo del desarrollo de dicho cálculo.

Sustitución del motor del **agitador 1** por otro de alta eficiencia.

La propuesta del proyecto de ahorro de energía eléctrica consiste en lo siguiente:

Situación actual:

Sustitución del motor del Agitador 1, el cual es obsoleto e ineficiente.

Los datos de placa del motor que conforma el motivo de este proyecto son los siguientes:

Tabla 1.6 Datos de la placa del motor

Motor	Marca	Potencia (HP)	Polos	Velocidad	Frecuencia	Volts (v)	Corriente (A)
Agitador	Us motors	5	6	1200	60 Hz	220	8.4



Fig. 1.13 Datos de la placa del motor agitador 1



Fig. 1.14 a) y b) Agitador 1 y 2.

En el siguiente análisis se encuentra lo siguiente:

- Mediciones eléctricas de corriente y voltaje de uno de los motores motivo del proyecto.
- Análisis de la demanda a trabajo nominal.

1. Evaluación de cargas, El presente estudio se realizó considerando los siguientes parámetros de evaluación:

- Se midió la corriente del motor, cuando estaba en operación.
- Se midió el voltaje del motor, en operación.
- Se siguió la metodología de evaluación del motor.

2. Mediciones promedio de los parámetros del motor.

Tabla 1.7 Mediciones eléctricas

Mediciones eléctricas					
V STDp	V AB	V BC	V CA	I	F.P.
Volts	Volts	Volts	Volts	Amp.	
213.95	213.95	213.95	213.95	13.30	0.90

3. Cálculos

Corriente promedio = 13.30 Amp.

Voltaje Promedio (línea- línea) = 213.95 V

$$\text{Potencia (kW)} = \frac{(3)1/2 * V * I * FP}{1000}$$

Potencia = **3.84 kW**.

Potencia = 5 HP.

El factor de carga al que está trabajando el motor se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Factor de Carga} = \frac{\text{kW} * \text{Eficiencia}}{\text{HP} * 0.746}$$

Donde:

- kW Potencia eléctrica demandada
- Eficiencia al 100 % de carga.
- HP Potencia mecánica de los datos de placa.

Sustituyendo valores, el porcentaje al factor de carga es:

$$\text{Factor de carga} = (3.84 * 86.50) / (5 * 0.746) = \mathbf{89.06\%}$$

Para determinar la eficiencia al porcentaje de carga al cual se encuentra trabajando el motor, a continuación se muestran los valores de la eficiencia para un motor de 5 HP a 1200 r.p.m. a una tensión de 220 V a diferentes porcentajes de carga.

Eficiencia de un motor estándar de 5 HP, 1200 r.p.m. y 220 V a diferentes porcentajes de carga.

Tabla 1.8 % Eficiencia para motor STD.

Tabla de %eficiencia , para motores STD			
25%	50%	75%	100%
77.30	85.00	86.80	86.50

De acuerdo a lo anterior, se requiere obtener a que porcentaje de eficiencia se encuentra trabajando el motor sabiendo que el porcentaje de carga es igual a 89.06 %, en este caso se requiere de una interpolación entre los datos del 75 y 100 % de carga, la ecuación de interpolación es la siguiente:

$$Y = \frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)} * (X - X_1) + Y_1 \quad 1.4$$

Donde:

Tabla 1.9 Factor de carga X, Eficiencia

Factor de Carga X	Eficiencia Y
X1=75	Y1=86.80
X=89.06	Y,Y =?
X2=100	Y2=86.50

Sustituyendo se obtiene

$$Y = \left(\frac{(86.50 - 86.80)}{(100 - 75)} * (89.06 - 75) \right) + 86.80 = 86.63 \%$$

Por lo tanto la eficiencia al 89.03 % de carga es de **86.63 %**

4. calculo para el ajuste de eficiencia

Se consideró para este motor un ajuste por variación de voltaje, que de acuerdo con la siguiente ecuación se tiene:

$$\text{Variacion de voltaje} = \left(\frac{\text{voltaje promedio medido}}{\text{voltaje de placa}} - 1 \right) * 100 \quad 1.5$$

Donde:

Voltaje Promedio medido = 213.95 Volts

Voltaje de placa = 220Volts

Sustituyendo tanto el voltaje promedio medido y el voltaje de placa, obtenemos la siguiente diferencia:

$$\text{Variación de Voltaje (V) \%} = ((213.95/220) - 1) * 100 = -2.75 \%$$

El ajuste por desbalanceo de voltaje se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{Desbalanceo de voltaje (\%)} = (\text{Máx. } \frac{(V_{\text{max}} - V_{\text{p}}) \text{ o } (V_{\text{prom}} - V_{\text{min}})}{V_{\text{prom}}}) \quad 1.6$$

Donde Máx. = Nos indica que se considera en el numerador, como el valor máximo entre las diferencias de voltajes.

- $V_{\text{prom.}}$ = Voltaje promedio.

Sustituyendo estos valores.

a. $\text{Desbalanceo de voltaje \%} = ((213.95 - 213.95) / 213.95) \times 100 = 0.0 \%$

Ahora para determinar la eficiencia ajustada, es necesario considerar tres ajustes:

a) **Ajuste por variación de voltaje.** La variación o diferencia de voltaje que existe en el motor, es igual a -2.75 % por lo que es necesario considerar un ajuste por variación de voltaje, en la figura se muestra la gráfica de variación de voltaje. Para el motor en estudio se tiene una variación de voltaje del -0.0275 % por lo que el porcentaje de ajuste es del -0.0038 % (**Factor de ajuste de eficiencia de Acuerdo a la Hoja del FIDE**).

b) **Ajuste por desbalanceo de voltaje.** En la figura se muestra la curva para determinar el factor de ajuste, en el eje X se localiza el desbalanceo de voltaje que en este caso es de 0.0 % proyectándose en la curva y reflejándose en el eje Y, obteniéndose un valor de 1 %.

- c) **Ajuste por reembobinados.** Es importante saber cuántas veces el motor ha sido reembobinado, ya que, esto afecta la eficiencia del motor. Por cada vez que se practica un reembobinado el motor pierde el 0.025 % de la eficiencia, para este caso se considera que el motor eléctrico ha sido reembobinado 1 vez.

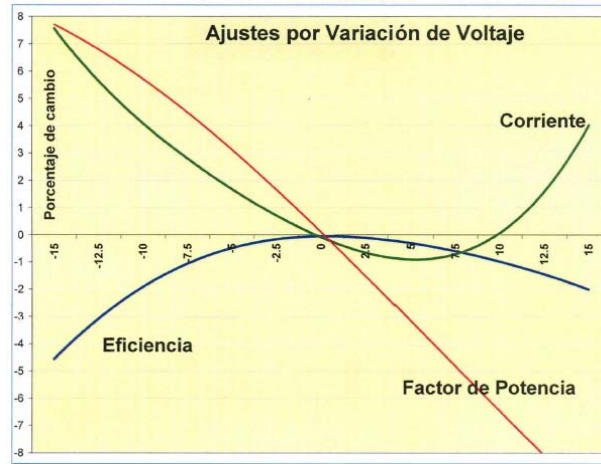


Fig. 1.15 Ajuste por variación de voltaje

Para determinar la eficiencia real del motor, se parte de la siguiente expresión:

Eficiencia ajustada = (Eficiencia al % de carga + Ajuste por variación de voltaje - ajuste por reembobinado) x Ajuste por desbalanceo de voltaje.

Continuando con el motor en estudio y sustituyendo valores:

$$\begin{aligned} \text{Eficiencia ajustada} &= (86.63 \% / 100) + (-0.0038) - (0.025) * 100 \% \\ &= \mathbf{83.75 \%}. \end{aligned}$$

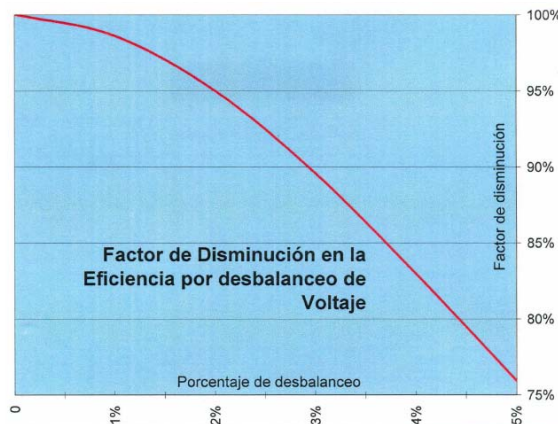


Fig. 1.16 Factor de disminución en la eficiencia por desbalanceo de voltaje.

1.5 Evaluación de la potencia del motor de alta eficiencia recomendado

A partir de la definición de la eficiencia para un motor.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia mecánica entregada}}{\text{Potencia eléctrica demandada}} \quad 1.7$$

A partir de la ecuación anterior se puede calcular la potencia mecánica entregada a partir de la eficiencia y la potencia eléctrica demandada como:

$$\text{Potencia}_{\text{mecánica entregada}} = \text{Eficiencia} * \text{Potencia}_{\text{eléctrica demandada}}. \quad 1.8$$

Donde:

$$\text{Eficiencia} = 83.75 \%$$

$$\text{Potencia eléctrica demandada} = 3.84 \text{ kW}$$

Sustituyendo estos valores.

$$\text{Potencia}_{\text{mecánica entregada}} = 0.8375 * 3.84 \text{ kW} = 3.21 \text{ kW} = 4.32\text{HP}$$

El nuevo motor de alta eficiencia recomendado es de 4.32 HP, sin embargo debido a la aplicación del motor, se toma una potencia mayor, para este caso será de 5 HP Obteniendo la potencia del nuevo motor de alta eficiencia es necesario ahora obtener el factor de carga del nuevo motor. A partir de la siguiente expresión:

$$\text{F.C. \%} = \frac{(\text{Potencia mecánica entregada HP}) * 100\%}{\text{Potencia del nuevo motor HP}} \quad 1.9$$

Por lo tanto

$$\text{F.C. \%} = (4.32 * 100) / 5 = 86.41 \%$$

1.6 Eficiencia del nuevo motor

Para determinar la eficiencia del nuevo motor se recurre a la información del fabricante sobre la eficiencia a diferentes porcentajes de carga, estos valores se muestran a continuación:

Tabla 1.10 Porcentaje de carga y eficiencia de un motor de 5 HP, 1800 r.p.m. a 220 Volts

Factor de carga	Eficiencia
25	86.50
50	86.50
75	87.50
100	89.00

De acuerdo a nuestros valores de porcentaje de carga se requiere una interpolación entre 75 y 100 %, ya que el valor del porcentaje de carga del motor de alta eficiencia es de 86.41

Tabla 1.11

Factor de carga, x	Eficiencia, Y
X1=75	Y1=87.50
X=86.41	Y,=?
X2=100	Y2=89.00

Interpolando se obtiene

$$Y = ((89.00 - 87.50) / (100 - 75)) * (86.41 - 75) + 87.50 = 88.18 \%$$

Por tanto la eficiencia al factor de carga es = 88.18 %

Haciendo el ajuste por desbalanceo y variación de voltaje

$$\text{Variación de voltaje} = ((213.95/220) - 1) = -0.0275$$

$$\text{Factor de ajuste de eficiencia de Acuerdo a la Hoja del FIDE} = -0.0038$$

$$\text{Eficiencia} = 100 \times (0.8818 - 0.0038) = 87.8 \%$$

Determinación de la potencia demandada del nuevo motor de alta eficiencia.

$$\text{Potencia}_{\text{demandada}} = (3.84 * 0.8375) / 0.878 = 3.6 \text{ kW}$$

1.7 Ahorros de energía eléctrica

Cálculo del Ahorro en demanda.

Se tiene que: Ahorro en demanda (kW) = kW1 - kW2

Donde:

KW1 = (Demanda con el motor actual) = 3.84 kW

KW2 = (Demanda con el motor propuesto) = 3.6 kW

Por tanto sustituyendo valores tenemos

Ahorro en demanda $3.84 - 3.6 = 0.18 \text{ kW}$

Cálculo del ahorro en consumo kWh

Se tiene que: Ahorro en consumo = (ahorro en demanda) * (hrs.) al año

Donde:

Ahorro en demanda = 0.18 kW.

Desglose de las horas de trabajo del equipo:

- Horas de Operación Base: 2,424 hrs laño
- Horas de Operación Intermedia: 3,624 hrs laño
- Horas de Operación Punta: 0 hrs laño

Total de hrs. al año de operación = 6,048 hrs. l año.

- **Ahorro en Consumo** ponderado horario Base = $(0.18 \text{ kW}) * (2424 \text{ hrs.} / \text{año}) = 436.32 \text{ kWh} / \text{año}$.
- **Ahorro en Consumo** ponderado horario Inter. = $(0.18 \text{ kW}) * (3624 \text{ hrs.} / \text{año}) = 652.32 \text{ kWh} / \text{año}$.
- **Ahorro en Consumo** ponderado horario Punta = $(0.18 \text{ kW}) * (0 \text{ hrs.} / \text{año}) = 0 \text{ kWh} / \text{año}$.
- **Total de Ahorro en Consumo** ponderado = **Ahorro en Consumo** horario Base + **Ahorro en Consumo** horario Inter. + **Ahorro en Consumo** horario Punta = $436.32 \text{ kWh} / \text{año} + 652.32 \text{ kWh} / \text{año} + 0 \text{ kWh} / \text{año}$.

Total de Ahorro en Consumo ponderado = **1,088.64 kWh / año**

1.8 Ahorros económicos

Cálculo del ahorro económico anual por disminución en demanda

Ahorro económico por demanda (kW) =

$$\frac{(\text{Ahorro en demanda facturable})}{(\text{Mes})} * (\text{Costo del kW facturable}) * \frac{(\text{Meses})}{(\text{año})} \quad \mathbf{1.10}$$

Donde:

- **Ahorro** en demanda facturable = 0.18 kW
- **Costo** kW facturable = 179.65 \$ / kW

$$\text{Ahorro por demanda} = 0.18 \text{ kW} * \$ 179.65 / \text{kW} * 12 \text{ meses} / \text{año} = \$ 388.044 / \text{año}.$$

Cálculo del ahorro económico en el consumo.

Ahorro por consumo (kWh) = (kWh / año) * (costo kWh ponderado)

Donde:

$$\text{Ahorro en consumo} = \mathbf{1,088.64} \text{ kWh} / \text{año}$$

$$\text{Costo kWh} = \$ 0.9922 = \text{kWh Base}$$

$$\text{Costo kWh} = \$ 1.1925 / \text{kWh Inter.}$$

$$\text{Costo kWh} = \$ 2.0450 / \text{kWh Punta}$$

La planta únicamente opera en horario base e intermedio.

$$\begin{aligned} \text{Ahorro por consumo}_{\text{horario base}} \$ &= (436.32 \text{ kWh/año}) * (\$ 0.9922 / \text{kWh}) \\ &= \$ 432.91 / \text{año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro por consumo}_{\text{horario Inter}} \$ &= (652.32 \text{ kWh/año}) * (\$ 1.1925 / \text{kWh}) \\ &= \$ 777.89 / \text{año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro por consumo}_{\text{horario Punta}} \$ &= (0 \text{ kWh/año}) * (\$ 2.0450 / \text{kWh}) \\ &= \$ 0 / \text{año} \end{aligned}$$

Ahorro por consumo _{Total} \$ = Ahorro por consumo _{horario base} + Ahorro por consumo _{horario Inter.} + Ahorro por consumo _{horario Punta}

$$\begin{aligned}\text{Ahorro por consumo}_{\text{Total}} \$ & \\ &= \$ 432.91/\text{año} + \$ 777.89 / \text{año} + \$ 0 / \text{año} \\ &= \mathbf{\$1,210.80 / \text{año.}}\end{aligned}$$

1.9 Ahorro económico total

Ahorro Total = Ahorro por demanda + Ahorro por consumo donde:

Ahorro por demanda = \$ 388.044
Ahorro por consumo = \$ **1,210.80**

$$\mathbf{\text{Ahorro Total} = \$ 388.044 + \$ 1,210.80 = \$ 1598.84 \text{ por año}}$$

$$\mathbf{\text{Ahorro Total IVA Incluido} = \$ 1,854.65 \text{ por año.}}$$

Calculo del retorno de inversión

El costo para la sustitución del motor del **Agitador 1** es de \$ 9,900.12 con IVA, incluido el costo de la instalación del equipo.

Con los ahorros obtenidos de \$ 1,854.65 el retorno de la inversión es:

$$\text{Retorno de inversión} = \$ (\text{costo del motor}) / (\text{ahorro } \$ / \text{año})$$

$$\text{Retorno de inversión} = \$ 9,900.12 / \$ 1,854.65 \text{ por año} = 5.3 \text{ años}$$

1.10 Evaluación de Motores Eléctricos en Hielo y Refrigeración de Zacatepec S.A. de C.V

A continuación se presentan el desglose de los motores evaluados, y los resultados obtenidos.

Tabla 1.12 Motores actuales

Parte #	Descripción	Datos de placa								
		Marca	Vstd Volts	I Amps	Hp	KW	Polos	rpm	Tipo	Amzn
1	Agitador 1	US MOTOR S	220	8.4	5	3.73	6	1200	VERTICAL	256U
2	Agitador 2	US MOTOR S	220	8.4	5	3.73	6	1200	VERTICAL	256U
3	Bomba 1 de la torre de enfriamiento	WEG	220	23	10	7.46	4	1750	HORIZONTAL	215JM
4	Bomba 2 de la torre de enfriamiento	WEG	220	26	10	7.46	4	1750	HORIZONTAL	215JM
5	Agitador 3	IEM	220	20	7.5	5.6	4	1728	VERTICAL	213TP
6	Agitador 4	IEM	220	20	7.5	5.6	4	1728	VERTICAL	213TP
7	Bomba de torre de enfriamiento nueva	WEG	220	14.3	5	3.73	4	1720	HORIZONTAL	W184JM
8	Bomba de torre inox	ABB	220	8.2	3	2.24	4	1720	HORIZONTAL	182T
9	Ventilador de al torre inox	SIEMENS	220	10.1	5	3.73	4	1760	HORIZONTAL	213T
TOTAL						43.28				

Tabla 1.13 Mediciones eléctricas

Parte #	DESCRIPCION	DATOS OPERATIVOS			MEDICIONES ELECTRICAS							EFF	Demanda	%FC std
		Hrs/año	Re-Emb	Antig.	Vstd	Vab	Vbc	Vcd	I	F.P				
					vollts	volts	volts	volts	amps					
1	Agitador1	6048	1	10	213.95	213.95	213.95	213.95	13.30	.90	.87	3.84	91.37	
2	Agitador2	6048	1	10	215.65	215.65	215.65	215.65	13.27	.90	.87	4.06	94.15	
3	Bomba 1 de la torre de enfriamiento	7152	2	10	209.78	209.78	209.78	209.78	16.19	.77	.90	4.53	54.77	
4	Bomba 2 de la torre de enfriamiento	7152	2	10	211.22	211.22	211.22	211.22	21.80	.83	.90	6.62	80.04	
5	Agitador 3	6048	1	10	210.50	210.50	210.50	210.50	7.05	.9	.86	2.57	39.73	
6	Agotador 4	6048	1	10	210.96	210.96	210.96	210.96	6.99	.9	.86	2.55	39.42	
7	Bomba de torre de enfriamiento nueva	6048	1	10	210.95	210.95	210.95	210.95	12.71	.86	.88	3.99	93.71	
8	Bomba de torre inox	6048	1	10	211.83	211.83	211.83	211.83	8.69	.80	.84	5.55	95.71	
9	Ventilador de la torre inox	4032	2	10	211.41	211.41	211.41	211.41	7.89	.70	.88	2.02	47.39	
Total												32.83		

Tabla 1.14 Demanda, consumos.

Parte #	Descripción	Demanda (KW)	Tiempo Actual			Consumo Actual		
			Base (hrs/año)	Intermedio (hrs/año)	Punta (hrs/año)	Base (KWh/año)	Intermedio (KWh/año)	Punta (KWh/año)
1	Agitador1	3.84	2,424	3,624	0	9,309	13,917	0
2	Agitador2	4.06	2,873	4,168	0	11,664	16,922	0
3	Bomba 1 de la torre de enfriamiento	4.53	3,091	4,464	0	14,002	20,222	0
4	Bomba 2 de la torre de enfriamiento	6.62	4,073	3,624	0	26,963	23,991	0
5	Agitador 3	2.57	1,581	3,624	0	4,063	9,314	0
6	Agotador 4	2.55	1,569	3,624	0	4,001	9,241	0
7	Bomba de torre de enfriamiento nueva	3.99	2,455	3,624	0	9,795	14,460	0
8	Bomba de torre inox	5.55	1,569	3,624	0	4,001	9,241	0
9	Ventilador de la torre inox	2.02	800	2,472	0	1,616	4,993	0
Total		35.7				85,414	122,301	0

Tabla 1.15 Costo de la energía actual

Parte #.	Descripción	Costo Anual			
		Demanda (\$/año)	Base (\$/año)	Intermedio (\$/año)	Punta (\$año)
1	Agitador1	9602.79552	\$10714.2122	19251.3861	\$0.00
2	Agitador2	10152.9557	\$13424.7041	23408.2026	\$0.00
3	Bomba 1 de la torre de enfriamiento	11328.2978	\$16115.6299	27973.0926	\$0.00
4	Bomba 2 de la torre de enfriamiento	16554.8194	\$31033.1188	33186.7503	\$0.00
5	Agitador 3	6426.87096	\$4676.31798	12884.0562	\$0.00
6	Agotador 4	6376.8564	\$4604.95895	12783.0753	\$0.00
7	Bomba de torre de enfriamiento nueva	9977.90472	\$11273.5748	20002.518	\$0.00
8	Bomba de torre inox	13879.0404	\$4604.95895	12783.0753	\$0.00
9	Ventilador de la torre inox	5051.47056	\$1859.93843	6906.8169	\$0.00
Total		89351.0114	\$98307.42	\$169178.98	\$0.00

Incluye IVA los costos, En resumen la situación actual es:

Tabla 1.16 Situación actual.

Situación Actual				
Demanda kw	Consumo kwh/año	Costo demanda \$/año	Costo consumo \$/año	Costo económico anual
35.7	208,319	\$89351.0114	\$267,486.40	\$356,837.41

Los ventiladores de las torres de enfriamiento presentan sello FIDE y las dos bombas de la fábrica de cilindros son prácticamente nuevas, es por ésta razón que no son recuperables.

A continuación se presentan los motores que serán sustituidos por motores de alta eficiencia.

Tabla 1.17 Motores propuestos de alta eficiencia

Parte #	Descripción	(HP)	Datos de placa para motores A.E.					
			Marca	Armazón	Tipo	No. Polos	r.p.m	V (volts)
1	Agitador1	5	WEG	184T	VERTICAL	4	1800	220
2	Agitador2	5	WEG	184T	VERTICAL	4	1800	220
3	Bomba 1 de la torre de enfriamiento	10	WEG	215T	HORIZONTAL	4	1800	220
4	Bomba 2 de la torre de enfriamiento	10	WEG	215T	HORIZONTAL	4	1800	220
5	Agitador 3	7.5	WEG	213T	VERTICAL	4	1800	220
6	Agotador 4	7.5	WEG	213T	VERTICAL	4	1800	220
7	Bomba de torre de enfriamiento nueva	5	WEG	184T	HORIZONTAL	4	1800	220
8	Bomba de torre inox	3	WEG	182T	HORIZONTAL	4	1800	220
9	Ventilador de la torre inox	5	WEG	184T	HORIZONTAL	4	1800	220

Tabla 1.18 Demanda, consumos y costo de la energía propuesta

Parte #	Descripción	Demanda (KW)	Consumo esperado			Costos Esperado			
			Base (Kw/año)	Intermedio (Kw/año)	Punta (Kw/año)	Demanda \$/ al año	Base \$/año	Intermedio \$/año	Punta
1	Agitador1	3.6	8726.4	13,047	0	9002.6208	10043.6675	18047.0851	\$0.00
2	Agitador2	3.93	11290.89	16,380	0	9827.86104	12995.2724	22658.786	\$0.00
3	Bomba 1 de la torre de enfriamiento	4.19	12951.29	18,704	0	10478.0503	14906.3131	25873.4645	\$0.00
4	Bomba 2 de la torre de enfriamiento	6.15	25048.95	22,288	0	15379.4772	28830.1391	30830.4371	\$0.00
5	Agitador 3	2.22	3509.82	8,045	0	5551.61616	4039.63435	11129.0358	\$0.00
6	Agotador 4	2.2	3451.8	7,973	0	5501.6016	3972.85611	11028.7742	\$0.00
7	Bomba de torre de enfriamiento nueva	3.78	9279.9	13,699	0	9452.75184	10680.7195	18949.4394	\$0.00
8	Bomba de torre inox	2.32	3640.08	8,408	0	5801.68896	4189.55736	11630.3437	\$0.00
9	Ventilador de la torre inox	1.46	1168	3,609	0	3651.06288	1344.31194	4992.4957	\$0.00
Total		29.85	79,068	112,153	0	74646.7308	91002.4714	155139.862	\$0.00

Tabla 1.19 Ahorros obtenidos, inversión y tiempo de recuperación

Parte #	Descripción	Ahorros			Inversión	PRS
		Demanda (KW)	Consumo (kw/año)	Económico \$/año	\$	Años
1	Agitador1	0.18	1088.64	\$1,854.67	\$9,900.10	5.33793074
2	Agitador2	0.13	915.33	\$1,504.49	\$9,900.10	6.58036943
3	Bomba 1 de la torre de enfriamiento	0.34	2568.7	\$4,159.35	\$18,521.70	4.45302752
4	Bomba 2 de la torre de enfriamiento	0.47	3617.59	\$5,734.77	\$18,521.70	3.22971976
5	Agitador 3	0.35	1821.75	\$3,266.71	\$14,598.00	4.46871623
6	Agotador 4	0.35	1817.55	\$3,261.88	\$14,598.00	4.47533324
7	Bomba de torre de enfriamiento nueva	0.21	1276.59	\$2,171.27	\$9,900.10	4.55958955
8	Bomba de torre inox	0.23	1194.39	\$2,143.52	\$8,496.90	3.9639938
9	Ventilador de la torre inox	0.56	1832.32	\$3,830.96	\$9,900.10	2.58423476
Total		2.82	16,132.86	\$27,927.62	\$114,336.70	4.40587945

Tabla 1.20 Resumen total

SITUACION ACTUAL						
Demanda KW	Consumo KWh/año	Costo Demanda \$/año	Costo Consumo \$/año	Costo Económico Anual		
35.7	208,319	\$89,351.011	\$267,486.40	\$356,837.41		
SITUACION PROPUESTA						
Demanda KW	Consumo KWh/año	Costo Demanda \$/año	Costo Consumo %/año	Costo Económico Anual		
29.85	191,221	\$74646.7308	\$246,142.7	\$320,789.402		
RESUMEN TOTAL						
Inversión IVA inc	Ahorro Demanda KW	Ahorro Consumo KW/año	Ahorro Económico En Demanda Anual IVA inc	Ahorro Económico En Consumo Anual IVA inc	Ahorro Anual	Tiempo de Recuperación Años
\$ 114,336.70	5.85	17,098	\$14704.28	\$21,343.7	\$36,048.01	3.1

La inversión incluye materiales y mano de obra para la instalación de los equipos. Los resultados obtenidos nos arrojan ahorros en demanda de 5.85kW y en consumo de 17,098 kWh/año.

- **Periodo de Recuperación de la Inversión**

Para la aplicación de esta medida de ahorro se necesita una inversión de \$114,336.70 de la cual obtendremos un ahorro anual por concepto de facturación de \$36,048.01 al año, el cual nos da un tiempo de recuperación de 3.1 años.

1.11 Implementación de convertidores de frecuencia variable

Al utilizar los Convertidores de frecuencia Variable (CFV), como método de control se puede eliminar la inversión inicial de cualquier tipo de arrancador y protección del motor, ya que estos hacen función de arranque y protección mejorando la operación evitando los picos en el arranque el cual se realiza de forma suave, por consiguiente se pueden eliminar las presiones excesivas y golpes de ariete en tuberías.

Otra de las ventajas es la disminución en los costos de mantenimiento, al emplear los CFV a equipos acoplados se someten a un menor desgaste, se reduce la carga estática ya que el sistema no tiene que trabajar constantemente con alta presión en ductos y tuberías, como en el caso del uso de válvulas, y la carga dinámica es menor comparando con un control intermitente de arranque y paro. En algunos casos se puede llegar a duplicar la vida útil de los equipos.

Este proceso es automático y la ventaja que se tiene es que la bomba trabaja solo lo que necesita.

En resumen, las ventajas al utilizar convertidores de frecuencia además del ahorro de energía son:

- Proporcionan un arranque lento y suave.
- Tiempos de aceleración y desaceleración ajustables.
- Amplio rango de velocidad.
- Mayor precisión en el control.

- Sistema de control con microprocesador programable.
- Factor de potencia casi unitario.
- Convertidor de diseño compacto y requiere poco espacio.
- Se aplica a motores de inducción robustos y sencillos.
- Se pueden controlar remotamente.
- Pueden enlazarse a una computadora o a sistemas de control.
- Automatización sencilla y rápida al incorporar transductores.

Además se obtienen los siguientes beneficios desde el punto de vista del proceso, y en consecuencia también se ahorra dinero:

- Reducción en el desgaste de los sistemas electromotrices.
- Incremento de la vida útil de los equipos asociados con los convertidores.
- Reducción de los costos de producción.

Tabla 1.21 Agitadores.

Equipo	Área	Potencia nominal del motor (HP)	Potencia nominal del motor (KW)	Potencia del motor nuevo (HP)
AGITADOR1	Producción	5	3.73	5
AGITADOR2	Producción	5	3.73	5

Tal y como se mencionó en la descripción en el proceso de fabricación del hielo en barra se sumerge un molde en una salmuera a una temperatura por debajo de los cero grados centígrados.

Este proceso dura aproximadamente 48 horas para que la totalidad de la cantidad de agua contenida en el depósito solidifique. Ahora bien, el proceso de congelación tiene lugar por la pared interna del recipiente y conforme avanza al tiempo ésta pequeña capa va creciendo en espesor hasta que transcurridas las 48 horas solidifica el corazón de la barra. Debido a que el agua en fase sólida tiene un menor coeficiente de conductividad que el agua en fase líquida, el proceso de solidificación al avanzar el tiempo se vuelve cada vez más lento, sin embargo para

compensar ésta desventaja en el proceso de producción la salmuera es agitada con el fin de crear mayor turbulencia y con ella mejorar el coeficiente global de transferencia de calor y con esto lograr un proceso más eficiente.

Por otra parte el agitador trabaja siempre a la misma velocidad aún sin ser estrictamente necesario, principalmente al iniciar el proceso de solidificación ya que en este momento al ser cero o muy pequeña la capa de hielo la necesidad de turbulencia es muy reducida, por lo que al implementar variadores de velocidad en el proceso, permitirá un ahorro de energía eléctrica al inicio del proceso ya que actualmente los agitadores trabajan a velocidad y potencia constante, tal y como se muestra en la gráfica del perfil de carga del agitador No. 1.

Un ejemplo donde se puede aplicar un variador es para el motor del **Agitador 1**, con la finalidad de disminuir la velocidad de rotación del motor y con ello mejorar la transferencia de calor entre el serpentín del refrigerante y la salmuera, la cual se encarga de solidificar los bloques de hielo. Este motor tiene una potencia de 5 Hp de la marca US MOTORS, es utilizado entre 12 y 18 horas al día para los procesos de producción. El procedimiento para hacer la evaluación al Agitador 2 es similar al que a continuación se presenta.

El Agitador 1 tiene una demanda promedio de 3.84 kW como se puede observar.

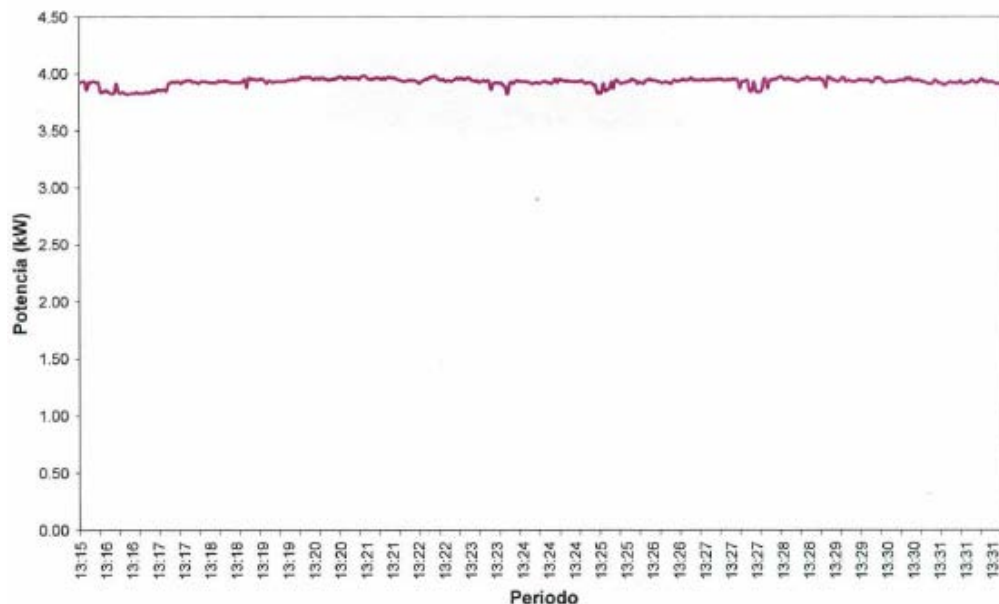


Fig. 1.17 Potencia eléctrica Kw Agitador 1.

Como se puede apreciar es esta gráfica la variación de la potencia demandada por el motor es prácticamente despreciable aún cuando la potencia necesaria para mover el agitar no necesariamente es constante, ya que al principio solo se requiere un pequeña fracción de la potencia y al paso del tiempo se requiere cada vez de mayor potencia y al paso del tiempo al ir solidificando el agua e irse transformando en hielo. El ciclo para producción de una barra de hielo es de aproximadamente 48 horas.

1.11.1 Evaluación de Variador de Frecuencia

Para empezar se caracterizará la operación con el actual sistema de operación:

Tabla 1.21 Parámetros eléctricos Agitador No. 1

Agitador 1, 5Hp, marca Us Motors, 1200 RPM Armazón 2656U,220V					
Fecha	Hora	Voltaje (volts)	Corriente (amperes)	Potencia real (KW)	Factor de potencia (%)
Mínimo		213.00	13.20	3.82	0.78
Promedio		213.95	13.30	3.84	0.80
Máximo		215.00	13.40	3.86	0.81

Tabla 1.22 Los parámetros utilizados para la evaluación son:

TIPO DE TARIFA	= HM REGION SUR		TIEMPO DE OPERACIÓN
Tarifa c/iva del mes de Mayo del 2012			
Precio del KW=	= \$179.65		
Precio del KWH base	= \$ 0.9922	Horas base:	2,424
Precio del KWH intermedia	= \$1.1925	Horas intermedia	3,624
Precio del KWH punta	= \$ 2.0450	Horas punta:	0
		TOTAL:	6,048

Por lo tanto el consumo será:

$$\text{kWh/año}_{\text{Base}} = 3.84 \times 2,424 = 9,309 \text{ KW}$$

$$\text{kWh/año}_{\text{intermedia}} = 3.84 \times 3,624 = 13,917 \text{ KW}$$

$$\text{kWh/año}_{\text{Total}} = 9,309 + 13,917 = 23,226 \text{ KW}$$

Costo de operación:

$$$/kW = 12 \times 179.65 \times 3.84 = 8,278.27$$

$$$/kWh/año_{Base} = 0.9922 \times 9,309 = 9234.528$$

$$$/kWh/año_{intermedia} = 1.1925 \times 13,917 = 16,596.02$$

$$$/año_{Total} = 8,87.27 + 9,234.528 + 16,596.02 = \mathbf{34,108.82}$$

Por lo tanto la situación actual del agitador queda expresada en la siguiente tabla resumen:

Tabla 1.23 Evaluación del motor instalado

Potencia del motor	5	HP
Potencia total demandada	3.84	Kw
Consumo en Periodo Punta	0	KWh/año
Consumo en P. Intermedio	13,917	KWh/año
Consumo en Periodo Base	9,309	KWh/año
Consumo total	23,226	KWh/año

Tabla 1.24 Importes del año

Importe en demanda	\$8,278.27
Importe en consumo punta	\$0.00
Importe en consumo intermedia	\$16,596.02
Importe en consumo base	\$9234.528
Importe total	\$34,108.82

1.11.2 Situación con convertidor de frecuencia variable

Con la implementación del variador de velocidad se pretende arrancar al motor con una potencia del 40% (1.54 kW) de su capacidad nominal e ir incrementado gradualmente la potencia cada hora hasta llegar al 100% de potencia equivalente

a 3.84 kW. Por lo tanto con el sistema propuesto se espera obtener el siguiente comportamiento en la demanda.



Fig. 1.18 Variador de velocidad.

Para efectuar una evaluación más clara en cuanto al consumo que tendrá el sistema una vez efectuada la medida de ahorro se hará la evaluación a través de un método geométrico donde se tiene que determinar el área bajo la curva (línea diagonal), que a su vez se puede descomponer en un rectángulo de Base = 48 hrs. y una altura H = 1.54 kW, y un triángulo de Base =48 hrs. y una altura promedio $H = (3.84 + 1.54)/2 = 2.7$

Con la base del tiempo expresado con anterioridad se tiene que:

$$\text{kWh/año}_{\text{Base}} = 2.7 \times 2,424 = 6,544.8$$

$$\text{kWh/año}_{\text{Intermedia}} = 2.7 \times 3,624 = 9,784.8$$

$$\text{kWh/año}_{\text{Total}} = 6,544.8 + 9,784.8 = 16,692$$

Costo de operación:

$$$/kW = 12 \times 179.65 \times 3.84 = 8,142.04$$

$$$/kWh/año_{Base} = 0.9922 \times 6,544.8 = 6,493.75$$

$$$/kWh/año_{Intermedia} = 1.1925 \times 9,784.8 = 11,667.42$$

$$$/año_{Total} = 8,142.04 + 6,493.75 + 11,667.42 = \$ 26,303.97$$

Tabla 1.25 Evaluación del motor

EVALUACION DEL MOTOR CON CONVERTIDOR DE FRECUENCIA VARIABLE		
POTENCIA DEL MOTOR	5	HP
POTENCIA TOTAL DEMANDADA	3.84	KW
CONSUMO EN PERIODO PUNTA	0	KWh/año
CONSUMO EN P. INTERMEDIO	9,784.8	KWh/año
CONSUMO EN PERIODO BASE	6,544.8	KWh/año
CONSUMO TOTAL	16,692	KWh/año
IMPORTE AL AÑO		
IMPORTE EN DEMANDA	\$8,142.04	
IMPORTE EN CONSUMO PUNTA	\$0.00	
IMPORTE EN CONSUMO INTERMEDIA	\$11,667.42	
IMPORTE EN CONSUMO BASE	\$6,493.75	
IMPORTE TOTAL	\$26,303.97	

Los ahorros de energía eléctrica obtenidos se presentan a continuación.

Tabla 1.26 Ahorros por aplicación del convertidor de frecuencia variable

AHORRO POR APLICACIÓN DEL CONVERTIDOR DE FRECUENCIA VARIABLE		
POTENCIA DEL CONVERTIDOR	5	HP
EN POTENCIA	0.00	KW
CONSUMO EN PERIODO PUNTA	0	KWh/año
CONSUMO EN PERIODO INTERMEDIA	4,132.2	KWh/año
CONSUMO EN PERIODO BASE	2,764.2	KWh/año
AHORRO TOTAL EN CONSUMO	6,534	KWh/año
AHORROS ECONOMICOS AL AÑO		
EM DEMANDA	\$0.00	
EN CONSUMO PUNTA	\$0.00	
EN CONSUMO INTERMEDIA	\$4,927.64	
EN CONSUMO BASE	\$2,742.64	
TOTAL	\$7,670.28	
Inversión *		
*incluye IVA e instalación		\$29,078.535
EVALUACION ECONOMICA		
Tiempo de Recuperación	3.7 Años	

La inversión necesaria para la aplicación de un variador de 5 HP para el Agitador 1 es de \$29078.535, con un ahorro determinado en \$7,670.28 El tiempo de recuperación es de 3.7años.

A continuación se presenta la evaluación energética para el Agitador No. 2

Tabla 1.27 Parámetros eléctricos Agitador No. 2

Agitador 2. 5 HP, marca US Motors , 1200 RPM armazón 256 U,220V					
Fecha	Hora	Voltaje (volts)	Corriente (amperes)	Potencia real (KW)	Factor de potencia (%)
Mínimo		214.00	12.96	4.05	0.80
Promedio		215.65	13.11	4.06	0.82
Máximo		214.00	13.26	4.07	0.83

Los valores del costo de la electricidad son los mismos presentados con anterioridad.

Por lo tanto el consumo será:

$$\text{kWh/año}_{\text{Base}} = 4.06 \times 2,424 = 9,841$$

$$\text{kWh/año}_{\text{intermedia}} = 4.06 \times 3,624 = 14,713$$

$$\text{kWh/año}_{\text{Total}} = 9,841 + 14,713 = 24,554$$

Costo de operación:

$$$/kW = 12 \times 179.65 \times 4.06 = 8,752.548$$

$$$/kWh/año_{\text{Base}} = 0.9922 \times 9,841 = 9764.2402$$

$$$/kWh/año_{\text{intermedia}} = 1.1925 \times 14,713 = 17,545.2525$$

$$$/año_{\text{Total}} = 8,752.548 + 9764.2402 + 17,545.25 = \mathbf{\$ 36,062.04}$$

Por lo tanto la situación actual del agitador queda expresada en la siguiente tabla resumen:

Tabla 1.28 Evaluación del motor actual instalado

EVALUACION DEL MOTOR ACTUAL INSTALADO		
Potencia del motor	5	HP
Potencia total demandada	4.06	KW
Consumo en periodo punta	0	KWh/año
Consumo en periodo intermedio	14,713	KWh/año
Consumo en periodo base	9,841	KWh/año
Consumo total	24,554	KWh/año
IMPORTES AL AÑO		
Importe en demanda	\$8,752.548	
Importe en consumo punta	\$0.00	
Importe en consumo intermedia	\$17,545.2525	
Importe en consumo base	\$9,764.2402	
Importe total	\$36,062.04	

1.12 Situación con convertidor de frecuencia variable

Con la base del tiempo expresado con anterioridad se tiene que:

$$\text{kWh/año}_{\text{Base}} = 2.84 \times 2,424 = 6,884$$

$$\text{kWh/año}_{\text{Intermedia}} = 2.84 \times 3,624 = 10,292$$

$$\text{kWh/año}_{\text{Total}} = 6,884 + 10,292 = 17,176$$

Costo de operación:

$$$/kW = 12 \times 179.65 \times 4.06 = 8,752.548$$

$$$/kWh/año_{\text{Base}} = 0.9922 \times 6,884 = 6,830.46$$

$$$/kWh/año_{\text{Intermedia}} = 1.1925 \times 10,292 = 12,273.21$$

$$$/año_{\text{Total}} = 8,752.548 + 6,830.46 + 12,273.21 = \$ 27,856.218$$

Tabla 1.29 Evaluación del motor

EVALUACION DEL MOTOR CON CONVERTIDOR DE FRECUENCIA VARIABLE		
Potencia del motor	5	HP
Potencia total demandada	4.06	KW
Consumo en periodo punta	0	KWh/año
Consumo en periodo intermedio	10,292	KWh/año
Consumo en periodo base	6,884	KWh/año
Consumo total	17,176	KWh/año
IMPORTE AL AÑO		
IMPORTE EN DEMANDA	\$8,752.548	
IMPORTE EN CONSUMO PUNTA	\$0.00	
IMPORTE EN CONSUMO INTERMEDA	\$12,273.21	
IMPORTE EN CONSUMO BASE	\$6,830.46	
IMPORTE TOTAL	\$27,856.218	

Los ahorros de energía eléctrica obtenidos se presentan a continuación.

Tabla 1.30 Ahorros por aplicación

AHORROS POR APLICACIÓN DEL CONVERTIDOR DE FRECUENCIA VARIABLE		
Potencia del convertidor	5	HP
En potencia	0.00	KW
Consumo en periodo punta	0	KWh/año
Consumo en periodo intermedia	4,421	KWh/año
Consumo en periodo base	2,957	KWh/año
Ahorro total en consumo	7,378	KWh/año
AHORROS ECONOMICOS AL AÑO		
En demanda	\$0.00	
En consumo punta	\$0.00	
En consumo intermedia	\$5,272.04	
En consumo base	\$2,933.78	
Total	\$8,205.82	

Inversión *	
*incluye IVA e instalación	\$29078.535
EVALUACION ECONOMICA	
Tiempo de Recuperación	3.54 Años

La inversión necesaria para la aplicación de un variador de 5 HP para el Agitador 1 es de \$29078.535, con un ahorro determinado en \$8,205.82. El tiempo de recuperación es de 3.54 años.

1.13 Resumen total

A continuación, se presentan los resultados totales de los diferentes motores que fueron evaluados para aplicarles un Convertidor de Frecuencia Variable. Tabla

1.31 Resumen de la evaluación realizada para los diferentes motores sin variador.

Equipo	Area	Potencia nominal del motor (HP)	Potencia nominal del motor (KW)	Sin variador		
				Potencia demanda KW	Consumo total KWh/año	Costo total anual
AGITADOR 1	Producción	5	3.73	3.84	23,226	\$34,108.82
AGITADOR 2	Producción	5	3.73	4.06	24,554	\$36,062.04
TOTAL				8	47,780	\$70,170.86

Tabla 1.32 Resumen de la evaluación realizada para los diferentes motores con la aplicación del variador.

Equipo	Area	Potencia nominal del motor (HP)	con variador		
			Potencia demanda KW	Consumo total KWh/año	Costo total anual
AGITADOR 1	Producción	5	3.84	16,692	\$26,303.97
AGITADOR 2	Producción	5	4.06	17,176	\$27,856.218
TOTAL			8.00	33,868	\$54,160.188

RESUMEN TOTAL VARIADORES				
Inversión \$ IVA inc.	Ahorro demanda KW	Ahorro Consumo KWh/año	Ahorro Anual Total \$	Tiempo de Recuperación años
\$ 58,157.07	0.00	13.90	\$16,010.672	3.6

Con la aplicación de convertidores de frecuencia en estos equipos, los ahorros económicos totales serán de \$16,010.672 al año, necesitando una inversión de \$57,655.72, la cual tiene un tiempo de recuperación de 3.6 años.

Tabla 1.33 Volumen de obra

Convertidores de Frecuencia			
Conceptos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Convertidor de Frecuencia Variable de 5 HP, V220, Marca WEG, mod CFW09 0016 T2223SSZ	2	\$25,067.71	\$50,135.41
subtotal			\$50,135.41
IVA			\$8,021.66
TOTAL			\$58,157.07

La inversión incluye materiales y mano de obra para la instalación de los equipos.

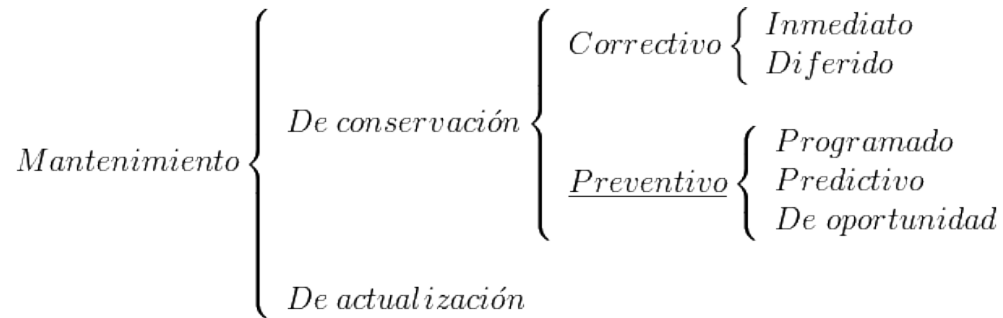
1.14 Conclusiones del capítulo 1

Por lo que se busca un consumo moderado de energía eléctrica y desarrollos sustentables mediante energías renovables, ya que por cada KW producido por una planta generadora en donde el principal energético son los combustibles fósiles, se emana al ambiente 650 gramos de bióxido de carbono.

Dentro de un funcionamiento de un equipo en optimas condiciones se encuentra una revisión conocida como:

- **Mantenimiento preventivo** es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisiones y reparaciones que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad, el mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, por oposición al
- **Mantenimiento correctivo** que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

Tipos de mantenimiento



El mantenimiento preventivo se puede realizar por programa de mantenimiento, donde las revisiones se realizan por tiempo, kilometraje, horas de funcionamiento, etc.

Dentro del equipo instalado se deben revisar los siguientes puntos:

- Motores eléctricos:
- Barras del rotor rotas o con fisuras
- Anillos del rotor rajados
- Juntas de alta resistencia en el bobinado de la jaula
- Poros o agujeros en los rotores de aluminio
- Rotores mal cobre-soldados
- Problemas de bobinado en los motores de inducción de anillo colector
- Irregularidades estáticas o dinámicas en el espacio entre el rotor y el estator
- Desequilibrio magnético
- Desequilibrio dinámico
- Eje alabeado o dilatado
- Estator, rotor o rodamientos ovalados

Capítulo 2

Propuesta de cambio de iluminación convencional por iluminación eficiente

Los sistemas de iluminación están constituidos actualmente de las siguientes familias:

- Incandescentes.
- Fluorescentes.
- Fluorescente compacta.
- Luz Mixta.

Hielo y Refrigeración de Zacatepec, emplea elementos luminosos como fluorescentes compactas de 1W, 13W y 65W, incandescentes de 40W, 60 W y 100W, fluorescentes tipo T-12 39W y 75W, fluorescentes T-8 de 32W, así como lámparas de descarga de 160W del tipo de luz mixta y 250W de aditivos metálicos.

En los sistemas de iluminación convencionales el sistema que predomina son la fluorescentes T-12 seguidas de las incandescentes, después las de aditivos metálicos, las lámparas fluorescentes compactas, posteriormente las lámparas T-8 y por último las lámparas de descarga.

2.1 Acción concreta

La consecuencia de tener luminarios de estos tipos de alumbrado es, mayor consumo de energía, mayor potencia instalada y por lo tanto el costo mensual para mantener éste sistema es mayor en comparación de los otros sistemas, de aquí la importancia de obtener ahorros de energía en este sistema.

Tabla 2.1 Acción concreta

EQUIPO ACTUAL	EQUIPO PROPUESTO
Sustitución de 8 luminarios tipo campana de aluminio con lámparas de aditivos metálicos 250W	por 8 luminarios tipo cajón suspender fluorescente 3x54W T-5;
conversión de 14 luminarias de 1x39W tipo canaleta	por 14 luminarias de 1x32W tipo canaleta

3 luminarias de 1x75W tipo canaleta	; por 3 luminarias de 2x32W en línea con reflector especular tipo canaleta
1 luminaria de 1x75W tipo gavilán	; por 1 luminaria de 2x32W en línea con reflector especular tipo gavilán
;2 luminarias de 2x39W tipo cajón empotrar	por 2 luminarias de 1x32W con reflector especular tipo cajón empotrar
10 luminarias de 2x39W tipo cajón sobreponer	por 10 luminarias de 1x32W con reflector especular tipo cajón sobreponer
3 luminarias de 2x39W tipo canaleta	por 3 luminarias de 2x32W tipo canaleta
2 luminarias de 2x39W tipo classic cuadrada	por 2 luminarias de 1x32W con reflector especular tipo classic cuadrada
15 luminarias de 2x39W tipo classic envolvente	por 15 luminarias de 1x32W con reflector especular tipo classic envolvente
5 luminarias de 2x39W tipo gavilán	por 5 luminarias de 1x32W con reflector especular tipo gavilán
1 luminaria de 2x39W tipo rejilla	por 1 luminaria de 2x32W tipo rejilla
12 luminarias de 2x75W tipo cajón empotrar	por 12 luminarias de 2x59W tipo cajón empotrar
1 luminaria de 2x75W tipo canaleta	por 1 luminaria de 2x59W tipo canaleta
12 luminarias de 2x75W tipo gavilán	;;; por 12 luminarias de 2x59W tipo gavilán
15 lámparas incandescentes de 100W en luminaria a prueba de explosión	por 15 lámparas fluorescentes compactas de 26W en luminaria a prueba de explosión
1 lámpara incandescente de 40W en luminaria tipo socket	por 1 lámpara fluorescente compacta de 13W en luminaria tipo socket
1 lámpara incandescente de 60W en luminaria tipo socket	por 1 lámpara fluorescente compacta de 13W en luminaria tipo socket
1 lámpara de luz mixta de 160W en luminaria tipo reflector	;;; por 1 lámpara fluorescente compacta de 65W en luminaria tipo reflector
. El sistema actualmente demanda 11.65 kW	, mientras que con el sistema propuesto de tendrá 7.07 kW.

2.1.1 Sistema de iluminación

A continuación se presentan las áreas donde se cuenta con sistemas convencionales y donde se pretende realizar mejoras para ahorro de energía eléctrica. Para determinar el costo del consumo de energía actual y propuesto en el sistema de iluminación, se tiene la siguiente tarifa eléctrica; tarifa HM para la región sur correspondiente al mes de septiembre del año 2011 (Fuente de información CFE).

Tabla 2.2 Costo de energía de la tarifa hm IVA incluido

Mes del Evaluación :	Noviembre de 2008
Precio del KW	\$ 179.65
Precio del KWh base	\$0.9922
Precio del KWh intermedia	\$1.1925
Precio del KWh Punta	\$2.0450

Tabla 2.3 Datos operativos

SITUACIÓN ACTUAL										
Ubicación	Tipo de Lámpara actual	Tipo de Luminaria	Numero Luminaria	Potencia Luminaria (W)	Potencia del Area (KW)	Luxes Prom. noche	Horas Mes Oper. base	Horas Mes Oper. Interm.	Horas Mes Oper. punta	Horas Mes Oper. Totales
AREAS DE PRODUCCION										
Subestación	Fluorescente 2x75W T-12	Gavilán	1	130	0.13	34	222	78	0	300
Patio entrada Área de maquinas 1	Fluorescente 2x75W T-12	Canaleta	1	130	0.13	18	222	78	0	300
Área de maquinas 1	Fluorescente 2x75W T-12	Gavilán	2	130	0.26	36	222	78	0	300
Tanque 1 Producción de barras	Fluorescente 2x75W T-8	Canaleta	5	57	0.29	24	222	78	0	300
Pasillo tanque 1 a tanque 2	Fluorescente 1x39W T-12	Canaleta	1	54	0.05	19	222	78	0	300
Cámara de barras	Fluorescente 1x39W T-12	Canaleta	7	72	0.50	42	262	338	0	600
Tanque 2 de producción de barras	Fluorescente 2x75W T-12	Cajón empotrar	9	130	1.17	53	222	78	0	300

Área de maquinas 3	Fluorescente 2x75W T-12	Cajón empotrar	3	130	0.39	12	222	78	0	300
Área de condensadores 2	Fluorescente 2x75W T-12	Gavilán	3	130	0.39	21	222	78	0	300
Rampa a área de condensadores	Fluorescente 2x75W T-12	Gavilán	3	130	0.39	19	222	78	0	300
Comedor	Fluorescente 2x39W T-12	Gavilán	1	72	0.07	53	34	34	22	90
Cubitos	Fluorescente 1x39W T-12	Canaleta	1	54	0.05	47	222	78	0	300
SITUACIÓN ACTUAL										
Ubicación	Tipo de Lámpara actual	Tipo de Luminaria	Numero Luminaria	Potencia Luminaria	Potencia del Area	Luxes Prom. noche	Horas Mes Oper. base	Horas Mes Oper. Interm.	Horas Mes Oper. punta	Horas Mes Oper. Totales
Servicio	Fluorescente 2x75W T-12	Gavilán	1	130	0.13	0	222	78	0	300
Area de venta	Fluorescente 1x75W T-12	Canaleta	2	74	0.15	18	222	78	0	300
Trinchera Tanque 1	Fluorescente 1x39W T-12	Canaleta	2	54	0.11	16	34	34	22	90
Ara de condensadores 1	Fluorescente 2x75W T-12	Gavilán	2	130	0.26	22	222	78	0	300
Casilleros	Incandescente 60W	Socket	1	60	0.06	36	222	78	0	300
	Incandescente 100W	Socket	2	100	0.20		222	78	0	300
Area de maquinas 2	Fluorescente 1x39W T-12	Canaleta	1	54	0.05	17	222	78	0	300
Bodega atrás de cubos	Fluorescente 2x39W T-12	Cajón Sobreponer	4	72	0.29	39	0	44	0	44
	Luz Mixta 160W	Reflector	1	160	0.16		0	44	0	44
Mantenimiento	Incandescente 40W	Socket	1	40	0.04	62	222	78	0	300
	Fluorescente 2x39W T-12	Canaleta	3	72	0.22		222	78	0	300
Planta de tratamiento de agua	Fluorescente 1x39W T-12	Canaleta	2	54	0.11	47	222	78	0	300

	Fluorescente 1x75W T-12	Gavilán	1	74	0.07		222	78	0	300
NAVE DE CUBOS										
Area de producción	Fluorescente 2x39W T-12	Gavilán	4	72	0.29	341	222	78	0	300
	Aditivo metálico 250W	Campana de aluminio	8	290	2.32		222	78	0	300
Cámara 2 de 5 kg	Incandescente 100W	Socket	9	100	0.90	38	262	338	0	600
Area de entrega	Fluorescente 2x39W T-12	Cajón Sobreponer	2	72	0.14	26	222	78	0	300
Pasillo	Fluorescente 2x39W T-12		5	72	0.36	128	222	78	0	300
	Incandescente 100W	Socket	1	100	0.10		222	78	0	300
Oficina 1 planta baja	Fluorescente 2x39W T-12	Cajón Sobreponer	1	72	0.07	56	0	66	0	66
Bodega de ropa	Incandescente 100W	Socket	1	100	0.10	58	0	66	0	66
Sanitario	Incandescente 100W	Socket	1	100	0.10	72	0	66	0	66
Almacén de bolsas	Fluorescente 2x39W T-12	Cajón Sobreponer	1	72	0.07	72	0	66	0	66
Comedor	Fluorescente 2x39W T-12	Cajón Sobreponer	2	72	0.14	55	34	34	22	90
Estación de camiones	Fluorescente 2x39W T-12	Classic Cuadrada	2	72	0.14	35	222	78	0	300
Altar de la virgen	Incandescente 100W	Socket	1	100	0.10	125	222	78	0	300
Recepción	Fluorescente 2x39W T-12	Classic Envolvente	4	72	0.29	85	0	66	0	66
	Fluorescente 2x39W T-12	repelente	1	72	0.07		0	66		66

SITUACION ACTUAL										
Ubicación	Tipo de Lámpara Actual	Tipo de luminaria	Numero Luminarias (W)	Potencia luminaria	Potencia Del area (KW)	Luxes Prom. noche	Horas Mes Oper. base	Horas Mes Oper. Interm.	Horas Mes Oper. punta	Horas Mes Oper. Totales
Caja	Fluorescente 2x39W T-12	Classic Envolverte	3	72	0.22	79	0	220	0	220
Sanitario Damas	Fluorescente compacta 2x11W	Socket en muro	1	22	0.0.2	69	0	22	0	22
Sanitario Caballeros	Fluorescente 2x39W T-12	Classic Envolverte	1	72	0.07	69	0	22	0	22
Gerencia General	Fluorescente 2x39W T-12	Classic Envolverte	1	72	0.07	72	0	22	0	22
		Lámpara de escritorio	1	13	0.01		0	22	0	22
Entrada Oficinas	Fluorescente 2x39W T-12	Cajón empotrar	1	72	0.07	88	0	22	0	22
Oficina refacciones	Fluorescente 2x39W T-12	Classic Envolverte	2	72	0.14	112	0	22	0	22
	Fluorescente compacta 65W	Reflector	1	65	0.07		0	22	0	22
Caseta de Vigilancia	Fluorescente compacta 65W	Reflector	2	65	0.13	135	222	78	0	300
Oficina de vigilancia	Fluorescente 1x75W T-12	Canales	1	74	0.07	19	222	78	0	300
TOTAL			117		11.73		7,064	3,898	66	11,028

Los sistemas actualmente tienen una demanda de 11.73 Kw

SITUACIÓN ACTUAL										
Ubicación	Tipo de Lámpara actual	Consumo Energía Base (kwh)	Consumo Energía Intermedia (kwh)	Consumo Energía Punta (kwh)	Consumo Energía total (kwh)	Costo Por demanda (\$)	Costo Por consumo base (\$)	Costo Por consumo inter. (\$)	Costo Por Cons. punta (\$)	Costo por mes (\$)
Área de condensadores 2	Fluorescente 2x75W T-12	87	30	0	117	\$69.26	\$107.01	\$44.36	\$0.00	\$220.66
Rampa a área de condensadores	Fluorescente 2x75W T-12	87	30	0	117	\$69.26	\$107.01	\$44.36	\$0.00	\$220.66
Comedor	Fluorescente 2x39W T-12	2	2	2	6	\$12.43	\$2.46	\$2.95	\$4.36	\$22.23
Cubitos chica Fuera de servicio	Fluorescente 1x39W T-12	11	4	0	15	\$8.88	\$13.53	\$5.92	\$0.00	\$28.32
	Fluorescente 2x75W T-12	29	10	0	39	\$23.09	\$35.67	\$14.79	\$0.00	\$73.55
Area de venta	Fluorescente 1x75W T-12	33	12	0	45	\$26.64	\$40.59	\$17.75	\$0.00	\$84.98
Trinchera Tanque 1	Fluorescente 1x39W T-12	4	4	2	10	\$19.53	\$4.92	\$5.92	\$4.36	\$34.73
Ara de condesadores 1	Fluorescente 2x75W T-12	58	20	0	78	\$46.17	\$71.34	\$29.58	\$0.00	\$147.09
Casilleros	Incandescente 60W	13	5	0	18	\$10.65	\$15.99	\$7.39	\$0.00	\$34.03
	Incandescente 100W	44	16	0	60	\$35.52	\$54.12	\$23.66	\$0.00	\$113.36
Area de maquinas 2	Fluorescente 1x39W T-12	11	4	0	15	\$8.88	\$13.53	\$5.92	\$0.00	\$28.33
Bodega atrás de cubos	Fluorescente 2x39W T-12	0	13	0	13	\$51.50	\$0.00	\$19.22	\$0.00	\$70.72
	Luz Mixta 160W	0	7	0	7	\$28.41	\$0.00	\$10.35	\$0.00	\$38.76
Mantenimiento	Incandescente 40W	9	3	0	12	\$7.10	\$11.07	\$4.44	\$0.00	\$22.61
	Fluorescente 2x39W T-12	49	17	0	66	\$39.07	\$60.27	\$25.14	\$0.00	\$124.48
Planta de tratamiento de agua	Fluorescente 1x39W T-12	24	9	0	33	\$19.53	\$29.52	\$13.31	\$0.00	\$62.36
	Fluorescente 1x75W T-12	16	5	0	21	\$12.43	\$19.68	\$7.39	\$0.00	\$39.50
NAVE DE CUBOS										
Area de producción	Fluorescente 2x39W T-12	64	23	0	87	\$51.50	\$78.72	\$34.01	\$0.00	\$164.23

	Aditivo metálico 250W	515	181	0	696	\$411.98	\$633.45	\$267.66	\$0.00	\$1,313
Cámara 2 de 5 kg	Incandescente 100W	236	304	0	540	\$159.82	\$290.28	\$449.56	\$0.00	\$899.66
Area de entrega	Fluorescente 2x39W T-12	31	11	0	42	\$24.86	\$38.13	\$16.27	\$0.00	\$79.26
Pasillo	Fluorescente 2x39W T-12	80	28	0	108	\$63.93	\$98.40	\$41.41	\$0.00	\$203.74
	Incandescente 100W	22	8	0	30	\$17.76	\$27.06	\$11.83	\$0.00	\$56.65
Oficina 1 planta baja	Fluorescente 2x39W T-12	0	5	0	5	\$12.43	\$0.00	\$7.39	\$0.00	\$19.82
Bodega de ropa	Incandescente 100W	0	7	0	7	\$17.76	\$0.00	\$10.35	\$0.00	\$28.11
Sanitario	Incandescente 100W	0	7	0	7	\$17.76	\$0.00	\$10.35	\$0.00	\$28.11
Almacen de bolsas	Fluorescente 2x39W T-12	0	5	0	5	\$12.43	\$0.00	\$7.39	\$0.00	\$19.82

Tabla 2.4 Consumo y costo de la energía actualmente

SITUACIÓN ACTUAL										
Ubicación	Tipo de Lámpara actual	Consumo Energía Base (kwh)	Consumo Energía Intermedia (kwh)	Consumo Energía Punta (kwh)	Consumo Energía total (kwh)	Costo Por demanda (\$)	Costo Por consumo base (\$)	Costo Por consumo intermedio (\$)	Costo Por consumo punta (\$)	Costo por mes (\$)
AREAS DE PRODUCCION										
Subestación	Fluorescente 2x75W T-12	29	10	0	39	\$23.09	\$35.67	\$14.79	\$0.00	\$73.55
Patio entrada Área de maquinas 1	Fluorescente 2x75W T-12	29	10	0	39	\$23.09	\$35.67	\$14.79	\$0.00	\$73.55
Área de maquinas 1	Fluorescente 2x75W T-12	58	20	00	18	\$46.17	\$71.34	\$29.58	\$0.00	\$147.09

Tanque 1 Producción de barras	Fluorescente 2x75W T-8	64	23	0	87	\$51.50	\$78.72	\$34.01	\$0.00	\$164.23
Pasillo tanque 1 a tanque 2	Fluorescente 1x39W T-12	11	4	0	15	\$8.88	\$13.53	\$5.92	\$0.00	\$28.33
Cámara de barras	Fluorescente 1x39W T-12	131	169	0	300	\$88.79	\$161.13	\$249.92	\$0.00	\$499.84
Tanque 2 de producción de barras	Fluorescente 2x75W T-12	260	91	0	351	\$207.77	\$319.80	\$134.57	\$0.00	\$662.14
Área de maquinas 3	Fluorescente 2x75W T-12	87	30	0	117	\$69.26	\$107.01	\$44.36	\$0.00	\$220.63

Los sistemas actualmente consumen 3,453 kWh/mes con un costo de operación de \$6,647.67 al mes. En la siguiente tabla se muestra un resumen de la situación actual al año.

Tabla 2.5

Situación	KW	KWh/año	\$/año
actual	11.65	41.436	\$79,772.04

2.1.2 Sistema de Iluminación Propuesto

Las alternativas de ahorro observadas consisten en

- Sustituir las lámparas convencionales por lámparas de alta eficiencia con balastro electrónico.

A continuación presentaremos en forma desglosada acciones recomendadas para ahorro de energía en cada área.

Tabla 2.6 Acciones recomendadas y datos operativos

SITUACIÓN PROPUESTA								
Nombre Local	Tipo de lámparas y/o acción propuesta	Tipo de luminaria	Numero de luminarias	Potencia luminaria	Potencia Area	Horas Mes Oper. base	Horas Mes Oper. Interm.	Horas mes oper. punta
ÁREAS DE PRODUCCION								
Subestación	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	Gavilán	1	105	0.11	222	78	0
Patio entrada Área de maquinas 1	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	Canaleta	1	105	0.11	222	78	0
Área de maquinas 1	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	Gavilán	2	105	0.21	222	78	0
Pasillo tanque 1 a tanque 2	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8	Canaleta	1	30	0.03	222	78	0
Cámara de barras	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8	Canaleta	7	30	0.21	262	338	0
Tanque 2 de producción de barras	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	Cajón Empotrar	9	105	0.95	222	78	0
Área de maquinas 3	Sustitución de 2x75W T-12	Cajón Empotrar	3	105	0.32	222	78	0

	por fluorescente 2x59W T-8							
Área de condensadores 2	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	Gavilán	3	105	0.32	222	78	0
Rampa a área de condensadores	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	Gavilán	3	105	0.32	222	78	0
Comedor	Sustitución de 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular gavilán	Gavilán	1	30	0.03	34	34	22
Cubitos chica Fuera de servicio	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8	Canaleta	1	30	0.03	222	78	0
	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	Gavilán	1	30	0.11	222	78	0
Área de venta	Sustitución de 1x75W T-12 por fluorescente 2x32W T-8 en línea	Canaleta	2	105	0.11	222	78	0
Trinchera Tanque 1	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8	Canaleta	2	30	0.06	34	34	22
Ara de condensadores 1	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	Gavilán	2	105	0.21	222	78	0
Casilleros	Sustitución incandescente de 60W por fluorescente compacta 13W	Socket	1	13	0.01	222	78	0
	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente compacta 26W	Socket	2	27	0.05	222	78	0
Área de maquinas 2	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8	Canaleta	1	30	0.03	222	78	0
Bodega atrás de cubos	Sustitución de 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular gavilán	Cajón sobreponer	4	30	0.12	0	44	0
	Sustitución de luz mixta de 160W por fluorescentes compacta 65W	reflector	1	65	0.07	0	44	0
Mantenimiento	Sustitución incandescente de 40W por fluorescente	Socket	1	13	0.01	222	78	0

	compacta 13W Sustitución de 2x39W T-12 por fluorescente 2x32W T-8 con reflector especular gavilán	Canaleta	3	57	0.17	222	78	0
Planta de tratamiento de agua	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8	Canaleta	2	30	0.06	222	78	0
	Sustitución de 1x75W T-12 por fluorescente 2x32W T-8 en línea	Gavilán	1	57	0.06	222	78	0
NAVE DE CUBOS								
Area de producción	Sustitución de 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular gavilán	Gavilán	4	30	0.12	222	78	0
	Sustitución aditivos metálicos 250W por fluorescentes 3x54W T-5	Cajón Sobreponer	8	188	1.50	222	78	0
Cámara 2 de 5 kg	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente compacta 26W0.05	Socket	9	27	0.24	262	338	0
Area de entrega	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular cajón sobreponer	Cajón sobreponer	2	30	0.06	222	78	0
Pasillo	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular classic envolvente	Classic envolvente	5	30	0.15	222	78	0
	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente compacta 26W	Socket	1	27	0.03	222	78	0
Oficina 1 planta baja	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular cajón sobreponer	Cajón sobreponer	1	30	0.03	0	66	0
Bodega de ropa	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente de	Socket	1	27	0.03	0	66	0

Sanitario	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente de 26W	Socket	1	27	0.03	0	66	0
Almacén de bolsas	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular cajón sobreponer	Cajón sobreponer	1	30	0.03	0	66	0
Comedor	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular cajón sobreponer	Cajón Sobreponer	2	30	0.06	34	34	22
Estación De camiones	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular classic cuadrada	Classic cuadrada	2	30	0.06	222	78	0
Altar de La virgen	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente de 26W	Socket	1	27	0.03	222	78	0
Recepción	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular classic envolvente	Classic envolvente	4	30	0.12	0	66	0
	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 2x32W T-8	repelente	1	57	0.06	0	66	0
Caja	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular classic envolvente	Classic Envlovente	3	30	0.09	0	220	0
Sanitario Caballeros	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular classic envolvente	Classic Envlovente	1	30	0.03	0	22	0
Gerencia General	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular classic envolvente	Classic envolvente	1	30	0.03	0	22	0
Entrada	Sustitución	Classic	1	30	0.03	0	22	0

Oficinas	2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular classic envolvente	envolvente							
Oficinas Refacciones	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular cajón empotrar	Cajón empotrar	2	30	0.06	0	22	0	
Oficina de Vigilancia	Sustitución 1x75W T-12 por fluorescente 2x32W T-8 en línea	canaleta	1	57	0.06	222	78	0	
Total			117		7.08	7,064	3,064	66	

La situación propuesta presenta una demanda de 7.08 kW.

Tabla 2.7 Consumo y costo de la energía obtenidos con las medidas de ahorro

SITUACION PROPUESTA										
Nombre de local	Tipo de lámpara y/o acción propuesta	Consumo energía Base (KWh)	Consumo energía intermedia (KWh)	Consumo energía punta (KWh)	Consumo energía Total (KWh)	Costo por demanda (\$)	Costo por Consumo base (\$)	Costo por consumo interm (\$)	Costo por consumo Punta (\$)	Costo por mes (\$)
AREAS DE PRODUCCION										
Subestación	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente e 2x59W T-8	24	9	0	33	\$19.53	\$29.52	\$13.31	\$0.00	\$62.36
Patio entrada Área de maquinas 1	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente e 2x59W T-8	24	9	0	33	\$19.53	\$29.52	\$13.31	\$0.00	\$62.36
Área de maquinas 1	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente e 2x59W T-8	47	16	0	63	\$37.29	\$57.81	\$23.66	\$0.00	\$118.75
Pasillo tanque 1 a tanque 2	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente e 1x32W T-8	7	2	0	9	\$5.33	\$8.61	\$2.96	\$0.00	\$16.90
Cámara de barras	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente	55	71	0	126	\$37.29	\$67.65	\$104.99	\$0.00	\$209.93

	e 1x32W T-8									
Tanque 2 de producción de barras	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	211	74	0	285	\$168.70	\$259.53	\$109.43	\$0.00	\$537.66
Área de maquinas 3	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	71	25	0	96	\$56.83	\$87.33	\$36.97	\$0.00	\$181.13
Área de condensadores 2	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	71	25	0	96	\$56.83	\$87.33	\$36.97	\$0.00	\$181.13
Rampa a área de condensadores	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	71	25	0	96	\$56.83	\$87.33	\$36.97	\$0.00	\$181.13
Comedor	Sustitución de 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular gavilán	1	1	1	3	\$5.33	\$1.23	\$1.48	\$2018	\$10.22
Cubitos chica Fuera de servicio	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8	7	2	0	9	\$5.33	\$8.61	\$2.96	\$0.00	\$16.90
	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	24	9	0	33	\$19.53	\$29.52	\$13.31	\$0.00	\$62.36
Área de venta	Sustitución de 1x75W T-12 por fluorescente 2x32W T-8 en línea	24	9	0	33	\$19.53	\$29.52	\$13.31	\$0.00	\$62.36
Trinchera Tanque 1	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente	2	2	1	5	\$19.53	\$29.52	\$13.31	\$0.00	\$62.36

	e 1x32W T-8									
Ara de condensados 1	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	47	16	0	63	\$37.29	\$57.81	\$23.66	\$0.00	\$118.75
Casilleros	Sustitución incandescente de 60W por fluorescente compacta 13W	2	1	0	3	\$1.78	\$2.46	\$1.48	\$0.00	\$5.72
	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente compacta 26W	11	4	0	15	\$8.88	\$13.53	\$5.92	\$0.00	\$28.33
Área de maquinas 2	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8	7	2	0	9	\$5.33	\$8.61	\$2.96	\$0.00	\$16.90
Bodega atrás de cubos	Sustitución de 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular gavián	0	5	0	5	\$21.31	\$0.00	\$7.39	\$0.00	\$28.70
	Sustitución de luz mixta de 160W por fluorescentes compacta 65W	0	3	0	3	\$12.43	\$0.00	\$4.44	\$0.00	\$16.87
Mantenimiento	Sustitución incandescente de 40W por fluorescente compacta 13W	2	1	0	3	\$1.78	\$2.46	\$1.48	\$0.00	\$5.72
	Sustitución de 2x39W T-12 por fluorescente 2x32W T-8 con reflector especular gavián	38	13	0	51	\$30.19	\$46.74	\$19.22	\$0.00	\$96.15
Planta de	Sustitución	13	5	0	18	\$10.65	\$15.99	\$7.39	\$0.00	\$34.03

tratamiento de agua	de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8									
	Sustitución de 1x75W T-12 por fluorescente 2x32W T-8 en línea	13	5	0	18	\$10.65	\$15.99	\$7.39	\$0.00	\$34.03
NAVE DE CUBOS										
Area de producción	Sustitución de 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular gavián	27	9	0	36	\$21.31	\$33.21	\$13.31	\$0.00	\$67.83
	Sustitución aditivos metalicos 250W por fluorescentes 3x54W T-5	333	117	0	450	\$266.37	\$409.59	\$173.02	\$0.00	\$848.98
Cámara 2 de 5 kg	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente compacta 26W0.05	63	81	0	144	\$42.62	\$77.49	\$119.78	\$0.00	\$239.89
Area de entrega	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular cajón sobreponer	13	5	0	18	\$10.65	\$15.99	\$7.39	\$0.00	\$34.03
Pasillo	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular classic envolvente	33	12	0	45	\$26.64	\$40.59	\$17.75	\$0.00	\$84.98
	Sustitución incandescente de 100W por	7	2	0	9	\$5.33	\$8.61	\$2.96	\$0.00	\$16.90

	fluorescent e compacta 26W									
Oficina 1 planta baja	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular cajón sobreponer	0	2	0	2	\$5.33	\$0.00	\$2.96	\$0.00	\$8.29
Bodega de ropa	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente de 26W	0	2	0	2	\$5.33	\$0.00	\$2.96	\$0.00	\$8.29
Sanitario	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente de 26W	0	2	0	2	\$5.33	\$0.00	\$2.96	\$0.00	\$8.29
Almacen de bolsas	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular cajón sobreponer	0	2	0	2	\$5.33	\$0.00	\$2.96	\$0.00	\$8.29
Comedor	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular cajón sobreponer	2	2	1	5	\$10.65	\$2.46	\$2.96	\$2.18	\$18.25
Estación De camiones	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular classic cuadrada	13	5	0	18	\$10.65	\$15.99	\$7.39	\$0.00	\$34.03
Altar de La virgen	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente	7	2	0	9	\$5.33	\$8.61	\$2.96	\$0.00	\$16.90

	e de 26W									
Recepción	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescent e 1x32W T-8 con reflector especular classic envolvente	0	8	0	8	\$21.31	\$0.00	\$11.83	\$0.00	\$33.14
	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescent e 2x32W T-8	0	4	0	4	\$10.65	\$0.00	\$5.92	\$0.00	\$16.57
Caja	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescent e 1x32W T-8 con reflector especular classic envolvente	0	20	0	20	\$15.98	\$0.00	\$29.58	\$0.00	\$45.56
Sanitario Caballeros	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescent e 1x32W T-8 con reflector especular classic envolvente	0	1	0	1	\$5.33	\$0.00	\$1.48	\$0.00	\$6.81
Gerencia General	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescent e 1x32W T-8 con reflector especular classic envolvente	0	1	0	1	\$5.33	\$0.00	\$1.48	\$0.00	\$6.81
Entrada Oficinas	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescent e 1x32W T-8 con reflector especular classic envolvente	0	1	0	1	\$5.33	\$0.00	\$1.48	\$0.00	\$6.81

Oficinas Refacciones	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular cajón empotrar	0	1	0	1	\$10.65	\$0.00	\$1.48	\$0.00	\$12.13
Oficina de Vigilancia	Sustitución 1x75W T-12 por fluorescente 2x32W T-8 en línea	13	5	0	18	\$10.65	\$15.99	\$7.39	\$0.00	\$34.03
		1,376	653	3	2,032	\$1,257.27	\$1,692.48	\$965.68	\$6.54	\$3,921.9

Los sistemas propuestos nos arrojan un consumo de 2,032 kWh/mes con un costo de operación de \$3,921.97 al mes. En la siguiente tabla se muestra un resumen de la situación propuesta anualizada.

Tabla 2.8 Resumen de la situación propuesta anualizada.

SITUACION PROPUESTA	KW	KWh/AÑO	\$/AÑO
	7.08	24,384	\$47,063.64

Tabla 2.9 tabla de ahorros

SITUACION PROPUESTA		AHORROS			
NOMBRE LOCAL	TIPO DE LAMPARA Y/O ACION PROPUESTA	EN DEMANDA (kw)	EN CONSUMO (KW)	EN PESOS AL MES (\$)	EN PESOS ANUALES (\$)
ÁREAS DE PRODUCCIÓN					
Subestación	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	0.02	6	\$11.19	\$134.28
Patio entrada Área de maquinas 1	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	0.02	6	\$11.19	\$134.28
Área de maquinas 1	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	0.05	15	\$28.33	\$339.96
Pasillo tanque 1 a tanque 2	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8	0.02	6	\$11.43	\$137.16
Cámara de barras	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8	0.29	174	\$289.91	\$3,478.92

Tanque 2 de producción de barras	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	0.22	66	\$124.48	\$1,493.76
Área de maquinas 3	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	0.07	21	\$39.50	\$474.00
Área de condensadores 2	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	0.07	21	\$39.50	\$474.00
Rampa a área de condensadores	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	0.07	21	\$39.50	\$474.00
Comedor	Sustitución de 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especcular gavián	0.04	3	\$11.99	\$143.88
Cubitos chica Fuera de servicio	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8	0.02	6	\$11.43	\$137.16
	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	0.02	6	\$11.19	\$134.28
Área de venta	Sustitución de 1x75W T-12 por fluorescente 2x32W T-8 en línea	0.04	12	\$22.62	\$271.44
Trinchera Tanque 1	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8	0.05	5	\$16.48	\$197.76
Ara de condensadores 1	Sustitución de 2x75W T-12 por fluorescente 2x59W T-8	0.05	15	\$28.33	\$339.96
Casilleros	Sustitución incandescente de 60W por fluorescente compacta 13W	0.05	15	\$28.31	\$339.72
	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente compacta 26W	0.15	45	\$84.97	\$1,019.64
Área de maquinas 2	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8	0.02	6	\$11.43	\$137.16
Bodega atrás de cubos	Sustitución de 2x39W T-12 por fluorescente4 1x32W T-8 con re9lector especcular gavián15	0.17	8	\$42.02	\$504.24
	Sustitución de luz mixta de 160W por fluorescentes compacta 65W	0.09	4	\$21.89	\$262.65
Mantenimiento	Sustitución incandescente de 40W por fluorescente compacta 13W	0.03	9	\$16.89	\$202.68
	Sustitución de 2x39W T-12	0.05	15	\$28.33	\$339.96

	por fluorescente 2x32W T-8 con reflector especular gavlán				
Planta de tratamiento de agua	Sustitución de 1x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8	0.05	15	\$28.33	\$339.96
	Sustitución de 1x75W T-12 por fluorescente 2x32W T-8 en línea	0.01	3	\$5.47	\$65.64
NAVE DE CUBOS					
Area de producción	Sustitución de 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular gavlán	0.17	51	\$96.40	\$1,156.80
	Sustitución aditivos metalicos 250W por fluorescentes 3x54W T-5	0.82	246	\$464.12	\$5,569.44
Cámara 2 de 5 kg	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente compacta 26W0.05	0.66	396	\$659.77	\$7,917.24
Area de entrega	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular cajón sobreponer	0.08	24	\$45.23	\$542.76
Pasillo	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular classic envolvente	0.21	63	\$118.76	\$1,425.12
	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente compacta 26W	0.07	21	\$39.75	\$477.00
Oficina 1 planta baja	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular cajón sobreponer	0.04	3	\$11.53	\$138.36
Bodega de ropa	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente de 26W	0.07	5	\$19.82	\$237.84
Sanitario	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente de 26W	0.07	5	\$19.82	\$237.84
Almacen de bolsas	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular cajón sobreponer	0.04	3	\$11.53	\$138.36
Comedor	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular cajón sobreponer	0.08	8	\$26.70	\$320.40
Estación De camiones	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector especular classic cuadrada	0.08	24	\$45.23	\$542.76
Altar de La virgen	Sustitución incandescente de 100W por fluorescente de 26W	0.07	21	\$39.75	\$477.00

Recepción	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector espejular classic envolvente	0.17	11	\$46.46	\$557.52
	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 2x32W T-8	0.01	1	\$3.25	\$39.00
Caja	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector espejular classic envolvente	0.13	28	\$64.49	\$773.88
Sanitario Caballeros	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector espejular classic envolvente	0.04	1	\$8.58	\$102.96
Gerencia General	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector espejular classic envolvente	0.04	1	\$8.58	\$102.96
Entrada Oficinas	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector espejular classic envolvente	0.04	1	\$8.58	\$102.96
Oficinas Refacciones	Sustitución 2x39W T-12 por fluorescente 1x32W T-8 con reflector espejular cajón empotrar	0.08	2	\$17.17	\$206.04
Oficina de Vigilancia	Sustitución 1x75W T-12 por fluorescente 2x32W T-8 en línea	0.01	3	\$5.47	\$65.64
		4.65	1,421	\$2,725.70	\$32,708.40

Los ahorros en demanda son de 4.65 kW, los ahorros en consumo son de 1,421 kWh/mes y los ahorros económicos obtenidos son de \$2,725.70 al mes.

Tabla 2.9 Resumen de resultados

AHORRO NETA AL AÑO	
Ahorro en potencia eléctrica KW	4.65
Ahorros consumos de energía kWh/mes	4.65
Ahorro económico anual	\$32,708.40
AHORRO NETO AL AÑO	
Inversión	90,55869
Tiempo de recuperación	2.77

Para lograr el ahorro de \$32,708.40 propuesto, la inversión requerida es de \$90,558.69 (IVA incluido), mismos que serán recuperados por los mismos ahorros económicos en 2.77 años.

Tabla 2.10 Volumen de obra de iluminación.

Hielo y refrigeración de Zacatepec, S.A de C.V				
Volumen de la obra				
Partida	concepto	cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Lámpara fluorescente compacta 13W	2	\$37.52	\$75.04
2	Lámpara fluorescente compacta 27W	15	\$73.48	\$1,102.20
3	Lámpara fluorescente 32W T-8	64	\$17.88	\$1,144.32
4	Lámpara fluorescente 59W T-8	50	\$60.33	\$3,016.50
5	Lámpara fluorescente compacta 65W	1	\$162.50	\$162.50
6	Balastro electrónico 1 o 2x17/25/32W 127/220V	56	\$184.57	\$10,335.92
7	Balastro electrónico 1º2x59W 127/220	25	\$255.37	\$6,384.25
8	Juego de bases encendido instantáneo, media vuelta	64	\$6.19	\$396.16
9	Juego de bases encendido instantáneo, slim line	50	\$15.33	\$766.50
10	Socket A19	18	\$48.40	\$871.20
11	Luminario de 3x54W T-5	8	\$1,769.30	\$14,154.40
12	Reflector especular cajón empotrar 30X122 cm con juego de puentes	2	\$257.40	\$514.80
13	Reflector especular cajón sobreponer 30X122 cm con juego de puentes	10	\$305.50	\$3,055.00
14	Reflector especular classic envolvente 30X122 cm con juego de puentes	17	\$265.20	\$4,508.40
15	Reflector especular industrial gavilán 30X122 cm con juego de puentes	5	\$230.10	\$1,150.50
16	Mano de obra lámpara fluorescente compacta	18	\$52.00	\$936.00
17	Mano de obra lámpara fluorescente compacta en reflector a 6m	1	\$325.00	\$325.00
18	Mano de obra 1x32W T-8	14	\$195.00	\$2,730.00
19	Mano de obra 1x32W T-8 con reflector especular	34	\$247.00	\$8,398.00
20	Mano de obra 2x32W T-8	4	\$253.50	\$1,014.00
21	Mano de obra 2x32W T-8	4	\$299.00	\$1,196.00
22	Mano de obra 2x59W T-8	25	\$306.80	\$7,670.00
23	Material para la instalación de iluminaria de 3x54W T-5	8	\$585.00	\$4,680.00
24	Mano de obra iluminaria 3x54w T-5	8	\$520.00	4,160.00
			SUBTOTAL	\$78,746.69
			IVA	\$11,812.00
			TOTAL	\$90,558.69

Por lo tanto el periodo simple de recuperación será de \$ 90,558.69 / \$32,708.40 = 2.77 años.

2.3 Niveles de iluminación medidos.

2.3.1 Tanque 1, producción de barras altura de montaje 8 m

- Área regular con luminarios espaciados simétricamente en dos o más líneas.

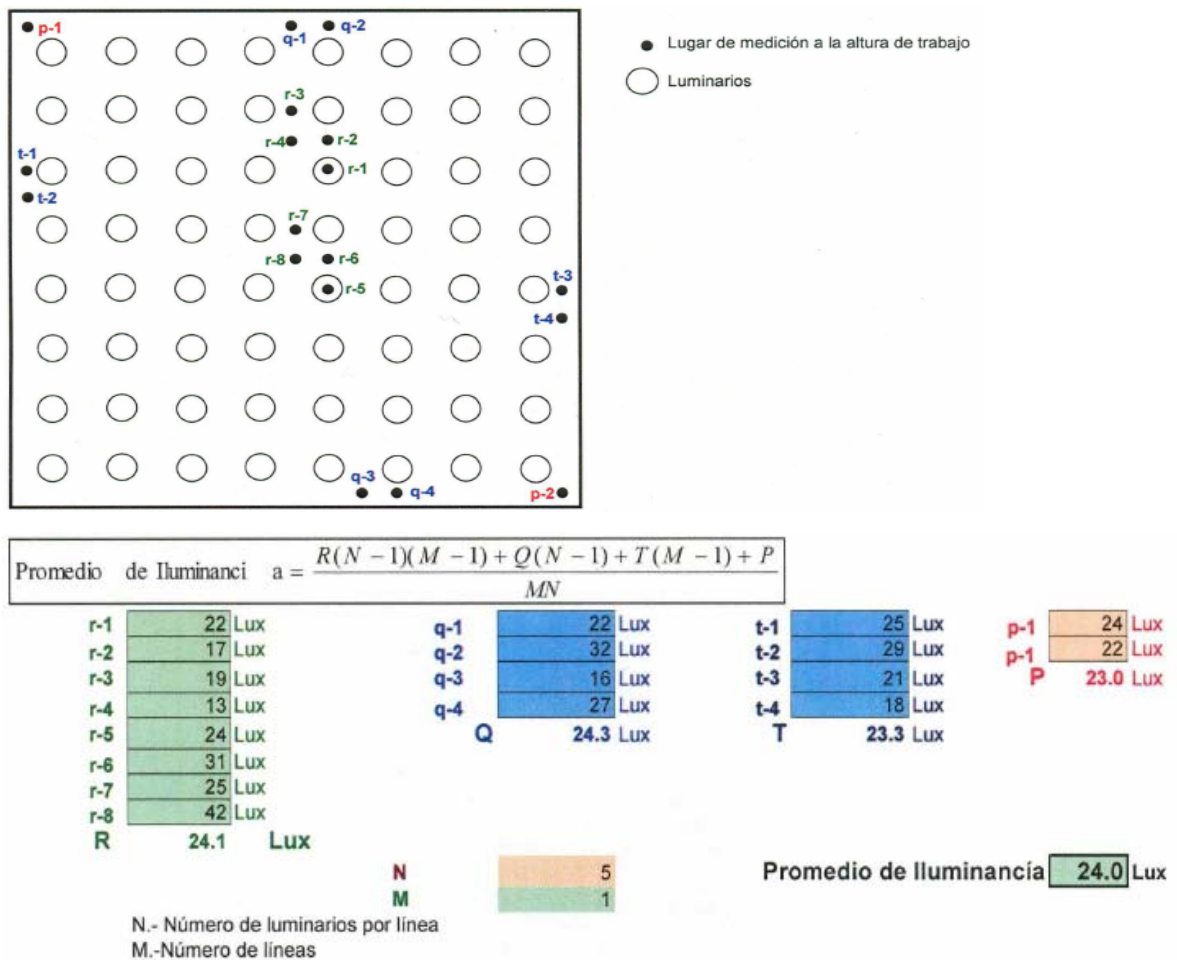
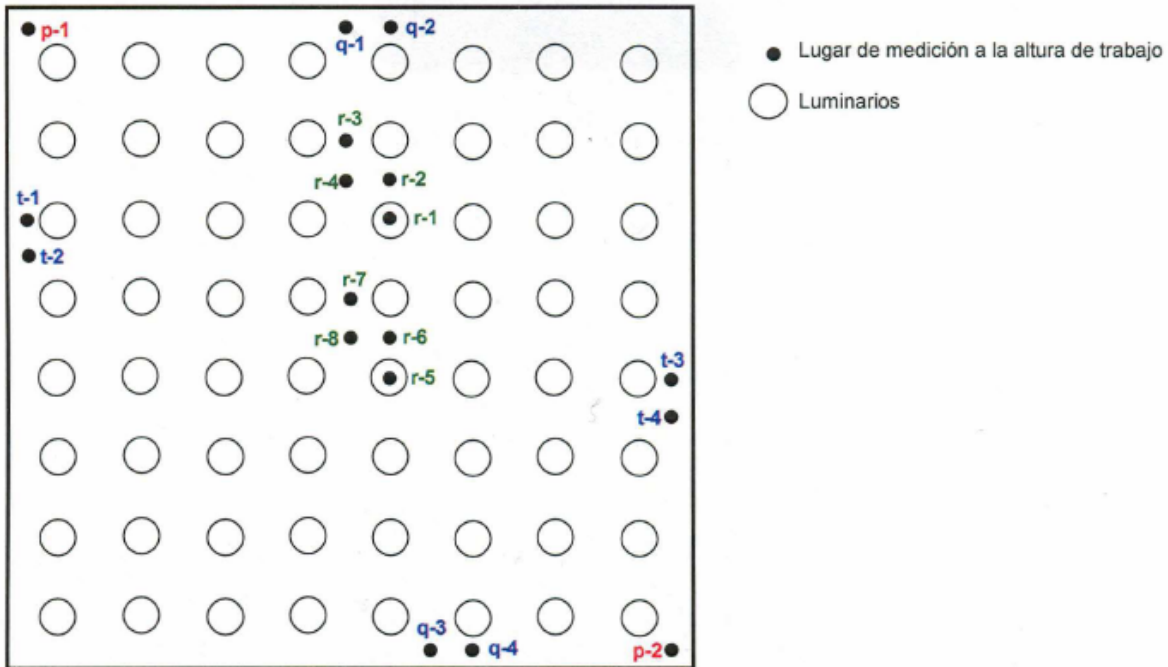


Fig. 2.1 Niveles de iluminación Tanque 1.

2.3.2 Tanque 2, Producción de barras altura de montaje 8 m

Área regular con luminarios espaciados simétricamente en dos o más líneas.



$$\text{Promedio de Iluminancia } a = \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P}{MN}$$

r-1	48 Lux
r-2	70 Lux
r-3	72 Lux
r-4	83 Lux
r-5	53 Lux
r-6	76 Lux
r-7	70 Lux
r-8	86 Lux
R	69.8 Lux

q-1	52 Lux
q-2	44 Lux
q-3	46 Lux
q-4	48 Lux
Q	47.5 Lux

t-1	35 Lux
t-2	39 Lux
t-3	36 Lux
t-4	35 Lux
T	36.3 Lux

p-1	26 Lux
p-2	23 Lux
P	24.5 Lux

N	5
M	2

Promedio de Iluminancia **53.0 Lux**

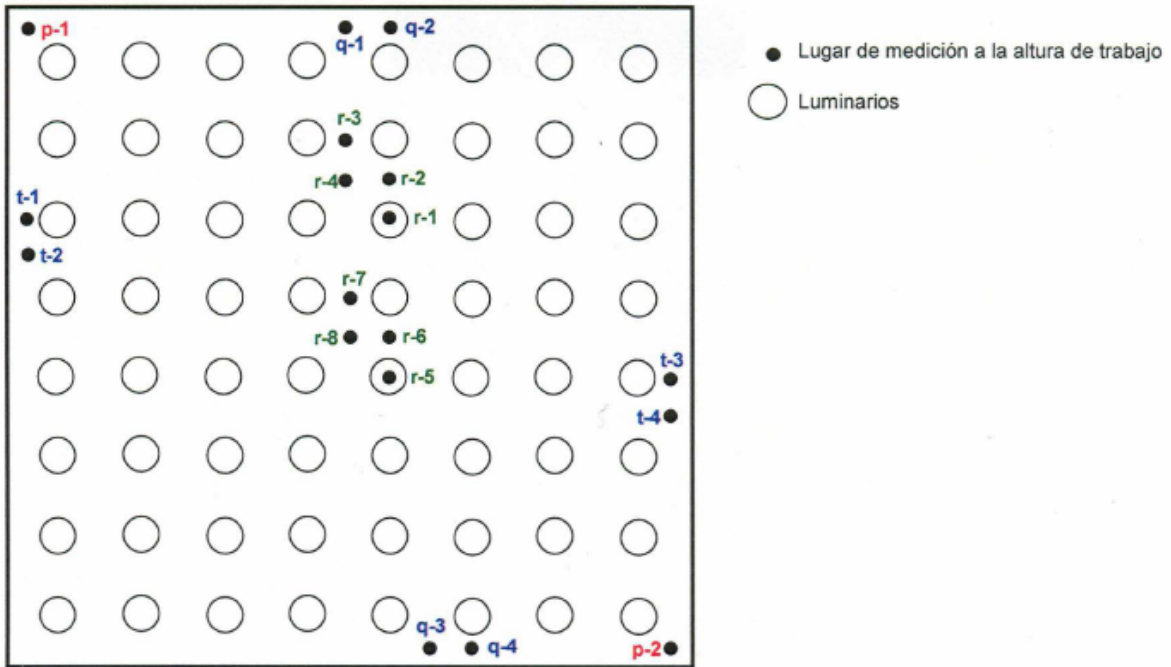
N.- Número de luminarios por línea
M.-Número de líneas

Fig. 2.2 Niveles de Iluminación Tanque 2.

2.3.3 Area de maquinas 1

Área regular con luminarios espaciados simétricamente en dos o más líneas.

Altura de montaje 8 m



$$\text{Promedio de Iluminancia} = \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P}{MN}$$

r-1	64	Lux
r-2	32	Lux
r-3	22	Lux
r-4	25	Lux
r-5	79	Lux
r-6	35	Lux
r-7	26	Lux
r-8	28	Lux
R	38.9	Lux

q-1	26	Lux
q-2	28	Lux
q-3	24	Lux
q-4	26	Lux
Q	26.0	Lux

t-1	24	Lux
t-2	20	Lux
t-3	26	Lux
t-4	19	Lux
T	22.3	Lux

p-1	18	Lux
p-1	15	Lux
P	16.5	Lux

N	2
M	1

N.- Número de luminarios por línea
M.-Número de líneas

Promedio de Iluminancia **36.0** Lux

36

Fig. 2.3 Área de maquinas 1.

2.3.4 Área de maquinas 2

Área regular con luminarios espaciados simétricamente en dos o más líneas.

Altura de montaje 8 m

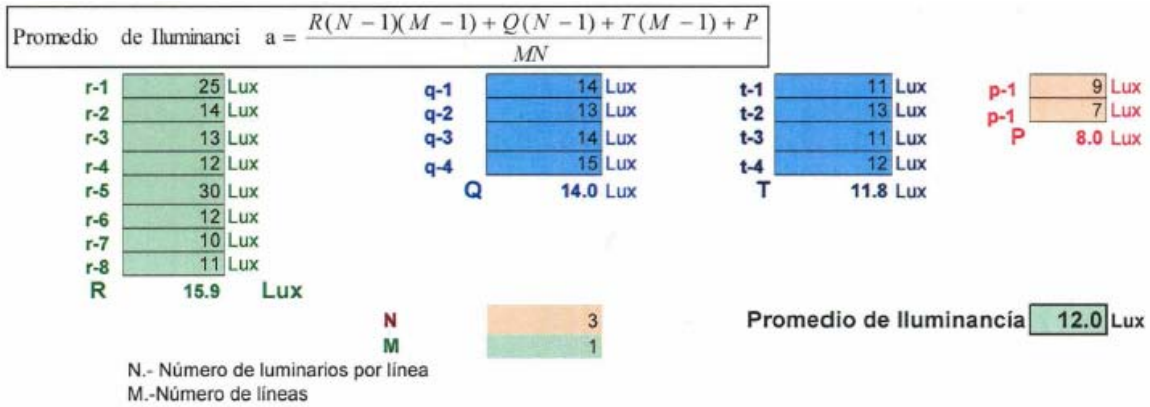
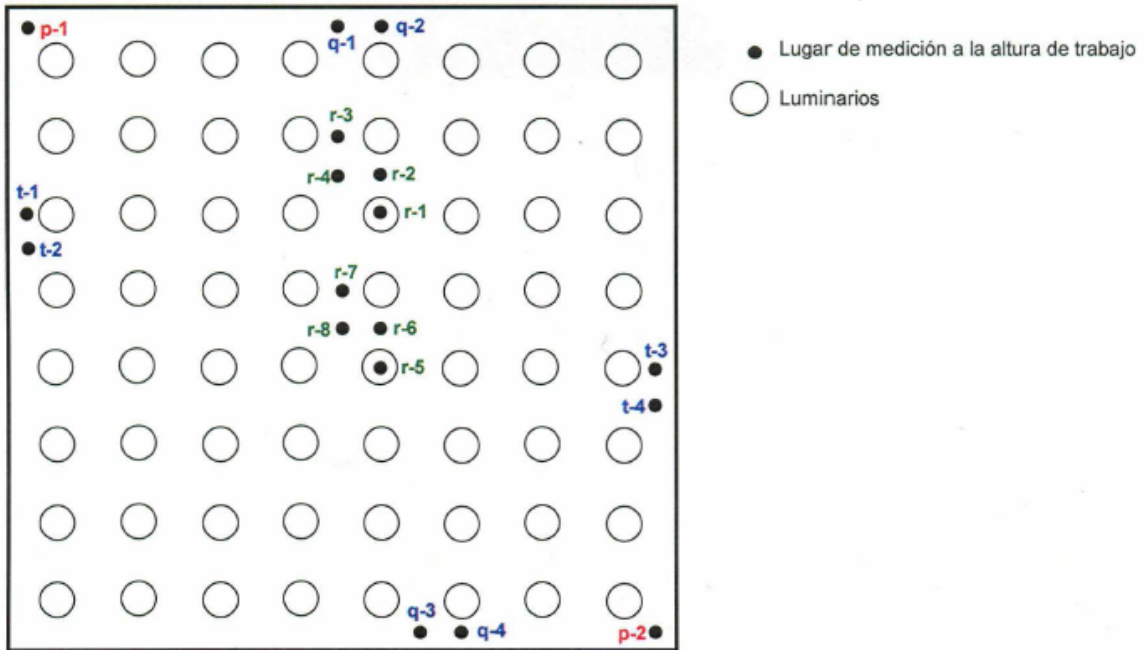


Fig. 2.4 Área de maquinas 2.

2.3.5 Área de producción de cubos

Área regular con luminarios espaciados simétricamente en dos o más líneas.

Altura de montaje 8 m

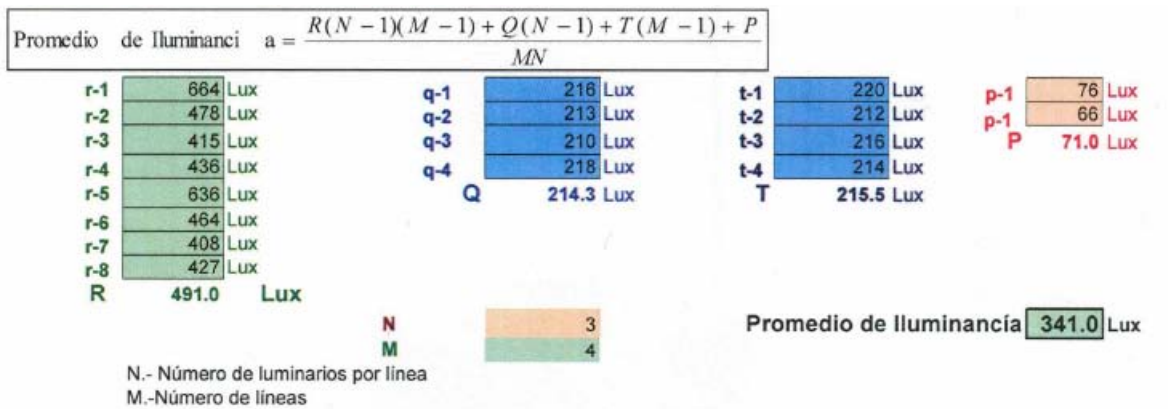
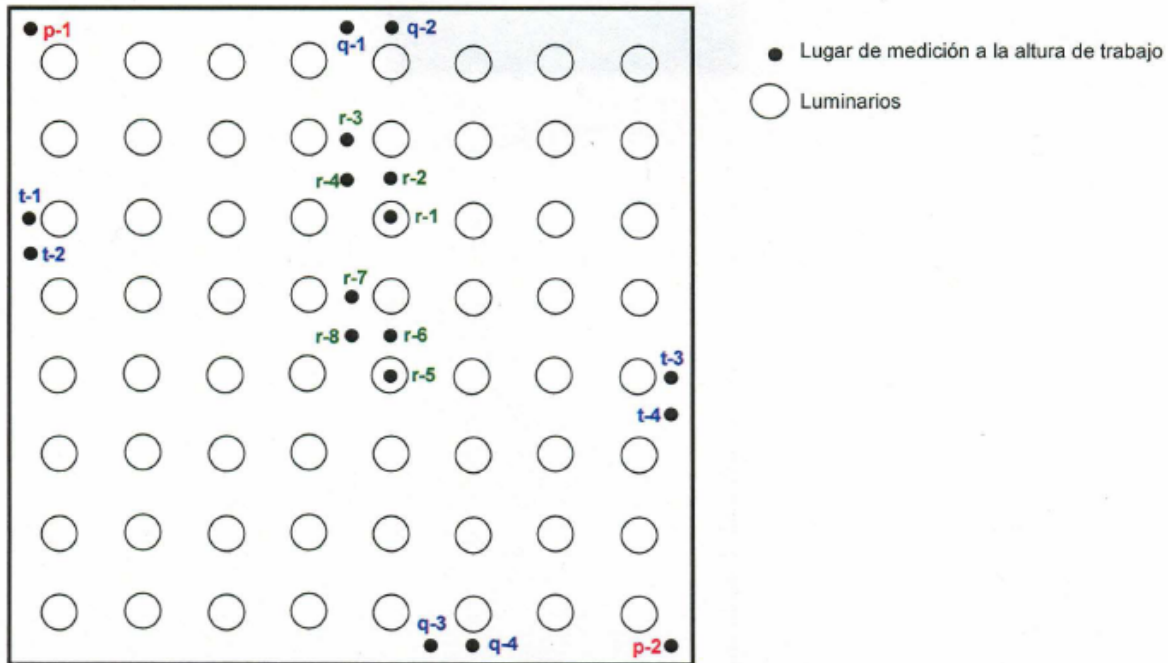


Fig. 2.5 Área de producción de cubos.

2.3.6 Pasillo tanque 1 a tanque 2

Área regular con luminarios espaciados simétricamente en dos o más líneas.

Altura de montaje 8 m

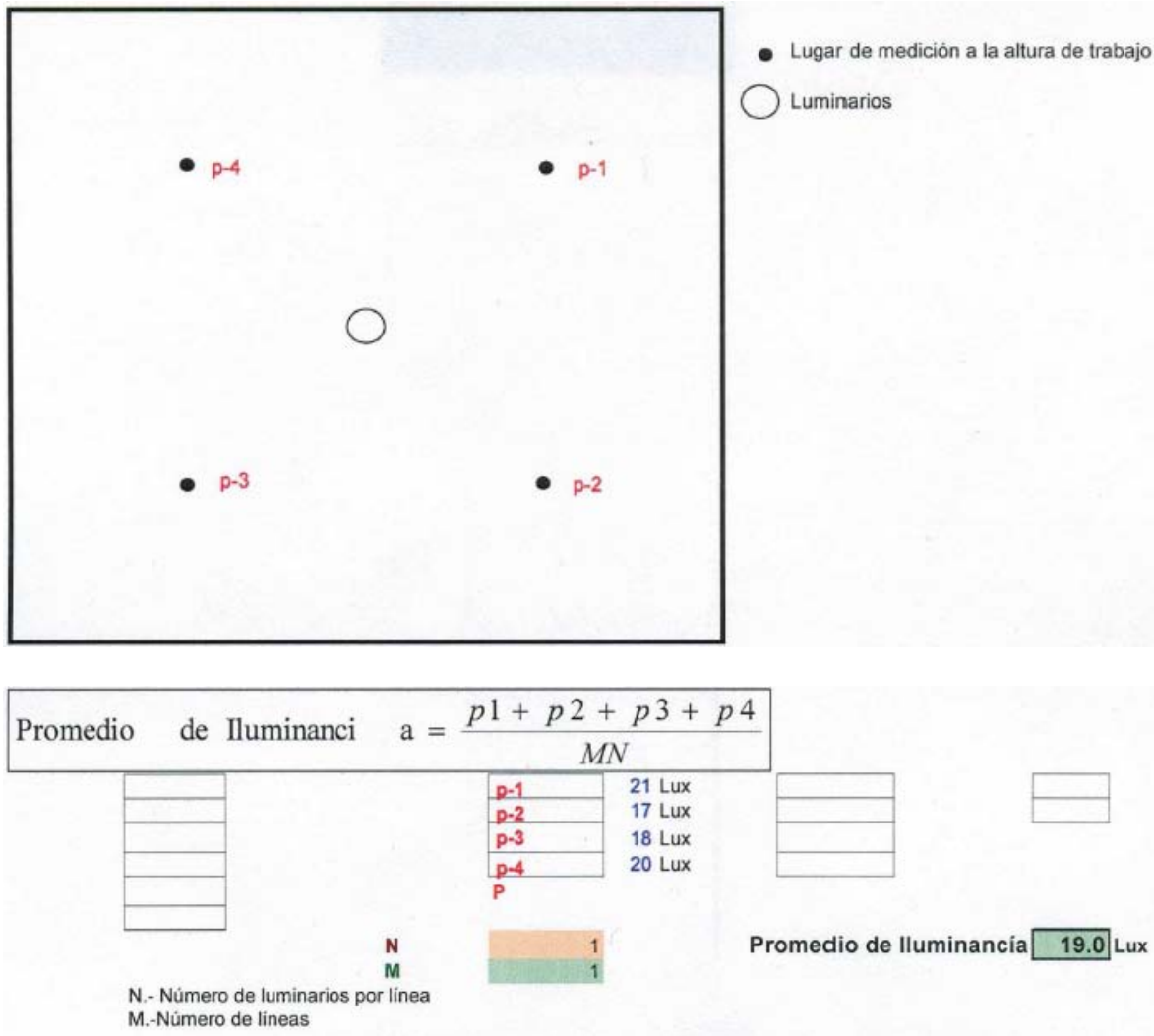


Fig. 2.6 Pasillo tanque 1 a tanque 2

Los sistemas propuestos presentarían las siguientes condiciones, es decir, los niveles de iluminación esperados:

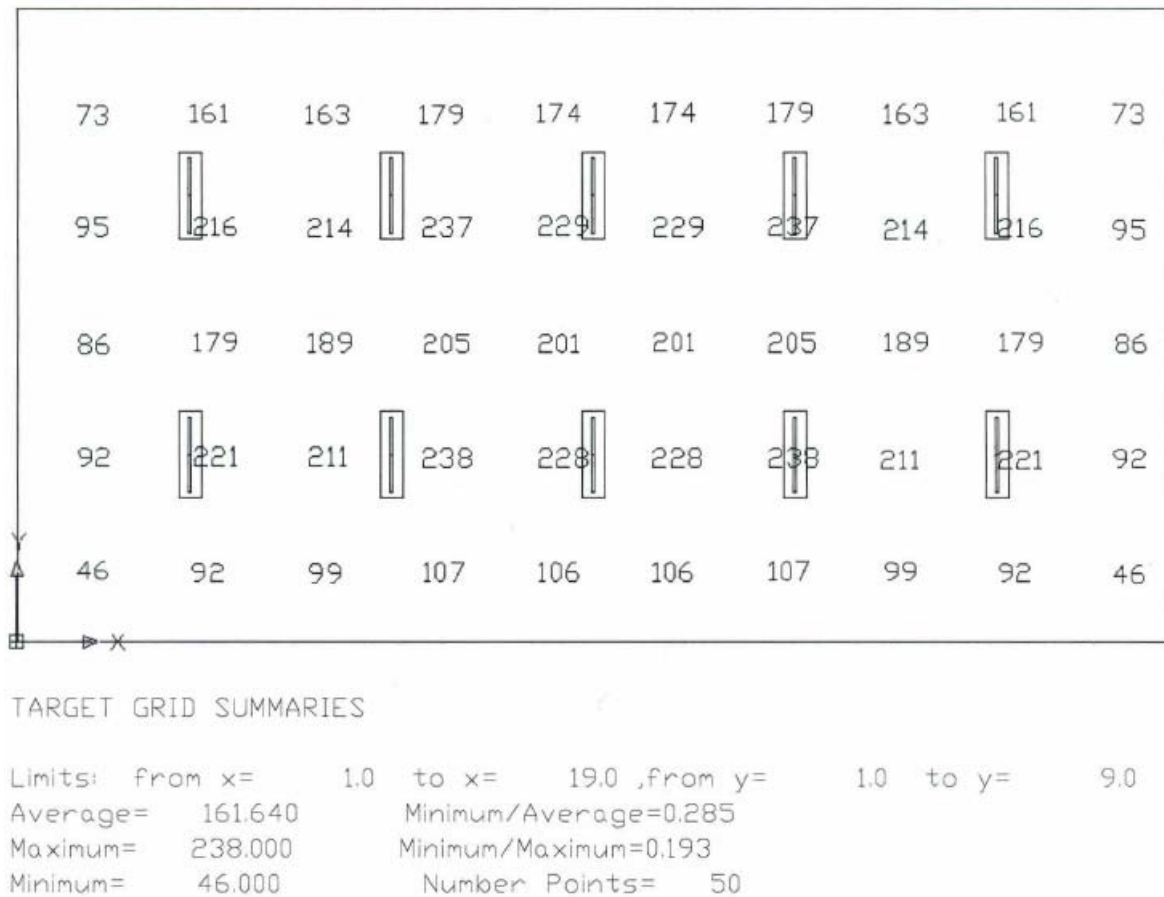
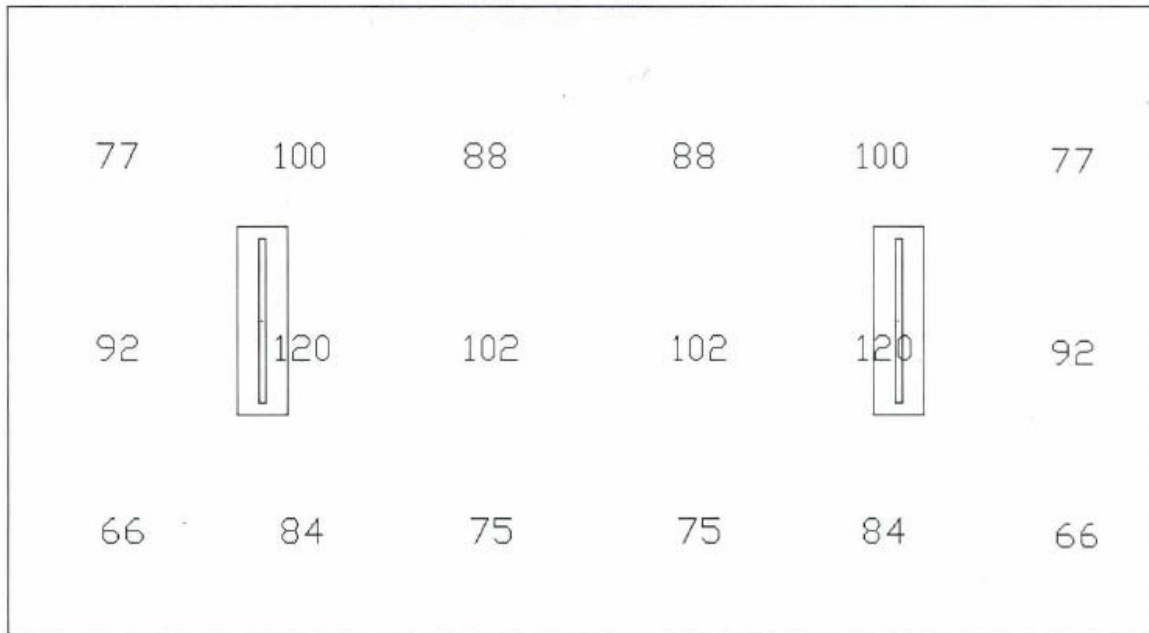


Fig. 2.7 Sistema 2x59W T-8 en cajón empotrar tanque 2 Producción de barras.

- Nivel máximo esperado: 238 luxes
- Nivel promedio esperado: 161 luxes
- Nivel mínimo esperado: 46 luxes

Actualmente presenta un nivel promedio de 53 luxes.



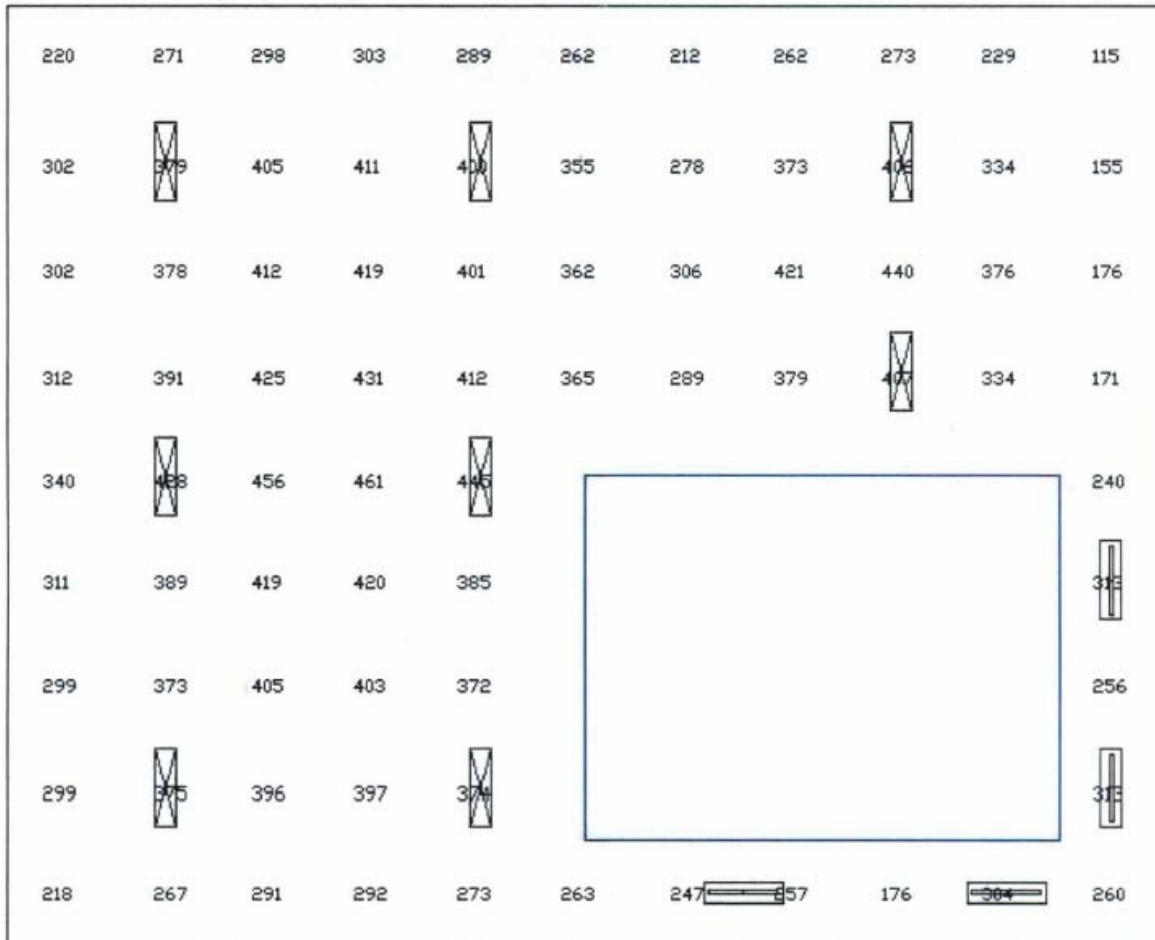
TARGET GRID SUMMARIES

Limits: from x= 0.8 to x= 8.2 ,from y= 0.8 to y= 3.8
 Average= 89.333 Minimum/Average=0.739
 Maximum= 120.000 Minimum/Maximum=0.550
 Minimum= 66.000 Number Points= 18

Fig. 2.8 Sistema 2x59w T-8 en cajón empotrar Área de máquinas 1

- Nivel máximo esperado: 120 luxes
- Nivel promedio esperado: 89 luxes
- Nivel mínimo esperado: 66 luxes

Actualmente presenta un nivel promedio de 36 luxes.



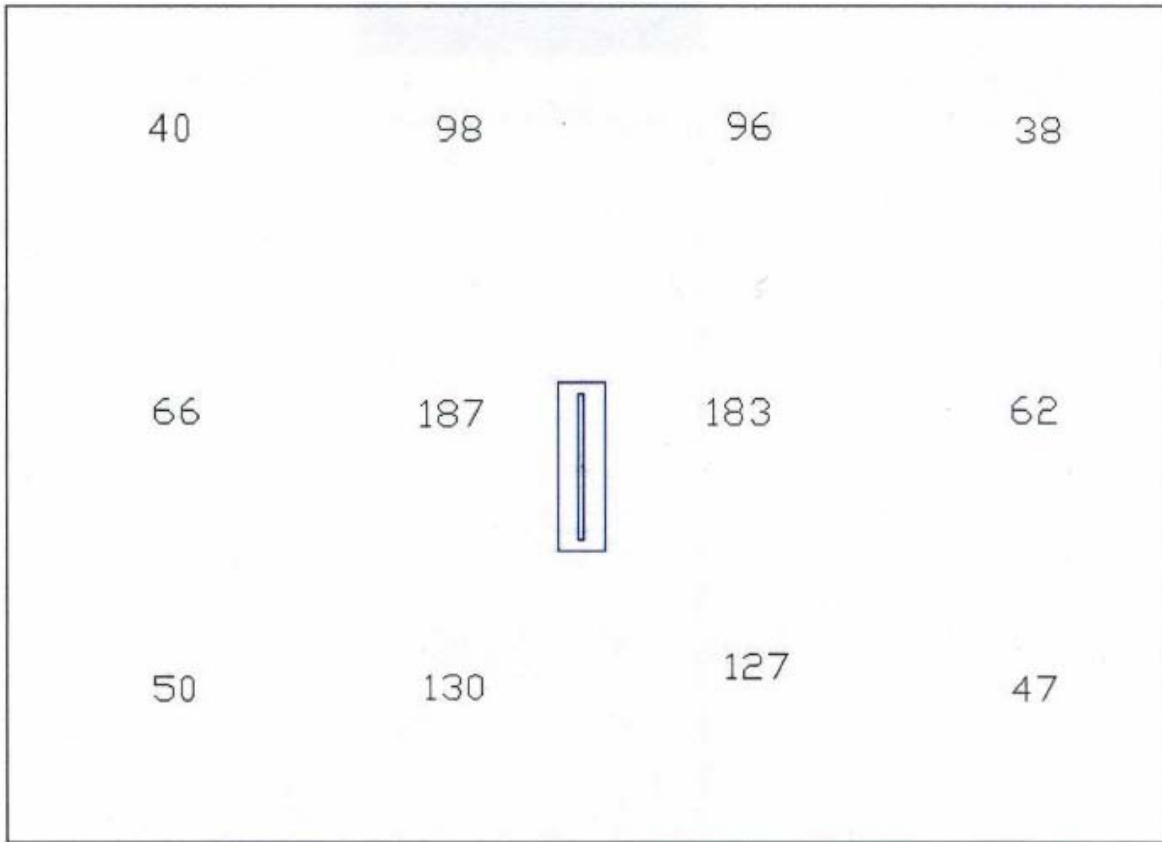
TARGET GRID SUMMARIES

Limits: from x= 1.0 to x= 21.0 ,from y= 1.0 to y= 17.0
 Average= 331.114 Minimum/Average=0.347
 Maximum= 461.000 Minimum/Maximum=0.249
 Minimum= 115.000 Number Points= 79

Fig. 2.9 Sistema 4x54W T-5 Y 1x32W T-8Área de producción de cubos

- Nivel máximo esperado: 461 luxes
- Nivel promedio esperado: 331 luxes
- Nivel mínimo esperado: 115luxes

Actualmente presenta un nivel promedio de 341 luxes.



TARGET GRID SUMMARIES

Limits: from x= 0.5 to x= 3.5 ,from y= 0.5 to y= 2.5
 Average= 93.667 Minimum/Average=0.406
 Maximum= 187.000 Minimum/Maximum=0.203
 Minimum= 38.000 Number Points= 12

Fig. 2.10 Sistema 1x32W T-8 en canaleta Pasillo Tanque 1 a Tanque 2.

- Nivel máximo esperado: 187 luxes
- Nivel promedio esperado: 93 luxes
- Nivel mínimo esperado: 38 luxes

Actualmente presenta un nivel promedio de 19 luxes.

45	81	100	81	45
70	137	174	137	70
75	142	180	142	75
63	109	134	109	63
64	111	137	111	64
75	144	183	144	75
69	133	169	133	69
43	76	93	76	43

TARGET GRID SUMMARIES

Limits: from x= 0.5 to x= 4.5 ,from y= 0.5 to y= 7.5
 Average= 101.100 Minimum/Average=0.425
 Maximum= 183.000 Minimum/Maximum=0.235
 Minimum= 43.000 Number Points= 40

Fig. 2.11 Sistema 1x32W T-8 en luminaria classic envolvente con reflector recepción.

- Nivel máximo esperado: 183 luxes
- Nivel promedio esperado: 101 luxes
- Nivel mínimo esperado: 43 luxes

Actualmente presenta un nivel promedio de 85 luxes.

192	248	283	300	283	248	192
222	291	332	353	332	291	222
221	290	330	351	330	290	221
189	245	279	296	279	245	189

TARGET GRID SUMMARIES

Grid 1 is x-y plane at Z= 0.4 Horizontal Lux
 Limits: from x= 0.5 to x= 6.5 ,from y= 0.5 to y= 3.5
 Average= 269.429 Minimum/Average=0.701
 Maximum= 353.000 Minimum/Maximum=0.535
 Minimum= 189.000 Number Points= 28

Fig. 2.12 Sistema 2x59W T-8Área de Máquinas 2

- Nivel máximo esperado: 353 luxes
- Nivel promedio esperado: 269 luxes
- Nivel mínimo esperado: 189 luxes

Actualmente presenta un nivel promedio de 12 luxes.

2.4 Conclusiones capítulo 2

- **En iluminación:** Los cristales de las ventanas y las superficies que forman techos y paredes deben ser limpiados periódicamente para mantener la transmisión de luz natural y la reflectancia de las mismas.

La limpieza o repintado de las paredes y techos tendrá gran importancia en el caso de salas pequeñas y de alumbrados indirectos.

Las luminarias deben ser limpiadas regularmente, sobre todo las superficies reflectoras y difusoras. Si incorporan difusores de plástico, bien sea liso o prismático, y están envejecidos por el uso, deberán ser sustituidos.

La realización de una limpieza programada a intervalos regulares, permite mantener de una forma más constante los niveles de iluminación de una área iluminada.

Para obtener una máxima ventaja económica, el intervalo de limpieza deberá mantener una relación con el intervalo de reposición de las luminarias.

- **Depreciación por disminución del flujo luminoso de la luminaria.** En el diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de iluminación, se debe utilizar la información que el fabricante suministre sobre las características de las posibles luminarias a utilizar y las condiciones inherentes al comportamiento descrito por las mismas.
- **La eficiencia energética** de una instalación de iluminación de una zona, se evaluará mediante el indicador denominado Valor de Eficiencia Energética de la instalación VEEI, expresado en (W/m²) por cada 100 luxes, mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = P \times 100S \times E_{\text{prom}}$$

Donde:

1. **P=** Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo sus pérdidas [W]S Superficie iluminada [m²]
 E_{prom}
2. **I=** luminancia promedio horizontal mantenida [lux], indica los Valores Límite de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI) que deben

cumplir los recintos interiores de las edificaciones. Estos valores incluyen la iluminación general y el alumbrado direccional, pero no las instalaciones de iluminación de vitrinas y zonas de exposición. Los valores de VEEI se establecen en dos grupos de zonas en función de la importancia que tiene la iluminación, estas son:

- **Zonas de baja importancia lumínica.** Corresponde a espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminancia, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.
- **Zonas de alta importancia lumínica.** O espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son relevantes frente a los criterios de eficiencia energética. Aunque el software especializado no requiere de un certificado de conformidad de producto, si se requiere que tenga una validación de sus resultados mediante pruebas realizadas por un laboratorio acreditado.

Capítulo 3

Análisis y control de demanda a través de estrategias de control para los sistemas de refrigeración

Para controlar la demanda máxima es importante conocer cuáles son las cargas o equipos básicos para el desarrollo de las actividades en el proceso o trabajo, y aquellas que operan de forma periódica o esporádica. Por otro lado, se debe medir la potencia que aporta cada una de estas cargas que contribuyen a la demanda máxima de facturación, en este caso particular, se encontró que los compresores y algunos motores pueden evitar su operación en horario punta, con el fin de disminuir-la demanda y el consumo final.

3.1 Situación actual

Reducción de la demanda facturable a través de la minimización de la demanda máxima en el horario punta. Mediante la implementación de una tarjeta electrónica marca CIRCUTOR modelo CA-4, para el control de demanda; así como la instalación de 11 relevadores. Para deshabilitar 9 máquinas y los 2 interruptores principales en horario punta.

Recurriendo a la definición de Demanda Facturable:

$$DF = DP + FRI \times \max (DI - DP, 0) + FRB \times \max (DB - DPI, 0)$$

Donde:

- DP es la demanda máxima medida en el periodo de punta
- DI es la demanda máxima medida en el periodo intermedio
- DB es la demanda máxima medida en el periodo de base
- DPI es la demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio
- FRI y FRB son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria:



Fig. 3.1 Compresores existentes en la planta de hielo

Tabla 3.1 Región Tarifaria.

Región	FRI	FRB
Sur	0.300	0.150

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

Tomando como ejemplo el ciclo facturado correspondiente al mes de marzo de 2012, que presenta un valor de 12 kW, la demanda facturable seria de:

Tabla 3.2 de demandas por horarios.

FECHA	BASE	INTER	PUNTA	FACTURABLE
201105	555	561	6	173
201106	562	452	6	157
201107	526	467	4	152
201108	486	478	4	148
201109	483	527	11	166
201110	483	491	4	116
201111	482	447	8	145
201112	489	464	7	148
201201	469	468	5	145
201202	405	401	6	126
201203	531	520	12	167
201204	526	526	10	165
201205	537	536	4	164

TOTAL 13

$$DF = 12 + 0.30 * (520-12) + 0.15 * (531 - 520)$$

Como lo indica la ecuación para determinar la demanda facturable:

$$DF = 12 + 0.30 * 508 + 0.15 * 11$$

$$DF = 12 + 152.4 + 1.65 = 166.5 \text{ kW}$$

Cualquier fracción de KW se considera como unidad por lo tanto :

$$DF = 167 \text{ KW}$$

Como se puede observar en la Tabla de facturación, cuando se tuvo un valor de 12 kW en el horario punta, la demanda facturable se incremento casi un 20% con respecto al valor mínimo presentado en la factura.

La gran mayoría de los equipos instalados en la Hielera pueden salir de operación durante el horario se tendría un ahorro en los equipos listados a continuación. Actualmente buscan evitar que los compresores trabajen en este periodo, por lo

que el listado de los equipos considerados para controlar mediante relevadores se presentan a continuación.

Tabla 3.3 Dispositivos a controlar.

Descripción			KW medidos		
	Hp	KW	Max	Min	Promedio
Agitador 1	5	3.73	3.94	3.82	3.92
Agitador 2	5	3.73	3.7	3.59	3.64
Ventilador 1 de la torre de enfriamiento	15	11.19	12.1	12.4	12.25
Ventilador 2 de la torre de enfriamiento	15	11.19	12.7	10.9	11.8
Bomba 1 de la torre de enfriamiento	10	7.46	6.51	2.71	4.61
Bomba 2 de la torre de enfriamiento	10	7.46	6.64	6.67	6.65
Agitador 3	7.5	5.60	2.72	2.38	2.55
Agitador 4	7.5	5.60	2.35	2.72	2.53
Ventilador de la torre inoxidable	5	3.73	2.15	1.92	2.035
Totales	80	59.68	52.81	47.11	50

El operar los equipos sin control, hace que la demanda máxima en horario punta alcance los 12 kW.

Considerando 2 horas de duración al horario punta se tendría lo siguiente:

$$\text{Consumo punta: kW} + \text{Horas Punta} = 2 * 12 * 22 \text{ días al mes} = \mathbf{528 \text{ kWh.}}$$

Para determinar el costo del consumo de energía actual y propuesta aplicando el control de la demanda de manera automática, se tiene la siguiente tarifa eléctrica; tarifa HM para la región sur correspondiente al mes de Marzo del año 2012 (Fuente de información CFE).

Tabla 3.4 Costo de energía de la tarifa hm IVA incluido

Mes de evaluación	Diciembre de 2011
Precio kW	\$ 179.65
Precio kW Base	\$ 0.9922
Precio kW Intermedia	\$ 1.1925
Precio kW Punta	\$ 2.0450

El costo de este consumo es de:

$$\text{Costo en punta} = \$2.045 * 582 * 12 = \$12,957.12 \text{ anuales.}$$

El costo de esta demanda es de:

Costo de la demanda en punta = $\$179.65 * 167 * 12 = \$360,018.6$ anuales.

Tabla 3.5 En resumen la situación actual es:

Resultados	Magnitud
Demanda facturable (KW)	167
Consumo (KWh/año)	6336
Importe económico total anual	\$ 372,957.72

3.2 Situación Propuesta

Considerando una reducción en la demanda punta a 0kW la demanda facturable será de:

$$DF = 0 + 0.30 * (520 - 0) + 0.15 * (531 - 520)$$

Como lo indica la ecuación para determinar la demanda facturable, cuando un término de la misma es negativo se considera cero, por lo tanto se tiene que la demanda facturable es:

$$DF = 0.30 * 520 + 0.15 * 11$$

$$DF = 156 + 1.65 = 158 \text{ kW}$$

Considerando 2 horas de duración al horario punta se tendría lo siguiente:

Consumo punta: kW + Horas Punta = $2 * 0 * 22 \text{ kWh al mes} = 0 \text{ kWh}$.

El costo de este demanda consumo es de:

Costo en punta = $\$1.79 * 0 * 12 = \$ 0.00$ anuales.

El costo de esta es de:

Costo en punta = $\$179.65 * 158 * 12 = \$340,616.4$ anuales

En resumen la situación propuesta será de:

Tabla 3.6 Situación propuesta

Resultados	Magnitud
Demanda facturable (KW)	158
Consumo en punta (KWh/año)	0
Importe económico total anual	\$ 340,616.4

El sistema controlador de demanda consiste en los siguientes componentes:

- Tarjeta electrónica (PLC).
- Relevadores eléctricos.

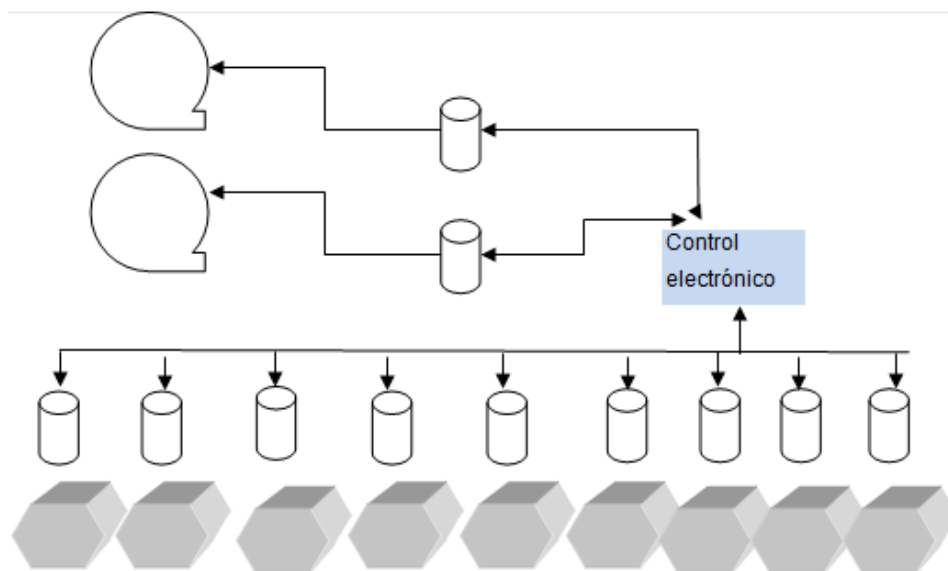


Fig. 3.2 Interruptores, Cargas adicionales.

3.2.1 Estrategia de Control

1. Cada máquina y los dos interruptores generales recibirán una señal que hará que se enciendan o apaguen o se habiliten o deshabiliten.
2. La señal de cada máquina se enviara por medio de un cable desde el control, el cual se programara de tal manera que cada máquina pueda trabajar, encenderse y apagarse vía remota fuera del horario punta.
3. Con una aviso-alarma de 45 minutos antes de entrar al horario punta y no dejar inconcluso algún proceso.

Con este tipo de control la producción no se verá afectada en ningún sentido ya que el sistema solo optimizara la utilización de los recursos (el tiempo y la carga) con el fin de su aprovechamiento máximo de la demanda disponible fuera del horario punta.

Logrando coordinar la operación de los equipos fuera del horario punta es posible obtener una disminución en demanda de 59.68 kW, en consumo de 31,511 kWh al año y \$64,440.07 al año. La inversión requerida para la implementación del control es de \$298,317.00 recuperable con los mismos ahorros en 4.6 años.

Tabla 3.7 Resultados saliendo del horario punta.

Resultados	Magnitud
Ahorro de demanda (KW)	9
Ahorro de consumo (KWh/año)	4,752
Ahorro económico total anual	\$ 23,808.708

3.2.2 Control de máxima demanda

En la gran mayoría de las facturas eléctricas, a nivel de empresas, existen tres términos:

- Consumo de energía activa (kWh)
- Consumo de energía reactiva (kvar-h)
- Término de potencia o potencia contratada o Máxima demanda.

Tradicionalmente, las empresas han centrado sus esfuerzos de ahorro energético en dos factores:

- Reducción de la cantidad de kWh consumidos
- Mejora del factor de potencia.

Sin embargo, existe un tercer factor para reducir el coste del recibo eléctrico: Una buena gestión de la potencia necesaria en una empresa.

Una óptima gestión de la potencia contratada nos permite:

- Reducir la potencia contratada y ajustamos a la nueva potencia realmente necesaria.
- Evitar penalizaciones por Máxima demanda (dada por el máxímetro).

El período más habitual en la gran mayoría de países es de 15 minutos entre mediciones.

Esta potencia es calculada por el máxímetro, el cual registra el mayor valor de un mes, que es el que se factura.

- **Cálculo de la máxima demanda.** Hay distintas formas para calcular la máxima demanda:
 - **Ventana fija** La empresa suministradora de energía proporciona cada período un impulso para sincronizar el inicio del período de la máxima demanda.
 - **Ventana deslizante.** No hay impulso de sincronización, por eso se toman siempre los últimos 15 min (si el período es 15 min). Cada segundo se actualiza el valor con los últimos 15 min.
 - **Ventana sincronización de tiempo** Es una variante de la ventana fija. La empresa suministradora proporciona un impulso de sincronización al inicio del día que indica el inicio del primer período, a continuación, y el resto del día, las sincronizaciones de cada período ya no las da la compañía eléctrica sino el propio reloj del equipo. Al final del día habrá un nuevo impulso de la compañía que permitirá reajustar el reloj del equipo con el de la compañía.
 - **Demanda térmica** La demanda térmica es la calculada por un máxímetro analógico bimetálico o la simulación electrónica de un bimetálico.

3.2.3 ¿Cómo controlar la máxima demanda?

El objetivo de un control de potencia es no superar el límite de máxima demanda contratada.

Para ello, se procede a la desconexión de cargas que el proceso de trabajo permita.

Posibles cargas a desconectar:

- Luces
- Aires acondicionados
- Bombas
- Ventiladores y extractores
- Embaladoras
- Trituradoras
- Otras

En general, todas aquellas máquinas que no afecten el proceso principal de producción o que no son esenciales.

Además, un programa de control de la demanda eléctrica es altamente indicado en aquellos procesos cuya operación tiene fuertes variaciones en la demanda máxima y bajos factores de carga como son: empresas relacionadas con la fundición, minería, automoción, textil, papeleras, etc.

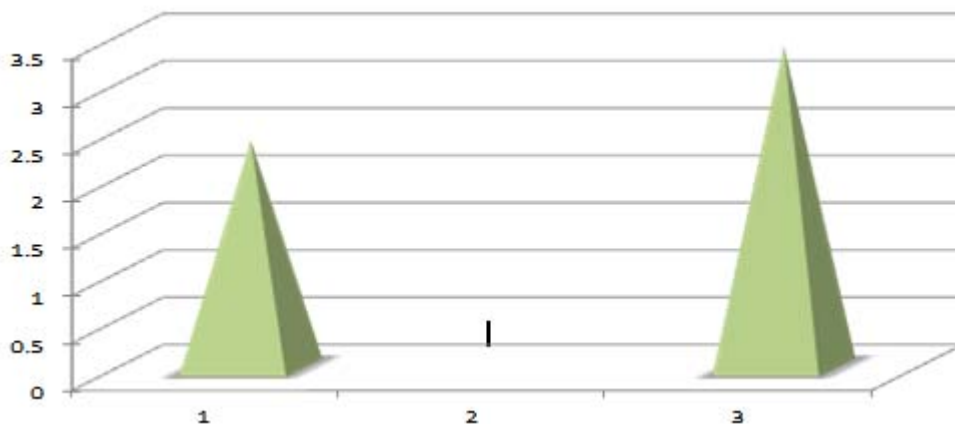


Fig. 3.3 Control de potencia.

Métodos de funcionamiento Existen 2 maneras de evitar exceder la máxima demanda:

- **Preventivo** El método preventivo es el adecuado para aquellas empresas que no quieren permitir la conexión o desconexión automática de cargas. El sistema previene, mediante unas alarmas visuales o auditivas, que vamos a superar la potencia contratada para que un operario, manualmente, desconecte unas determinadas cargas.
- **Predictivo** El método predictivo es el método más habitual e inteligente. Hace una previsión de lo que va a suceder al final del periodo y optimiza las cargas para, por un lado, tener cuantas más cargas conectadas mejor, pero siempre sin exceder el límite máximo que se haya programado.
Este sistema es obviamente solo para las demandas en ventana fija o ventanas con sincronización.

Tabla 3.8 Costos para control de la demanda

COSTOS PARA CONTROL DE LA DEMANDA		
1	Tarjeta electrónica	\$298,317.00
2	Interruptores	\$1,312.00
9	relevadores	\$11,157.3
	total	\$310,786.00

3.3 Situación actual

El sistema de Refrigeración de Hielo y Refrigeración de Zacatepec S.A de C.V es un ciclo de una etapa, estos en la industria se utilizan cuando se requiere obtener temperaturas no muy bajas como en caso de la producción de hielo y conservación de alimentos donde se requiere una temperatura de -8 "C.

Actualmente la planta cuenta con un sistema interconectado de refrigeración basado en 5 compresores reciprocantes que van de los 15 Hp hasta los 150 Hp, este sistema en conjunto se encarga de mantener las condiciones para producir

barras de hielo y mantener las condiciones de almacenamiento en 3 cámaras de conservación.

Tabla 3.9 Sistema actual de refrigeración

EQUIPO	MARCA	POTENCIA (HP)	VOLTAJE	RPM
CMY-1	MYCOM	150	220	1785
CMY-3	MYCOM	15	220	1760
CMY-4	MYCOM	100	220	1785
CMY-7	MYCOM	150	220	1785
CMY-9	MYCOM	50	220	1760

El compresor CMY-1 está asignado a la cámara de fabricación de hielo No. 1, el compresor CMY-4 es para las torres de congelación de cilindros de hielo, el CMY-7 es para la cámara de fabricación de barras de hielo No. 2, el CMY-3 es para la cámara de almacenamiento de las barras de hielo que provienen de las cámaras de fabricación de barras de hielo y el CMY-9 es para la cámara de conservación de bolsas de hielo de 5kg.

Tabla 3.10 Resumen de los parámetros medidos en los compresores de refrigeración.

EQUIPO	MEDICIONES ELECTRICAS				
	VOLTAJE	CORRIENTE	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA PROMEDIO (KW)	POTENCIA MAXIMA (KW)
CMY-1	215.69	248.9	0.81	76.76	85
CMY-3	195.57	27.78	0.69	8.59	31.6
CMY-4	208.36	137.26	0.57	41.72	71
CMY-7	209.65	212.56	0.83	69.79	90
CMY-9	213.73	34.46	0.4	10.28	27

Tabla 3.14 Los consumos y costos de operación de estos equipos son los siguientes:

EQUIPO	CONSUMO BASE KWh	CONSUMO INTERMEDIO KWh	CONS PUNTA KWh	CONSUMO TOTAL KWh	COSTO EN DEMANDA	COSTO CONSUMO BASE	COSTO CONSUMO INTERMEDIA	COSTO CONS PUNTA	COSTO TOTAL
CMY-1	147,379	259,756	0	407,135	\$181,131.6	\$181,276.17	\$384,127.17	\$0	\$746,534.94
CMY-3	15,462	37,727	0	53,189	\$67,338.34	\$19,018.26	\$55,790.69	\$0	\$142,147.29
CMY-4	80,102	141,180	0	221,282	\$151,298.16	\$98,525.46	\$208,776.98	\$0	\$458,600.60
CMY-7	133,997	236,169	0	370,166	\$191,786	\$164,816.31	\$349,246.72	\$0	\$705,849.43
CMY-9	18,504	45,150	0	63,654	\$57,535.92	\$22,759.92	\$66,767.82	\$0	\$147,063.66

3.3.1 Análisis del Sistema de Refrigeración

Los procesos que sigue el ciclo, como ciclo de refrigeración saturado, son el flujo del fluido refrigerante (amoniaco, refrigerante 717) que sale de una válvula de expansión y entra al evaporador (intercambiador), absorbe calor y se evapora. De aquí fluye hacia el compresor donde es comprimido hasta la presión de condensación; entra al condensador donde el calor es removido y condensa al refrigerante. El refrigerante fluye hasta un recipiente almacenador de donde sale hacia la válvula de expansión, completando así el ciclo. El refrigerante se encuentra a baja presión desde la salida de la válvula de expansión hasta la entrada al compresor. El refrigerante aumentará su presión a la salida del compresor conservándola hasta la entrada a la válvula de expansión. Estas presiones son función del refrigerante usado, la temperatura requerida en el evaporador y la temperatura del medio condensante.

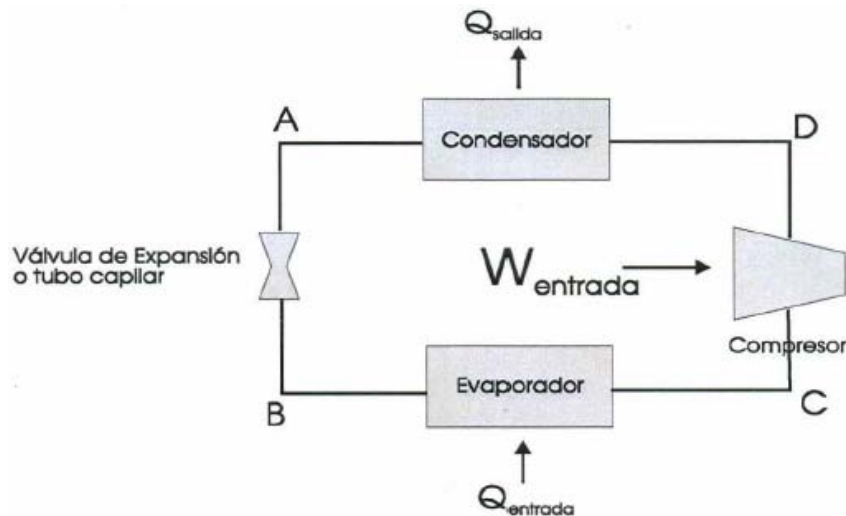


Fig. 3.4 ciclo de refrigeración saturado

Entonces el vapor refrigerante que sale del evaporador y entra al compresor es vapor saturado a la temperatura y presión vaporizante. El líquido refrigerante que sale del condensador y llega al control del refrigerante es un líquido saturado a la temperatura y presión del condensante.

3.3.2 Recomendaciones de Compresores de Refrigeración en Hielo y Refrigeración de Zacatepec S.A.de C.V.

De la evaluación de los 5 compresores, se determino que 3 de ellos tienen una baja eficiencia los cuales podrían ser reemplazados por equipos tipo tornillo, y tipo scroll.

Situación recomendada

Sustitución de compresores recíprocantes por compresores tipo tornillo.

Primero se presentara la opción para la sustitución de compresores recíprocantes por compresores tipo tornillo. Los cuales presentan mayor eficiencia. Considerar esta tecnología al reemplazar embobinado o si se requiere compresor.

- 1. En los compresores de tornillos:** dos rotores engranados giran en direcciones opuestas en el interior del alojamiento del compresor. En el lado de aspiración del compresor, el gas es llevado hasta la abertura de aspiración situada en el alojamiento, y pasa a la cavidad entre la pared del alojamiento y los dos rotores.

Debido a que los rotores giran en direcciones opuestas, la cavidad aumenta de tamaño y se mueve hacia adelante, introduciendo más gas hasta que la cavidad ha pasado la abertura de aspiración en el alojamiento.

En este momento, la cavidad comienza a reducir su tamaño, mientras continúa moviéndose hacia adelante en el compresor. Cuando la cavidad alcanza el lado de descarga del compresor, el gas comprimido es descargado a través de la abertura de descarga del alojamiento.

La eficiencia volumétrica es elevada, debido a que el espacio libre entre los rotores y las paredes de la caja es mínimo, no existe espacio libre alguno para válvulas. Virtualmente no tiene lugar desgaste alguno en los rotores, puesto que no se tocan entre sí, sino que solo hacen contacto con una película de aceite.

Su confiabilidad en cuanto al servicio, número reducido de partes móviles, mínimo de mantenimiento y baja vibración da por resultado que sea bien aceptado dentro de sus límites de tamaño. Se ofrecen en arreglos integrados de enfriamiento para agua, para utilizarse en los equipos de aire acondicionado, en la misma forma que los compresores centrífugos y reciprocantes

- 2. Compresores tipo Scroll.** Este tipo de compresores utilizan dos espirales para realizar la compresión del gas. Las espirales se disponen cara contra cara. Siendo la superior fija y la que incorpora la puerta de descarga. La inferior es la espiral motriz, Las espirales disponen de sellos a lo largo del perfil en las cargas opuestas. Estos actúan como segmentos de los cilindros proporcionando un sello de refrigerante entre ambas superficies, el centro del cojinete de la espiral y el centro del eje del cigüeñal del conjunto motriz están desalineados. Esto produce una excentricidad o movimiento orbital de la espira móvil, el movimiento orbital permite a las espirales crear bolsas de gas, y, como la acción orbital continua, el movimiento relativo entre ambas espirales, fija y móvil, obliga a las bolsas de refrigerante a desplazarse hacia la puerta de descarga en el centro del conjunto disminuyendo progresivamente el volumen.

Durante el primer giro o fase de aspiración, la separación de las paredes de las espirales permite entrar al gas, al completar el giro, las superficies de las espirales se vuelven a unir formando las bolsas de agua, durante el segundo giro o fase de compresión, el volumen de las bolsas de gas se reduce progresivamente, la finalización del segundo giro produce la máxima compresión, durante el tercer giro o fase de descarga, la parte final del scroll obliga al gas comprimido a salir a través de la puerta descargada.



Fig. 3.6 Entrada de gas frío.



Fig. 3.7 Ciclo de compresión.

En resumen, el compresor Scroll tiene las siguientes ventajas:

- Última novedad tecnológica.
- Funciona con dos espirales concéntricas.
- Al tener pocas partes móviles hay menos fricción, reduciendo el consumo de energía eléctrica y haciéndolos más silenciosos.
- El consumo de energía de un Compresor Scroll en aplicaciones de media temperatura o refrigeración, es 10 % menor que en los compresores reciprocantes.

Con estas ventajas mencionadas, se propone para las cámaras de conservación la sustitución de compresores reciprocantes por unidades tipo Scroll e independizar el sistema, es decir; para la cámara de conservación de barras de hielo se propone la aplicación de un compresor tipo Scroll y 2 unidades de

evaporación y para las cámaras de conservación de hielo de 5 Kg. Y para el almacén de cilindros grande de 5 kg un compresor tipo Scroll y 2 unidades de evaporación respectivamente.

Para las fábricas de cilindros de hielo y la fábrica de barras de hielo 1 y 2, se propone sólo hacer la sustitución de los compresores reciprocantes por tres unidades tipo tornillo de menor potencia eléctrica

3.3.3 Concepciones Generales sobre Mantenimiento en compresores

La Idea general del mantenimiento está cambiando. Los cambios son debidos a un aumento de mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades del mismo.

Objetivos del Mantenimiento Preventivo:

- Tomando en cuenta los requerimientos de ésta, los objetivos de Mantenimiento Preventivo se representa de la siguiente manera:
- Optimizar el tiempo y el costo de la ejecución de las actividades del Mantenimiento
- Mejorar las condiciones de personal con respecto a la seguridad en las instalaciones y también mejorar la conservación del medio ambiente.
- Identificación del equipo que origina gastos de Mantenimiento exagerados, pudiéndose señalar la necesidad de un trabajo de Mantenimiento Preventivo
- Mejorar la actividad de los equipos y del sistema.
- Alcanzar la reducción de los costos totales.

Nuevas Técnicas

Ha habido un aumento explosivo en los nuevos conceptos y técnicas del mantenimiento. Se cuentan ahora centenares de ellos, y surgen más cada vez. Estos incluyen:

- Técnicas De "condiciones de monitoreo"
- Sistemas Expertos
- Técnicas De Gestión De Riesgos
- Modos De Fallos Y Análisis De Los Efectos
- Fiabilidad Y Mantenibilidad

El problema al que hace frente el personal del mantenimiento hoy en día no es sólo el aprender cuáles son esas nuevas técnicas, sino también el ser capaz de decidir cuáles son útiles y cuáles no lo son para sus propias compañías.

Si elegimos adecuadamente, es posible que mejoremos la práctica del mantenimiento y a la vez contengamos e incluso reduzcamos el coste del mismo. Si elegimos mal, crearemos más problemas a la vez que haremos más graves los existentes.

Desde el punto de vista técnico, hay dos elementos que considerar en la gestión de cualquier elemento físico. Deben de mantenerse, y de vez en cuando puede que haga falta modificarlos.

Con ese registro, el supervisor puede observar cambios en la presión o temperatura que indican un mal funcionamiento del sistema. La corrección rápida evitara problema serios más tarde.

Hay que seguir haciendo inspecciones frecuente de la parte abierta de la carcasa entre el cilindro y el depósito de aceite, con una luz negra, para ver si hay contaminación arrastre de aceite del depósito.

Algunas los pasos a seguir son

1. Compruebe el nivel de refrigerante. DIARIO
2. Compruebe las presiones del evaporador y del condensador con las galgas y compruebe las lecturas . DIARIO

3. Examine el sistema entero para saber si hay condiciones inusuales. DIARIO
4. Examine el serpentín del condensador para saber si existe deterioro y corrosión. DIARIO
5. Compruebe que el sub-enfriamiento nunca debe estar por debajo -15.55° C. (4° F). DIARIO
6. Compruebe los registros de funcionamiento de la unidad. MENSUAL
7. Limpie todos los tamices de los sistemas de ductos. MENSUAL
8. Compruebe el tamaño de la gota de presión a través del filtro de aceite. MENSUAL
9. Sustituye el filtro de aceite si este lo requiere. MENSUAL
10. Refiérase a las tablas de servicio del fabricante para el sub-enfriamiento y sobrecalentamiento. MENSUAL
11. Compruebe el burbujeo del escape de la unidad, repare si es necesario. MENSUAL
12. Ajuste la carga del refrigerante de acuerdo con lo establecido por el fabricante. MENSUAL
13. Compruebe y registre el sistema de sub-enfriamiento. MENSUAL
14. Realice todos los procedimientos de mantenimiento semanal y mensual. ANUAL
15. Compruebe el nivel de la carga del refrigerante y del aceite (refiérase a los procedimientos de mantenimiento del fabricante. El cambiar el aceite rutinariamente no es necesario en un sistema hermético como es el caso). ANUAL
16. Haga que un laboratorio calificado realice un análisis del aceite para determinar el contenido de agua del sistema y el nivel de ácido. ANUAL
17. Examine todos los componentes de la tubería para saber si hay salida y/o daño. ANUAL
18. Limpie hacia fuera cualquier tamiz en línea. ANUAL
19. Limpie y repinte cualquier área que demuestre signos de corrosión. Anual

20. Pruebe la tubería del respiradero de todas las válvulas de descarga para la presencia del refrigerante para detectar las válvulas de descarga incorrectamente selladas. Substituya si es necesario. ANUAL
21. Examine y limpie los tubos del condensador para saber si es necesario cambiar. ANUAL
22. Examine y limpie el serpentín del condensador. ANUAL
23. Utilice una prueba no destructiva para los tubos del evaporador y del condensador para conocer su estado. 3 AÑOS.

3.3.4 Actividades para el mantenimiento preventivo del refrigerante y aceite

1. El mantenimiento debe realizarse por el personal técnico calificado. SEMANAL
2. Verifique los niveles del refrigerante; tome como referencia el burbujeo bajo del sub-enfriamiento. SEMANAL
3. Compruebe la temperatura y presión refrigerante del evaporador. SEMANA
4. Compruebe la temperatura y presión refrigerante del condensador. SEMANAL
5. Verifique el nivel de aceite del compresor. SEMANAL
6. Compruebe la línea del líquido en la mirilla de cristal. SEMANAL
7. Realice todos los procedimientos de mantenimientos de semanales. MENSUAL
8. Mida y registre el sistema de sobrecalentamiento. MENSUAL
9. Mida y registre el sistema de sub-enfriamiento. MENSUAL
10. Rote manualmente los ventiladores del condensador para asegurar la separación apropiada en las aberturas del ventilador. MENSUAL
11. Realizar todos los procedimientos de mantenimientos semanales y mensuales. ANUAL
12. Compruebe el nivel de aceite y la carga del refrigerante. ANUAL
13. Compruebe los controles de funcionamiento y seguridad. ANUAL
14. Examine los componentes eléctricos para saber si hay deficiencia. ANUAL
15. Examine las líneas de fluido para saber si hay salida o daño. ANUAL

16. Limpie hacia fuera cualquier tamiz en línea. ANUAL

17. Limpie y repinte cualquier área que demuestre indicios de corrosión.
ANUAL

18. Limpie los ventiladores del condensador. ANUAL

En conjunto aplicando las medidas de ahorro se tiene un ahorro en demanda de 9 kW, en Consumo un ahorro 4,752 kWh/año y un ahorro económico anual de \$ 23,808.708.

Para la aplicación de estas medidas se requiere una inversión de \$298,317.00 con lo que se tiene un tiempo de recuperación de 12.5años.

Conclusiones

En HIELO Y REFRIGERACION DE ZACATEPEC, se analizaron las siguientes oportunidades de mejora.

- **Convertidores de Frecuencia Variables (CFV).** Implementación CFV a motores eléctricos
- **Motores eléctricos.** Sustitución de motores estándar por motores de alta eficiencia.
- **Iluminación.** Sustituir las luminarias de tipo convencional que todavía se mantienen, por lámparas ahorradoras.
- **Compresores para refrigeración.** Se realizó el comparativo con las nuevas tecnologías de compresores para refrigeración y el análisis de ingeniería para el cambio y la implementación de aislamiento térmico en cámaras y tuberías
- **Control de demanda.** Automatización del control de demanda máxima en horario punta actualmente realizado en forma manual.

A continuación se desglosan las medidas propuestas para el ahorro de energía eléctrica

Resumen de Resultados

Los resultados globales muestran un potencial de ahorro en la facturación eléctrica siendo la medida de sustitución de motores y control de demanda las de mayores posibilidades de ahorro.

Con la aplicación conjunta de todas las medidas propuestas, obtenemos ahorros promedios de 145.33 kW en la demanda máxima mensual, 273,864 kWh al año.

En la siguiente tabla se hace mención del resumen del proyecto de ahorro de energía eléctrica total.

Sistema	Equipo	Ahorro de demanda (kW)	Ahorro en consumo anual (kWh/año)	Inversión (\$)	Ahorro anual	Periodo de recuperación
Variadores de frecuencia	Aplicación de variadores en motores	0.00	14,516	\$57,655.72	\$20,018.74	2.88
Motores eléctricos	Sustitución de motores estándar por motores de alta eficiencia	2.83	16,192	\$114,338.70	\$33,976.97	3.37
Sistema de iluminación	Sustitución de sistemas convencionales por equipo de alta eficiencia	4.65	17,062	\$90,658.89	\$32,708.43	2.77
Control de demanda	Sistema de control de la demanda automático	42.00	30,680	\$310,786.00	\$ 23,808.708	12.5
Totales		128.65	274,184	\$573,439.22	\$110,512.84	5.19

Tabla 1.1 Resumen del proyecto de ahorro de energía eléctrica total.

Por lo que se busca un consumo moderado de energía eléctrica y desarrollos sustentables mediante energías renovables, ya que por cada KW producido por una planta generadora en donde el principal energético son los combustibles fósiles, se emana al ambiente 650 gramos de bióxido de carbono.

Como se puede apreciar los resultados son interesantes en materia de ahorro de energía, y en caso de aplicar todas las medidas recomendadas, los beneficios resultantes en resumen son los siguientes:

- **Inversión total:** Se refiere al desembolso económico que se requerirá efectuar para aplicar las medidas de ahorro.
- **Ahorro total anual:** Es el monto económico a ahorrar mediante el sistema de tecnología ahorradora, aplicando las medidas mencionadas en el presente reporte.
- **Tasa interna de retorno:** Es un indicador de la rentabilidad del proyecto de inversión, el cual debe ser mayor a la tasa mínima esperada por el inversionista.
- **Valor presente neto:** Para que un proyecto resulte viable desde el punto de vista económico, el valor presente neto del flujo de efectivo debe ser mayor o igual a cero.
- **Beneficio costo:** Indica la relación que existe entre costos y beneficios, y en este sentido el proyecto presenta un valor de 0.93 veces el beneficio sobre la inversión.
- **Periodo de recuperación:** refleja el tiempo en que se paga la inversión la cual resultó ser de 5.19 años

Bibliografía

1. NOM-001SEDE 2005
2. Blanca Jiménez, Vicente, Aguilar Rico, Mariano. Iluminación y color. Ed. UPV, Valencia, 1995
3. Bratu N., (1992), Instalaciones eléctricas, Introducción a las instalaciones eléctricas, Alfa omega grupo editor, 2da. Edición, México D. F.
4. Diagnostico Energético para ahorro de energía eléctrica, Fide 2011

Referencias electrónicas

- <http://www.abb.com/product/ap/seitp322/e7b722a09e18e2bc44257767002f39e2.aspx>
- <http://goo.gl/iBE7k>