



■ ANTECEDENTES.

Con apoyo financiero del FIDE se realizó un diagnóstico energético de segundo nivel en las instalaciones industriales de Embotelladora de Puebla, S.A. de C.V., cuyo giro es la producción de bebidas carbonatadas. Esta empresa inició sus operaciones en 1990 y se encuentra ubicada en la calle de los Palos No. 35, San Pablo Xochimehuacán, Puebla.

El suministro de energía eléctrica de esta empresa es por parte de la C.F.E. con tarifa H-M, en media tensión para servicios con demanda superior a los 100 kW. En el siguiente cuadro se muestran los valores de energía eléctrica promedio anuales de la empresa:

CONSUMO (kWh/Año)	1,577.076
DEMANDA (kW)	507.25
FACTOR DE POTENCIA (%)	95.62
FACTURACION (\$/Año)	570.240

■ DESCRIPCION DEL PROCESO.

El suministro de agua en la planta se obtiene de un pozo de 100 metros de profundidad, el agua extraída se almacena en una cisterna, en esta etapa se realiza la cloración del agua con una concentración de 2 a 3 ppm.

De la cisterna, el agua se distribuye en dos partes, una es utilizada para satisfacer servicios generales de la planta y la otra se

pasa a filtrado, la cual es tratada en dos etapas en: un filtro de arena suave para remover sólidos en el agua y en un filtro de carbón activado para eliminación de olores y sabores indeseables.

El agua filtrada se pasa por un proceso de suavización, posteriormente es utilizada para lavado de calderas y enfriadores de amoníaco; la otra parte se pasa por filtros pulidores y después a un proceso de desalcalinización, donde se extraen bicarbonatos procurando no exceder 50 ppm.

El proceso de elaboración del jarabe se divide en dos etapas: jarabe simple y jarabe terminado. El jarabe simple consiste en la mezcla de agua proveniente del desalcalinizador y azúcar, además de benzoato de sodio como conservador; se pasa posteriormente a la etapa de jarabe terminado, donde se le adicionan los concentrados de frutas y un acidulante.

La siguiente etapa es la de llenado del producto, que consiste en la mezcla del jarabe con agua proveniente del desalcalinizador, después se procede a enfriar la bebida para pasar a la etapa de carbonatación, se envasa la bebida y se corona, para finalmente enviarla a control de calidad y ser empacado como producto terminado.

Previo al proceso de llenado de las botellas, se debe asegurar que estén completamente limpias para lo cual se les aplica un proceso de lavado y revisión, en el que se retiran botellas rotas o sucias y las restantes pasan a llenado.

## ■ DESARROLLO DEL PROYECTO.

Como resultado del diagnóstico energético realizado en las instalaciones de la empresa, se definieron las posibilidades de ahorro de energía eléctrica, bajo las cuales se aplicaron las medidas correctivas más rentables y que generarán los mayores ahorros de energía eléctrica.

De acuerdo al censo realizado por el personal de mantenimiento eléctrico y las capacidades nominales de los diferentes equipos, el porcentaje de electricidad que demanda nominalmente cada una de las áreas que lo conforman es el siguiente:

AREA	CARGA INSTALADA EN KW
LINEAS DE PRODUCCION	639.00
PREPARACION DE JARABES	35.00
TALLER AUTOMOTRIZ	22.00
OFICINAS	18.00
<b>TOTAL</b>	<b>714.00</b>

Para analizar las diferentes posibilidades de ahorro de energía, se realizó una evaluación del porcentaje que representa cada sistema con respecto al consumo de energía eléctrica total de la empresa:

SISTEMA	DEMANDA NOMINAL kW	PORCENTAJE %
ILUMINACION	109	15.26
REFRIGERACION	205	28.70
AIRE COMPRIMIDO	64	8.96
BOMBEO DE AGUA	125	17.50
GENERACION DE VAPOR	16	2.24
MOTORES	195	27.34
<b>TOTAL</b>	<b>714.00</b>	<b>100.00</b>

Como resultado de la evaluación anterior, se obtuvieron los potenciales de ahorro de energía de las áreas analizadas en Embotelladora de Puebla, que se muestran a continuación:

POTENCIALES DE AHORRO	
ILUMINACION	3.56%
AIRE COMPRIMIDO	4.20%
CONTROL DE DEMANDA	3.79%
REFRIGERACION	10.35%
BOMBEO DE AGUA GENERAL	6.74%
<b>TOTAL</b>	<b>28.64%</b>

## ■ AREAS DE OPORTUNIDAD.

### I. Optimización del Sistema de Alumbrado:

Esta medida consistió en sustituir lámparas



Slimline de 75 W por lámparas ahorradoras de 59 W T-8, lámparas Slimline de 39 W por lámparas ahorradoras de 30 W, lámparas incandescentes de 75 W por lámparas fluorescentes compactas de 18 W y lámparas de aditivos metálicos de 400 W por lámparas de vapor de sodio alta presión de 180 W, además de la instalación de reflectores especulares en el área de oficinas, con el fin de evitar la instalación de más equipos de iluminación.

DESCRIPCION DE LA MEDIDA	AHORRO ANUAL		
	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh)	IMPORTE (\$)
Medida aplicada en oficinas y planta, cambio de 162 lámparas Slimline de 75W por lámparas de 59 W T-8, blanco frío.	1.17	10,200	3,687.97
Medida aplicada en oficinas y planta, cambio de 107 lámparas Slimline de 2x39 W por lámparas de 30 W, blanco frío.	0.684	4,216	1,524.21
Medida aplicada en planta, cambio de 55 lámparas incandescentes de 75 W por lámparas compactas de 18 W.	0.80	6,858	2,479.61
Medida aplicada en exteriores, cambio de 25 lámparas de aditivos metálicos de 400 W por lámparas de sodio alta presión de 180 W.	5.50	27,500	9,943.04
Medida aplicada en oficinas, colocación de 36 reflectores especulares en las luminarias de 59 W.	1.68	4,717	1,705.57
Medida aplicada en oficinas, colocación de 40 reflectores especulares en las luminarias de 30 W.	0.78	2,621	947.59
<b>TOTAL</b>	<b>10.614</b>	<b>56,112</b>	<b>20,287.99</b>

## II. Optimización del Sistema Aire Comprimido:

Dentro de este sistema, se evaluó la posibilidad de sustituir dos compresores recíprocantes ineficientes de los tres que actualmente operaban, por un sólo com-

Otra medida que se aplicó consistió en la reparación de fugas del sistema de distribución, así como evitar el uso del aire para limpieza de las líneas de producción; estas medidas generaron los siguientes ahorros de energía eléctrica para la empresa:

MEDIDA APLICADA	AHORROS OBTENIDOS			INVERSION (S)	T.S.R. (Años)
	CONSUMO (kWh/Año)	DEMANDA (kW)	IMPORTE (S)		
Sustitución de dos compresores de tipo recíprocante de 25 HP cada uno por un compresor de tipo tornillo de 25 HP.	48,738	15.98	20,267.21	75,031.2	3.70
Reparación de fugas de aire que se tenían en las líneas de producción y evitar el uso del aire para limpieza.	17,552.76	11.51	7,299.14	NULA	INMEDIATO
<b>TOTAL</b>	<b>66,290.76</b>	<b>27.49</b>	<b>27,566.25</b>	<b>75,031.20</b>	<b>2.72</b>

presor de tipo tornillo, obteniendo como resultado una disminución en el consumo de energía eléctrica, mayor confiabilidad en la operación, suministro de aire al proceso y disminución directa de costos de mantenimiento.

Los dos compresores actuales con posibilidad de sustitución, tenían una potencia de 25 HP cada uno, los cuales se cambiaron por un solo compresor de tipo tornillo de 25 HP. Dejando como respaldo el tercer compresor de 10 HP en caso de falla o requisitos de mantenimiento.

Con la aplicación de esta medida, se obtuvieron como ventajas adicionales menor desgaste, menor espacio con respecto a los compresores recíprocantes y mayor confiabilidad en la operación.

Al realizar las dos acciones antes comentadas se generó el 4.8% de ahorro con respecto a la facturación promedio de energía eléctrica.

Con la sustitución de los compresores recíprocantes por uno de tornillo, se obtuvo un ahorro económico adicional equivalente a \$21,600 al año, por concepto de la diferencia de gastos de mantenimiento entre el equipo actual y el propuesto, lo cual disminuyó el tiempo simple de recuperación de la inversión a 1.52 años.

## III. Optimización del Sistema de Refrigeración:

En este sistema se detectaron algunas oportunidades significativas de reducción de consumos energéticos y costos de mantenimiento, las acciones recomendadas se mencionan a continuación:

#### SITUACION ACTUAL.-

Equipo: Condensadores evaporativos

- Cuando los compresores actuales que abastecen de aire a los pistones de las llenadoras salen de operación, por descuido de los encargados se dejan operando los motores de los ventiladores y de recirculación de agua de los condensadores.
- La capacidad de condensación no es suficiente cuando los tres equipos de refrigeración operan simultáneamente.

#### MEDIDAS A APLICAR.-

- 1) Cuando la línea de producción pare, se debe supervisar que todos los motores de los condensadores sean apagados instantáneamente para evitar consumos innecesarios de energía, para lo cual se puede instalar un control que desconecte estos equipos en dicha situación.
- 2) Instalar un nuevo condensador de mayor eficiencia, el cual permita sustituir los dos actuales, manteniendo la capacidad necesaria, de los compresores.

Esta medida permitió un 10.35% de ahorro con respecto a la facturación eléctrica promedio de energía eléctrica, los ahorros obtenidos fueron los siguientes: 41.6 kW de demanda, en ahorro de energía se tienen 163,344 kWh anuales, que a su vez representa un ahorro económico anual de \$59,065.19, la inversión para la aplicación de esta medida fue de \$85,705.92 y el tiempo simple de recuperación de la inversión de 1.45 años.

#### IV. Optimización de la operación de los motores eléctricos, a través de equipo de control:

##### SITUACION ACTUAL.-

La capacidad instalada de motores eléctricos de la empresa es de 195 kW, muchos de los cuales son bombas que pueden dejar de operarse por intervalos de tiempos importantes.

##### MEDIDA A APLICAR.-

Instalar un equipo automático de monitoreo que permita el control de los siguientes equipos que representan una carga instalada importante, para que no se permita que la demanda sobrepase los 451 kW:

- Bomba de pozo actual
- Bomba 1 y 3 del CCMG
- Bomba 1,2,12,13 y 14 del CCMD

Los beneficios obtenidos representaron el 3.79% de ahorro con respecto a la facturación eléctrica promedio de energía eléctrica, con un ahorro de 54.12 kW de demanda y un tiempo de recuperación simple de la inversión es de 1.60 años.

#### V. Sustitución de una bomba de agua:

##### SITUACION ACTUAL.-

Se pudo comprobar que debido al abatimiento del manto acuífero en el pozo, la bomba de 50 HP que suministra agua a la planta se encontraba sobredimensionada, ocasionando un consumo excesivo de energía eléctrica debido a que esta no operaba con un factor de carga superior al 60%.

## MEDIDA A APLICAR.-

Sustitución de la bomba actual de 50 HP por otra del mismo tipo, pero con una potencia de 15 HP, con el objetivo de que opere a un mayor factor de carga.

Los beneficios esperados con la aplicación de esta medida, representaron el 6.74% de ahorro con respecto a la facturación promedio de energía eléctrica y con un tiempo simple de recuperación de la inversión es de 1.91 años.

descritas fue de 141.764 kW en demanda, de 324,164 kWh/año en consumo, así como un ahorro económico anual de \$142,400.65, el cual equivale a un 24.97% de ahorro con respecto a su facturación eléctrica promedio.

A continuación se presenta el cuadro resumen de los proyectos realizados por Embotelladora de Puebla, en donde se pueden apreciar los beneficios obtenidos por cada tipo de proyecto realizado, así como sus respectivos periodos de recuperación de los mismos.

## ■ CONCLUSIONES.

El ahorro de energía eléctrica obtenido con la aplicación de las medidas anteriormente

RESUMEN DE AHORROS DE ENERGIA ELECTRICA.

AREA DE OPTIMIZACION	DESCRIPCION DE LA MEDIDA	AHORROS OBTENIDOS			INVERSION (\$)	T.S.R. (Años)
		DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh/Año)	IMPORTE (\$/Año)		
ALUMBRADO	Sustitución de lámparas actuales por lámparas de alta eficiencia.	10.614	56,112.00	20,287.99	44,000.00	2.17
AIRE COMPRIMIDO	Sustitución de dos compresores recíprocos por uno de tornillo y reparación de fugas de aire.	27.49	66,290.76	27,566.25	75,031.20	2.72
CONTROL DE OPERACION DE MOTORES	Instalación de un equipo automático de control y monitoreo.	54.12	—	21,589.63	34,560.00	1.60
REFRIGERACION	Instalación de un condensador evaporativo y apagado de los motores de los ventiladores y de recirculación de agua de los condensadores en tiempos muertos.	41.6	163,344.00	59,065.19	85,705.92	1.45
BOMBEO DE AGUA	Sustitución del motor de 50 HP por un motor de 15 HP	7.94	38,417.00	13,891.59	26,600.32	1.91
<b>TOTAL</b>		<b>141.764</b>	<b>324,163.76</b>	<b>142,400.65</b>	<b>265,897.44</b>	<b>1.86</b>