

**Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electromecánica
Práctica de Especialidad**



CORBEL S.A.

**Proyectos:
Cambio de Tarifa
Medición de la Eficiencia de Mantenimiento**

Charlie Espinoza Matarrita

**Ing. Osvaldo Guerrero
Profesor asesor**

**Sr. Oscar Arias
Asesor en la empresa**

noviembre de 2002

**El sabio escucha y absorbe más
instrucción, y el entendido es el que
adquiere dirección diestra, para
entender el proverbio y el dicho difícil
de entender, las palabras de los sabios
y sus enigmas.**

**El temor de Jehová es el principio del
conocimiento. La sabiduría y la
disciplina son lo que han despreciado
los que simplemente son tontos.**

Proverbios 1: 5-7

Dedicatoria

A mis padres, Adrián y Margarita, porque siempre han velado por mi bienestar, por haberme infundido el respeto y amor por mi Dios, Jehová. A ellos doy gracias infinitas porque han hecho posible la realización de este trabajo. Que Jehová bendiga sus esfuerzos, entrega y abnegación.

Y a mi novia Hannia quien ha sido un gran apoyo para mí en la culminación de este trabajo.

Contenido

Resumen general	I
-----------------------	---

CAPÍTULO I

Generalidades	10
----------------------------	-----------

1.1. Información general de la empresa.	10
1.1.1. Reseña histórica de CORBEL S.A.	10
1.1.2. Ubicación geográfica de la empresa	13
1.1.3. Organización	13
1.1.4. Organización del Departamento de Mantenimiento	15
1.1.5. Política de calidad.	15
1.2. Justificación de los proyectos.	16
1.3. Objetivos de los proyectos	17
1.4. Alcances y limitaciones.	17

Capítulo II

Proceso Productivo de CORBEL S.A.	19
--	-----------

2.1. Descripción del proceso.	19
2.1.1. Definición de términos.	19
2.1.2. Procedimiento.	19
2.2. Tipos de productos.	26

Capítulo III

Cambio de Tarifa	31
-------------------------------	-----------

3.1. Marco conceptual.	31
3.1.1. Información sobre el factor de potencia.	31
3.1.2. Información sobre la tarifa T-MT.	36
3.2. Metodología	37
3.2.1. Comparación entre tarifa T-MT y la tarifa T3	37
3.2.2. Facturación CORBEL S.A	40

3.2.3. Mediciones de potencia según C.N.F.L	43
3.3. Análisis de la información.....	47
3.4. Propuesta de solución	48
3.5. Rentabilidad del proyecto.....	50
3.6. Conclusiones del análisis	51

Capítulo IV

Medición de la Eficiencia de Mantenimiento..... 52

4.1 Marco Conceptual.....	52
4.1.1 Definición de términos.....	52
4.1.2 Índices clase mundial	53
4.2 Metodología.....	55
4.2.1 Índices relacionados con la gestión de equipos.....	56
4.2.1.1 Tiempos muertos según “Departamento de Producción”	56
4.2.1.2 Tiempos de correctivo y preventivo según “Departamento de Mantenimiento”	63
4.2.2 Índices relacionados con la gestión de costos.....	63
4.3 Análisis de la información	65
4.4 Propuesta para la medición de Índices.....	66

Capítulo IV	
Apéndices y Anexos	69
Apéndice I	
Muestra de cálculo para corrección de f.p.	70
Apéndice II	
Plantilla para recolección de datos para cálculo de Índices	72
Apéndice III	
Hoja de Excel para el cálculo de Índices	74
Anexo I	
Organigrama de CORBEL S.A.	75
Anexo II	
Factor de potencia y cálculo de multa por bajo f.p.	77
Anexo III	
Cotización de Banco de Capacitores	85
Anexo IV	
Artículo 13 “Reglamento de Servicios Eléctricos”	90
Bibliografía	91

Tablas y Gráficos

Tabla 3.1 Precio del kWh en T-MT.....	37
Tabla 3.2 Precio del kW en T-MT.....	37
Tabla 3.3. Consumos eléctricos de CORBEL S.A. para el mes de abril.....	38
Tabla 3.4. Importe total en colones por concepto de factura eléctrica para las tarifas T-MT y T3, para las temporadas alta y baja del año.....	38
Tabla 3.5. Facturación de diciembre de 2000 a junio de 2002.....	41
Tabla 3.6 Datos comparativos del medidor principal vs equipo portátil.	44
Tabla 3.7 Datos comparativos del medidor principal vs equipo portátil (Medidor portátil)	45
Tabla 3.8 Valores de las etapas en kVAr.....	49
Tabla 3.9 Cálculos de VAN Y TIR.....	50
Tabla 4.1 Tiempos muertos en minutos. Corrugador Turno A.....	56
Tabla 4.2 Tiempos muertos en minutos. Corrugador Turno B	58
Tabla 4.3 Tiempos muertos en minutos. Curioni	58
Tabla 4.4 Tiempos muertos en minutos. United.....	60
Tabla 4.5 Tiempos muertos en minutos. Saturno II.....	61
Tabla 4.6 Tiempos muertos en minutos. Saturno III.....	62
Tabla 4.7 Costos de Corrugados Belén, S.A.	64
Tabla 4.8 Formulario para recolección de datos de tiempo, por operador.	67
Gráfico 3.1 Factor de carga de diciembre de 2000 hasta junio de 2002....	42
Gráfico 3.2 Factor de potencia de diciembre de 2000 hasta junio de 2002....	42
Gráfico 3.3 Comportamiento del consumo energético en CORBEL S.A.	43
Gráfico 3.4 Factor de potencia en banco 1.....	46
Gráfico 3.5 Factor de potencia en banco 2.....	46
Gráfico 4.1 Mantenimiento correctivo del corrugador (Turno A).....	57
Gráfico 4.2 Disponibilidad del corrugador (Turno A).....	57
Gráfico 4.3 Mantenimiento correctivo de la Curioni.	59

Gráfico 4.4 Disponibilidad de la Curioni.....	59
Gráfico 4.5 Disponibilidad del United.....	60
Gráfico 4.6 Disponibilidad de la Saturno II.....	61
Gráfico 4.7 Disponibilidad de la Saturno III.....	62
Gráfico 4.8 Costo de mantenimiento por facturación.....	64

Resumen general

Este informe se divide en 5 capítulos, a saber:

Capítulo I

En este capítulo se detalla la información general de la empresa en la cual se realizó la práctica de especialidad (CORBEL. Corrugados Belén S.A). Se incluye una reseña histórica de la misma, organigrama general de la empresa, así como de las sucursales existentes en diferentes países y el grupo asociado que la compone en calidad de propietarios.

Capítulo II

Se presenta una descripción general del proceso productivo de la empresa (Corrugados Belén S.A), así como de los principales productos que se procesan en la misma.

Capítulo III

Este capítulo presenta el desarrollo del primero de los dos proyectos realizados: Cambio de tarifa. Se incluye un análisis de los datos obtenidos por medio de mediciones directas en el sistema de alimentación eléctrica de la compañía, mediciones que estuvieron a cargo de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz; y las mediciones de factor de potencia y flujo de potencia para un período determinado, así como una facturación para un período de 1,5 años.

Capítulo IV

En el capítulo cuarto de este informe se analiza el segundo proyecto de la práctica de especialidad: Implantación de un sistema de medición de la eficiencia de mantenimiento a través de índices de funcionamiento. Detalla las maneras en que se van a realizar las mediciones para la obtención de los datos necesarios para el cálculo de los diferentes índices.

Capítulo V

El último capítulo de este trabajo presenta los apéndices y anexos. En estos se muestran los principales cálculos aplicados para realizar la corrección del factor de potencia necesario para el cambio de tarifa. También se muestra la forma de calcular multas por bajo factor de potencia, y el organigrama de CORBEL S.A., etc.

CAPÍTULO I

Generalidades

En esta sección se presenta un resumen de la información más importante sobre la empresa en la cual se realizó este proyecto. Incluye una pequeña reseña histórica así como la organización y la política de calidad de la misma.

Asimismo, se mencionan la justificación de los proyectos realizado, el objetivo de los mismos, sus alcances y limitaciones.

El objetivo de este capítulo informar al lector de las principales características que posee la empresa, así como los alcances de este estudio.

1.1. Información general de la empresa

En este apartado se muestran de una forma general, los aspectos más importantes que el lector debe conocer sobre la empresa en la cual se desarrolló este proyecto, con el objetivo de observar los factores que influyen en la toma de decisiones a la hora de diseñar y poner en práctica un proyecto de esta índole.

Los principales aspectos que se consideran en este apartado son: historia de la empresa, organización, proceso productivo y la política de calidad de la empresa.

1.1.1. Reseña histórica

CORBEL. S.A fue fundada desde en 1960 con el fin de suplir la necesidad de empaque de toda la industria que empezaba a florecer en Costa Rica.

Originalmente comenzó operaciones con una planta en la costa atlántica, la cual fue pionera del empaque de cartón corrugado para las exportaciones de banano.

Posteriormente, en 1978, inicia operaciones una nueva planta en la meseta central conocida como CORBEL S.A.

En la actualidad, junto con su empresa hermana, Corrugados del Guarco S.A., construida en 1983, son los líderes en el mercado costarricense y suplen aproximadamente el 68% del volumen de corrugado: CORBEL 35%, GUARCO 33%.

- Grupo ELE

Son los pioneros en la fabricación de cajas de cartón corrugado en Costa Rica, Panamá y Guatemala.

Está conformado por las familias Lewis de Panamá y Esquivel de Costa Rica.

El grupo tiene más de 35 años de experiencia en la industria del cartón corrugado.

Tiene experiencia en el montaje de 12 plantas de fabricación de cartón corrugado en el centro y en el sur de América.

En estos momentos posee tres plantas en Costa Rica, dos en Panamá y una en República Dominicana.

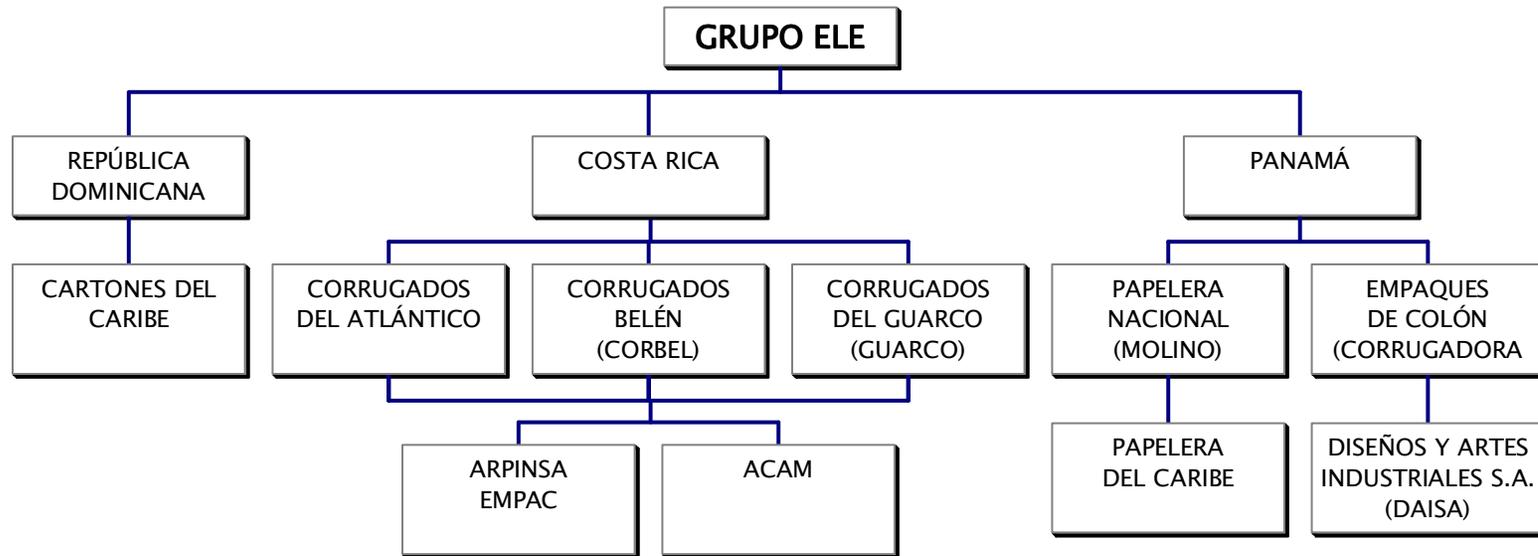
Tiene excelentes relaciones con su único proveedor de papel: Georgia Pacific, que es la segunda compañía más grande a nivel mundial, fabricantes de Linerboard y Médium, en su mayoría con un alto contenido de fibra virgen.

Es una compañía certificada ISO 9001 con un nivel muy alto de calidad y de soporte técnico en toda el área de cartón corrugado.

El grupo también cuenta con el servicio de una compañía naviera (Transmarine), la cual ha manejado el transporte del papel desde Estados Unidos por más de 30 años.

Figura 1.1

ORGANIGRAMA GRUPO ELE



1.1.2. Ubicación geográfica de la empresa

Corrugados Belén S.A. está ubicada al costado sur de Firestone S.A. en la Rivera de Belén.

1.1.3. Organización de la empresa

En la actualidad CORBEL cuenta con 185 empleados, distribuidos en los diferentes departamentos (Ver apéndice #1), que desarrollan las siguientes funciones:

- Gerencia General

Corresponde a esta dependencia coordinar los diferentes procesos de la empresa, como son: Ventas, Administración y Finanzas, Producción y Operaciones. Asimismo gestionar los recursos necesarios para el buen funcionamiento de la empresa y velar por el desarrollo de cada uno de los procesos dentro de la compañía.

- Gerencia Financiera Administrativa

Corresponde a esta gerencia velar por las operaciones financieras y la administración interna de la Compañía, siguiendo lineamientos de la Gerencia General y de la Junta Directiva. También le corresponde evaluar la situación financiera de la empresa; establecer y dirigir los procedimientos de orden administrativo.

Tiene a su cargo la Jefatura Administrativa, Contabilidad, Computo, Crédito y Cobro, Auditoría Interna y Recursos Humanos.

- Gerencia de Operaciones

Le corresponde coordinar, controlar y dirigir el proceso productivo y operativo de la Empresa, así como coordinar la comunicación entre los Procesos de Ventas, Producción y Aseguramiento de Calidad.

Tiene a su cargo las siguientes áreas: Gerencia de Ventas, Gerencia de Producción, Aseguramiento de Calidad, Proveeduría, Bodegas y Recursos Humanos.

- Gerencia de Producción

Le corresponde a esta Gerencia administrar la producción, la maquinaria, el equipo y las instalaciones de la empresa. También le corresponde programar todas las operaciones para la fabricación de las cajas de cartón corrugado, solicitadas por el cliente.

Tiene a su cargo: Programación de la Producción, Jefatura de Planta, Personal de la Planta, Jefe de Mantenimiento y su personal.

- Gerencia de Ventas

Corresponde a esta Gerencia, la coordinación, supervisión, desarrollo y ejecución de la etapa de comunicación y coordinación del cliente para la colocación de los pedidos. También mantiene una estrecha comunicación con los clientes, para poder determinar y cubrir sus necesidades. Ayudan al cliente a la elaboración del diseño y desarrollo de las cajas de cartón corrugado. Además, brindan apoyo al servicio de transporte del producto.

Tiene a su cargo : Despacho, Agentes de Ventas, Personal Administrativo y Diseño.

- Gestión Ambiental

En CORBEL se preocupan por cuidar el medio ambiente, es por eso que se cuenta con una planta de tratamiento de aguas, en la cual se reciben las aguas provenientes de las máquinas impresoras para su debido tratamiento. Esta planta tiene capacidad de procesar hasta quince metros cúbicos, con esto se está contribuyendo a mantener limpio el medio ambiente.

- Sistema de Gestión de la Calidad

CORBEL es una empresa certificada en ISO 9001 – versión 2000, por tanto cuenta con un Sistema de Gestión de Calidad que afecta a todas las áreas, en especial aquellas que tienen una estrecha relación con la calidad de nuestro producto. Para este efecto se tienen registros que miden el desarrollo del proceso productivo. Todos, como empleados, ayudan a recolectar y actualizar la información necesaria para la buena marcha de las labores.

- Clientes

La cartera de clientes con que cuenta esta empresa es extensa e integrada por organizaciones consolidadas y pertenecientes a las diferentes industrias nacionales e internacionales. Algunas de las empresas más reconocidas que son clientes de CORBEL son las siguientes:

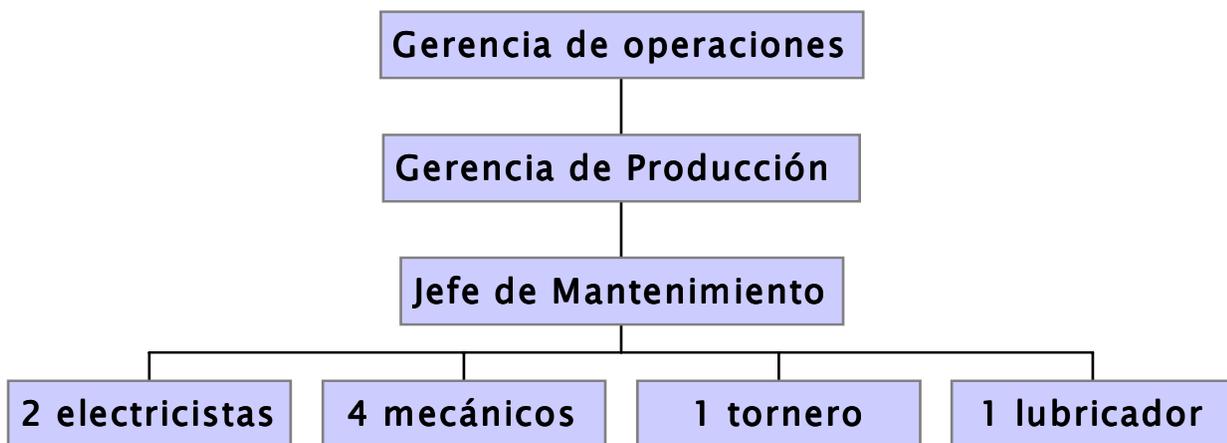
- Componentes Intel de Costa Rica S.A.
- Baxter Healthcare
- Cooperativas de Productores de Leche. R.L.
- American Sanitary Co.
- Aceites y Derivados de Centro América

- Irex de Costa Rica. S.A.
- Derivados de Maíz Alimenticio

1.1.4. Organización del Departamento de Mantenimiento

Esta unidad administrativa está constituida por: un jefe de mantenimiento, dos electricistas, cuatro mecánicos, un lubricador y un tornero.

Organigrama del Departamento de Mantenimiento



1.1.5. Política de Calidad

Satisfacemos los requisitos de nuestros clientes mediante la producción de cajas de cartón corrugado de calidad, comprometidos con la mejora continua en un proceso de producción flexible que permite tiempos de entrega oportunos.

1.1.6. Objetivos de Calidad

- Lograr al menos un 85% de entregas a tiempo al finalizar el año 2002, cuando las emergencias no sobrepasen el 4% del programa de producción
- Lograr que los rechazos mensuales externos no sobrepasen el 0,55% de los pedidos totales y los rechazos internos en el área de producción no sobrepasen el 0,5% de entrega ni el 4% de emergencias, al finalizar el año 2002

1.2. Justificación de los proyectos

1.2.1. Cambio de tarifa

La creciente demanda de energía en Costa Rica ha obligado a las compañías eléctricas a ampliar la capacidad de sus generadores eléctricos, lo que, aunado a las demandas tan altas de energía en horas pico, ha llevado a las mismas a tener tarifas de cobro que incluyen multas por el uso inadecuado de la energía. Según se indica en el reglamento de servicios eléctricos, específicamente en el artículo 13. Ver Apéndice VI.

Con base en lo anteriormente citado y tomando en cuenta los elevados precios de las tarifas, la C.N.F.L ha puesto a la disposición una tarifa de mediana tensión la cual permitirá reducir los gastos por energía eléctrica y demanda.

CORBEL cumple con los requerimientos para ingresar en esa tarifa de cobro, pero es necesario que antes se asegure de que se podrá cumplir de manera oportuna. Este proyecto tiene como fin principal hacer la revisión de esos requerimientos y emitir un criterio con respecto al cambio de tarifa, lo que incluye un reporte cuantificado de los principales beneficios económicos que reportará el cambio de tarifa.

1.2.2. Medición de la eficiencia de mantenimiento¹

Hoy en día la mayoría de los procesos de la industria moderna se automatizan y ello implica la implantación de una moderna tecnología: maquinarias productivas, métodos de control, cambios en la infraestructura de la empresa y, personal con mayor calificación. De ello se derivan elevados niveles de producción a cortos plazos, un mayor control de los procesos y desempeño de la tecnología existente.

El mantenimiento es una disciplina integradora que garantiza la disponibilidad, funcionalidad y conservación del equipamiento, siempre que se aplique correctamente, a un costo competitivo. Esto significa un incremento importante de la vida útil de los equipos y sus prestaciones.

¿Por qué controlar y evaluar la gestión de mantenimiento en las empresas? Sencillamente porque se necesita saber cuan eficiente es la aplicación de la política de mantenimiento que se ha planificado para el entorno productivo. Esta información permite actuar de forma rápida y precisa sobre los factores débiles en el mantenimiento.

(1) Eugenio Hernández Cruz. Publicación periódica del Club de Mantenimiento. s.e.

1.3. Objetivos de los proyectos

1.3.1. Objetivos generales

- Analizar la factibilidad de cambiar a la tarifa TMT
- Implantar un sistema de medición de la eficiencia de mantenimiento

1.3.1.1. Objetivos específicos

Con el primer proyecto de diseño se persigue:

- Analizar la posibilidad de cambiar de la tarifa industrial a la TMT
- Analizar la posibilidad de mejorar el factor de potencia a 0.95
- Analizar la factibilidad de instalar un sistema de alta tecnología para la corrección del factor de potencia y la eliminación de armónicas, picos y transientes
- Reducir las pérdidas de potencia eléctrica en el sistema
- Reducir la factura de pago por concepto de energía eléctrica

Con el proyecto administrativo se busca :

- Medir la disponibilidad de los equipos
- Medir el tiempo medio para reparación del Departamento de Mantenimiento
- Medir el tiempo medio entre fallas
- Medir el costo de mantenimiento por facturamiento
- Cuantificar el mejoramiento de la eficiencia de mantenimiento

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1. Cambio de tarifa

Con el presente proyecto se pretende alcanzar los requerimientos necesarios para realizar el cambio de tarifa pasando de la Tarifa Industrial a la Tarifa de Mediana Tensión, pero antes es necesario asegurarse que después de realizado el cambio no se tendrán multas por bajo factor de potencia en ninguno de los períodos de cobro, para que esto sea posible se hará una revisión de los bancos de

capacitores, con el fin de ampliar, si es necesario o hacer los ajustes pertinentes para cumplir con los mínimos y máximos requerimientos.

Para alcanzar estas metas se cuenta con la siguiente información como base para la toma de decisiones:

- Facturas de C.N.F.L desde diciembre de 2000 hasta junio de 2002.
- Mediciones de potencia consumida y factor de potencia en cada uno de los bancos de transformadores.
- Las mediciones no comprenden armónicas, picos ni transcientes. Por lo tanto este proyecto no comprende el análisis de los efectos de estos tres elementos ya mencionados.

De esta manera las posibles correcciones que se hagan son solo aplicables al factor de potencia, y modificando los bancos de capacitores.

1.4.2. Medición de la eficiencia de mantenimiento

El fin principal de este proyecto es medir la eficiencia de mantenimiento. Para su realización se utilizarán índices de clase mundial, tales como el “Tiempo Promedio Entre Fallas” (TPEF), “Tiempo Promedio Para Reparación” (TPPR), “Disponibilidad de Equipos” (DISP) y “Costo de Mantenimiento por Facturamiento” (CMFT). Además, se medirá el porcentaje del tiempo según calendario que se dedica a mantenimiento, en las máquinas implicadas en el análisis.

Si la información recolectada no es suficiente para el cálculo de los índices antes mencionados, se harán las recomendaciones necesarias para que estos datos se sigan recolectando, así como una muestra de la forma en que se debe seguir realizando los cálculos.

Por lo tanto, en este proyecto no se realizarán mediciones directas al pie de la máquina con el fin de obtener los datos necesarios en el cálculo de los índices. Más bien, se indicará la metodología que se debe seguir para realizar los cálculos, así como el diseño de las plantillas para la toma de datos, y recomendaciones para la toma de estos.

Capítulo II

Proceso Productivo de CORBEL S.A.

2.1. Descripción del Proceso

A continuación se muestran los diferentes pasos que componen el proceso de transformación del papel en cajas de cartón corrugado, actividad que desarrolla la empresa. Se iniciará con la definición de los principales términos y posteriormente se explicarán con detalle cada uno de los pasos que forman el proceso de producción.

2.1.1. Definición de términos

Corrida: Es la combinación de dos o más pedidos (órdenes) en un ancho y resistencia específica de papeles y con una longitud calculada en pies lineales, según el programa de corrugación, que tiene una duración de tiempo específica de acuerdo con el número de cortes que tengan las órdenes combinadas.

Pega: goma formulada que se prepara en el Departamento de Gomas para unir los papeles que forman el cartón corrugado.

Triplex: compone la “parte seca” de la máquina corrugadora. Es la sección final del corrugador, en donde se encuentra la cuchilla de corte transversal del largo, el ancho y la altura de la lámina y los estibadores.

Stichar: parte del proceso donde las cajas son cerradas con grapas. Para este proceso se utiliza la máquina Sticher.

Solapa: lengüeta que sobresale de los márgenes de la caja y que une el cabezal con el costado para cerrar la caja y formar una sola pieza.

Cabezal: ancho de la caja (lo lleva a cabo la impresora).

Costado: largo de la caja (lo lleva a cabo la impresora).

Paño de impresión: lámina plástica de cierta medida en donde se colocan y pegan con goma especial el syrel (clisés) con el cual se imprimen las cajas de cartón. Para cada color de impresión se requiere un paño aparte.

2.1.2. Procedimiento

- **Recepción de pedidos**

La secretaria de Producción recibe diariamente los pedidos del Departamento de Ventas, los sella con fecha de recibo, genera el Master de Producción, según los procedimientos y documentos establecidos y revisa los datos de las especificaciones de la caja en el Master de Producción contra cada pedido. Una vez que cada pedido tenga su respectivo Master revisado, entrega al programador los pedidos del mes actual. Los pedidos de meses posteriores se archivan aparte y con la fecha más reciente al frente. Los pedidos que contienen errores o están incompletos, son devueltos al Departamento de Ventas para su corrección. Los pedidos que están completos se entregan al programador para que proceda con la programación de pedidos.

- **Programación de pedidos**

El programador recibe diariamente de la secretaria de Producción, los pedidos del mes en curso con su respectivo Master de Producción y hace una revisión de la fecha de entrega, medidas, test, tipo de flauta y clasifica dichos pedidos por tipo de test y con la fecha de entrega más reciente al frente.

Nota: el programador revisa los memorandos recibidos de Ventas para determinar si los cambios solicitados en el memorando son pedidos de meses posteriores o del mes vigente, y procede a buscarlo en su archivo correspondiente y realiza el cambio.

El Programador hace los programas, según los lineamientos establecidos para la programación, tomando en cuenta, como primer factor, el tipo de test, tipo de flauta y fecha de entrega como se haya planificado para ese día, lo anota en el Reporte de Programación, lo revisa y lo entrega al Jefe de Corrugación para que proceda a la corrugación.

- **Corrugación de pedidos**

El Jefe de Corrugación recibe el programa y lo revisa, procede a su distribución a los operadores de la máquina corrugadora y del Departamento de Clisés.

Si el programa contiene algún error, se procede con la respectiva corrección y se le da el curso normal como se mencionó anteriormente.

Si el programa no contiene errores, el operador de la computadora lo recibe e inicia con la revisión y registro de los datos para cada pedido en el sistema. Durante el proceso debe coordinar los cambios de corrida a corrida y anota en el documento llamado “Reporte Diario de Corrugación” los detalles de la corrugación de cada pedido.

El operador del corrugador (“parte húmeda”) hace una revisión general de la máquina (temperatura, llaves de vapor, etc.) antes de arrancar. También se asegura

que la producción de pega sea la necesaria y procede a la alimentación del papel en la máquina, basado en el Programa de Corrugación.

Durante el proceso es responsable de inspeccionar la corrugación y debe resolver aquellos problemas que se puedan presentar, así como anotar el consumo de rollos de papel en el Reporte de Consumo.

El operador del triplex (“parte seca”) gira instrucciones a sus ayudantes, para preparar medidas con base en lo especificado en el Máster de Producción para cada corrida y coordina con los estibadores la recepción y estiba del cartón. (Normalmente los tres operadores, el del triplex, el del corrugador y el de la computadora realizan sus funciones simultáneamente.)

Una vez que las tres partes de la máquina están listas el operador del corrugador coordina con el operador del triplex y el operador de la computadora para proceder con la corrugación.

Durante el proceso de corrugación el Inspector de Corrugación toma muestras de las láminas y procede a realizar las pruebas de laboratorio. Dichas pruebas permiten asegurar que las láminas de cartón cumplen con los requisitos de calidad especificados por CORBEL y solicitados por el cliente lo cual garantiza que el producto suministrado es de calidad. Las pruebas realizadas son las siguientes: **Calibre, Mullen Test, Pin adhesión y Crushing.**

Al finalizar la corrugación de cada corrida, el operador del Triplex revisa el Master de Producción para asegurarse que la cantidad corrugada sea la solicitada por el cliente, (la cantidad solicitada en un pedido contiene un margen del 10% de más o de menos, esto debido al tiempo que se ocupa para realizar el cambio de papel). Si la cantidad corrugada no es la solicitada, el operador del triplex anota en el Master la palabra **incompleta**.

Si la cantidad corrugada es la solicitada, (10% de más o de menos) se procede a depositar el Master en el buzón para luego pasar al Departamento de Clisés y proceder con el siguiente paso.

- **Programación del proceso**

El Jefe de Planta planifica la distribución de los pedidos, de acuerdo con la cantidad de pedidos corrugados durante el día y las especificaciones de los mismos. Esta programación del trabajo de planta lo hace basado en la capacidad, volumen y urgencias que presente la producción diaria.

Si el pedido en cuestión requiere divisiones o es una división, procede con el paso de divisiones.

Si el pedido es caja y requiere impresión, procede con el paso de la impresión.

El Jefe de Planta también hace la programación del trabajo de las máquinas troqueladoras de acuerdo con la fecha de entrega y tipo de troquel.

- **Divisiones**

El operador de particiones, recoge las órdenes diariamente en el Departamento de Producción y las archiva por fecha de entrega. También recoge el cartón en planta para luego pasarlo al Departamento de Particiones.

El operador hace una inspección general y procede a preparar la máquina, colocando las cuchillas según corresponda a las medidas especificadas en el Master de Producción y se continúa con las primeras pruebas para asegurarse que las medidas son correctas, y además regular la velocidad de la máquina. Una vez que el operador se asegura que la división está bien, muestra al Inspector de Proceso la prueba final para su aprobación.

Una vez que el operador obtenga la aprobación, procede al tiraje alimentando la máquina con el cartón. Durante el proceso, el operador supervisa el tiraje, y es responsable de que la máquina opere normalmente. El operador de particiones anota en el reporte diario de producción los detalles del pedido.

Si durante el proceso el operador detecta alguna anomalía, se desecha la máquina y se desecha lo que no cumple con los requerimientos establecidos.

Si durante el proceso el operador no detecta ninguna anomalía, se procede con el paso de amarrado de las divisiones producidas en bultos y procede con el paso de amarrado.

El personal de particiones entrega las divisiones a la Bodega de Producto Terminado y se prepara la máquina para el siguiente tiraje.

- **Impresión**

El Jefe de Planta, hace la programación del trabajo de las máquinas impresoras, tomando en cuenta la fecha de entrega, cantidad de colores, tamaño de la caja y otros aspectos propios de cada pedido.

El operador de la impresora debe hacer diariamente, antes de empezar a laborar, una inspección general del estado de la máquina. Luego gira instrucciones al personal a su cargo para empezar la operación. Retira en el Departamento de Clisés, el paño de impresión, con su respectivo pedido, diseño de impresión, master de producción y caja de muestra del tiraje anterior. El siguiente paso consiste en montar los paños de impresión en los rodillos de impresión de la máquina.

El operador de la máquina impresora coordina con el encargado de tintas para que éste suministre los colores a utilizar en el tiraje. Busca el cartón y prepara la máquina, para empezar con las primeras pruebas, se

asegura que la impresión y las medidas estén correctas. Una vez que el operador se asegura de que todo está en orden, muestra al inspector de línea la prueba final para su aprobación.

Una vez que el operador obtenga la aprobación procede al tiraje alimentando la máquina con el cartón. Durante el proceso el operador supervisa el tiraje y es responsable de que la máquina opere normalmente. El operador anota en el libro de reporte diario de producción los detalles del pedido.

Si el operador de la impresora detecta cualquier anomalía, ya sea de impresión u operación de la máquina, debe reportarlo al Inspector de Línea y al Jefe de Planta, para ser controlada en el momento.

Una vez terminado el tiraje del pedido, los paños de impresión, el diseño, el pedido, el master de producción y una caja de muestra del nuevo tiraje son llevados al Departamento de Clisés y se recogen los del siguiente pedido. Una vez finalizado el tiraje de un pedido, el operador y el personal a cargo proceden a limpiar y preparar la máquina para el siguiente tiraje.

Si el pedido requiere de troquelado, se continúa con el procedimiento del troquelado, si requiere parafinado, se lleva a su respectivo procedimiento. Si la orden no necesita troquelado ni parafinado se continúa con el procedimiento de pegado.

Nota: si alguna de las cajas, láminas que pasan por la impresora, requieren de otros procesos tales como: parafinado, troquelado o pegado con grapas, ellas salen de las impresoras abiertas, es decir, sin ningún tipo de pegamento.

- **Troquelado**

El operador de la troqueladora es el responsable de buscar diariamente las órdenes de trabajo asignadas por el Jefe de Planta, en el Departamento de Clisés. El operario debe hacer diariamente, antes de empezar a laborar, una inspección general del estado de la máquina.

Busca el cartón y el respectivo troquel para el pedido en cuestión, basado en el Master de Producción, en el Departamento de Troqueles, para proceder al montaje del mismo y a realizar las primeras pruebas, para asegurarse de que las primeras medidas estén correctas. Una vez que el operador se asegura que el troquelado está bien, muestra al Inspector de Línea la prueba final para su aprobación.

Una vez que el operador obtenga la aprobación, procede al tiraje alimentando la máquina con el cartón. Durante el proceso, el operador supervisa el tiraje y es responsable de que la máquina opere normalmente. Además, anota en el libro de reporte diario de producción los detalles del pedido.

Si el operador de la troqueladora detecta cualquier anomalía, ya sea en el troquelado u operación de la máquina debe reportarlo al Inspector de Línea y a su superior, para ser controlada en el momento.

Una vez terminado el proceso de troquelado de un pedido, el operador de la troqueladora y su personal, proceden a dismantelar el troquel del tiraje anterior, a limpiar y preparar la máquina para el siguiente tiraje.

El troquel es devuelto al Departamento de Troqueles y se recoge otro para el siguiente pedido. Si el pedido requiere del proceso del parafinado o de pegado se procede a su respectivo procedimiento. Por el contrario, si el pedido no requiere de parafinado ni pegado, se procede con el paso de amarrado.

- **Parafinado**

El operador de la máquina parafinadora, procede a realizar una inspección previa del estado de la misma, luego procede a encenderla hasta que la temperatura alcance 130 °C. Hace una revisión del nivel de parafina y busca el pedido con su respectivo master de producción, previa instrucción recibida del Jefe de Planta.

Luego procede a buscar el cartón, basado en el número de pedido, y trasladarlo hasta el Departamento de Parafinado y a realizar las primeras pruebas, para regular la película de parafina. Una vez que el parafinado está bien, muestra al Inspector de Línea la prueba final para su aprobación.

Una vez que el operador obtenga la aprobación, procede al tiraje alimentando la máquina con el cartón. Además, durante el proceso, supervisa el tiraje y es responsable de que la máquina opere normalmente. Él mismo anota en el reporte diario de producción los detalles del pedido. Cuando el tiraje ha finalizado, lo comunica al Jefe de Planta y se traslada el cartón de nuevo a la planta.

El operador procede a la limpieza de la máquina y a prepararla para un nuevo tiraje si lo hubiera, de lo contrario, se procede a apagar la máquina y a realizar la limpieza de dicho Departamento.

Si el pedido requiere ser pegado con grapa, procede con el paso de pegado (Sticher). Si el pedido no requiere de pegado, procede con el paso del amarrado.

- **Pegado**

El Jefe de Planta hace una revisión de los pedidos para decidir cuáles van a ser “stichados” y cuáles pegados a mano.

- **Stichar**

Si los pedidos son “stichados”, el Jefe de Planta le comunica al operador del Sticher, para que proceda a preparar la máquina para el tiraje. El operador hace

una revisión de la máquina y busca el pedido con su respectivo máster de producción. Luego procede a buscar el cartón, basado en el número de pedido, a trasladarlo hasta la máquina y a realizar las primeras pruebas; para asegurarse del pegado.

Una vez que el operador se asegura que el pegado está bien, muestra al Inspector de Línea la prueba final para su aprobación.

Una vez que el operador obtenga la aprobación, procede al tiraje alimentando la máquina con el cartón. Durante el proceso, el operador supervisa el tiraje y es responsable de que la máquina opere normalmente. Él mismo anota en el reporte diario de producción los detalles del pedido.

Cuando el tiraje ha finalizado, lo comunica al Jefe de Planta y se procede a la limpieza de la máquina y a prepararla para un nuevo tiraje, si lo hubiera, de lo contrario se procede a apagarla. Una vez finalizada la tarea de “stichado”, se procede con el paso de amarrado.

- **Pegado a mano**

Si los pedidos son pegados a mano el Jefe de Planta reúne al personal adecuado y gira instrucciones para realizar el trabajo.

El Jefe de Planta debe asignar un lugar dentro de la planta al grupo escogido para pegar un determinado pedido de cajas.

El personal procede a realizar el trabajo de acuerdo con las instrucciones recibidas del Jefe de Planta, usando una brocha para aplicar la goma sobre la solapa de la caja, cuadrar y presionar esa parte de la caja hasta que la goma haya secado y luego ir entarimando. El inspector de proceso deberá hacer una revisión del pegado de la solapa para asegurarse de que no se desprege, o sea, que la goma haya secado totalmente .

El personal misceláneo procede a comunicarlo al Jefe de Planta para que asigne un nuevo pedido.

Una vez finalizada la tarea de pegado a mano, procede con el paso de amarrado.

- **Amarrado**

El personal misceláneo procede a amarrar las cajas en las máquinas amarradoras, formando bultos según la instrucción especial de trabajo para condiciones especiales de empaque, las cuales varían entre los diferentes clientes.

Si los pedidos no se encuentran bajo estas condiciones especiales, se amarran en bultos de 25 unidades, como mínimo.

Recepción de producto terminado y despacho

Los bultos de 25 unidades (u otra cantidad de pedidos bajo condiciones especiales) son llevados a la Bodega de Producto Terminado. Aquí, la persona encargada del Departamento, procede al conteo de los bultos, verificar la cantidad de cada bulto, confeccionar la entrada a Bodega de Producto Terminado y verificar contra orden de pedido las cantidades y especificaciones del producto.

El operador del montacargas procede a trasladar las tarimas con la cantidad de bultos establecida, de la máquina a la Bodega de Producto Terminado, ubicándolas según las indicaciones recibidas previamente.

Los datos correspondientes a las cajas recibidas en la Bodega de Producto Terminado son registrados en el sistema computarizado y luego se procede a identificar las cajas de acuerdo con la orden de pedido.

El personal del Departamento de Despacho coordina con el cliente para el envío de su pedido, para lo cual se revisa contra la orden de pedido las cantidades que serán enviadas. El operador del montacargas procede a trasladar las tarimas que contienen las órdenes de producto terminado al área de despacho para ser transportadas a sus respectivos clientes.

2.2. Tipos de productos

Como ya se ha mencionado con anterioridad, Corrugados Belén es una empresa que se dedica a la construcción de cajas de cartón. Las cajas se clasifican de acuerdo con el tamaño del corrugado u ondulación del cartón en: flauta B,C y E, siendo B la que tiene el ondulado más grande y E el más pequeño, C es un valor intermedio entre los dos mencionados.

El siguiente esquema muestra los principales tipos de cartón ondulado o corrugado.

(Para más información sobre los tipos de productos, ver el libro **“El Cartón Corrugado”** Manual de formación técnico comercial, editado por la Asociación de Fabricantes de Cartón Ondulado, AFCCO.)

A continuación se muestra un esquema donde se detalla el proceso básico para la formación del cartón corrugado u ondulado.

Figura 2.1

La fabricación de cartón ondulado: vista general esquemática de un tren ondulator

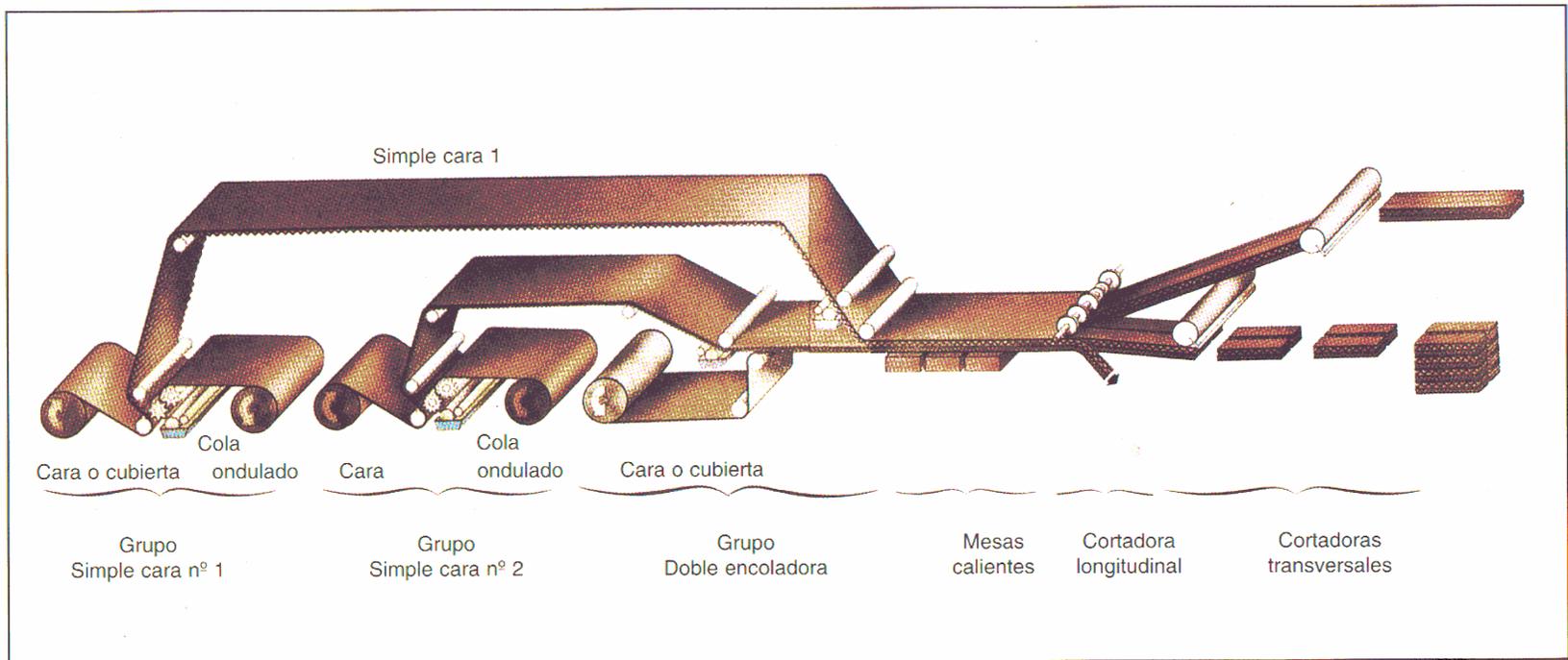


Figura 2.2



Estructura del cartón ondulado: elementos de fabricación

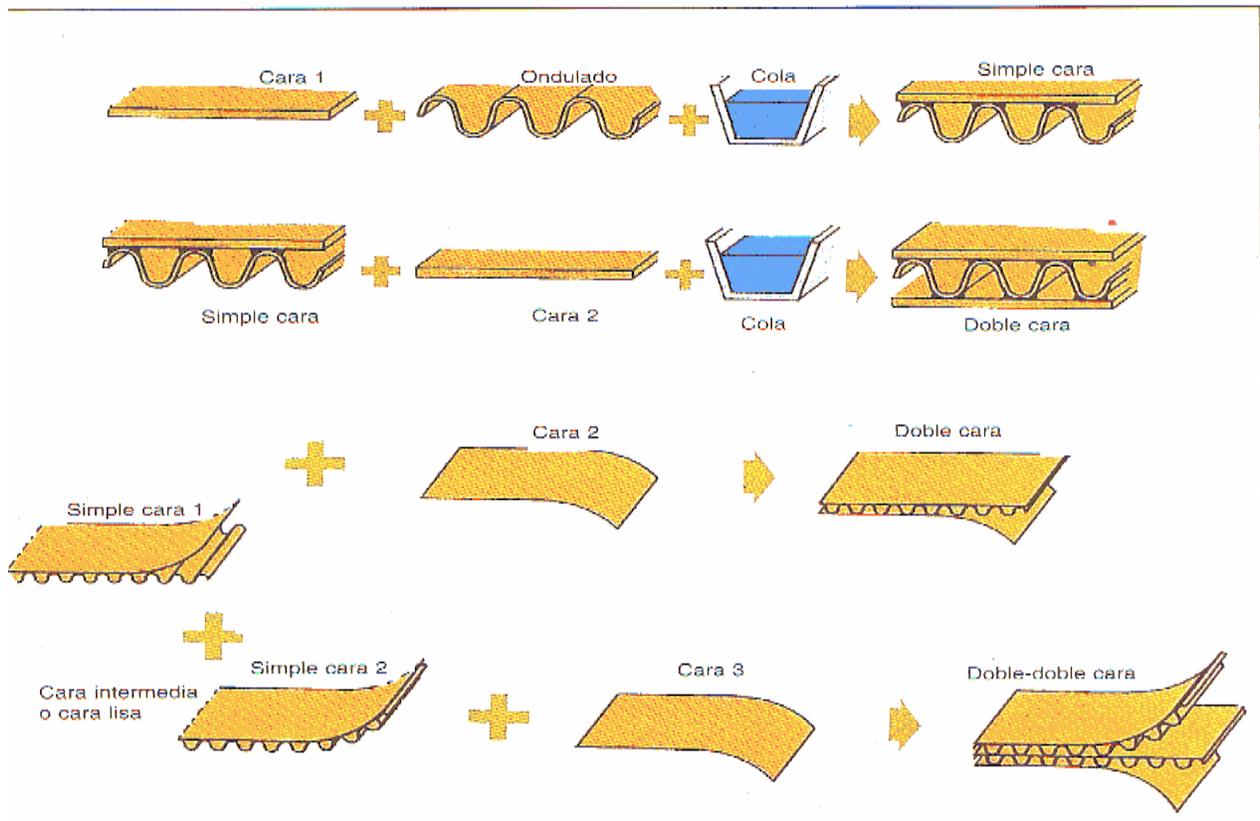
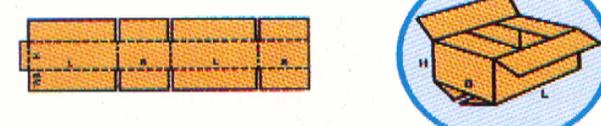
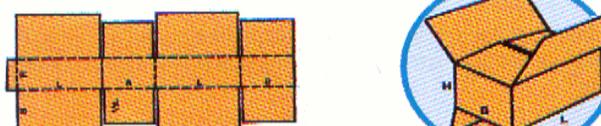
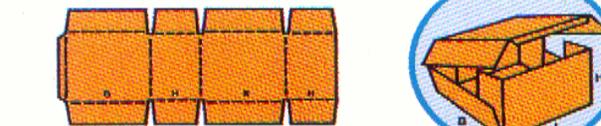
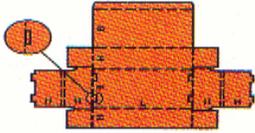
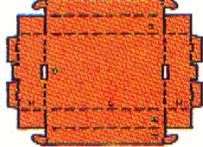
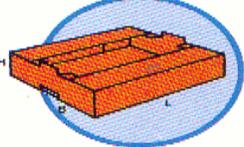
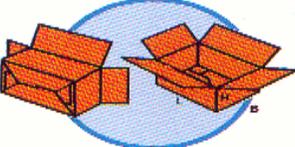
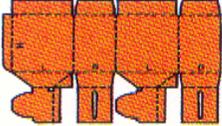
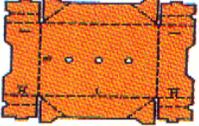


Figura 2.3

Principales tipos de embalaje de cartón ondulado
 (Extracto del Código Internacional para embalaje de cartón de FEFCO-ASSCO)

<p>0201</p>		<p>Caja de solapas normales, llamada "Caja americana"</p>
<p>0206</p>		<p>Caja de solapas superpuestas</p>
<p>0215</p>		<p>Caja de solapas con fondo semiautomático</p>
<p>0301</p>		<p>Caja de tapa y fondo</p>
<p>0330</p>		<p>Embalaje telescópico con pared doble</p>
<p>0350</p>		<p>Contenedor octogonal</p>
<p>0406</p>		<p>Wrap around</p>

0421			Caja lista para armar con tapa provista de solapa para el cierre
0436			Bandeja abierta con solapas fijas y laterales en la parte superior
0711			Caja de fondo automático
0715			Caja de fondo automático y casillero incorporado
0771			Bandeja con ángulos reforzados
 0907	 0933	 0941	 0931 Acondicionadores y rejillas

Capítulo III

Cambio de Tarifa

En esta sección se detalla lo referente al cambio de tarifa, la metodología utilizada para la realización de dicho cambio, un detalle de la información obtenida mediante mediciones de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, un estudio de facturación que comprende las facturas por concepto de electricidad de los últimos 1,5 años de producción de CORBEL S.A. Además, se incluye un análisis exhaustivo de la información, así como una propuesta de solución para los problemas encontrados.

También se incluye información de la Tarifa de Mediana Tensión (T-MT), forma de cálculo de la misma, así como de los posibles beneficios que se pueden obtener a la hora de hacer un cambio de tarifa, al pasar de la tarifa industrial a la tarifa antes mencionada.

3.1. Marco Conceptual

Con el fin de realizar el cambio de tarifa es necesario adecuar el factor de potencia a los requerimientos de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, la cual exige un factor arriba de 0,9. Además de lo anterior mencionado, también es de suma importancia mencionar que la tarifa T-MT se calcula de una forma muy diferente a como se hace con otras tarifas.

La información necesaria para la comprensión y cálculo de los dos puntos antes mencionados se presentan en este apartado.

3.1.1. Información sobre el factor de potencia.¹

El factor de potencia es una relación entre la potencia aparente (kVA) y la potencia real (kW) consumida por una determinada carga. Esta relación viene dada por el coseno del ángulo formado entre los kW y los kVA; $FP = \cos \theta = kW/kVA$

El valor ideal del factor de potencia es 1.0; pero esto no se da nunca en la realidad, a menos que se instalen cargas capacitivas, principalmente por las cargas inductivas.

La corriente absorbida por tales cargas, como motores, transformadores y otros aparatos de consumo similares, puede considerarse compuesta por una corriente activa, productiva y una corriente reactiva, improductiva. La energía eléctrica correspondiente a la corriente activa se transforma, por ejemplo, en

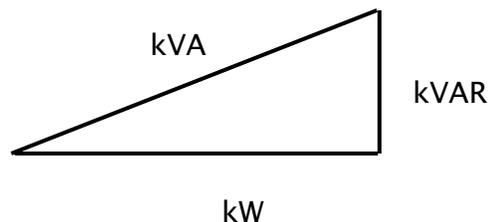
(1) José Ramírez Vázquez. El factor de Potencia. Barcelona: Ediciones CEAC, 1985.

energía mecánica, calor y luz. La corriente reactiva, por el contrario, sirve para la formación de los campos magnéticos necesarios para el funcionamiento de motores, transformadores, etc.

Esa corriente magnetizante está ligada a un transporte de energía entre la red y la carga. Sin embargo, esa energía no se consume sino que se acumula en el campo magnético y es devuelta de nuevo a la red cuando el campo magnético desaparece.

El desfase producido por la corriente reactiva se anula con el uso de capacitores de potencia, lo que hace que el funcionamiento del sistema sea más eficaz y, por lo tanto, requiera menos corriente en la línea.

Este factor se puede visualizar en el triángulo de potencias, donde se muestra gráficamente la relación entre la potencia real (kW), la potencia reactiva (kVAR) y la potencia total (kVA).



Donde:

kW = Potencia Real

kVAR = Potencia Reactiva (no produce trabajo pero hay que pagar por ella)

kVA = Potencia total requerida para alimentar la carga

F.P = Factor de potencia = $\cos \theta = kW / kVA$

Las cargas puramente resistivas, tales como calefactores, lámparas incandescentes y otros, no requieren potencia reactiva para su funcionamiento, entonces la potencia real y la potencia total son iguales, por lo tanto el F.P = 1.

Por otra parte, los capacitores de potencia cuando se conectan en paralelo a una red de tensión alterna, son una fuente estática de corriente reactiva, que se carga y descarga periódicamente. Es decir, la energía que acumula un capacitor durante el proceso de carga, es devuelta nuevamente a la red durante la descarga. Lo que hace que las cargas inductivas y capacitivas se complementen, ya que cuando funcionan con tensión alterna, ambos acumulan y devuelven energía periódicamente. Sin embargo, esto no sucede simultáneamente, sino que el capacitor entrega su energía, precisamente, en el mismo momento en que la carga inductiva la toma de la red y viceversa. Por lo que, cuando un capacitor de potencia de valor adecuado se conecta en paralelo con una carga inductiva, por

ejemplo, un motor, las corrientes reactivas del motor y del capacitor se compensan mutuamente y en la red solo actúa la corriente activa. De donde se deduce que, con la mejora del factor de potencia, la línea queda notablemente estabilizada, en tanto no se modifique la carga primitiva. Con ello, las pérdidas en la red de alimentación, en los transformadores, en los generadores, así como los montos de la tarifa eléctrica, se reducen.

Con las reglamentaciones, a partir del 10 de noviembre de 1991, los capacitores proporcionan, además de la eliminación del cargo por bajo factor de potencia, un beneficio económico que puede llegar al 2.5% de bonificación del valor total de la facturación.

Adicionalmente a este 2.5%, si los capacitores son colocados con las normas generalmente aceptadas para la instalación de estos lugares adecuados, pueden proporcionar ahorros adicionales por menores pérdidas de energía entre el 4 y el 7% lo que contribuye a asegurar que sea una inversión altamente rentable.

3.1.1.1. Consecuencias de un bajo factor de potencia

- **Para la empresa suministradora de energía un bajo factor de potencia significa:**
 - Deficiente utilización de las líneas de transporte de energía eléctrica, ya que la potencia perdida por calentamiento es muy elevada (efecto joule)
 - Deficiente utilización de los generadores y transformadores, en los que la máxima corriente de servicio, no corresponde a la máxima potencia activa utilizada.
 - Deficiente utilización de las reservas de energía (agua, carbón, petróleo y otros), por lo, tanto también un precio muy elevado de la energía eléctrica
- **Para el usuario un bajo factor de potencia significa,**
 - **En una instalación a proyectar:**
 - Líneas de sección elevada, por lo tanto, el costo aumenta considerablemente
 - Transformadores de alimentación de mayor potencia
 - Aumento de la potencia contratada a la compañía suministradora de energía eléctrica
 - **En una instalación ya realizada:**
 - Aumento de las pérdidas por calentamiento en los conductores y receptores de energía

- Aumento en la caída de tensión, proporcionales a la corriente, por lo tanto, una disminución del rendimiento conjunto de la instalación
- Subtensiones en los receptores de energía (sobre todo en motores eléctricos), lo que significa una desventajosa modificación de sus características de funcionamiento
- Aumento del precio de la energía eléctrica recibida. En efecto, a los usuarios cuya potencia contratada tiene cierta importancia, la empresa suministradora de energía eléctrica carga también, de una u otra forma, el precio de la energía reactiva consumida

3.1.1.2. Ventajas de mejorar adecuadamente el factor de potencia de una instalación eléctrica

Un elevado factor de potencia produce, en general, las siguientes ventajas:

- Facilita el suministro de la tensión nominal a los aparatos receptores, tales como: motores, lámparas y otros
- Mejora la regulación de tensión en transformadores, motores y otros
- Disminuye las pérdidas por calentamiento en los conductores de alimentación
- Permite la obtención de la potencia activa nominal en los transformadores y generadores
- Disminuye las pérdidas por calentamiento en los transformadores
- Libera potencia de los generadores y transformadores, lo que les permite soportar sobrecargas adicionales
- Disminuye o elimina los costos por penalización de bajo F.p en las tarifas de la C.N.F.L.

3.1.1.3. Medición del factor de potencia

La medición se puede hacer con un sistema de monitoreo de circuitos llamado ABB Alpha Electronic Meter; es un instrumento digital multifuncional unificado de adquisición de datos y control de dispositivos eléctricos, capaz de reemplazar conjuntos de medidores y otros componentes. Ofrece mediciones de corriente y voltaje con un 99% de exactitud, y facilita la comprensión de los patrones de comportamiento del uso de la energía eléctrica, niveles de demanda en kW y tendencias del factor de potencia.

Dentro de las especificaciones con que cuenta este aparato están:

- Voltaje de operación : 96 a 528 voltios AC, 50 a 60 Hz

- Corriente: 120% de la clase de tarifa
- Temperatura de operación: -40 °C a 85 °C
- Precisión: +0.1 de la carga máxima o carga mínima

El funcionamiento del unificado ABB Alpha se complementa con un software que analiza gráficamente las mediciones. Éste tiene la ventaja de trabajar en el ambiente Windows y ofrece la capacidad de trabajarse en red para que cualquier persona pueda acceder y monitorear las lecturas hechas en la red.

3.1.1.4. Aproximación del valor pico de la demanda

Para efectos de cálculo del banco de capacitores , los valores utilizados serán regularmente valores picos de demanda y promedios de factor de potencia; que es el mismo procedimiento que utiliza la C.N.F.L para hacer sus conclusiones.

El unificado ABB Alpha debe tomar mediciones durante 4 días.

Reglamentación

El valor ideal del factor de potencia es 1; pero esta condición ideal es difícil de lograr en la realidad, debido a que en la industria se requieren siempre cargas inductivas.

Si el factor de potencia se mantiene por debajo de ciertos rangos que se fijan en el Reglamento General de Servicios Eléctricos el coeficiente puede ser penalizado de acuerdo con el artículo 13* que dice:

“Los abonados tienen la obligación de mantener un factor de potencia igual o mayor que el 90% atrasado, cuando la demanda máxima sea menor de 1000 kW y si la demanda máxima es mayor se usará el 95% atrasado. La empresa eléctrica lo hará saber al abonado, dándole un plazo de 30 días para corregir la deficiencia.

Si transcurrido ese plazo la deficiencia no hubiera sido recogida, la empresa recargará al abonado la cantidad que resultare de multiplicar el monto que corresponde a la demanda de los recibos mensuales por 90% atrasado y dividir el producto entre el verdadero factor de la potencia mínimo comprobado. Cuando la carga sea superior a 1000 kilovatios, en vez del valor indicado de 90% atrasado se usará el 95% atrasado.

La determinación del factor de potencia deberá hacerse mensualmente y con equipo aprobado por el S.N.E y debidamente instalado en el punto de entrega del abonado”

Si el abonado no acata esta reglamentación se ve sometido a una multa que se calcula:

Código2 x 0.90 – Código2

* Tomado de: Ver cita bibliográfica N° 3.

Para el cálculo de la potencia necesaria del banco de capacitores, se parte de la demanda promedio de la potencia real que se obtuvo de las lecturas hechas en la acometida por el medidor electrónico unificado ABB Alpha.

3.1.2. Información sobre la tarifa T-MT

Como se dijo anteriormente, el objetivo primordial de este proyecto es cumplir con los requerimientos necesarios para cambiar a la tarifa de mediana tensión (T-MT). Por lo tanto a continuación se detalla la información necesaria para la comprensión de la forma en que se mide y se cobra con esta nueva tarifa, así como de los períodos de medición en que se divide el día y el año.

Para el cobro con la nueva tarifa T-MT el año se divide en dos grandes temporadas: temporada alta (enero - agosto), temporada baja (septiembre - diciembre). El arreglo anual quedaría como se muestra en la siguiente figura:

Figura 3.1 Temporadas anuales según T-MT.



Por otra parte, el día se divide en tres períodos de medición claramente definidos:

- Período pico (de 10:00 a 12:30 y de 17:30 a 20:00),
- Período valle (de 06:00 a 10:00 y de 12:30 a 17:30) y
- Período nocturno (de 20:00 a 06:00 horas el día siguiente).

Los montos de cobro para cada una de estos períodos se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 3.1 Precio del kWh en T-MT

Tempo- rada	Energía (colones / kW- h)		
	Punta	Valle	Nocturno
Alta	¢ 18,40	¢ 11,00	¢ 6,20
Baja	¢ 14,40	¢ 5,80	¢ 5,50

(La Gaceta N° 51 del 13 de marzo del 2001)

Tabla 3.2 Precio del kW en T-MT

Tempo- rada	Demanda (colones / kW)		
	Punta	Valle	Nocturno
Alta	¢ 3.289,00	¢ 3.171,00	¢ 1.439,00
Baja	¢ 2.466,00	¢ 1.176,00	¢ 1.176,00

(La Gaceta N° 51 del 13 de marzo del 2001)

3.2. Metodología

La metodología se muestra como un apartado en el cual se indican los principales métodos utilizados para la realización de este proyecto, así como la información necesaria para dicha ejecución. Lo anterior incluye un marco conceptual con la teoría más importante por conocer sobre el factor de potencia y la tarifa T-MT, además de un detalle de las diferencias existentes entre la actual tarifa y la que se pretende alcanzar, con el fin de cuantificar los posibles beneficios implicados en el cambio.

3.2.1. Comparación entre la tarifa T-MT y la tarifa T3

Uno de los aspectos primordiales en este proyecto es, como ya se dijo con anterioridad, cumplir con los requisitos necesarios para realizar un cambio de tarifa.

Las razones por las cuales es factible realizar este cambio de tarifa se especifican en este apartado. Los datos que aquí se muestran son reales, tomados de un informe presentado por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz. Los datos son una muestra de lo que sucedería si el sistema de cobro fuera mediante la tarifa T-MT. Estos son los datos para los consumos del mes de abril de 2002.

Los datos que se muestran en la tabla 3.3 corresponden a un período que es parte de la temporada alta (enero - agosto). Pero en vista de que la producción de CORBEL es aproximadamente igual todo el año (como se muestra en la página 3.5), los mismos datos fueron utilizados para realizar los cálculos, asumiendo que fuera temporada baja. Esto con el fin de obtener los valores aproximados en colones, que se tendría que pagar en el caso que fuese temporada baja.

Tabla 3.3.
Consumos eléctricos de CORBEL S.A. para el mes de abril

	Unidades	Período			Total
		Pico	Valle	Nocturna	
Energía	kW-h	46 308	83 599	62 094	192 001
Demandas	kW	478,013	482,423	461,790	
	kVAr	237,353	249,008	221,288	
	kVA	533,697	542,896	512,072	
F.P	%	89,566	88,861	90,181	
Fecha Máx. Dem	-----	18- abr- 02	04- abr -02	10 -abr -02	
Hora Ocurrencia	-----	10:30	13:15	20:45	

Los datos de la tabla 3.3 son tomados como valores promedio para todo el año, por lo tanto las ganancias también son promedio. Estos datos tienen un porcentaje de error de $\pm 10\%$

Tabla 3.4.
Importe total en colones por concepto de factura eléctrica para las tarifas T-MT y T3, para las temporadas alta y baja del año.

	Temporada Alta				
	Período			Total T-MT (¢)	Total tarifa T3(¢)
	Pico (¢)	Valle (¢)	Nocturna (¢)		
Energía	852 067,2	919 589,0	384 982,8	2 156 639,00	2 073 607,45
Demandas	1 572 184,76	1 529 763,33	664 515,81	3 766 463,9	3 403 973,16
Recargo por bajo F.P*	7 612,47	19 609,51	0	27 221,97	43 634,4
Alumbrado	--	--	--	59 500,00	59 500,00
Impuesto de Ventas	315 152,75	318 415,80	136 4.34,82	770 003.34	712 085,48
Gran Total				6 779 828,25	6 292 800,49

* En el anexo II se muestra información sobre la forma de cálculo del cargo por bajo f.p.

Temporada Baja

	Período			Total T-MT (€)	Total tarifa T3 (€)
	Pico (€)	Valle (€)	Nocturna (€)		
Energía	666 835,2	484 874,2	341 517,0	1 493 226,4	2 073 607,45
Demandas	1 178 780,06	567 329,45	543 065,04	2 289 174,55	3 403 973,16
Recargo por bajo F.P	7 612,47	19 609,51	0	27 221,97	43 634,4
Alumbrado	--	--	--	59 500,00	59 500,00
Impuesto de Ventas	239 929,98	136 786,47	114 995,67	491 712,12	712 085,48
Gran Total				€ 4 360 835,04	€ 6 292 800,49

Totales

Con base en las tablas 3.3 y 3.4 se puede obtener los siguientes resultados:

- Temporada alta**

Para la temporada alta, el valor de la factura para la tarifa T-MT es mas alto que para la tarifa T3, por lo tanto la resta de estos dos valores da como resultado un valor negativo.

Entonces para un mes de facturación los resultados obtenidos son los siguientes:

$$\text{Total T3 menos T-MT } €6 292 800,49 - €6 779 828,25 = \boxed{- € 487 027,76}$$

- Temporada baja**

En la temporada baja de cobro que va desde septiembre a diciembre se obtienen ahorros en lo que a tarifa de cobro eléctrico se refiere.

Para un mes de cobro los resultados obtenidos son los siguientes:

$$\text{Total T3 menos T-MT } €6 292 800,49 - €4 360 835,04 = \boxed{€1 931 965,45}$$

- Total temporada alta más temporada baja**

Para el cálculo del total de la facturación eléctrica en un año es necesario multiplicar las cantidades mensuales por el número de meses de cada temporada de la siguiente forma.

8 meses de temporada alta = $8 \times - \text{¢ } 487\,027,76 = - \text{¢ } 3\,896\,222,08$

4 meses de temporada baja = $4 \times \text{¢ } 1\,931\,965,45 = \text{¢ } 7\,727\,861,8$

Total ahorro en un año = $\text{¢ } 7\,727\,861,8 - \text{¢ } 3\,896\,222,08 = \text{¢ } 3\,831\,639,72$

3.2.2. Facturación CORBEL S.A.

Después de tener la información necesaria sobre la forma en que se debe corregir el factor de potencia, además de las ventajas que conlleva realizar una corrección de este tipo, el primer paso a seguir para verificar el estado de consumo de la empresa en cuestión es un estudio de facturación, el cual permitirá hacer notar de una forma clara la evolución o crecimiento de CORBEL, si es que hay dicho crecimiento.

Con esta facturación lo que se pretende es determinar como varía el factor de potencia, el factor de carga, la demanda máxima y el consumo de energía para los diferentes meses a partir del mes de diciembre de 2000 hasta el mes de junio de 2002.

La información correspondiente se detalla en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Facturación de diciembre de 2000 a junio de 2002

CORRUGADOS BELÉN S.A.

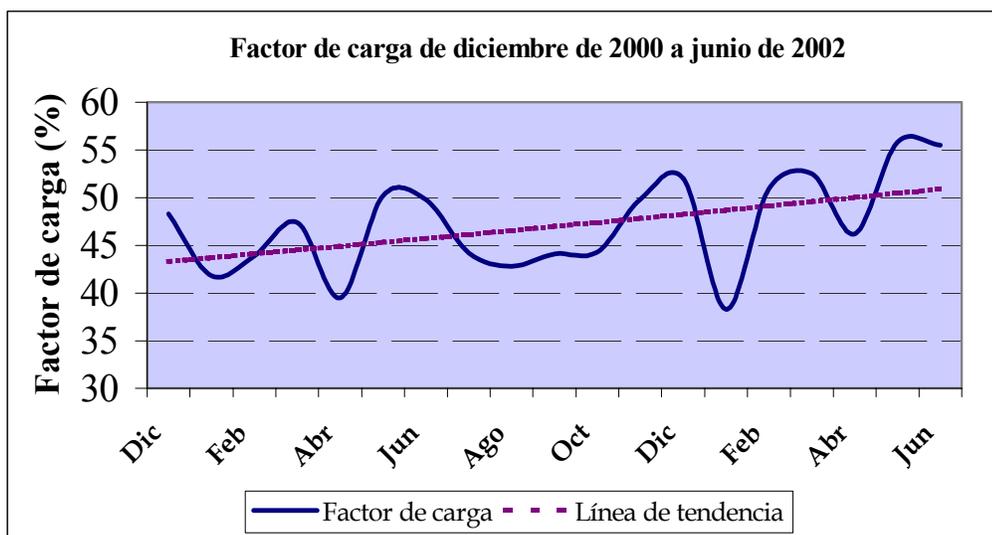
MEDIDOR # 990 227

Año	Mes	Energía kW-h			Potencia kW			Costo total	Promedio	Factor de Carga	FP
		Energía kW-h	¢	¢/kW-h	Potencia kW	¢	¢/kW	¢	¢/k W-h	%	%
2000	Diciembre	174 825,00	¢1.486.013	8,5	519,75	¢2.892.409	5 565	¢4.378.421	25,04	48,3	90
2001	Enero	161 700,00	¢1.374.450	8,5	519,75	¢2.892.409	5 565	¢4.266.859	26,39	41,8	91,7
2001	Febrero	177 675,00	¢6.100.238	8,5	525	¢2.921.625	5 565	¢9.021.863	12,57	43,9	95,2
2001	Marzo	173 250,00	¢1.528.065	8,82	525	¢2.924.250	5 570	¢4.452.315	25,70	47,4	93,5
2001	Abril	154 350,00	¢1.666.980	10,8	525	¢3.704.400	7 056	¢5.371.380	34,80	39,5	93,5
2001	Mayo	190 050,00	¢2.052.540	10,8	525	¢3.704.400	7 056	¢5.756.940	30,29	50,2	98
2001	Junio	195 825,00	¢2.114.910	10,8	546	¢3.852.576	7 056	¢5.967.486	30,47	49,8	98,1
2001	Julio	169 575,00	¢1.831.410	10,8	514,5	¢3.630.312	7056	¢5.461.722	32,21	44,2	92,5
2001	Agosto	153 300,00	¢1.655.640	10,8	514,5	¢3.630.312	7 056	¢5.285.952	34,48	42,8	93,3
2001	Septiembre	174 300,00	¢1.882.440	10,8	530,25	¢3.741.444	7 056	¢5.623.884	32,27	44,1	97,1
2001	Octubre	178 500,00	¢1.927.800	10,8	540,75	¢3.815.532	7 056	¢5.743.332	32,18	44,3	93,6
2001	Noviembre	179 025,00	¢1.913.777	10,69	483	¢3.374.161	6 985,84	¢5.287.938	29,54	49,8	95,8
2001	Diciembre	176 925,00	¢1.887.790	10,67	488,25	¢3.402.614	6 969	¢5.290.404	29,90	52	96,9
2002	Enero	140 700,00	¢1.501.269	10,67	493,5	¢3.439.202	6 969	¢4.940.471	35,11	38,3	87
2002	Febrero	189 000,00	¢2.022.300	10,7	498,75	¢3.485.699	6 988,87	¢5.507.999	29,14	50,9	88
2002	Marzo	178 500,00	¢1.924.230	10,78	488,25	¢3.435.210	7 035,76	¢5.359.440	30,02	52,5	88,6
2002	Abril	168 000,00	¢1.821.120	10,84	488,25	¢3.455.975	7 078,29	¢5.277.095	31,41	46,2	88,6
2002	Mayo	194 250,00	¢2.121.210	10,92	483	¢3.440.651	7 123,5	¢5.561.861	28,63	55,8	91,1
2002	Junio	199 500,00	¢2.190.510	10,98	498,75	¢3.574.541	7 167	¢5.765.051	28,90	55,5	91,1

Tomado de las facturas de cobro eléctrico de CORBEL S.A. para los meses de diciembre de 2000 hasta junio de 2002

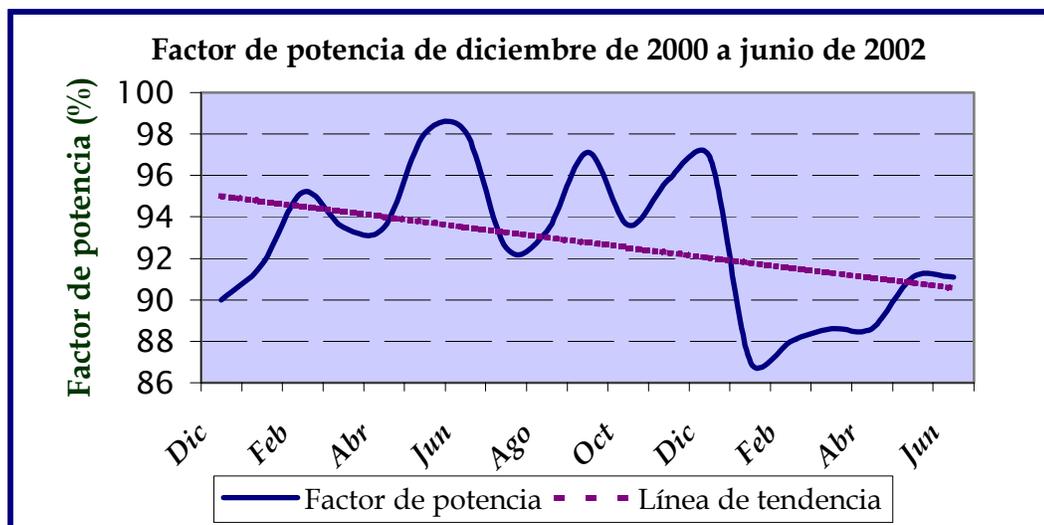
El gráfico 3.1 muestra el factor de carga para la compañía CORBEL S.A. para los meses indicados. La información fue tomada de la factura de cobro que proporciona la Compañía Nacional de Fuerza y Luz.

Gráfico 3.1



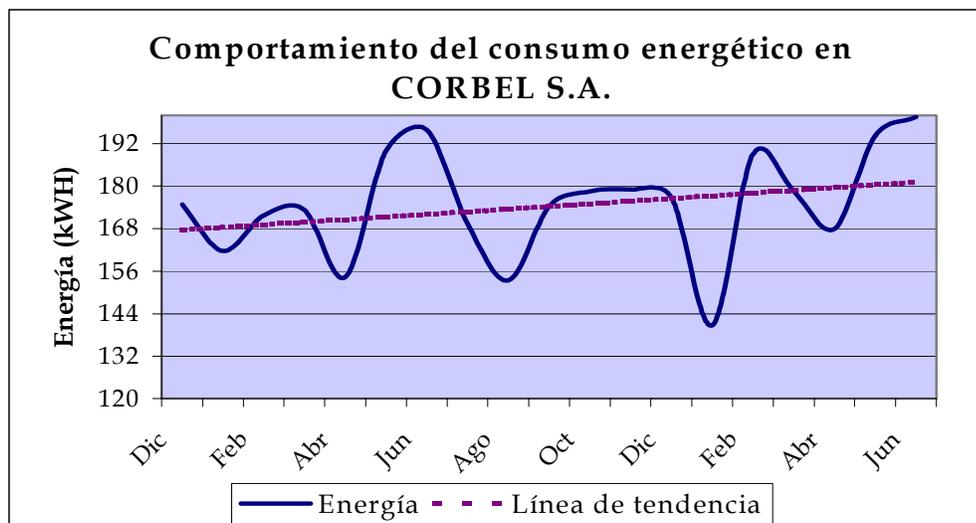
En el gráfico 3.1 se muestra el comportamiento del factor de carga o dicho de otra manera, el porcentaje de carga que el sistema ha estado utilizando con respecto a su capacidad total, según lo muestra la línea de mejor ajuste, el porcentaje ha aumentado para el último año de consumo.

Gráfico 3.2



El gráfico 3.2 muestra las variaciones del factor de potencia en los meses seleccionados. Los datos usados se tomaron de las facturas de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, por lo tanto, los factores de potencia fueron tomados de los períodos de máxima demanda. Un análisis más detallado se encuentra en el apartado 3.3 que corresponde a las mediciones de potencia de la C.N.F.L. mediante un medidor graficador.

Gráfico 3.3



El gráfico anterior muestra la curva de consumo de energía eléctrica, para los meses de diciembre de 2000 hasta junio de 2002. El comportamiento es similar al del gráfico 3.1 ya que, si la energía consumida en kW-h aumenta, el factor de carga también. Sin embargo, este aumento, como se puede notar, no es considerable, pero se debe tomar en cuenta. (En el apartado 3.4 se analizan los gráficos 3.1 a 3.3 de una forma más detallada).

3.2.3. Mediciones de potencia según C.N.F.L.

Como ya se ha comentado la instalación eléctrica de la empresa CORBEL S.A. tiene una sola acometida, pero esta se divide en dos subestaciones o dos bancos de transformadores de igual capacidad (esto es, tres transformadores por banco, de 167 kVA cada transformador). Con el objetivo de verificar si se debe corregir el factor de potencia o el banco de capacitores, es necesario realizar mediciones en cada una de las subestaciones, con el fin de ver el comportamiento de cada una de estas por separado. Para llevar a cabo estas mediciones se acudió a la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, para que realizara mediciones en cada uno de los bancos. Los datos obtenidos son los siguientes:

- Las mediciones independientes mostraron que ambos bancos, en el período medido, se encuentran al 50% de su capacidad nominal.
- La capacidad nominal, en el caso del Banco N°. 1, es de 501 kVA. Se midió una demandada máxima de 198,33 el 14 de agosto a las 12:45 pm. Se obtuvo una potencia aparente de 212,16 kVA coincidentes con la máxima demanda medida que representa el 38,3 % del total de la carga.

Los datos generales de ese banco se muestran a continuación:

Tabla 3.6

Datos comparativos del medidor principal vs equipo portátil

Banco No.1

Mediciones realizadas del 13-08-02 al 19-08-2002

	General	Portátil	%Carga
kW	485.8875	198.33	38.28%
kVAr	208.845	75.18	
kVA	514.5525	212.16	
F.P.	0.94	0.93	
Día Máx. Dem.	08/14/02	08/14/02	
Hora Máx. Dem	08:15 a.m.	12:45 p.m.	

- Para el **Banco No.2**, se midió una potencia máxima de 218.88 kW, correspondientes a un factor de potencia unitario, registrados el 20 de agosto del 2002 a la 5 p.m. El período medido en este Banco fue del 20-08-2002 al 22-08-2002 respectivamente, que representó el 38,7% del total de la carga general medida. Los datos generales de ese banco se muestran a continuación:

Tabla 3.7.
Datos comparativos del medidor principal vrs equipo portátil
(Medidor portátil)

Banco No.2

Mediciones realizadas del 20-08-02 al 22-08-2002

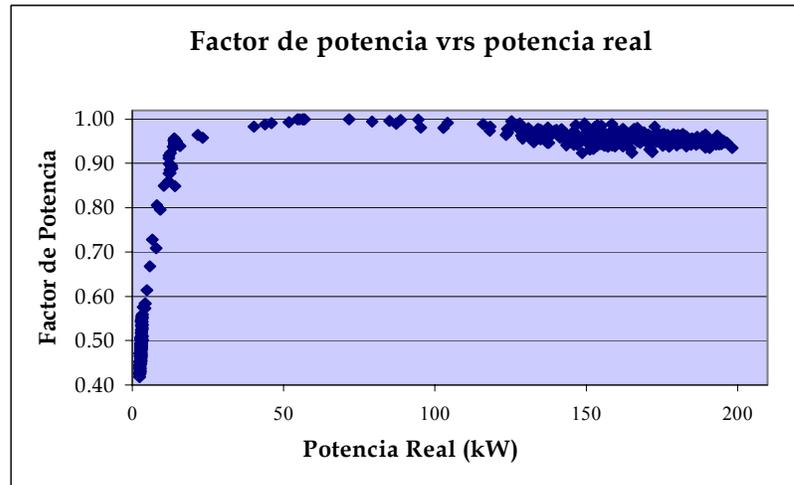
	General	Portátil	%Carga
kW	521.325	218.88	38.67%
kVAr	189.158	7.47	
kVA	541.485	218.88	
F.P.	0.96	1.00	
Día Máx. Dem.	20-8-02	08/20/02	
Hora Máx. Dem	4:45 P.M.	05:00 p.m.	

Cabe destacar que, el porcentaje de carga calculado para cada uno de los Bancos medidos, corresponde a los kVA coincidentes del día y la hora de la máxima demanda de Corrugados Belén.

Por otro lado, el factor de potencia se encuentra dentro de los límites aceptables en todo el período medido para ambos bancos, sin embargo, existen intervalos donde desciende dicho factor, producto de una baja en la carga, efecto normal para estos casos, si se toma en cuenta que hubo mediciones correspondientes a días no laborables.

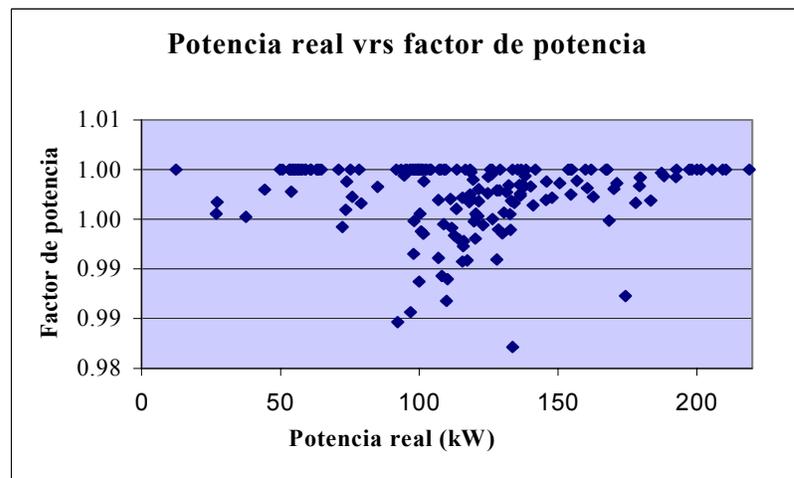
Los datos recopilados en las tablas 3.6 y 3.7 corresponden a los tomados en el momento que se dio la máxima demanda durante el período seleccionado. Pero, además de estos datos existen otros que proporcionan información muy valiosa. estos datos se presentan de manera gráfica a continuación.

Gráfico 3.4
Banco #1



El gráfico anterior muestra el comportamiento de la subestación #1 de transformadores durante el período seleccionado, se puede notar que cuando hay demandas muy bajas de potencia el factor de potencia es muy bajo, siendo el más bajo de 0.4, mientras que cuando hay demandas altas de potencia el factor de potencia sí se mantiene en valores altos, entre 0.9 y 1.0.

Gráfico 3.5
Banco #2



La distribución de los puntos que se muestran en el gráfico 3.5 son los correspondientes al factor de potencia para el banco #2. Se puede notar que sin importar la magnitud de la demanda de energía que haya, el factor de potencia siempre se mantiene en valores entre 0.98 y 1.0, además, se nota que la mayoría de puntos están en 1.0.

3.3. Análisis de la información recopilada

Este apartado contiene un análisis exhaustivo de la información recopilada. Se pretende que después de este análisis se tenga la información necesaria para emitir un criterio de solución para el problema a resolver en este proyecto.

La instalación eléctrica de CORBEL tiene las siguientes características:

- Una sola acometida principal
- Dos subestaciones con una capacidad de 501 kVA cada una, cada transformador tiene una potencia de 167 kVA
- El voltaje en el primario es de 34,5 kV, y en el secundario es de 480 Y/277V
- Hay un banco de capacitores instalado en cada una de las subestaciones
- Cada uno de los bancos de capacitores tiene una capacidad de 160 kVAr
- La demanda máxima de la empresa no supera los 600 kVA

Con base en los datos del apartado 3.2 correspondiente a la Facturación, se puede extraer la siguiente información:

- El gráfico 3.1 muestra que el consumo total de CORBEL está oscilando entre 38% y 55% de la capacidad total de los transformadores. Además también se puede notar una ligera tendencia a aumentar este porcentaje de carga para el período seleccionado. Según lo muestra el gráfico anteriormente mencionado y con base en la línea de mejor ajuste, el porcentaje de aumento de la carga es de aproximadamente 8%, para el período de 19 meses seleccionado

Este consumo, según lo muestra el gráfico 3.3 tiene una ligera tendencia hacia el aumento, ya que para los últimos meses estudiados, el incremento fue de aproximadamente 12 kW. Se trata de un dato que no es considerable

- Otro dato de gran importancia que se desprende de la tabla 3.5 es el referente al factor de potencia. En el gráfico 3.2 se puede notar que el factor de potencia muestra una tendencia a la disminución en el tiempo. Por ejemplo desde el mes de diciembre de 2000 hasta el mes de junio de 2002, y según la línea de mejor ajuste del mismo gráfico, el valor de factor de potencia porcentual ha disminuido entre 3% y 4%. Esto obedece al aumento de cargas inductivas en el sistema

En el apartado 3.3 se mostraron los datos referentes a las mediciones realizadas en cada uno de los bancos de transformadores. Los resultados principales se pueden resumir de la siguiente manera:

- Con base en las tablas 3.6 y 3.7 se puede notar que el factor de potencia del banco #1, en máxima demanda, se encuentra en 0.93, mientras que para el banco #2 el factor de potencia es de 1. Esto permite ver que el banco # 2 no tiene ninguna necesidad de corrección. Por lo tanto a continuación, este informe solamente se centrará en el banco #1 y se utilizará el banco #2 solo como referencia
- En la tabla 3.6 se puede notar que la máxima demanda del banco #1 se encuentra en 200 kW, con un factor de potencia de 0.93 para ese valor de potencia
- En el gráfico 3.4 se puede notar un fenómeno poco deseable para el banco #1, este es, que se presenta una variación muy grande en los valores del factor de potencia cuando existen valores de potencia consumida muy bajos, variando entre 0.4 y 1. Estos valores tan bajos de f.p no son deseables, ya que en la tarifa T-MT, existen diferentes períodos de medición, incluyendo un período nocturno, por lo tanto si en uno de esos períodos no hay producción y por ende el consumo de potencia está muy bajo, existe el peligro de que el f.p esté también muy bajo en uno de esos períodos de máxima demanda reducida. Por lo tanto se corre un grave peligro de ser multados por bajo f.p.
- Además de lo anterior se puede notar que en realidad el banco de transformadores sí sule las necesidades de potencia del sistema, debido a que cuando la compañía se encuentra en máxima demanda el factor de potencia es alto. Estos cambios bruscos en el factor de potencia se deben, en gran parte, a que las diferentes etapas (grupos de capacitores) del banco de capacitores existente están divididas en grupos muy grandes, siendo la etapa menor de 25 kVAr. Tener estos grupos tan grandes, impide que se supla menor cantidad de kVAr cuando el sistema así lo demande, por ejemplo, cuando el sistema solo requiera 15 kVAr estos no pueden ser proporcionados

Otra de las formas en que influye el tener etapas tan grandes de capacitores es que cuando el sistema demanda valores intermedios de kVAr, (por ejemplo: 87,5 kVAr, 112.5 kVAr etc), éste no tiene la capacidad de proporcionarlos, por lo que se ve obligado a dar grandes saltos, bajando y subiendo el factor de potencia de una forma muy brusca, dando lugar a periodos con factores de potencia muy bajos, aunque la capacidad total del banco no se haya alcanzado o utilizado

3.4. Propuesta de solución

Para la solución de los problemas antes mencionados resulta de gran utilidad realizar un reacomodo de los bancos de capacitores, lo que significa hacer etapas más pequeñas con el fin de satisfacer las diferentes demandas a las que se enfrenta la empresa.

La mejor distribución sería de la siguiente manera (la tabla 3.8 incluye los 60 kVAr de la ampliación):

Tabla 3.8
Valores de las etapas en kVAr

Etapa	kVAr
1	12.5
2	25
3	37,5
4	37,5
5	50
6	50

Además de lo anterior resulta muy importante hacer una pequeña ampliación con el fin de obtener un factor de potencia más alto, como en el caso del banco de capacitores #2, resulta apropiado, y según lo solicitado, llevar el factor de potencia a un valor de 0.95, para tener más seguridad de que el sistema va a proporcionar la potencia que sea necesaria con un factor de potencia alto.

Para llevar el factor de potencia, en el banco #1, a un valor de 0.95, se recomienda agregarle 60 kVAr (en el apéndice #2 se muestran los cálculos realizados para la obtención de los kVAr necesarios). Para esto se realizó la correspondiente cotización, lo que incluye: un gabinete metálico, capacitores (60 kVAr), contactores, etc. (Para más información ver el apéndice #4)

El costo de la ampliación es de aproximadamente \$ 2 355.86, (¢ 869 312.34).

Con respecto a las ganancias, según como se muestra en la tabla 3.4 son de ¢ 3 821 639,72 anuales, por lo que se considera que es rentable hacer la inversión de la ampliación. Ya que para el primer año pagaría el costo de la ampliación y quedarían ahorros de ¢2 962 327,38. Después del primer año los ahorros serían del total de los ¢ 3 821 639,72 \pm 10%.

Como se observa, las mediciones realizadas por la C.N.F.L no comprenden armónicas ni transientes. Por lo tanto se recomienda llevar a cabo las mediciones respectivas mediante alguna entidad como G.D. Ingeniería Eléctrica. El costo de las mediciones es de aproximadamente \$1000 y los beneficios que se podrían obtener son de una gran magnitud ya que se adquieren datos de variables como los antes mencionados.

3.5. Rentabilidad del proyecto

Como se ha observado, lo más recomendable es realizar una ampliación del banco de capacitores existente actualmente.

Los costos de esta ampliación asciende a **¢ 869 312.34**. Además, los ahorros que se tendrían por concepto de facturación eléctrica serían de aproximadamente **¢ 3 821 639,72 ± 10%**.

Por lo tanto, si tomáramos el costo de la ampliación como la inversión inicial del proyecto y los ahorros en la facturación eléctrica como las ganancias de cada periodo, se podrían realizar los cálculos de las razones financieras VAN y TIR. Pero para realizar estos cálculos también se deben hacer algunas suposiciones como las siguientes:

- Los ahorros son los mismos para todos los años
- Se tomará el valor de ahorro calculado en la sección 3.2.1 se tomará como un valor promedio
- Se analizará un periodo de cinco años
- La rentabilidad mínima que se desea será de 30%

De esta manera el cálculo quedaría de la siguiente forma:

Tabla 3.9
Cálculos de VAN Y TIR

	Períodos				
Inversión Inicial	1	2	3	4	5
-¢ 869 312	¢3 821 640	¢3 821 640	¢3 821 640	¢3 821 640	¢3 821 640

TIR =	439.52%
VAN =	¢8 438 558

3.6. Conclusiones del análisis

- Se debe ampliar el banco de capacitores a un valor de 210 kVAr. (Agregar 60 kVAr a los 150 kVAr ya existentes).
- Es necesario acomodar las etapas del banco de condensadores, según se muestra en la tabla 3.8.
- Se debe contratar una empresa que haga las mediciones de armónicas, para saber si estas son considerables y merecen una corrección.
- Las ganancias del primer año son de ¢ 2 962 327,38 y para los años siguientes serían de ¢ 3 821 639,72.
- El VAN es de ¢8 438 558.
- La TIR es de 439.52%

CAPÍTULO IV

Medición de la Eficiencia de Mantenimiento

En este capítulo se presenta el desarrollo del segundo proyecto referente a la medición de la eficiencia de mantenimiento, para ello se ha tomado en cuenta índices clase mundial.

Para alcanzar los objetivos propuestos se hizo una recopilación de la información existente, así como un análisis de la misma para ver las posibles aplicaciones que esta pueda tener. La información es fácilmente extraíble de los reportes realizados por el Departamento de Producción, así como de las órdenes de trabajo realizadas por el Departamento de Mantenimiento.

Sin embargo, como se conoció que esta información no es fiable, se diseñó un sistema por medio del cual se puedan recolectar los datos de una forma periódica, así como una plantilla de Excel que le permita a la empresa realizar los cálculos de una forma ágil y efectiva.

4.1. Marco conceptual

Con el de fin mostrar la importancia de la aplicación de un sistema de medición de índices de clase mundial en el Departamento de Mantenimiento, se muestra el marco conceptual en el cual se definen algunos términos de importancia, así como la forma en que estos se deben calcular.

4.1.1. Definición de términos

Como ya se mencionó con anterioridad el objetivo primordial de este proyecto es implantar un sistema que permita controlar y evaluar la función de mantenimiento mediante indicadores o índices. Para que esto quede claro es necesario que se comprendan tres términos de mucha importancia, a saber: Indicador o índice, controlar y evaluar.¹

Indicador o índice: es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a costo, calidad y plazos.

Controlar: significa guiar las acciones de un colectivo, entidad, o departamento, para que sus resultados coincidan o superen los objetivos establecidos.

(1) Augusto Lourival Tavares. Administración Moderan del Mantenimiento. Brasil: Editorial Novo Polo, 1999.

Evaluar: es la acción que permite comprobar la eficacia y resultados del control.

En los sistemas tradicionales de mantenimiento, siempre ha existido el control y la evaluación pero limitados por las posibilidades de procesamiento. En el nuevo enfoque de mantenimiento, asistido por computadora, estos dos conceptos están unidos funcional y estructuralmente.

Funcional: porque rompe con el esquema de que control es verificación, inspección, crítica o comprobación, acción que trae implícita cierta degradación de la persona, para aparecer como un proceso constructivo, con un enfoque práctico caracterizado por el sentido orientador e integrador de toda la organización.

Estructural: porque se extiende al trabajo en todos los niveles de la Pirámide de Gestión, y garantiza el control estratégico, táctico y operacional de los cuatro elementos básicos (planificación, organización, información y control).

Una buena política para controlar y evaluar la gestión de mantenimiento en la empresa resulta de la implantación, estudio y análisis de un paquete de indicadores.

4.1.2. Índices clase mundial¹

Se llaman “índices clase mundial” aquellos que son calculados según la misma fórmula en todos los países.

Existen seis índices clase mundial, cuatro se refieren a la gestión de equipos y dos a la gestión de costos. A continuación solamente se detallan los que van a ser objeto de este proyecto.

- **Tiempo medio entre fallas**

Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas, en esos ítems en el período observado.

$$\frac{\text{Número de ítem (equipos) x tiempo de operación}}{\text{Número total de fallas detectadas en esos ítems en el periodo observado.}}$$

(1) Lourival. Opcit.

$$TMEF = \frac{NOIT \times HROP}{\sum NTMC}$$

- **Tiempo promedio para reparación**

Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítemes con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítemes, en el período observado.

$$\frac{\text{Tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítemes.}}{\text{Número total de fallas detectadas en esos ítemes. en el período observado}}$$

$$TMPR = \frac{\sum HTMC}{NTMC}$$

- **Disponibilidad del equipo**

Relación entre la diferencia del número total de horas del periodo (horas calendario) con el número de horas de mantenimiento (preventivo, correctivo y otros) en cada ítem controlado y el número total de horas del periodo considerado.

$$\frac{\text{Número total de horas del período (horas calendario) - horas de mantenimiento (preventivo, correctivo y otros) en cada ítem controlado}}{\# \text{ total de horas del período considerado}}$$

$$DISP = \frac{\sum (HCAL - HRMN)}{\sum HCAL} \times 100$$

La disponibilidad del equipo representa el porcentual del tiempo que los ítemes quedan a disposición del órgano de operación, para producción.

El índice de disponibilidad es identificado además como Performance o Desempeño de los Equipos, para ítemes de operación eventual, puede ser calculado como la relación entre el tiempo total de operación de cada uno y la suma de ese tiempo con el tiempo de mantenimiento en esos ítemes.

Ese índice también puede ser calculado como la diferencia entre la unidad y la relación entre las horas de mantenimiento y la suma de esas horas con las de operación de los equipos.

$$\left[1 - \frac{\text{Tiempo total de operación de cada ítem}}{\text{Tiempo total de operación de cada ítem} + \text{tiempo total de mantenimiento en el período considerado}} \right] \times 100 \%$$

$$\text{DISP ó PERF} = \left[1 - \frac{\sum \text{HTMN}}{\sum (\text{HROP} + \text{HTMN})} \right] \times 100$$

- **Costo de mantenimiento por facturamiento**

Relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el período.

$$\frac{\text{Costo total de Mantenimiento}}{\text{Costo de la empresa en el período considerado}}$$

$$\text{CMFT} = \frac{\text{CTMN}}{\text{FTEP}} \times 100$$

4.2. Metodología

Como ya se comentó, la obtención de los datos se hizo mediante el Departamento de Producción. Este lleva el conteo de los tiempos muertos debidos a mantenimiento, así como de un reporte de las diferentes fallas (mecánicas o eléctricas) que han habido durante el mes.

4.2.1. Índices relacionados con la gestión de equipos

4.2.1.1. Tiempos muertos según Departamento de Producción

El Departamento de Producción lleva un conteo de los tiempos debidos a una serie amplia de situaciones, tales como:

- Cambios de flauta
- Preparación inicial
- Mala programación
- Papel reventado
- Falta de carretas – personal
- Falla eléctrica
- Falla mecánica

Además de las mencionadas, existen otras de gran importancia que contribuyen al incremento de los tiempos muertos, sin embargo, para este proyecto solo importan los paros debidos a falla eléctrica y falla mecánica. A continuación se presenta una serie de tablas que recogen los datos referentes a estas dos fallas.

Tabla 4.1

Tiempos muertos en minutos. Corrugador Turno A

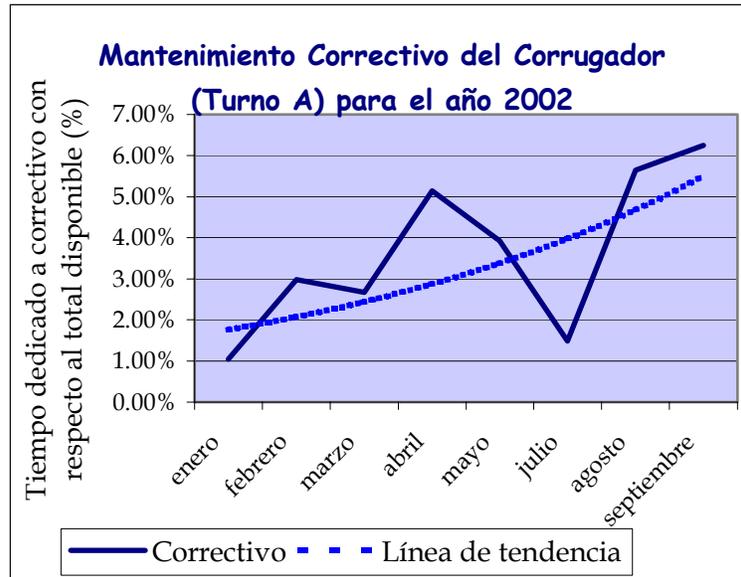
	enero	febrero	marzo	abril	mayo [#]	julio	agosto	septiembre
Falla mecánica	164	368	262	332	334	118	591	280
Falla eléctrica	19	122	73	374	137	18	12	388
Tiempo total	183	490	335	706	471	136	603	668
Número de equipos	1	1	1	1	1	1	1	1
Tiempo disponible	17460	16419	12558	13740	12000	9120	10680	10680
# fallas	-	-	-	-	-	-	18	18
Porcentaje*	1.05%	2.98%	2.67%	5.14%	3.93%	1.49%	5.65%	6.25%
TPEF	-	-	-	-	-	-	593.33	593.33
TPPR	-	-	-	-	-	-	33.50	37.11
DISP	99.0%	97.0%	97.3%	94.9%	96.1%	98.5%	94.4%	93.7%

Los datos recogidos en la tabla 4.1, referentes a los rubros de porcentaje y disponibilidad, se han graficado en las siguientes tablas:

[#] No se incluye el mes de junio, por falta de información.

* Se refiere al porcentaje del tiempo total que se dedica a mantenimiento correctivo.

Gráfico 4.1



En el gráfico anterior se muestra el porcentaje del tiempo con respecto al tiempo total disponible que se dedica para mantenimiento correctivo para el año 2002. Según la línea de mejor ajuste (línea punteada), se puede notar que el tiempo utilizado para labores de mantenimiento ha aumentado cerca de un 4%, (de 2% a 6%) para el mes de septiembre con respecto al mes de enero.

Gráfico 4.2



En el gráfico 4.2 se nota como la disponibilidad que tiene el corrugador en el turno A, ha ido disminuyendo durante el año 2002, lo cual obedece al hecho de que

mantenimiento ha estado dedicando cada vez más tiempo a las labores de correctivo, y por lo tanto el tiempo que se puede dedicar a la producción disminuye. Esta disminución de la disponibilidad es de aproximadamente 4%, (pasó de 98 % a 94 %)

Tabla 4.2
Tiempos muertos en minutos. Corrugador Turno B

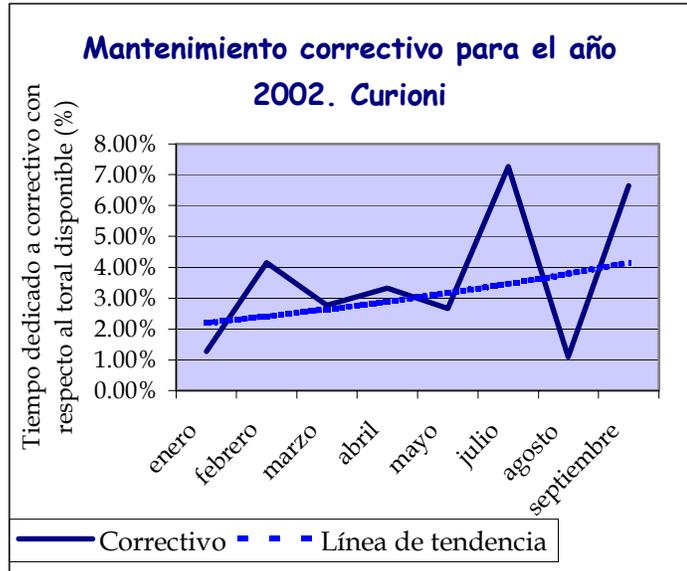
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	julio	agosto	septiembre
Falla mecánica			28		20		137	413
Falla eléctrica			188		174		37	29
Tiempo total	0	0	216	0	194	0	174	442
Número de equipos	1	1	1	1	1	1	1	1
Tiempo disponible			4314		10044		7200	7200
# fallas							8	12
Porcentaje	-	-	-	-	-	-	2.42%	6.14%
TPEF	-	-	-	-	-	-	900.00	600.00
TPPR	-	-	-	-	-	-	21.75	36.83
DISP	-	-	-	-	-	-	97.6%	93.9%

Los datos que se presentan en la tabla 4.2 corresponden al corrugador en el turno B. Como se puede notar los datos que se presentan en dicha tabla son insuficientes para poder realizar cualquier cálculo de utilidad.

Tabla 4.3
Tiempos muertos en minutos. Curioni

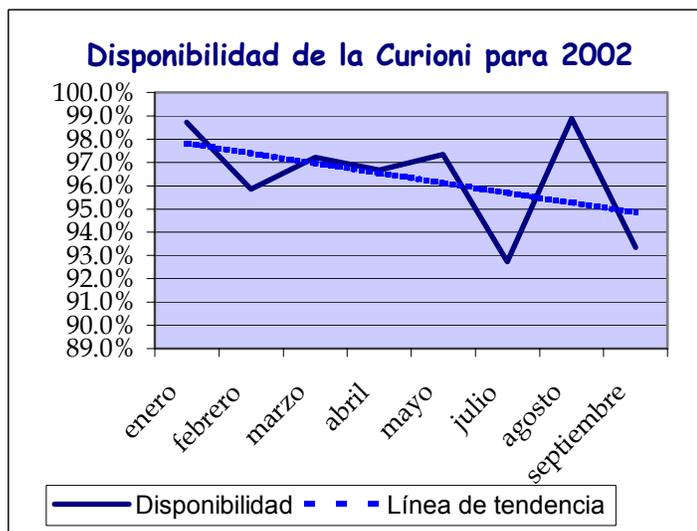
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	julio	agosto	septiembre
Falla mecánica	215	150	373	385	570	905	145	390
Falla eléctrica		520	60	340	140	70	30	643
Tiempo total	215	670	433	725	710	975	175	1033
Número de equipos	1	1	1	1	1	1	1	1
Tiempo disponible	16860	16140	15600	21840	26640	13440	15780	15540
# fallas								
Porcentaje	1.28%	4.15%	2.78%	3.32%	2.67%	7.25%	1.11%	6.65%
TPEF	-	-	-	-	-	-	-	-
TPPR	-	-	-	-	-	-	-	-
DISP	98.7%	95.8%	97.2%	96.7%	97.3%	92.7%	98.9%	93.4%

Gráfico 4.3



En el gráfico 4.3 se muestra el porcentaje de tiempo que es dedicado a mantenimiento correctivo en la Curioni, con respecto al tiempo total. Como se puede apreciar ha habido un pequeño aumento en el tiempo antes mencionado, este es de aproximadamente 2%.

Gráfico 4.4



La disponibilidad de la Curioni se muestra en el gráfico 4.4 y en forma similar a como ha aumentado el tiempo de correctivo ha bajado la disponibilidad de este equipo. Esa disminución fue de un poco más del 2%.

Tabla 4.4
Tiempos muertos en minutos. United
enero febrero marzo abril mayo julio agosto septiembre

Falla mecánica	15	125	80			155		30
Falla eléctrica	15		245	225	125	160	140	30
Tiempo total	30	125	325	225	125	315	140	60
Número de equipos	1	1	1	1	1	1	1	1
Tiempo disponible	29400	26820	26460	36240	29640	24060	27720	27960
# fallas								
Porcentaje	0.10%	0.47%	1.23%	0.62%	0.42%	1.31%	0.51%	0.21%
TPEF	-	-	-	-	-	-	-	-
TPPR	-	-	-	-	-	-	-	-
DISP	99.9%	99.5%	98.8%	99.4%	99.6%	98.7%	99.5%	99.8%

Gráfico 4.5

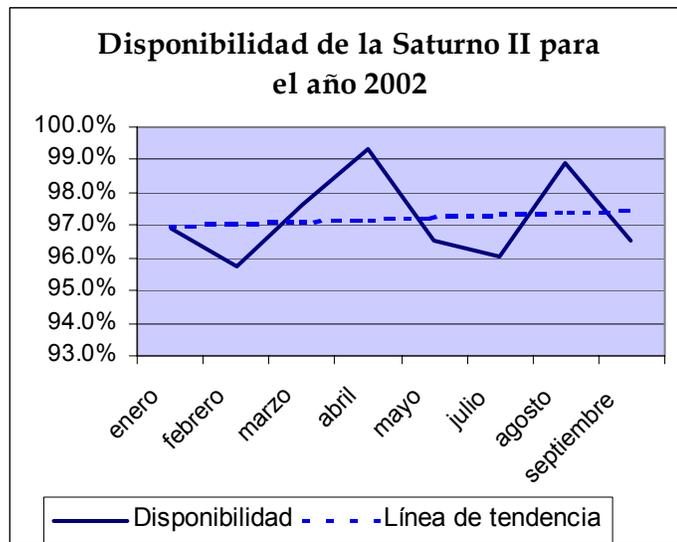


La disponibilidad que se muestra en el gráfico 4.5 para la United, muestra claramente que los cambios en el tiempo que se ha dedicado para mantenimiento correctivo son muy pocos. En el gráfico anterior se puede notar que la disponibilidad de la máquina se ha mantenido constante en aproximadamente 99.5 %.

Tabla 4.5
Tiempos muertos en minutos. Saturno II

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	julio	agosto	septiembre
Falla mecánica	286	958	554	303	1041	726	257	435
Falla eléctrica	65	178	48	10		246	44	145
Mante. correctivo	560	20	40					330
Tiempo total	911	1156	642	313	1041	972	301	910
Número de equipos	1	1	1	1	1	1	1	1
Tiempo disponible	29400	26940	27300	47640	29820	24540	27780	26220
# fallas								
Porcentaje	3.10%	4.29%	2.35%	0.66%	3.49%	3.96%	1.08%	3.47%
TPEF	-	-	-	-	-	-	-	-
TPPR	-	-	-	-	-	-	-	-
DISP	96.9%	95.7%	97.6%	99.3%	96.5%	96.0%	98.9%	96.5%

Gráfico 4.6

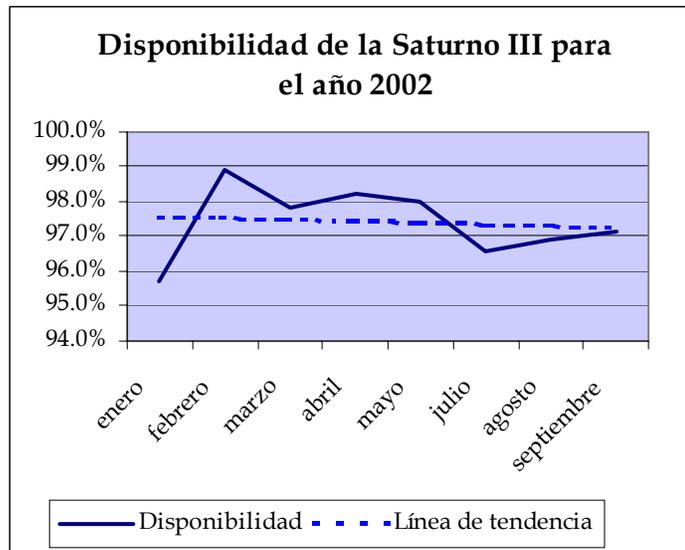


En el gráfico 4.6 se puede notar que la disponibilidad de la Saturno II es de aproximadamente 97 %, y este se puede tomar como constante para los meses de enero a septiembre de 2002.

Tabla 4.6
Tiempos muertos en minutos. Saturno III

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	julio	agosto	septiembre
Falla mecánica	65	60	80	193	150	52	125	75
Falla eléctrica	15	135	300	305	426	125	220	455
Mante. correctivo	1150	100	180	40		665	510	240
Tiempo total	1230	295	560	538	576	842	855	770
Número de equipos	1	1	1	1	1	1	1	1
Tiempo disponible	28740	26940	25560	30240	29100	24540	27480	27000
# fallas								
Porcentaje	4.28%	1.10%	2.19%	1.78%	1.98%	3.43%	3.11%	2.85%
TPEF	-	-	-	-	-	-	-	-
TPPR	-	-	-	-	-	-	-	-
DISP	95.7%	98.9%	97.8%	98.2%	98.0%	96.6%	96.9%	97.1%

Gráfico 4.7



La disponibilidad de la Saturno III es de 97 % para los meses de enero a septiembre de 2002 lo cual significa que la labor de mantenimiento ha sido muy buena y que el porcentaje de tiempo de mantenimiento correctivo no ha aumentado ni ha disminuido para el año 2002 (enero - septiembre)

Las tablas 4.1 a 4.6 muestran los datos recolectados por el Departamento de Producción, pero, mediante los operadores de cada una de las máquinas.

Indagando sobre la fiabilidad de estos datos, a través del mismo Departamento de Producción se pudo notar que estos son poco fiables ya que los operadores no realizan una toma diligente de los mismos.

Además, se pudo corroborar lo antes dicho a través de los mismos operadores.

4.2.1.2. Tiempos de correctivo y preventivo según "Departamento de Mantenimiento"

El Departamento de Mantenimiento maneja un sistema de órdenes de trabajo en el cual se detallan datos como: tipo de mantenimiento (correctivo inmediato o correctivo programado), tipo de falla, tiempo de duración y máquina en la cual sucedió la falla. Sin embargo, el funcionamiento de estas órdenes de trabajo es deficiente, ya que, según observaciones realizadas y según comentarios realizados por los mismos mecánicos y electricistas, solamente un 50% o menos de los trabajos realizados se han hecho con su previa solicitud a través de la orden de trabajo.

Esta grave deficiencia en el manejo de las órdenes de trabajo ha imposibilitado totalmente que se realice por parte del Departamento de Mantenimiento una adecuada medición de índices de funcionamiento y por ende en este estudio, ya que no se tiene conocimiento de la cantidad de fallas que realmente ocurren, ni siquiera si se extrapolan los datos se podría llegar a resultados satisfactorios.

El Departamento de Mantenimiento también maneja tiempos por concepto de mantenimiento preventivo, los cuales tienen una fiabilidad mayor que los debidos a mantenimiento correctivo. Sin embargo, estos no son representativos en la mayoría de los cálculos de los índices que se desean aplicar en este proyecto.

4.2.2. Índices relacionados con la gestión de costos

Con respecto a la gestión de costos, el Departamento de Contabilidad maneja información muy útil, en lo que se refiere a los costos dedicados a mantenimiento y los costos totales de la empresa, o la facturación total de la empresa.

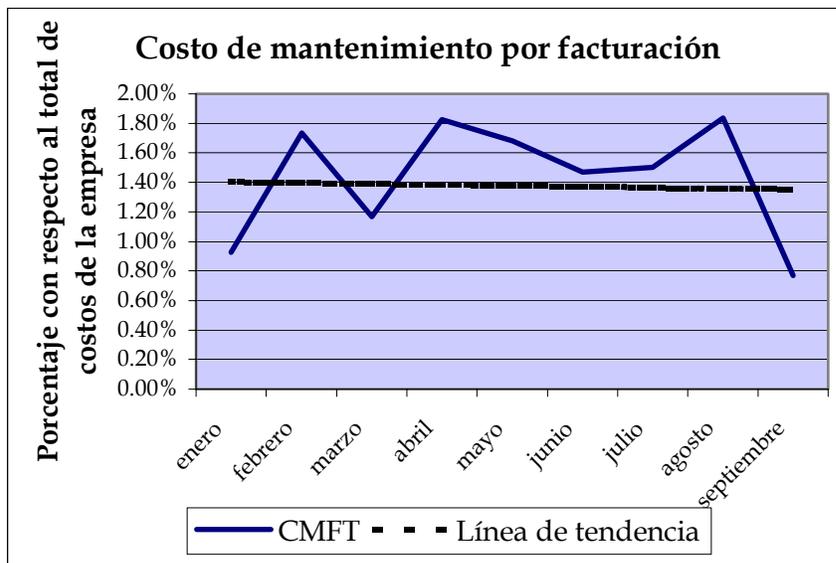
El Departamento de Contabilidad proporcionó los datos de las facturaciones mencionadas anteriormente. Datos que hicieron posible el cálculo del Índice CMFT o Costo de Mantenimiento por facturación.

A continuación se detallan los datos suministrados junto con los cálculos del Índice ya mencionado.

Tabla 4.7
COSTOS DE CORRUGADOS BELEN, S.A.
Año 2002 (datos en miles de dólares)

	<u>enero</u>	<u>febrero</u>	<u>marzo</u>	<u>abril</u>	<u>mayo</u>	<u>junio</u>	<u>julio</u>	<u>agosto</u>	<u>septiembre</u>
Costo de mantenimiento	12.4	21.5	14.8	25.9	23.0	18.5	19.2	23.1	10.3
Facturación mensual	1340.0	1240.0	1270.0	1420.0	1370.0	1260.0	1280.0	1260.0	1340.0
CMFT	0.93%	1.73%	1.17%	1.82%	1.68%	1.47%	1.50%	1.83%	0.77%

Gráfico 4.8



Los costos de mantenimiento, según se muestra en el gráfico 4.8 se mantienen un porcentaje cercano al 1.5% para todo el año 2002. No ha habido variación considerable en estos valores en lo que va del año.

4.3. Análisis de la información

Como se ha podido notar en los apartados 4.3 y 4.4 existe información que puede ser utilizada para el cálculo de los índices clase mundial. El problema radica en que esta información es poco confiable, ya que en su mayoría se hace sin tomar en cuenta la realidad de los asuntos.

Con respecto a la información recopilada, en el estado tan incompleto en que se encuentra, se considera que no tiene utilidad a la hora de realizar los cálculos. Sin embargo, con el fin de mostrar lo que podría ser un programa bien elaborado con datos reales, se ha tomado como referencia el corrugador, que es el que tiene más información sobre las fallas y los tiempos, como se muestra en la tabla 4.1.

Para la realización de los cálculos de los índices de funcionamiento en el área correspondiente al corrugador se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Esta área está formada por más de 40 máquinas y actualmente se toma como si esta fuera una sola.

No están definidos los tiempos de operación de cada máquina.

Los tiempos de operación del corrugador como un todo no permiten mostrar aspectos como disponibilidad de cada una de las máquinas o el tiempo medio entre fallas.

El número de fallas ocurridas es ficticio, (está dado según lo que anotan los operadores).

Tomando en cuenta la gran cantidad de restricciones que existen con respecto a los datos de la sección 4.1, se podría llegar a algunas conclusiones. Por ejemplo:

Según se muestra en la gráfica 4.1 el porcentaje del tiempo que se dedica a labores de mantenimiento ha ido en ascenso. Para este caso específico se puede notar que para septiembre de 2002 se dedicó cerca de un 4% más de tiempo en mantenimiento correctivo que el que se dedicó en enero de 2002, el valor porcentual pasó de 2% a 6%.

Esto lleva a pensar que las labores de mantenimiento preventivo están un poco deficientes en el área del corrugador, y que, por lo tanto, ha habido un aumento en los fallos y en los tiempos que estos consumen.

El gráfico 4.2 muestra la disponibilidad del corrugador para el año 2002. Como se puede notar para septiembre de 2002 el corrugador está aproximadamente 3.5% menos disponible que para el mes de enero de 2002. Esto obedeciendo de nuevo a que el tiempo que se está gastando en mantenimiento correctivo ha ido en aumento.

La tabla 4.1 muestra los datos referentes al TPEF (Tiempo promedio entre fallas), aquí se muestra que en el corrugador está ocurriendo una falla cada 593 minutos, esto es cada 10 horas.

Otro aspecto que se puede apreciar en la tabla 4.1 es lo referente al índice TPPR (Tiempo promedio para reparación), según los datos recopilados en esta tabla, mantenimiento está tardando aproximadamente 36 minutos en reparar cada falla que se presenta en el corrugador.

Con respecto a la gestión de costos, el índice del costo total por facturación de mantenimiento, deja notar que el Departamento de Mantenimiento ha estado haciendo buen uso de los recursos, y se ha logrado mantener constante, en lo que a costos se refiere. Estos se han mantenido en un 1.5 %, en promedio, con respecto a la facturación total de la empresa, para el año 2002 (enero - septiembre)

4.4. Propuesta para medición de índices

Como se ha visto, los datos con los que cuenta el Departamento de Mantenimiento para realizar los cálculos de los índices de funcionamiento son insuficientes, además, de que estos son poco fiables lo que lleva a obtener resultados erróneos.

Con el objetivo de obtener resultados reales en lo que se refiere a la eficiencia de mantenimiento, se presenta la necesidad de realizar una recolección de datos más confiables.

Los datos a recoger son los siguientes:

- Tiempos de operación de cada uno de los equipos. Estos se recogerán solamente para los equipos antes mencionados. Esta se realizará en una hoja para cada una de las máquinas implicadas. Ver apéndice VI
- Número de fallas en los equipos que forman parte del análisis
- Tiempo de mantenimiento correctivo y preventivo en cada uno de los equipos en cuestión

Se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Entregar a los operadores los formularios para la recolección de datos (esto se debe realizar cada principio de mes). Los operadores tienen que llevar los datos de los tiempos de operación de la siguiente manera:

Tabla 4.8**Formulario para recolección de datos de tiempo, por operador.**

Operador (Área)	Máquinas
Corrugador	1. Portarrollo Langston N° 1 2. Empalmador Marquip N° 1 3. Corrugador (B) 4. Portarrollo Langston N° 2 5. Empalmador Marquip N° 2 6. Portarrollo Langston N° 3 7. Empalmador Marquip N° 3 8. Corrugador (C) 9. Portarrollo Langston N° 4 10. Empalmador Marquip N° 4 11. Corrugador (E) 12. Portarrollo Langston N° 6 13. Portarrollo Langston N° 7 14. Empalmador Marquip N° 7 15. Doble engomadora
Triplex	16. Triplex Koppers 17. Cuchilla Marquip.
Computadora de Cuchilla Marquip	18. Computadora de Cuchilla Marquip
Saturno III	19. Saturno III. 20. Amarradora de Saturno III
Saturno II	21. Saturno II 22. Amarradora de Saturno II
Curioni	23. Curioni 24. Amarradora de la Curioni
United	25. United 26. Amarradora de United

Los operadores deben devolver la hoja llena, respectivamente, cada final de mes.

- Con base en las órdenes de trabajo, sumar la cantidad de fallas existentes en cada una de las áreas mencionadas en el punto 1.
- Sumar la cantidad de tiempo de correctivo para cada una de las áreas del punto 1. Los datos se deben tomar de las órdenes de trabajo.

Nota.

Todo trabajo por realizar debe estar solicitado mediante su respectiva orden de trabajo, con el fin de especificar claramente cuanto tiempo se tardó realizando el trabajo, a cuál máquina se le hizo el mantenimiento y además si la producción se vio interrumpida o no. (Es de suma importancia especificar que si la orden de trabajo no se ha llenado previamente, el trabajo no se realizará).

- Sumar la cantidad de tiempo total dedicado a mantenimiento (Correctivo, preventivo, etc).
- Los resultados de los puntos 1-4 se deben digitar en una tabla de Excel como la que se muestra en el apéndice III.

Capítulo IV.

Apéndices y Anexos

Apéndice I

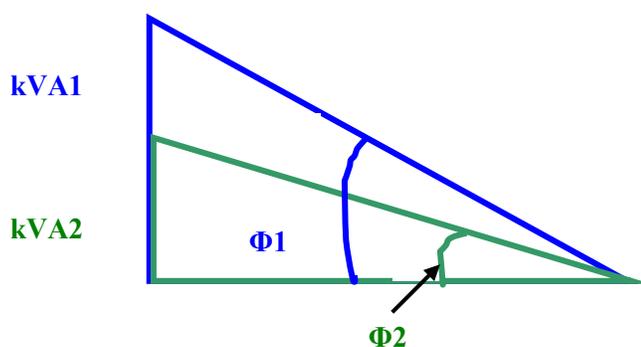
Muestra de cálculos para corrección de factor de potencia

Para la corrección del factor de potencia se tomará en cuenta lo siguiente:

- La máxima demanda es de 300 kW, previendo un crecimiento durante los siguientes meses.
- Se parte de un factor de potencia actual de 0,89 (27.127°) para llegar a un factor de 0,95 (18.195°).

Con base en la figura A.2

Figura A.2



El cálculo de los $kVAr$ necesarios se realiza mediante la siguiente relación:

Primero, sabemos que,

$$kVA_1 - kVA_2 = kVAr$$

Además,

$$kVA_1 = \tan \phi_1 \times kW$$

$$kVA_2 = \tan \phi_2 \times kW$$

Entonces,

$$\varphi_1 = 27,127^\circ$$

$$\varphi_2 = 18,195^\circ$$

Por lo tanto,

$$\tan \varphi_1 \times \text{kW} - \tan \varphi_2 \times \text{kW} = \text{KVAR}$$

$$\text{kVAR} = 300 \text{ kW} * [\tan (27,127^\circ) - \tan(18,195^\circ)]$$

$$\mathbf{kVAR \text{ necesarios} = 55 \text{ kVAR} \cong 60 \text{ kVAR}}$$

Apéndice II

Plantilla para recolección de datos para
cálculo de Índices

Tiempos de Operación

Máquina _____

Mes _____ Año _____

Día	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

Observaciones: _____

Apéndice III

Hoja de Excel para el cálculo de Índices

Índices de funcionamiento clase mundial

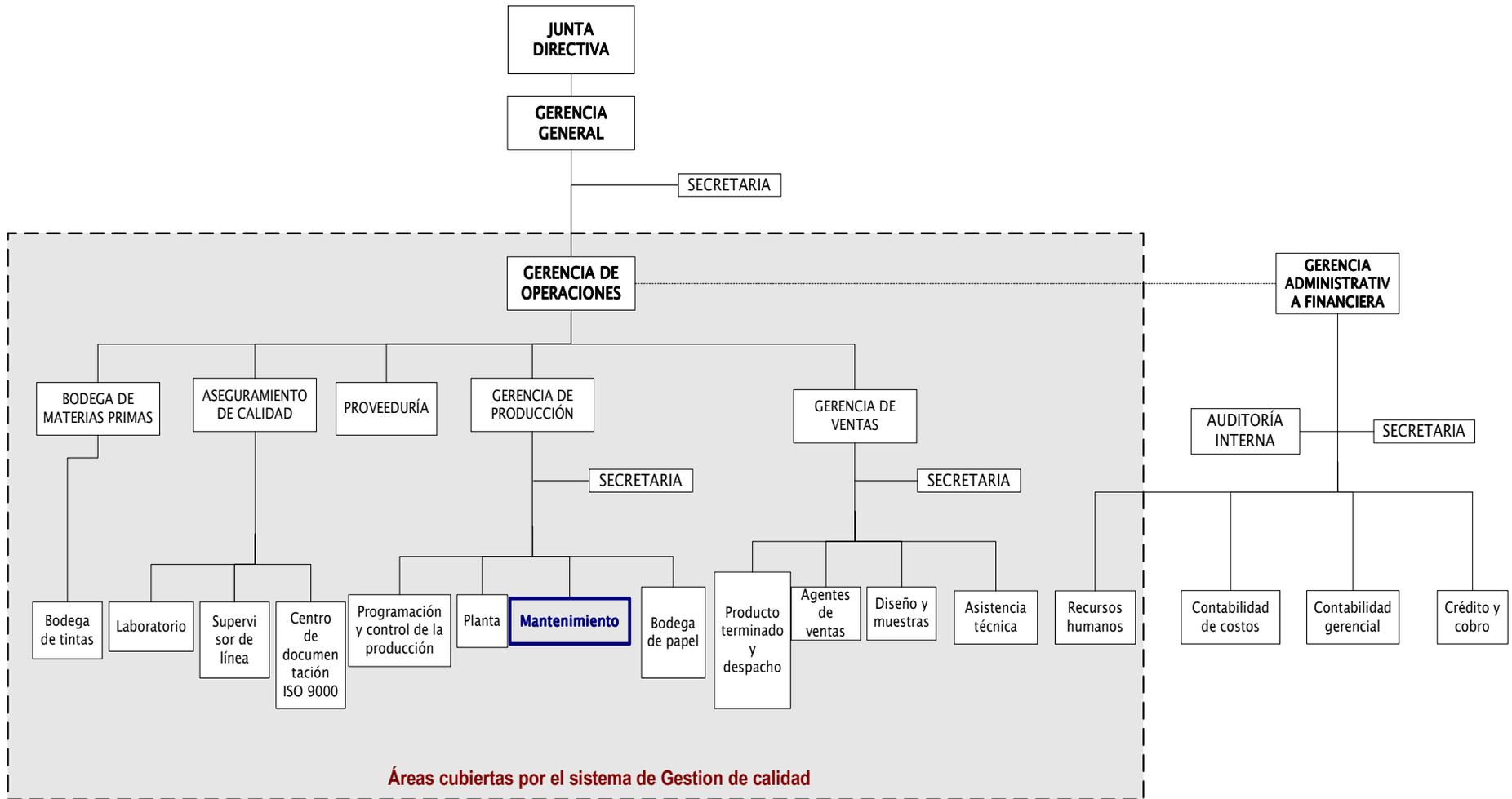
Tiempos de : (en minutos)

#	Máquinas	HCAL	Operación	Correctivo	Preventivo	# Fallas	TPEF	TPPR	DISP
1	Portarrollo Langston N° 1								
2	Empalmador Marquip N° 1								
3	Corrugador (B)								
4	Portarrollo Langston N° 2								
5	Empalmador Marquip N° 2								
6	Portarrollo Langston N° 3								
7	Empalmador Marquip N° 3								
8	Corrugador (C)								
9	Portarrollo Langston N° 4								
10	Empalmador Marquip N° 4								
11	Corrugador (E)								
12	Portarrollo Langston N° 6								
13	Portarrollo Langston N° 7								
14	Empalmador Marquip N° 7								
15	Doble engomadora								
16	Triplex Koppers								
17	Cuchilla Marquip								
18	Computadora de cuchilla de marquip								
19	Saturno III								
20	Amarradora de Saturno III								
21	Saturno II								
22	Amarradora de Saturno II								
23	Curioni								
24	Amarradora de la Curioni								
25	United								
26	Amarradora de United								
TPEF (Total)									
TPPR (Total)									

Anexo I

Organigrama de CORBEL S.A.

Figura A.1



Anexo II

Factor de potencia y cálculo de multa por bajo factor de potencia¹

Los factores de potencia en atraso menores que 100% son causados por cargas inductivas, tales como motores de inducción, equipos de soldadura, lámparas fluorescentes, transformadores, anuncios de neón, etc., que requieren potencia reactiva para suplir las corrientes de magnetización.

Sin medidas correctivas, esta potencia reactiva fluye entre las cargas y la fuente de alimentación, requiriendo mayor capacidad de generación y mayores líneas de transmisión, transformadores y alimentadores. El factor de potencia en un circuito es simplemente el nombre dado a la relación entre la "potencia activa" (Real) que es usada para producir calor o trabajo y la "Potencia aparente" tomada de la línea. Aún cuando no se realiza trabajo útil, la potencia aparente en kVA es mayor que la potencia real en kW.

La mayor contribución para un bajo factor de potencia la da el motor de inducción estándar. El factor de potencia que puede esperarse varía con el tamaño del motor. El problema es aún más grave cuando estos motores son operados bajo condiciones de demanda considerablemente menores que su potencia nominal, es decir, cuando el motor ha sido sobredimensionado.

La razón es que la potencia reactiva necesaria para suplir las corrientes de magnetización es la misma, mientras la potencia real baja radicalmente con la carga.

Otra contribución a un bajo factor de potencia la brindan los bancos grandes de lámparas fluorescentes no compensadas, debido al reactor en el balastro, que produce factores de potencia de 0.45 a 0.50. Cualquier otro equipo con bobinas y campos magnéticos también contribuye a un bajo factor de potencia.

FORMAS DE MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA

1. Uso de motores sincrónicos cuando se tienen problemas severos de factor de potencia. Los motores sincrónicos tienen la capacidad de mantener un alto

(1) Kathya Villar Bonilla. Tarifa T-MT. s.e. Costa Rica, 2002.

factor de potencia, pero su costo de instalación es muy alto comparado con el costo de instalación de un motor de inducción equivalente con su correspondiente equipo corrector del factor de potencia.

2. Uso de condensadores sincrónicos como versión especial del motor sincrónico. Están diseñados sólo para la corrección del factor de potencia y no deben manejar cargas mecánicas. Raramente se usan en las industrias.
3. Uso de capacitores, de los cuales hay una amplia variedad en el mercado. Su lugar de ubicación debe ser adecuado para lograr obtener beneficios. Si el factor de potencia es muy bajo, con un alto recargo económico, el banco puede ser ubicado directamente después de los transformadores, lo que reducirá el monto del recibo, pero no brindará beneficios en términos del incremento de la capacidad del sistema eléctrico de la industria. Si la industria tienen subestación eléctrica, el banco puede ubicarse después de la misma, lo que reducirá el recibo eléctrico y aumentará la capacidad del sistema. Una tercera opción es colocar los capacitores directamente en los motores, lo que brinda las ventajas de instalación en grupo, aumento en la capacidad del sistema, mejora en los niveles de voltaje y reducción en las pérdidas de potencia.
4. Operación de motores de inducción a plena carga, lo que evita una mayor intensidad de arranque, A esta forma de mejorar el factor de potencia hay que agregar el uso de motores de inducción, pequeños en vez de grandes, es decir, evitar el sobredimensionamiento.

VENTAJAS DE LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Una de las ventajas que brinda la corrección del factor de potencia es evitar el recargo económico que se aplica cuando el factor de potencia es bajo. En Costa Rica este recargo se aplica según el Reglamento General de Servicios Eléctricos, el cual dice en su artículo 13:

"Los abonados tienen la obligación de mantener un factor de potencia igual o mayor que el 90 por ciento atrasado. En caso de que el factor de potencia registrado durante 15 minutos en que ocurre la máxima demanda del abonado sea inferior a 0.90 atrasado, la empresa lo hará saber al abonado, dándole un plazo de treinta días para corregir la deficiencia. Si transcurrido el plazo la deficiencia no hubiera sido corregida, la empresa recargará al abonado la cantidad que resultare de multiplicar el monto que corresponde a la demanda de los recibos mensuales por 0.90 atrasado y dividir el producto entre el verdadero factor de potencia mínimo comprobado. Cuando la carga es superior a 1000 kilovatios, en vez del

valor indicado de 0.90 atrasado se usará el 0.95 atrasado. La determinación del Factor de potencia deberá hacerse mensualmente y con equipo aprobado por el SNE y debidamente instalado en el punto de entrega al abonado".

Otras ventajas de la corrección del factor de potencia son:

- **Reducción de pérdidas del sistema:** pérdidas del sistema, que son directamente proporcionales al cuadrado de la corriente que circula, son reducidas debido a que la corriente disminuye cuando se mejora el factor de potencia.
- **Aumento de la capacidad del sistema:** cuando el factor de potencia es mejorado, la cantidad de corriente reactiva que inicialmente circulaba por los transformadores, alimentadores, tableros de potencia, cables, etc, es disminuida. Cuando los transformadores y circuitos están sobrecargados, al mejorar el factor de potencia aumenta la capacidad del sistema y se reduce la sobrecarga.
- **Mejoramiento de la regulación del voltaje:** la componente reactiva de la caída de voltaje siempre disminuye al mejorar el factor de potencia. El mejoramiento del factor de potencia es siempre un aumento del nivel del voltaje y no una disminución entre los factores de máximo y mínimo voltaje.
- **Disminución de los costos de energía**

Las ventajas se pueden clasificar de acuerdo con las partes de la siguiente forma:

- **Desde el punto de vista de la empresa eléctrica.**

La energía reactiva que consume una instalación no se puede convertir en trabajo útil, pero incrementa el valor de la corriente que circula por todos los circuitos de alimentación. Esto trae varias consecuencias que, finalmente, se traducen en costos para las empresas generadoras y distribuidoras de energía eléctrica. Entre los efectos más importantes que deben soportar las empresas productoras y distribuidoras de energía se tiene que:

- Al aumentar la corriente por tener bajo factor de potencia, se incrementan las pérdidas en los conductores, transformadores, generadores, etc. Hay que recordar que las pérdidas aumentan con el cuadrado de la corriente.
- Se deben sobredimensionar las líneas y transformadores con respecto a la verdadera carga útil que alimentan.

- No se aprovecha la capacidad máxima en kVA de los generadores, obligando a incrementar las inversiones en generación para cubrir las demandas máximas del sistema.

Lo anterior lleva a las compañías eléctricas a poner un límite al consumo de energía reactiva de los clientes importantes, penalizando con un recargo tarifario al exceso de consumo de energía reactiva, o lo que es igual, el bajo factor de potencia.

- Desde el punto de vista del cliente

El cliente que mejora su factor de potencia tiene beneficios técnicos importantes tales como:

- **Disminuye las pérdidas en los conductores de su instalación**, lo cual aumentará en la seguridad de su sistema de potencia y la capacidad de crecimiento del mismo.
- **Disminuye las caídas de tensión en las cargas**, esto se traduce en un mejor funcionamiento de la instalación, y a lo largo en la reducción en los costos de mantenimiento y sustitución de equipos.
- **Aumenta la potencia activa (kW) disponibles en el secundario del transformador que alimenta la instalación**, puesto que el límite de carga de un transformador viene dado por la máxima potencia aparente (en kVA) si se disminuye el componente reactivo de la potencia demandada (los kVAr), se dispondrá de mayor potencia activa, o kW.

Sin embargo, el beneficio de mayor impacto y de comprobación inmediata que obtiene un cliente al corregir el factor de potencia de sus sistema, es la reducción sustancial de la factura eléctrica por la eliminación del recargo correspondiente

REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA

Muchos de los pasos a seguir en la nivelación de la demanda, automáticamente reducirán el consumo de energía.

Otros pasos que pueden seguirse para disminuir el consumo de energía son los siguientes:

- Uso de motores de inducción de alta eficiencia para evitar pérdidas por calor o fricción.

- Distribución en el tiempo de ventiladores, equipos de aire acondicionado, calentadores de agua, otros.
- Diseñar los sistemas de alumbrado considerando la colocación de un número adecuado de interruptores separados, dejando la posibilidad de que las luminarias se apaguen por filas o sectores sin afectar la uniformidad de la iluminación.
- Reducir la iluminación en oficinas en horas no laborables y apagar las luces cuando no están un uso.
- Aprovechar al máximo la luz natural.
- Dar buen mantenimiento a las luminarias.
- Evitar la sobreiluminación y utilizar la fuente de luz de mayor rendimiento, con lo que se obtienen ahorros apreciables de energía y los siguientes beneficios: nivel de iluminación superior por cada colón invertido, mayor productividad, mayor calidad en la producción, mayor seguridad y mejores condiciones de visión.

De lo anterior puede deducirse que la iluminación representa un punto clave en el ahorro energético. A continuación, se muestra una tabla con los niveles de iluminación adecuada para varios tipos de áreas inferiores.

CALCULO DEL RUBRO DE FACTOR DE POTENCIA

Este rubro es calculado por la CNFL de acuerdo con el tipo de medidor que esté instalado por ejemplo, los medidores electrónicos, unificados y mecánicos son catalogados como tipo "K", mientras que los térmicos son tipo "W". De acuerdo con su clasificación, el cálculo del Factor de potencia se realiza de la siguiente manera:

- Cálculo del Factor de Potencia en medidores tipo "K".

- Lectura Demanda(anterior-actual) * Cnte= X
- $X' = (X)^2$
- Lectura FP (Anterior-Actual) * Constante= Y
- $Y' = (Y)^2$
- $X' + Y' = Z$

- $Z' = \text{raiz cuadrada de } Z$
- $\text{Factor de Potencia} = (X/Z') * 100$

- **Cálculo de el Factor de Potencia en medidores tipo "W".**

- $\frac{\text{Lectura demanda actual}}{\text{Lectura actual F.P.}} = \text{FP} * 100$

CÁLCULO DE LA MULTA POR BAJO FACTOR DE POTENCIA

La multa que se aplica en Costa Rica por bajo factor de potencia está relacionada con la demanda máxima mensual que el cliente debe pagar.

La demanda máxima en kW, es la máxima potencia promedio requerida por un cliente. Para determinar este valor, se debe obtener el promedio de la potencia en períodos de quince minutos y se escoge el máximo de los promedios obtenidos.

Si se aplica la T-3, se utiliza la demanda máxima registrada sin importar la hora o el día en que se produzca, si fuera T-6, la demanda máxima registrada se medirá solo a ciertas horas del día y no se considerarán algunos días. Pero en ambos casos la factura presentará un recargo, si el factor de potencia medido en el período de demanda máxima, está por debajo del valor deseado por la empresa eléctrica. Este recargo por bajo factor de potencia se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{BFP} = \frac{\text{Código No.2} * \text{FP requerido}}{\text{FP Medido}} = X$$

FP Medido

$$\text{Multa BFP} = X - \text{Código No.2}$$

Donde:

Código No.2 se refiere a la demanda máxima.

Considérese un caso real de un cliente con bajo factor de potencia que presentó los siguientes datos de facturación, los datos mostrados son mensuales:

Energía 288.295 kW-h = ₡3 329 807,25

Demanda 764.3 kW = ₡2 609 387,37

Factor de Potencia 73% = ₡ 607.655,55

En este caso, el cliente tiene un recargo considerable por factor de potencia.

VALE LA PENA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

El período en que se pagan los costos invertidos en corregir el factor de potencia pueden calcularse como sigue:

$$N = \frac{\text{Log } A - \text{Log } (A - i P)}{\text{Log } (1 + i)}$$

Donde:

n = Período de pago

A = Ahorro Anual

I = Tasa de interés

P = Capital requerido de inversión.

Por ejemplo, para la empresa ABC se tiene:

Demanda máxima promedio = **1200 kW**

Factor de Potencia = **85%**

Recargo Anual por FP= **¢ 1 050 000^{oo}**

Calculado con base en un recargo mensual de **¢ 87 500^{oo}**

Esta empresa debe mejorar su factor de potencia a **95%** pues su demanda es superior a **1000 kW**. Se tiene:

Factor de Potencia original : 85%

Factor de potencia deseado = 95%

Para estos datos, se obtiene de la tabla No.2, un factor de multiplicación de 0.291, que multiplicado por la demanda da como resultado un tamaño de capacitores de 349 kVAr.

A continuación se muestra el precio promedio de los bancos de capacitores en el mercado nacional.

Tipo de Banco	Voltaje	Col/kVAr
Fijo	230 V	2300
Fijo	480V	1750
Automático	230 V	3500
Automático	480 V	2450

Con base en estos valores y en los calculados anteriormente, se tiene lo siguiente:

$$(349 \text{ kVAr}) * (3500 / \text{kVAr}) = \text{¢ } 1\,221\,500^{\circ\circ}$$

(Utilizando un banco automático a 230 V)

Para una tasa de interés del 30%, la inversión se recupera en:

$$N = \frac{\text{Log}(1.050.000) - \text{log} (1.050.000 - 0.42 * 1.221.500)}{\text{Log} (1 + 0.42)}$$

$$N = 1.91 \text{ (aproximadamente 23 meses)}$$

Anexo III
Cotización de Banco de
Capacitores

ELVATRON S.A.

De la Sucursal del Banco de
Costa Rica en la Uruca, 400
metros Norte

San José, Costa Rica

TELEFONOS: (506) 296-1060 FAX: (506) 232-6071 Email: elvatron@sol.racsa.co.cr

APARTADO: 8-3770 (1000)

24 de septiembre del 2002

Descripción de la oferta:

LÍNEA	DESCRIPCIÓN	CANT	UNITARIO US\$	TOTAL US\$
1	Gabinete metálico marca Rittal de 600 mm X 600 mm X 300 Mm. , el cual contiene : Cinco capacitores de 12 kvar conexión máxima de voltaje de 550 voltios cada uno lleva resistencias de descarga y bobina de choque incorporada. Dos contactores de 60 amp Bases fusibles y fusibles de 100 amp Luces de indicación de operación Selectores de operación manual. Planos, y armado en el taller Ducto para cableado interno	1	\$2,084.83	\$2,084.83
Sub-Total Oferta Base				\$2,084.83
Impuesto de ventas (13%)				\$271.03
Total				\$2,355.86
Dos mil trescientos cincuenta y cinco dólares con 86/100.				

Condiciones Generales

1. El lugar de entrega del equipo ofrecido se efectuara en las Bodegas de Corbel S.A., en La Ribera de Alajuela.

2. Se comprende que solo se esta facilitando el panel ya armado para que el cliente lo instale donde quiera previo visto bueno de los planos.

3. Únicamente se dará los materiales que se oferta

Oferente: Elvatron,S.A. Ced. Jurídica T 3-101-020826

La Uruca / 400 Mts. Norte Agencia Bco, Costa Rica

· **Vigencia de esta oferta:** 30 DIAS

· **Tiempo de entrega:** = 4 - 6 Semanas contados a partir del recibo de la orden compra;

· **Forma de Pago:** 100% Contra entrega (crédito a 8 días)

· **Garantía:** Los equipos cuentan con un año de garantía - contra defectos de fabricación.

· **Precios:** En dólares americanos

Entregamos original y copia de nuestra oferta, debidamente firmadas.

Muy atentamente,

ELVATRON S.A. – División Automatización

Anexo IV

Artículo 13 "Reglamento de Servicios Eléctricos"

"Artículo 13¹

Los abonados tienen la obligación de mantener un factor de potencia igual o mayor que el 90 % atrasado, cuando la demanda máxima sea menor de 100 kW y si la demanda máxima es mayor se usará el 95% atraso. La empresa lo hará saber al abonado, dándole un plazo de treinta días para corregir la deficiencia. Si transcurrido ese plazo la deficiencia no hubiera sido corregida, la C.N.F.L. recargará una multa en colones por bajo factor de potencia".

(1) Compañía Nacional de Fuerza y Luz. Tarifa seis. s.e.

Bibliografía

Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A. **Tarifa seis.s.e**

Hernández Cruz, Eugenio. **Publicación periódica del Club de
Mantenimiento.** s.e.

Lourival Tavares, Augusto. **Administración Moderna del** **Mantenimiento.**
Brasil: Editorial Novo Polo, 1999.

Ramírez Vázquez, José. **El factor de Potencia.** Barcelona:
Ediciones CEAC, 1985.

Villar Bonilla, Katia. **Tarifa T-MT.** s.e. Costa Rica, 2002.