



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
INGENIERÍA MECÁNICA.**

Diagnostico energético en la planta de proceso de la empresa NICASAL S.A.

AUTORES

Br. Enixon Alejandro Ramos.

Br. Darwing Gabriel Figueroa Zapata.

TUTOR

Msc. Lester Antonio Artola Chavarría.

Managua, octubre de 2014.

RESUMEN EJECUTIVO

SOCIEDAD ANONIMA NICASAL, es una empresa dedicada al procesado de sal para su comercialización, inicio sus labores en el año 2007 y cuenta con 120 trabajadores clasificada como una empresa mediana por el MIFIC. Actualmente la empresa se encuentra reorganizando sus planes de mantenimiento y producción por lo cual se realizó un estudio del estado de los equipos de proceso siendo estos los principales consumidores dentro de la empresa.

Para dicho estudio se procedió a realizar diversas mediciones en todos los equipos dentro del proceso, así mismo se hizo un análisis de facturación para determinar los costos de la energía y si la empresa se encuentra ubicada en un pliego tarifario adecuado.

Durante el análisis se encontraron 2 oportunidades de ahorro de energía mediante el uso eficiente de la energía y 1 una oportunidad de ahorro económico mediante el uso adecuado de la tarifa.

Las medidas de eficiencia energética generarán en total un ahorro de **USD 10,518.51 anuales**, para esto se necesitara una inversión de **USD 33,292.92**. Dichos ahorros son generados por la disminución de la demanda y el consumo de energía eléctrica las cuales son de **6.5 kW/año y 55.96 MWh/año**, con la aplicación de estas medidas se logrará disminuir la emisión de **30 ton de CO₂** al ambiente principal gas causante del efecto invernadero.

Mientras que para las oportunidades de ahorro económico por medio del cambio de tarifa no se necesitará inversión alguna y se logrará un ahorro de **2,729.39 USD/año**.

Además se brindaron las pautas para implementar medidas de gestión energéticas que logran controlar y conocer los indicadores de operación; de igual manera se brindaron diferentes recomendaciones que ayudaran a la empresa a su mejora continua.

A continuación se presentan una tabla resumen de las medidas de eficiencia energética y oportunidad de ahorros.

Tabla resumen de las medidas de eficiencia energética (MEE) y oportunidades de ahorros económicos (OAE)

Descripción	demanda (kW)	consumo (kWh)			emisiones ton CO ₂	económico USD	inversión USD	PSR años
		punta	valle	total				
MEE 01. Sustituir los motores de eficiencia estándar con bajo factor de carga por motores de alta eficiencia.	83.49	No Aplica	39,074.62	39,074.62	21.00	6,252.00	15,927.92	2.55
MEE 02. Sustituir el consumo energético convencional en el sistema de iluminación por un sistema de energía solar fotovoltaica.	53.10	5,736.24	11,155.00	16,891.24	9.04	4,266.51	17,365.00	4.07
OAE 01. Sustituir la tarifa actual t-5E por una tarifa t4-E	No Aplica.	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	2,729.39	No Aplica.	Inmedios
Total	136.59	5,736.24	50,229.62	55,965.86	30.04	13,247.90	33,292.92	2.51

Tabla de Contenido

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. HIPÓTESIS.....	5
V. OBJETIVOS.....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos.....	6
VI. GENERALIDADES	7
6. 1 Descripción del proceso productivo	7
6. 2 Consumo de energía.....	10
6. 3 Balance de energía eléctrica.....	10
VII. ANÁLISIS TARIFARIO.....	12
7. 1 Factura eléctrica y su composición	12
7. 2 Tarifas eléctricas de Nicaragua.....	15
7. 3 Detalles de facturación eléctrica de NICASAL S.A.	19
7. 4 Bancos de transformadores	23
7. 5 Consumo de energía eléctrica	24
7. 6 Demanda de potencia	27
7. 7 Factor de Potencia y su compensación	30
7.7.1 Factor de Potencia.....	30
7.7.2 Problemas asociados a un bajo Factor de Potencia.....	33
7.7.3 Bancos de compensación.....	35
7. 8 Factor de carga de la planta	37
VIII. EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	39
8. 1 Eficiencia de los equipos de fuerza (motores eléctricos, compresores).....	39
8. 2 Censo de Carga	41

8. 3 Análisis de equipos	45
8.3.1 Metodología de cálculo energético	46
8.3.2 Cálculos y análisis de resultados	54
8.3.3 Propuesta de mejoras con nuevos motores.....	55
8. 4 Iluminación.....	58
8.4.1 Iluminación Interior.....	59
8.4.2 Iluminación exterior.....	61
8. 5 Otros equipos consumidores.....	62
IX. PROPUESTAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	63
MEE 01. Sustituir los motores de eficiencia estándar con bajo factor de carga por motores de alta eficiencia.	63
MEE 02. Sustituir el consumo energético convencional en el sistema de iluminación por un sistema de energía solar fotovoltaica.....	64
X. ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DEL CAMBIO DE TARIFA.....	66
10. 1 Descripción de la nueva tarifa	66
10. 2 Estimación de ahorros	67
XI. GESTIÓN DE LA ENERGÍA.	70
11. 1 Introducción.....	71
11. 2 Funcionamiento.....	72
11. 3 Indicadores de desempeño	75
11.3.1 Indicador de desempeño energético.....	75
11.3.2 Indicadores ambientales	77
XIII. RECOMENDACIONES	81
XIV. CONCLUSIONES	82
XV. BIBLIOGRAFÍA.....	83
XVI. ANEXOS.....	84

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Diagrama de flujo del proceso	8
Ilustración 2 Balance de energía eléctrica de NICASAL S.A.....	11
Ilustración 3 Importe de energía eléctrica desde mar-13 hasta abr-2014	20
Ilustración 4 Rubros cobrados en la facturación de NICASAL S.A.....	22
Ilustración 5 Comportamiento del consumo energético por bloques horarios	25
Ilustración 6 Comportamiento del consumo energético total.....	26
Ilustración 7 Comportamiento de la demanda de potencia máxima	28
Ilustración 8 Comportamiento del factor de potencia	31
Ilustración 9 Comportamiento del importe facturado con respecto al bajo FP registrado por NICASAL S.A.	32
Ilustración 10 Comportamiento del Fc de NICASAL S.A.	38
Ilustración 11 Comparativo de eficiencia en motores.	40
Ilustración 12 Factor de carga y eficiencia en motores estándar.....	42
Ilustración 13 Triangulo de Potencias	45
Ilustración 14 Efecto por variación de voltaje en el funcionamiento del motor.	49
Ilustración 15 Efecto en el funcionamiento del motor por DV.	51
Ilustración 16 Comparativo de las curvas de eficiencia por medio del Fc entre motores de eficiencia estándar y motores de alta eficiencia.	55
Ilustración 17 Distribución del tipo de iluminación de la empresa	59
Ilustración 18 Tipos de luminarias interiores	60
Ilustración 19 Balance energético de lámparas de mercurio de alta presión	61
Ilustración 20 Modelo del sistema de gestión de la energía.	73
Ilustración 21 Modelo del sistema de gestión de la energía.	78

Índice de Tablas

Tabla 1 Clases de sal producida	7
Tabla 2 Tarifas en Baja Tensión.....	17
Tabla 3 Tarifas en Media Tensión.....	18
Tabla 4 Tarifa eléctrica aplicada a NICASAL S.A.....	19
Tabla 5 Aprovechamiento de la demanda contratada.....	29
Tabla 6 Compensación instalada en NICASAL S.A.	36
Tabla 7 Comportamiento del Factor de carga de los equipos	43
Tabla 8 Cálculos de la eficiencia.....	54
Tabla 9 Propuesta de motores de alta eficiencia.....	56
Tabla 10 Lámparas de iluminación interior en la empresa NICASAL S.A.	60
Tabla 11 Tipos de lámparas para Iluminación exterior.....	61
Tabla 12 Otros equipos consumidores de la empresa	62
Tabla 13 Ahorros económicos para la MEE 01	64
Tabla 14 Ahorros económicos para la MEE 02	65
Tabla 15 Detalles de la tarifa eléctrica propuesta a NICASAL S.A.....	67
Tabla 16 Resumen de ahorros mensuales por cambio de tarifa	68
Tabla 17 Ahorros anuales por cambio de tarifa.....	68
Tabla 18 Requerimientos ISO 50001	74
Tabla 19 Indicadores de desempeño energético.....	75
Tabla 20 Indicadores ambientales.....	79



I. INTRODUCCIÓN

La empresa **NICASAL S.A.** trabaja en Nicaragua desde el año de 2007 teniendo aproximadamente 8 años sirviendo al mercado nacional, la fabricación de sal ya sea para consumo humano o animal es su principal producto de elaboración. Para la producción de dichos productos se requiere del uso de motores eléctricos de diversas capacidades (entre los 3 HP y los 40 HP) que intervienen en diversas etapas del proceso de producción.

Actualmente debido a las condiciones de operación de los equipos y el alto costo de facturación de energía eléctrica, la empresa se encuentra reorganizando su plan de mantenimiento, por lo cual necesita conocer la eficiencia de sus equipos consumidores, para así poder diseñar la mejor estrategia en su mantenimiento.

Para llevar a cabo este proyecto se utilizará la norma ISO 50001 (“Energy management systems – requirements with guidance for use”, promulgada el 15 de junio de 2011), la cual especifica los requerimientos para que una empresa establezca, implemente, mantenga y perfeccione un sistema de gestión de energía, que le permita a la empresa adoptar un enfoque sistemático para lograr una mejora continua en el uso eficiente de la energía. También se hará uso de las Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON 10 007 – 08), norma que rige la eficiencia energética en motores de corriente alterna, trifásicos de inducción y tipo jaula de ardilla en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. De igual manera basándose en conceptos básicos de electrotecnia como la ley de Ohm, triángulos de potencia, efecto joule, entre otros, así mismo se hizo uso de los conceptos y formulas pertenecientes a ingeniería económica para demostrar la factibilidad de la inversión propuesta.

La actual tarifa a la cual se encuentra sometida la planta industrial tiene restricción horaria en un período de punta comprendido entre las 18:00 horas y las 22:00 horas, durante este período el costo de consumo de energía y de demanda de potencia se eleva, obteniendo grandes importe en estos rubros.



El mayor costo facturado se encuentra en el consumo de energía en el horario *fuera de punta*, debido a que en este horario es en el que la empresa trabaja a su máxima capacidad productiva y entran en uso todos los equipos de fuerzas.

El consumo de energía en el horario *fuera de punta* se ve afectado directamente por los equipos de fuerzas (motores y compresores). La empresa actualmente cuenta con 33 motores y 2 compresores de los cuales el 20% del total han sido rebobinados más de una vez y el 26% ha sido rebobinado una vez, siendo el rebobinado de los motores una de las principales causa del aumento en el consumo de energía en este período.

Para que la empresa logre un incremento en su productividad desde el punto de vista energético, deberá tener que incluir en sus planes de mantenimientos preventivos la implementación de un plan maestro de gestión de la energía. Con el fin de brindar las recomendaciones y opciones de mejora que se adecuen a dicho plan, se realizara un estudio y los cálculos oportunos que brinden las condiciones actuales de la empresa y los equipos consumidores.

Esto permitirá a la planta reducir el consumo energético por la ineficiencia de los equipos actuales, aprovechar al máximo sus equipos y maquinarias, mejorar su competitividad en el mercado por la reducción de costos de producción, minimizar la emisión de gases de efecto invernadero y le brindará al personal el conocimiento para actuar de la mejor manera frente a las oportunas situaciones en el diario operar y el mantenimiento de los equipos y la planta.



II. ANTECEDENTES

En la actualidad el personal de mantenimiento de **NICASAL S.A.** se encuentra trabajando arduamente para controlar de manera detallada y óptima el proceso productivo y los equipos que intervienen en él, con el propósito de mejorar el área de mantenimiento y mantener sus volúmenes de producción con el uso adecuado de sus recursos.

Durante los años de operación de la planta se han realizado cambios en los equipos de fuerza, volúmenes de producción y en las estrategias de mantenimiento y producción, sin un previo estudio, de los cuales no se tienen registros, pero se conocen los cambios de mayor relevancia, siendo estos:

Se sabe que los motores, según el censo de carga elaborado por la empresa, presentan una variación del consumo energético previsto, siendo una de las causas el constante rebobinado de los motores afectando económicamente a la empresa. Además en el año 2011 se hizo la sustitución de diez motores de diversas capacidades, correspondiente al 27% de la carga total instalada de los cuales a la fecha 4 no se han rebobinado nunca y la misma cantidad se han rebobinado una única vez, además 2 se han rebobinado más de 2 veces.

Por otro lado en los meses de marzo y abril del año 2013 la planta no respetó la restricción horaria debido a la alta demanda de producto, obteniendo en promedio un 60% más de facturación eléctrica en dichos meses. Así mismo se conoce que en el período comprendido entre abril y octubre de 2013 la planta operó con un factor de potencia inferior al normado por el ente regulador.



III. JUSTIFICACIÓN

El conocimiento adecuado del uso de la energía en las industrias a nivel mundial, es un indicio para mejorar y aprovechar al máximo el uso de los equipos que se encuentran en ellas, disminuyendo el consumo energético, y en consecuencia reduciendo el costo de facturación y la emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera, los cuales son los principales causantes del fenómeno conocido como calentamiento global.

La realización de este trabajo tiene como principal indicio consolidar los conocimientos del uso energético de los equipos en la planta de proceso de NICASAL S.A. para brindar oportunidades de mejora tanto en los equipos consumidores como en la adecuada gestión de la energía.



IV. HIPÓTESIS

Hipótesis de trabajo

- ✓ Existen oportunidades de aumentar la eficiencia y reducir los costos por utilización de la energía eléctrica.

Hipótesis alternativa

- ✓ Los ahorros económicos estimados por el aumento en la eficiencia al menos llegaran al 5%.



V. OBJETIVOS

Objetivo General

- Realizar un diagnóstico energético en la planta de proceso de la empresa NICASAL S.A.

Objetivos Específicos

- Analizar la demanda de energía de NICASAL S.A.
- Evaluar el desempeño de los equipos eléctricos presentes en el proceso productivo de la sal.
- Generar opciones para una gestión adecuada de la energía eléctrica en la empresa.
- Evaluar la viabilidad de las opciones propuestas.

VI. GENERALIDADES

SOCIEDAD ANONIMA, NICASAL, es una empresa que se encarga de procesar sal mediante el refinamiento de esta para usos industriales y de consumo humano, en cumplimiento de las normas de calidad para dicho rubro en el país. Fue establecida en el año 2007 por medio de la sociedad formada por los salineros de la zona de Izapa, la cual se encarga de producir la sal en la finca “salinera” y procesarla en la planta, y una empresa distribuidora de renombre en el istmo centroamericano, la cual se encarga de su distribución.

Cuenta con 120 trabajadores, de los cuales 18 pertenecen al proceso de producción, 54 se desempeñan en el área de empaque, 13 son trabajadores administrativos, los demás se encuentran laborando en otras áreas de la empresa, por lo que según el MIFIC se encuentran caracterizada como una empresa mediana.

Según los estudios de granulometría la empresa fabrica sal de diferentes clases, acorde a su calidad granulométrica es su distribución, la siguiente tabla muestra las clases de sal que produce la empresa.

Tabla 1 Clases de sal producida

Tipo	Caracterización	Granulometría	Consumo	Mercado
A	Fina/Refinada	de 0.2 a 1 mm	Humano	Internacional
B	Media/martajada	de 1 a 2.5 mm	Humano	Nacional
C	Gruesa	mayor de 2.5 mm ¹	Animal	Ganado

Fuente: Elaborado por equipo de trabajo con datos proporcionados por la empresa

6. 1 Descripción del proceso productivo

En el proceso de producción intervienen diversas maquinarias de usos variados, para lograr transformar la sal pura en un producto apto para el consumo humano, de igual manera durante todo el proceso intervienen insumos necesarios para obtener la calidad del producto final.

¹ Con opción de recirculación

La siguiente ilustración muestra el diagrama de flujo de la planta, en dicha ilustración se muestran todos los insumos y materias primas utilizados en el proceso.

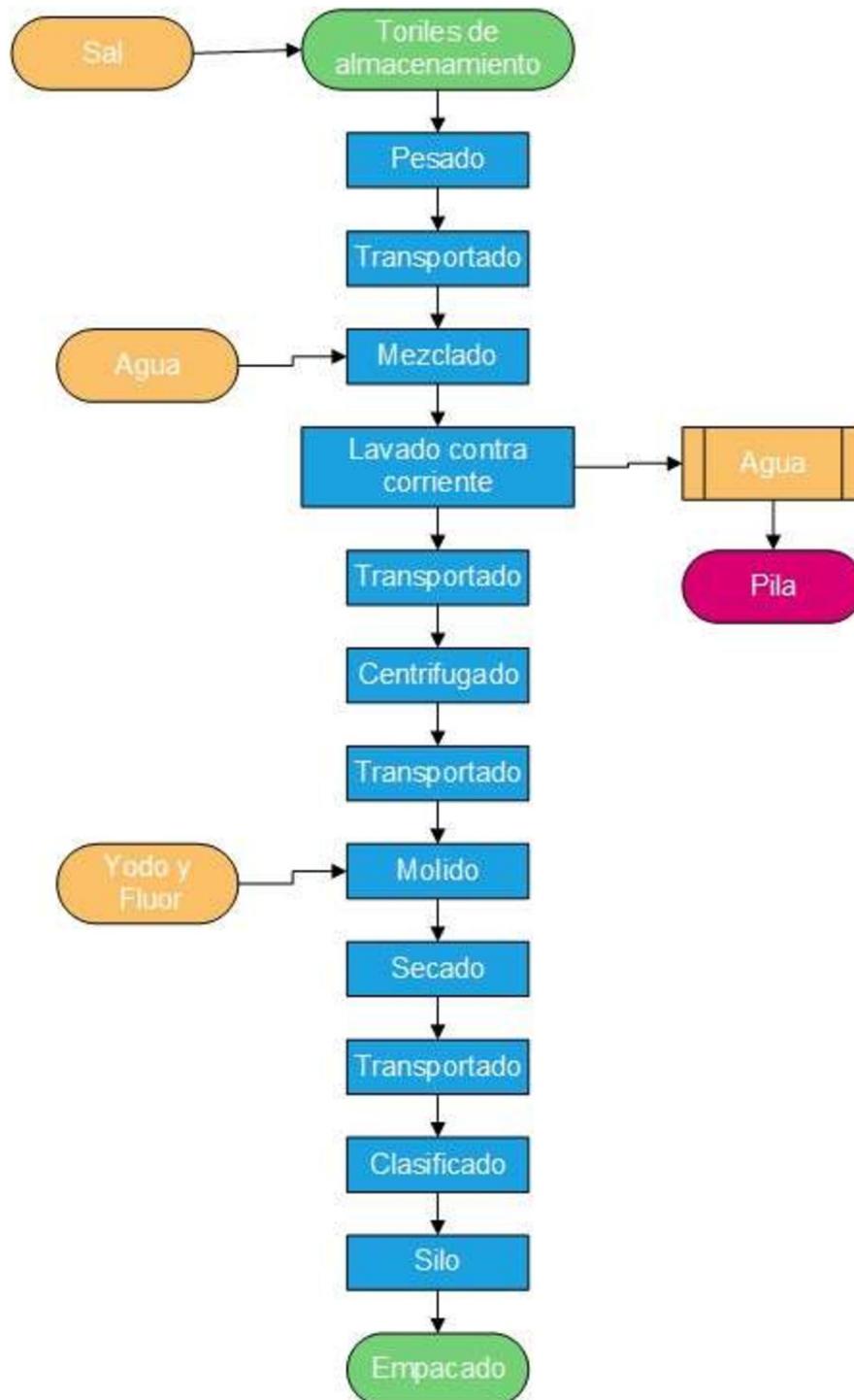


Ilustración 1 Diagrama de flujo del proceso



La materia prima (sal) se traslada y almacena en los toriles de almacenamiento, luego es pesada y transportada hacia la mezcladora donde a la sal se le agrega salmuera tratada para la fricción de cristales de sal con el objetivo de profundizar en cada cristal, exponer mayor superficie y conseguir un atrisionamiento perfecto de cada cristal, para separar las impurezas solubles e insolubles. Este slurry salino alimentará al lavador de tornillo.

Posteriormente es nuevamente transportada vía banda de transporte alimentaría a un sistema de lavado en suspensión contracorriente sal-salmuera, para después pasar a la centrifugadora. Este proceso separa el líquido del sólido, descendiendo la humedad del producto.

La sal centrifugada es transportada hacia un molino, donde se le agrega yodo y flúor con la finalidad de brindar la calidad rigente en el país para que este rubro sea para el consumo humano.

Inmediatamente la sal pasa a un conjunto monobloc de secador-enfriador el cual utiliza aire. El aire caliente es conducido e impulsado dentro del secader mediante conductos y ventilador de elevada presión, garantizando los grados y el tiempo preciso de temperatura que debe estar la sal para que ésta evacue la gota de rocío que lleva cada grano de sal por pequeño que sea.

Este secador descarga en una criba, en donde se realiza la clasificación de la sal, para ello se dispone de telas con luces de malla progresivamente más pequeñas que son montadas en el chasis compacto vibrante de la criba, con una pendiente cada vez más fuerte.

Finalmente la sal pasaría a un silo especialmente diseñado para el envase, y luego es empacado en las presentaciones comunes ya sea por medio de operarios o por las empacadoras con la que cuenta la empresa.

6. 2 Consumo de energía

Para la transformación de la materia prima hacia el producto final con sus diferentes factores de calidad y presentación en la empresa NICASAL S.A., se requiere principalmente de energía eléctrica para el funcionamiento de diferentes equipos que intervienen directa e indirectamente en el proceso productivo. Los consumidores de energía eléctrica en los equipos son los siguientes:

- Motores de inducción.
- Iluminación: Se caracteriza por lámparas fluorescentes principalmente de 32, 40 y 59 W, bombillos fluorescentes compactos de 40 W, mientras que en las luminarias de los patios exteriores se encuentran formadas por bombillos de vapor de mercurio de 175 W.
- Aires Acondicionados: Unidades Splits de 18,000 BTU con tecnología invertir.
- Equipos ofimáticos: CPU, monitores y computadoras portátiles, impresoras
- Otros equipos: Son equipos ubicados especialmente en el cafetín, siendo refrigeradoras y microondas las más importantes, así mismo se tiene una bomba de agua y también existen equipos de laboratorios que funcionan con energía eléctrica.

6. 3 Balance de energía eléctrica.

Habitualmente se define la energía como la capacidad de la materia para producir trabajo, pudiendo adoptar distintas formas, todas ellas interconvertibles directa o indirectamente unas en otras.

El balance de energía al igual que el balance de materia es una derivación matemática de la "Ley de la conservación de la energía" (Primera Ley de La Termodinámica), es decir, la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. El balance de energía es un principio físico fundamental al igual que la conservación de masa, que es aplicado para determinar las cantidades de energía que es intercambiada y acumulada dentro de un sistema.

Un balance de energía eléctrica cumple el principio descrito anteriormente, y es aplicado para representar de manera gráfica la distribución del consumo ya sea por áreas o equipos.

Luego de realizar mediciones² en todos los equipos de mayor consumo, y determinar los tiempos de operación de los mismos se procedió a realizar el balance de energía eléctrica. La siguiente ilustración muestra el balance eléctrico por sistemas, donde se puede observar la distribución del consumo de acuerdo a los equipos de la empresa.

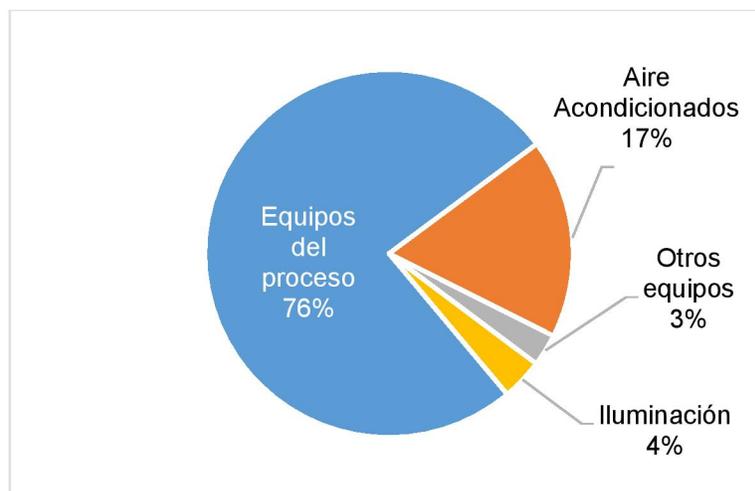


Ilustración 2 Balance de energía eléctrica de NICASAL S.A.

Fuente: Elaborado por equipo de trabajo en base a censos de cargas y mediciones

La ilustración anterior muestra la distribución de la energía eléctrica de acuerdo a todos los equipos que usan esta para su funcionamiento, siendo los equipos del proceso los que mayor demandan con 76% del total el restante 24% corresponde a aires acondicionados, iluminación y otros equipos (equipos ofimáticos, mantenedoras, bomba de agua y otros). Es importante señalar que la demanda de energía que se cobra es por debido a los equipos que conforman este 24% por que en la restricción horaria no trabajan los equipos del proceso.

² Para obtener más detalles dirigirse al acápite de VII. Equipos consumidores de energía eléctrica

VII. ANÁLISIS TARIFARIO

7. 1 Factura eléctrica y su composición

La factura eléctrica es un documento utilizado por la empresa de distribución para el cobro de consumo de energía eléctrica y pago del mismo por parte del cliente o consumidor.

Según el capítulo 6.3: Contenido de la Factura, de la Resolución N° 006-2000, Normativa de Servicio Eléctrico (NSE 6.3.2). La factura debe incluir como mínimo la siguiente información:

- ♦ Nombre o razón social del cliente y número de identificación.
- ♦ Número de medidor y su factor multiplicador.
- ♦ Número de la factura.
- ♦ Fecha de emisión de la factura, fecha de entrega (por medio de sello al dorso) y fecha de vencimiento de la factura.
- ♦ Código y nombre de la tarifa aplicada.
- ♦ Lectura anterior y actual de los medidores de energía y demanda máxima, según corresponda. Si la medición es estimada, deberá ponerse una nota en la factura indicando “ESTIMADO”.
- ♦ Período de consumo.
- ♦ Carga contratada y carga demandada.
- ♦ Factor de potencia y recargo en córdobas, de corresponder.
- ♦ Cargo fijo y su valor en córdobas.
- ♦ Cargos por capacidad contratada y su valor en córdobas, de corresponder.
- ♦ Consumo facturado (en Kwh) y su valor en córdobas.
- ♦ Recargos, tasas o impuestos aplicados.
- ♦ Débitos o créditos.
- ♦ Cargo de Alumbrado Público.
- ♦ Cargo por regulación.
- ♦ Cargo por comercialización.
- ♦ Valor total de la factura.



A continuación se detallan los principales componentes de la factura:

- ✓ Energía: Importe en córdobas correspondiente al consumo de energía del período.
- ✓ Demanda: Importe en córdobas correspondiente a la potencia máxima demandada en el período de facturación (sólo aplicable a tarifas binomias).
- ✓ Cargo por factor de potencia: Se aplica sólo a servicios con medición de reactiva cuando el factor de potencia registrado es menor de 0.85.
- ✓ Cargo por comercialización: Costo fijo asociado a los servicios de lectura de medidores, facturación y cobro.
- ✓ Alumbrado público: Importe correspondiente al servicio de alumbrado público que esté ubicado a 100 metros a la redonda de la ubicación del suministro.
- ✓ Regulación INE: Cargo del 1% sobre los conceptos de: energía activa, demanda (si aplica), bajo factor de potencia (si aplica), alumbrado público, comercialización.
- ✓ Impuesto general al valor (IVA)³: Retención del 15% aplicable a todas las tarifas, sobre los siguientes conceptos. energía activa, demanda (si aplica), bajo factor de potencia (si aplica), alumbrado público, comercialización, regulación INE.
- ✓ Recargo por mora: Son los cargos correspondientes a los intereses generados por el pago retrasado de facturas vencidas.

Se calcula sobre el importe de la factura en mora que se va a pagar, por el interés anual (18%⁴) entre 365 días y por los días que tiene de mora desde la fecha de vencimiento hasta la fecha de cancelación.

³ **Excepciones:** Clientes con tarifas domiciliar con consumo facturado igual o inferior a 300kWh, no pagan IVA, clientes con tarifas domiciliar con consumo facturado mayor a 300kWh e inferior a 999kWh, se le aplica el 7% y clientes con tarifa de irrigación y bombeo.

⁴ 1% de interés + 0.5% deslizamiento mensual * 12 meses = 18% de interés anual.



$$\text{Cargo por mora} = \frac{(\text{Importe a cancelar}) * (\% \text{interés anual}) * \text{días de mora}}{365}$$

- ✓ Interés por financiamiento: Interés sobre cuota de acuerdo que se aplica después del segundo pago. El interés de aplicación será del 12 % anual. Adicionalmente se cobra un 5% de cargo por deslizamiento.

$$\text{Interes por financiamiento} = \frac{(\text{Monto de cuota cancelada}) * (* \% \text{ interés} + \text{cargo}) * (\text{DTEFP\&AC}^5)}{365}$$

De estos rubros la empresa consumidora puede disminuir o incrementar el consumo de energía y demanda de potencia, de aquí la importancia de llevar un control de sus parámetros de consumo el cual da la pauta para reducir los costos de energía eléctrica.

El consumo de energía puede disminuir mediante la reducción de los tiempos de operación de los equipos eléctricos y la demanda de potencia se puede reducir mediante una programación regulada de la operación de los equipos eléctricos siempre y cuando no afecte el proceso productivo.

⁵ Días transcurridos entre la fecha de pago y alta del acuerdo.

7. 2 Tarifas eléctricas de Nicaragua

La electricidad debe tener ciertos atributos que permitan diferenciarla de la electricidad de alta calidad y electricidad de baja calidad. Uno de los principales atributos para esta diferenciación es el **Nivel de Voltaje**, siendo este:

✓ **En Baja Tensión (BT)**, es decir igual o inferior a 400 Voltios: excluyendo períodos con interrupciones de suministro,

✓ **En Media Tensión (MT)**, es decir igual o inferior a 23,000 Voltios pero superior a 400 Voltios: excluyendo períodos con interrupciones de suministro.

El valor estadístico ya sea en baja o en media de la tensión, medido de acuerdo con la norma técnica correspondiente⁶, deberá estar dentro del rango de $\pm 8\%$ durante el 95% del tiempo de cualquiera semana del año o de siete días consecutivos de medición y registro.

Tarifa: Son los precios que se aplican al consumo de energía eléctrica, se da a través de un contrato de la empresa eléctrica y el consumidor.

Los consumidores de energía tienen opción de elegir su tarifa de acuerdo a las características de su consumo, existen diferentes factores que influyen en la tarifa eléctrica, entre los principales se encuentran:

- Demanda eléctrica
- Oferta de generación.
- Los precios de los combustibles.
- Los derechos arancelarios

Las tarifas de baja tensión brindan al consumidor voltajes de 120, 240 y 480 Voltios, mientras que las tarifas de media tensión brindan al consumidor un Voltaje primario de 13,800 y 24,000 Voltios, para contratar esta tarifa el cliente debe de contar con transformadores que sean capaces de manejar ese voltaje.

⁶ Resolución N° 006-2000, Normativa de Servicio Eléctrico 8.1.2



Dentro de estas tarifas existen las categorías de:

- Tarifas monomias.
- Tarifas binomias sin medición horaria estacional.
- Tarifas binomias con medición horaria estacional.

En las tarifas monomias se paga solamente por los kilowatts-hora (kWh) de energía consumida en el periodo de facturación.

En las tarifas binomias sin medición horaria estacional se paga por los kilowatts-hora (kWh) de energía consumida y por los kilowatts (kW) de demanda máxima.

La demanda máxima es la suma de las potencias de los equipos eléctricos registrada en cualquier período del tiempo de facturación, cabe mencionar que el medidor registra cada 15 minutos la demanda de la empresa en ese instante y al final del mes se cobra la factura en base a la mayor demanda de potencia registrada.

En las tarifas binomias con medición horaria estacional se paga por los kilowatts-hora (kWh) de energía consumida y por los kilowatts (kW) de demanda máxima, cabe mencionar que por ser tarifa horaria el costo del kWh de energía y los kW de demanda máxima tienen costos para la estación de invierno y costos para la estación de verano, además existen costos para las diferentes horas del día.

Los costos para las diferentes horas del día se denominan bloques horarios, para los consumidores finales existen dos bloques horarios, el que se denomina punta y fuera de punta o valle, en el horario de fuera de punta, comprendida en cualquier hora fuera de la restricción horaria, se cobran tanto los kWh consumidos como los kW de demanda máxima, mientras que el bloque horario de punta o restricción horaria de punta, comprendida entre las 18:00 horas y las 22:00 horas⁷ se cobran solamente los kW de demanda máxima.

A continuación se describen las diferentes tarifas existentes en Nicaragua.

⁷ Hora de Nicaragua con una Hora Media de Greenwich de menos 6 (-6 GMT)

Tabla 2 Tarifas en Baja Tensión

Tipo de tarifa	Código	Aplicación	Cargos que se cobran
BAJA TENSION (120,240 y 480 V)			
Residencial	T-0	Exclusivo para uso de casas de habitación urbanas y rural	Se cobran los kWh diferenciados por bloques ya estipulados
General Menor	T-1	Carga contratada hasta 25 kW para uso general (establecimientos comerciales, centros de salud, oficinas públicas o privadas, centros de recreación, etc.)	Tarifa Monomia, se hace cobro de dos bloques comprendidos entre: 0-150 kWh y >150 kWh
	T-1A		Tarifa Binomia Sin M/H ⁸ , se hace cobro de todos los kWh consumidos y los kW de Demanda Máxima
General Mayor	T-2	Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (establecimientos comerciales, centros de salud, oficinas públicas o privadas, centros de recreación, etc.)	Tarifa Binomia Sin M/H, se hace cobro de todos los kWh consumidos y los kW de Demanda Máxima
Industrial Menor	T-3	Carga contratada mayor a 25 kW para uso industrial (Talleres, Fabricas, etc)	Tarifa Monomia, se hace cobro de todos los kWh
	T-3A		Tarifa Binomia Sin M/H, se hace cobro de todos los kWh consumidos y los kW de Demanda Máxima
Industrial Mediana	T-4	Carga contratada mayor a 25 kW y hasta 200 kW para uso industrial (Talleres, Fabricas, etc)	Tarifa Binomia S M/H, se hace cobro de todos los kWh consumidos y los kW de Demanda Máxima
Industrial Mayor	T-5	Carga contratada mayor a 200 kW para uso industrial (Talleres, Fabricas, etc)	Tarifa Binomia Sin M/H, se hace cobro de todos los kWh consumidos y los kW de Demanda Máxima
<p>Nota: en BT también existen tarifas diferenciadas para irrigación (T-6,T-6A y T-6B), Radio Difusoras (TR), Bombeo (T-7, T-7A,T-7B), Alumbrado Público (T-8), Iglesia (T-9), Apoyo a la Industria Turística Menor (T1-H, T-1 A-H), Apoyo a la Industria Turística (T-2-H), Industria Turística Menor (T3-H, T-3 A-H), Industria Turística Mediana (T-4-H), Industria Turística Mayor (T-5-H) y Bombeo Comunitario (TB-6,TB-6A,TB-6B) cada una cobrando rubros diferentes de acuerdo a su aplicación</p>			

Fuente: elaborado por equipo de trabajo conforme al pliego tarifario del INE.

⁸ M/H, corresponde a Medición Horaria Estacional.

Tabla 3 Tarifas en Media Tensión

Tipo de Tarifa	Código	Aplicación	Cargos que se cobran
MEDIA TENSION (VOLTAJE PRIMARIO EN 13.8 Y 24.9 kV)			
Industrial Menor	T-2D	Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (Establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas Centro de Salud, Hospitales, etc)	Tarifa Binomia Sin M/H, se cobran todos los kWh y los kW de demanda máxima
	T-2E		Tarifa Binomia Con M/H, se hace un valor diferenciado de los kWh en Punta o Valle, además se cobran todos los KW de demanda máxima en punta. Así mismo se hace la diferenciación si es verano o invierno
Industrial Mediana	T-4D	Carga contratada mayor de 25 y hasta 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc.)	Tarifa Binomia Sin M/H, se cobran todos los kWh y los kW de demanda máxima
	T-4E		Tarifa Binomia Con M/H, se hace un valor diferenciado de los kWh en Punta o Valle, además se cobran todos los KW de demanda máxima en punta. Así mismo se hace la diferenciación si es verano o invierno
Industrial Mayor	T-5D	Carga contratada mayor de 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc)	Tarifa Binomia Sin M/H, se cobran todos los kWh y los kW de demanda máxima
	T-5E		Tarifa Binomia Con M/H, se hace un valor diferenciado de los kWh en Punta o Valle, además se cobran todos los KW de demanda máxima en punta. Así mismo se hace la diferenciación si es verano o invierno
<p>Nota: en MT también existen la tarifa de Pequeñas Concesiones (TPC), Irrigación (T-6C,T-6D,T-6E), Bombeo (T-7C,T-7D,T-7E), Apoyo a la Industria Turística Menor (T-2 D-H,T-2 E-H), Apoyo a la Industria Turística Mediana ((T-4 D-H,T-4 E-H), Apoyo a la Industria Turística Mayor ((T-5 D-H,T-5 E-H) y Bombeo Comunitario (TB-6C,TB-6D,TB-6E) cada una cobrando rubros diferentes de acuerdo a su aplicación.</p>			

Fuente: elaborado por equipo de trabajo conforme al pliego tarifario del INE.

7. 3 Detalles de facturación eléctrica de NICASAL S.A.

La empresa cuenta con un solo medidor, el cual registra el consumo total y la demanda máxima total de las áreas administrativas, la planta de proceso, el cafetín, la iluminación exterior y las bodegas.

El suministro de energía eléctrica a NICASAL S.A lo realiza la Distribuidora de Electricidad del Norte S.A (DISNORTE) a través de una acometida. La cual es alimentada por una red de media tensión, desde la subestación LAPACENTRO 3020, a través del circuito primario LPC-3020 con un nivel de alimentación de 13,200 Voltios.

Actualmente la acometida que abastece del suministro eléctrico al área de la empresa en análisis cuenta con un medidor de energía eléctrica **número 08902669, con número NIS: 2780692 y 417 kW contratados**, con una tarifa definida, la clasificación de dicha tarifa es en **media tensión T5E MT. INDUSTRIAL MAYOR BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL** en lo cual se hace cobro por la demanda de potencia sostenida durante intervalos de 15 minutos, además del consumo de energía que en todas las tarifas se realiza, según los bloques horarios y la estación del año. La siguiente tabla muestra los costos aplicados en esta tarifa para la empresa.

Tabla 4 Tarifa eléctrica aplicada a NICASAL S.A.⁹

Tipo de tarifa	Aplicación	Tarifa		Cargo por	
		Código	Descripción	Energía (USD/kWh)	Potencia (USD/KW-mes)
INDUSTRIAL MAYOR	Carga contratada mayor de 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fabricas, etc)	T-5E	TARIFA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Verano Punta	0.25	25.02
			Invierno Punta	0.24	15.52
			Verano Valle	0.16	0.00
			Invierno Valle	0.16	0.00

Fuente: Facturación DISNORTE proporcionada por NICASAL S.A.

⁹ En todo el documento se usa el tipo de cambio al 31-ago-2014 correspondiente a 26.1681 C\$/USD tomado de la página oficial del Banco Central de Nicaragua (<http://www.bcn.gob.ni>).

La tarifa eléctrica que posee la empresa es del tipo binomia con medición horaria estacional lo que indica que se registra el consumo de energía eléctrica y la máxima demanda de energía al mes (la suma de potencia de todos los equipos eléctricos operando al mismo tiempo). De igual manera registra el factor de potencia, parámetro que indica el porcentaje de aprovechamiento de la energía suministrada y la aprovechada en el proceso, empresas que se encuentren por debajo de la norma nacional de 0.85 serán multadas.

La siguiente ilustración muestra el importe total pagado por facturación eléctrica desde los meses de marzo del año 2013 hasta abril del año 2014, en **Anexo II. Detalles económicos de la factura de NICASAL S.A.** se presenta un resumen de la facturación descrita en dicha ilustración.

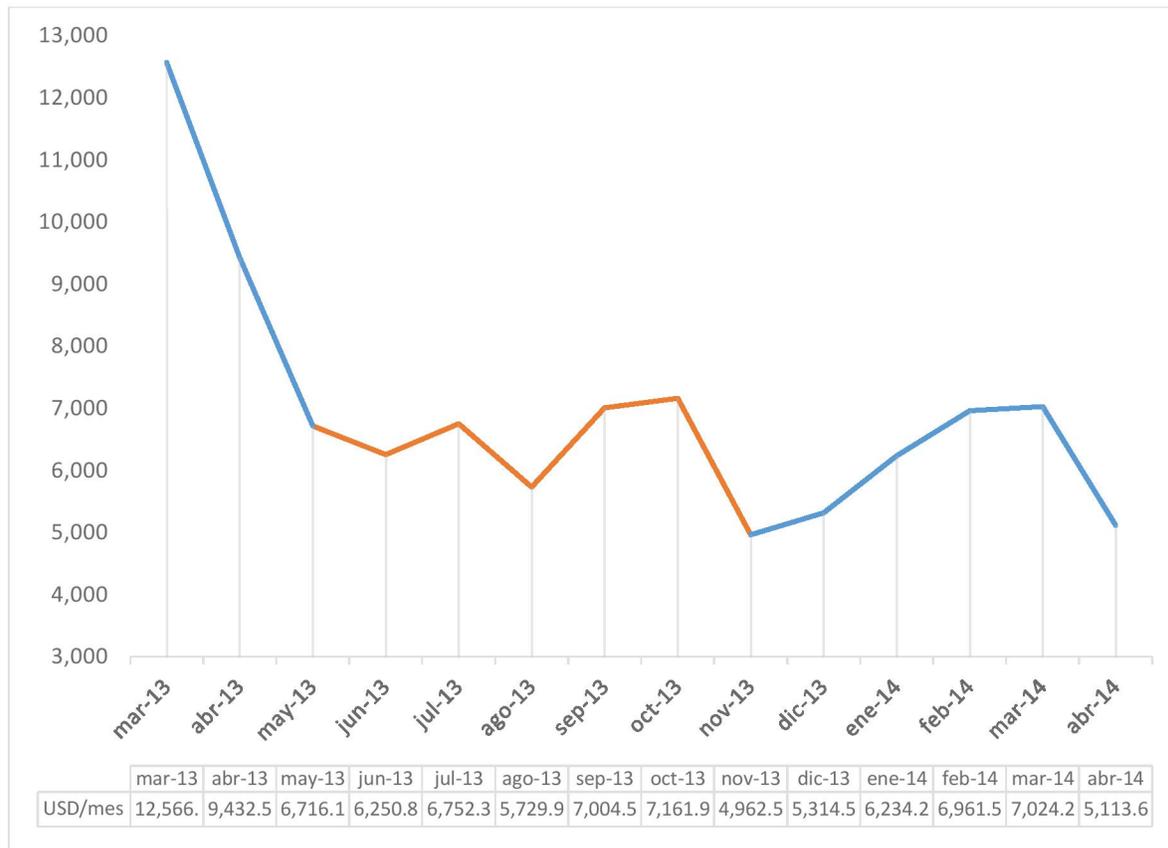


Ilustración 3 Importe de energía eléctrica desde mar-13 hasta abr-2014

Fuente: Facturación DISNORTE proporcionada por NICASAL S.A. Ver anexo II



Los meses comprendidos entre junio y noviembre del año 2013 son meses que la empresa distribuidora de energía clasifico como meses de la estación de invierno asignándole el costo que corresponde para dicha estación, siendo el mes de **octubre de 2013 el de mayor importe con 7,161.9 dólares** y el de **menor importe es el mes de noviembre con 4,926.5 dólares**.

Los demás meses del año corresponden a meses de la estación de verano y se le asignó el costo asociado al consumo de energía y demanda máxima de energía para dichos meses **siendo el mes de marzo de 2014 el de mayor importe con 7,024.2 dólares y el mes de diciembre de 2013 el de menor importe con 5,314.5 dólares**, cabe mencionar que los meses de marzo y abril del año 2013 están clasificados como meses de la estación de verano, se observa que el valor es más del doble del promedio en la estación, **12,566 y 9,432.5 dólares respectivamente**, debido a que en dichos meses la planta no respeto la restricción horaria impuesta y trabajo las 24 horas del día, se observa que debido al cobro de la demanda máxima de potencia en las horas de restricción horaria es que se obtuvo un valor elevado en el importe de energía. Los detalles de la demanda de potencia de dichos meses se discutirán más adelante.

Según lo expuesto en el **capítulo 7.1 facturas eléctricas y su composición** del presente trabajo, la empresa de distribución puede contener diferente información útil para la empresa, de igual manera se pueden cobrar diferentes rubros a las empresas según amerite el caso.

La siguiente ilustración muestra un desglose de los rubros de cobro que la empresa distribuidora aplica en la factura de servicio eléctrico.

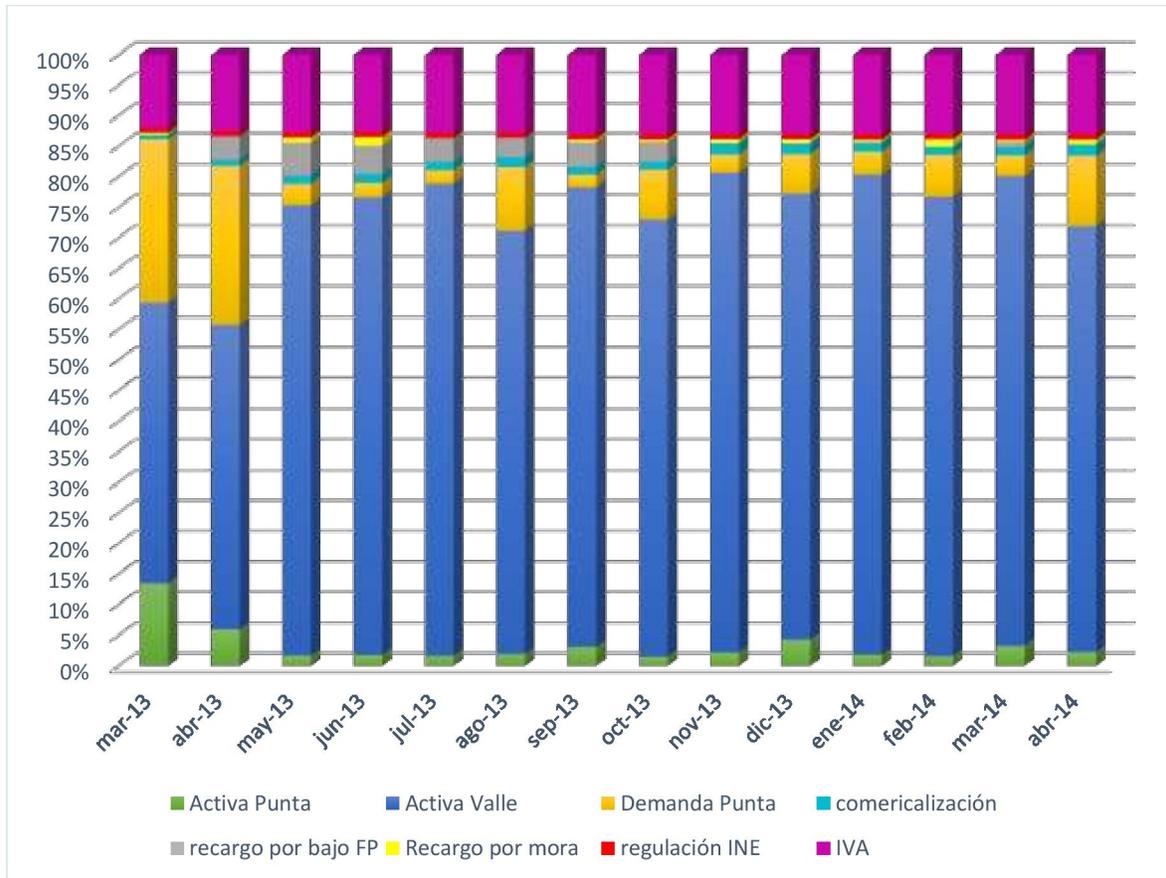


Ilustración 4 Rubros cobrados en la facturación de NICASAL S.A

Fuente: Facturación DISNORTE proporcionada por NICASAL S.A ver anexo II

A continuación se detallaran los diferentes rubros que se le cobran a la empresa generalmente, siendo estos:

- ♦ Activa Punta: Es el consumo de energía de la empresa durante la restricción horaria y corresponde aproximadamente al 2.3 % del total facturado, con la excepción de los meses de marzo y abril del 2013 donde es un aproximado del 10% facturado. El valor promedio de la energía activa en horario de punta según la tabla 4 es de **0.25 y 0.24 USD/kWh** para los meses de verano e invierno respectivamente.
- ♦ Activa Valle: Es el consumo de energía al que incurre la empresa fuera de la restricción horaria y generalmente corresponde al 75 % del total facturado, con la excepción de los meses de marzo y abril del 2013 en donde es un aproximado del 50% del total facturado, según la tabla 4 el valor promedio en verano e invierno de esta energía es de **0.16 USD/kWh**.

- ♦ *Demanda Punta:* Es el valor de demanda máxima sostenida y registrada por el medidor de la empresa y su valor oscila entre el 3% y el 10% del total facturado, con excepción de los meses de marzo y abril en el cual su valor corresponde al 26% del total facturado, segunda la tabla 4 el valor promedio de dicha demanda es de **25.02 USD/kW para los meses de verano y de 15.52 USD/kW para los meses de invierno.**
- ♦ *Comercialización:* Es un valor costo fijo por mes y generalmente corresponde al 1.5% del total facturado.
- ♦ *Recargo por bajo Factor de Potencia:* Es un valor dado por no cumplir con el Factor de Potencia estipulado por el ente regulador y en los meses en los que se cobra este rubro, su valor oscila entre el 1% y el 5.5% del total facturado.
- ♦ *Recargo por mora:* Es el cargo asignado a los intereses generados por el la cancelación de facturas vencidas, los meses en los que se hace el cobro de este rubro su valor no supera el 1% del total facturado.
- ♦ *Regulación INE:* Cargo del 1% de los diferentes rubros cobrados, con la excepción del recargo por mora y por bajo factor de potencia, generalmente corresponde a aproximadamente el 1% del valor total facturado.
- ♦ *IVA:* es la retención del 15% aplicable a todas las tarifas, generalmente del total facturado el 13% es debido a este rubro.

7. 4 Bancos de transformadores

Un transformador es una máquina eléctrica que permite aumentar (o disminuir) la tensión de un sistema eléctrico, recibiendo la energía a un cierto nivel de voltaje, y entregándolo a otro, manteniendo la frecuencia. Esto permite que la energía eléctrica, generada a tensiones relativamente bajas, sea transmitida a un mayor nivel, disminuyendo la corriente, lo que reduce las pérdidas de línea y caídas de tensión. El transformador de distribución es el equipo que transforma el voltaje del sistema de distribución primario al voltaje del sistema de distribución secundario.

Los transformadores se clasifican en dos categorías: los transformadores de potencia y transformadores de distribución.



Los transformadores de potencia se utilizan en la red de transmisión a altos voltajes, para aumentar y para disminuir los voltajes en cada etapa de la transmisión (500 kV, 220 kV, 110 kV, 66 kV). El transformador de potencia es también conocido como *Sistema de Distribución Primario* es un conjunto de redes de media tensión que se inician en la subestación y en cuyo recorrido suministran energía a los transformadores de distribución de los distintos consumidores.

Los transformadores de distribución o *Sistema de Distribución Secundario* se utilizan en las redes de distribución, donde el voltaje es bastante menor a las redes de transmisión (13,2 kV, 12 kV, 380V). Estos transformadores son el conjunto de redes de baja tensión que se inician en el transformador de distribución y abastecen de energía a las acometidas de los distintos puntos de entrega de los clientes o consumidores.

Actualmente la empresa cuenta con tres bancos de transformadores trifásicos de **100 kVA** cada uno que abastece a todos los equipos que intervienen directamente en el proceso productivo y un banco de transformador monofásico de **45 kVA** encargado de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de los equipos en las áreas administrativas, luminarias interiores, de oficinas y exteriores y demás equipos monofásicos, dando una potencia instalada total de **345 kVA**.

7. 5 Consumo de energía eléctrica

Para el análisis del consumo de energía eléctrica de NICASAL S.A., se estableció el periodo de análisis desde marzo 2013 hasta abril 2014, con la finalidad de comprender la variación del comportamiento del consumo energético y obtener resultados más precisos.

Al tener la tarifa de la empresa restricción horaria, la empresa distribuidora hace diferencia entre energía activa consumida en horario punta y energía activa consumida en horario fuera de punta, puesto que esto tienen diferentes valores asignados al costo por kilowatts-hora consumido.

El consumo energético en los diferentes bloques horarios, está estrechamente relacionado con la demanda de energía a la que incurren los equipos de la empresa y su tiempo de operación.

La siguiente ilustración muestra el comportamiento del consumo energético en horario de punta, fuera de punta.

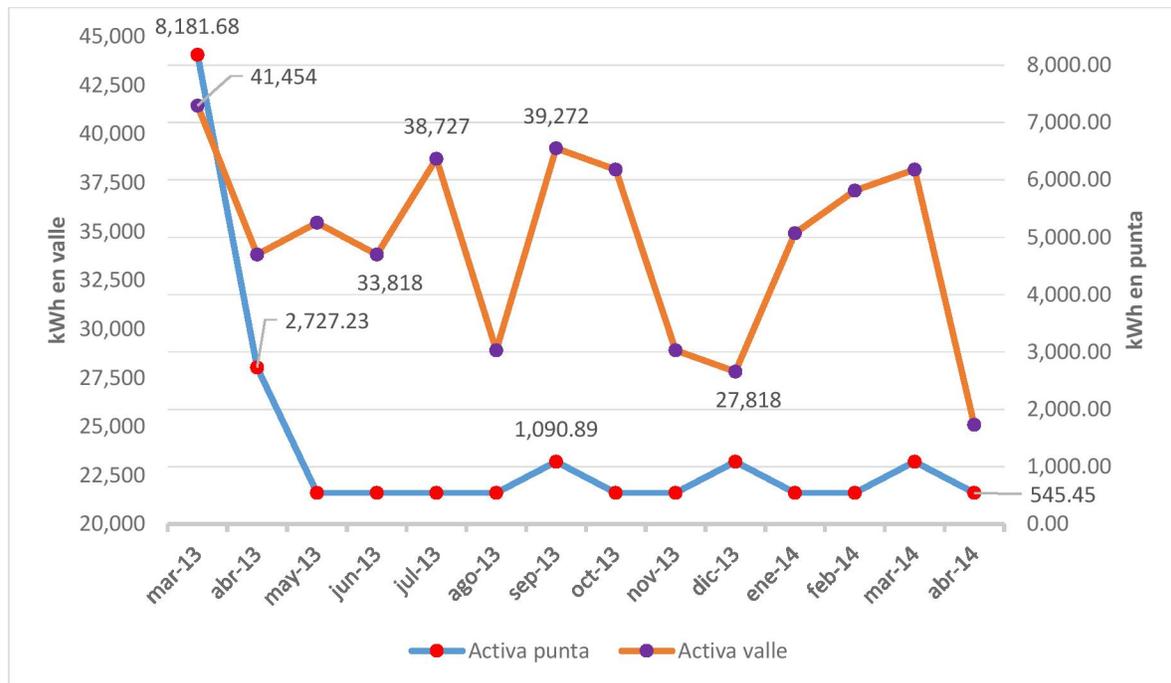


Ilustración 5 Comportamiento del consumo energético por bloques horarios

Fuente: Facturación DISNORTE proporcionada por NICASAL S.A. Ver anexo I

La ilustración anterior muestra los kilowatts-hora consumidos por la empresa en los diferentes bloques horarios, se observa que los kilowatts-hora consumidos en el bloque de restricción horaria, es decir la energía activa en punta, por lo general se mantienen en **545.45 kWh/por mes o 1,090.89 kWh** los cuales son múltiplos del factor multiplicador de la tarifa. Como se ha venido mencionando en todo el trabajo las excepciones son los meses de marzo y abril 2013 en los cuales se consumió **2,727.23 kWh/mes y 8,181.68 kWh** respectivamente.

El consumo de energía activa en el bloque fuera de punta o valle, presentan valores que **oscilan entre los 27,818 kWh/mes hasta los 41,454 kWh/mes** estando la mayoría de los valores cercanos al **promedio de 34,402 kWh/mes** en una tolerancia del $\pm 15\%$.

A continuación se muestra el consumo de energía total de la empresa para los meses comprendidos entre marzo 2013 y abril 2014.

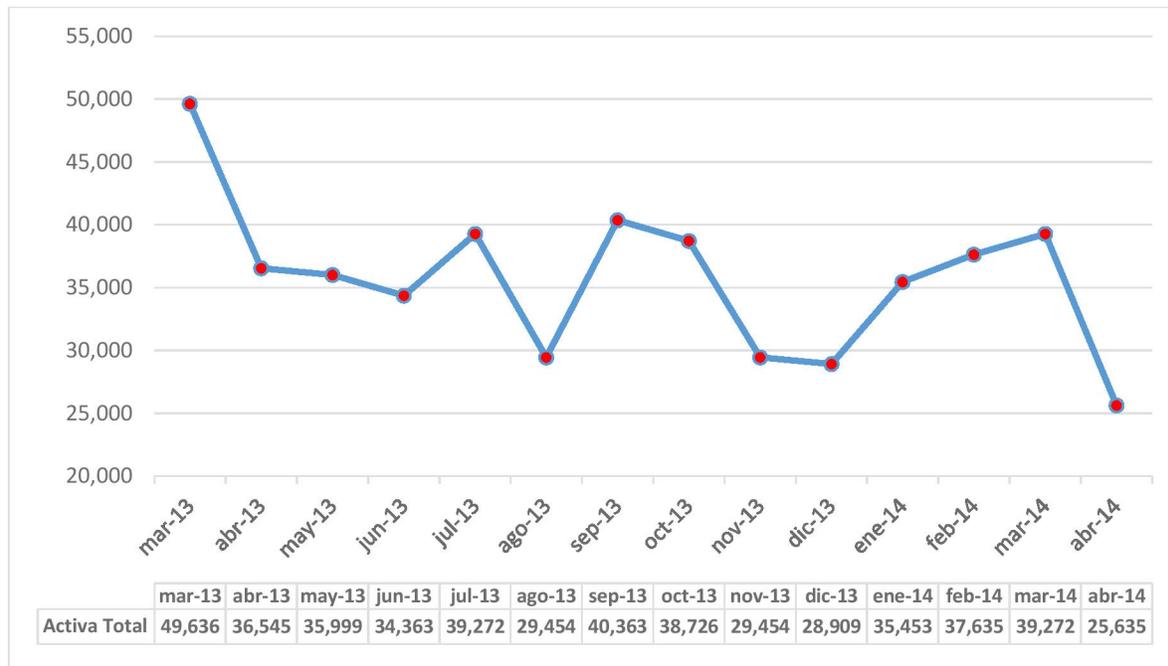


Ilustración 6 Comportamiento del consumo energético total

Fuente: Facturación DISNORTE proporcionada por NICASAL S.A. Ver anexo I

La energía consumida en el período comprendido entre marzo 2013 y abril 2014 presenta un comportamiento cercano al **promedio de 35,766 kWh/mes**, siendo los meses de mayor marzo 2013 con **49,636 kWh** y el de menor consumo abril 2014 con **25,635 kWh**.

7. 6 Demanda de potencia

Para poder realizar un correcto análisis de la demanda de potencia de NICASAL S.A. es necesario saber diferenciar entre carga contratada, carga demandada y carga instalada, a continuación se brindaran estas definiciones:

- ♦ Carga Contratada: Es la potencia eléctrica contratada por el cliente a la empresa de distribución y que no necesariamente es demandada en su totalidad.
- ♦ Carga Demandada: Potencia eléctrica demandada en cualquier instante por una instalación eléctrica de un cliente o un elemento específico de ella.
- ♦ Carga Instalada: Es la suma de las potencias nominales de los aparatos consumidores de energía eléctrica instalados en el sistema propio del cliente, y que no es necesariamente igual a la carga contratada y/o demandada

La demanda de potencia máxima, como se ha venido mencionando a lo largo de este trabajo es uno de los rubros por los que se le factura a NICASAL S.A., dicha demanda está sujeta a la carga contratada de la empresa la cual es de 417 kW, esto quiere decir que la empresa puede llegar a demandar como máximo este valor para el correcto funcionamiento de los equipos de la empresa. Cabe mencionar que de acuerdo a la carga contratada por la empresa se definirá la tarifa a la cual pertenece.

Para el análisis de la demanda máxima de energía eléctrica de NICASAL S.A., se estableció el periodo de análisis desde marzo 2013 hasta abril 2014, la empresa cuenta con una restricción horaria (la cual se encuentra entre las 18:00 horas y las 22:00 horas de Nicaragua) por lo que solamente se cobra la demanda de energía, para ello se cobrará la energía demandada y sostenida en un intervalo de tiempo de 15 minutos en el horario punta.

Con excepción de los meses de marzo y abril 2013 en los cuales se demandó **157 kW** y **115 kW** respectivamente para el horario punta, La siguiente ilustración muestra el comportamiento de la demanda de potencia en la empresa.

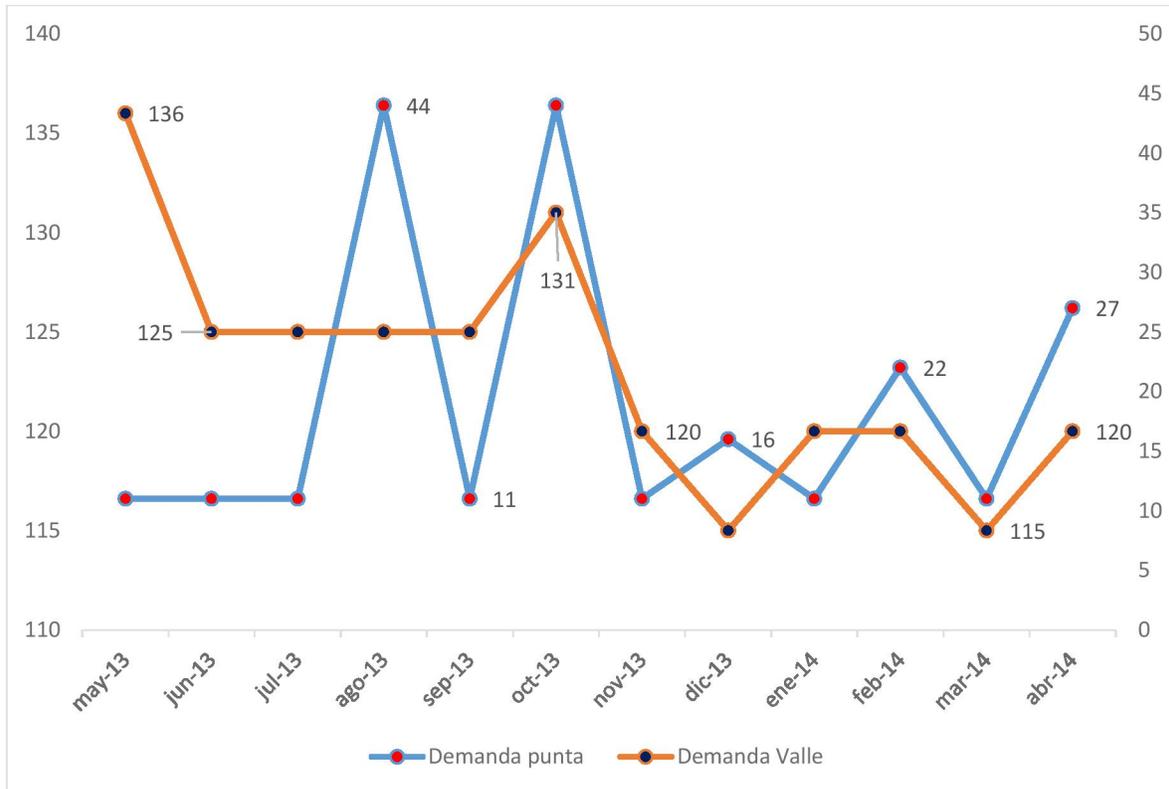


Ilustración 7 Comportamiento de la demanda de potencia máxima

Fuente: Facturación DISNORTE proporcionada por NICASAL S.A. Ver anexo I

La ilustración anterior muestra el comportamiento de la demanda máxima en los diferentes bloques horarios, solamente se analizará el bloque de demanda punta al ser la que se le cobra a la empresa. En dicha gráfica se observa que la demanda mínimo de la empresa es de **11 kW** los cuales se deben al uso de luminarias y algunos equipos de oficinas en dicho momento, sin embargo se puede observar un aumento de la demanda de hasta **44 kW**, se presume a que en dichos meses las actividades administrativas no finalizaron a las 18:00 horas por lo cual se incurrió a una demanda mayor debido al uso de algunos equipos de oficina y aires acondicionados.

Así mismo se hizo un análisis del aprovechamiento de la demanda contratada, la siguiente tabla muestra los resultados de dicho análisis, el aprovechamiento de la demanda no es más que el cociente entre la demanda contratada y la demanda utilizada total en un mes cualquiera.

Tabla 5 Aprovechamiento de la demanda contratada

Mes	Aprovechamiento
mar-13	37.65%
abr-13	27.58%
may-13	35.25%
jun-13	32.61%
jul-13	32.61%
ago-13	40.53%
sep-13	32.61%
oct-13	41.97%
nov-13	31.41%
dic-13	31.41%
ene-14	31.41%
feb-14	34.05%
mar-14	30.22%
abr-14	35.25%
promedio	34.11%

Fuente: Facturación DISNORTE proporcionada por NICASAL S.A. Ver anexo I

Basado en los resultados de la tabla anterior y la ilustración 7, el **mes de mayor demanda total en la empresa fue octubre 2013 con 175 kW y el de menor demanda fue marzo 2014 con 126 kW, el promedio fue de 142 kW**. Para dichos meses también son los meses de mayor y menor porcentaje **de aprovechamiento de la demanda contratada con 40.53% y 30.22%** respectivamente, obteniéndose un **promedio de 34.11%**.

El anterior análisis brinda las pautas para saber que la empresa esta subaprovechando la demanda contratada, la empresa bien **pudo abastecer su demanda de potencia con una carga contratada de 185 kW**. Debido a estos resultados se realizara un estudio de cambio tarifario¹⁰ y los beneficios que esto conllevaran.

¹⁰ Los resultados de dicho estudio se muestran en el acápite X. Análisis de propuesta para cambio de tarifa

7.7 Factor de Potencia y su compensación

Para la mayoría de las industrias, reducir el monto de la factura eléctrica significa limitar los picos de demanda o instalar equipos con un elevado valor de eficiencia, pero existe una parte de la factura que puede disminuirse sin alterar mucho el sistema o el patrón establecido en él.

El Factor de Potencia representa para muchas empresas un valor significativo de su factura y a menudo resulta ser uno de los costos más controlables. Además, un bajo factor de potencia no afecta solo al monto económico, sino que incrementa los costos de consumo eléctrico en otras formas.

7.7.1 Factor de Potencia

El **Factor de Potencia** (FP) se define como el cociente de la relación de la potencia activa entre la potencia aparente. Comúnmente, el factor de potencia es un término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo.

Por este motivo las compañías de distribución eléctricas penalizan con un cargo o multa, que busca compensar los costos adicional en que incurren por entregar energía a cargas con un bajo factor de potencia. El monto de las multas depende de la categoría tarifaria y las políticas de cada compañía de distribución, Aun así, en algunas categorías de consumidores, no existe penalización por causa del bajo Factor de Potencia, pero una mejora del mismo puede traducirse en un ahorro de dinero en otras formas.

En Nicaragua el recargo por bajo FP, se aplica sólo a servicios cuya tarifa sea binomia, ya sea en baja o mediana tensión e indistintamente de la medición horaria, como se ha venido mencionando a lo largo de este trabajo cuando el Factor de Potencia registrado por una empresa es menor al que especifica el ente regulador de 0.85, en la factura eléctrica se hará un recargo por bajo FP.

El recargo a aplicar se calculará como la suma de los cargos por energía y demanda de la factura, multiplicado por la diferencia entre el límite vigente y el FP registrado de acuerdo a la potencia activa y reactiva registrada. Es decir:

$$\text{Recargo F. P.} = [\text{Importe Energía Activa (Punta + Valle)} + \text{Importe de Demanda}] * (\text{F. P.}_{\text{permitido}} - \text{F. P.}_{\text{registrado}})$$

(Ecuación 1)

La ecuación anterior muestra que a mayor diferencia entre el FP permitido y el FP registrado mayor será el importe facturado. Así mismo esta diferencia es directamente proporcional a la suma de los importes obtenidos por la energía activa y el máximo de demanda.

La siguiente ilustración muestra el factor de potencia de NICASAL S.A. para el período comprendido entre marzo 2013 y abril 2014.

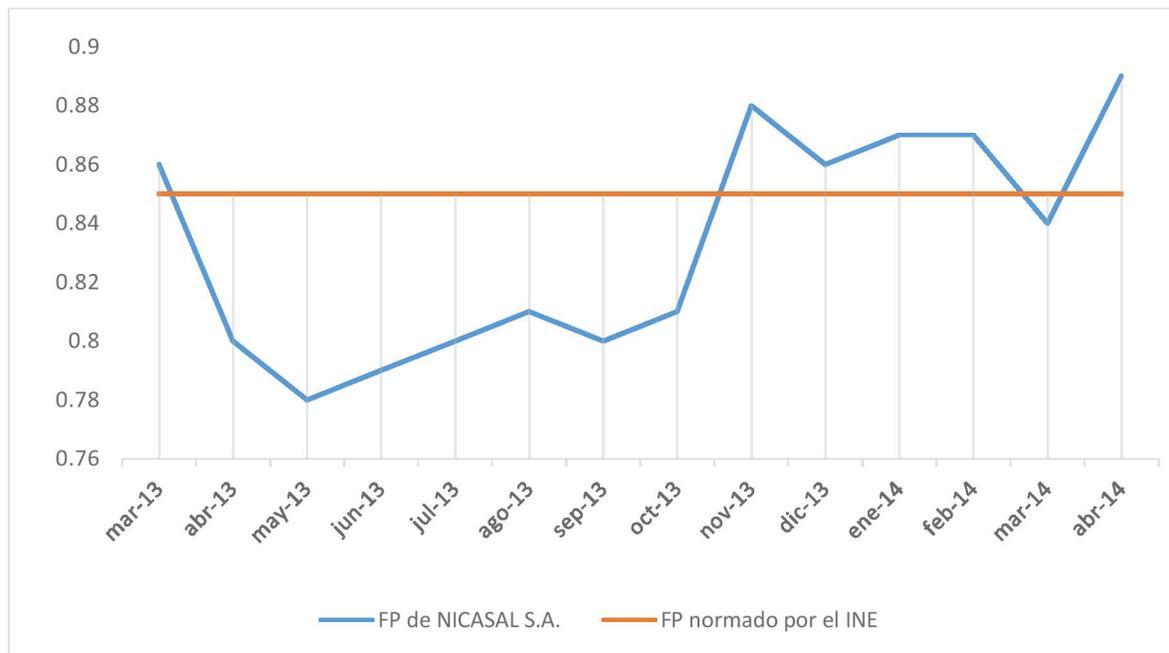


Ilustración 8 Comportamiento del factor de potencia

Fuente: Facturación DISNORTE proporcionada por NICASAL S.A. Ver anexo I

Como se muestra en la ilustración anterior desde abril 2013 hasta octubre del mismo año la empresa opero con un Factor de Potencia inferior al normado por el INE, lo cual significo desde el 1% hasta el 5.5% del valor total facturado. El valor más alejado del normado fue de 0.78 y se dio en el mes de mayo 2014. El valor del recargo por bajo factor de potencia está dado por la ecuación 1.

La siguiente ilustración muestra el recargo que se aplicó en cada mes por bajo FP en NICASAL S.A y como difiere su comportamiento con respecto a la variación del Factor de Potencia registrado por la empresa.

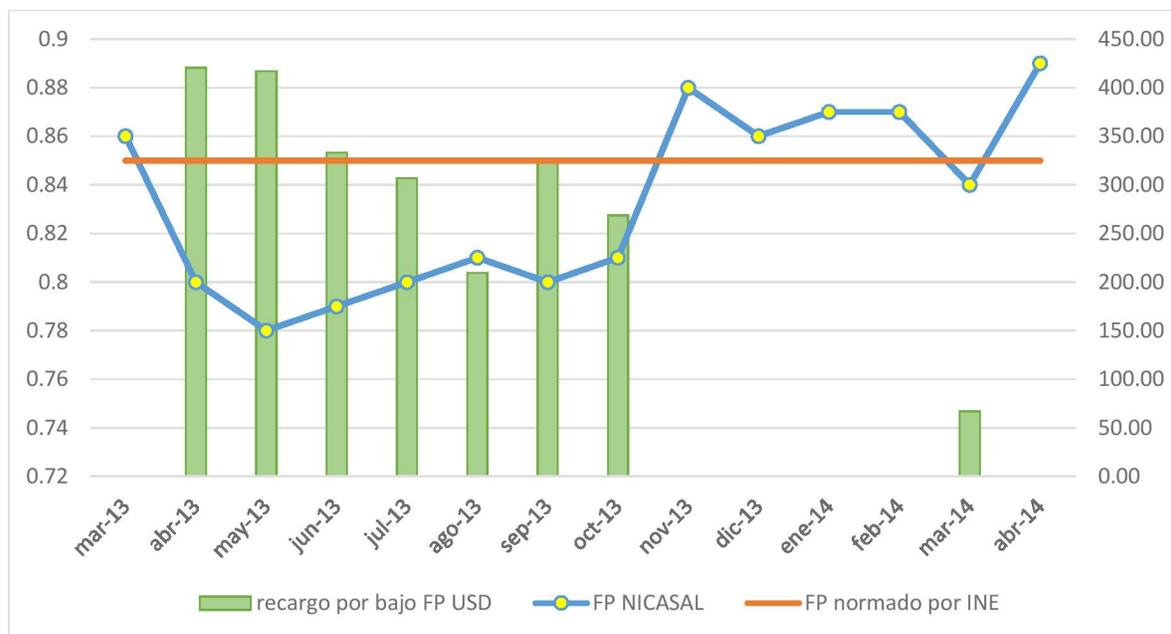


Ilustración 9 Comportamiento del importe facturado con respecto al bajo FP registrado por NICASAL S.A.

Fuente: Facturación DISNORTE proporcionada por NICASAL S.A. Ver anexos I y II

La ilustración anterior muestra que el valor del FP más próximo al normado por el INE fue el de marzo 2014 y a su vez fue el mes en el que menos importe hubo en la factura debido al recargo por bajo FP con **USD 66.85**, de igual manera los meses de abril y mayo 2013 fueron los meses en que más alejado estuvo el valor del FP registrado con 0.80 y 0.78 respectivamente, y a su vez fueron los meses en los que más importe hubo en la factura debido al recargo por bajo FP con **USD 420.61** y **USD 416.95** respectivamente.

7.7.2 Problemas asociados a un bajo Factor de Potencia

Un bajo Factor de Potencia genera múltiples problemas tanto técnicos, como económicos para las empresas consumidores y distribuidoras. A continuación se entrara en detalle a todo lo concerniente a causas y problemas por un bajo FP, igualmente se mencionaran como corregirlo y los beneficios que esto conlleva.

a) Causas de la existencia de un bajo Factor de Potencia

- ♦ Cuando la cantidad de los equipos que requiere de la potencia reactiva para funcionar se hacen significativos, lo cual produce una disminución exagerada del factor de potencia
- ♦ Un alto consumo de energía reactiva.
- ♦ Limita la capacidad de los equipos con el riesgo de incurrir en sobrecargas peligrosas y pérdidas excesivas con un desperdicio de energía.

b) Problemas por un bajo Factor de Potencia

- ♦ Aumento de pérdidas por efecto Joule, las que están en función del cuadrado de la corriente; Estas pérdidas se manifiestan en los cables entre medidor y usuario, los embobinados de los transformadores de distribución, los dispositivos de operación y protección.
- ♦ Caídas de tensión marcadas, aportando un suministro en cargas, estas caídas de voltaje afecta a los embobinados de transformadores de distribución, embobinados de motores, cables de alimentación.
- ♦ Incremento de potencia aparente, reduciendo la capacidad de carga instalada.
- ♦ Incremento de la potencia de las plantas, transformadores, reducción de su vida útil y reducción de la capacidad de conducción de los conductores.
- ♦ Aumento de la facturación eléctrica por mayor consumo de corriente.
- ♦ Aumento de las caídas de voltaje.
- ♦ Incremento de la facturación eléctrica producto de las multas.

c) ¿Por qué se penaliza el bajo Factor de Potencia?

Cargas con un bajo factor de potencia exigen al sistema de alimentación de la energía que genere y transmita una mayor cantidad de corriente, entregando así mayor potencia total de la necesaria para realizar el trabajo. Para ello se requiere:

- ♦ Mayor inversión en los equipos de generación, ya que su capacidad en KVA debe ser mayor para poder entregar esa energía reactiva adicional.
- ♦ Mayores capacidades en líneas de transmisión y distribución así como en transformadores para el transporte de esta energía reactiva.
- ♦ Elevadas caídas de tensión y baja regulación de voltaje, lo cual puede afectar la estabilidad de la red eléctrica.

d) ¿Cómo corregir un bajo Factor de Potencia?

Mejorar el factor de potencia resulta práctico y económico, por medio de:

- ♦ Utilizando motores sincrónicos disponibles en la industria, esta opción es menos económica si no se dispone de dichos motores.
- ♦ Seleccionando y operando los equipos eficientemente, mediante la adecuación correcta de la carga de los motores a sus valores nominales.
- ♦ La instalación de capacitores de potencia eléctrica, la cual es la forma más práctica y económica de mejorar el factor de potencia en instalaciones existente, esta opción requiere de una alta inversión, sin embargo se recupera en períodos cortos tan sólo por los ahorros que se tendrán al evitar los recargos por bajo factor de potencia en la factura eléctrica.

e) Beneficios por corregir el Factor de Potencia

- ♦ Minimizar las pérdidas debido al excesivo consumo de corriente.
- ♦ Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas-
- ♦ Reducción de las caídas de tensión.
- ♦ Incremento de la vida útil de las instalaciones
- ♦ Reducción de los costos por facturación eléctrica
- ♦ Eliminación de los cargos adicionales por bajo factor de potencia.



7.7.3 Bancos de compensación

Un banco de capacitores o de condensadores es un dispositivo que toma energía eléctrica de la red y la almacena en forma de campo eléctrico. Una vez cumplen un ciclo de carga, entregan dicha energía como una corriente capacitiva que compensa la corriente magnetizante que consumen las cargas inductivas.

De esa forma se establece una disminución de la energía reactiva que consumen las cargas inductivas. Al disminuir la energía reactiva el factor de potencia aumenta debido al mayor aprovechamiento de la energía aparente.

Otro beneficio técnico es disminuir la corriente total consumida por la carga y de esta forma se mejora la regulación del voltaje en la red, debido a que se reduce la caída de voltaje que originaban las cargas inductivas.

Hay dos formas de operación o funcionamiento:

- ♦ Bancos conectados de forma permanente a la red.
- ♦ Bancos controlados de forma automática, para conectar cuando se necesiten y desconectarlos cuando no se requieran. Este momento depende de la "lectura" que el dispositivo de control haga de las variaciones del factor de potencia, para unos valores pre-establecidos del factor de potencia.

Cuando los bancos de condensadores están desconectados de la red, ellos drenan o disipan su energía almacenada en unas resistencias internas o externas que ellos poseen. Esto es por razones de seguridad.

En el caso de los bancos de condensadores controlados automáticamente, el dispositivo de control ordena la conexión y desconexión de dichas resistencias disipadoras, en el momento adecuado. Las conecta cuando el banco sale de servicio y las desconecta antes que el banco entre en operación.

Actualmente NICASAL S.A cuenta con un banco de capacitores controlados automáticamente. La siguiente tabla muestra los detalles de los bancos de capacitores de la empresa.

Tabla 6 Compensación instalada en NICASAL S.A.

Número de unidades	Marca	kvar/unidad	kvar total
2	Siemens	12.5	25
4	Epcos	12.5	50
2	Epcos	10.5	21
1	Eaton	16.4	16.4
Compensación total			112.4

Fuente: Censo de carga proporcionado por NICASAL S.A.

La tabla anterior muestra la capacidad instalada de compensación en la empresa, la cual corresponde a 112.4 Kvar de este total 16.4 están conectados únicamente para suplir al compresor de 50 HP existente en la empresa y los 96 Kvar restante para diferentes equipos de la empresa.

Conociendo estos valores de compensación, se realizará el cálculo correspondiente para determinar si el bajo factor de potencia es producto compensación actual, para ello se utilizará la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Capacidad del banco de compensación} \\
 & = \sqrt{(S_{registrado})^2 - (P_{registrado})^2} - \sqrt{(S_{deseado})^2 - (P_{registrado})^2}
 \end{aligned}$$

(Ecuación 2)

En donde la Potencia Activa registrada (P) es la demanda máxima registrada en el mes y la Potencia Aparente registrada o deseada (S) está dada por:

$$S_{registrado} = \frac{F.P_{registrado}}{F.P_{registrado}}, \text{ y } S_{deseado} = \frac{F.P_{registrado}}{F.P_{deseado}}$$

(Ecuación 3)

Basado en las ecuaciones 2 y 3 además del anexo II, se obtienen los resultados de la capacidad que se necesita en los bancos de condensación para obtener Factor de Potencia por encima del normado por el ente regulador.

Los resultados se muestran en el anexo III, en dicho análisis se observa que la capacidad instalada de bancos de capacitores suple la energía reactiva necesaria para mantener un factor de potencia por encima del 0.90.

Sin embargo en la práctica esto no es así, se asume que el bajo factor de potencia que experimenta la empresa se debe principalmente a la subutilización de los equipos y las practicas operativas dentro del proceso operativo, en el acápite VII. Equipos consumidores de energía eléctrica se analizara dicha suposición y se brindaran recomendaciones que ayuden a mejorar el bajo factor de potencia al cual está constantemente sujeto la empresa.

7. 8 Factor de carga de la planta

Es un indicador numérico que destaca la forma de uso de los equipos eléctricos en una instalación. Este indicador suministra algunos elementos de juicio que ayudan a tomar decisiones sobre esa forma de uso a nivel de los procesos productivos.

El factor de carga específica sobre un periodo diario, mensual, anual o cualquier otro lapso de tiempo útil para el análisis, indicando el comportamiento de la demanda comparada con su pico máximo. Lo más recomendable para las instalaciones es que su factor de carga esté lo más cercano a la unidad, ya que demuestra una utilización constante de la carga, pero si el factor de carga es menor que 1, se demuestra una utilización ineficiente de los equipos instalados.

El **factor de carga** (Fc) se define como la relación entre la demanda promedio del periodo y la demanda máxima en el mismo periodo, o sea:

$$Fc = \frac{(Activa\ total * 100)}{(Demanda\ total * días\ facturados * horas\ trabajadas\ al\ día)}$$

(Ecuación 4)

Tomando 30 días de promedio de facturación y un total de 16 horas de operación al día de la planta (debido a la restricción horaria y los diferentes paro programados y no programados de esta), además de los datos de energía activa y demanda total (tomados del Anexo I. **Detalles de consumo y demanda de energía en NICASAL S.A.**). Se procede a calcular el factor de carga de la Planta de NICASAL S.A. en el tiempo comprendido desde marzo 2013 hasta abril 2014, el cual se muestra en la siguiente ilustración:

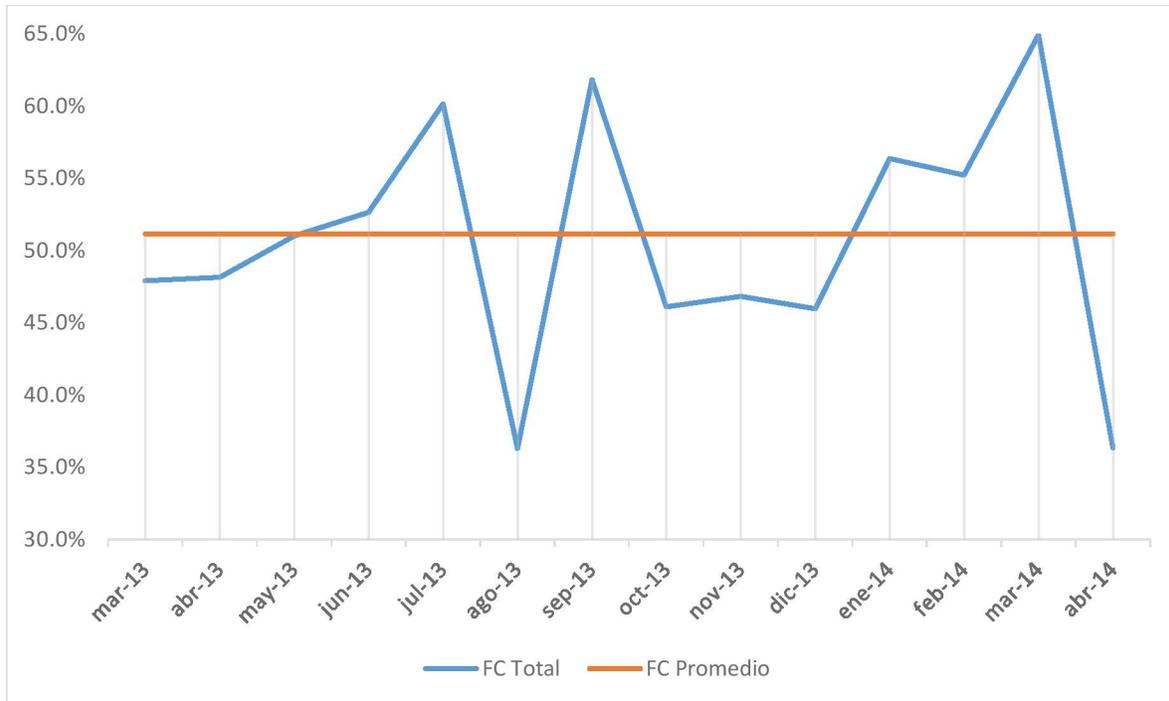


Ilustración 10 Comportamiento del Fc de NICASAL S.A.

Fuente: Facturación DISNORTE proporcionada por NICASAL S.A. Ver anexos I

La ilustración anterior muestra que el Fc mayor durante el período comprendido entre marzo 2013 y abril 2014 fue un aproximado al 65% el cual se dio en marzo 2014 y el mes con menor Fc fue agosto 2013 con 36%, sin embargo la mayoría de los meses la planta opera con un Fc inferior al 50% ocasionado por el alto consumo de energía activa comparado con la demanda máxima de energía, en el acápite VII. Equipos consumidores de energía eléctrica, se realizará un análisis para determinar el consumo promedio por equipos.

VIII. EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Los motores son ampliamente utilizados en las industrias, siendo una de las maquinas eléctricas más confiables. En nuestro país en el sector industrial el mayor gasto de energía eléctrica recae en los motores de inducción. Se estima que el consumo de los motores eléctricos en las industrias es de aproximadamente 70%, por lo que es de vital importancia prestar una mayor atención a la eficiencia de los motores de inducción.

Los equipos de fuerza se clasifican en dos tipos de máquinas eléctricas los motores eléctricos y los compresores, se brindaran a continuación las definiciones de dichas maquinas:

Motor eléctrico: Es un dispositivo que consta de un estator que permanece fijo a la carcasa y un rotor que gira en el interior del estator. La función del motor eléctrico es transformar la energía eléctrica en energía mecánica.

Compresor: Es el encargado de convertir la energía mecánica, en energía neumática mediante la compresión del aire.

8. 1 Eficiencia de los equipos de fuerza (motores eléctricos, compresores)

Para el análisis de dichos equipos es indispensable conocer los conceptos entre eficiencia y eficacia. La primera es la capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles, mientras que la segunda es la capacidad para conseguir un resultado determinado. Por lo tanto *eficiencia energética* se define como una práctica cuyo objetivo es reducir el consumo de energía mediante el uso eficiente de los recursos energéticos.

La eficiencia de un motor es la relación entre la potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada. Este es el concepto más importante desde el punto de vista del consumo de energía y del costo de operación de un motor eléctrico. Conforme a la eficiencia pueden considerarse tres géneros de motores eléctricos:

- Motores de Eficiencia Estándar
- Motores de Alta Eficiencia
- Motores de Eficiencia Premium

Los motores estándar no consideran la eficiencia como la principal cualidad, más bien privilegian la funcionalidad y precio, prácticamente los motores con más de 15 años podrían considerarse de eficiencia estándar. El concepto alta eficiencia surge en la década de los años noventa, como consecuencia de contrarrestar los altos precios de la energía y por la necesidad ya existente de hacer un uso eficiente y racional de la energía. La innovación de los Premium se da en la actual década con la pretensión de elevar aún más la eficiencia de los motores eléctricos, para ellos se ha perfeccionado el proceso de manufactura y se utilizan materiales muy superiores, ello acarrea que el diferencial en precio sea también más elevado.

La siguiente ilustración muestra un comparativo entre estos géneros de motores:

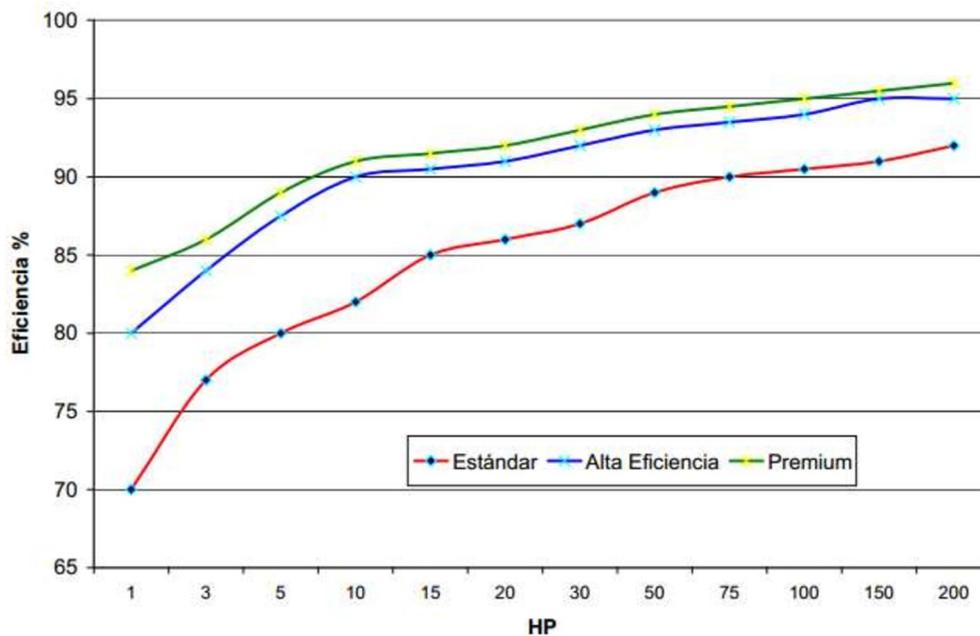


Ilustración 11 Comparativo de eficiencia en motores.

Fuente: Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (www.fide.org.mx)

La importancia en determinar la eficiencia en los equipos radica en el hecho de que cuantifica el uso de la energía eléctrica permitiendo diferenciar las transformaciones energéticas. A la medida que los equipos trabajen de una manera eficiente los beneficios sobre su utilidad se verán reflejados en el consumo de energía de los mismos, con el análisis necesario se lograra visualizar oportunidades para reducir costos de operación.

8. 2 Censo de Carga

La empresa NICASAL S.A. presenta un total de 35 motores de diferentes marcas y con una **capacidad instalada de 324.8 Hp equivalentes a 242.17 kW¹¹**. Entre las actividades realizadas por los motores se tiene que 10 son utilizados para mover bandas transportadoras, 5 para el proceso de mezclado y lavado de la sal, 3 motores encargados del centrifugado que separa el líquido de los sólidos. El resto de los equipos se distribuyen en las áreas molienda, secado, enfriamiento y clasificación de los productos así como el empaque del producto terminado.

La empresa cuenta con motores de diversas capacidades, siendo los de mayor consumo los siguientes: un compresor de 50 Hp, un motor de 40 Hp, tres motores de 30 Hp, uno de 25 Hp, uno de 15 Hp y dos de 10 Hp, por lo cual serán los que se tomaran mayor importancia al analizar. El análisis del resto de los equipos se podrá observar en los anexos **VI. Mediciones realizada en los equipos en NICASAL S.A. y VII. Cálculos de eficiencia de los equipos.**

Para el estudio de los equipos de la empresa se utiliza el método de eficiencia en base al factor de carga¹². La potencia nominal de un motor eléctrico indica la potencia mecánica de salida o en el eje que es capaz de entregar el motor, el **factor de carga (Fc)** es un indicador numérico que permite medir la adecuada explotación de las características de un motor eléctrico, es decir, indica la potencia que entrega el motor cuando se encuentra ya en operación con relación a la que puede entregar.

Se considera que para motores de eficiencia estándar el mejor aprovechamiento de la energía se da cuando estos operan en un rango del 70% al 80% de su carga. Como lo muestra la siguiente ilustración:

¹¹ Como se mencionó en el acápite 7.6 Demanda de potencia la carga demanda, instalada y contratada no necesariamente deben de ser las mismas

¹² Ver acápite 8.4 Análisis de los equipos

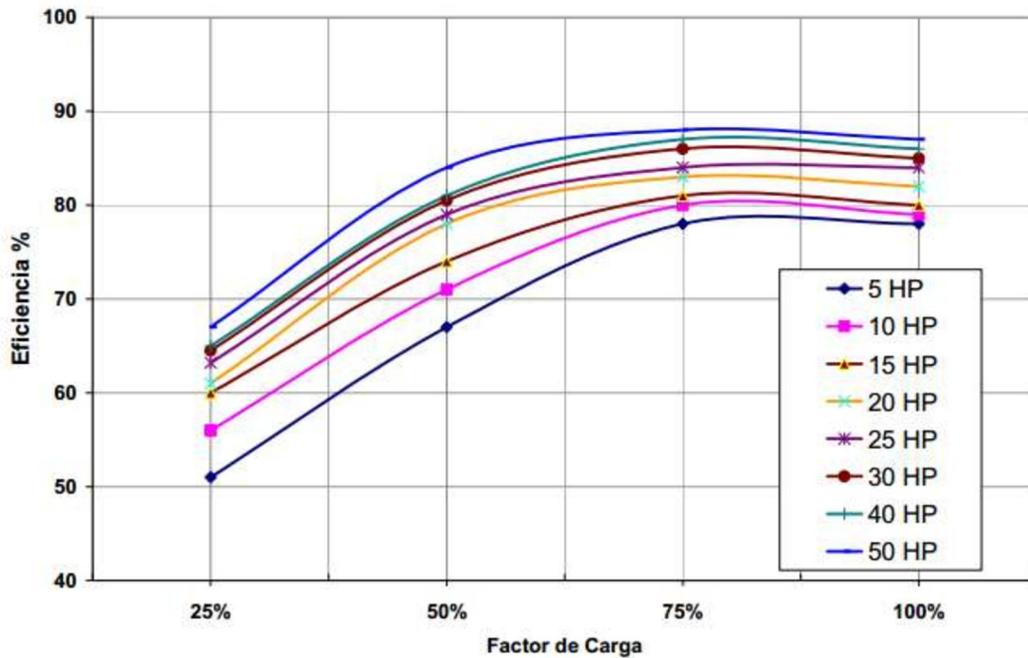


Ilustración 12 Factor de carga y eficiencia en motores estándar

Fuente: Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (www.fide.org.mx)

La ilustración anterior muestra la variación en la curva de comportamiento de los motores eléctricos en sus diferentes capacidades, en general se estima que la eficiencia disminuye drásticamente cuando operas con factores de carga inferiores al 50% y como presenta un comportamiento casi constante a partir de los 75% (disminuyendo un poco su eficiencia cuando el motor opera por encima del 80%). Es importante señalar que en dependencia de la capacidad del motor será la eficiencia máxima que podrá desarrollar. Así un motor de 5 hp con una eficiencia cercana a 0.80 es un motor de excelente eficiencia. La siguiente tabla muestra el Fc de los equipos presentes en la empresa.

Tabla 7 Comportamiento del Factor de carga de los equipos

Motores	kW teórico	kW real	Hp	Fc
Planta Industrial				
Mayores consumidores				
Ventolin de Extracción	8.36	29.80	40	27%
Motor del cesto (código 8.1)	2.92	22.35	30	12%
Molino	7.43	22.35	30	30%
Ventolin de Alimentación	9.02	22.35	30	37%
Hidráulica (código 8.2)	11.06	18.63	25	54%
Lavador de celda 1	4.35	11.18	15	35%
Lavador de celda 2	2.95	7.45	10	35%
Menores consumidores				
Lavador contra corriente	1.06	3.73	5	25%
Transportadora N° 9	2.21	3.73	5	52%
Distribuidor	1.58	3.73	5	37%
Transportadora N° 12	2.07	3.73	5	49%
Transportadora N° 7	2.66	2.98	4	76%
Alimentador centrifugo (código 8.3)	2.64	2.98	4	76%
Cizallador	1.6	2.98	4	46%
Transportadora N° 20	2.87	2.98	4	82%
Transportadora N° 27	2.45	2.98	4	70%
Transportadora N° 22	2.5	2.98	4	72%
Criba 1	4.09	2.24	3	154%
Banda transportadora	1.24	2.24	3	47%
Vibrador alimentador	0.18	0.19	0.25	58%

Fuente: Elaborado por equipo de trabajo en base a mediciones. Ver anexo VI

Basado en los resultados de la tabla anterior, los equipos que presentan menor Factor de carga son los máximos consumidores de la empresa (equipos con capacidades mayores o iguales a 10 hp) **cuyos valores no superan el 40%**, mientras los menores consumidores (equipos de capacidades menores o iguales a 5 hp) en su mayoría mantienen un porcentaje de Factor de carga aceptable.

Además se observa según la tabla que los mayores consumidores en el caso del ventolin de extracción y el motor del cesto están operando a un factor de carga del 26% y 12% respectivamente, mientras que el caso de la criba 1 que se encuentra en 154% de su factor de carga, es debido a que esta realiza el trabajo en conjunto con la criba 2, por lo tanto su Fc es la sumatoria de estos dos equipos y al solo encontrarse trabajando una de ellas esta suple el trabajo que debería de realizar,



aumentando el riesgo a que el motor se dañe, creando un mayor consumo de energía por efecto joule por mencionar algunas de las acciones que esto conlleva.

En los días de la mediciones los equipos del área de empaclado se encontraban en desuso, el motivo principal es la planeación de la producción, y el compresor de 50 hp (el mayor consumidor de la empresa) se encontraban en mantenimiento, motivo por cual no se le realizaron las mediciones a dichos equipos.

El factor de mayor influencia en la vida útil del motor es el material aislante, entre los factores que influyen en la vida del material aislante se tienen: porcentaje de carga relativa, estabilidad del voltaje, condiciones ambientales y el tiempo de operación. Cada motor de la planta NICASAL S.A. trabaja aproximadamente **416 horas al mes durante todo el año** y expuestos a condiciones de oxidación debido a la sal en el ambiente por el producto que se procesa en la planta.

8. 3 Análisis de equipos

En este acápite se analizarán los equipos de mayor consumo en la empresa que son los que van desde 10 Hp a 40 Hp, y que según la tabla 7 presentan bajo factor de carga por lo que se les debe tener mayor atención, se analizarán mediante el método de factor de carga empleado por el **Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (FIDE)** ¹³, considerando sus parámetros eléctricos sin necesidad de pruebas de laboratorios o equipos sofisticados de medición. A continuación se brindarán algunos conceptos esenciales en este acápite:

Voltaje o Tensión Eléctrica: Es la diferencia de potencial eléctrico de valor efectivo, medido en voltios, entre dos conductores cualesquiera de un circuito, o entre un conductor y tierra.

Amperaje: La corriente eléctrica es un flujo de electrones y la medida de la cantidad de electrones que fluyen por unidad de tiempo a través de un material conductor se conoce como intensidad. Por lo tanto cuándo se habla de amperaje, se está hablando de intensidad de corriente eléctrica expresada en amperios (A).

Factor de Potencia: En un circuito de corriente alterna se define FP , como la relación entre la *potencia activa* (P) y la *potencia aparente* (S) o bien como el coseno del ángulo que forma los fasores de la intensidad y el voltaje, designándose en este caso como $\cos \varphi$, siendo φ el valor de dicho ángulo. De acuerdo con el triángulo de potencias de la siguiente ilustración:

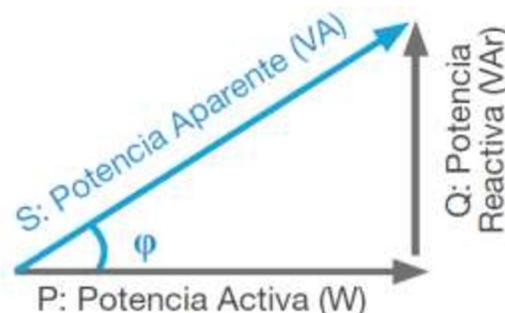


Ilustración 13 Triángulo de Potencias

¹³ Metodología presentada en el artículo

[http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/004%20M%C3%B3dulo%20IV%20\(AEE%20Motos%20de%20Inducci%C3%B3n\).pdf](http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/004%20M%C3%B3dulo%20IV%20(AEE%20Motos%20de%20Inducci%C3%B3n).pdf)

Realizando los despejes trigonométricos necesarios se obtendrá una ecuación para determinar el factor de potencia, siendo esta:

$$\text{F. P.} = \text{Cos}(\tan^{-1}\left(\frac{S}{P}\right))$$

(Ecuación 5)

Potencia Activa: Representa la potencia útil medida en vatios (W), es decir, la energía que realmente se aprovecha cuando un equipo realiza un trabajo.

$$P = \sqrt{3}VI \cos \varphi$$

(Ecuación 6)

Potencia Reactiva: Es la energía necesaria para mantener un campo electromagnético, esta energía es útil donde el campo electromagnético es necesario para generar movimiento. Este tipo de potencia no produce trabajo útil su unidad de medida es kilovoltios-amperios reactivos (KvAr).

Potencia Aparente: Esta es la energía real demandada que no es más que la suma vectorial de la energía activa y reactiva.

$$P = \sqrt{3}VI$$

(Ecuación 7)

8.3.1 Metodología de cálculo energético

Para realizar los cálculos a los diferentes equipos consumidores se utiliza la metodología presentada por la fide en su artículo *Procedimientos de Evaluación para la Sustitución de Motores Eléctricos de Estándar por Motores de Alta Eficiencia* (2002). Se describirán los pasos para el cálculo energético seguidamente se presentara una tabla con los resultados obtenidos por medio de la metodología.

Paso 1. Determinar la potencia estándar.

La potencia estándar es demandada por el motor, se determinará por medio de la siguiente ecuación y su unidad de medida son los kilowatts (kW)

$$P_{std} = \frac{\sqrt{3}(V_{prom})(I_{prom})(F.p.)}{1000}$$

(Ecuación 8)

Paso 2. Determinar la eficiencia (η) al Factor de carga actual (Fc)

La eficiencia actual es la relación entre la potencia mecánica de salida (dada por la Ecuación 8) y la potencia eléctrica de entrada (tomado desde los datos de chapas del equipo). Para ello se debe de calcular primero el factor de carga.

El factor de carga de los equipos es un indicador numérico que permite medir la adecuada explotación de las características de un motor eléctrico, este indicador proporciona elementos que ayudan a la toma de decisiones sobre la adecuada forma de planificación y control de los procesos de producción en los que incide el motor evaluado, se puede calcular por la siguiente ecuación:

$$FC = \left[\frac{(Pot_{std\ ele})(\eta)}{(Hp_{placa})(0.746)} \right]$$

(Ecuación 9)

Paso 3. Determinar la eficiencia al Factor de carga

Para determinar la eficiencia al factor de carga, se procederá con una interpolación lineal entre el factor de carga inmediato inferior y el superior¹⁴ de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\eta = \left[\frac{FC_{std} - FC_1}{FC_2 - FC_1} \right] (\eta_2 - \eta_1) + \eta_1$$

(Ecuación 10)

¹⁴ Ver anexo IV. Tablas de eficiencia según el factor de carga

Paso 4. Determinar los ajustes a la eficiencia.

El ajuste a la eficiencia del motor actual, se realiza debido a que los procesos de transformación de energía eléctrica a energía mecánica presentan ciertas pérdidas por lo cual se deberá realizar un ajuste determinando dichas pérdidas. La siguiente ecuación permitirá determinar dicha eficiencia:

$$\eta_{ajustada} = FA_{dv}(\eta_{std} + FA_{vv} - FA_{re})$$

(Ecuación 11)

La idea primordial de realizar un ajuste en la eficiencia, es analizar las áreas de oportunidad que se tiene para mejorar la eficiencia del motor, sin necesidad de cambiar un motor estándar por uno de alta eficiencia.

La eficiencia se debe ajustar por los siguientes factores:

- Variación de voltaje.
- Desbalanceo de voltaje.
- Motor rebobinado.

A continuación se describirán las diferentes formas en las que se pueden determinar dichos factores de corrección o ajustes:

1. Factor de Ajuste por diferencia de tensión

La diferencia de tensión existe cuando hay variación entre el voltaje de operación del motor y el voltaje nominal del mismo, la diferencia de la tensión ocasiona que las características de operación de los motores cambien, provocando mayores pérdidas, esta se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$VV = \left(\frac{V_{prom}}{V_{placa}} - 1 \right)$$

Una vez obtenido el valor de variación de voltaje y con ayuda de la siguiente ilustración se determina el porcentaje de cambio en la eficiencia.

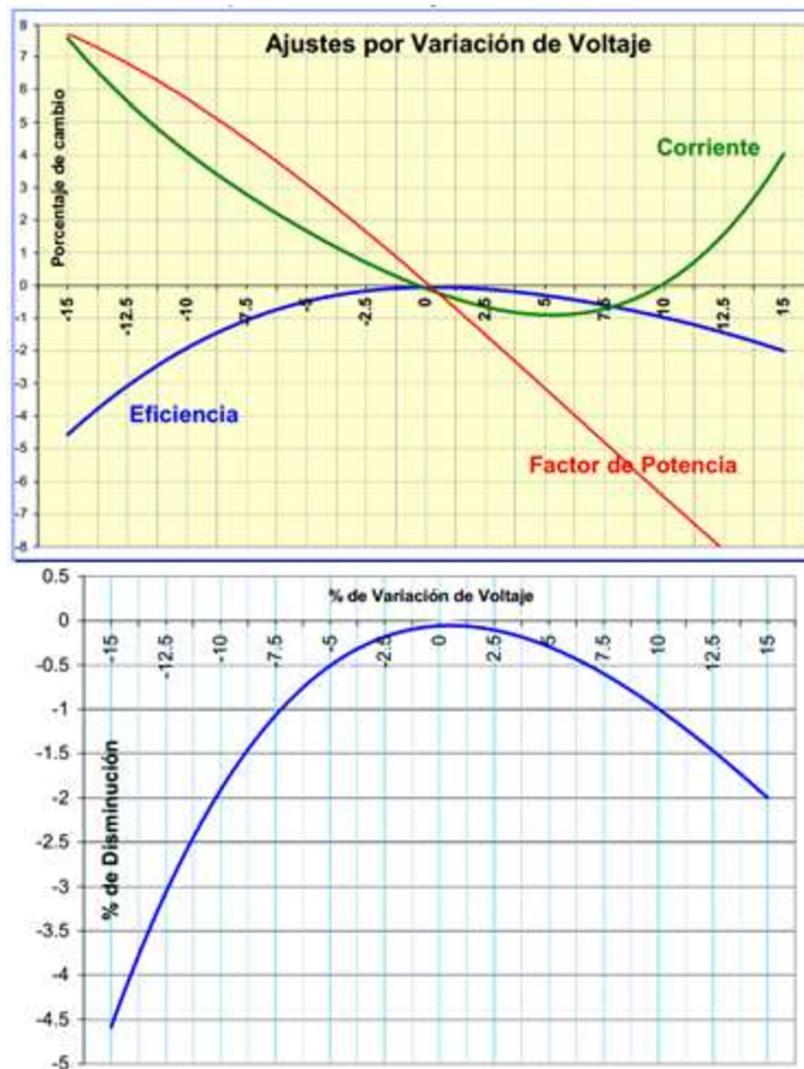


Ilustración 14 Efecto por variación de voltaje en el funcionamiento del motor.

Fuente: Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (www.fide.org.mx)

De igual manera debido a que el valor de variación de voltaje influye en la eficiencia de los motores eléctricos, se puede calcular el **Factor de Ajuste de Variación de Voltaje (FA_{VV})** por medio de la siguiente ecuación:

$$FA_{VV} = (VV)[0.007 - 1.334(VV)] - 0.0009$$

(Ecuación 12)

Debido a que son diferentes motores los que se deberán evaluar y por facilidad de cálculos, el factor de ajuste por variación de voltaje será calculado utilizando la ecuación, esto no quiere decir que el método grafico sea menos útil.

2. Factor de ajuste por desbalanceo en tensión.

Un indicador de desbalance de voltaje entre las fases se puede obtener evaluando la máxima desviación del voltaje de línea al voltaje promedio de un sistema trifásico dividido entre el voltaje promedio, el desbalance de voltaje es generalmente provocado por la mala distribución de las cargas, un mal funcionamiento en los capacitores y circuitos abiertos. El criterio para definir el desbalance de voltaje es establecido por la siguiente ecuación:

$$DV = \left[\frac{\text{Max}\{(V_{max} - V_{prom}) \text{ y } (V_{prom} - V_{min})\}}{V_{prom}} \right]$$

(Ecuación 13)

Este valor de desbalance de voltaje, influye en la eficiencia de los motores eléctricos, debido a que varía las condiciones de operación de los equipos, siendo utilizable en el cálculo de la eficiencia ajustada por medio de un **Factor de Ajuste por Desbalanceo de Voltaje (FA_{DV})**. Calculado a través de la siguiente ecuación:

$$FA_{dv} = 1 - (DV)[0.0113 + 0.0073(DV)]$$

(Ecuación 14)

Otro método para el cálculo del factor de ajuste por desbalanceo de voltaje es utilizando la siguiente ilustración:

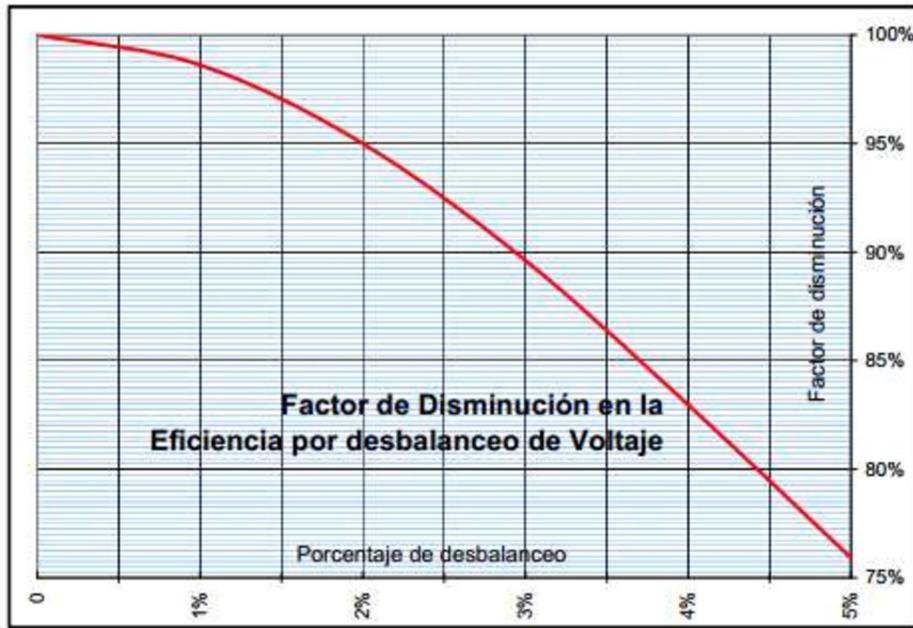


Ilustración 15 Efecto en el funcionamiento del motor por DV.

Fuente: Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (www.fide.org.mx)

Si las fases presentan desbalance de voltaje, la eficiencia junto con las características del motor disminuirá conforme aumenta el desbalance. Los desbalance de voltaje producirán corrientes de secuencias negativas, y provocan un calentamiento en el embobinado del estator y en las barras del motor, pero no producirán potencia de salida útil, es necesaria la disminución de la carga cuando el desbalance exceda el 1%.

3. Factor de ajuste por rebobinado.

Otro factor que influye en la eficiencia de los equipos es el rebobinado, algunos de los grandes equipos consumidores han sido rebobinados en reiteradas ocasiones por lo que se debe poner énfasis en dichos equipos. Aproximadamente el 54% del global de los motores no han sido rebobinados, mientras un 46% han sido rebobinados entre 1 y 7 veces¹⁵.

¹⁵ Véase anexo V. Censo de carga de la planta NICASAL S.A.



Las fallas en los motores tienen con frecuencia su origen en los desperfectos mecánicos, muchas veces acompañada por daños severos en el aislamiento de los devanados, por lo que es necesario su rebobinado.

Es técnicamente posible reparar un motor para que este mantenga sus condiciones generales de desempeño, pero cuando se realiza en talleres sin las características necesarias o no cuenta con la calidad de los materiales, las pérdidas en su eficiencia son un aproximado al 2%. Es importante destacar que la corrección a la eficiencia por rebobinados se deberá aplicar en una sola ocasión, independientemente del número de veces que el motor haya sido rebobinado.

$$FA_{re} = 2\%$$

Cuando un motor sufre un desperfecto en su devanado y debe ser rebobinado, puede disminuir su eficiencia si durante el proceso no presenta las siguientes condiciones:

- Calentamiento desmedido del hierro al quitar el devanado.
- Daños en las ranuras al momento de quitar el devanado y montar el nuevo.
- Diferente calidad y calibre en el alambre.
- Diferentes números de vueltas y espiras.
- Daños al cojinete y mal alineamiento.

Por esto es importante rebobinar los motores en lugares que cuente con un personal calificado que garantice la correcta compostura y materiales de calidad superior o igual a los originales. Un motor rebobinado al ser instalado nuevamente, gastará más energía que antes, por esta razón resulta más económico sustituir un motor que mandarlo a rebobinar.

Paso 5. Determinar la potencia del freno del motor actual.

La potencia al freno está dada como la multiplicación de la eficiencia ajustada del motor eléctrico por la potencia eléctrica del mismo, su unidad de medida se encuentra dada en kW o hp. Mediante la ecuación:

$$Pot_{mec} = (\eta_{ajustada})(Pot_{elec})$$

(Ecuación 15)

En este caso Pot_{mec} es la energía mecánica entregada al sistema motriz accionado por el motor actual y será la misma al momento de proponer un nuevo motor.

Paso 6. Proponer un nuevo motor.

Una vez que se conoce la potencia del freno se selecciona un motor de alta eficiencia que trabaje cerca del 75% de su carga. La selección se realiza con la ecuación:

$$Pot_{AE\ mec} = \left[\frac{Pot_{mec}}{0.75} \right]$$

(Ecuación 16)

Cuando la potencia necesaria en el nuevo motor de alta eficiencia este determinada, se deberá calcular el factor de carga al cual trabajara para ello se utilizará la *ecuación 9*, de igual manera calcular la eficiencia al Factor de carga al cual trabajara el nuevo motor según la *ecuación 10*.

8.3.2 Cálculos y análisis de resultados

De acuerdo con la metodología utilizada y como anteriormente se mencionó, el análisis de los equipos se centrarían en los motores que presentan mayor consumo y bajo factor de potencia. Para facilitar la presentación de los resultados se muestra la siguiente tabla donde se utilizó cada una de las ecuaciones antes descritas:

Tabla 8 Cálculos de la eficiencia

Datos de Chapas				Potencia medida	Fc	η Fc
Utilización	modelo	Hp	Kw	P (kW)		
Ventolin de Extracción	MG200L-4	40	29.80	7.95	27%	87.8%
Motor del cesto (código 8.1)	MG180L-4	30	22.35	2.77	12%	86.0%
Molino	MG180L-4	30	22.35	7.06	32%	89.3%
Ventolin de Alimentación	MG180L-4	30	22.35	8.57	38%	90.1%
Hidráulica (código 8.2)	MG180M-4	25	18.63	10.51	56%	91.3%
Lavador de celda 1	MG160M-4	15	11.18	4.14	37%	83.0%
Lavador de celda 2	MA132M-4	10	7.45	2.80	38%	83.0%

Continuación tabla 8

Datos de Chapas		FA _{VV}	FA _{DV}	FA _{re}	η ajustada	Pot _{mec} kW	Pot _{mec} Hp
Utilización	Hp						
Ventolin de Extracción	40	-0.0736	0.999	2%	78%	6.23	8.36
Motor del cesto	30	-0.0812	0.999	5%	73%	2.02	2.71
Molino	30	-0.2309	0.999	0	66%	4.67	6.27
Ventolin de Alimentación	30	-0.1069	0.999	0	79%	6.80	9.13
Hidráulica	25	-0.1377	0.999	2%	75%	7.93	10.65
Lavador de celda 1	15	-0.2011	0.998	0	63%	2.60	3.49
Lavador de celda 2	10	-0.2011	0.999	0	63%	1.76	2.36

Fuente: Elaborado por equipo de trabajo en base a mediciones. Ver anexo VII

La tabla anterior muestra los equipos de mayor consumo los cuales presentan un bajo factor de carga motivo por el cual se llevó a cabo la metodología del análisis al factor de carga dando como resultado que la potencia mecánica que estos entregan está por debajo de la que deberían proporcionar, por lo que estos equipos están siendo subutilizados.

Se puede observar que el equipo de mayor consumo sería el ventolin de extracción el cual es de 40 hp el factor de carga que este presenta es de **27%** lo cual indica que no trabaja a su máxima eficiencia. Los demás equipos presentan la misma problemática estos están siendo subutilizados, tener equipos subutilizados se ve reflejado en los costos energéticos.

8.3.3 Propuesta de mejoras con nuevos motores

Como se ha mencionado a lo largo del capítulo la potencia eléctrica que demande un motor está totalmente relacionada con la eficiencia del mismo y con el factor de carga. De tal manera que al mejorar la eficiencia del motor la demanda eléctrica para la misma operación disminuye y de esta manera logra un menor consumo energético.

La siguiente ilustración 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 otras tres curvas son de motores estándar de las mismas potencias.

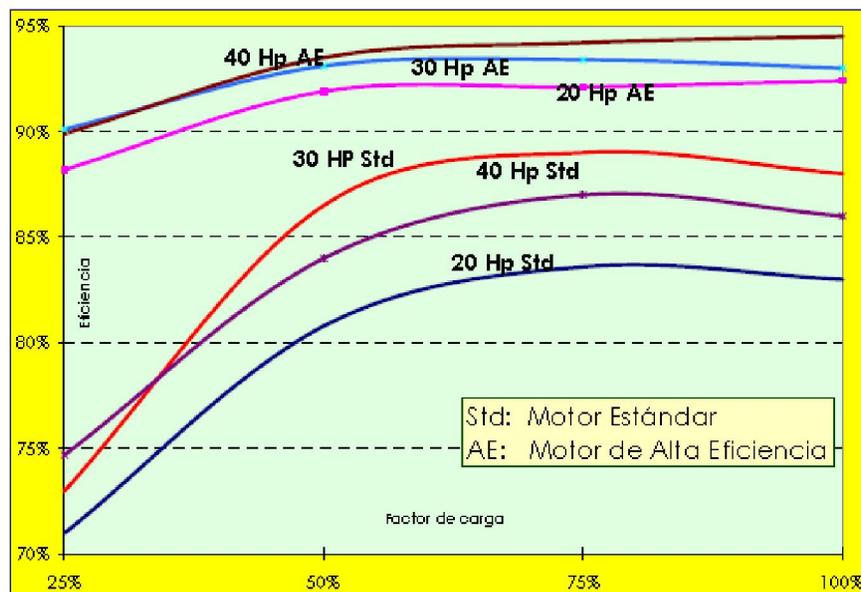


Ilustración 16 Comparativo de las curvas de eficiencia por medio del Fc entre motores de eficiencia estándar y motores de alta eficiencia.

Fuente: Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (www.fide.org.mx)

Observando la ilustración 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, además a la hora de proponer un nuevo motor se deberá de hacer tomando en cuenta que este al 75% brinda su mayor eficiencia. Debido a que la mayoría de los mayores consumidores presentan una demanda de potencia mucho menor de la instalada, es por ello que se hace la propuesta de la sustitución paulatina de los motores estándares con bajo Fc por motores de alta eficiencia adecuada a la nueva demanda. La tabla siguiente muestra los motores propuestos a ser cambiados.

Tabla 9 Propuesta de motores de alta eficiencia

Motor alta eficiencia	Pot _{mec} hp	motor propuesto hp	Fc	η	Demanda (kW)
Ventolin de Extracción	12.46	15	62%	93%	7.53
Motor del cesto (código 8.1)	2.69	5	54%	90%	2.25
Molino	6.23	8	78%	91%	5.11
Ventolin de Alimentación	9.07	10	91%	93%	7.36
Lavador de celda 1	3.47	5	70%	90%	2.88
Lavador de celda 2	2.35	5	47%	89%	1.98

Fuente: Elaborado por equipo de trabajo en base a mediciones.

Los motores propuestos estarán en base a los motores existentes en el mercado. La sustitución de los equipos proporcionara una disminución en la demanda reduciendo costos energéticos.



Existen otras alternativas de ahorro energético en motores las cuales no necesitan de la adquisición de un nuevo motor, sino de la utilización de los motores disponibles entre las alternativas más comunes se encuentran:

- La reubicación de motores procurando aprovechar al máximo la eficiencia. El factor de carga óptimo para motores estándar se ubica en un rango del 70 al 80%, de tal manera que los motores que se encuentren más lejanos 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.

8. 4 Iluminación

Otros equipos consumidores de energía eléctrica en la empresa son los pertenecientes al área de iluminación por medio de las luminarias que se encuentran en toda la planta.

Se define luminaria como un aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

Una instalación de alumbrado debería satisfacer los requisitos de iluminación de un espacio particular sin malgastar energía. Sin embargo, es importante no comprometer los aspectos visuales de una instalación de iluminación simplemente para reducir el consumo de energía.

Algunos tipos de lámparas utilizan un dispositivo para su funcionamiento conocido como balastro, el cual cumple con las funciones de regular la corriente eléctrica a través del tubo y a su vez suplir el voltaje requerido para la operación de este, en algunos casos se utiliza para compensar las variaciones de voltaje cuando estos se encuentran presentes en las líneas conductoras.

Para objetos de estudio las luminarias de la empresa NICASAL S.A. se dividirán en luminarias interiores y luminarias exteriores, la empresa cuenta con una **potencia instalada total de iluminación de 4.3 kW**, de las cuales **1.23 kW pertenecen al área de iluminación exterior y los 3.2 kW restantes pertenecen al área de iluminación interior**. La siguiente ilustración muestra la distribución de la energía en el sector de iluminación.

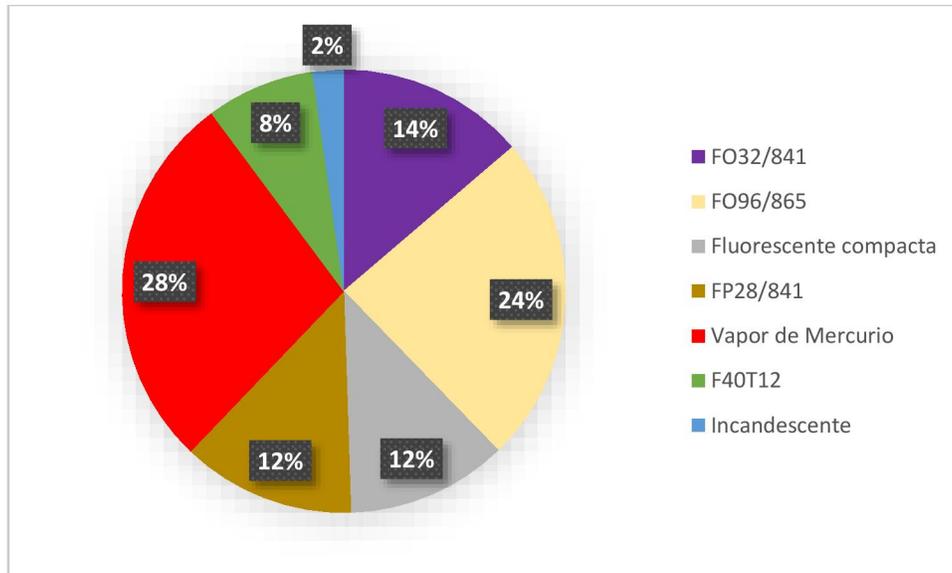


Ilustración 17 Distribución del tipo de iluminación de la empresa

Fuente: Elaborado por equipo de trabajo en base a censo de iluminación. Ver anexo VIII

La ilustración anterior muestra que de las luminarias interiores, las luminarias fluorescentes del tipo FO96/865 son las que aportan mayor demanda energética con un 24%, mientras que las que menos demandas aportan son los bombillos incandescentes con 2% y las luminarias fluorescentes del tipo F40T12 con 8%, mientras que las luminarias fluorescentes de los tipos compactas, FO32/841, FP28/841 aportan un 38% entre las tres, mientras que las luminarias exteriores de vapor de mercurio aportan el 28% del total, la empresa utiliza eficientemente la energía por iluminación por el dominio de las tecnologías eficientes con respecto a las convencionales.

8.4.1 Iluminación Interior

Las luminarias interiores son todas aquellas que se ocupan para satisfacer las necesidades de iluminación de oficinas y dentro de la misma planta productiva.

Existen diversos tipos de lámparas tanto para la iluminación interior como para la iluminación exterior, la siguiente ilustración muestra los tipos de lámparas utilizadas para la iluminación interior:

Tipo de lámpara	Imagen	Índice de reproducción cromática (0-100)	Vida útil (horas)	Eficacia luminosa (lm/W)	Equipo auxiliar	Observaciones	Coste
Incandescente		100	1.000	9-17	–	Evitar	Reducido
Fluorescente		60-95	8.000-12.000	65-100	Arrancador, balasto y condensador	El balasto electrónico reduce su consumo en un 25%	Reducido
Fluorescente compacta		85	8.000-12.000	45-70	Equipo electrónico incorporado	Retardo en encendido. Las integradas sustituyen directamente a las incandescentes	Medio
Halógena		>90	2.000	15-27	–	Encendido instantáneo. Elevada intensidad luminosa. Corta duración de la lámpara y reducida eficacia luminosa.	Medio
Halógena de bajo consumo		>90	2.000-3.000	18-25	Transformador	Ahorro de un 30% en consumo energético. Mayor vida luminarias y menor calentamiento del ambiente.	Medio

Ilustración 18 Tipos de luminarias interiores

Las luminarias más utilizadas en la actualidad son las fluorescentes debido a su amplio stock de unidades y sus diversos tipos, lo que las hacen adaptarse a la necesidad de iluminación que requiere el local a acondicionar.

Actualmente la empresa cuenta con diversos tipos de luminarias predominando la del tipo fluorescente con diversos tipos de arreglos y cantidades variables de tubos. La tabla siguiente presenta los tipos y cantidad de luminarias internas dentro de la empresa.

Tabla 10 Lámparas de iluminación interior en la empresa NICASAL S.A.

Tipo	Potencia (W)	N° de luminarias	Consumo (kWh/mes)
FO32/841	608	9	248.8
FO96/865	1062	9	331.3
Fluorescente compacta	520	13	155.5
FP28/841	560	8	174.7
F40T12	350	7	34.2
Incandescente	100	1	36
Total	3200	47	980.6

Fuente: Elaborado por equipo de trabajo conforme a censo de iluminación. Ver anexo VIII

La tabla anterior muestra que las luminarias del tipo FO96/865 son las que más demandan y consumen energía debido a que son las que se encuentran principalmente dentro de la planta de proceso y operan las 24 horas al día.

8.4.2 Iluminación exterior

Las luminarias exteriores son denominadas así por su utilización en el alumbrado público, siendo las utilizadas en su mayoría en calles, parques, avenidas, etc. Existen principalmente 3 tipos de lámparas utilizadas para la iluminación exterior, las cuales se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 11 Tipos de lámparas para Iluminación exterior

Tipo	lum/W	Temperatura de color (K)	Vida útil (h)
Metalarc	60-115	3500-4000	12000-20000
Vapor de Mercurio	40-58	4000-5900	16000-24000
Vapor de Sodio	71-127	2000	16000-24000

Fuente: Elaborado por equipo de trabajo con datos tomados de internet

La empresa cuenta con 7 luminarias perimetrales con consumo total de 1,225 Watts, que funcionan en horas de la noche. El tipo de tecnología utilizada son luminarias de mercurio de alta presión con una capacidad de 175 Watts, obteniendo un consumo promedio por estas lámparas de 34.2 kWh al mes.

Este tipo de lámpara son de un alto consumo de energía, del 100% de energía consumida el 64.5% se pierde en forma de calor, el 16% en otras pérdidas y el 16.5% únicamente es aprovechada en forma de luz, como se muestra en la siguiente ilustración:

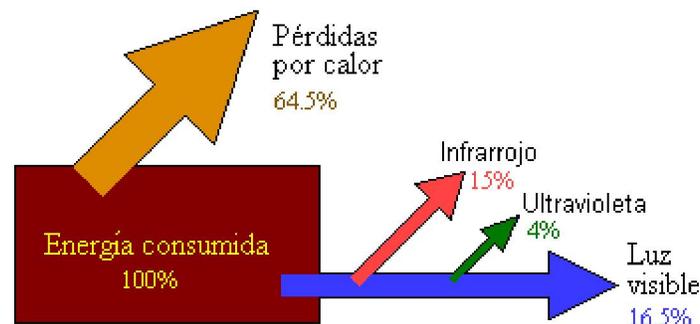


Ilustración 19 Balance energético de lámparas de mercurio de alta presión

En la ilustración anterior, se aprecia el porcentaje de aprovechamiento de la luz para una lámpara de mercurio de alta presión.

8. 5 Otros equipos consumidores

Además de los equipos anteriormente mencionados la empresa cuenta con otros equipos consumidores de energía principalmente equipos ofimáticos, aires acondicionados y refrigeradoras, además cuenta con una bomba de agua encargada de suministrar agua potable a toda la instalación.

La siguiente tabla muestra la distribución de los otros equipos consumidores dentro de la empresa NICASAL S.A.:

Tabla 12 Otros equipos consumidores de la empresa

Área	Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Potencia (kW)
Sala de maquinas	Aire Acondicionado	2	10,551	10.55
	Computadora de mesa	1	163	0.16
	Impresora	1	374	0.37
	Computadora portátil	2	110	0.11
Bodega	Aire Acondicionado	1	5,275	5.28
	Computadora de mesa	1	163	0.16
Laboratorio	Computadora portátil	2	110	0.11
	Aire Acondicionado	1	5,275	5.28
Bascula	Computadora de mesa	1	163	0.16
	Computadora portátil	2	110	0.11
Entrada de Control	Radio	1	150	0.15
Cafetín	Mantenedora coca-cola	2	1,490	1.49
Suministro de agua	Bomba de agua	1	745	0.75
Total				24.68

Fuente: Elaborado por equipo de trabajo conforme a censo de carga

IX. PROPUESTAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Las medidas de eficiencia energética son todas aquellas que permiten seguir aprovechando los distintos requerimientos técnicos de los equipos, logrando ahorros económicos en base a diferentes inversiones que se consideraran factibles si presenta un período simple de recuperación (PSR) corto.

En base al estudio realizado en la empresa NICASAL S.A. se encontraron dos medidas de eficiencia energética (MEE), las cuales son analizadas a continuación.

MEE 01. Sustituir los motores de eficiencia estándar con bajo factor de carga por motores de alta eficiencia.

Situación actual: La empresa NICASAL S,A cuenta con motores utilizados para el proceso productivo de la planta, estos generan una demanda eléctrica de **61.90 kW**, los equipos trabajan en un aproximado de 20 horas diaria por 26 días al mes trabajando en dos turnos a fin de evitar laborar en la horas de restricción que van de la 16:00 a 22:00 hrs.

Situación futura: Se recomienda implementar la sustitución de seis de los equipos que generan mayor consumo en la planta con bajo factor de carga y que están siendo subutilizados, para corregir la problemática se requerirán de un motor de 15, 10 y 7.5 Hp y tres motores de 5 Hp que disminuirán la potencia eléctrica demandada por la planta.

Ahorro energético anual previsto: Al reemplazar los equipos que generan mayor consumo en la planta, se tendrá una reducción de **6.96 kW/mes o 83.49 kW/año** en demanda y una disminución del consumo de energía de **39,074.62kWh/año**.

Variables ambientales¹⁶: Por la sustitución de los equipos la empresa dejara de producir **21 toneladas de CO₂**, el cual ya no perjudicara a la atmosfera.

Inversión: Por la sustitución de los equipos y de tal forma utilizar equipos que trabajen de manera adecuada se requiere una inversión de **USD 15,927.92**. (Ver anexo IX. Cotización MEE 01)

¹⁶ Se usa el factor de emisión 1 kWh = 0.535 kg CO_{2eq}

Ahorro económico: Debido a la reducción de la potencia eléctrica y la óptima utilización del factor de carga el ahorro por la sustitución de equipos se estima de **USD 6,252 por año.**

Las siguientes tablas muestran los detalles de los ahorros económicos:

Tabla 13 Ahorros económicos para la MEE 01

Equipos	demanda (kW/mes)	consumo (kWh)	USD Total
Ventolin de Extracción	1.21	6,785.04	1,085.61
Motor del cesto (código 8.1)	0.52	2,919.23	467.08
Molino	1.94	10,920.39	1,747.26
Ventolin de Alimentación	1.21	6,790.73	1,086.52
Lavador de celda 1	1.26	7,058.69	1,129.39
Lavador de celda 2	0.82	4,600.54	736.09
Total	6.96	39,074.62	6,251.94

Período simple de recuperación: La inversión se espera recuperar en un periodo aproximado de 2.5 años

MEE 02. Sustituir el consumo energético convencional en el sistema de iluminación por un sistema de energía solar fotovoltaica.

Situación actual: La empresa cuenta con un banco de transformadores monofásicos en los cuales se encuentran instaladas todas las luminarias de la empresa y otros equipos. La demanda promedio de iluminación es de 4.3 kW perteneciente al 4% del total de la empresa, estas luminarias demandan la energía desde la red eléctrica y lo hacen principalmente en las horas de la noche incluyendo la restricción horaria, como se mencionó en el trabajo el coste de la energía en este período es mayor

Situación futura: Se recomienda la instalación de un sistema fotovoltaico para suplir la demanda de energía por iluminación de la empresa, se requiere disponer de un sistema que suministre 4.5 kW en cualquier momento.

Se requerirán 33 paneles fotovoltaicos de 130 W cada uno, para lo cual ocuparán un área total de 26.5 m², se sugiere distribuir los paneles en los techos de las oficinas y de la misma planta todos orientados al sur y con una inclinación adecuada para utilizar las horas de mayor radiación solar, dichos paneles están configurados para captar la energía independientemente del estado del clima.

Ahorro energético anual previsto: Al independizar el sistema de iluminación, se tendrá una reducción anual de **53.1 kW** en demanda y una reducción de consumo de energía de **5,736.24 kWh/año** en horario punta, además de **11,155 kWh/año** en horario fuera de punta o valle, siendo el total **16.89 MW/año**.

Variables ambientales: Por la instalación del sistema fotovoltaico se dejará de consumir **16.9 MWh/año**, lo que equivaldría a **9.04 toneladas de dióxido de carbono (CO₂)** que la empresa no emitiría de manera indirecta a la atmósfera.

Inversión: Por la instalación del sistema fotovoltaico para suplir el consumo de energía por iluminación se tiene una inversión de **USD 17,365**. La vida útil de los paneles es de 20 años. (Ver anexo X. Cotización MEE 02)

Ahorro económico: Debido a la reducción en el consumo eléctrico y demanda de potencia, se estima un ahorro de **USD 4,266.51 por año**.

La siguiente tabla muestra el desglose de los ahorros económicos:

Tabla 14 Ahorros económicos para la MEE 02

Estación	Demanda (kW)	Consumo punta (kWh)	Consumo valle (kWh)
Verano	664.28	717.03	892.40
Invierno	412.06	688.35	892.40
Total	1,076.34	1,405.38	1,784.79

Período simple de recuperación: Se espera recuperar la inversión en aproximadamente 4 años.

X. ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DEL CAMBIO DE TARIFA

Como se había expuesto en el acápite 7.6 Demanda de potencia, del presente trabajo la empresa se encuentra ubicada en una categoría tarifaria a la cual no corresponde, debido al sobredimensionamiento de la demanda instalada de energía eléctrica.

Suponiendo que se mantienen las condiciones de operación de los equipos y los horarios y tomando en cuenta el comportamiento de consumo y demanda actual de la empresa, se procedió a realizar un análisis de los ahorros económicos que conllevara un cambio tarifario.

10. 1 Descripción de la nueva tarifa

La nueva tarifa deberá de presentar una restricción horaria como la actual y deberá de encontrarse en el rango de características de demanda instalada de las tarifas de industria mediana, de igual manera dicha tarifa deberá de abastecer con un voltaje en el secundario de 460 V, es decir, voltaje de media tensión.

Con la finalidad de abastecer todos los meses la demanda de potencia que se requiere en la empresa debido a los equipos que presenta, se toman los 175 kW de demanda de potencia que registro el mes de octubre 2013 (mes de mayor demanda de potencia registrada en el período de análisis) y se le aplica un 5% como factor de seguridad, resultado de ello se obtienen 185 kW la propuesta a la demanda de potencia instalada.

En base a esto se muestra la siguiente tabla, en la cual se detalla la nueva tarifa propuesta a la empresa y los costos aplicados a dicha tarifa.

Tabla 15 Detalles de la tarifa eléctrica propuesta a NICASAL S.A.

Tipo de tarifa	Aplicación	Tarifa		Cargo por	
		Código	Descripción	Energía	Potencia
				(USD/kWh)	(USD/KW-mes)
INDUSTRIAL MEDIANA	Carga contratada mayor de 25 y hasta 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc.)	T-4E	TARIFA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Verano Punta	0.24	24.14
			Invierno Punta	0.23	14.78
			Verano valle	0.15	0
			Invierno valle	0.15	0

Fuente: Pliego Tarifario INE comprendido desde marzo 2013 a abril 2014. Ver anexos XI

La tarifa eléctrica propuesta a la empresa es del tipo binomia con medición horaria estacional, en ella se sigue el consumo de energía eléctrica y la máxima demanda de energía al mes se registran. También se registra el factor de potencia y se sigue penalizando si este se encuentra por debajo del valor normado por el INE.

10. 2 Estimación de ahorros

Asumiendo que las condiciones de operación se mantienen, se obtendrán los mismos valores de demanda de energía, consumo de energía y Factor de Potencia de la empresa (Anexo I. Detalles de consumo y demanda de energía en NICASAL S.A.) estos valores multiplicados por su respectivo costos económico en la estación concerniente (expuesto en la tabla 7) brindarán los resultados de la tarifa actual¹⁷.

Cabe mencionar que en dichos ahorros podrían aumentar si se toman en cuenta los ahorros que representan la regulación del INE (1%) y el IVA (15%). La siguiente tabla muestra los ahorros económicos esperados por el cambio de tarifa.

¹⁷ Ver anexo XII. Simulación de la facturación con una tarifa T-4E

Tabla 16 Resumen de ahorros mensuales por cambio de tarifa

mes	Activa (USD)		Demanda (USD)	Comercia- lización	recargo por bajo FP	TOTAL USD
	Punta	valle	punta			
mar-13	230.43	730.38	494.98	40.82		1,496.61
abr-13	78.07	618.71	365.35	41.73	28.34	1,132.19
may-13	6.59	261.75	15.50	41.90	7.92	333.67
jun-13	6.88	343.38	9.72	42.07	12.06	414.11
jul-13	7.80	220.45	10.62	42.24	1.69	282.80
ago-13	7.02	227.90	42.63	42.42	4.02	323.99
sep-13	7.67	163.18	5.87	42.59	6.31	225.62
oct-13	3.37	136.85	23.57	42.77	5.21	211.76
nov-13	3.48	97.09	5.92	42.94		149.43
dic-13	6.18	88.07	13.84	43.12		151.21
ene-14	3.01	95.37	8.23	43.42		150.03
feb-14	2.87	113.80	16.52	43.59		176.79
mar-14	6.19	112.75	8.29	43.77	0.05	170.95
abr-14	2.90	71.75	20.44	43.95		139.03
invierno	6.04	198.14	16.39	42.51	5.86	267.95
verano	4.62	123.92	13.80	43.29	3.93	186.95

Fuente: elaborado por equipo de trabajo conforme a la facturación proporcionada por la empresa.

La tabla anterior muestra un aproximado de los ahorros por mes, se observa que los meses de marzo y abril 2013 al ser meses en los que no se respetó la restricción horaria y teniendo la tarifa propuesta un costo por demanda de potencia mucho menor a la de la tarifa actual, siendo el principal causante de tener más de 1,000 USD menos que la facturación actual. Los demás meses al presentar una demanda estable y un consumo en el que no se difiere demasiado del promedio presenta los siguientes resultados: Los meses correspondientes a la estación de verano obtendrían un ahorro promedio a los **187 USD/mes** y los meses correspondientes a la estación de invierno presentan un ahorro cercano a los **268 USD/mes**. La siguiente tabla muestra los resultados anuales de dichos ahorro.

Tabla 17 Ahorros anuales por cambio de tarifa

Condición	USD/mes	meses de la estación	USD anuales
Invierno	267.95	6	1,607.72
Verano	186.95	6	1,121.67
	Total		2,729.39

Fuente: elaborado por equipo de trabajo conforme a la facturación proporcionada por la empresa.



La tabla anterior muestra que si se hace el cambio de tarifa de la actual T-5E a la t-4E se obtendrán ahorros cercanos a los **2,730 USD/anuales**. La tarifa propuesta presenta los mismos parámetros de cobro que la actual lo que significa que la empresa no necesita cambiar sus condiciones de operación actuales, además estos ahorros son inmediatos puesto que no se requiere inversión alguna, salvo los costos administrativos que conlleva el cambio de tarifa.

Es necesario hacer hincapié que dichos ahorros podrían aumentar si se toman en cuenta las medidas de eficiencia energética expuestas en el acápite IX. Propuestas de eficiencia energética, debido a que se tomaron condiciones de operación en un período donde la planta operó ineficientemente.

XI. GESTIÓN DE LA ENERGÍA.

En los últimos años ha habido un movimiento creciente alrededor del mundo para cambiar la forma en que la industria y su crecimiento interactúan con el medio ambiente. El foco de este movimiento ha sido reducir los impactos ambientales de la industria a través de cambios en el comportamiento y tecnología industrial. Existen un sin número de términos que han sido utilizados para describir tanto el movimiento como el enfoque que se está utilizando, todos ellos están basados en la que se conoce como principio preventivo. El cual enuncia que es mejor, y por lo general mucho menos costoso, prevenir que sucedan problemas ambientales antes en vez de corregirlos una vez que se han creado.

Uno de los tantos movimientos es el que involucra la norma ISO 50001:2011, *Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso*, es una Norma Internacional voluntaria desarrollada por ISO (Organización Internacional de Normalización). La propuesta de la ISO busca proveer una estructura de sistemas y procesos necesarios para la mejora del desempeño energético, incluyendo la eficiencia, uso y consumo de la energía.

El presente acápite permitirá que la gerencia de NICASAL S.A. tome en cuenta incluir dentro de sus planes de mejora continua la implementación de los requisitos de la Norma ISO 50001 para obtener los beneficios que esto conlleva, la implementación o certificación quedará a juicio de gerencia de modo que este acápite bien se podría considerar recomendación, sin embargo se avanzará en la determinación de los indicadores energéticos y ambientales de operación actuales, para conocer su comportamiento y ayudar a la empresa en la toma de decisiones para la estandarización de los mismos.

11. 1 Introducción

El 15 de junio de 2011, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) lanzó de manera oficial el estándar sobre sistemas de gestión de la energía, la ISO 50001 Energy Management Systems. La cual brinda a las organizaciones los requisitos para los sistemas de gestión de energía (SGE).

ISO 50001 proporciona beneficios para las organizaciones grandes y pequeñas, en los sectores público y privado, en la manufactura y los servicios, en todas las regiones del mundo y establece un marco para las plantas industriales, instalaciones comerciales, institucionales y gubernamentales, y organizaciones enteras para gestionar la energía.

La energía es fundamental para las operaciones de una organización y puede representar un costo importante para estas, independientemente de su actividad. Además de los costos económicos de la energía para una organización, la energía puede imponer costos ambientales y sociales por el agotamiento de los recursos y contribuir a problemas tales como el cambio climático.

Las organizaciones individuales no pueden controlar los precios de la energía, las políticas del gobierno o la economía global, pero pueden mejorar la forma como gestionan la energía en el aquí y ahora. Mejorar el rendimiento energético puede proporcionar beneficios rápidos a una organización, maximizando el uso de sus fuentes de energía y los activos relacionados con la energía, lo que reduce tanto el costo de la energía como el consumo. La organización también contribuye positivamente en la reducción del agotamiento de los recursos energéticos y la mitigación de los efectos del uso de energía en todo el mundo, tal como el calentamiento global.

11. 2 Funcionamiento

Al igual que otros estándares ISO, la norma de sistema de gestión de la energía se enmarca en el ciclo de mejoramiento continuo PDCA por sus siglas en inglés (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar). Las diferentes etapas del ciclo tienen diferentes objetivos, sin embargo para objeto de estudio se generalizaran las metas que se deben de cumplir por cada etapa:

Planificar/Plan: Se centra en entender el comportamiento energético de la organización para establecer los controles y objetivos necesarios que permitan mejorar el desempeño energético.

Hacer/Do: Busca implementar procedimientos y proceso regulares, con el fin de controlar y mejorar el desempeño energético.

Verificar/Check: Monitorear y medir procesos y productos en base a las políticas, objetivos y características claves de las operaciones y reportar los resultados.

Actuar/Act: Tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño energético en base a los resultados.

La siguiente ilustración muestra un modelo propuesto para la implementación de un sistema de gestión de energía basado en la norma ISO 50001:

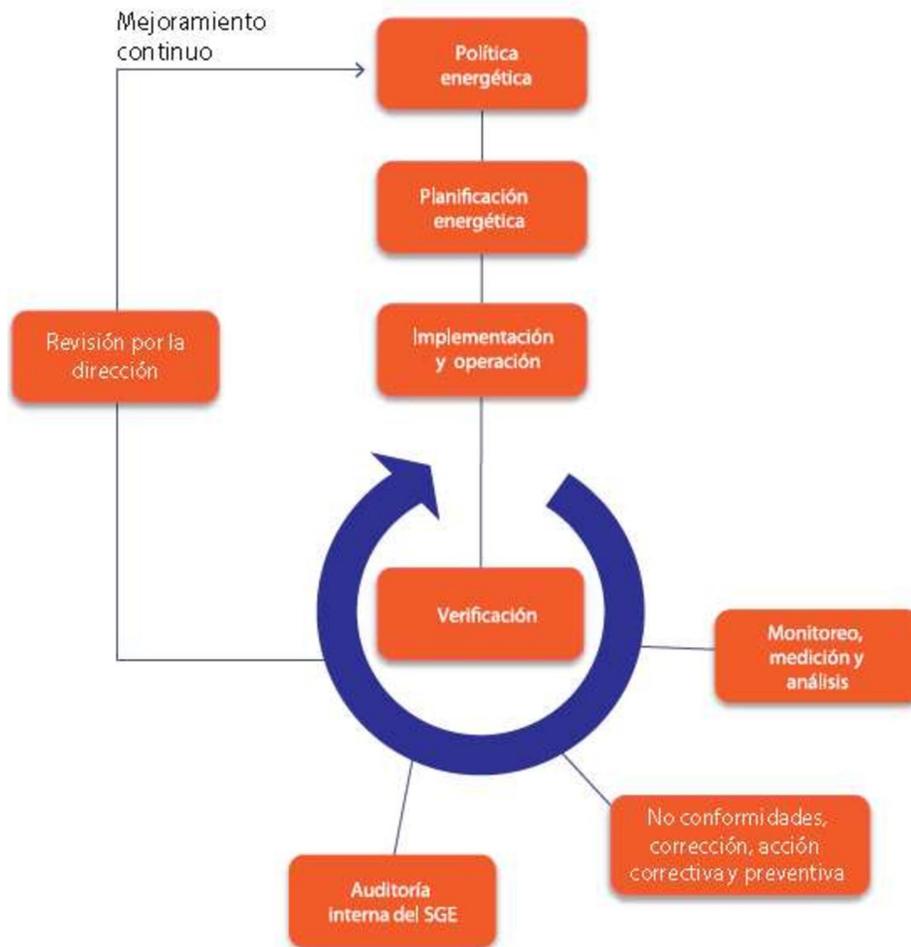


Ilustración 20 Modelo del sistema de gestión de la energía.

Fuente: AChEE: Implementación de un SGE en las industrias basado en la norma ISO 50001

Existen diferentes requerimientos en la norma ISO 50001 según su ciclo de actuación, los que sólo para efectos de este trabajo se clasifican en requerimientos medulares y requerimientos estructurales, con el fin de facilitar los detalles para una futura implementación parcial o total.

Los *requerimientos medulares* corresponden a los procedimientos esenciales para observar y mejorar el desempeño energético. Los *requerimientos estructurales*, como su nombre lo indica, son aquellos que proveen la estructura en torno a los requerimientos medulares y que convierten a la gestión de la energía en un proceso sistemático y controlado.

Tabla 18 Requerimientos ISO 50001

Etapas	Requisitos
Generalidades	-Responsabilidad de la gerencia -Definición de las políticas energética de la empresa
Planificación	-Planificación energética -Cumplimiento de los requisitos legales. -Revisión energética.* -Indicadores de desempeño energético.* -Objetivos, metas y plan de acción para la gestión de la energía.*
Hacer	-Implementación y operación -Documentación y divulgación -Control operacional -Diseño* -Adquisición de nuevos servicios, productos y equipos necesarios.*
Verificar	-Seguimiento, medición y análisis.* -Evaluación de cumplimiento de requisitos. -Auditorías internas. -Implementación de acciones correctivas y preventivas. -Control de registros.
Actuar	- Revisión por la dirección. -Resultado de la revisión por la dirección.

NOTA: Los requisitos con asteriscos (*) corresponden a requisitos medulares.

Fuente: AChEE: Implementación de un SGE en las industrias basado en la norma ISO

Para asegurar el éxito del sistema de gestión de la energía, es indispensable contar con el compromiso de la gerencia, quien comparte este compromiso verticalmente, asignando a un encargado por la gestión de la energía, quien a su vez selecciona su equipo y define los roles y responsabilidades, y definiendo la política energética de la organización.

Una vez que se cuenta con la declaración de intención de trabajar consistentemente en la gestión de la energía, el primer elemento esencial de los requerimientos medulares corresponde a la planificación energética. Ésta consiste en reunir la información de consumo de energía y analizarla, con el fin de identificar los usos significativos de la energía y cuáles son las variables que lo afectan. Del resultado de la planificación energética, se definen los controles operacionales y las actividades de monitoreo, medición y análisis de la organización.

11. 3 Indicadores de desempeño

11.3.1 Indicador de desempeño energético

El mejor indicador para conocer la eficacia en el uso energético es el índice energético, que es la relación entre su consumo y producción (Ecuación 17). Mantener valores bajos indica la correcta aplicación de estrategias al interior de la empresa para el máximo aprovechamiento de los recursos empleados.

En la actualidad en la empresa no se lleva un control de indicadores energéticos, los cuales permiten evaluar y cuantificar los ahorros energéticos derivados de la implantación de proyectos de ahorro de energía. Es necesario que la empresa inicie con el control de indicadores energéticos inmediatamente. La siguiente tabla muestra los indicadores mensuales del consumo de energía eléctrica en relación con la producción correspondiente a los meses de marzo 2013 a abril 2014.

Tabla 19 Indicadores de desempeño energético

Mes	Consumo de energía total (kWh/mes)	Datos de producción (qq/mes)	IDE (kWh/qq)
mar-13	49,636	23,870.79	2.08
abr-13	36,545	22,635.90	1.61
may-13	35,999	23,259.20	1.55
jun-13	34,363	20,574.00	1.67
jul-13	39,272	21,013.00	1.87
ago-13	29,454	19,904.00	1.48
sep-13	40,363	22,109.59	1.83
oct-13	38,726	26,958.76	1.44
nov-13	29,454	16,640.80	1.77
dic-13	28,909	20,431.50	1.41
ene-14	35,453	20,013.00	1.77
feb-14	37,635	21,500.00	1.75
mar-14	39,272	23,158.00	1.70
abr-14	25,635	18,500.00	1.39
Promedio	35,766	21,469	1.67

Fuente: elaborado por equipo de trabajo conforme a información proporcionada por la empresa



Como se puede observar en la tabla anterior la empresa presenta producciones variables las cuales van en dependencia de la planificación productiva del mes y consumo de energía variables la cual se encuentra asociada al tiempo de operación de los equipos, por lo tanto para determinar el índice de desempeño energético para el período de análisis se utilizará la siguiente ecuación:

$$IDE = \frac{\text{Consumo promedio de energía}}{\text{Producción Promedio}}$$

(Ecuación 17)

En el periodo de marzo 2013 a abril 2014, el consumo promedio de energía de la empresa es de **35,766 kWh/mes**, durante el mismo periodo la producción promedio fue de **21,469 qq**. Por tal razón, el índice que caracteriza el consumo energético de la empresa es:

$$IDE = \frac{35,766 \text{ kWh/mes}}{21,469 \text{ qq/mes}}$$

Por lo tanto, el índice de consumo de la empresa es **1.67 kWh/qq**. Este indicador muestra que se necesitan 1.67 kWh para producir un quintal de producto terminado, además cuando se tienen producciones por encima de los 21,500 qq/mes y se superan los 35,700 kWh/mes consumidos para obtener dicha producción, es menos rentable hablando energéticamente, por lo cual se deberá de investigar las causas del mayor consumo de energía y tomar las medidas preventivas necesarias con la finalidad de establecer programas de producción eficientes.

El establecimiento de los planes de producción deberá ser en coordinación con las áreas de producción, mantenimiento y contabilidad, para determinar la rentabilidad de la producción propuesta sin afectar el uso eficiente en los equipos ni aumentar los costes de producción como sucedió en los meses de marzo del 2013.

11.3.2 Indicadores ambientales

Las constantes estrategias de mitigación sobre el cambio climático y la creciente importancia que ha tomado el desarrollo sostenible¹⁸, han hecho hincapié en la necesidad de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera sin tener que afectar la satisfacción de las necesidades que incurre la presente generación y garantizando satisfacer las necesidades de las generaciones futuras.

Se denominan gases de efecto invernadero (GEI) o gases de invernadero a los gases cuya presencia en la atmósfera contribuye al efecto invernadero. Algunos de ellos como por ejemplo el dióxido de carbono (CO_2) están presentes en la atmósfera de forma natural. También entran en juego las emisiones producidas por algunas actividades humanas (Ej: la producción industrial).

Otros gases de efecto invernadero (Ej: gases fluorados) son creados y emitidos únicamente por las actividades humanas. En resumidas cuentas, son siempre las actividades humanas las que crean la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero.

La cantidad de emisiones de GEI varía según el gas, es por ello que los principales gases implicados en el efecto invernadero son:

- Dióxido de Carbono (CO_2)
- Metano (CH_4)
- Óxido de Nitrógeno (N_2O)
- Gases Fluorados o Halocarbonados

¹⁸ Promulgado principalmente por la *Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo* también conocida como *Cumbre de la Tierra* en el año de 1992 con sede en Río de Janeiro, Brasil y Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

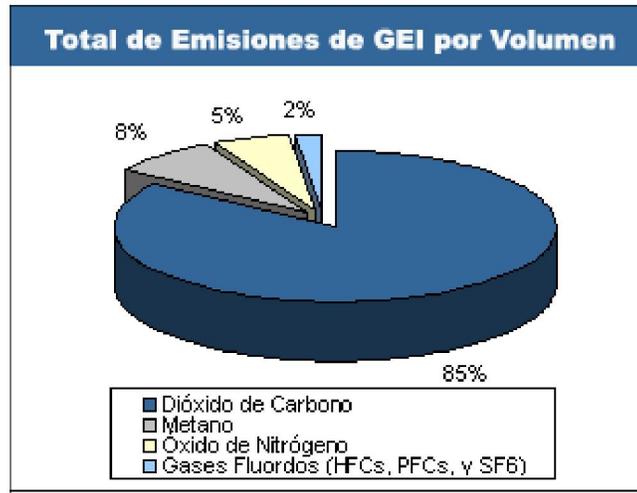


Ilustración 21 Modelo del sistema de gestión de la energía.

Fuente: CDIAC para la ONU, 2004

La ilustración anterior muestra los diferentes porcentajes de aportación de los gases de efecto invernadero al cambio climático siendo el principal el dióxido de carbono con un 85%, además este gas se encuentra presente en los combustibles fósiles utilizados para la generación de energía en nuestro país, Las principales fuentes de emisión a la atmósfera de dióxido de carbono (CO₂) es la quema de combustibles fósiles y biomasa (gas natural, petróleo, combustibles, leña) en procesos industriales, transporte, y actividades domiciliarias (cocina y calefacción). Los incendios forestales y de pastizales constituyen también una fuente importante de CO₂ atmosférico.

A diferencia de los indicadores de desempeño energéticos el establecimiento de indicadores ambientales está estrictamente relacionado al consumo de energía dado por el tiempo de operación de los equipos.

El indicador ambiental (IA) es la relación entre consumo de energía al mes expresado en toneladas de dióxido de carbono (CO₂) emitidas indirectamente al ambiente y las unidades de producto terminado, este indicador refleja la variación de las emisiones de gases de efecto invernadero y está estrechamente relacionada con el consumo de energía de modo que aplicando medidas eficientes de uso de energía se reducirá el valor de dicho indicador.

Las toneladas emitidas indirectamente es cuando en el proceso productivo no interviene la quema de combustibles fósiles y se hace el estimado por la generación de energía eléctrica a base de centrales térmicas. El factor emisor usado para las industrias en Nicaragua es 0.535 kg/kWh.

De esta forma la siguiente tabla muestra tanto las emisiones mensuales de CO_{2eq} y los indicadores ambientales de la empresa para el período comprendido entre marzo 2013 y abril 2014.

Tabla 20 Indicadores ambientales

mes	Emisiones de CO ₂	Datos de Producción	Indicador ambiental
	kg CO _{2eq} /mes	qq/mes	kg CO _{2eq} /qq
mar-13	22,177.89	23,870.79	0.93
abr-13	18,092.63	22,635.90	0.80
may-13	18,967.89	23,259.20	0.82
jun-13	18,092.63	20,574.00	0.88
jul-13	20,718.95	21,013.00	0.99
ago-13	15,466.32	19,904.00	0.78
sep-13	21,010.52	22,109.59	0.95
oct-13	20,426.84	26,958.76	0.76
nov-13	15,466.32	16,640.80	0.93
dic-13	14,882.63	20,431.50	0.73
ene-14	18,675.78	20,013.00	0.93
feb-14	19,843.15	21,500.00	0.92
mar-14	20,426.84	23,158.00	0.88
abr-14	13,423.15	18,500.00	0.73
Promedio	18,405.11	21,469.18	0.86

Fuente: elaborado por equipo de trabajo conforme a información proporcionada por la empresa

La tabla anterior muestra que las emisiones de CO₂ al estar estrechamente ligados al consumo de energía y este a su vez al tiempo de operación de los equipos presente una cantidad variable, debido a que el CO₂ es uno de los gases más dañinos para la atmosfera se recomienda mantener niveles bajos de este indicador.

Para determinar el indicador ambiental para el período de análisis se utilizará la siguiente ecuación:



$$IA = \frac{(\text{Consumo promedio de energía} * 0.535)}{\text{Producción Promedio}}$$

(Ecuación 18)

En el periodo de marzo 2013 a abril 2014, el consumo promedio de energía de la empresa es de **35,766 kWh/mes** equivalente a **18,405 kg CO_{2eq}**, durante el mismo periodo la producción promedio fue de **21,469 qq**. Por tal razón, el índice que caracteriza el consumo energético de la empresa es:

$$IA = \frac{18,405 \text{ kg CO}_{2eq}/\text{mes}}{21,469 \text{ qq}/\text{mes}}$$

Por lo tanto, el índice de emisión de GEI de la empresa es **0.86 kg CO_{2eq}/qq**. Este indicador muestra que si al producir un quintal de producto terminado se emiten 0.86 kg CO_{2eq}, al aplicar medidas de eficiencia energética y la correcta planificación de la producción este indicador disminuirá y abrirá puertas de exportación por el cumplimiento de las políticas ambientales de la empresa.

XII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones brindadas en este acápite son todas aquellas que por el alcance del trabajo definido por los objetivos no se evaluarán, sin embargo presentarán herramientas para mejorar el sistema de control actual en todos los ámbitos, sentar las bases para futuros estudios enmarcados en las políticas de mejora continua de la empresa y

- Realizar un estudio de carga térmica dentro de las oficinas, puesto que en dichos lugares a pesar de presentar equipos con tecnologías inverter estos se encuentran subdiseñados provocando un trabajo de manera forzada y no cumpliendo en algunos casos los requisitos de confort térmico.
- Instalar un medidor de energía eléctrica para las áreas administrativas o para la planta de proceso, debido a que la forma de medición actual no diferencia entre energía consumida por los equipos dentro del proceso y energía consumida para las labores de las áreas administrativas.
- Realizar un estudio para la independización en el costo de la energía de las áreas administrativas, puesto que esta área es la que mayoritariamente consume energía durante la restricción horaria siendo el coste de esta mayor en dicho período.
- Sustituir las luminarias con tecnologías T12 por tecnologías T8 y los bombillos incandescentes por bombillos ahorrativos.
- Con el fin de controlar y dar seguimiento al consumo de energía de cada área dentro de la empresa, y así mismo establecer índices de consumo de energía versus producción por área; Se propone formato de control dado en la tabla 19.



XIII. CONCLUSIONES

La evaluación del actual desempeño de los equipos refleja que debido a que el personal desconoce algunos parámetros de operación de los equipos presentes en la empresa sumado a las tecnologías obsoletas presentes en NICASAL S.A. provoca un aumento del consumo energético y por ende el costo por facturación de la misma.

De igual manera el desconocimiento de los tipos de tarifa y su criterio de ubicación aumentan el coste por facturación, para ello se analizó la demanda de potencia de la empresa determinando que se encuentra en una tarifa inadecuada aumentando el coste de la energía.

Para solucionar dicha problemática se procedió a analizar los parámetros de demanda y consumo de energía, logrando generar y evaluar la factibilidad de algunas oportunidades de ahorro de energía por medio del uso eficiente de la misma.

Las nuevas tecnologías como por ejemplo motores de alta eficiencia y sistemas de iluminación fotovoltaicas permiten reducir el consumo energético y el coste de facturación, ambos en más del 5%, presentando una recuperación de la inversión favorable.

XIV. BIBLIOGRAFÍA

ACHEE (Octubre 2012). *Implementación de un SGE en las industrias basado en la norma ISO 50001*

Budia Sánchez Ernesto (s.f). *Análisis energético en el sector industrial*, Universidad Carlos III, Madrid.

Comité Técnico de Eficiencia Energética (julio 2008). *Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense 10 007 – 08*.

Consejo de Dirección del Instituto Nicaragüense de Energía (julio 2001). *Resolución No. 006-2000: Aclaraciones y Modificaciones a la NSE*.

FIDE (octubre 2002). *Procedimiento de evaluación para la sustitución de motores eléctricos estándar por motores de alta eficiencia*.

Gusow Milton. *Fundamentos de electricidad*, McGrawHill

Obregón Lozano Josué Elías (enero 2005). *Medición de la eficiencia a motor de inducción utilizando el método de deslizamiento*, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

Unión Fenosa (s.f.). Información de Acceso Público, *Conceptos a Facturarse en el Recibo de Energía Eléctrica*

Videla Flores Andrés (s.f). *Motores eléctricos*.



XV. ANEXOS

Anexo I. Detalles de consumo y demanda de energía en NICASAL S.A.	1
Anexo II. Detalles de económicos de la factura de NICASAL S.A.....	2
Anexo III. Análisis de los bancos de capacitores.....	3
Anexo IV. Tablas de eficiencia según el factor de carga.	4
Anexo V. Censo de carga de la planta NICASAL S.A.	5
Anexo VI. Mediciones realizadas en los equipos en NICASAL S.A.	6
Anexo VII. Cálculos de eficiencia de los equipos	7
Anexo VIII. Censo de carga de iluminación en NICASAL S.A.....	8
Anexo IX. Cotización MEE 01	9
Anexo X. Cotización MEE 02	10
Anexo XI. Detalles de los costos de energía de la tarifa propuesta.	11
Anexo XII. Simulación de la facturación con una tarifa T-4E.....	12



Anexo I. Detalles de consumo y demanda de energía en NICASAL S.A.

Días Facturados promedio 30	Tarifa: Empresa suplidora: Distribuidora de Energía del Norte S.A						kW contratados 417	FP normado por INE 0.85	
	T5-E MT. INDUST. MAYOR BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL		NIS: 2780692	Medidor #: 8902669					
	Cliente: NICASAL S.A.								
mes	FP	Activa punta (C\$/kWh) valle (C\$/kWh)		Demanda punta (C\$/kW)	Activa punta (kWh) valle (kWh)		Reactiva KVA	Demanda (kW) punta fuera de punta	
mar-13	0.86	6.30	4.16	642.17	8,181.68	41,454		157	
abr-13	0.80	6.34	4.19	644.80	2,727.23	33,818		115	
may-13	0.78	6.39	4.22	647.43	545.45	35,454	28,909	11	136
jun-13	0.79	6.23	4.19	405.98	545.45	33,818	27,272	11	125
jul-13	0.80	6.29	4.08	409.67	545.45	38,727	29,454	11	125
ago-13	0.81	6.29	4.16	411.38	545.45	28,909	21,272	44	125
sep-13	0.80	6.15	4.07	401.56	1,090.89	39,272	30,545	11	125
oct-13	0.81	6.16	4.07	403.20	545.45	38,181	27,818	44	131
nov-13	0.88	6.19	4.09	404.84	545.45	28,909	15,818	11	120
dic-13	0.86	6.40	4.23	650.90	1,090.89	27,818	16,909	16	115
ene-14	0.87	6.44	4.26	653.52	545.45	34,908	20,181	11	120
feb-14	0.87	6.47	4.28	656.10	545.45	37,090	21,818	22	120
mar-14	0.84	6.50	4.30	658.70	1,090.89	38,181	25,090	11	115
abr-14	0.89	6.52	4.31	661.39	545.45	25,090	13,091	27	120



Anexo II. Detalles de económicos de la factura de NICASAL S.A.

Días Facturados promedio 30	Tarifa: Empresa suplidora: Distribuidora de Energía del Norte S.A						tipo de cambio	
	T5-E MT. INDUST. MAYOR BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL			NIS: 2780692	Medidor #: 8902669		Fecha: 31/08/2014	
			Cliente: NICASAL S.A.				Valor: 26.1681	
mes	Activa punta (C\$) valle (C\$)		Demanda (C\$) punta	Comercializa- ción	Recargo por bajo FP	Recargo por mora	TOTAL	TOTAL USD
mar-13	51,520.01	172,492.58	100,775.31	2,670.32		1,390.96	328,849.18	12,566.80
abr-13	17,288.04	141,655.13	74,151.33	2,730.00	11,006.66		246,831.16	9,432.52
may-13	3,483.40	149,729.10	7,121.71	2,741.15	10,910.77	1,763.26	175,749.39	6,716.17
jun-13	3,398.25	141,552.06	4,465.78	2,752.35	8,715.26	2,688.30	163,572.00	6,250.82
jul-13	3,433.23	157,965.88	4,506.42	2,763.60	8,027.00		176,696.13	6,752.35
ago-13	3,429.02	120,154.23	18,100.54	2,775.07	5,482.13		149,940.99	5,729.92
sep-13	6,713.44	159,787.15	4,417.11	2,786.41	8,479.78	1,112.22	183,296.11	7,004.56
oct-13	3,360.89	155,541.51	17,740.62	2,797.79	7,030.53	943.31	187,414.65	7,161.95
nov-13	3,374.57	118,246.15	4,453.27	2,809.22		978.41	129,861.62	4,962.59
dic-13	6,983.17	117,749.44	10,414.42	2,820.70		1104.4	139,072.13	5,314.57
ene-14	3,514.96	148,760.22	7,188.74	2,840.78		832.59	163,137.29	6,234.20
feb-14	3,530.49	158,755.93	14,434.29	2,852.00		2,596.73	182,169.44	6,961.51
mar-14	7,089.18	164,074.22	7,245.66	2,863.27	1749.41	790.22	183,811.96	7,024.28
abr-14	3,558.92	108,259.09	17,857.46	2,874.97		1262.87	133,813.31	5,113.60



Anexo III. Análisis de los bancos de capacitores

mes	FP _{registrado}	FP _{deseado}	Registrado			Deseado		Compensación necesaria
			Activa (P)	Aparente (S)	Reactiva (Q)	Aparente (P)	Reactiva (Q)	
			kW	KVA	KVAr	KVA	KVAr	
may-13	0.78	0.9	147	188.46	117.94	163.33	71.20	46.74
jun-13	0.79	0.9	136	172.15	105.55	151.11	65.87	39.68
jul-13	0.80	0.9	136	170.00	102.00	151.11	65.87	36.13
ago-13	0.81	0.9	169	208.64	122.35	187.78	81.85	40.50
sep-13	0.80	0.9	136	170.00	102.00	151.11	65.87	36.13
oct-13	0.81	0.9	175	216.05	126.70	194.44	84.76	41.94
mar-14	0.84	0.9	126	150.00	81.39	140.00	61.02	20.36



Anexo IV. Tablas de eficiencia según el factor de carga.

Pot (hp)	Tipo	Caroza	Polos	rpm	Ef 0.25	Ef 0.50	Ef 0.75	Ef 1.0	\$ USD	Pot (hp)	Tipo	Caroza	Polos	rpm	Ef 0.25	Ef 0.50	Ef 0.75	Ef 1.0	\$ USD
5	STD	abierto	2	3600	0.7615	0.8247	0.8374	0.8270	299.74	25	STD	abierto	2	3600	0.8510	0.8950	0.9017	0.8886	720.77
			4	1800	0.7435	0.8152	0.8422	0.8320	255.81				4	1800	0.8714	0.9056	0.9085	0.8932	756.75
			6	1200	0.7735	0.8118	0.8265	0.8383	399.54				6	1200	0.8544	0.8932	0.8990	0.8913	1,205.28
		8	900	0.7020	0.8003	0.8267	0.8218	704.44	8			900	0.8430	0.8818	0.8913	0.8825	1,800.50		
		2	3600	0.7633	0.8424	0.8608	0.8575	323.35	2			3600	0.8406	0.8907	0.9021	0.8883	955.50		
		4	1800	0.7840	0.8528	0.8633	0.8548	292.05	4			1800	0.8681	0.9121	0.9171	0.9055	1,073.55		
	AE	abierto	6	1200	0.7674	0.8204	0.8443	0.8470	520.09		6	1200	0.8411	0.8901	0.8994	0.8915	1,630.81		
			8	900	0.7230	0.8090	0.8365	0.8350	1,027.65		8	900	0.7890	0.8720	0.8850	0.8817	2,516.80		
			2	3600	0.8080	0.8637	0.8797	0.8753	421.20		2	3600	0.8804	0.9271	0.9305	0.9264	966.98		
		4	1800	0.8358	0.8927	0.8963	0.8898	390.98	4		1800	0.8919	0.9357	0.9387	0.9331	1,011.44			
		6	1200	0.8266	0.8793	0.8900	0.8891	500.69	6		1200	0.8910	0.9350	0.9372	0.9281	1,548.08			
		8	900	0.8170	0.8846	0.8965	0.8900	867.53	8		900	0.8905	0.9237	0.9260	0.9147	2,182.27			
7.5	STD	abierto	2	3600	0.8267	0.8811	0.8938	0.8894	466.61	30	STD	abierto	2	3600	0.8835	0.9220	0.9292	0.9234	1,334.00
			4	1800	0.8429	0.8963	0.9055	0.8959	427.51				4	1800	0.9108	0.9372	0.9401	0.9352	1,254.78
			6	1200	0.8375	0.8918	0.9014	0.8931	676.06				6	1200	0.9050	0.9348	0.9368	0.9274	2,183.35
		8	900	0.8130	0.8828	0.8945	0.8900	917.31	8			900	0.8833	0.9195	0.9216	0.9284	2,946.94		
		2	3600	0.8090	0.8563	0.8616	0.8483	323.68	2			3600	0.8651	0.8988	0.9048	0.8916	847.99		
		4	1800	0.8044	0.8523	0.8588	0.8492	328.05	4			1800	0.8821	0.9168	0.9157	0.8996	897.26		
	AE	abierto	6	1200	0.7675	0.8460	0.8570	0.8488	601.33		6	1200	0.9073	0.9068	0.9093	0.9019	1,370.92		
			8	900	0.7430	0.8358	0.8508	0.8498	906.86		8	900	0.8355	0.8865	0.8950	0.8868	2,030.60		
			2	3600	0.7933	0.8619	0.8758	0.8586	433.72		2	3600	0.8543	0.8956	0.9049	0.8930	1,071.69		
		4	1800	0.7985	0.8679	0.8793	0.8722	438.13	4		1800	0.8871	0.9168	0.9210	0.9090	1,221.27			
		6	1200	0.7941	0.8449	0.8595	0.8557	729.14	6		1200	0.8387	0.9009	0.9078	0.8994	1,902.79			
		8	900	0.7420	0.8332	0.8743	0.8329	1,155.98	8		900	0.8330	0.8894	0.8952	0.8830	2,907.32			
10	STD	abierto	2	3600	0.8630	0.9066	0.9057	0.8897	531.52	40	STD	abierto	2	3600	0.8726	0.9218	0.9275	0.9290	1,125.62
			4	1800	0.8431	0.9019	0.9088	0.9060	489.55				4	1800	0.9001	0.9380	0.9411	0.9334	1,156.14
			6	1200	0.8362	0.8933	0.9034	0.9029	702.41				6	1200	0.9003	0.9377	0.9383	0.9338	1,748.50
		8	900	0.8360	0.8946	0.9010	0.8940	1,047.37	8			900	0.8960	0.9260	0.9298	0.9251	2,518.83		
		2	3600	0.8495	0.8993	0.9080	0.9024	566.00	2			3600	0.8827	0.9237	0.9290	0.9244	1,565.49		
		4	1800	0.8561	0.9077	0.9150	0.9102	577.99	4			1800	0.9138	0.9406	0.9424	0.9358	1,495.02		
	AE	abierto	6	1200	0.8482	0.9017	0.9111	0.9078	924.33		6	1200	0.9082	0.9352	0.9370	0.9295	2,505.95		
			8	900	0.8294	0.8867	0.8960	0.8857	1,388.40		8	900	0.8830	0.9248	0.9298	0.9234	3,604.64		
			2	3600	0.8123	0.8649	0.8783	0.8684	336.32		2	3600	0.8883	0.9090	0.9111	0.8970	1,093.72		
		4	1800	0.8181	0.8653	0.8696	0.8539	394.32	4		1800	0.8939	0.9028	0.9109	0.9046	1,137.34			
		6	1200	0.8513	0.8546	0.8608	0.8747	663.30	6		1200	0.8718	0.9063	0.9122	0.9058	1,973.21			
		8	900	0.7950	0.8562	0.8676	0.8570	1,021.28	8		900	0.8500	0.8975	0.9035	0.8935	2,410.85			
15	STD	abierto	2	3600	0.8328	0.8866	0.8573	0.8680	533.50	50	STD	abierto	2	3600	0.8490	0.8833	0.8945	0.8919	1,623.70
			4	1800	0.8274	0.8780	0.8843	0.8754	516.29				4	1800	0.8770	0.9011	0.9119	0.9131	1,641.83
			6	1200	0.8035	0.8613	0.8741	0.8689	898.81				6	1200	0.8523	0.8933	0.9021	0.8995	2,771.64
		8	900	0.7980	0.8630	0.8735	0.8650	1,513.63	8			900	0.8650	0.9036	0.9080	0.8986	3,556.28		
		2	3600	0.8346	0.8980	0.9054	0.8995	523.75	2			3600	0.8879	0.9316	0.9363	0.9331	1,473.55		
		4	1800	0.8697	0.9137	0.9162	0.9083	533.10	4			1800	0.9110	0.9484	0.9500	0.9407	1,481.48		
	AE	abierto	6	1200	0.8633	0.9130	0.9187	0.9140	920.04		6	1200	0.9088	0.9376	0.9434	0.9401	2,368.84		
			8	900	0.8585	0.9053	0.9113	0.9050	1,223.95		8	900	0.8990	0.9270	0.9294	0.9221	2,957.70		
			2	3600	0.8723	0.9119	0.9177	0.9110	687.38		2	3600	0.8954	0.9248	0.9338	0.9321	2,023.95		
		4	1800	0.8758	0.9142	0.9196	0.9092	698.21	4		1800	0.9147	0.9428	0.9462	0.9411	1,911.28			
		6	1200	0.8634	0.9066	0.9140	0.9094	1,102.71	6		1200	0.9050	0.9380	0.9430	0.9384	3,381.76			
		8	900	0.8333	0.8989	0.9069	0.9008	1,717.37	8		900	0.8905	0.9273	0.9318	0.9228	4,347.79			
20	STD	abierto	2	3600	0.8605	0.8886	0.8919	0.8726	532.03	60	STD	abierto	2	3600	0.8704	0.8997	0.9122	0.9055	1,441.00
			4	1800	0.8477	0.8902	0.8943	0.8815	534.83				4	1800	0.8892	0.9116	0.9167	0.9091	1,278.77
			6	1200	0.7973	0.8643	0.8731	0.8675	810.48				6	1200	0.8833	0.9200	0.9129	0.9139	2,367.43
		8	900	0.8135	0.8708	0.8764	0.8600	1,314.82	8			900	0.8790	0.9113	0.9113	0.8988	3,055.49		
		2	3600	0.8219	0.8728	0.8678	0.8770	662.58	2			3600	0.8571	0.8992	0.9047	0.9018	2,049.00		
		4	1800	0.8028	0.8713	0.8853	0.8790	746.10	4			1800	0.8853	0.9198	0.9259	0.9208	2,073.40		
	AE	abierto	6	1200	0.7954	0.8578	0.8761	0.8763	1,173.98		6	1200	0.8680	0.9121	0.9178	0.9130	3,240.71		
			8	900	0.7683	0.8785	0.8815	0.8680	1,851.85		8	900	0.8716	0.9089	0.9121	0.9036	4,414.52		
			2	3600	0.8754	0.9136	0.9149	0.9049	604.68		2	3600	0.8982	0.9291	0.9343	0.9326	1,686.74		
		4	1800	0.8728	0.9261	0.9298	0.9253	763.59	4		1800	0.9133	0.9487	0.9484	0.9409	1,671.03			
		6	1200	0.8634	0.9134	0.9199	0.9186	1,079.71	6		1200	0.9123	0.9399	0.9445	0.9408	2,704.00			
		8	900	0.8655	0.9100	0.9130	0.9050	1,560.87	8		900	0.9080	0.9363	0.9373	0.9274	3,648.04			
25	STD	abierto	2	3600	0.8691	0.9119	0.9206	0.9159	903.84	70	STD	abierto	2	3600	0.9048	0.9349	0.9397	0.9350	2,613.50
			4	1800	0.8964	0.9236	0.9276	0.9243	865.01				4	1800	0.9275	0.9494	0.9499	0.9430	2,276.15
			6	1200	0.8738	0.9155	0.9220	0.9258	1,451.13				6	1200	0.9113	0.9342	0.9428	0.9377	3,823.19
		8	900	0.8498	0.9066	0.9102	0.9008	2,130.05	8			900	0.9010	0.9387	0.9410	0.9299	5,430.02		
		2	3600	0.8736	0.9002	0.9037	0.8886	560.07	2			3600	0.8866	0.9157	0.9185	0.9084	1,661.08		
		4	1800	0.8339	0.8857	0.8888	0.8789	649.26	4			1800	0.8507	0.9079	0.9155	0.9141	1,790.62		
	AE	abierto	6	1200	0.8606	0.8902	0.8945	0.8844	1,004.07		6	1200	0.8820	0.9166	0.9184	0.9108	2,627.38		
			8	900	0.8045	0.8783	0.8893	0.8800	1,542.78		8	900	0.9043	0.9275	0.9277	0.9179	3,889.31		
			2	3600	0.8140	0.8798	0.8934	0.8981	811.25		2	3600	0.8697	0.8935	0.8999	0.9035	2,992.55		
		4	1800	0.8294	0.8876	0.8970	0.8880	919.57	4		1800	0.8824	0.9175	0.9252	0.9237	2,728.27			
		6	1200	0.81															



Anexo V. Censo de carga de la planta NICASAL S.A.

Utilización	Datos de Chapas											hrs/ día	días/ mes
	modelo	Hp	Kw	Volt	Amp	η	F.P.	rpm	Marca	cant. Rebob.			
Ventolin de Extracción	MG200L-4	40	29.80	460	54.6	92%	0.86	1738	Bilbao	1	16	26	
Motor del cesto (código 8.1)	MG180L-4	30	22.35	460	40.3	92%	0.86	1738	Bilbao	2	16	26	
Molino	MG180L-4	30	22.35	460	40.3	92%	0.86	1738	Bilbao	0	16	26	
Ventolin de Alimentación	MG180L-4	30	22.35	460	40.3	92%	0.86	1738	Bilbao	0	16	26	
Hidráulica (código 8.2)	MG180M-4	25	18.63	460	34.1	91%	0.86	1738	Bilbao	1	16	26	
Lavador de celda 1	MG160M-4	15	11.18	460	20.8	90%	0.85	1738	Bilbao	0	16	26	
Lavador de celda 2	MA132M.4	10	7.45	460	14.7	89%	0.83	1738	Bilbao	0	16	26	
Lavador contra corriente	TEFC	5	3.73	460	6.5	87.5	0.82	1738	Siemens	0	16	26	
Distribuidor	TEFC	5	3.73	460	6.5	87.5	0.82	1738	Siemens	0	16	26	
Transportadora N° 12	TEFC	5	3.73	460	6.5	87.5	0.82	1738	Siemens	7	16	26	
Transportadora N° 9	TEFC	5	3.73	460	6.5	87.5	0.82	1738	Siemens	2	16	26	
Aisladores yodo-flúor	TEFC	5	3.73	460	6.5	87.5	0.82	1738	Siemens	0	16	26	
Cizallador	MA100L2-4	4	2.98	460	6.2	85.5	0.82	1738	Bilbao	0	16	26	
Banda transportadora	MA100L1-4	3	2.24	460	4.7	84.3	0.81	1738	Bilbao	0	16	26	
Criba 1	MA100L1-4	3	2.24	460	4.7	84.3	0.81	1738	Bilbao	0	16	26	
vibrador secador 1	MVE 1700M5	1.5	1.12	460	2.16	84	0.76	1738	Bilbao	0	16	26	
vibrador secador 2	MVE 1700M5	1.5	1.12	460	2.16	84	0.76	1738	Bilbao	0	16	26	
Vibrador alimentador	TA632-4	0.25	0.19	460	0.59	60	0.73	1738	Avira	0	16	26	



Anexo VI. Mediciones realizadas en los equipos en NICASAL S.A.

Utilización	Datos de Chapas		Voltaje entre líneas				Voltajes de fases				Corrientes				Potencia
	Hp	Kw	V ₁₂	V ₁₃	V ₂₃	V _{entre fase}	V _{1N}	V _{2N}	V _{3N}	V _{prom}	I ₁	I ₂	I ₃	I _{prom}	(kW)
Ventolin de Extracción	40	29.80	458	460	450	480.9	223	387	223	277.7	11.6	9.4	14.0	11.7	7.95
Motor del cesto (código 8.1)	30	22.35	460	460	455	481.5	223	388	223	278.0	4.6	4.0	3.6	4.1	2.77
Molino	30	22.35	460	455	458	489.0	226	226	395	282.3	11.0	9.8	9.8	10.2	7.06
Ventolin de Alimentación	30	22.35	459	463	453	483.2	224	389	224	279.0	14.3	11.5	11.8	12.5	8.57
Hidráulica (código 8.2)	25	18.63	456	460	458	485.0	224	390	226	280.0	17.5	13.2	15.2	15.3	10.51
Lavador de celda 1	15	11.18	435	458	455	487.9	226	393	226	281.7	6.5	5.8	5.9	6.1	4.14
Lavador de celda 2	10	7.45	451	455	458	487.9	391	228	226	281.7	3.7	4.2	4.7	4.2	2.80
Lavador contra corriente	5	3.73	454	457	453	454.7	226	328	197	262.5	2.9	2.0	1.3	1.6	1.06
Distribuidor	5	3.73	457	459	453	491.3	226	395	230	283.7	2.4	2.2	2.2	2.3	1.58
Transportadora N° 12	5	3.73	456	425	459	490.2	392	228	229	283.0	2.9	3.0	3.0	3.0	2.07
Transportadora N° 9	5	3.73	461	460	463	486.1	392	225	225	280.7	3.6	3.7	2.7	3.2	2.21
Aisladores yodo-flúor	5	3.73	459	465	455	457.3	222	340	230	264.0	5.7	4.7	5.3	5.2	3.40
Cizallador	4	2.98	456	459	453	489.6	227	395	226	282.7	1.8	2.5	2.6	2.3	1.60
Banda transportadora	3	2.24	453	457	450	485.6	226	390	225	280.3	1.5	2.0	1.9	1.8	1.24
Criba 1	3	2.24	456	455	463	490.7	393	228	229	283.3	5.9	6.1	5.8	5.9	4.09
vibrador secador 1	1.5	1.12	455	458	444	489.0	226	394	227	282.3	0.7	0.5	0.7	0.6	0.41
vibrador secador 2	1.5	1.12	456	453	459	489.6	393	228	227	282.7	0.6	0.5	0.2	0.4	0.28
Vibrador alimentador	0.25	0.19	455	415	452	486.1	226	390	226	280.7	0.2	0.2	0.5	0.3	0.18



Anexo VII. Cálculos de eficiencia de los equipos

Utilización	Datos de Chapas		Potencia	Fc	η al Fc	FA _v	FA _{DV}	FA _{re}	η ajustada	pot _{mec} kW	Pot _{mec} Hp
	Hp	Kw	kW								
Ventolin de Extracción	40	29.80	7.95	27%	87.8%	-0.0736	0.9992	2%	78.4%	6.23	8.36
Motor del cesto (código 8.1)	30	22.35	2.77	12%	86.0%	-0.0812	0.9994	5%	72.8%	2.02	2.71
Molino	30	22.35	7.06	32%	89.3%	-0.2309	0.9992	0%	66.2%	4.67	6.27
Ventolin de Alimentación	30	22.35	8.57	38%	90.1%	-0.1069	0.9993	0%	79.4%	6.80	9.13
Hidráulica (código 8.2)	25	18.63	10.51	56%	91.3%	-0.1377	0.9993	2%	75.5%	7.93	10.65
Lavador de celda 1	15	11.18	4.14	37%	83.0%	-0.2011	0.9987	0%	62.8%	2.60	3.49
Lavador de celda 2	10	7.45	2.80	38%	83.0%	-0.2011	0.9991	0%	62.9%	1.76	2.36
Lavador contra corriente	5	3.73	1.06	25%	78.4%	-0.0017	0.9999	0%	78.2%	0.83	1.12
Distribuidor	5	3.73	1.58	37%	81.7%	-0.2983	0.9991	0%	51.8%	0.82	1.10
Transportadora N° 12	5	3.73	2.07	48%	84.7%	-0.2633	0.9984	2%	56.3%	1.16	1.56
Transportadora N° 9	5	3.73	2.21	52%	85.4%	-0.1612	0.9994	0%	69.2%	1.53	2.05
Aisladores yodo-flúor	5	3.73	3.40	80%	86.2%	-0.0010	0.9998	2%	84.0%	2.86	3.83
Cizallador	4	2.98	1.60	46%	85.3%	-0.2467	0.9991	0%	60.6%	0.97	1.30
Banda transportadora	3	2.24	1.24	47%	81.0%	-0.1492	0.9991	0%	66.0%	0.82	1.10
Criba 1	3	2.24	4.09	154%	81.7%	-0.2805	0.9991	0%	26.8%	1.09	1.47
vibrador secador 1	1.5	1.12	0.41	31%	70.6%	-0.2309	0.9989	0%	47.4%	0.19	0.26
vibrador secador 2	1.5	1.12	0.28	21%	70.1%	-0.2467	0.9991	0%	45.4%	0.13	0.17
Vibrador alimentador	0.25	0.19	0.18	58%	57.0%	-0.1612	0.9982	0%	40.8%	0.07	0.10



Anexo VIII. Censo de carga de iluminación en NICASAL S.A.

Área	Tipo	Potencia (W)	# de tubos	Cantidad luminarias	Factor de balastro	Potencia Total (W)	horas de uso	días de uso	kWh al mes
Sala de maquinas	FO32/841	32	3	1	1	96	24	26	59.9
	FO32/841	32	2	1	1	64	24	26	39.9
Proceso	FO96/865	59	2	8	1	944	12	26	294.5
Baños	fluorescente compacta	40	1	4	1	160	4	26	16.6
Limpieza	fluorescente compacta	40	1	2	1	80	4	26	8.3
Bodega	FP28/841	28	2	4	1	224	12	26	69.9
Pulmón	FO96/865	59	2	1	1	118	12	26	36.8
	FO32/841	32	2	3	1	192	12	26	59.9
Laboratorio	FP28/841	28	3	2	1	168	12	26	52.4
Bascula	FP28/841	28	3	2	1	168	12	26	52.4
	fluorescente compacta	40	1	1	1	40	12	26	12.5
Entrada de Control	fluorescente compacta	40	1	3	1	120	12	30	43.2
	Vapor de Mercurio	175	1	1	1	175	12	30	63.0
Cafetín	F40T12	40	1	6	1.25	300	4	26	31.2
Suministro de agua	F40T12	40	1	1	1.25	50	2	30	3.0
	FO32/841	32	2	1	1	64	12	26	20.0
Mantenimiento	fluorescente compacta	40	1	3	1	120	24	26	74.9
Exteriores	Vapor de Mercurio	175	1	6	1	1050	12	30	378.0
	FO32/841	32	2	3	1	192	12	30	69.1
	Incandescente	100	1	1	1	100	12	30	36.0
TOTAL				54		4,425			1,421.6



Anexo IX. Cotización MEE 01

https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/colombia/Documents/lista_de_precios_colombia.pdf

MOTORES TRIFÁSICOS DE ALTA EFICIENCIA IE2, IP55 (TEFC)

Feb. 1/2013

No. de Depósito	Descripción								Precio Lista Unit. - Col. \$(*)	
Referencia	Tamaño Constructivo	Potencia HP	Potencia KW	Eficiencia η %	FS	Corriente (A) 220V	Corriente (A) 440V	Peso Kg		
VELOCIDAD 1.800 RPM (4 polos)										
100205098	1LA9 083-4YA60	80	1	0,7	82,5	1,15	3,2	1,6	13	630.000
100181436	1LA9 096-4YA60	090 L	1,5	1,1	84,0	1,15	4,8	2,4	14	818.000
100198060	1LA9 097-4YA60	090 L	2	1,5	84,0	1,15	5,6	2,8	18	905.000
100184785	1LA9 112-4YA60	112 M	3	2,2	87,6	1,15	9,2	4,6	25	1.054.000
100190902	1LA9 114-4YA60	112 M	4	3,0	87,5	1,15	11,4	5,7	29	1.179.000
100186932	1LA9 115-4YA60	112 M	5	3,7	87,5	1,15	14,8	7,4	36	1.300.000
100182226	1LA9 132-4YA70	132 S/M	7,5	5,6	89,5	1,15	21,0	10,5	46	1.826.000
100182287	1LA9 135-4YA70	132 S/M	10	7,5	89,5	1,15	28,6	14,3	59	2.144.000
100199490	1LA9 164-4YA70	160 M/L	15	11,2	91,0	1,15	40,4	20,2	80	2.889.000
100186931	1LA9 165-4YA70	160 M/L	20	14,9	91,0	1,15	54,4	27,2	84	3.689.000
100186937	1LA9 186-4YA80	180 M/L	25	18,7	92,4	1,15	69,0	34,5	148	4.889.000
100186936	1LA9 187-4YA80	180 M/L	30	22,4	92,4	1,15	83,2	41,6	148	5.399.000
100204964	1LA9 206-4YA80	200 L	40	29,8	93,0	1,15	105,8	52,9	228	7.448.000
100204963	1LA9 207-4YA80	200 L	50	37,3	93,0	1,15	131,0	65,3	230	8.299.000
100204865	1LA9 220-4YA80	225 S/M	60	44,8	93,6	1,15	151,6	75,8	245	10.607.000
100205336	1LA9 223-4YA80	225 S/M	75	56,0	94,1	1	200,0	100,0	245	11.699.000

Notas:
 1) Consultar plazo de entrega.
 • Motores hasta tamaño constructivo IEC090 en ejecución B14 tienen un sobrepeso de 10%.
 • Motores hasta tamaño constructivo IEC225 en ejecución B5 tienen un sobrepeso de 10%.
 Tamaños superiores bajo consulta.

(*) El Precio Lista no incluye IVA vigente - Precios sujetos a cambio sin previo aviso

Siemens S.A. - Colombia

obiee.banrep.gov.co/analytics/saw.dll?Go&NQUser=publico&NQPassword=publico&Path=/shared/Consult

Tasa de cambio representativa del mercado (TRM)

1.1.3 Serie histórica para un rango de fechas dado

Información disponible desde el 27 de noviembre de 1991

Selección una vista: Tabla: Tasa de cambio representativa del mercado (TRM)

Fecha (dd/mm/aaaa)	Tasa de cambio representativa del mercado (TRM)
01/02/2013	\$1.775,65
02/02/2013	\$1.778,20
03/02/2013	\$1.778,20
04/02/2013	\$1.778,20
05/02/2013	\$1.785,92
06/02/2013	\$1.789,09
07/02/2013	\$1.791,24
08/02/2013	\$1.795,21
09/02/2013	\$1.790,61
10/02/2013	\$1.790,61
11/02/2013	\$1.790,61
12/02/2013	\$1.784,71
13/02/2013	\$1.783,20
14/02/2013	\$1.777,72
15/02/2013	\$1.783,19
16/02/2013	\$1.785,41
17/02/2013	\$1.785,41
18/02/2013	\$1.785,41
19/02/2013	\$1.785,41
20/02/2013	\$1.794,63
21/02/2013	\$1.791,33
22/02/2013	\$1.798,21
23/02/2013	\$1.800,70
24/02/2013	\$1.800,70
25/02/2013	\$1.800,70
26/02/2013	\$1.806,11
27/02/2013	\$1.818,54
28/02/2013	\$1.816,42

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia (www.superfinanciera.gov.co)

Estipulación del costo del motor en dolares						
hp	Precio peso col	IVA (15%)	Total peso col	Precio USD	Importe 30%	Inversion total
5	1300,000	195,000	1495,000	841,95	252,58	1,094,53
7.5	1826,000	273,900	2099,900	1,182,61	354,78	1,537,39
10	2144,000	321,600	2465,600	1,388,56	416,57	1,805,13
15	2889,000	433,350	3322,350	1,871,06	561,32	2,432,38
Total	8159,000	1223,850	9382,850	5,284,18	1,585,25	6,869,43

tipo de cambio	
fecha	01/02/2013
valor	1,775,65



Anexo X. Cotización MEE 02



NICA SOLAR S.A

Fecha: 14/3/2014
Cotización #: 22

PROFORMA			
Sr.		Teléfono:	
Atención		Email:	karen.nicasolar@gmail.com
Dirección			

Unds	Descripción	Precio Unit	Importe
1	PANEL NARIGY DE 130W	\$247.00	\$247.00
1	BATERIA MAX SOLAR DE 105 AH	\$105.00	\$105.00
1	CONTROLADOR DE CARGA DE 10 AH	\$38.00	\$38.00
1	KIT DE MATERIALES DE 130W	\$114.00	\$114.00
	NOTA	Sub total	\$504.00
1-	Los modulos y bateias no pagan IVA, según ley 532. Art 07.	IVA	
2-	Los materiales eléctricos para el montaje y mano de obra es un estándar. Se recomienda realizar visita previa al sitio de trabajo.	Total	\$504.00
		Equiv	C\$ 13,028.40
		T/C:	25.85
		Precios: En Dolares	
		Descuentos: Incluidos	

Elaborar Ck a Nombre de : NICA SOLAR S.A Y/O JORGE RIVERA

GARANTIAS
Modulos solar: 4 años
Baterias: 6 meses
Inversor: 0
Controlador: 0

Nombre: Karen López
 Correo: karen.nicasolar@gmail.com
 Telefono: (505) 2277-0194
 Celular (505) 88374712





Anexo XI. Detalles de los costos de energía de la tarifa propuesta.

Estación	mes	Activa		Demanda punta (USD/kW)
		punta (USD/kWh)	valle (USD/kWh)	
verano	mar-13	0.21	0.14	21.38
verano	abr-13	0.21	0.14	21.46
verano	may-13	0.23	0.15	23.33
invierno	jun-13	0.23	0.15	14.63
invierno	jul-13	0.23	0.15	14.69
invierno	ago-13	0.23	0.15	14.75
invierno	sep-13	0.23	0.15	14.81
invierno	oct-13	0.23	0.15	14.87
invierno	nov-13	0.23	0.15	14.93
verano	dic-13	0.24	0.16	24.01
verano	ene-14	0.24	0.16	24.23
verano	feb-14	0.24	0.16	24.32
verano	mar-14	0.24	0.16	24.42
verano	abr-14	0.24	0.16	24.52
Promedio	verano	0.24	0.15	24.14
	invierno	0.23	0.15	14.78



Anexo XII. Simulación de la facturación con una tarifa T-4E

Días Facturados	kW contratados	Tarifa: Empresa suplidora: Distribuidora de Energía del Norte S.A							
		T4-E MT. INDUST. MENIANA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL			NIS: 2780692	Medidor #: 8902669		Cliente: NICASAL S.A.	
Estación	mes	Activa (C\$)		Demanda (C\$)	Comercia -lización	recargo por bajo FP	Recargo por mora	TOTAL C\$	Total USD
		punta	valle	punta					
verano	mar-13	45,490.13	153,379.80	87,822.66	1,602.19		1,390.96	289,685.74	11,070.19
verano	abr-13	15,245.19	125,464.78	64,590.90	1,638.00	10,265.04		217,203.92	8,300.33
verano	may-13	3,310.85	142,879.62	6,716.05	1,644.69	10,703.46	1,763.26	167,017.93	6,382.50
invierno	jun-13	3,218.13	132,566.56	4,211.46	1,651.41	8,399.77	2,688.30	152,735.63	5,836.71
invierno	jul-13	3,229.04	152,197.11	4,228.62	1,658.16	7,982.74		169,295.66	6,469.54
invierno	ago-13	3,245.40	114,190.55	16,984.88	1,665.04	5,376.83		141,462.71	5,405.92
invierno	sep-13	6,512.62	155,517.12	4,263.49	1,671.85	8,314.66	1,112.22	177,391.95	6,778.94
invierno	oct-13	3,272.67	151,960.38	17,123.92	1,678.68	6,894.28	943.31	181,873.24	6,950.19
invierno	nov-13	3,283.58	115,705.38	4,298.47	1,685.53		978.41	125,951.38	4,813.16
verano	dic-13	6,821.56	115,444.70	10,052.16	1,692.42		1104.4	135,115.24	5,163.36
verano	ene-14	3,436.30	146,264.52	6,973.45	1,704.47		832.59	159,211.33	6,084.18
verano	feb-14	3,455.29	155,778.00	14,001.90	1,711.20		2,596.73	177,543.12	6,784.72
verano	mar-14	6,927.15	161,123.82	7,028.67	1,717.96	1,750.80	790.22	179,338.62	6,853.33
verano	abr-14	3,483.10	106,381.60	17,322.66	1,724.98		1262.87	130,175.22	4,974.58