

■ ANTECEDENTES

Cardanes, S.A. de C.V., es una compañía dedicada a la fabricación y comercialización de flechas cardán pesadas y ligeras, así como sus componentes para la industria automotriz, y cuenta con más de 28 años de experiencia.

Cardanes inició sus actividades el 18 de octubre de 1971 en la Zona Industrial de la ciudad de Querétaro, a 200 km. al norte de la Ciudad de México y perfectamente conectada con el resto del país a través de una excelente infraestructura de transporte y comunicaciones. Forma parte de las empresas SPICER una de las divisiones del Grupo UNIK el cual conforma al sector de partes automotrices del consorcio Mexicano DESC. Dana Corporation copropietaria del 49 % de

las acciones del Grupo Spicer, es líder mundial en la producción de flechas cardán y sus componentes, abarcando el 33 % del mercado mundial de este producto.

Es patente la preocupación de Cardanes por mejorar constantemente sus procesos operativos y administrativos, mostrando un gran interés en mejorar el manejo de sus insumos, hecho que demuestra la ejecución del presente proyecto, el cual arroja resultados importantes en materia de ahorro de energía eléctrica.

■ PARAMETROS ELECTRICOS

Desde un principio el servicio de energía eléctrica ha sido suministrado por la Comisión Federal de Electricidad en tarifa horaria en media tensión HM. Su demanda

de potencia eléctrica oscila entre 1000 y 1500 kW, la demanda facturable mantiene un valor promedio de 1200 kW. El consumo de energía eléctrica promedia 522,300 kWh al mes, del cual el 11.5 % se da horario punta, 60 % en horario intermedio y 28.5 % en horario base. El factor de potencia se encuentra en valores apropiados, por arriba del 93 %. El índice energético de la planta es de 2.2 productos terminados por kWh.

El uso de la energía eléctrica es muy diverso dentro de esta empresa, pero se puede simplificar como lo muestra la figura siguiente. Los motores eléctricos son los principales consumidores, seguidos de los hornos de inducción y la iluminación.



Figura 1. Distribución de la carga instalada.

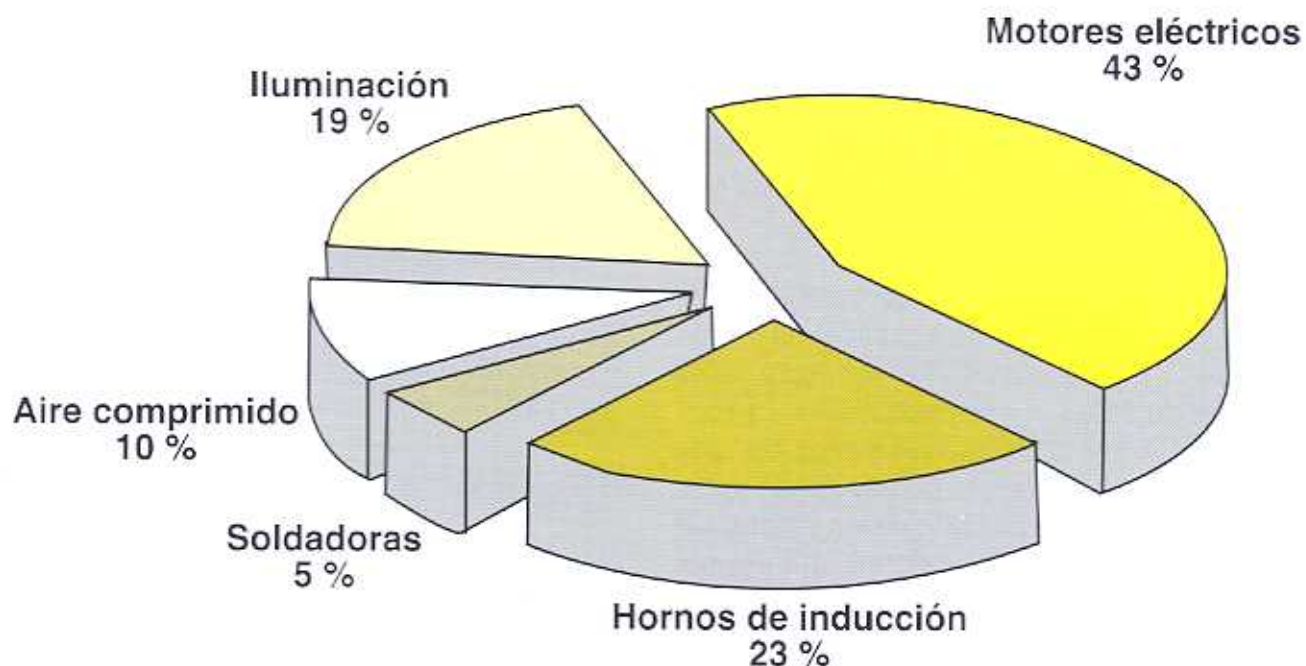
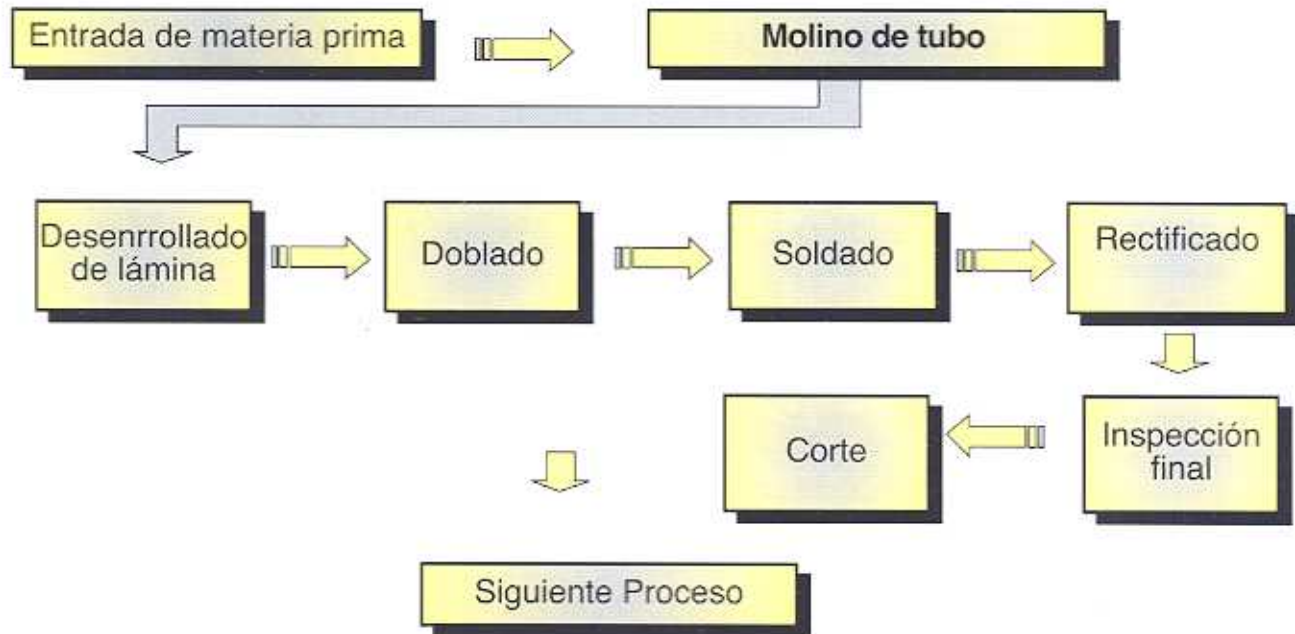


DIAGRAMA DE PROCESO



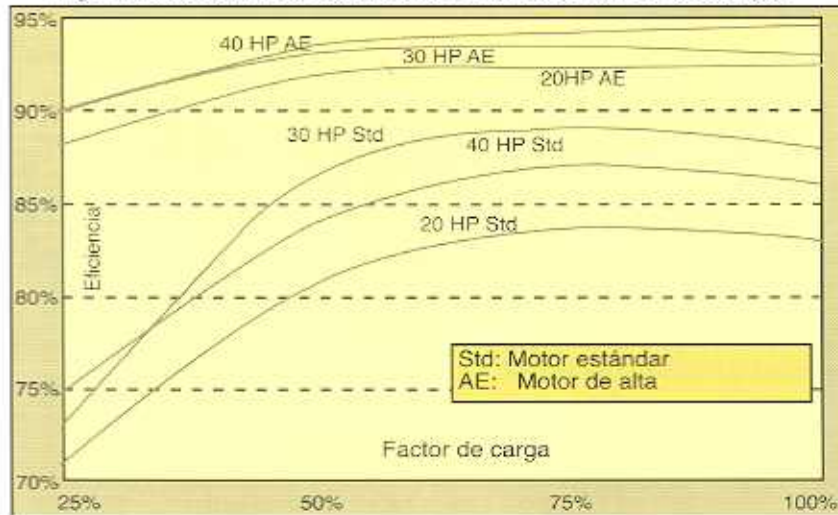
■ OPORTUNIDADES DE AHORRO

Sustitución de motores estándar por motores de alta eficiencia

Es evidente el gran impacto de los motores eléctricos en el consumo de energía, por tanto, resalta la importancia de identificar y evaluar oportunidades de ahorro de energía en ellos.

La siguiente gráfica presenta las curvas de eficiencia en función del factor de carga para 6 motores eléctricos de 1800 rpm. Las curvas superiores corresponden a motores de alta eficiencia de 20, 30 y 40 HP, las 3 inferiores son de motores estándar de las mismas potencias.

Figura 2. Gráfica de la eficiencia contra el factor de carga.



La potencia eléctrica que demanda un motor está totalmente relacionada con su eficiencia y con el factor de carga.

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 90 %.

Los resultados de las evaluaciones de los motores de alta eficiencia que sustituirán a los estándar actuales son relevantes, y en caso de aplicar la sustitución de alrededor de 32 motores importantes los beneficios serían los siguientes:

Tabla 1. Beneficios esperados por la sustitución de motores.

CONCEPTO	AHORRO EN DEMANDA (kW)	AHORROS EN CONSUMO (kWh/año)	AHORRO ECONOMICO (\$)	INVERSION TOTAL (\$) IVA INCLUIDO	PERIODO DE RECUPERACION (años)
Sustitución de 32 motores actuales ineficientes por 32 motores de alta eficiencia, que comprenden las diferentes capacidades de 5 a 60 HP.	26.24	235,571	148,369.55	386,462.00	2.60

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

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



Aplicación de Convertidores de Frecuencia Variable

El Convertidor de Frecuencia Variable (CFV) es un control para el motor de inducción tipo jaula de ardilla; que es el motor más económico, sencillo y robusto, además es el más utilizado en la industria e instalaciones en general. Es el único control que suministra la potencia, permite la variación de velocidad en el motor sin ningún accesorio extra entre el motor y la carga, y es una excelente protección al mismo.

Esta medida para ahorrar energía consiste en acoplar convertidores de frecuencia variable a algunos motores eléctricos que operan en carga variable, particularmente en las máquinas 12, 444, 361, 362, 363, 364. En este caso, los resultados por la aplicación de esta medida de ahorro son muy interesantes como se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 2. Ahorros de energía, inversión, instalación y evaluación económica

Equipo	Ahorro en demanda (kW)	Ahorro en consumo (kW/h)	Ahorro anual Total (\$) (Sin IVA)	Inversión (\$) (Sin IVA)	Amortización (años)
M-12	1.87	42,847	\$29,993.62	\$55,862.81	1.86
M-444	1.20	26,611	\$20,705.21	\$55,862.81	2.70
Bomba de servicio	0.67	27,579	\$18,347.28	\$49,839.28	2.72
M-361	0.14	4,424	\$2,977.53	\$18,673.52	6.27
M-362	0.16	5,176	\$3,483.71	\$18,473.52	5.30
M-363	0.16	4,977	\$3,349.72	\$14,390.35	4.30
M-364	0.14	4,424	\$2,977.53	\$14,390.35	4.83
Total	4.34	116,037	\$81,834.59	\$227,492.63	
Promedio					2.78

Al utilizar los CFV como método de control, es posible eliminar la inversión inicial de cualquier tipo de arrancador y protección del motor, ya que hacen la 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 sus ventajas es la disminución en los costos de mantenimiento, y los equipos acoplados se someten a un menor desgaste; en algunos casos se puede llegar a duplicar la vida útil de los equipos.

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

- Proporcionan un arranque lento y suave.
- Tiempos de aceleración y desaceleración ajustables.
- Amplio intervalo 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.
- Incremento de la productividad.
- Reducción de los costos de producción.

Sistemas de iluminación

El alumbrado de la planta Cardanes está constituido por sistemas de iluminación de diferentes tipos:

- Fluorescentes,
- Incandescentes,
- Lámparas de alta intensidad de descarga (principalmente luz mixta).



SITUACION ACTUAL

Tipo de tecnología.- Predomina el uso de lámparas fluorescentes Slim Line 215 W, 75 W y 39 W (de arranque instantáneo) y las de luz mixta autobalastadas, este tipo de lámparas han quedado rezagadas en el desarrollo tecnológico de la iluminación, de tal manera que su eficacia lumínica es realmente baja, como se indica a continuación.

Tabla 3. Características de las lámparas instaladas inicialmente

Tipo de Lámpara	Tipo de Luminario	Lúmenes	Potencia	Eficacia (Lúmenes/Watt)
Fluorescentes 75 W	1x75 W	5,450	90	61
Fluorescentes 75 W	2x75 W	10,900	180	61
Fluorescentes 39 W	Cajon 2x39 W	2,500	102	25
Aditivos Metálicos de 400 W	Campana Industrial	33,000	455	73
Vapor de mercurio 400 W	Campana Industrial	22,500	455	49
Incandescentes 500 W	Campana Industrial	10,100	500	20
Incandescentes 100 W	Foco común	1,410	100	14
Incandescentes 150 W	Foco común	2,200	150	15
Incandescentes 50 W	Spot	440	50	9

Tabla 4. Distribución energética y económica actual

Sistema	Número de luminarias	Potencia demandada (kW)	Consumo de energía (kWh)	Costo, mes (\$)	Costo, año (\$)
Fluorescente	583	160	57,817.64	\$47,709.93	\$658,397.03
Incandescente	16	1	322.56	\$272.92	\$3,766.30
Alta intensidad de descarga	159	73	25,635.12	\$21,190.33	\$292,426.55
Total	758	234	83,775.32	\$69,173.18	\$954,589.88

Por lo anterior, se propuso la sustitución del sistema actual de iluminación fluorescente, T-12 de 215 W, 75 W y 39 W, por sistema de lámparas ahorradoras, T-8 de 32 W, se utiliza la misma luminaria y se instalará un balastro electrónico de alta eficiencia.

También se pretende reemplazar el sistema de alta intensidad de descarga de lámparas de vapor de mercurio de 400 W, por lámparas de aditivos metálicos de 250 W, se utiliza la misma luminaria. Además, se considera cambiar la luminaria tipo reflector de vapor de mercurio 400 W por luminaria de vapor de sodio de alta presión de 250 W.

Po último, se determinó cambiar las lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas de 17 y 18 W.

La evaluación realizada arroja que se obtendrán los siguientes ahorros energéticos:

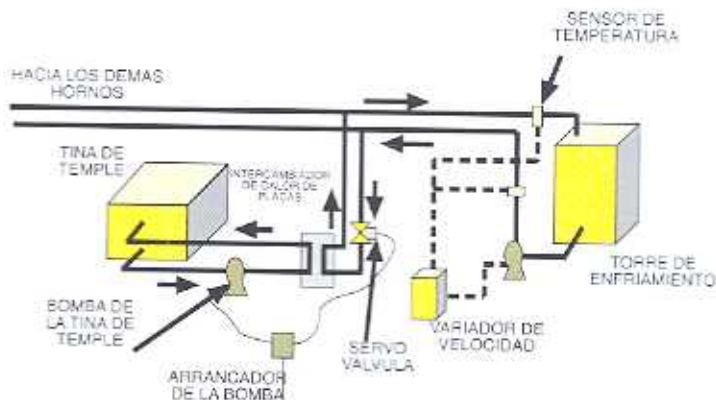
CONCEPTO	AHORRO EN DEMANDA (kW)	AHORROS EN CONSUMO (kWh/año)	AHORRO ECONOMICO (S)	INVERSION TOTAL (S) IVA INCLUIDO	PERIODO DE RECUPERACION (años)
Optimización del sistema de iluminación por de alta eficiencia, fluorescentes de 6X32 W con reflector especular, 4X32 W y 2X32 W, lámparas de intensidad de descarga aditivos metálicos 250 W misma luminaria, fluorescente compacta 15 W e instalación de fotoceldas.	117.95	486.680	565,845.18	798,268.47	1.41

Automatización de la recirculación de agua de enfriamiento

Actualmente, el enfriamiento del líquido de temple en los hornos mencionados se realiza por medio de un circuito cerrado que recircula el fluido a través de un intercambiador de placas. El líquido refrigerante es agua que proviene de la torre de enfriamiento con una temperatura promedio de 16 °C. La recircu-

lación se realiza a través de una bomba centrífuga de 20 HP, 3F, 3225 rpm y 60 Hz.

Independientemente de la temperatura en la tina de temple, la recirculación del agua de torre es continua, no así la recirculación del fluido de la tina, la que se interrumpe en función de la temperatura de la misma.



La propuesta consiste en automatizar la circulación del agua de torre a los 4 intercambiadores de calor. De tal forma que sólo cir-

cule agua de enfriamiento de la torre por el intercambiador de placas cuando la bomba de la tina de temple este funcionando.

Así, cuando el relevador de las bomba salga de operación, mandará la señal de cierre a la servo-válvula; y viceversa, cuando arranque la bomba de la tina de temple, la servo-válvula tomará la señal y se abrirá el circuito.

Asimismo, es necesario colocar el variador de velocidad en la bomba de la torre de enfriamiento con un sensor de temperatura a la entrada y salida de la torre, el sensor mandará la señal al variador de velocidad y, en función de la temperatura, se aumentará o disminuirá la velocidad de la bomba. Entre más cercana sea la temperatura de retorno a la de salida de la torre, menor será la necesidad de flujo y menor la potencia requerida. En caso contrario, se programará el sistema para suministrar el flujo requerido.

Con esto se reduce el gasto de agua de enfriamiento y la presión de descarga que se le solicite a la bomba, logrando ahorro en el consumo eléctrico del conjunto. Es recomendable realizar esta misma operación en todos los puntos donde se utilice agua de enfriamiento. La aplicación de este proyecto traerá un ahorro de 3.69 kW y de 46,760 kWh, implicando un beneficio económico de \$33,833.20 de ahorro anual. Su ejecución requiere una inversión de \$90,319.85 que serán recuperados en 2.33 años.

CONCEPTO	AHORRO EN DEMANDA (kW)	AHORROS EN CONSUMO (kWh/año)	AHORRO ECONOMICO (\$) IVA INCLUIDO	INVERSION TOTAL (\$) IVA INCLUIDO	PERIODO DE RECUPERACION (años)
Automatización de la recirculación de agua de enfriamiento de torre a sistemas de enfriamiento de agua de las tinas de templado.	3.69	46,760	38,833.20	90,319.85	2.33

■ CONCLUSIONES

Los resultados globales muestran un potencial para ahorro de energía eléctrica del orden del 15 %, siendo el sistema de iluminación el de mayores posibilidades, seguido de la aplicación de motores eléctricos de alta eficiencia, luego por la incorporación de convertidores de frecuencia variable y por último, la automatización del agua de enfriamiento.

CONCEPTO	AHORRO EN DEMANDA (kW)	AHORROS EN CONSUMO (kWh/año)	AHORRO ECONOMICO (\$) IVA INCLUIDO	INVERSION TOTAL (\$) IVA INCLUIDO	PERIODO DE RECUPERACION (años)
Sustitución de 32 motores actuales ineficientes por 32 motores de alta eficiencia, que comprenden las diferentes capacidades de 5 a 60 HP.	26.24	235,571	148,369.55	386,462.00	2.60
Optimización del sistema de iluminación por de alta eficiencia, fluorescentes de 6X32 W con reflector especular, 4X32 W y 2X32 W, lámparas de intensidad de descarga aditivos metálicos 250 W misma luminaria, fluorescente compacta 15 W e instalación de fotoceldas.	117.95	486,680	565,845.18	798,268.47	1.41
Acoplamiento de 7 convertidores de frecuencia variable en motores eléctricos, con las siguientes capacidades: 2 de 50 HP, 1 de 25 HP y 4 de 7.5 HP.	4.34	116,037	94,109.78	261,616.53	2.78
Automatización de la recirculación de agua de enfriamiento de torre a sistemas de enfriamiento de agua de las tinas de templado.	3.69	46,760	38,833.20	90,319.85	2.33
TOTAL	152.22	885,048	847,157.71	1,536,666.85	1.81