

**■ Introducción:**

Conscientes de la necesidad de lograr la competitividad exigida por la globalización mundial de la economía y de la industria de baterías eléctricas para automóvil, Acumuladores Monterrey, S.A. de C.V. con el soporte del Fideicomiso para el ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), ha incluido en sus programas de acción la optimización del uso de energía en sus instalaciones, con el propósito de reducir tan drásticamente como sea posible, sus costos y las inversiones para su mejor

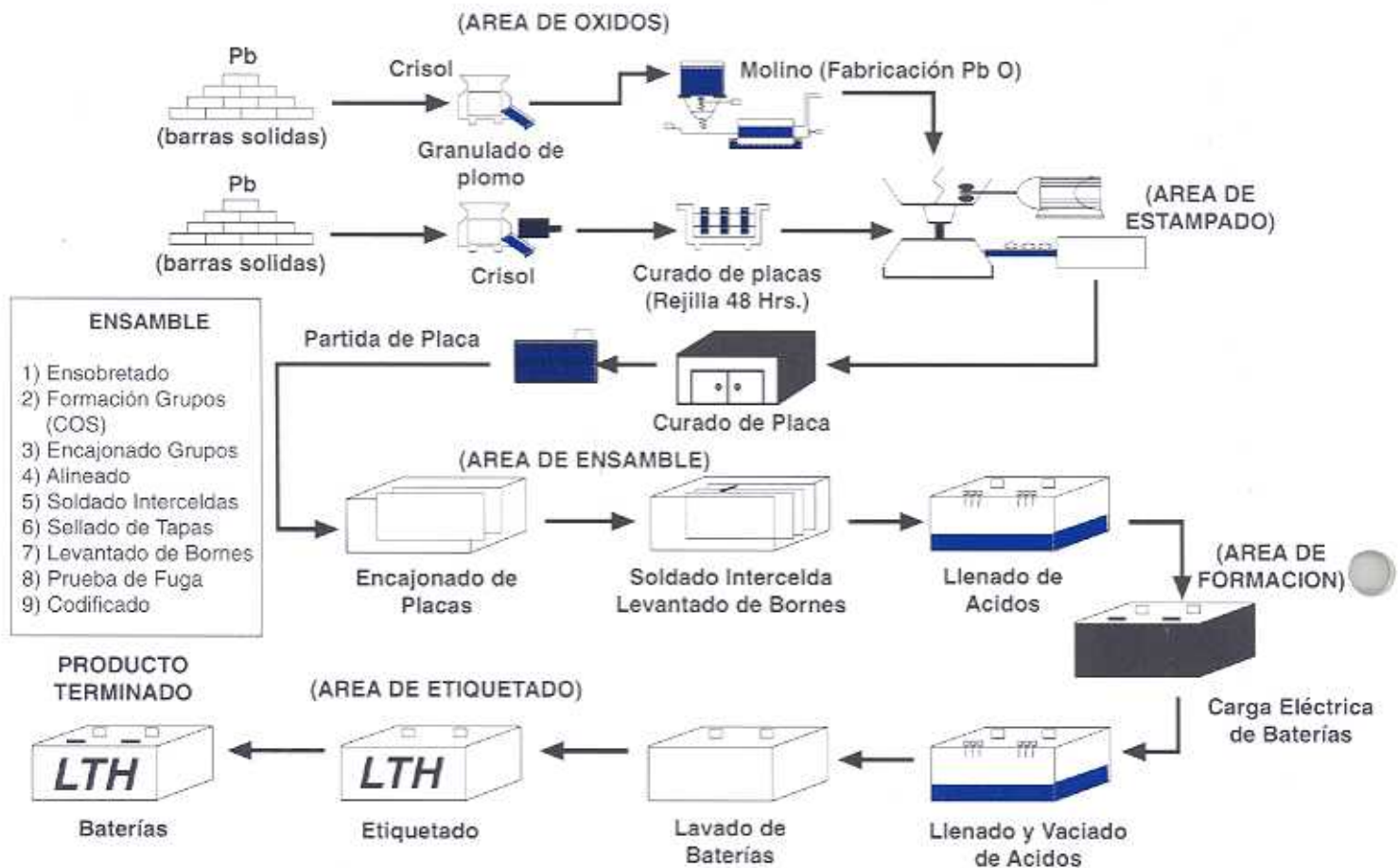
aprovechamiento, pero también para mejorar las condiciones ambientales y la calidad de sus productos.

■ Antecedentes:

La planta de Acumuladores Monterrey, S.A. de C.V., se encuentra ubicada en la Ciudad Industrial de Celaya, Gto. Es una empresa dedicada a la fabricación de baterías eléctricas para automóviles de cualquier marca, aportando el 25 % de la producción nacional en promedio (información proporcionada por CANACINTRA).

Para la fabricación de baterías son necesarios una serie de pasos que se ilustran a continuación:

DIAGRAMA DE PROCESO



■ Situación energética:

La empresa está conectada a la tarifa horaria (H-M), registrando en los últimos años los siguientes valores promedio mensuales.

■ Consumos específicos:

Los consumos específicos se ven fuertemente afectados por la gran variedad de productos y los frecuentes cambios de

Año	Demanda punta (kW)	Demanda base (kW)	Demanda facturable (kW)	Consumo punta (kWh)	Consumo base (kWh)	Consumo total (kWh)	F. P. (%)
1993	2,175	2,192	2181	172,992	925,722	1'098,714	88.87
1994	2,316	2,383	2331	185,385	1'012,749	1'198,134	83.68
1995	1,928	1,965	1941	146,713	826,566	973,279	85.66



producción, provocando consumos energéticos elevados, pero desde luego se comprende que esta circunstancia está dada por la misma naturaleza del mercado mexicano.

Basados en el historial de los tres últimos años, podemos establecer de forma global que el consumo específico total más bajo que se ha logrado es de 10.6 kWh/batería, aunque los promedios para 1994 y 1995 son de 16.2 y 14.0 kWh/batería respectivamente.

■ Desarrollo del proyecto:

Se inició con el compendio de los consumos energéticos y cuantificación de equipos para después con mediciones y observaciones, identificar las áreas de oportunidad en los departamentos productivos y de servicios que representan la parte fundamental del consumo de energía eléctrica.

Basándose en el análisis de la información recopilada se detectaron las áreas de oportunidad, determinando los ahorros potenciales e inversiones correspondientes en función de las estimaciones técnico-económicas, enmarcando en el conjunto de ellas, la prioridad de implementación de los pasos recomendados.

■ Areas de oportunidad:

Cerrar compuertas del extractor principal en horas de comida

El Extractor Principal opera las 24 horas del día con las compuertas totalmente abiertas; sin embargo, el proceso de extracción en la nave industrial no es necesario en horario de comida, lo cual equivale a 2 horas diarias. Debido a lo anterior, se propone cerrar la

compuerta al 100% en horas de comida lo cual reditúa en el descenso de la potencia necesaria del motor en un 53%. Esta medida produce ahorros de 5,808 kWh/mes, equivalentes a \$8,510/año sin necesidad de realizar alguna inversión dado que la operación es manual.

Eliminar fugas de aire comprimido

Se detectaron fugas de aire comprimido en diversas áreas del proceso, por lo que se recomienda dar un continuo mantenimiento a las líneas del sistema de aire para evitar desperdicios innecesarios de energía en compresores. Llevar a cabo esta medida proporcionará ahorros superiores a los \$10,180/año sin implicar gastos adicionales dado que éstos son incluidos en los programas de mantenimiento.

Uso de bandas eficientes (dentadas)

El empleo de bandas dentadas puede ofrecer, en el mejor de los casos, ahorros energéticos del 3 al 4 % con respecto a las bandas lisas, debido a la reducción de pérdidas por deslizamiento entre la banda y las poleas. Considerando conservadoramente un ahorro de 1.5%, la estandarización del uso de bandas dentadas en transmisiones de aproximadamente 20 motores, nos genera ahorros de 2.87 kW y 1,767 kWh/mes, lo que representa \$3,610/año. La mayor vida útil de la banda dentada es equivalente a la inversión adicional, por lo que el tiempo simple de recuperación es inmediato.

Control distribuido del factor de potencia

El bajo factor de potencia registrado en los últimos tres años ha ocasionado innu-

merables y cuantiosas multas, por lo que se propone elevarlo a 95% con base en un control distribuido de capacitores. Esta estrategia consiste en corregir el F.P. motor a motor, es decir, conectar la cantidad adecuada de capacitores para cada motor a fin de que cada uno de ellos opere con un alto factor de potencia, ayudando a reducir las pérdidas internas de distribución (pérdidas por efecto Joule) y con ellas, un ahorro en energía activa. El total de reactivos requeridos para elevar el F.P. es de 605 kVARc. Esta medida proporciona ahorros de 5,450 kWh/mes que aunados a la eliminación de las multas y la obtención de bonificaciones por un buen factor de potencia representan beneficios de aproximadamente N\$146,130 /año, recuperables en un periodo de 0.6 años.

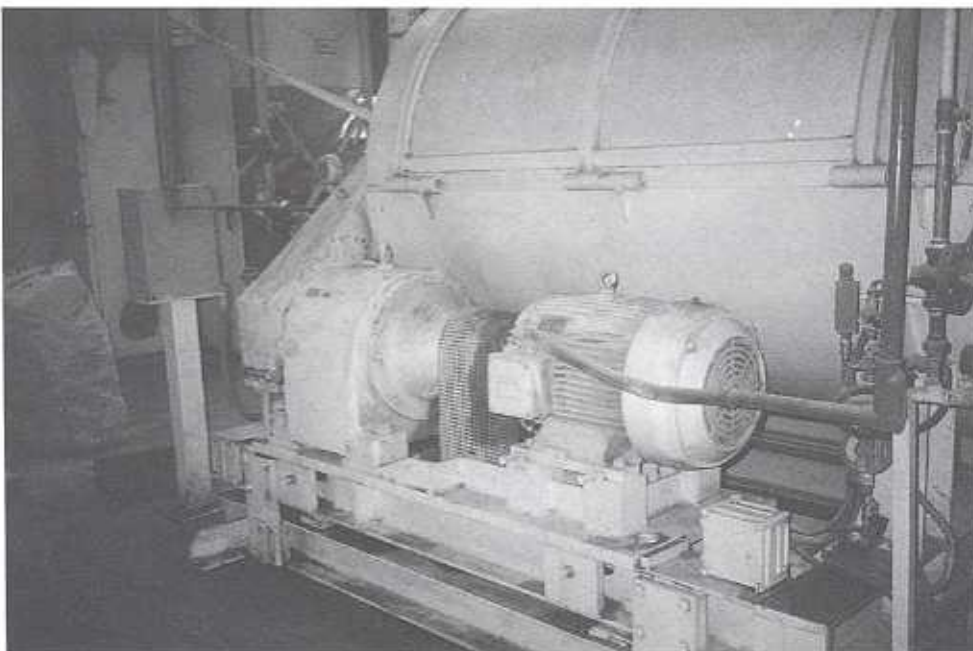
Distribución de capacitores para la reducción de distorsiones armónicas en la Subestación 2

Detallados análisis demostraron que el transformador de 1,500 kVA ubicado en la subestación 2, presenta distorsiones armónicas, las cuales son considerablemente incrementadas por la concentración excesiva de los capacitores. Dichas distorsiones son tan intensas que generan importantes resonancias en el sistema manifestándose con calentamientos en el dieléctrico del capacitor y en el cableado del sistema, ocasionando

la destrucción de los capacitores y el deterioro de los cables. Se propone hacer una distribución de 190 kVAc al transformador de 3,750 kVA, y 120 kVARc al transformador de 2,500 kVA; los principales beneficios se obtienen por evitar daños a los capacitores y a las líneas de alimentación, así como por la reducción de pérdidas eléctricas en los transformadores de 2,500 kVA y 3,750 kVA. Así tenemos ahorros en demanda de 6 kW, en consumo de 4,018 kWh/mes, económicos de \$24,050 /año con una inversión de \$23,000 y un T.R. de 1 año.

Instalación de ductos de entrada de aire fresco al compresor

La entrada de aire a los compresores se encuentra a un costado de los motores, lo que ocasiona que el aire de admisión incremente su temperatura de tal manera que reduce la eficiencia del compresor en 1.9%. Para evitar la reducción de la eficiencia se recomienda instalar ductos a la entrada del compresor para que proporcionen aire





fresco. Llevar a cabo esta medida produce ahorros de 2.22 kW y 1,554 kWh/mes, con beneficios económicos de \$3,090 /año y con una inversión recuperable en aproximadamente un año.

Los tragaluces proveen iluminación gratis

La iluminación adecuada durante el día en las áreas de producción y en los almacenes disminuye notoriamente la necesidad de encender los sistemas de alumbrado con la limpieza o el cambio de algunos tragaluces. Conociendo lo anterior, se propone realizar un cambio de tragaluces con el objeto de economizar energía eléctrica, así como mejorar el ambiente de trabajo de la planta. Esta acción reportó que la iluminación eléctrica solamente se requiere un 20% del tiempo en que exista luz solar; los ahorros por demanda son 21 kW, en consumo de 37,377 kWh/mes, económicos de \$62,983 / año con una inversión de \$95,420 y un T.R. de 1.5 años.

Sustitución de motores estandar por motores de alta eficiencia

La planta cuenta con motores viejos de baja eficiencia, por lo que se sugiere que éstos sean removidos por otros de alta eficiencia. Para llevar a cabo esta medida se contemplan 2 situaciones: sustitución o cambio de motores con la adecuación de potencias requeridas simultáneamente. La sustitución se realiza cuando el motor debe ser retirado por falla y, en lugar de comprar un motor del mismo tipo, se sustituye por uno de alta eficiencia; la diferencia de precio de un motor estándar y otro de alta eficiencia es la cantidad empleada para calcular el T.R. El cambio es cuando se reemplaza un mo-

tor que aún opera sin necesidad que se presente una falla recuperando un 10% del costo del motor (solo con ciertos proveedores). Para esta medida se consideran 41 motores y produce ahorros en demanda de 85.57 kW, en consumo de 54,838 kWh/mes, económicos de \$111,272 /año; con una inversión de \$478,330 y un T.R. de 0.8 años por sustitución y de 3.9 años por cambio.

Control de la demanda eléctrica en periodo punta

La planta cuenta con tarifa horaria, por lo que existen periodos punta y base. El periodo punta es de las 18 a las 22 horas de lunes a sábado y se caracteriza por tener un costo de energía más elevado, por lo que se sugiere implementar un dispositivo llamado Control de Demanda, el cual supervisa las cargas conectadas y las demandas totales acumuladas, evitando llegar a valores cercanos a los máximos establecidos a través de señales que desconectan cargas. Un amplio análisis de la operación de las cargas del proceso con el personal de producción mostró la posibilidad de controlar un promedio de 302 kW en periodo punta, de este modo se obtendrán ahorros en demanda de 183 kW, económicos de N\$79,060 /año; con una inversión de \$185,000 y un T.R. de 2.3 años.

Sustitución de lámparas fluorescentes de 2x75W por fluorescentes de 2x60W eficientes

La sustitución del sistema 2x75W actual por el sistema 2x60W de alta eficiencia representa una importante reducción en la carga instalada y en consumo de energía sin desvirtuar la calidad luminosa. Esta



medida genera ahorros de 2.3 kW y 1,100 kWh/mes, que representan beneficios económicos de \$2,450 /año; con una inversión de \$7,160 y un T.R. de 3.0 años. La inversión incluye 96 lámparas de 60W con balastro electrónico, más el costo de la instalación.

A continuación se muestra una tabla Resumen de Ahorro - Inversión de las medidas detectadas en el diagnóstico energético y recomendadas para su implementación.

AREAS DE OPORTUNIDAD	Ahorro energético		Ahorro Económico		Inversión N\$	T.S.R. (años)
	Demanda	Consumo	Total			
	(kW)	(kWh/m)	(N\$/a)	(%)		
Cerrar compuertas del extractor principal en horas de comida.	0	5,808	8,510	0.30	0	Inmediato
Eliminar fugas de aire comprimido.	7	5,110	10,179	0.36	0	Inmediato
Uso de bandas eficientes (dentadas).	3	1,767	3,615	0.13	0	Inmediato
Control distribuido del factor de potencia.	0	5,450	146,129	5.20	82,280	0.6
Distrib. de capacitores para reducir las distorsiones armónicas	6	4,018	24,056	0.86	23,000	1.0
Ductos de entrada de aire fresco a los compresores.	2	1,554	3,094	0.11	3,500	1.1
Tragaluzes proveen iluminación gratis.	21	37,377	62,983	2.24	95420	1.5
Sustitución por motores de alta eficiencia.	86	54,838	111,272	3.96	478,330	0.8 a 3.9
Control de la demanda eléctrica en periodo punta.	183	0	79,057	2.81	185,000	2.3
Sust. lámp. estandar de 2x75W por lámp. efic. de 2x60W.	2	1,100	2,454	0.09	7,162	2.9
Total	310	117,022	451,349	16.06	874,692	1.9

■ **Otras medidas detectadas en AMSA como resultado del diagnóstico energético:**

Sustitución de lámparas fluorescentes de 2x39W por fluorescentes de 2x32W eficientes

La sustitución del sistema 2x39W por el sistema 2x32W representa una importante reducción en la carga instalada y en consumo de energía sin desvirtuar la calidad luminosa. Esta medida genera ahorros en demanda de 10.5 kW, en consumo de 5,110 kWh/mes, económicos de \$11,400 /año; pero con una inversión de \$65,400 recuperables

en 5.7 años. La inversión incluye 698 lámparas de 32W con balastro electrónico más el costo de la instalación. Será conveniente revisar nuevamente esta alternativa una vez que bajen los costos por importación de tecnología de punta.

Instalar un variador de velocidad ajustable en el extractor principal

La instalación de un variador de velocidad proporcionaría un ahorro del 95% en la potencia del motor en los periodos de baja carga, evitando parar por completo y por ende, eliminar los picos de arranque. Actualmente, el sistema carece de

compuertas de control en las ramificaciones que alimentan a los equipos de proceso, por lo que sería necesario incluir su costo en el proyecto. Es importante analizar nuevamente esta medida, una vez hecha la instalación de un segundo extractor principal para la ampliación.

Incrementar la capacidad de subestación

Para el proyecto de ampliación de la planta, se requiere la instalación de un segundo extractor principal con una carga de 300 HP, por lo que se examinó la necesidad de construir una subestación especial para la ampliación. Basados en los perfiles de carga obtenidos a través de las mediciones realizadas en cada uno de los transformadores, se descubrió que dos de los tres transformadores actuales tenían capacidad suficiente lo que evitó realizar una inversión innecesaria por el momento.

Instalar un Control de Demanda para controlar las cargas de los cargadores de baterías

Una de las áreas de mayor consumo eléctrico es la de cargadores de baterías, por lo que se buscó incluir estas cargas en el control de demanda. Una vez analizados los ciclos de cargado de las baterías, se detectó que duran más de 24 horas, por lo que se estableció con el personal de la planta, la posibilidad de interrumpir el ciclo por un lapso de 4 horas diarias (período



punta). Como el ciclo de cargado es un proceso químico en donde las reacciones de los ácidos dependen directamente del tiempo y de la intensidad de carga, cualquier interrupción del ciclo afectaría la calidad del producto; por lo que, dadas las condiciones de operación no fue posible incluir por el momento las cargas de cargadores, aunque sería importante dar una nueva revisión una vez que se establezcan e implanten los programas de calidad y productividad.

Sustituir los cargadores de baterías existentes por equipos de mayor eficiencia

Actualmente la planta cuenta con dos tipos de cargadores de baterías, en su mayor parte son de tipo automático y programable, pero aún existen algunos de tipo manual, los cuales se pretendía cambiar por equipos de mayor eficiencia. Consultando con el proveedor contactado por la misma empresa de AMSA, se evaluaron las ventajas y desventajas del equipo en cuestión. El análisis demostró que realmente se tenían beneficios sobre el cargador de tipo manual,

pero no así con respecto al de tipo automático, por lo que manifestándolo con el personal, se decidió realizar los reemplazos de los cargadores de tipo manual por los de tipo automático existentes, teniéndose la ventaja de ser más eficiente, incluirse en el programa actual de control, manejar una misma marca con la reducción de costos de stock de refacciones en almacén, además de contar con una mayor facilidad de operación.

Sustituir lámparas de vapor de mercurio por lámparas de vapor de sodio

La planta se ilumina con una gran cantidad de lámparas de vapor de mercurio de 400W; siendo éstas de mediana eficiencia, se indagó la posibilidad de sustituirlas por otras de vapor de sodio alta presión. Teniendo como referencia que los niveles actuales de iluminación son los adecuados para las áreas de trabajo (conforme a Normas de Iluminación), para mantener los mismos niveles de luz, técnicamente, la lámpara más adecuada sería la de vapor de sodio de 360W.

■ Conclusiones:

El diagnóstico energético permitió evaluar las medidas con los potenciales suficientes que colocarán a la empresa en los niveles de más ALTA EFICIENCIA en el ramo de BATERIAS ELECTRICAS, aunque es conveniente resaltar que los Programas de Innovación implementados por la planta han demostrado ser efectivos para la obtención de una significativa reducción

de los consumos específicos que se habían obtenido en años anteriores. Esta acción alcanzó en el mejor de los casos, el logro de una reducción en el consumo específico del 31%. De igual manera, la implementación de las acciones recomendadas en el diagnóstico representaran un ahorro del 16% de la facturación eléctrica (\$ 450,000 al año), para lo cual se requiere realizar una inversión amortizable en un periodo de aproximadamente 2 años.

Actualmente la empresa de Acumuladores Monterrey, S.A. de C.V., ya ha implementado varias de las acciones recomendadas, como: Uso de Bandas Dentadas en la mayor parte de las transmisiones por poleas; Distribución de Capacitores para la Reducción de Distorsiones Armónicas; Uso de Tragaluces en todas las áreas del proceso y Almacenamiento de Productos para el mejor aprovechamiento de la luz solar; Instalación de Motores de Alta Eficiencia en equipos de uso intensivo, ratificándose por la implementación de los mismos, los potenciales estimados de ahorro de energía (43,000 kWh/año) y económicos (\$ 90,600/año). De la misma manera está en proceso de realizar las acciones de Control distribuido del Factor de Potencia y el Control de la Demanda en periodo punta principalmente.

Los beneficios obtenidos por la implementación de un programa permanente de ahorro energético en el Programa de Innovación de la empresa, ha demostrado tener importantes resultados tanto económicos como emotivos para el personal de la planta, que propician la búsqueda de metas mayores de productividad y calidad total.