

UNIVERSIDAD DON BOSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA



"ESTUDIO SOBRE LA IMPLEMENTACION DE MEDIDORES  
ELECTRONICOS DIGITALES MULTIFUNCIONALES CON  
TIEMPO DE USO (TOU), EN SERVICIOS MAYORES  
DE ELECTRIFICACION RURAL DE CEL"

TRABAJO ELABORADO PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

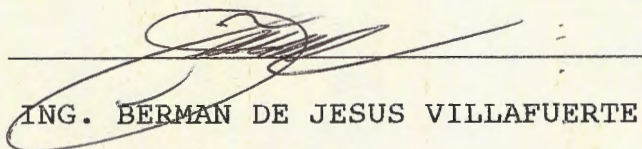
JORGE EDUARDO MONTOYA HERNANDEZ

SOYAPANGO, 1995

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

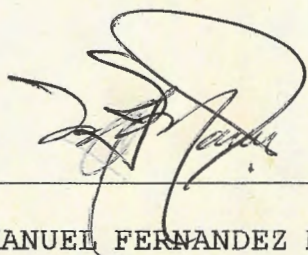
"ESTUDIO SOBRE LA IMPLEMENTACION DE MEDIDORES  
ELECTRONICOS DIGITALES MULTIFUNCIONALES CON TIEMPO  
DE USO (TOU), EN SERVICIOS MAYORES DE  
ELECTRIFICACION RURAL DE CEL"



---

ING. BERMAN DE JESUS VILLAFUERTE

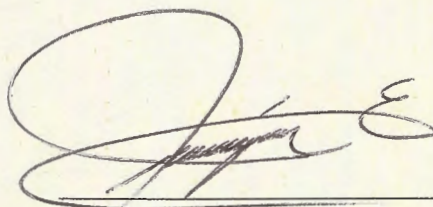
ASESOR



---

ING. MANUEL FERNANDEZ MARENCO

JURADO



---

ING. JOAQUIN FLORES ESCAMILLA

JURADO

## PREFACIO

La idea de la presente obra nació al observar la falta de conocimiento de las personas vinculadas con la implementación de los Medidores Electrónicos, en cuanto a la versatilidad y potencialidad inherentes a éstos. Esta pretende ser una modesta contribución a la eliminación de esta falta de conocimiento, procurando así mismo, el mayor aprovechamiento posible de estos equipos con el objeto de facilitar el camino del progreso y bienestar para el pueblo salvadoreño.

Quiero agradecer a todas las personas que sin ningún interés han colaborado en mayor o menor medida a la ejecución de este trabajo; en especial al Ing. Berman de Jesús Villafuerte, quien más que un asesor ha sido y es un verdadero amigo; al Ing. Manuel Fernández Marengo y el Ing. Joaquín Flores, quienes han sido más que maestros; al Ing. Luis Solís, Ing. Víctor Zaldaña e Ing. Ricardo Larín, como amigos y consejeros, al Lic. Roberto Moreno, como amigo e impulsador en la recta final, a la Sra. Luz Zúñiga, como colaboradora incondicional, y a todos mis maestros, compañeros de estudio y de trabajo, y a los amigos y amigas de verdad, quienes siempre me mostraron su apoyo y confianza. A todos ellos muchas gracias.

Finalmente, quiero dedicar esta obra y agradecer de manera muy especial a Dios Todopoderoso, quien sin Él nada fuera posible; a mi Padre, Don Julio Montoya, quien ha forjado y guiado la persona que hoy soy; a mi Madre y a mi hermana Ana, quienes

siempre han sido fuentes de amor y apoyo incondicional; a mis hermanos, Julio y Luis, cuyas vidas han sido un libro abierto de experiencias y conocimientos; y a mis tíos y primos, en especial a Papatilo, Mamaby y René, quienes siempre han estado presentes, donde y cuando los he necesitado. GRACIAS de todo corazón.

JORGE EDUARDO MONTOYA HERNANDEZ

San Salvador, 1995.

## CONTENIDO

El trabajo se encuentra dividido en seis capítulos, de la manera siguiente:

### CAPITULO I. EL MEDIDOR ELECTRONICO Y SUS TRASDUCTORES.

Se presenta el Medidor Electrónico, sus generalidades, y conceptos básicos de medición. Se da una explicación de los diferentes transductores utilizados en mediciones con equipo electrónico.

### CAPITULO II. EL REGISTRO DE PARAMETROS EN EL MEDIDOR ELECTRONICO.

Descripción de las técnicas básicas utilizadas por el Medidor Electrónico para el registro de los diferentes parámetros eléctricos.

### CAPITULO III. ESTRUCTURAS MULTITARIFARIAS ACTUALES.

Explicación y ejemplificación de las dos estructuras multitarifarias actuales aplicadas por las compañías distribuidoras en El Salvador. Forma de cálculo de los diferentes montos de facturación.

### CAPITULO IV. VENTAJAS TECNICO ECONOMICAS DEL MEDIDOR DIGITAL.

Comparación técnico-económica entre los medidores electrónicos y los electromecánicos en la aplicación de multitarifa. Determinación del grado de incidencia de la implementación de

medidores electrónicos con la multitarifa actual de CEL.

CAPITULO V. INFLUENCIA DE UN GRUPO DE CONSUMIDORES TIPO EN LA DEMANDA NACIONAL.

Determinación de un grupo de consumidores tipo e incidencia en la curva de demanda nacional. Sugerencias para multitarifas a implementar en un futuro en El Salvador.

CAPITULO VI. APROVECHAMIENTO DE LA POTENCIALIDAD DEL MEDIDOR ELECTRONICO DIGITAL TIPO FULCRUM EN ESTUDIOS A CONSUMIDORES ESPECIFICOS.

Realización de un estudio energético a un abonado, en el cual se da un diagnóstico de las fallas en el uso de la energía eléctrica y sugerencias para la eliminación de éstas.

## INDICE

Introducción.....	i
Objetivos.....	viii
<b>CAPITULO I</b>	
1. El Medidor Electrónico y sus Trasductores.....	1
1.1. El Medidor Electrónico.....	1
1.1.1. Definición de Medidor Electrónico.....	1
1.1.2. El Medidor Autocontenido.....	1
1.1.3. El Medidor de Instrumento.....	2
1.1.4. Medidor a utilizar.....	2
1.1.5. Formas de un Medidor.....	4
1.1.5.1. Sufijos "A" y "S".....	5
1.1.5.2. Formas existentes en la actualidad.....	9
1.1.6. Características del Medidor Electrónico tipo FULCRUM.....	19
1.1.7. Módulos del Medidor Electrónico tipo FULCRUM.	20
1.1.7.1. El módulo de la base.....	20
1.1.7.2. El módulo de registro.....	20
1.1.8. Opciones del Medidor Electrónico tipo FULCRUM	25
1.1.8.1. Opción de Demanda.....	25
1.1.8.2. Tiempo de Uso (TOU).....	26
1.1.8.3. Memoria Masiva (Mass Memory).....	27
1.1.8.4. Batería de respaldo.....	28
1.1.8.5. Modem.....	29
1.1.9. Módulos de circuitos electrónicos del medidor	30

1.1.9.1. Módulo del circuito de la fuente de poder.....	30
1.1.9.2. Módulo del circuito del Microcontrolador.	31
1.1.9.3. Módulo del circuito de la pantalla.....	31
1.2. Transductores.....	32
1.2.1. Definición de Transductor.....	32
1.2.2. Transductores en el Medidor Electrónico.....	32
1.2.2.1. Transformadores de Instrumento.....	33
1.2.2.2. Convertidor Análogo/Digital.....	37

## CAPITULO II

2. El Registro de Parámetros en el Medidor Electrónico...	38
2.1. Técnicas de Medición.....	38
2.1.1. Selección de fase.....	38
2.1.2. Muestreo.....	38
2.1.3. Medición del voltaje y la corriente.....	39
2.1.4. Medición de la energía real (KWH).....	42
2.1.5. Medición de energía reactiva (KVARH).....	43
2.1.6. Medición de energía aparente (KVAH).....	43
2.1.7. Cálculos del factor de potencia.....	44
2.1.7.1. Factor de potencia instantáneo.....	44
2.1.7.2. Factor de potencia del intervalo previo..	45
2.1.7.3. Factor de potencia mínimo.....	45
2.1.7.4. Factor de potencia promedio.....	45
2.1.8. Cálculos de demanda.....	46
2.1.8.1. Demanda máxima.....	47
2.1.8.2. Demanda instantánea.....	47

2.2. El muestreo migratorio.....	49
2.3. Comparación entre el cálculo de los diferentes Parámetros eléctricos de forma aritmética y vectorial.....	60
2.3.1. Cálculo del factor de potencia por el método vectorial.....	62
2.3.2. Cálculo del factor de potencia por el método aritmética.....	63
2.3.3. Cálculo de la demanda máxima por el método vectorial.....	66
2.3.4. Cálculo de la Demanda máxima por el método aritmética.....	67

### **CAPITULO III**

3. Estructuras multitarifarias eléctricas actuales.....	71
3.1. Tarifa VP3.....	71
3.1.1. Facturación de la demanda en la tarifa VP3....	72
3.1.2. Facturación de la Energía en la tarifa VP3....	75
3.1.3. Facturación por factor de potencia.....	78
3.2. Tarifa B5.....	81

### **CAPITULO IV**

4. Ventajas Técnico-económicas del medidor digital.....	83
4.1. Utilización de medidores electromecánicos en registro multitarifario.....	83
4.1.1. Método de registro multitarifario por medio de medidores electromecánicos.....	83

4.2. Incidencia del uso del medidro electrónico digital con la multitarifa actual de CEL en diferentes tipos de servicios.....	83
--	----

**CAPITULO V**

5. Influencia de un grupo de consumidores tipo en la demanda nacional.....	119
5.1. Comportamiento de un grupo de consumidores tipo....	119
5.1.1. Determinación del grupo de consumidores tipo..	119
5.1.2. Presentación de datos censados por medidores FULCRUM.....	121
5.1.2.1. Empresa 1.....	122
5.1.2.2. Empresa 2.....	126
5.1.2.3. Empresa 3.....	129
5.1.2.4. Empresa 4.....	133
5.1.2.5. Empresa 5.....	137
5.1.2.6. Empresa 6.....	140
5.1.2.7. totalización de los datos presentados....	143
5.2. Análisis de los resultados.....	145
5.2.1. Influencia de las empresas estudiadas en la curva de demanda nacional.....	147

**CAPITULO VI**

6. Aprovechamiento de la potencialidad del medidor electrónico digital tipo FULCRUM en estudios a consumidores específicos.....	152
6.1. Realización de un estudio energético a un abonado..	152

6.1.1. Pérdidas de transformación por sobredimensionamiento.....	154
6.1.2. Evaluación económica de esta solución.....	159
6.1.3. Corrección del factor de potencia por capacitores.....	163
Recomendaciones.....	168
Conclusiones.....	170
Anexo 1.....	172
Anexo 2.....	175
Anexo 3.....	184
Bibliografía.....	185
Glosario.....	186

## I N T R O D U C C I O N .

Con el desarrollo del manejo de la energía eléctrica, ésta se logró poner a disposición de la gran mayoría de las masas de población, teniendo como resultado de dicha expansión, problemas de pérdidas eléctricas, técnicas y/o financieras; así como el control de consumo en abonados mayores y distribuidores de energía, ya que en un principio solo se podía obtener la energía utilizada por estos en bloque, por lo cual solo se sabía una lectura inicial y una final, ignorando así, el comportamiento de dicho consumo.

El registro en grandes Subestaciones generadoras o transmisoras, no era gran problema, ya que existen medidores acoplados a través de transductores que permiten llevar un registro en forma manual por medio de una persona a tiempo completo pendiente de dichas funciones. Ahora, el problema se acentuaba en Subestaciones pequeñas de Subtransmisión y Distribución, y en abonados mayores donde no era rentable mantener equipo y personal encargado de monitoreo; como necesidad se implementó dispositivos registradores de demanda máxima en los medidores, medidores de corriente máxima para líneas de baja y alta tensión (MAX-I-METER), hasta llegar a impresores de demanda que actuaban a través de generadores de pulsos conectados a los medidores de energía.

El desarrollo de la tecnología de estado sólido no se olvidó del

área de las mediciones eléctricas, en donde se fabricaron inicialmente medidores digitales, mejorando únicamente los niveles de exactitud; a medida se fué perfeccionando se crearon dispositivos de memoria no volátiles, capaces de registrar y almacenar gran diversidad de parámetros eléctricos tomados de la línea con respecto al tiempo. Un ejemplo de ello son los Medidores utilizados para el desarrollo del trabajo de graduación presente.

La necesidad de contar con Medidores con la capacidad de hacer registros de este tipo no es pequeña. Se trata de hacer más eficiente los Sistemas de Generación, Transmisión, Subtransmisión y Distribución del país. En base a esto nace la necesidad de efectuar registros en el tiempo, de saber cómo, quién y en qué momento se está utilizando la Energía Eléctrica. Esto da una pauta de acción a la gente encargada de las áreas de Planificación para hacer proyecciones que logren cuantificar y cualificar de manera satisfactoria los requerimientos de Energía del futuro.

Pero el problema no sólo es el de satisfacer los requerimientos, sino también hacer que éstos no excedan un límite de tolerancia que no pueda ser satisfecho eficientemente o en absoluto.

Los Medidores FULCRUM que serán utilizados en el desarrollo de este Trabajo de Graduación, representan la mejor elección que en su momento el ente administrador de la Distribución de Energía

Eléctrica en El Salvador, CEL, haya podido hacer, esto debido a que reúne las características necesarias para satisfacer las necesidades para las cuales han sido adquiridos.

En El Salvador se da un fenómeno que es muy común en los países en desarrollo, es la forma desordenada del uso de la Energía Eléctrica. Este problema grande genera consecuencias que llevan a costos más elevados de suministro de Energía. Por otro lado, no se puede tener una verdadera planificación eficiente si existen proyecciones desordenadas del futuro. El ordenar la forma de consumo de la Energía es una necesidad imperante para un buen suministro de la misma en un futuro que puede ser muy cercano.

Al no tener un crecimiento ordenado un País, el satisfacer sus necesidades se vuelve muy difícil. Cuando no hay una verdadera conciencia de lo beneficioso que puede ser el hacer una acción específica para mejorar el uso de la Energía, tanto a nivel personal como nacional, las acciones no se toman y por lo tanto el desorden crece.

Por otro lado, si la gente encargada de planificación no está enterada de lo que significa el potencial de las herramientas que se tienen a disposición, se torna aún más difícil el planificar.

En el presente trabajo se pretende enfocar los problemas desde el punto de vista de los consumidores mayores como centro de acción. En base a su contribución en el comportamiento del Sistema Eléctrico Nacional se enfocarán los problemas y posibles

soluciones.

En los sistemas de Distribución de Energía Eléctrica de El Salvador se presentan problemas que pueden llegar a ser analizados y solucionados, siempre y cuando se tenga una perspectiva y conocimientos correctos. La importancia que revisten estos problemas se basa en que sus efectos se ven reflejados en los equipos de la Empresa Generadora, y el Sistema Eléctrico en general.

Otro aspecto que merece una atención especial es el servicio al cliente de las compañías eléctricas. La continuidad y calidad del servicio debe ser uno de los principales objetivos de éstas.

Las empresas del rubro eléctrico deben trazar planes para poder satisfacer las necesidades futuras de los sistemas que sirven. El desconocimiento de la potencialidad de acción de las herramientas con que se dispone es un problema que debe tratar de erradicarse totalmente.

La ausencia de documentos informativos sobre la tecnología y extensión de todos los parámetros que puede registrar el Medidor utilizado para el presente estudio por parte de personal de las compañías distribuidoras, así como los abonados de las mismas es el problema esencial que se persigue eliminar con este trabajo de graduación.

En El Salvador, desde que se inició el Sistema Eléctrico Nacional

han existido problemas inherentes a éste. Las soluciones que se han dado por lo general adolecen de falta de bases bien cimentadas, por lo que éstas no son permanentes y globales. La falta de un registro de la forma de uso de la Energía Eléctrica es una de las causas principales de esta falta de bases.

Los problemas que se han generado a lo largo del tiempo que tiene de funcionar el Sistema Eléctrico nacional solamente se han podido detectar de forma global, sin poder entender ni saber donde se encuentran sus verdaderas raíces. Es así como surge la necesidad de disponer de dispositivos que puedan registrar cómo se usa la Energía Eléctrica en los distintos puntos donde ésta se entrega.

El camino correcto para ordenar el consumo de Energía Eléctrica está en hacer conciencia en el usuario final de ésta. Al saber cómo éstos hacen uso de la Energía puede sugerirse formas para que colaboren de forma significativa al ordenamiento del Sistema en general.

La implementación de nuevas tecnologías implica una lucha contra la resistencia al cambio de las personas. Las personas en general, afectadas por el desconocimiento y temor a éstas temen se den problemas mayores a los que ya se viven antes de esta implementación.

Por un lado se tiene a las personas que trabajan dentro del Sistema Eléctrico nacional, éstas ven en estas nuevas tecnologías

gastos inútiles que no representan ningún beneficio para ellos ni para el Sistema, excepto la pérdida de tiempo en adiestramientos para el aprendizaje de su manejo. Se tiene temor a que deban ser personas nuevas las que deben administrar estas tecnologías, y ser desplazados de sus trabajos actuales. Esto puede ocurrir a muchos niveles, desde la persona encargada de tomar lectura de los nuevos dispositivos hasta las que tienen que interpretar la información brindada por los equipos, y aquellas que tengan que evaluar las soluciones.

Este sector, muy importante para la adecuada y exitosa implementación de la nueva tecnología, debe de tener documentos donde puedan conocer de manera rápida y satisfactoria la forma de manejar la novedad existente en el momento para no verla con recelo y poder sacar el mayor beneficio de su uso. Debe conocer la totalidad de su potencial y saber que no es un reto sino una herramienta que viene a facilitar su trabajo, hacerlo más eficiente, y con la gran posibilidad de brindar más y mejores servicios al cliente.

Por otro lado existe otro sector también con mucha importancia que es el de los clientes o usuarios de las Empresas Eléctricas. En ellos puede notarse también un temor por los cambios a venir, nuevas tarifas, control más eficiente y más minucioso de su uso de la Energía. Son cuestiones que para el punto de vista de este sector implica solamente incremento de costos. Pero la tecnología no puede ser implementada para dañar a sectores importantes en la

vida de un País. Sino por el contrario, la implementación de esta nueva tecnología implica beneficios potenciales para este sector.

Con la implementación y correcto uso de esta tecnología puede fácilmente beneficiarse a sectores como lo son los usuarios del servicio eléctrico. Con tecnologías de registro en el tiempo de los parámetros eléctricos, puede observarse fácil y rápidamente en que aspecto se está fallando en el uso de la Energía, formas de reducir costos, etc. Además de tener una mayor exactitud de registros, lo cual puede ir en beneficio del usuario, siempre teniendo en cuenta el apropiado uso de la Energía.

Al hacer uso apropiado de la información que se genera de equipos de alta tecnología como los tratados en el presente trabajo, puede lograrse beneficios a nivel nacional que pueden ser principalmente sentidos por las grandes mayorías del pueblo. La necesidad de un documento que oriente en este uso apropiado de la tecnología para lograr los grandes beneficios posibles es la base para la realización de este Trabajo de graduación. La idea principal es colaborar con el crecimiento tanto económico como social de El Salvador para que cada día sea un mayor País y con mayores oportunidades para todos los Salvadoreños.

## OBJETIVOS

### GENERALES:

- Desarrollar un documento, en el cual se pueda apreciar y entender las generalidades del funcionamiento y diversos parámetros posibles de obtener con los medidores electrónicos.
- Dar a conocer las potencialidades existentes en los Medidores Electrónicos que se están instalando en el sistema de distribución nacional.

### ESPECIFICOS:

- Dar a conocer nuevas tecnologías de muestreo.
- Obtener curvas de comportamiento de algunos consumidores.
- Sugerir mejoras en la facturación de consumidores mayores.
- Hacer un análisis de la aplicación de una estructura tarifaria con tiempo de uso en consumidores mayores.
- Mostrar las facilidades que el Medidor Electrónico brinda para la realización de estudios a consumidores específicos.

## CAPITULO I

### 1. EL MEDIDOR ELECTRONICO Y SUS TRASDUCTORES.

#### 1.1. EL MEDIDOR ELECTRONICO.

##### 1.1.1. Definición De Medidor Electrónico.

"Se entiende por medidor electrónico como un dispositivo de tecnología electrónica que posee como misión primordial recibir, procesar, y en algunos casos, almacenar señales de un sistema de medición. Este puede ser de tipo Autocontenido o de instrumento.

##### 1.1.2. El Medidor Autocontenido

El Medidor Autocontenido es aquél que no necesita de equipo auxiliar para medir las corrientes y los voltajes del sistema al cual se conecte. Es decir que las corrientes y los voltajes del sistema circulan a través del medidor en su valor real. Estos Medidores son utilizados en circuitos los cuales la capacidad no es muy grande. Por lo general, el valor de la corriente máxima que manejan estos circuitos es de trescientos veinte (320) Amperios.

### **1.1.3. El Medidor de Instrumento**

Este tipo de Medidores está diseñado para realizar el censo de las cantidades eléctricas a través de equipos auxiliares, tales como Transformadores de instrumento, de corriente y de potencial.

Las señales que recibe el medidor de estos equipos es directamente proporcional al valor real de las corrientes y los voltajes del sistema. En varios modelos de medidores Electrónicos, la constante que resulta de esta proporcionalidad puede ser programada, de manera que el valor de lectura en la pantalla sea el valor real de las cantidades del sistema.

### **1.1.4. Medidor a utilizar**

En el presente trabajo se utilizará el Medidor Electrónico Digital con Tiempo de Uso (TOU, por sus siglas en inglés de Time Of Use) tipo FULCRUM SL320, marca Schlumberger. Es en base a éste que se realizará la totalidad del estudio (ejemplos, resultados, explicaciones y datos técnicos). En la Figura 1.1 se puede apreciar dicho medidor. Este Medidor fue escogido de entre una gama que fue presentada a CEL con el objeto de dar seguimiento a un plan establecido de instalar Medidores Electrónicos Digitales en los Servicios Mayores de la Distribución Eléctrica a nivel Nacional. Debido a sus características técnicas y económicas

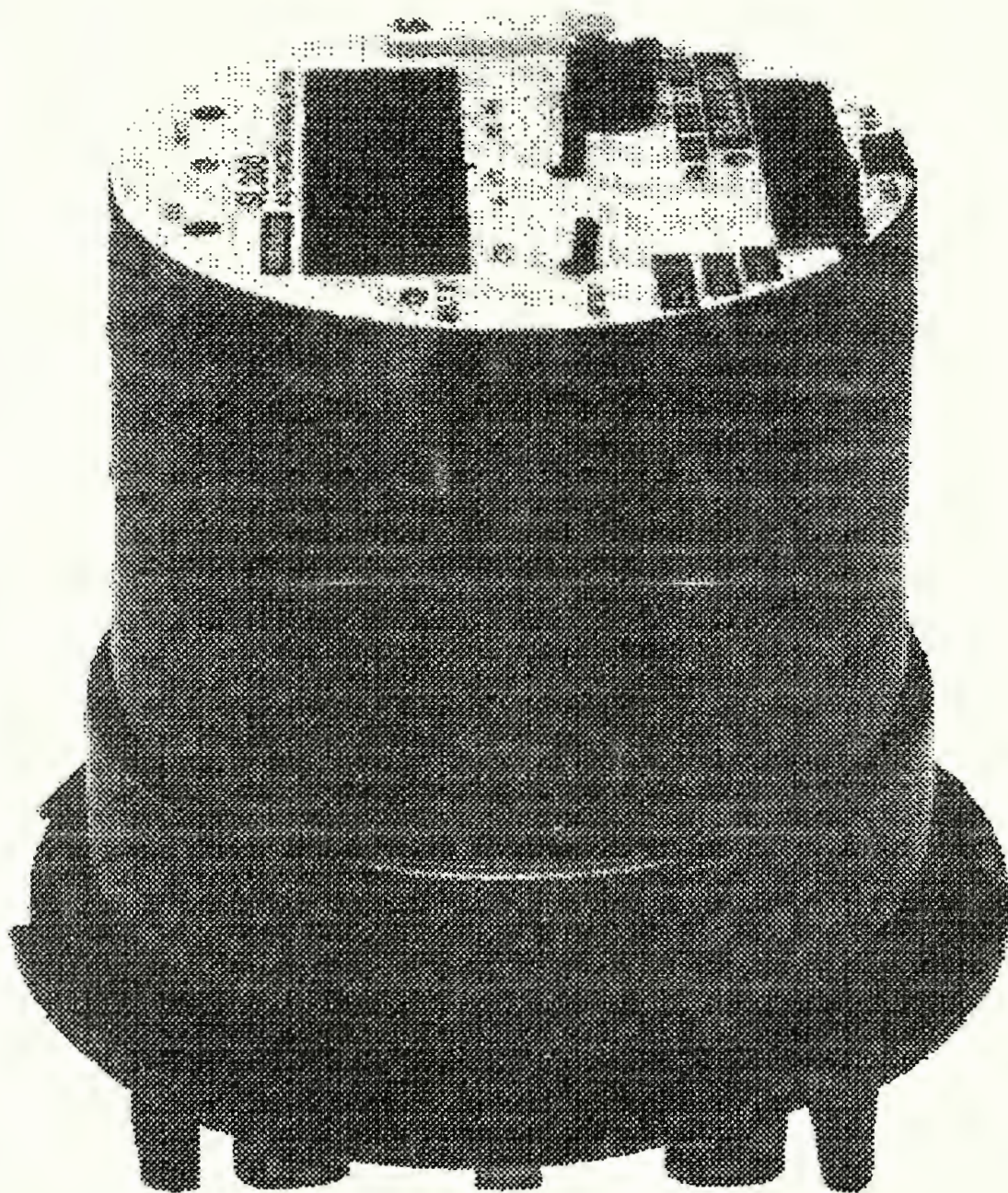


FIGURA 1.1, MEDIDOR ELECTRONICO TIPO FULCRUM.

resultó ser la mejor opción en el momento de dicha escogitación. Las características Técnicas que se explicarán en los dos primeros capítulos de este Trabajo de Graduación no se observaron en su conjunto en los demás modelos participantes.

Este Medidor es totalmente programable, todas las funciones que es capaz de realizar y que serán detalladas posteriormente pueden ser o no incluidas dentro de la programación que se le dé a éste. En un inicio, cuando nuevo, el Medidor se encuentra en blanco y listo para ser programado.

#### **1.1.5. Formas de un Medidor**

La forma de un medidor indica la configuración del circuito en el cual éste es aplicable. A su vez, define las características internas del mismo, número de elementos (número de parejas de bobinas de corriente y de potencial), forma de conexión, distribución, etc.

La idea de asignar una forma a un determinado tipo de medidor es la de estandarizar un sistema de nomenclatura de medición de forma independiente a las diferentes configuraciones eléctricas.

El American National Standard Institute (ANSI), por medio de publicaciones, hace del conocimiento de los interesados en sistemas de medición, las figuras de los diagramas esquemáticos

de alambrado interno correspondiente a cada forma.

La asignación de formas unicamente toma en cuenta los diagramas de alambrado y conexiones internas del medidor y el arreglo de los terminales de entrada y salida del mismo. Por esto, se puede encontrar medidores de distintas clases y voltajes para una misma forma.

Cabe mencionar que para el Medidor Electrónico Digital Tipo FULCRUM, se tiene un nivel de tolerancia en cuanto a variaciones de voltaje de entre -20% y +10% sin perder en absoluto su precisión. Esto es válido para cualquier Voltaje nominal de funcionamiento de estos Medidores. Como ejemplo se puede tomar el caso de un Medidor cuyo voltaje nominal sea de 120 Voltios. Este Medidor podría trabajar perfectamente con variaciones de voltaje de entre 96 voltios y 132 voltios. Aunque en pruebas de campo se ha podido observar que su tolerancia es aún mayor.

#### **1.1.5.1. Sufijos "A" y "S"**

Es conveniente hacer la observación de que en la especificación de la forma de un medidor, esta se acompaña de los sufijos "A" y "S". A continuación se encuentra la explicación de lo que significan estos:

**"A"** : Se aplica a los medidores en los cuales las conexiones del

circuito a ser censado se hace por medio de tornillos situados en la parte baja frontal de la base, donde se encuentran los terminales de las bobinas.

"S" : Se aplica a los medidores que se montan en bases metálicas en las cuales existen conectores tipo socket, correspondientes a los que se encuentran en la parte posterior del medidor. Por medio de estos conectores, el medidor puede ser conectado y desconectado con gran facilidad y corto tiempo. En las figuras 1.2 y 1.3 puede observarse las bases tipo "S" y "A" respectivamente.

**PALANCA DE ACCIÓN DE LOS  
INTERRUPTORES DE RESET Y MODO ALTERNO**

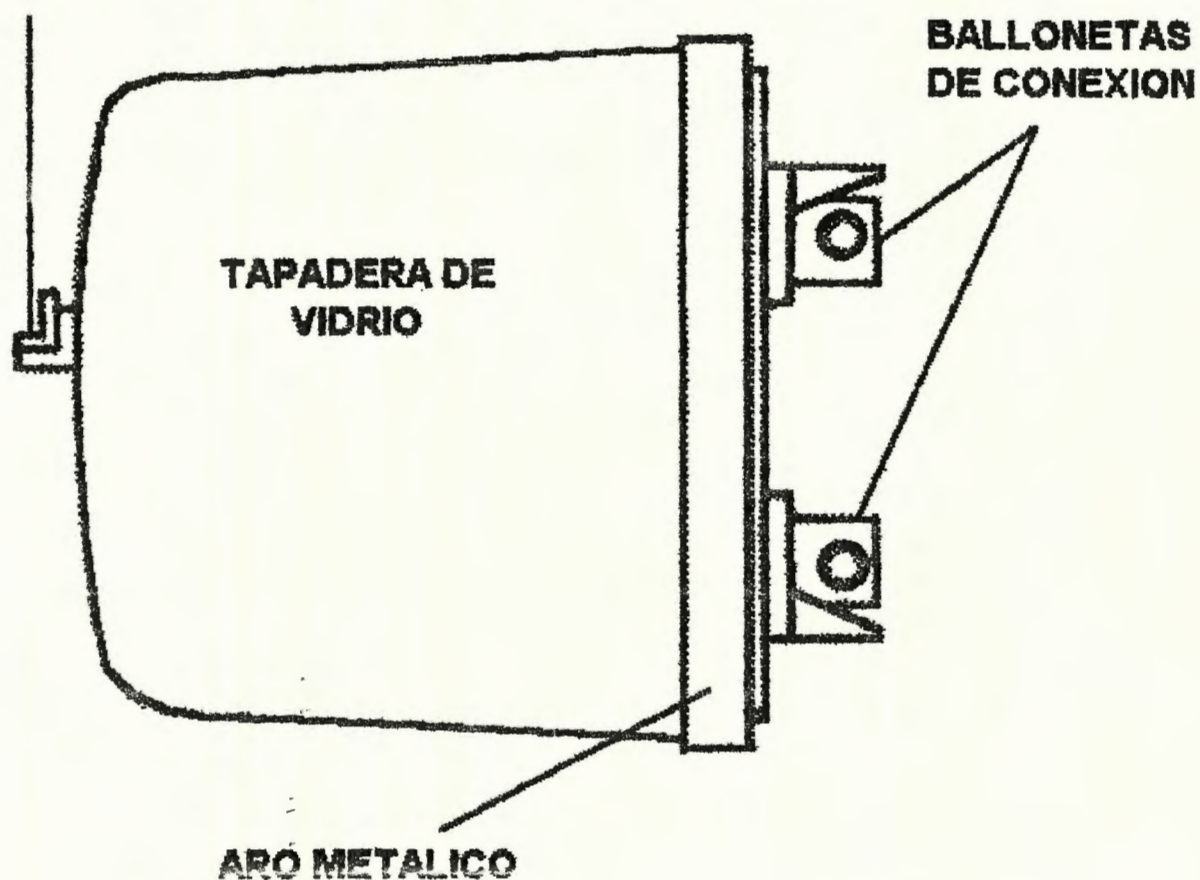


FIGURA 1.2. MEDIDOR CON BASE TIPO "S"

**PALANCA DE ACCION DE LOS INTERRUPTORES  
DE RESET Y MODO ALTERNO**

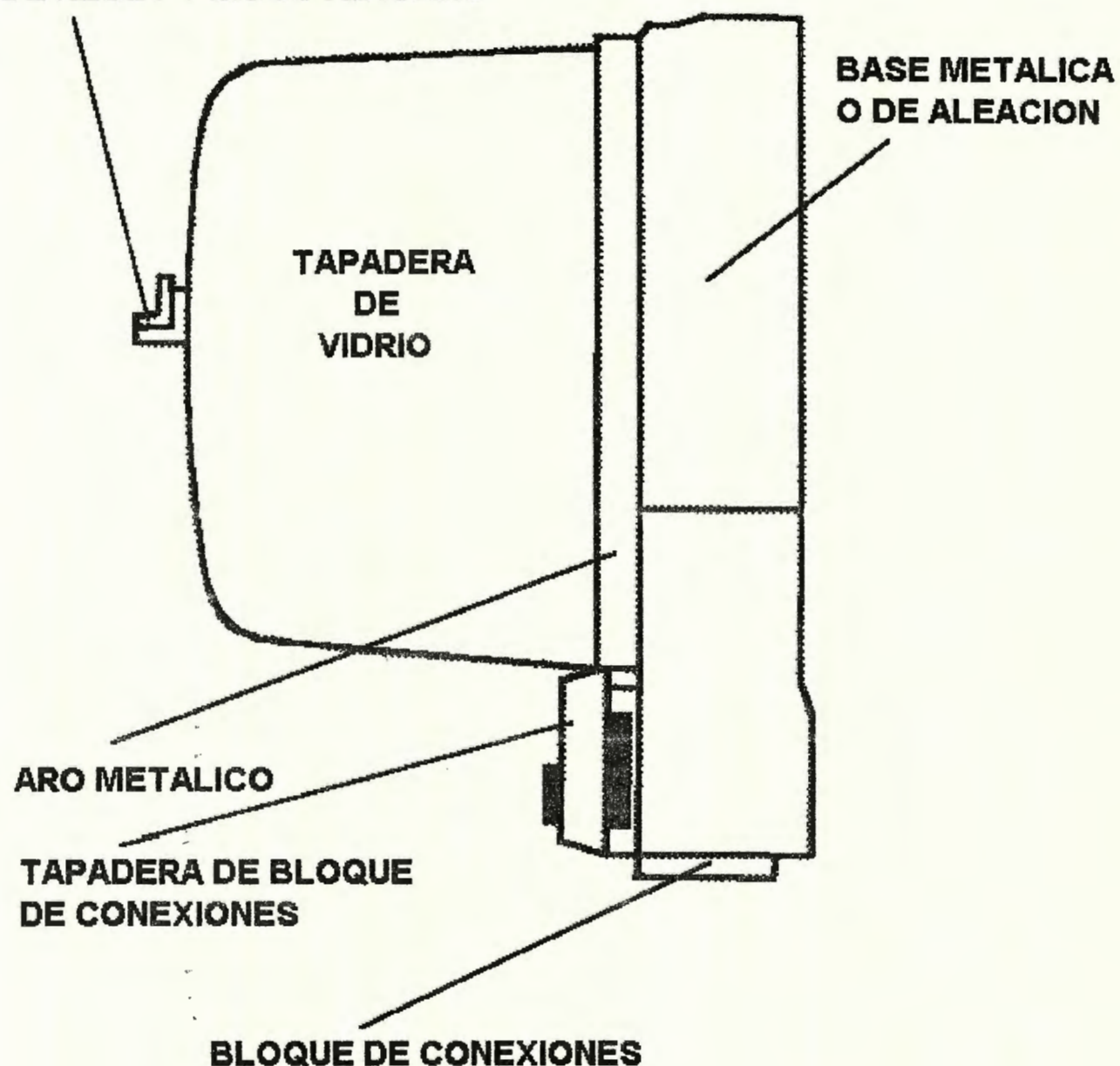


FIGURA 1.3. MEDIDOR CON BASE TIPO "A"

### 1.1.5.2. Formas Existentes en la Actualidad

En el cuadro 1.1, se presenta en forma resumida las formas de medidores existentes en la actualidad. En el mismo cuadro se puede apreciar la configuración del circuito para el cual está diseñada cada forma, también se encuentra definido el número de elementos de que consta cada forma, así como del número de bobinas de voltaje y de corriente que la componen.

En las figuras de la 1.4 a la 1.11, se encuentran los diagramas esquemáticos de las formas en que es fabricado el medidor electrónico tipo FULCRUM, y de las conexiones externas desde la línea hasta él.

Los diagramas se dan por separado para las formas tipo "S" y "A", para una mejor apreciación de las diferencias entre estos. Sobre la base de la forma "5S" se puede observar la parte posterior del medidor con las conexiones internas.

CUADRO 1.1. FORMAS DE MEDIDORES EXISTENTES ACTUALMENTE

FORMA	CONFIGURACION	NUMERO DE ELEMENTOS	BOBINAS DE VOLTAJE	BOBINAS DE CORRIENTE
1A Y 1S	MONOFASICA A 2 HILOS*	1	1	1
2A Y 2S	MONOFASICA A 3 HILOS*	1½	1	2
3A Y 3S	MONOFASICA A 2 HILOS	1	1	1
4A Y 4S	MONOFASICA A 3 HILOS	1½	1	2
5A Y 5S	DELTA A 3 HILOS	2	2	2
6A Y 6S	ESTRELLA A 4 HILOS	3	2	4
7A Y 7S	ESTRELLA A 4 HILOS	3	2	4
8A Y 8S	DELTA A 4 HILOS	2½	2	3
9A Y 9S	ESTRELLA A 4 HILOS	3	3	3
10A Y 10S	ESTRELLA A 4 HILOS	3	3	3
11A Y 11S	DELTA A 4 HILOS	3	3	3
12A Y 12S	ESTRELLA A 4 HILOS*	2	2	2
13A Y 13S	DELTA A 3 HILOS*	2	2	2
14A Y 14S	ESTRELLA A 4 HILOS*	3	2	4
15A Y 15S	DELTA A 4 HILOS*	2½	2	3
16A Y 16S	ESTRELLA A 4 HILOS*	3	3	3
18A Y 18S	MONOFASICO A 5 HILOS	3	2	4

\* MEDIDORES AUTOCONTENIDOS

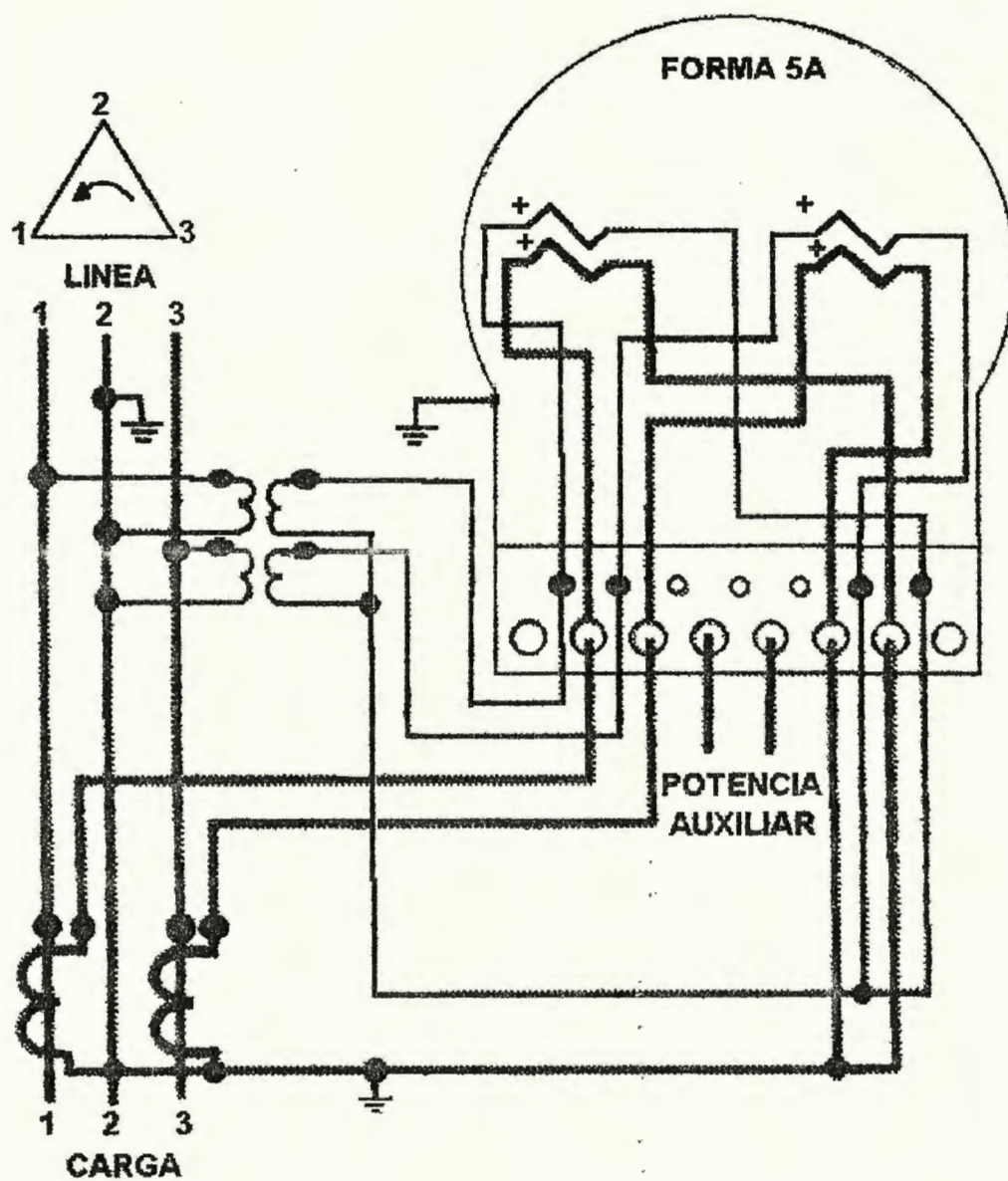


FIGURA 1.4. FORMA 5A

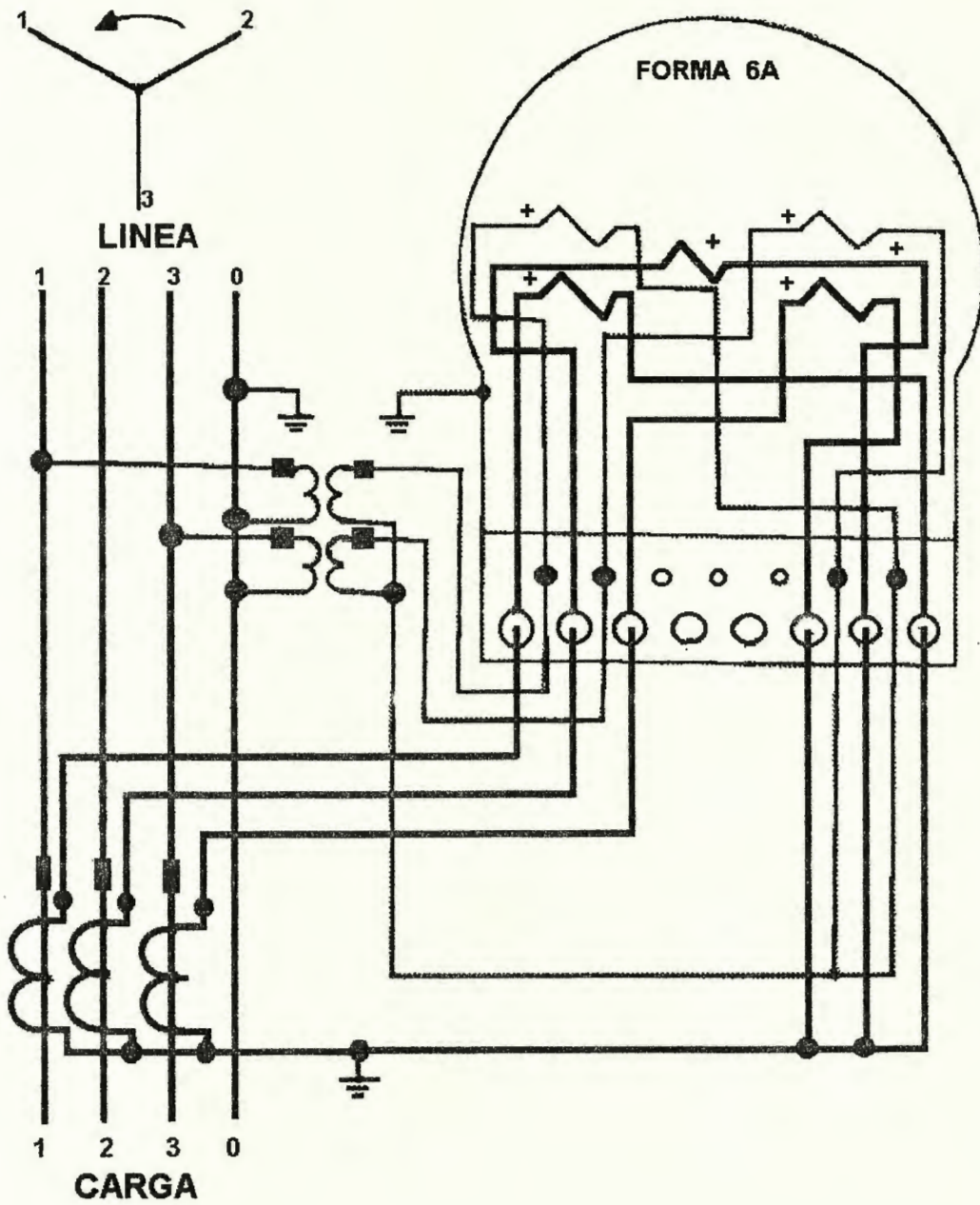


FIGURA 1.5. FORMA 6A

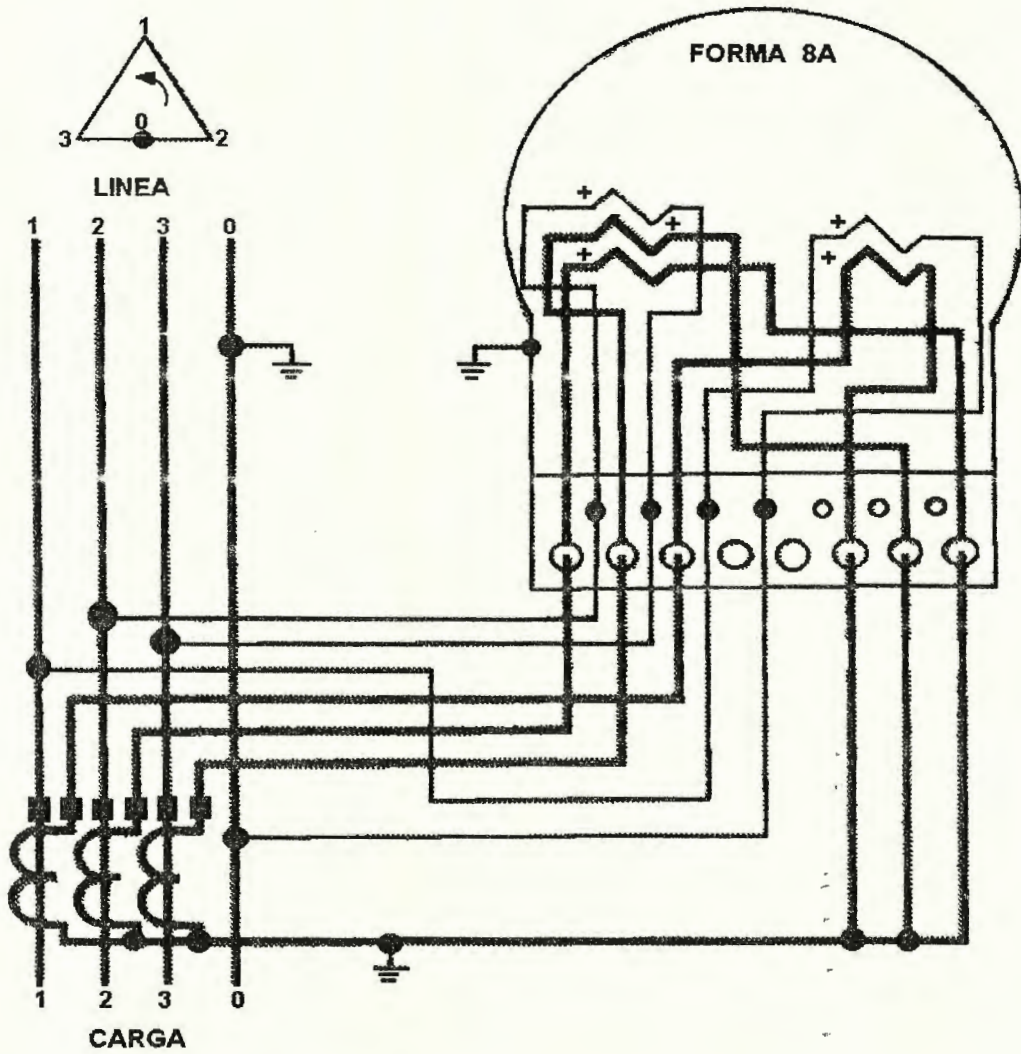


FIGURA 1.6. FORMA 8A

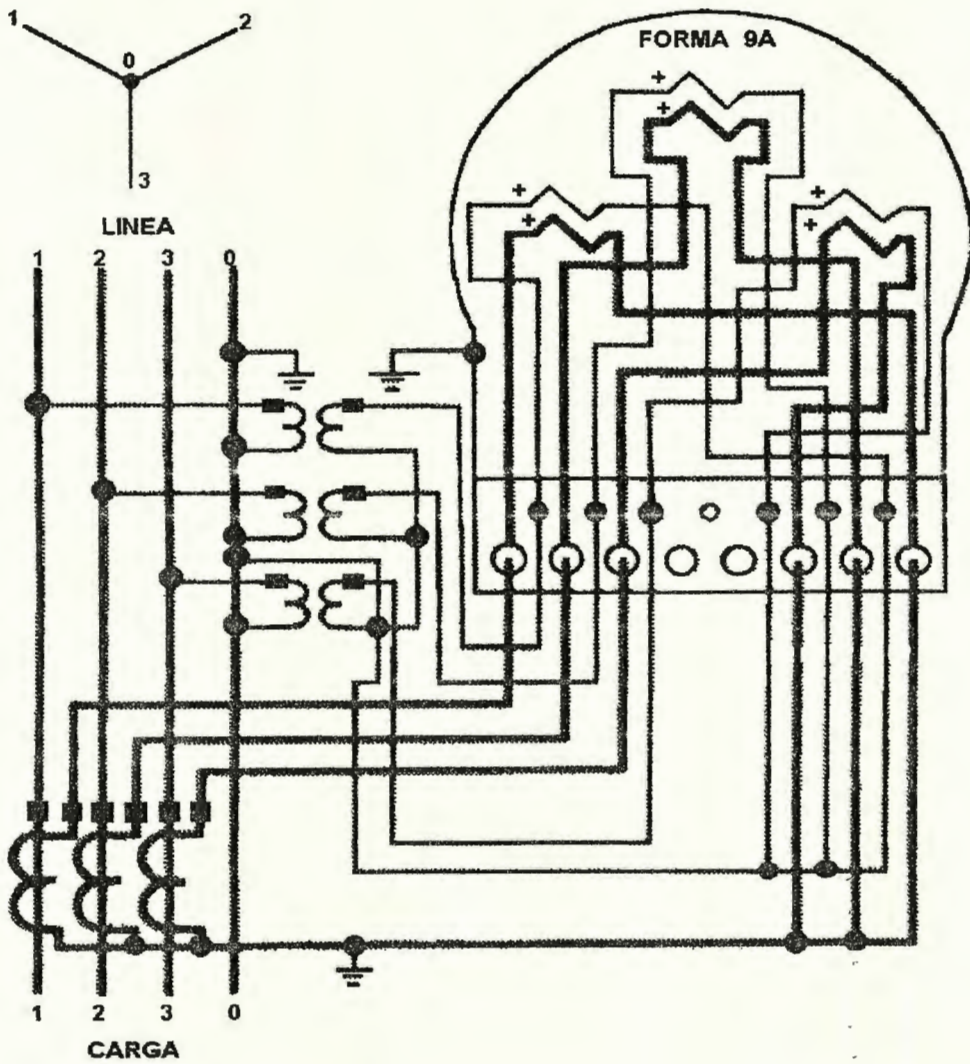


FIGURA 1.7. FORMA 9A

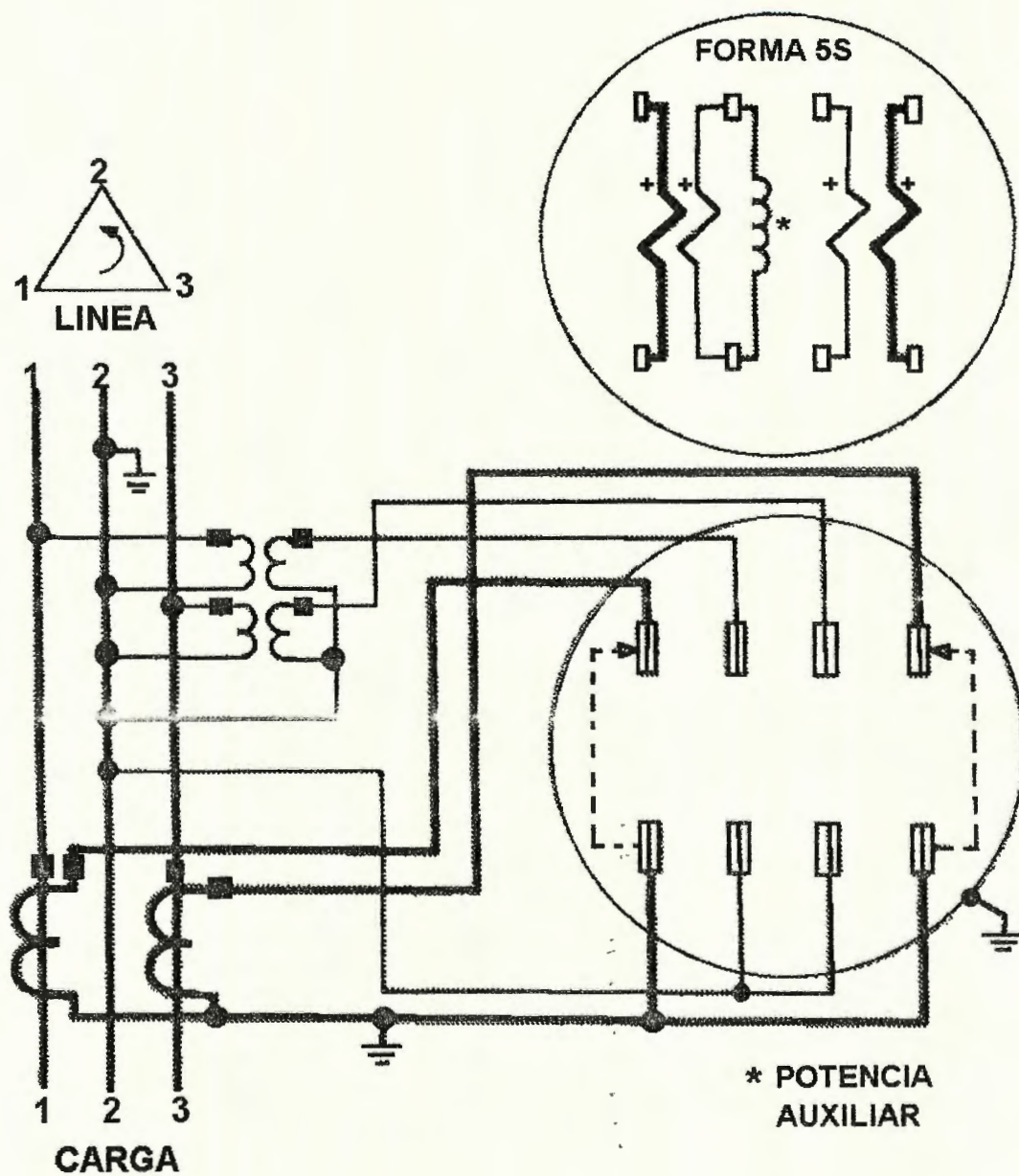


FIGURA 1.8. FORMA 5S

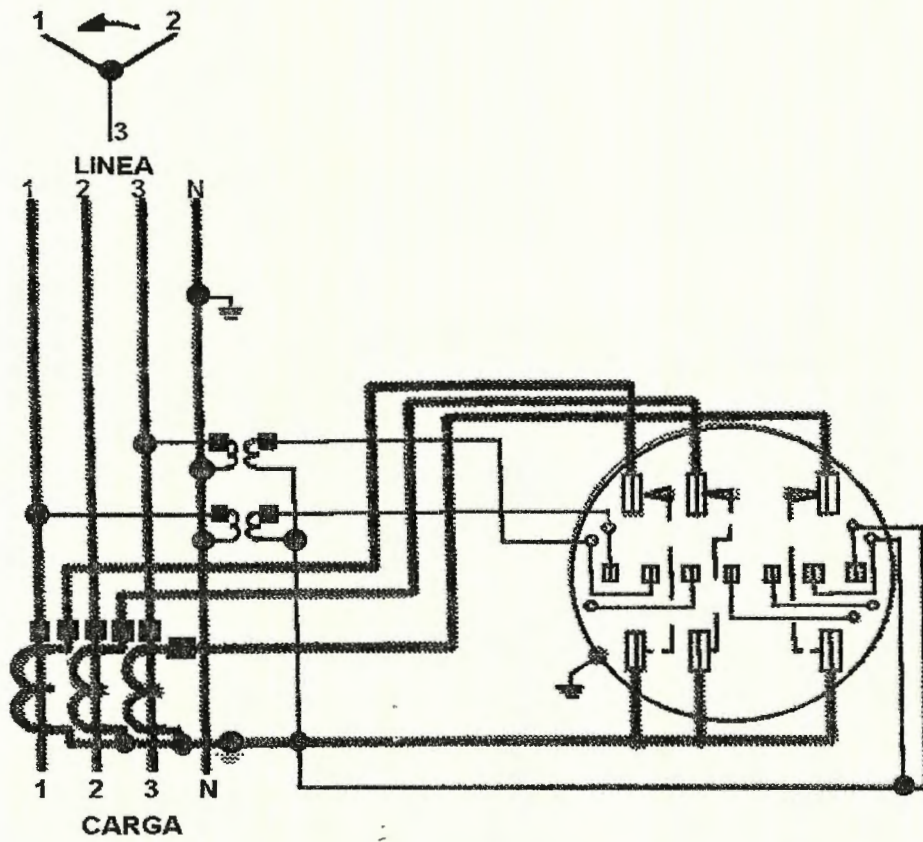


FIGURA 1.9. FORMA 6S

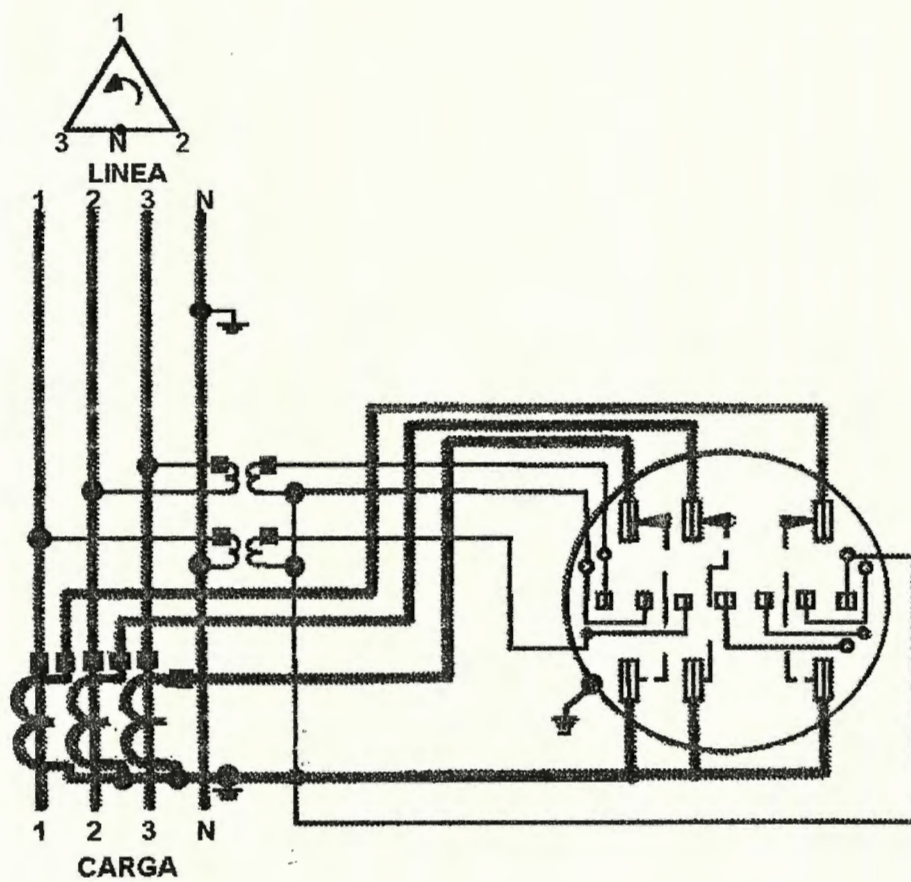


FIGURA 1.10. FORMA 8S

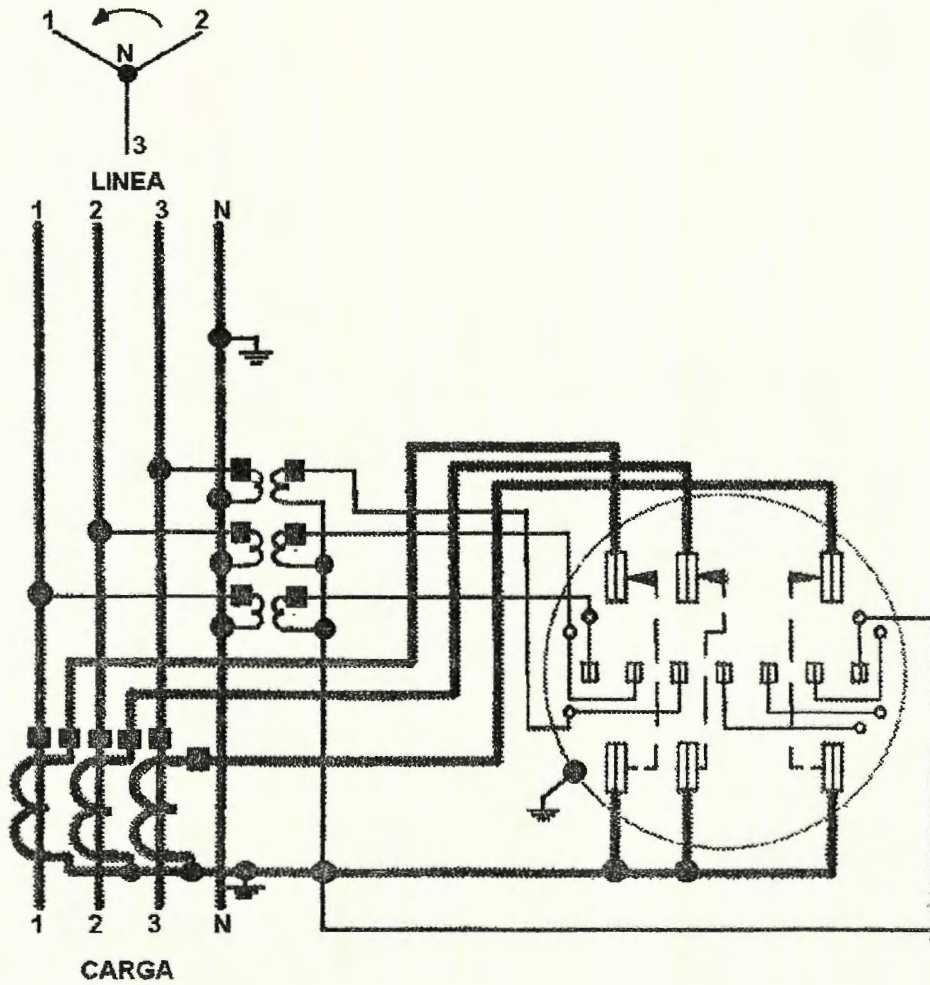


FIGURA 1.11. FORMA 9S

### 1.1.6. Características del Medidor Electrónico Tipo FULCRUM

El Medidor electrónico tipo FULCRUM es un equipo electrónico con tecnología de muestreo análogo/digital para aumentar y mejorar su capacidad para registrar los parámetros eléctricos necesarios para una satisfactoria medición de cantidades eléctricas tales como potencia real, reactiva y aparente, voltaje y corriente.

En cuanto a sus características tenemos, como ya se explicó anteriormente que su tolerancia de voltaje es de entre -20% y +10%. El rango de corriente de diseño es desde 25 mili-Amperios hasta la corriente nominal de su Clase. Su frecuencia de operación está en el rango de 47 a 63 Hertz. Soporta una humedad ambiental de entre 0 y 95%. La temperatura ambiente de operación y almacenaje puede oscilar entre -40°C y 85°C. Su exactitud es de 1%, con límites máximos de error de  $\pm 0.5\%$ .

Con una computadora compatible y el Software de programación, el medidor puede ser programado para proveer los datos de información y facturación deseados, que van desde los valores tradicionales de kWh, kVARh, kVA, kW, etc. hasta valores promedio de factor de potencia, demanda promedio, incluyendo cálculos de la demanda y energía debidas a la tercera armónica.

### **1.1.7. Módulos del Medidor Electrónico Tipo FULCRUM**

El Medidor Electrónico Tipo FULCRUM consta de módulos individuales, contenido cada uno dentro de un receptáculo plástico, como se observa en la Figura 1.12. La función de cada uno de estos módulos es:

#### **1.1.7.1. El Módulo de la Base**

Consiste de una base de medidor, ya sea tipo "A" o de tipo "S", con los transformadores de Corriente y de Potencial internos y la fuente de poder para el autoconsumo (de 8 a 10 VA), la que se alimenta desde la fase A de potencial. El Módulo de la Base puede variar dependiendo de la forma del medidor.

#### **1.1.7.2. El Módulo de Registro**

Consiste de dos tabletas de circuitos. Una recibe las señales de voltaje y corriente de entrada desde el Módulo de la Base, y realiza todos los cálculos necesarios. La otra tableta contiene la Pantalla de Cristal Líquido ( LCD, Siglas en inglés de Liquid Crystal Display ) y los interruptores mecánicos cuyo acceso es desde el frente del medidor. Es en este módulo en donde están las opciones de Memoria Masiva, Demanda y TOU.

El diseño de tipo modular surge por la necesidad de acceder y de

no interrumpir las funciones del medidor, y también de cumplir con el objetivo de obtener un rápido retiro y sustitución de cualquier módulo defectuoso. Todos y cada uno de estos están provistos de conectores especiales, y son intercambiables entre un medidor y otro, siempre y cuando sean de la misma forma.

Los módulos están protegidos de la intemperie por una tapadera ya sea de vidrio o de policarbonato, en la cual están localizados el conector óptico y la palanca de acceso a las funciones reset (reposición) y Altern (Secuencia alterna de datos).

El interruptor de "reset" o reposición realiza la reposición de valores de demanda máxima, pico, coincidental y el factor de potencia promedio. Esta reposición es necesario hacerla al finalizar cada período de facturación. El valor inicial de la demanda máxima después de cada reposición es de cero; y el del factor de potencia es de 1. A partir de esta reposición empieza el medidor a promediar para el factor de potencia y a registrar máximo valor para la demanda máxima.

Para poder entender la función del interruptor de "modo alterno" es necesario explicar antes que el medidor FULCRUM puede operar en tres "modos", los cuales son el "modo normal", el "modo alterno" y el "modo de prueba".

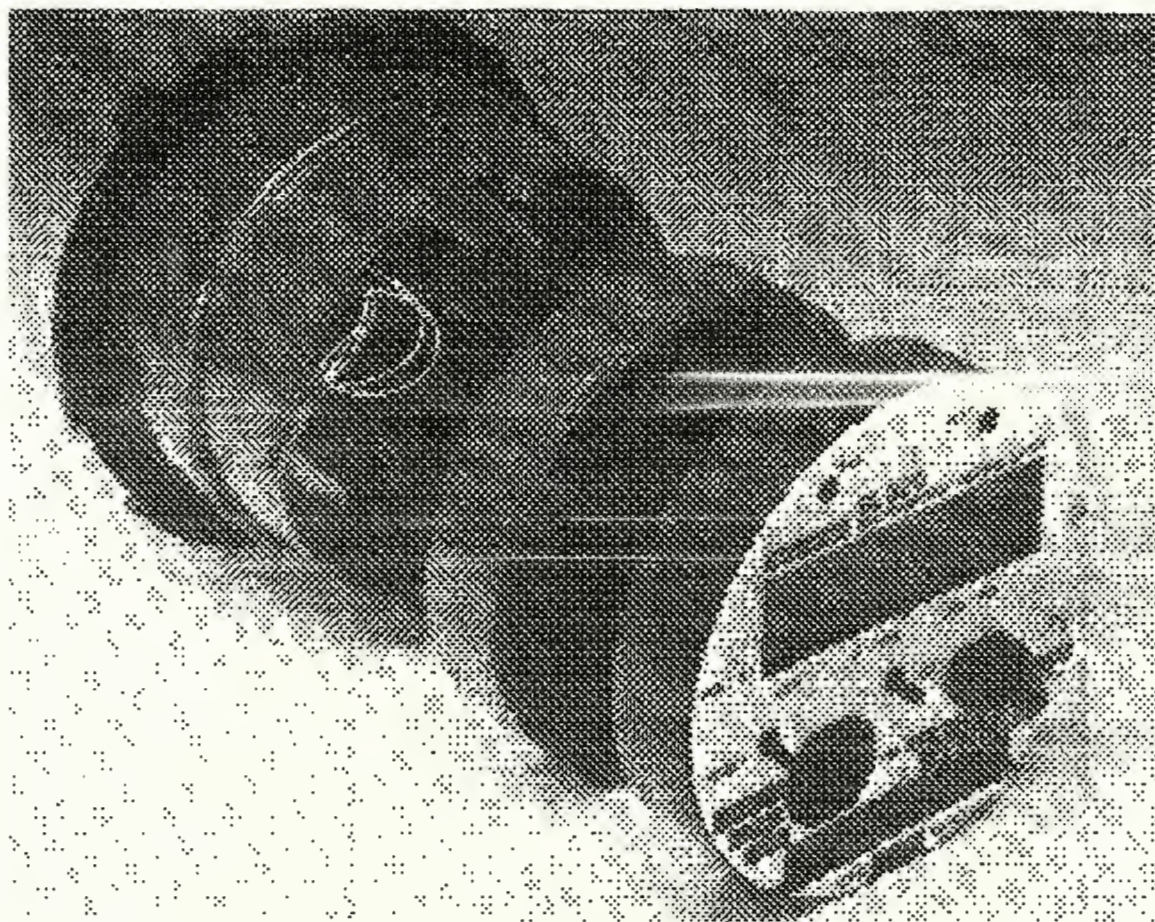


FIGURA 1.12. FORMA MODULAR DEL MEDIDOR FULCRUM

Desde que el medidor FULCRUM es energizado, este opera en el modo normal. Los datos mostrados en la pantalla cambian según la secuencia de programación. Esta secuencia de pantallas se repite

una y otra vez indefinidamente hasta que la secuencia del modo alterno y/o el modo de prueba es accesado.

El modo alterno es una secuencia de datos que no aparecen en la pantalla del medidor a menos que el interruptor sea accionado. Una vez ha sido activado, en la pantalla aparece una secuencia de datos que han sido programados en esta función. La diferencia con el modo normal es que la secuencia solamente aparece una vez en la pantalla, y es necesario activar nuevamente el interruptor de modo alterno para que la secuencia se repita.

El modo de prueba es activado por medio de una palanca situada a la derecha de la pantalla de cristal líquido, al desplazarla hacia la izquierda. Este modo puede ser accesado ya sea cuando el medidor se encuentre en modo normal o alterno. Mientras opere en modo de prueba, en la pantalla permanecerá cada cantidad elegida para éste hasta que se cambie en forma manual a la siguiente cantidad. Entre las cantidades que se pueden programar en este modo están el tiempo de intervalo, número de subintervalos, prueba del KH, etc.

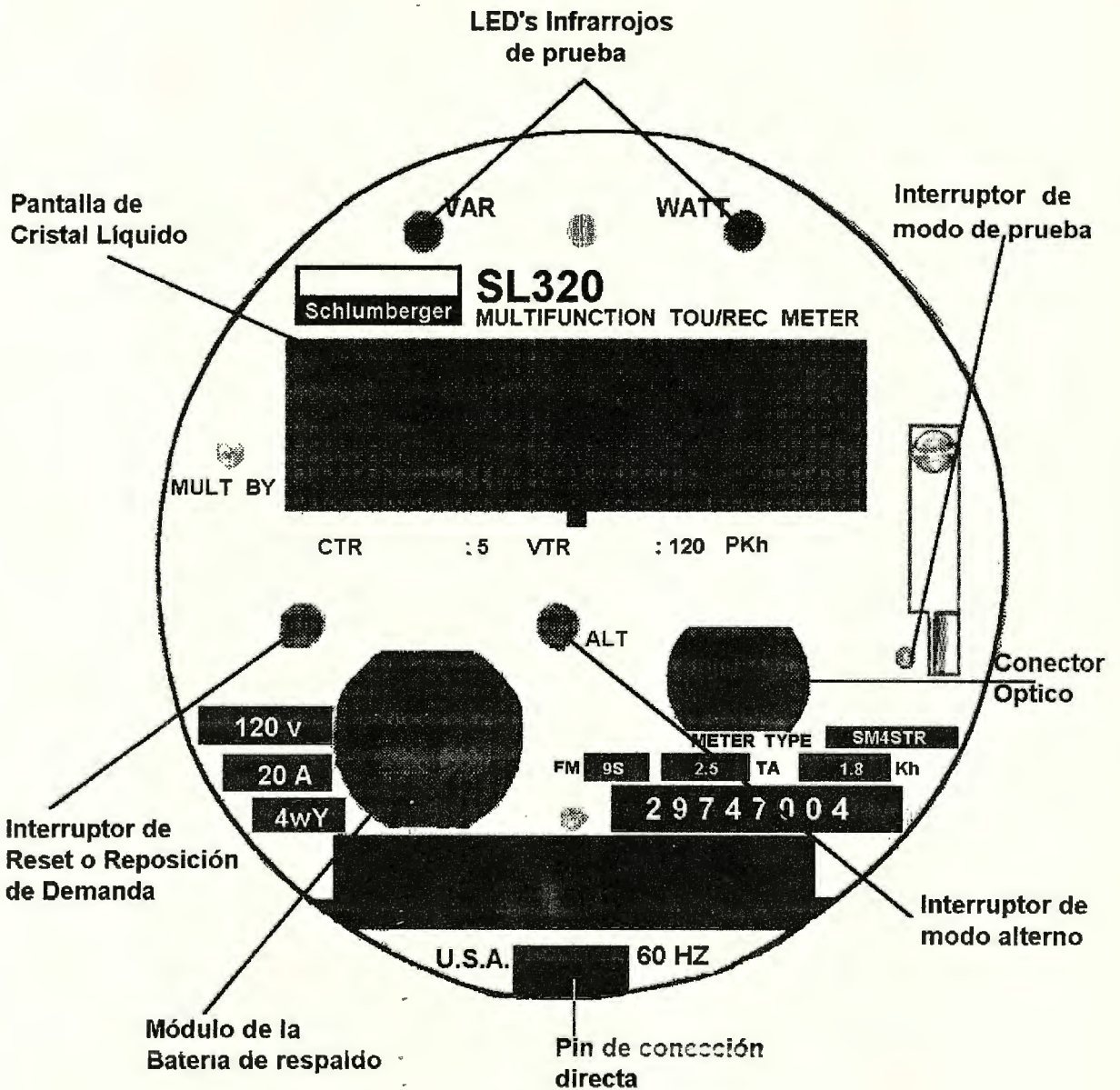


FIGURA 1.13. CARATULA DEL MEDIDOR FULCRUM

### **1.1.8. Opciones del Medidor Electrónico Tipo FULCRUM**

El Medidor Electrónico Tipo FULCRUM, como cualquier medidor, puede ser solicitado al fabricante con opciones extras que el usuario considere pertinentes y útiles para sus intereses. Aunque las opciones con que cuenta éste van mucho más allá que las de cualquier medidor. Entre las opciones que presenta encontramos, las más importantes, la Demanda, el Tiempo de Uso (TOU), la Memoria Masiva y el Modem. Las que se expondrán a continuación corresponden a las opciones con las que cuentan los medidores FULCRUM a implementar en El Salvador por CEL y las Compañías Distribuidoras.

#### **1.1.8.1. Opción de Demanda**

La opción de Demanda en el Medidor Electrónico Tipo FULCRUM permite el conocimiento de ésta en varias modalidades. La demanda puede ser presentada en potencia aparente (kVA), potencia real (kW) o en potencia reactiva (kVAR). Además puede reconocer distintas demandas para cada horario de la multitarifa a la cual puede ser programado. El conocimiento de la demanda promedio de un circuito es posible obtenerlo con esta opción, así también la demanda coincidental y la instantánea.

### 1.1.8.2. Tiempo de Uso (TOU)

La Opción de Tiempo de Uso o TOU requiere una circuitería adicional en el módulo de Registro/Medición para guardar la información del horario de TOU, y una batería como soporte para que durante las pérdidas de energía no se pierda el tiempo real.

Cuando se usan las funciones de TOU, los registros de energía y demanda son separados en bloques de tiempo durante el día. Cada bloque es asignado a uno de cuatro períodos posibles de programación. Además de estos cuatro períodos, un registro total de la energía y demanda está siempre disponible. Cada uno de estos períodos u horarios diarios puede o no ser tomado a la hora de programar el Medidor. O sea que pueden programarse el número de horarios necesarios, con un máximo de cuatro horarios diarios y uno general.

La opción de TOU, además de los cuatro horarios diarios con que cuenta, tiene la posibilidad de programación de otros horarios. Estos son los registros por día, en los cuales se pueden diferenciar los días de semana de los sábados, los domingos y los días feriados. Otro es el registro por temporada. Puede haber hasta ocho temporadas distintas programadas en un año.

El registro de días Feriados es otro, en el cual pueden programarse hasta sesenta días feriados en el año.

El Tiempo de Uso o TOU, es una opción que permite, en primer lugar, la posibilidad de la aplicación de multitarifas ya que, como se ha dicho antes, habilita la capacidad de programación del medidor en diferentes horarios. Al hacer esto, puede dividirse el día, la semana o el año en diferentes períodos durante los cuales puede haber diferencias importantes tanto para el consumidor como para la Compañía Distribuidora.

#### **1.1.8.3. Memoria Masiva (Mass Memory)**

La opción de Memoria Masiva provee hasta 72k bytes de memoria RAM para el almacenaje interno de datos. La cantidad de RAM usada para esto es programable desde uno hasta 72k bytes, en incrementos de un kbyte.

En la Memoria Masiva se encuentra el reloj interno del Medidor, el cual puede sincronizarse con la Frecuencia de la línea o con su propio oscilador de cristal, que tiene una exactitud de  $\pm 0.02\%$ . En nuestro medio se opta normalmente por este último debido a la Frecuencia del sistema muy variable.

La Memoria Masiva guarda los datos en base a bloques de intervalos. El tamaño del intervalo puede ser programable en 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, o 60 minutos. El tamaño del intervalo es el mismo para todos los canales.

El medidor puede ser programado para tener 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, u 8 canales de archivo de datos. Cada canal corresponde a una cantidad de medición que se selecciona durante el proceso de programación. El Medidor FULCRUM guarda los datos en forma de pulsos en la Memoria Masiva al final de cada intervalo.

En base a lo anterior, se puede observar que la función principal de la Memoria Masiva es la de guardar la información que el Medidor registra, la cual puede ser leída en cualquier momento por un Lector/Programador o una PC. Estos datos pueden servir al momento de necesitar conocer el comportamiento en el tiempo de un usuario o un circuito en particular, ya que entre las cantidades programadas en los canales de la Memoria Masiva pueden estar las corrientes, el voltaje, la demanda, la energía, etc.

#### **1.1.8.4. Batería de Respaldo**

En casos de pérdida de energía en el sistema de potencia del circuito al cual está conectado el Medidor, existe la opción de la Batería de Respaldo, la cual permite mantener energizado el circuito correspondiente a la Memoria Masiva para que esta pueda mantener almacenados los datos sin riesgo a que se pierdan por falta de energía.

La Batería de respaldo tiene una vida útil de 10 años, y puede mantener energizado los circuitos electrónicos durante 70 días

cuando existe la opción de Memoria Masiva. Por motivos de mantenimiento de la batería, la Memoria Masiva reposiciona todos los datos a cero cuando la batería ha funcionado durante 45 días consecutivos, el medidor entonces será necesario programarlo.

#### **1.1.8.5. MODEM**

El MODEM es una opción de alta tecnología en los Medidores FULCRUM. Esta opción permite la comunicación directa del Medidor con la estación maestra de procesamiento de datos del usuario de éste. En el proceso de programación existe una parte en la cual es posible planificar los días y hora a la cual se desee que esta comunicación se lleve a cabo.

Durante el proceso de comunicación el Medidor transfiere los datos que permanecen guardados en los archivos de su Memoria Masiva a la Estación Maestra. Esta comunicación es bidireccional. Por medio de esta comunicación se puede realizar la operación de "Reset", o inicializar el Medidor con una nueva programación, todo esto sin la necesidad de trasladarse hasta el lugar de operación del mismo. Esto puede ahorrar tiempo y dinero en gran medida, ya que elimina costos de personal, transporte y equipo de lectura/programación portátil.

En El Salvador, debido a la falta de una infraestructura adecuada de telecomunicaciones, esta opción no es posible ponerla en

funcionamiento por el momento, pero representa una ventaja potencial para lograr una mayor eficiencia en el sistema de mediciones eléctricas en el futuro.

#### **1.1.9. Módulos de circuitos electrónicos del medidor.**

El medidor FULCRUM consta básicamente de tres Módulos de circuitos electrónicos, como ya había sido expuesto anteriormente. Estas son: a) El Módulo del circuito de la Fuente de Poder; b) El Módulo del Circuito del Microcontrolador; y c) El Módulo del Circuito de la Pantalla.

##### **1.1.9.1. Módulo del Circuito de la Fuente de Poder.**

El Módulo del Circuito de la Fuente de Poder suministra los  $\pm 5$  VDC para todos los circuitos análogos y digitales dentro del FULCRUM. Adicionalmente contiene dos filtros capacitores los cuales proveen la energía necesaria para guardar la información en la EEPROM durante condiciones de pérdida de potencia del sistema. En la Tableta del Circuito de la Fuente de Poder también se encuentran instalados los circuitos encargados de censar la corriente y el voltaje de la línea, y la interfase de lectura automática del medidor.

### **1.1.9.2. Módulo del Circuito del Microcontrolador**

El Módulo del Circuito del Microcontrolador (MCB, por sus siglas en inglés de Micro-controller Circuit Board), contiene los circuitos de control del procesamiento y de las funciones digitales. También contiene los circuitos de las memorias volátiles y no volátiles, así como también el circuito de tiempo real, los puertos de comunicación, y LEDs de prueba.

El Microcontrolador es una parte muy importante del medidor, es en éste donde se hace la "traducción" de la señal analógica a digital y donde se llevan a cabo todos los procesos necesarios para el funcionamiento del medidor.

### **1.1.9.3. Módulo del Circuito de la Pantalla.**

El Módulo del Circuito de la Pantalla está contenido dentro del módulo de Medición/Registro. La Tableta de la Pantalla consiste básicamente de la Pantalla de Cristal Líquido (LCD), el controlador de la pantalla y una serie de interruptores de control de medición y registro.

## **1.2. TRASDUCTORES**

### **1.2.1. Definición de Transductor**

Se conoce por transductor a todo dispositivo que es capaz de convertir una señal o información de una forma a otra. Los transductores son utilizados en una amplia gama de ciencias. Una de sus principales aplicaciones en el campo de las mediciones, es para el voltaje y la corriente como cantidades.

### **1.2.2. Transductores en el medidor electrónico**

En el medidor electrónico, como en casi todo sistema de medición, se encuentran transductores que hacen posible su operación. Estos transductores cumplen dos funciones esenciales, la primera es transformar las cantidades a medir, en este caso la corriente y/o el voltaje del sistema a magnitudes apropiadas para los cálculos del medidor, ya que estas cantidades, generalmente se tienen en magnitudes imposibles de procesar directamente.

La segunda función de los transductores dentro de los medidores electrónicos es la de cambiar la señal que se recibe en forma analógica a sistema binario para que pueda ser procesada de forma digital dentro de los módulos electrónicos del medidor.

### 1.2.2.1. Transformadores de instrumento

Se entiende por transformadores de instrumento aquellos que son utilizados exclusivamente para reducir la magnitud, en este caso el voltaje y la corriente, a valores manejables en el procesamiento por equipos, entre los que están los medidores electrónicos; éstos también son utilizados con medidores electromecánicos y equipos de protección.

Los Transformadores de instrumento pueden ser de corriente y de potencial. Los transformadores de corriente cumplen con el propósito de reducir la corriente del sistema que se desea mensurar a una magnitud apropiada para el medidor. Estos transformadores pueden ser de varios tipos dependiendo de su forma, tipo de aislamiento, nivel de voltaje, precisión, etc.

En el sistema de Distribución Rural de CEL, los valores de aislamiento a los cuales son diseñados los transformadores de corriente utilizados son de 15 y 0.6 kV. Utilizándose los de 15 kV para los sistemas de medición en primario o alta tensión ( 13.2 kV nominales para el sistema CEL ).

Los Transformadores de corriente con nivel de voltaje de 0.6 kV son utilizados en los sistemas de medición en secundario o baja tensión, los cuales son, en general, 480 V en Estrella o Delta, 240/120 V en Delta, 208/120 V en Estrella, 240/120 V Monofásico Trifilar, etc.

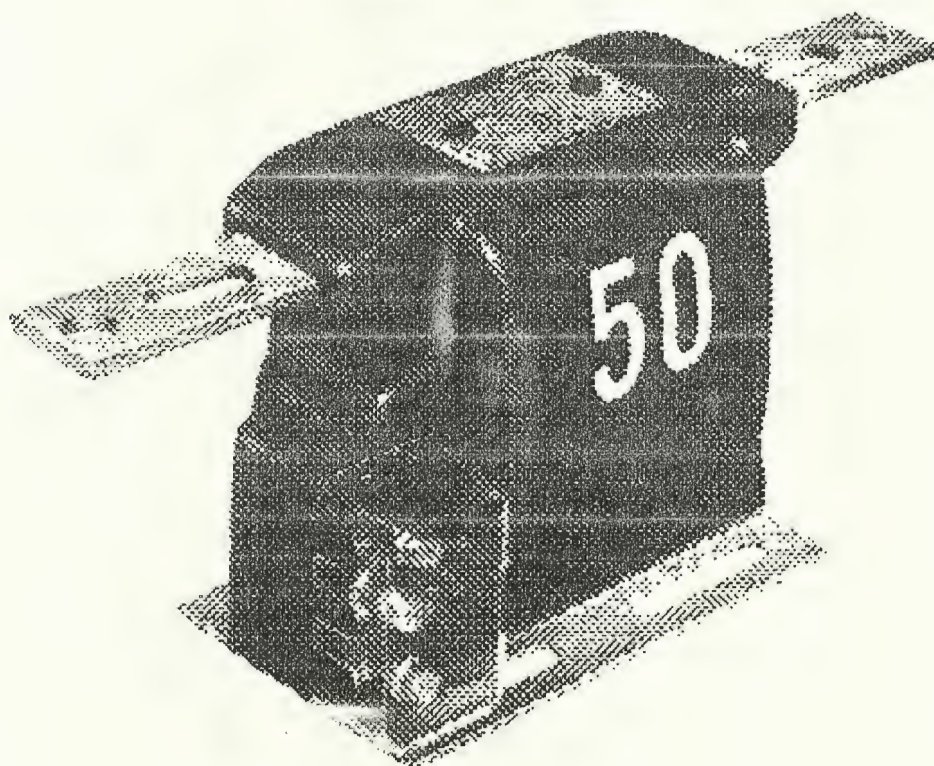
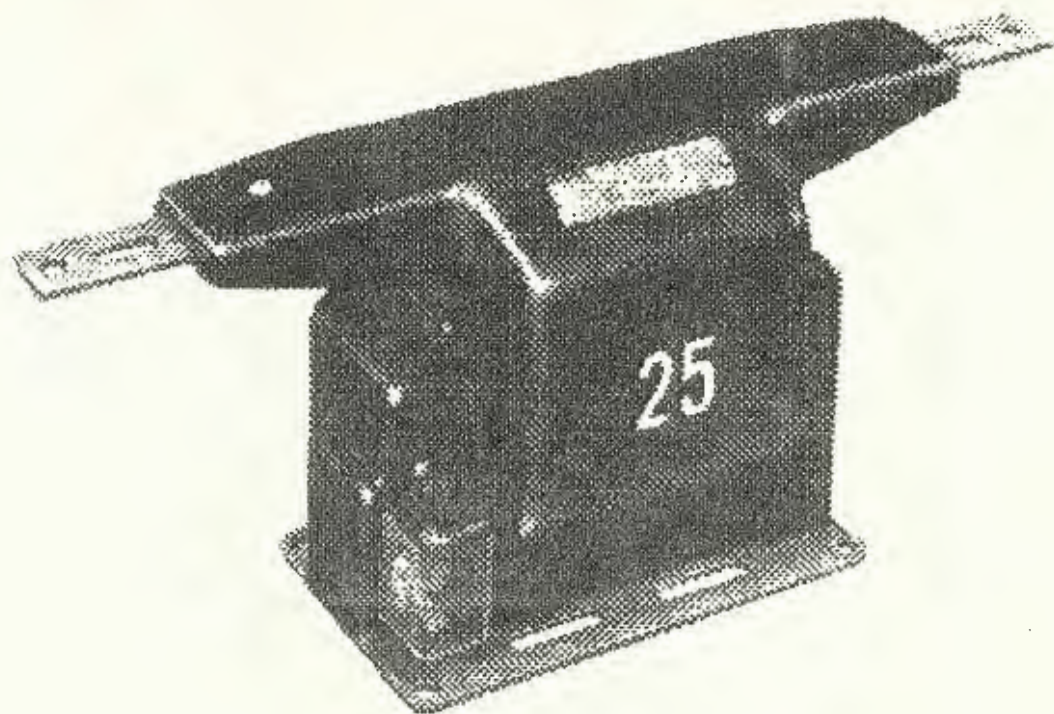


FIGURA 1.14. TRANSFORMADORES DE CORRIENTE PARA ALTA TENSION

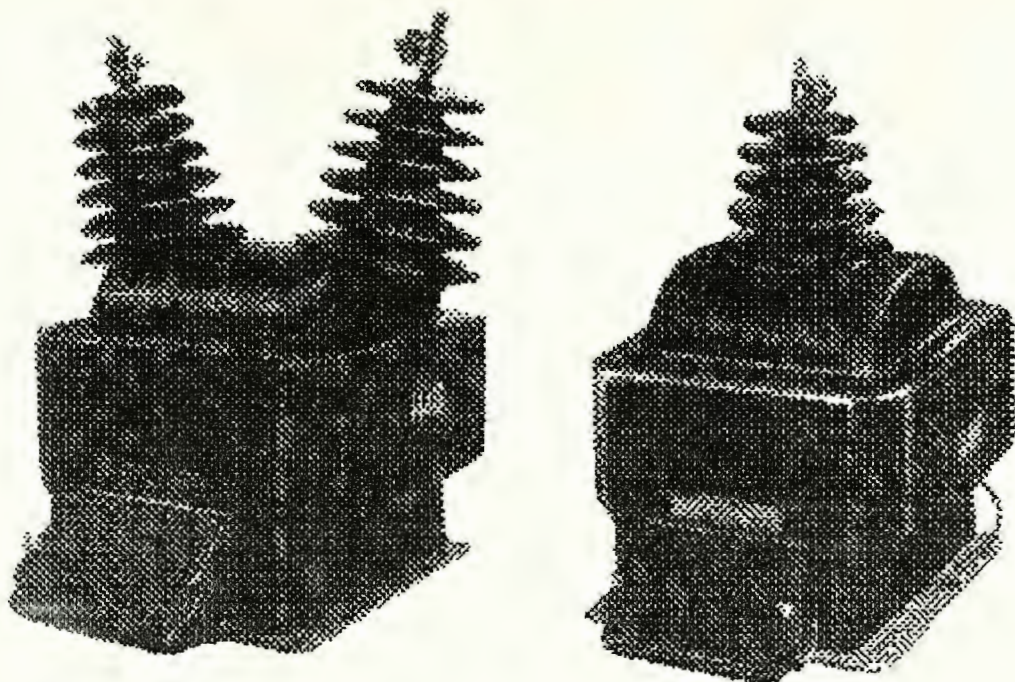
Los Transformadores de Potencial tienen el propósito principal de reducir el voltaje para energizar los circuitos de potencial del medidor, a la vez se logra la energización de toda la circuitería electrónica interna del mismo. El funcionamiento de la circuitería depende de la energización del elemento de potencial de la fase "A". Esto es válido para todas las configuraciones de este tipo de medidor.

Al igual que los Transformadores de corriente, los Transformadores de Potencial pueden obtenerse para alta y baja tensión en los voltajes que ya antes fueron especificados para baja tensión.

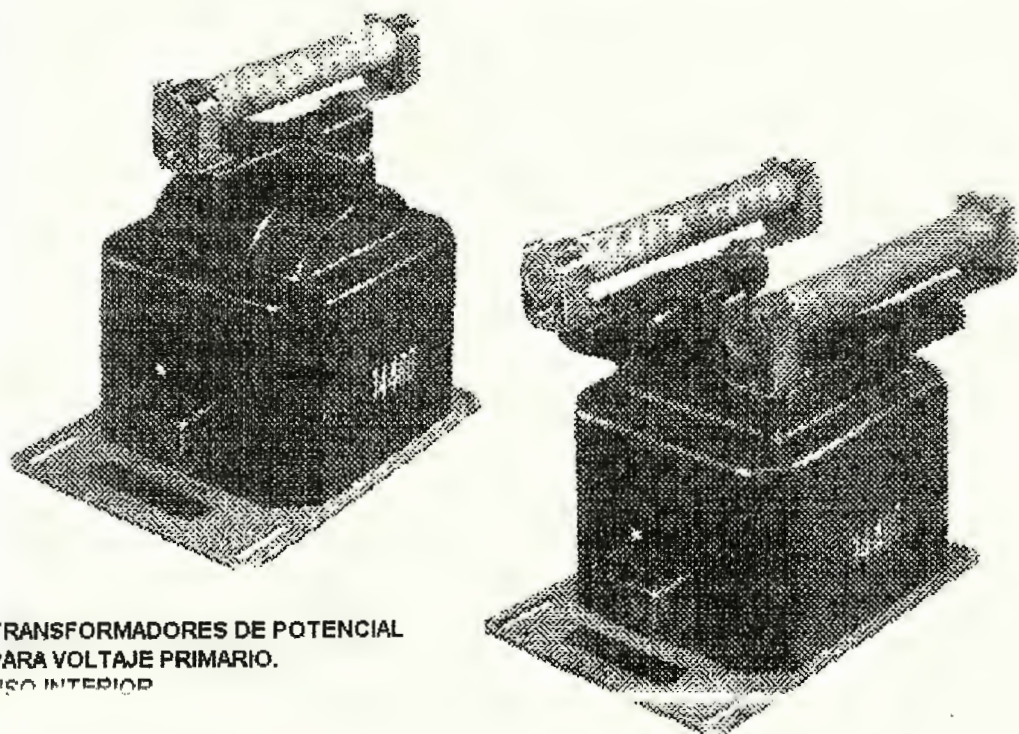
La exactitud de los transformadores de instrumento debe ser compatible con la de los equipos a los cuales auxiliarían, en este caso los Medidores Fulcrum. Para esto los fabricantes emiten catálogos donde se puede apreciar la exactitud de cada uno de estos equipos.

En el caso de los medidores electrónicos y su instalación en diferentes sistemas eléctricos, los transformadores de instrumento se pueden encontrar en dos formas distintas con respecto al medidor: internos y externos.

Los Transformadores de instrumento externos son aquellos que básicamente se han expuesto anteriormente, sirven de enlace directo entre la línea y la entrada del medidor.



TRANSFORMADORES DE POTENCIAL PARA VOLTAJE PRIMARIO  
USO EXTERIOR



TRANSFORMADORES DE POTENCIAL  
PARA VOLTAJE PRIMARIO.  
USO INTERIOR

FIGURA 1.15. TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Los transformadores de instrumento internos son aquellos que se pueden encontrar dentro del medidor mismo. Estos se encuentran instalados en su base y es donde llega la señal del sistema directamente.

Estos Transformadores están encargados de llevar la señal de entrada a valores que puedan ser procesados directamente por los circuitos electrónicos del medidor. Además de esto proveen la alimentación necesaria para los elementos electrónicos que lo necesiten para su correcto funcionamiento.

#### **1.2.2.2. Convertidor Análogo/Digital**

Otro transductor que funciona dentro del Medidor FULCRUM es el Conversor Análogo/Digital. La tarea de este es la de convertir la señal que recibe en forma analógica a sistema binario para su posterior procesamiento en forma digital en los circuitos electrónicos del medidor.

Este Convertidor está compuesto de una tableta electrónica sellada, cuyo funcionamiento será explicado con detenimiento en un apartado posterior.

## CAPITULO II

### 2. EL REGISTRO DE PARAMETROS EN EL MEDIDOR ELECTRONICO.

#### 2.1. TECNICAS DE MEDICION

##### 2.1.1. Selección de Fase

El cálculo de todos los valores de medición es hecho por separado para cada fase. Al inicio de cada ciclo de muestreo se selecciona el voltaje y la corriente de la fase "A" por medio de un multiplexor análogo. Este muestrea primero el voltaje de la fase "A" e inmediatamente después la corriente de la misma fase. El procedimiento es repetido de la misma forma para las fases "B" y "C" mediante la selección del canal apropiado del multiplexor selector de fase. Este procedimiento es el mismo para todos los Medidores FULCRUM sin importar voltaje nominal ni forma del mismo.

##### 2.1.2. Muestreo

El proceso de muestreo se inicia cuando se selecciona el canal de voltaje respectivo y se da la señal de "inicio de conversión" al convertidor Análogo-Digital. En ese momento el circuito de

muestreo censa la señal por 16 microsegundos y mantiene este valor en un pequeño capacitor de descarga. Mientras la señal está siendo mantenida por dicho capacitor, el convertidor A/D usa una técnica de aproximaciones sucesivas para determinar un valor digital correspondiente, el cual es guardado en un registrador para su posterior procesamiento.

Un proceso similar al anterior se repite para el muestreo de la corriente de entrada, usando un canal diferente del convertidor análogo/digital.

Para la selección de la muestra en la onda de voltaje y de corriente se utiliza una técnica llamada "Muestreo Migratorio" el cual se tratará con detalle en otra sección de este mismo capítulo.

### **2.1.3. Medición del Voltaje y la Corriente**

Durante el proceso de muestreo, los valores de voltaje y corriente de cada fase son elevados al cuadrado y guardados en su respectivo acumulador.

Al final del sexagésimo ciclo, cada acumulador contiene las sumas de los cuadrados de los voltajes y las corrientes para cada fase (Figura 2.1). Los contenidos de estos acumuladores son transferidos a la rutina de consumo donde son promediados

(divididos por 481, este valor se deriva de la técnica de Muestreo Migratorio) y es realizada la raíz cuadrada, los datos que se obtienen corresponden a los voltajes y corrientes RMS por fase. Al transferir la información, cada acumulador es repuesto a cero antes de que el primero de los siguientes 481 muestras sea tomada.

Cada uno de estos valores de corriente y voltaje pueden ser mostrados en pantalla por medio de la selección del parámetro apropiado de la secuencia de la pantalla en el momento de la programación del Medidor. El valor de lectura es el valor RMS calculado para los sesenta ciclos previos.

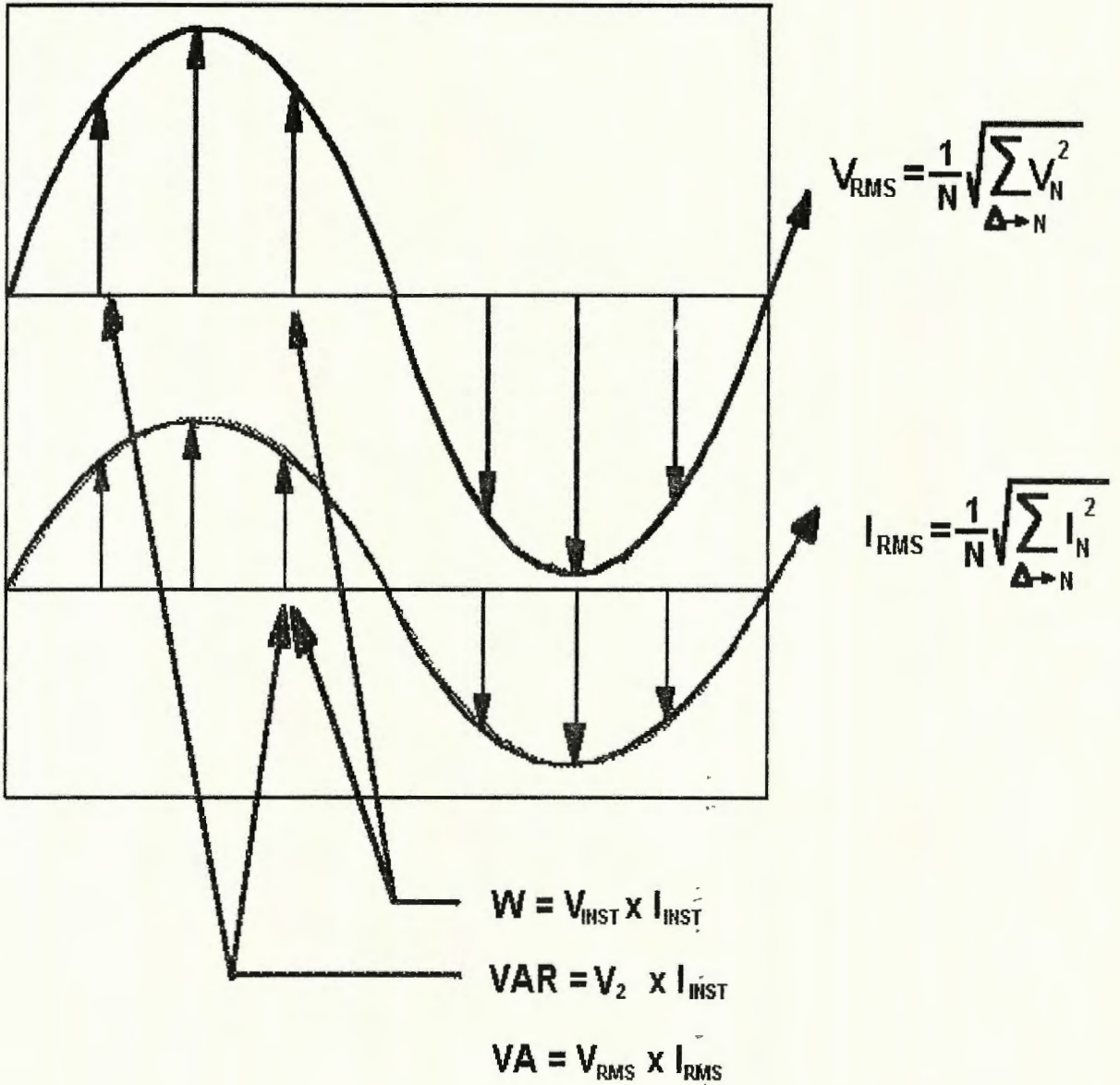


FIGURA 2.1. OPERACION DEL ACUMULADOR

#### 2.1.4. Medición de la Energía Real (kWh)

La energía real es medida por medio de la multiplicación del valor instantáneo del voltaje en cada fase con el valor instantáneo de la corriente en la misma fase (observese la figura 2.1).

Los valores resultantes son adicionados en acumuladores volátiles. Cuando se han completado 481 muestras, la lectura en el acumulador es transferido a la rutina de consumo donde es promediada (dividida por 481), escalada, corregida y dividida por 3600. Hecho lo anterior los resultados son añadidos a los registros principales.

El Medidor FULCRUM puede ser programado para registrar vatios-hora en los cuadrantes de entrega (positivo) o de recepción, o en ambos.

Cuando solo los vatios-hora de entrega son medidos, todo valor de vatio-hora negativo es ignorado. En cambio, cuando ambos valores de vatios-hora entregados y recibidos son medidos, cualquier valor negativo es tomado como positivo y adicionado al registrador de vatios-hora.

### 2.1.5. Medición de Energía Reactiva (kVARh)

La energía reactiva es medida por medio de la multiplicación del valor instantáneo de la primer muestra de voltaje disponible en una fase con el valor instantáneo equivalente de la tercer muestra disponible de corriente de la misma fase (figura 2.1).

Los valores resultantes pasan por el mismo procedimiento de los vatios-hora hasta que son guardados en los registros principales.

El signo del valor acumulado indica el factor de potencia, positivo para factor de potencia atrasado, negativo para cuando es adelantado.

### 2.1.6. Medición de Energía Aparente (kVAh)

La Medición de voltio-amperios RMS se hace por medio de sumatorias aritméticas por fase. Este método es usado para tratar de registrar el mayor contenido de armónicos que sea posible.

Los valores de voltio-amperio son calculados por medio de la multiplicación del valor del voltaje RMS con el coincidente valor de la corriente RMS, como se puede observar en la figura 2.1.

Cada sesenta ciclos (o cada segundo) un valor de voltaje y de corriente por fase es calculado por la rutina de consumo. Estos

resultados, los cuales son valores RMS de voltaje y corriente, son multiplicados para establecer un valor de voltio-amperios por segundo para cada fase.

El valor total de VAh es calculado por medio de la adición de las cantidades de voltio-amperios por segundo por fase durante una hora, y dividiendo el total por 3600. Este valor es guardado en el archivo apropiado.

#### **2.1.7. Cálculos del Factor de Potencia**

En el Medidor FULCRUM existen cuatro cantidades posibles de Factor de Potencia. Estas son:

##### **2.1.7.1. Factor de Potencia Instantáneo**

El Factor de Potencia Instantáneo es calculado cada vez que la rutina de energía es ejecutada. Esta cantidad es el resultado de la división del valor de la demanda real instantánea ( $kW_{inst}$ ) por el valor de la demanda aparente instantánea ( $kVA_{inst}$ ).

#### **2.1.7.2. Factor de Potencia del Intervalo Previo**

Esta cantidad es el resultado de la división del valor de la demanda real previa por el valor de la demanda aparente previa. El factor de potencia del intervalo previo es calculado al final de cada intervalo de demanda.

#### **2.1.7.3. Factor de Potencia Mínimo**

Este es el valor más bajo del Factor de Potencia del intervalo previo partiendo desde el último Reset o reposición de demanda realizado. Este valor es reposicionado a 1.00 durante un reset de demanda.

#### **2.1.7.4. Factor de Potencia promedio**

Cuando el interruptor de "reset" de demanda es accionado, los valores totales de kWh y kVAh son guardados instantáneamente en la memoria no volátil. A partir de este momento comienza a calcularse un período de demanda nuevo, al finalizar éste el medidor calcula un Factor de Potencia Promedio, el cual consiste en restar de los valores actuales de kWh y kVAh los valores que previamente fueron guardados en memoria no volátil de las mismas cantidades. De los valores resultantes se efectúa la operación de dividir los kWh entre kVAh, resultando el valor inicial de Factor

de Potencia Promedio.

Los valores finales de kWh y kVAh del intervalo finalizado se guardan en memoria volátil en espera de que termine el siguiente intervalo de demanda. Al ocurrir esto, los valores actuales de kWh y kVAh se convierten en valores finales de intervalo y los guardados anteriormente en valores iniciales. Se realiza la misma operación que para el cálculo del Factor de Potencia Promedio inicial y el resultado se promedia con este. El valor obtenido se convierte ahora en el Factor de Potencia Promedio. Este proceso se repite a lo largo del intervalo de medición hasta que se da nuevamente una operación de "reset".

#### **2.1.8. Cálculos de Demanda**

Para el cálculo de la demanda, los valores de las energías real, reactiva y aparente son acumulados durante un período fijo (el cual puede ser de entre 1 a 60 minutos), que depende de la longitud del intervalo de demanda para el cual el medidor ha sido programado. Al final de cada intervalo, los totales de Wh, VARh y VAh, son convertidos a valores de demanda en vatios, voltio-amperio reactivos y voltio-amperios. Estos son guardados en registros de almacenaje de demanda separados. Hecho lo anterior, son limpiados los registros acumulativos y están listos para los próximos valores del siguiente intervalo de demanda.

Los valores de demanda en kW, kVA y kVAR para el más reciente intervalo de demanda completado, son las lecturas de Demanda Previa.

#### **2.1.8.1. Demanda Máxima**

La Demanda Máxima en un período de facturación es determinado por medio de comparación de los valores de demanda para el intervalo completado más recientemente con el respectivo valor de demanda guardado hasta ese momento en los registros de demanda pico. Si la demanda previa es mayor que el correspondiente valor del registro de demanda pico, ésta reemplaza al valor más bajo. Si la demanda previa es menor, el valor de demanda máxima en los registros permanece sin cambio.

#### **2.1.8.2. Demanda Instantánea**

Como ya fue descrito anteriormente, los valores de voltaje y corriente al cuadrado, así como de los vatios y vatio-amperios son calculados al finalizar cada período de 60 ciclos o un segundo. Al finalizar este período, estos valores son procesados y convertidos a energía en un segundo.

Cuando se programa el Medidor para que muestre en pantalla los

valores de demanda instantáneos, los valores anteriormente obtenidos serán las lecturas requeridas. Estas cantidades son los valores de demanda instantáneos del segundo previo.

## 2.2. EL MUESTREO MIGRATORIO

Una de las mayores causas de inexactitud que se ha querido eliminar de los sistemas de medición con la introducción de la tecnología de muestreo digital son los armónicos que cada día se encuentran en mayor cantidad y magnitud dentro de los sistemas de potencia.

Todo muestreo digital usado en equipo de medición debe de cumplir al menos con el Teorema de Nyquist, el cual establece que el muestreo debe ocurrir al menos dos veces durante el período de la componente de más alta frecuencia a ser medida. O sea que para el Sistema de Potencia Eléctrica de El Salvador, si se asume que no hay distorsión, entonces la frecuencia de muestreo debería de ser al menos dos veces la frecuencia fundamental, o en números,  $2 \times 60 \text{ Hz}$ , ó  $120 \text{ Hz}$ . Con esto se asegura que toda información importante de la forma de onda, magnitud y frecuencia es registrada. Así como la onda se ve afectada por la distorsión de los armónicos, debe de aumentarse la frecuencia de muestreo para asegurar que la información de las componentes de alta frecuencia que es vital capturar no se escape.

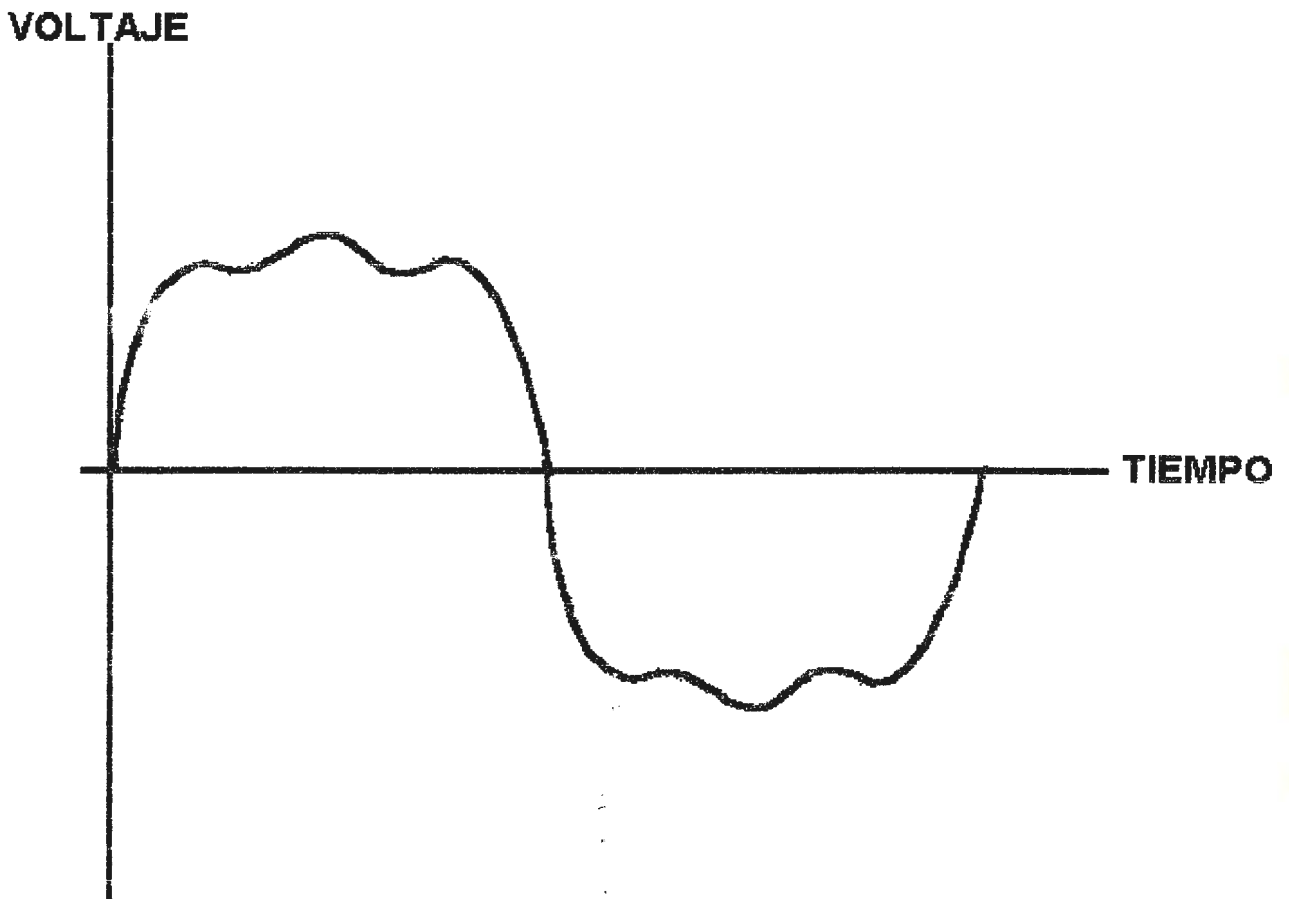


Figura 2.2.a. Onda con influencia de 3<sup>a</sup> y 5<sup>a</sup> armónica

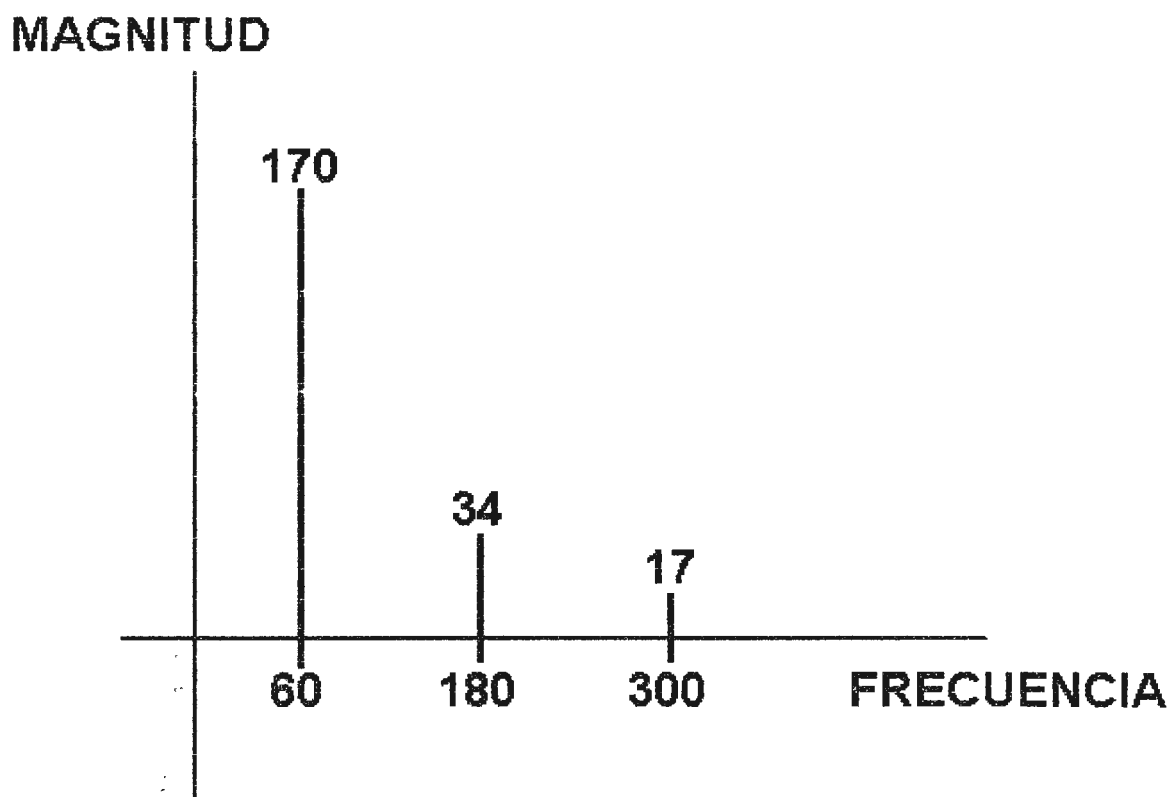


FIGURA 2.2.b. MAGNITUDES DE LAS FRECUENCIAS BASE Y DE LAS 3ª Y 5ª ARMONICA

A modo de ejemplo, si la distorsión es como la que afecta la onda de la figura 2.2, la componente de armónica más alta que está presente es la quinta. La quinta armónica para un sistema de 60 Hz equivale a una frecuencia de 300 Hz. Para cumplir con el requerimiento del Teorema de Nyquist, la frecuencia del muestreo debe ser al menos de 600 Hz, o sea 10 muestreos por ciclo. Podría asumirse a la ligera la conclusión de que a mayor frecuencia de muestreo, los resultados son mejores. Teóricamente lo anterior es correcto pero muy difícil implementar en la realidad.

El mayor problema generado es que con el aumento de la frecuencia de muestreo la cantidad de datos se incrementa. Por ejemplo, para una frecuencia de muestreo de 600 Hz se tiene un valor cada 1.6 milisegundos. Así, una frecuencia de 11,520 Hz (192 muestras por ciclo a 60 Hz), genera 11,520 muestras por segundo, ó, lo que es lo mismo, una muestra cada 86.8 microsegundos. Al aplicar este muestreo a un sistema trifásico el muestreo se multiplica por seis, ya que se toma una muestra por voltaje y corriente por fase. El procesador que manipule estos datos debe ser capaz de manejar y procesarlos según se seleccione el flujo de datos de muestreo u ocurrirán problemas de exactitud.

Otro problema es que no importa lo alta de la frecuencia de muestreo que se escoja, siempre existe la posibilidad de que información importante de distorsión pueda ser perdida. Esto es

especialmente más notable en Sistemas de Potencia Eléctrica donde las cargas están continuamente cambiando. En estos casos la cantidad y forma de distorsión no es constante.

Las soluciones utilizadas para estos problemas en el Medidor FULCRUM son, para el primer problema el uso de procesadores de alta velocidad y multiplexores digitales. Para el segundo problema es el uso del muestreo migratorio.

El muestreo digital se da en las señales de voltaje y corriente recibidos desde los elementos de entrada del medidor. Las muestras tomadas para cada voltaje y corriente de entrada están espaciadas de forma constante durante el ciclo.

En la Figura 2.3 se ilustra el proceso de muestreo para la onda de voltaje con una frecuencia de 8 muestras por ciclo. El proceso sería el mismo para la onda de corriente.

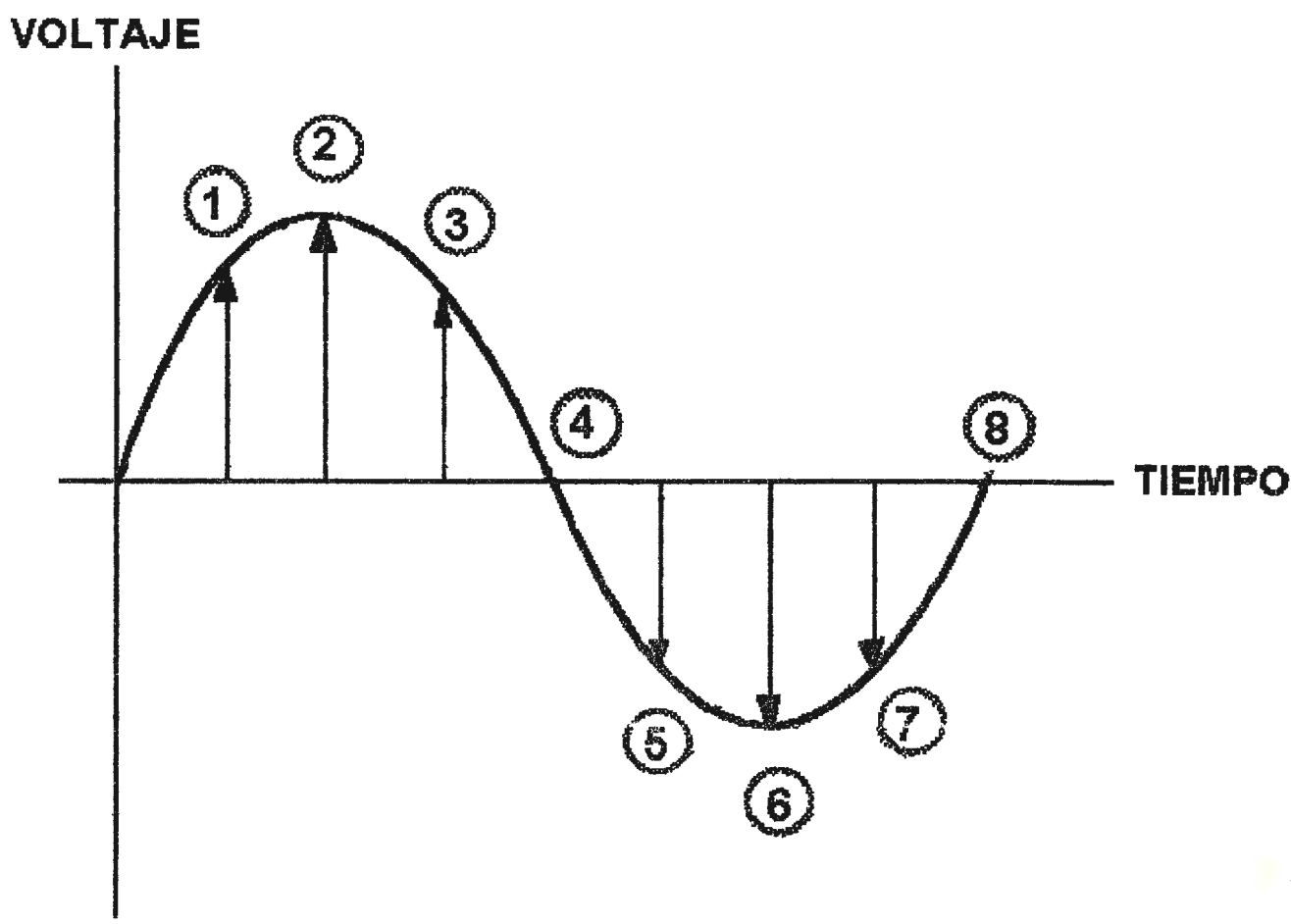


FIGURA 2.3. MUESTREO EN UNA ONDA DE VOLTAJE

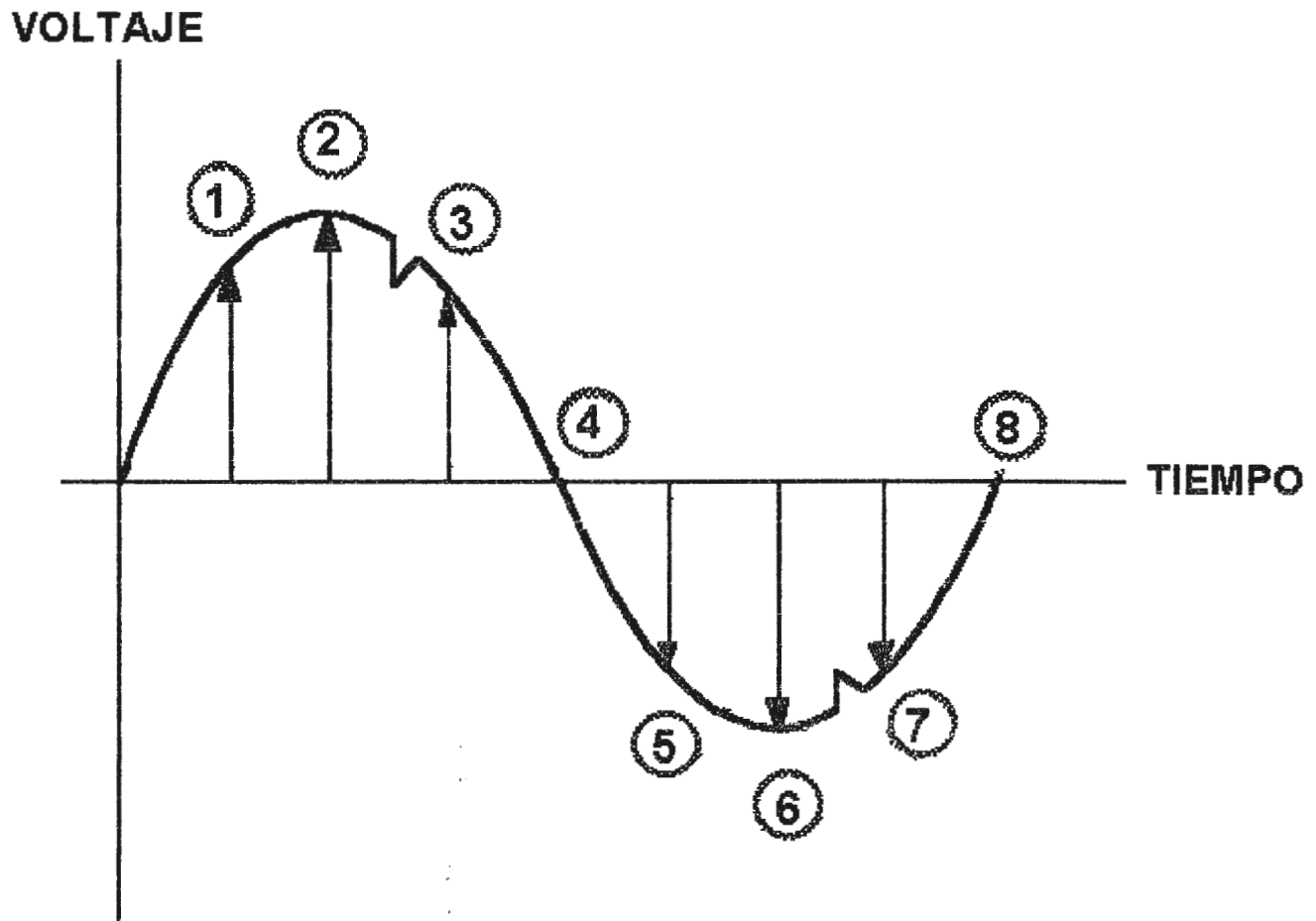


FIGURA 2.4. MUESTREO EN UNA ONDA DE VOLTAJE CON DISTORSION

En la Figura 2.4 se tiene una situación de distorsión que ocurre entre dos puntos de muestreo, por lo que esta queda sin ser medida por esta frecuencia de muestreo. El incrementar la frecuencia de muestreo no garantiza que la distorsión será registrada.

En la Figura 2.5 se puede apreciar una frecuencia de 16 muestras por ciclo y la distorsión permanece sin ser registrada. Mediante el uso de procesadores de alta velocidad se minimiza este problema pero no garantiza la captura total de la información concerniente a distorsiones.

Mediante estudios realizados en Estados Unidos de Norteamérica y Canadá se ha comprobado que la mayoría de distorsiones en Líneas de Potencia Eléctrica son de naturaleza periódica. Esto significa que la distorsión ocurre en el mismo lugar en cada ciclo.

Si la distorsión ocurre entre puntos de muestreo, entonces la distorsión no será registrada en ningún ciclo, lo que vendrá a afectar la exactitud de la medición.

El proceso de medición por muestreo migratorio ha sido diseñado en base a la naturaleza periódica de los Sistemas de Potencia Eléctrica. Las cargas en éstos son típicamente periódicos a lo largo de un gran número de ciclos. Las distorsiones ocurren en el mismo lugar del ciclo durante 20, 30, 40 o más ciclos.

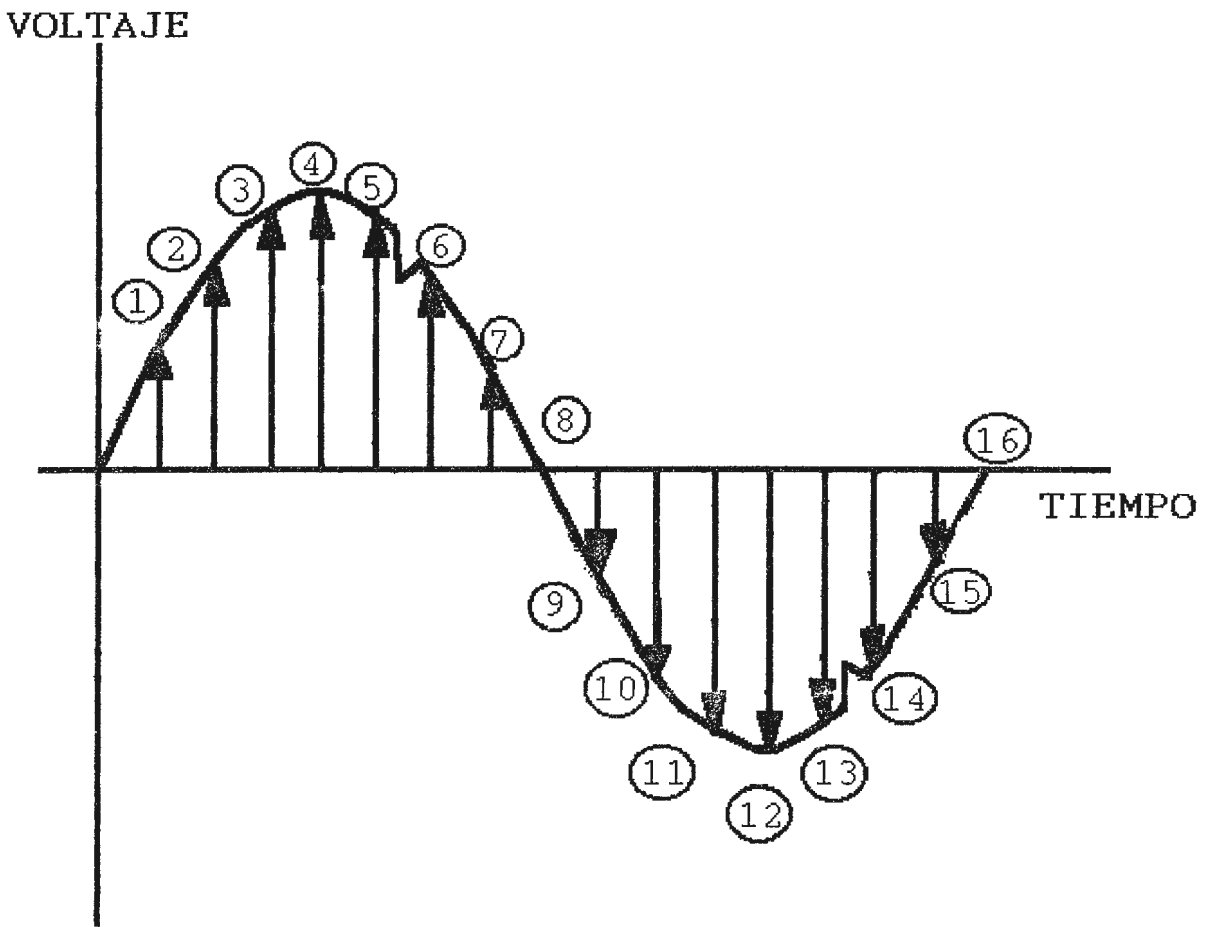


FIGURA 2.5. MUESTREO EN UNA ONDA DE VOLTAJE CON DISTORSION

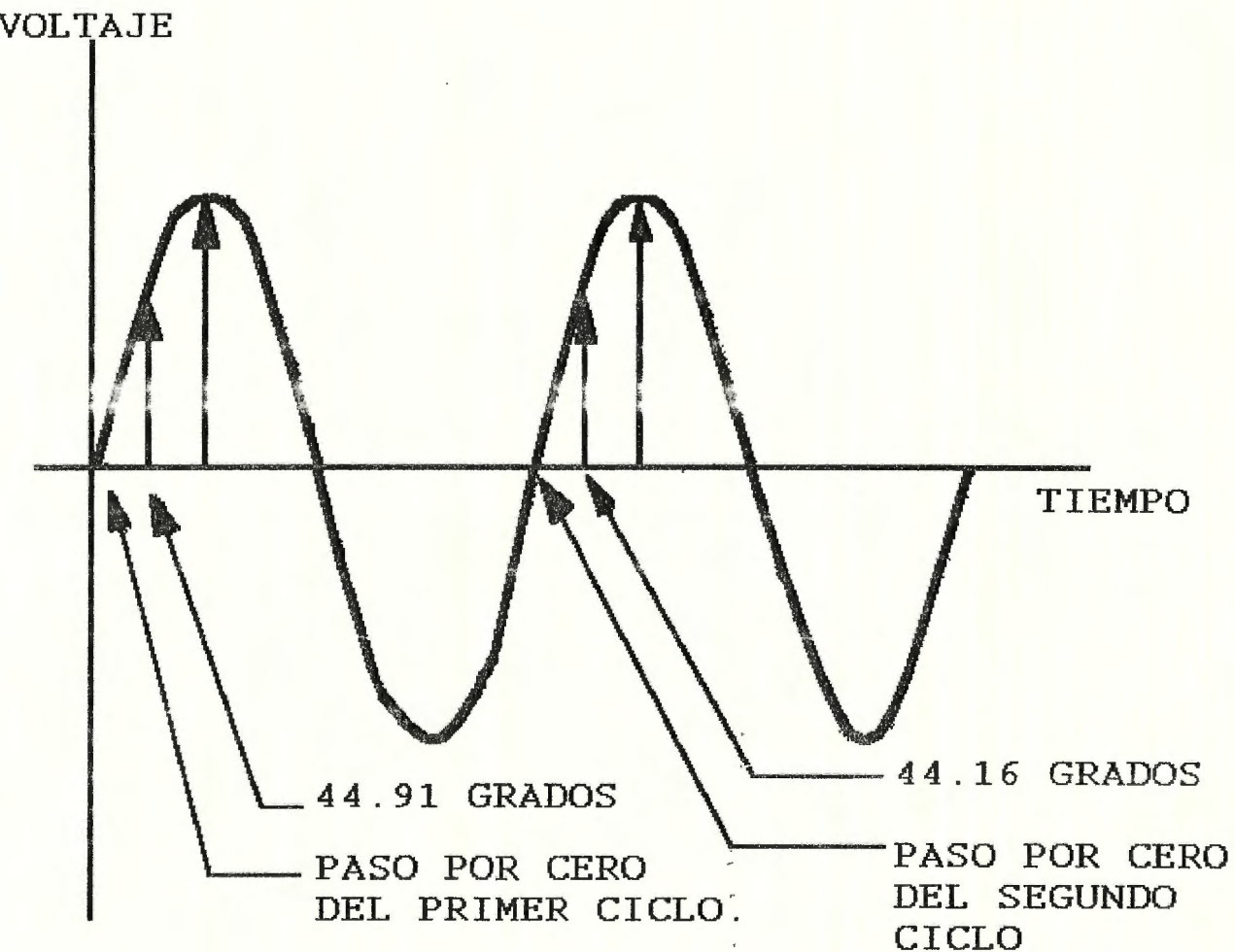


FIGURA 2.6. ILUSTRACION DEL MUESTREO MIGRATORIO.

En el proceso de muestreo migratorio la frecuencia de muestreo es calculada de tal manera que las muestras tengan una separación constante entre sí, como también es requerido por el teorema de Nyquist, pero el mismo punto de muestreo ocurre en diferentes posiciones en sucesivos ciclos.

En la Figura 2.6 se muestra este proceso para dos ciclos sucesivos. La frecuencia de muestreo para el ejemplo es de 481 Hz.

En el primer ciclo, la primer muestra después del paso por cero de la onda ocurre con un desplazamiento de 44.91 grados eléctricos con respecto al mismo. En el siguiente ciclo, la primer muestra después del paso por cero de la onda ocurre con un desplazamiento de 44.16 grados eléctricos después del paso por cero.

Después de repetir este proceso durante 60 ciclos, una onda periódica será muestreada efectivamente con una separación de 0.75 grados eléctricos de separación entre muestras consecutivas. Resultando en una frecuencia de muestreo efectiva de 28,860 Hz, ó 481 muestras por ciclo.

### 2.3. COMPARACION ENTRE EL CALCULO DE LOS DIFERENTES PARAMETROS ELECTRICOS DE FORMA ARITMETICA Y VECTORIAL.

En los sistemas de medición existentes hoy día se tienen diferentes tipos de cálculo para los distintos parámetros eléctricos. Para el caso de El Salvador, esta diferencia es especialmente notable en el cálculo de la Demanda y el Factor de Potencia. El método utilizado hasta este momento para el cálculo de estos parámetros es el vectorial, mediante el cual estas cantidades se calculan con los valores finales e iniciales de un período de medición aplicando análisis vectorial de los valores de Energía registrado por los medidores.

Con la introducción de la tecnología digital el tipo de cálculo por medio del cual se encuentran las cantidades de facturación varía, de tal forma que el método a utilizar por esta tecnología es el aritmético. La mejor manera de entender estos métodos de cálculo de cantidades eléctricas es por medio de ejemplos numéricos, y es así como a continuación se hará para después pasar a unos comentarios al respecto de los resultados obtenidos.

Los ejemplos estarán basados en la curva de consumo que se muestra en la Figura 2.7:

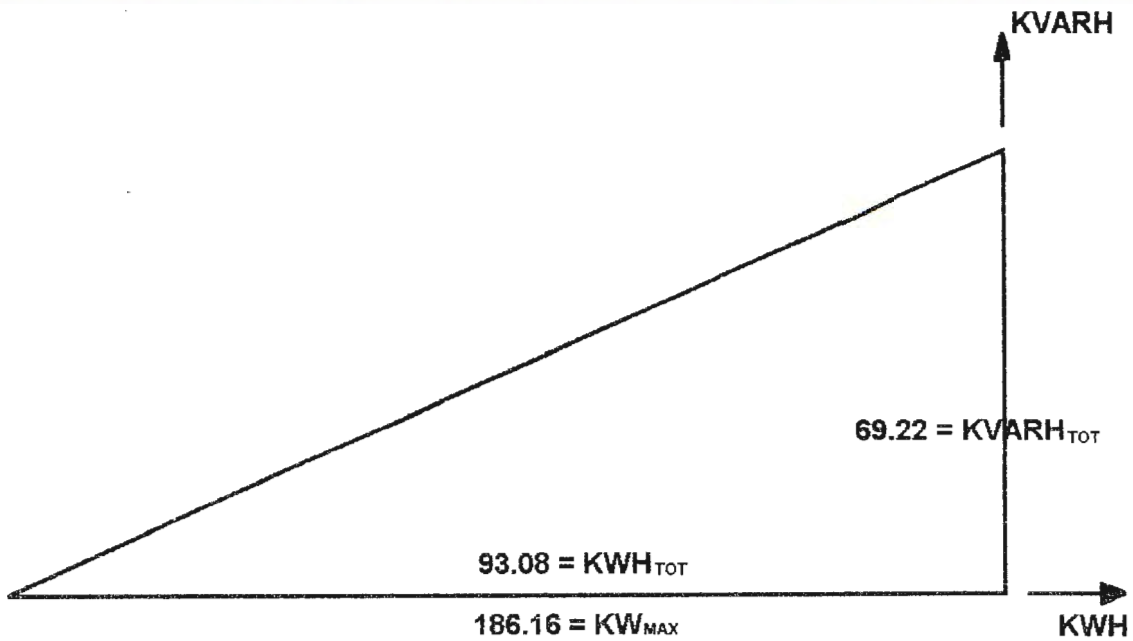


FIGURA 2.7.a. CURVA DE CONSUMO DE FORMA VECTORIAL

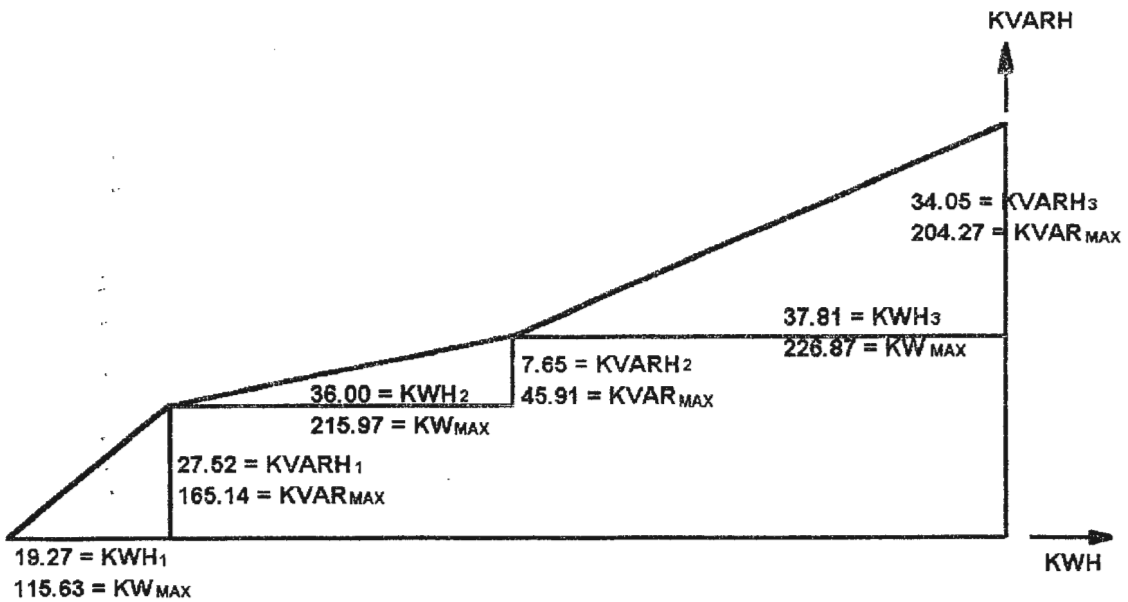


FIGURA 2.7.b. CURVA DE CONSUMO DE FORMA ARITMETICA

### 2.3.1. Cálculo del Factor de Potencia por el Método Vectorial.

En los gráficos de la Figura 2.7 se observa que el mismo comportamiento de consumo es presentado desde dos puntos de vista. En la Figura 2.7.a, se presentan los valores registrados por medidores Electromecánicos de Energía Real y Reactiva. Con estos datos se ha formado un triángulo de potencias y se procede a realizar los cálculos respectivos. Los datos obtenidos son:

$$\begin{aligned} \text{kWh}_{\text{tot}} &= 93.08 \\ \text{kVARh}_{\text{tot}} &= 69.22 \\ \text{kW}_{\text{máx}} &= 186.16 \end{aligned}$$

Conociendo de estos valores se calcula el Factor de Potencia por medios trigonométricos con la siguiente fórmula:

$$\text{F.P.} = \text{Cos} ( \text{ATan} ( \text{kVARh}_{\text{tot}} / \text{kWh}_{\text{tot}} ) )$$

La deducción de esta fórmula puede encontrarse en forma detallada en el apéndice A. Ahora sustituyendo en la fórmula los valores de registro:

$$\begin{aligned} \text{F.P.} &= \text{Cos} ( \text{ATan} ( 69.22 / 93.08 ) ) \\ \text{F.P.} &= \text{Cos} ( \text{ATan} ( 0.7437 ) ) \\ \text{F.P.} &= \text{Cos} ( 36.6368 ) \\ \text{F.P.} &= 0.8024 \end{aligned}$$

Se tiene un Factor de Potencia calculado vectorialmente de 0.8024. Ahora se procederá a hacer el cálculo por medio del método aritmético:

### 2.3.2. Cálculo del Factor de Potencia por el Método Aritmético.

Para la realización del cálculo por el método aritmético se tomará como base los registros presentados en la Figura 2.7.b, en la cual se puede observar el mismo período de medición que el de la Figura 2.7.a, con la diferencia de que se ha dividido en tres intervalos de la forma en que lo hace un Medidor Electrónico Tipo FULCRUM. Los valores por intervalo son los siguientes:

#### Intervalo 1:

kWh <sub>1</sub>	=	19.27
kVARh <sub>1</sub>	=	27.52
kW <sub>1</sub>	=	115.63
kVAR <sub>1</sub>	=	165.14

#### Intervalo 2:

kWh <sub>2</sub>	=	36.00
kVARh <sub>2</sub>	=	7.65
kW <sub>2</sub>	=	215.97
kVAR <sub>2</sub>	=	45.91

#### Intervalo 3:

kWh <sub>3</sub>	=	37.81
kVARh <sub>3</sub>	=	34.05
kW <sub>3</sub>	=	226.87

$$\text{kVAR}_3 = 204.27$$

El cálculo se basa en el promedio de los Factores de Potencia obtenidos en cada uno de los intervalos que hayan transcurrido desde el momento de la operación de "Reset". El intervalo 1 es el primer período después de esta, por lo tanto el promedio será de los tres intervalos expuestos anteriormente. Entonces el promedio se calcula de la siguiente manera:

$$\text{F.P.} = \frac{(\text{F.P.}_1 + \text{F.P.}_2 + \text{F.P.}_3)}{3}$$

Para calcular los Factores de Potencia por período se utilizará la misma fórmula que se ocupó en el caso del cálculo por el método vectorial:

$$\text{F.P.}_n = \text{Cos} ( \text{ATan} ( \text{kVARh}_n / \text{kWh}_n ) )$$

Donde:

n = Número del período para el cual se calcula el Factor de Potencia

Para el período 1:

$$\text{F.P.}_1 = \text{Cos} ( \text{ATan} ( \text{kVARh}_1 / \text{kWh}_1 ) )$$

$$\text{F.P.}_1 = \text{Cos} ( \text{ATan} ( 27.52 / 19.27 ) )$$

$$F.P._1 = \text{Cos} ( \text{ATan} ( 1.4281 ) )$$

$$F.P._1 = \text{Cos} ( 54.9996 )$$

$$F.P._1 = 0.5736$$

Para el período 2:

$$F.P._2 = \text{Cos} ( \text{ATan} ( \text{kVARh}_2 / \text{kWh}_2 ) )$$

$$F.P._2 = \text{Cos} ( \text{ATan} ( 7.65 / 36.00 ) )$$

$$F.P._2 = \text{Cos} ( \text{ATan} ( 0.2125 ) )$$

$$F.P._2 = \text{Cos} ( 11.9969 )$$

$$F.P._2 = 0.9782$$

Para el período 3:

$$F.P._3 = \text{Cos} ( \text{ATan} ( \text{kVARh}_3 / \text{kWh}_3 ) )$$

$$F.P._3 = \text{Cos} ( \text{ATan} ( 34.05 / 37.81 ) )$$

$$F.P._3 = \text{Cos} ( \text{ATan} ( 0.9006 ) )$$

$$F.P._3 = \text{Cos} ( 42.0048 )$$

$$F.P._3 = 0.7431$$

Calculando el Factor de Potencia Promedio Total por medio de la fórmula antes expuesta:

$$F.P. = \frac{( F.P._1 + F.P._2 + F.P._3 )}{3}$$

Sustituyendo:

$$F.P. = \frac{( 0.5736 + 0.9782 + 0.7431 )}{3}$$

$$F.P. = \frac{2.2996}{3}$$

$$F.P. = 0.7665$$

Con este resultado puede hacerse la primer comparación. Se obtuvo un valor de Factor de Potencia por el método vectorial de 0.8024; y por el método aritmético de 0.7665. Existe una diferencia de 0.0359 en cuanto a los dos. Tomando en cuenta lo que esto significa en la facturación de un servicio podrá notarse que se pierde un 3.59 por ciento de penalización en esta. En añadidura, el valor de un Factor de Potencia no real no alcanza a mostrar en su totalidad la necesidad de implementar un proceso de corrección del mismo por parte de la administración de la empresa en cuestión.

#### 4.5.5. Cálculo de la Demanda Máxima por el método Vectorial.

Como ya fué explicado en el capítulo 1, la Demanda Máxima de facturación se calcula en base a la Potencia Aparente Máxima ( $kVA_{máx}$ ). Es esta cantidad la que se debe calcular. El método consiste en dividir la Potencia Real Máxima ( $kW_{máx}$ ), entre el Factor de Potencia que ya ha sido calculado en base a las lecturas de energía. La deducción de la Fórmula presentada a continuación puede ser encontrada en el Apéndice A.

El cálculo de la Potencia Aparente Máxima se realiza de la siguiente manera:

$$kVA_{m\acute{a}x} = kW_{m\acute{a}x} / F.P.$$

Donde:

$kVA_{m\acute{a}x}$  = Potencia Aparente Máxima de facturación.

$kW_{m\acute{a}x}$  = Potencia Real Máxima registrada por el medidor.

Para el caso presente el valor es de 186.16 kW.

F.P. = Factor de Potencia calculado por el método vectorial.

El valor es de 0.8024.

Sustituyendo en la fórmula:

$$kVA_{m\acute{a}x} = 186.16 / 0.8024$$

$$kVA_{m\acute{a}x} = 232.00$$

#### 2.3.4. Cculo de la Demanda Máxima por el Método Aritmético.

Para el cculo de la Demanda Máxima promedio de los tres períodos se hace una operación similar a la que se realizó para el Factor de Potencia Promedio. Se calculará una Demanda Máxima para cada uno de los períodos de Demanda detallados en la Figura 2.7.B, y luego se promedian para obtener la Máxima Demanda del período total.

La ecuación que define el cculo de la Potencia Aparente es la siguiente:

$$kVA_n = ( kW_n^2 + kVAR_n^2 )^{1/2}$$

Donde:

$kVA_n$  = Potencia Aparente del período n.

$kW_n$  = Potencia Real del período n.

$kVAR_n$  = Potencia Reactiva del período n.

Sustituyendo para el período 1:

$$kVA_1 = ( kW_1^2 + kVAR_1^2 )^{1/2}$$

$$kVA_1 = ( 115.63^2 + 165.14^2 )^{1/2}$$

$$kVA_1 = ( 13370.2969 + 27271.2196 )^{1/2}$$

$$kVA_1 = ( 40641.5165 )^{1/2}$$

$$kVA_1 = 201.5974$$

Sustituyendo para el período 2:

$$kVA_2 = ( kW_2^2 + kVAR_2^2 )^{1/2}$$

$$kVA_2 = ( 215.97^2 + 45.91^2 )^{1/2}$$

$$kVA_2 = ( 46643.0409 + 2107.7281 )^{1/2}$$

$$kVA_2 = ( 48750.769 )^{1/2}$$

$$kVA_2 = 220.7958$$

Sustituyendo para el período 3:

$$kVA_3 = ( kW_3^2 + kVAR_3^2 )^{1/2}$$

$$kVA_3 = ( 226.87^2 + 204.27^2 )^{1/2}$$

$$kVA_3 = ( 51469.9969 + 41726.2329 )^{1/2}$$

$$kVA_3 = ( 93196.2298 )^{1/2}$$

$$kVA_3 = 305.2806$$

Habiendo calculado La demanda máxima por período no queda más que calcular el promedio de ellos para obtener la Demanda Máxima Total. Este cálculo se realiza con la siguiente ecuación:

$$kVA_{m\acute{o}x} = \frac{( kVA_1 + kVA_2 + kVA_3 )}{3}$$

Sustituyendo en esta los valores calculados anteriormente:

$$kVA_{m\acute{o}x} = \frac{( 201.5974 + 220.7958 + 305.2806 )}{3}$$

$$kVA_{m\acute{o}x} = \frac{( 727.6738 )}{3}$$

$$kVA_{m\acute{o}x} = 242.5580$$

Con los resultados obtenidos para el cálculo de la Demanda Máxima por el método vectorial, cuyo resultado fue de 232.00 kVA, y por el método aritmético, con el valor de 242.56 kVA, puede afirmarse que existe una diferencia entre ambos métodos bien marcada.

Una diferencia de 4.55 por ciento (%), tiene lugar al hacer la comparación de ambos resultados. Esto significa, desde el punto de vista de la Empresa Distribuidora y/o generadora, energía que es entregada y no registrada, o sea pérdidas irrecuperables.

Los anteriores cálculos y observaciones hacen ver la diferencia existente entre los métodos de cálculo de los diferentes parámetros eléctricos. Cabe mencionar que los cálculos hechos por el método aritmético no corresponden a una representación fiel de

la forma en la cual el Medidor FULCRUM realiza sus cálculos. Pero la idea ha sido la de ilustrar con ejemplos que guarden las bases del método, los diferentes resultados posibles de obtener.

En cálculos reales en la forma en la cual el Medidor FULCRUM los realiza, la diferencia tiende a acrecentarse a medida que el sistema se ve afectado por variaciones bruscas y continuas de carga, desbalance y armónicos.

En los ejemplos puede notarse que los valores de energía para ambos tipos de medidores dan iguales resultados. Esto es cierto y permanece igual mientras condiciones como las mencionadas anteriormente no influyan grandemente en el sistema. Cuando esto ocurre, aún la exactitud de la medición de energía se ve afectada, con la consecuente introducción de error en los cálculos de Demanda Máxima y Factor de Potencia.

### **CAPITULO III**

#### **3. ESTRUCTURAS MULTITARIFARIAS ELECTRICAS ACTUALES.**

En El Salvador los Medidores Electrónicos FULCRUM estan comenzando a ser implementados en los abonados mayores, los cuales entran en esta categoría al sobrepasar los 50 kVA de carga instalada. Este tipo de consumidores se encuentran contenidos dentro de dos tarifas específicas las cuales son la VP3 y la B5. A continuación se dará una explicación de lo que son y en qué consisten éstas.

##### **3.1. Tarifa VP3**

La tarifa VP3 está diseñada para aquellos abonados que cuentan con cargas superiores a cincuenta kilovoltio-amperio (50 kVA). Es aplicable para servicios industriales, comerciales, sociales, deportivos, similares, con o sin fines de lucro y agroindustriales de temporada; gobierno central, municipal e instituciones autónomas; y riego.

El servicio a estos abonados se brinda a voltaje primario de las

redes de distribución de la empresa. Cuando la medición del servicio se hace a voltaje secundario, entonces los registros de demanda y energía se aumentan en un dos por ciento (2%), para compensar las pérdidas de transformación.

En los siguientes párrafos se transcribirá las partes que más interesan para el desarrollo de este trabajo en cuanto a la forma de realizar la facturación de las cantidades eléctricas, y se dará una explicación de las mismas (Lo hablado hasta ahora sobre estas tarifas, y lo que se hablará a continuación está basado en el texto del acuerdo de Economía Número 311, de fecha 20 de Mayo de 1994. Literales "D" y "F"):

### **3.1.1. Facturación de la Demanda en la Tarifa VP3**

"La demanda mensual de facturación será la mayor lectura en kilovoltio-amperio (KVA) que hubiere sido indicada por el medidor de máxima demanda en el mes que se estuviere facturando, pero en ningún caso podrá ser menor que la demanda de arrastre. Dicha demanda, será la demanda mensual más alta registrada en los 11 meses inmediatos anteriores".

En lo anterior cabe mencionar que para los registros de demanda se toman actualmente, en los servicios donde el Medidor FULCRUM

ya ha sido instalado, dos lecturas, una que es la del bloque de las horas punta y la otra correspondiente a la totalidad del período de medición, generalmente un mes.

Para el cálculo del cargo por demanda en bloques horarios de punta y fuera de punta se utiliza la siguiente fórmula:

$$F = Dpa * Pp + (Dma - Dpa) * Pfp$$

Donde:

F = Facturación en colones por los KVA de Demanda Máxima.

Dpa = Demanda Máxima en KVA del abonado consumida en horas de punta de la demanda del sistema nacional.

Pp = Precio de la potencia de punta (¢/KVA)

Dma = Demanda máxima consumida en KVA. Esta se compara con la demanda de arrastre y se toma la más alta

Pfp = Precio de la potencia fuera de punta (¢/KVA).

Para un mejor entendimiento de la forma en la cual se aplica la fórmula expuesta, a continuación se presenta un ejemplo numérico:

1) Lecturas de demanda mensual:

- en Horas de punta: 234 KVA

- total en el mes : 515 KVA

2) Demanda de arrastre: 562 KVA

Debido a que la demanda de arrastre en este caso es mayor que la demanda mensual, la primera será la Dma.

3) Precio de la potencia:

- en horas de punta : ¢ 58.40/KVA/MES

- en horas fuera de punta: ¢ 40.10/KVA/MES

Los valores utilizados corresponden a los valores de facturación real al momento de la realización de este trabajo.

4) Facturación de la demanda del mes:

$$F = Dpa * Pp + (Dma - Dpa) * Pfp$$

$$F = 234 * 58.40 + (562 - 234) * 40.10$$

$$F = ¢ 13,665.60 + ¢ 13,152.80$$

$$F = ¢ 26,818.40$$

Como se puede apreciar de lo anterior, el cargo por demanda es una aplicación de multitarifa la cual se da de forma generalizada para todos los servicios que entran dentro de la categoría de la tarifa VP3.

En cuanto a la demanda de arrastre, esta no podrá ser menor que

la demanda mínima a contratar, la cual se define: "La demanda mínima a contratar por mes será el promedio de las máximas demandas registradas, comprendidas entre los meses de enero a diciembre del año inmediato anterior.

"Para aquellos servicios que no hubieran cumplido doce (12) meses de estar conectados al finalizar un año calendario, la demanda mínima a contratar será el promedio mensual de las demandas registradas en el período inmediato anterior". Esta demanda mínima a contratar ayudará a comprender otro aspecto, el cual es la energía mínima a contratar.

### **3.1.2. Facturación de la Energía en la Tarifa VP3**

La facturación de energía se hace en base a la lectura presentada por el medidor de kWh. En este caso al registro presentado por el medidor al momento de la toma de lectura, se le resta el valor del registro presentado al momento de la lectura del mes anterior. El resultado de esta operación es el valor de la energía consumida por el abonado en el mes de facturación

En el caso de la energía también se aplica lo de las dos lecturas separadas, una correspondiente a la de horas pico y otra a la

totalidad del período de registro. Estas al igual que los dos valores de demanda, tienen un costo monetario diferente uno del otro.

La energía a facturar en un mes no puede ser menor que la energía mínima a contratar, la cual está definida de la siguiente manera:

"La energía mínima a contratar por mes será el producto de la demanda mínima a contratar por ochenta y ocho (88) horas de uso mensual.

"Para los nuevos servicios la energía mínima a contratar por mes será la que resulte del producto de 60% de la capacidad de la subestación por el número de horas antes establecida."

Para el cálculo del cargo por energía en bloques horarios de punta y fuera de punta se utiliza la siguiente fórmula:

$$Fe = (Cpa * Ep) + (Cfp * Efp)$$

Donde:

Fe = Facturación en colones por los KWh de Consumo mensual.

Cpa = Consumo en KWh del abonado correspondiente a horas de punta de la demanda del sistema nacional.

Ep = Precio de la Energía de punta (¢/KWh)

Cfp = Consumo fuera de las horas de punta en kWh. La suma de las dos energías se compara con la energía mínima a contratar y se toma la más alta.

Efp = Precio de la Energía fuera de punta (¢/KWh).

Para un mejor entendimiento de la forma en la cual se aplica la fórmula expuesta, a continuación se presenta un ejemplo numérico:

1) Lecturas de energía actuales:

- en Horas de punta: 33,045 KWh
- fuera de punta : 192,526 KWh

2) Lecturas de energía del mes anterior:

- en Horas de punta: 27,330 KWh
- fuera de punta : 130,198 KWh

3) Valores de energía consumida en el mes:

- en Horas de punta: 5,715 KWh
- fuera de punta : 62,328 KWh

4) Energía mínima a contratar: 49,456 kWh

La energía mínima a contratar es menor que la consumida en el mes. Por lo tanto la energía consumida en el mes será el Cfp.

5) Precio de la energía:

- en horas de punta : ¢ 0.6850/KWh

- en horas fuera de punta: ¢ 0.6280/KWh

Los valores utilizados corresponden a los valores de facturación real al momento de la realización de este trabajo.

6) Facturación del consumo del mes:

$$Fe = Cpa * Ep + (Cfp - Cpa) * Efp$$

$$Fe = 5,715 * 0.6850 + 62,328 * 0.6280$$

$$Fe = ¢ 3,914.80 + ¢ 39,141.98$$

$$Fe = ¢ 43,056.78$$

Así queda explicada la forma en que se factura el cargo por consumo de energía mensual con la tarifa VP3.

**3.1.3. Facturación por factor de potencia**

"El factor de potencia podrá oscilar entre 90 y 95 por ciento, sin que la factura por los suministros sufra ninguna alteración, sin embargo, si el factor de potencia se encuentra fuera de los

límites mencionados, el cargo por energía será afectado de la siguiente manera:

"Si el factor de potencia medio durante un período de medición múltiple de 24 horas fuere superior al 95%, el cargo por energía (kWh) consumida durante el mes, calculado a los precios de esta tarifa, será reducida en 1% por cada 1% en que el factor de potencia medio haya sido superior al 95%; y si el factor de potencia medio fuere inferior al 90% el cargo por energía (kWh) consumido durante el mes, calculado a los precios de esta tarifa, será aumentada en 1% por cada 1% en que el factor de potencia medio haya sido inferior a 90%."

Para ejemplificar, con el caso expuesto en la parte 1.3.1.2:

- 1) Cargo por energía consumida en el mes: ¢ 43,056.78
- 2) Factor de potencia medio del mes : 0.75 ó 75%
- 3) Porcentaje inferior a 90% : 15%
- 4) Factor a multiplicar por el consumo : 1.15
- 5) Realizando el cálculo:

$$Fe_1 = Fe * 1.15$$

$$Fe_1 = ¢ 43,056.78 * 1.15$$

$$Fe_1 = ¢ 49,515.29$$

Con este ejemplo queda concluido lo relativo a la tarifa VP3. El objeto de exponer tanto esta tarifa como la B5 a continuación es la de lograr una mejor comprensión de la forma en la cual la energía es facturada en El Salvador, y las mejoras a las cuales se puede optar con el uso efectivo del Medidor Electrónico tipo FULCRUM .

### 3.2. Tarifa B5

Bajo esta tarifa se encuentran comprendidos los servicios públicos de bombeo de agua. Según los términos y condiciones:

"Tarifa aplicable a la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), y otras dependencias gubernamentales y municipales que utilizan el servicio para el bombeo y rebombeo de agua potable."

En esta tarifa los cargos por demanda y por consumo tienen valores considerablemente más bajos que los de la VP3, pero la forma de cálculo de la facturación de demanda, consumo y factor de potencia son casi iguales a esta. La diferencia está en que en lugar de tener otro valor la demanda y el consumo en el período de horas pico, el uso de la energía a estas horas no es permitido. Si en el servicio se detecta que se ha violado esta disposición, el consumidor se hace acreedor a una multa. Esto se encuentra en la tarifa de la siguiente manera:

"El servicio no podrá ser utilizado durante las horas pico de cada día. Se considerarán las horas pico por un período de tres horas diarias consecutivas que serán señaladas de acuerdo al comportamiento de la demanda general del sistema de distribución.

"Si los consumidores utilizaren el servicio en el período del pico de carga convenido en el numeral anterior, pagarán un recargo adicional de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Ra = Dp. * Cda.$$

Donde:

Ra = Racargo adicional por uso del servicio en período de horas punta.

Dp. = Representa la demanda máxima en kVA registrada por el medidor principal durante las horas pico, en el mes que se está facturando.

Cda. = Cargo por demanda anual por kVA.

Puede notarse que la importancia del Medidor Electrónico FULCRUM en el establecimiento de esta tarifa es el hecho de satisfacer la necesidad de registrar cualquier uso de la energía dentro de las horas pico.

## CAPITULO IV

### 4. VENTAJAS TECNICO-ECONOMICAS DEL MEDIDOR DIGITAL.

#### 4.1. UTILIZACION DE MEDIDORES ELECTROMECHANICOS EN REGISTRO MULTITARIFARIO.

En muchos países, pioneros en el registro Multitarifario, se ensayó durante años diferentes modelos de medición de tipo Electromecánico que satisficieran la necesidad de registrar los distintos parámetros eléctricos a horas específicas dentro de un horario preestablecido. Esto no resultó ser del todo efectivo debido a diversas causas. A continuación se expondrá el método más ampliamente usado, y los problemas y ventajas que presentó a lo largo de los períodos en que funcionaron.

##### 4.1.1. Método de registro Multitarifario por medio de medidores electromecánicos.

El método más ampliamente usado fue el que incluía un timer e interruptores electromagnéticos. Para esto se conectaba una serie de Medidores Electromecánicos, la cual consistía de una cantidad de Medidores Electromecánicos, determinada por el número de tarifas a facturar, siendo controlados por uno o varios timer,

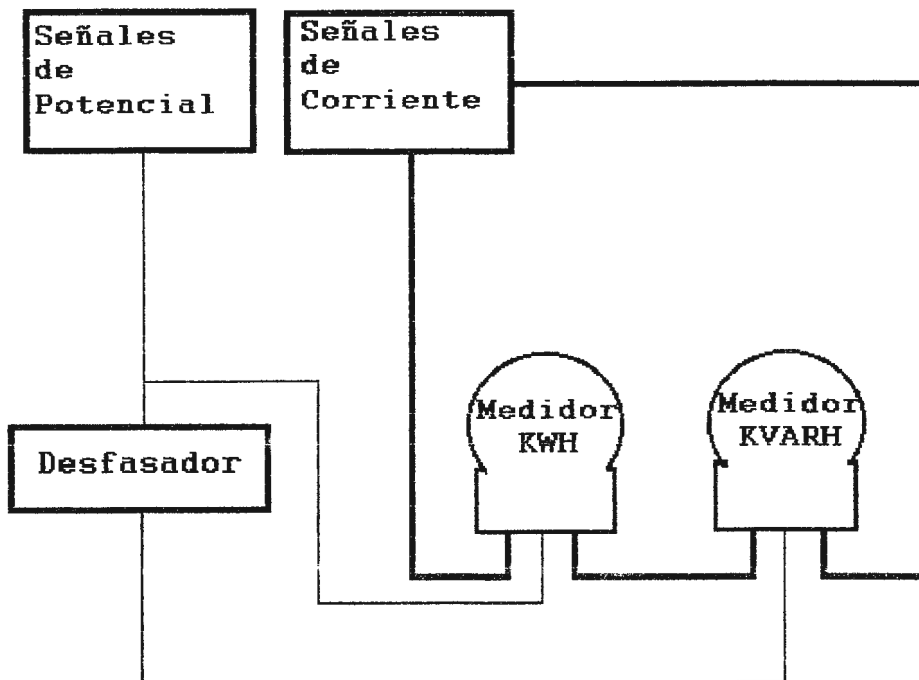


FIGURA 4.1. Medición típica de tipo Electromecánica de Energía, Demanda y Factor de Potencia.

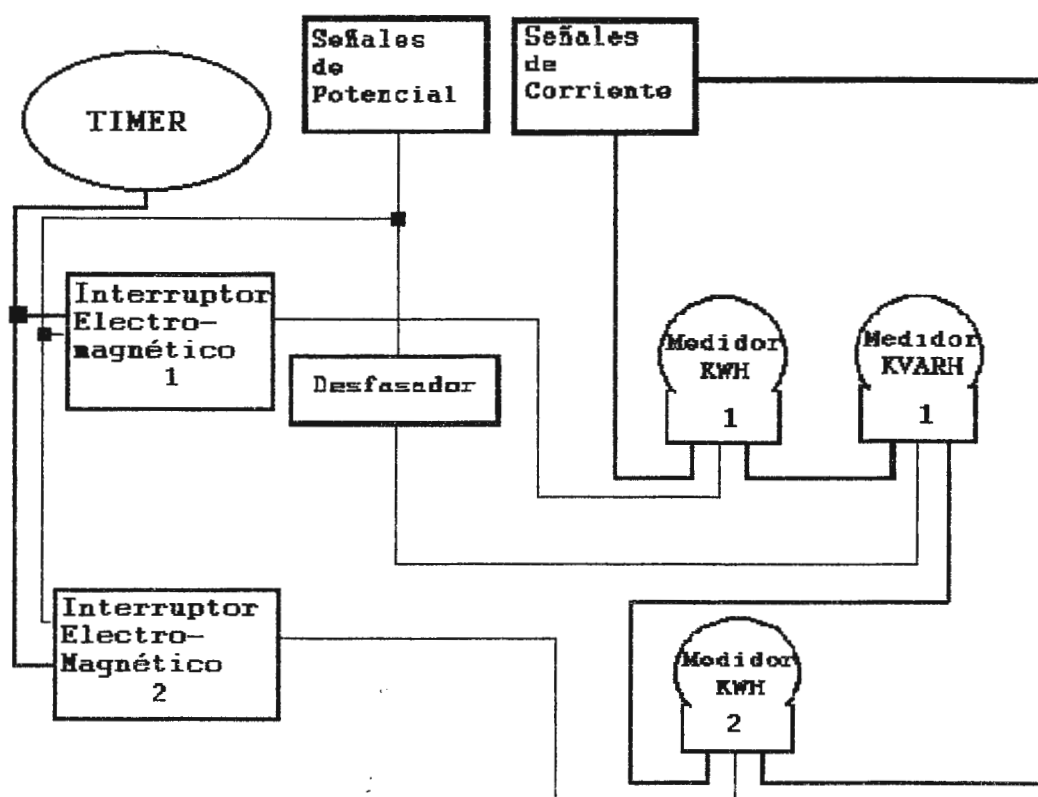


FIGURA 4.2. Medición de Tipo Electromecánica con arreglo para Registro Multitarifario.

que hacían funcionar a cada medidor según la hora precoordinada con el o los timer.

En la Figura 4.1 puede observarse una medición típica de tipo Electromecánico de Energía, Demanda y Factor de Potencia. En la Figura 4.2 se detalla un diagrama de lo que es una medición con registro Multitarifario de los mismos parámetros anteriores.

Se ha hecho la forma más sencilla de Multitarifa, la que incluye solamente dos diferentes horarios. Los equipos se multiplicarían dependiendo del número de horarios que una Multitarifa incluya.

Se puede ver cómo los interruptores Electromagnéticos funcionan a distintas horas de la manera siguiente: En primer lugar, el interruptor electromagnético 1 entra a funcionar a las veintiún horas ( 21:00 ), y se desconecta a las dieciocho horas ( 18:00 ), luego, el interruptor electromagnético 2 entra a funcionar a las dieciocho horas ( 18:00 ), y se desconecta a las veintiún horas ( 21:00 ). Esto produce el registro de los parámetros eléctricos en los horarios especificados para cada interruptor electromagnético.

Como es de esperar, el uso de este método de registro Multitarifario necesita de una fuerte inversión, debido a los diferentes equipos que son necesarios para que funcione.

El timer, los interruptores electromagnéticos, y aún el hecho de

doblar o triplicar, depende de cual sea el caso, el número de medidores, representan gastos elevados. En la Tabla 4.1 se dan algunos precios aproximados de los equipos de medición a utilizar para el método Electromecánico y el Electrónico. Con esta comparación puede hacerse una idea de lo costoso que resulta el registro Multitarifario por el método Electromecánico. Existe una

<b>DISPOSITIVOS USADOS EN REGISTRO MULTITARIFARIO Y SU COSTO</b>			
<b>TIPO ELECTROMECHANICO</b>		<b>TIPO ELECTRONICO</b>	
<b>DISPOSITIVO</b>	<b>COSTO</b>	<b>DISPOSITIVO</b>	<b>COSTO</b>
MEDIDOR KWH 1	\$350.00	MEDIDOR ELECTRONICO TIPO FULCRUM	\$950.00
MEDIDOR KWH 2	\$350.00		
MEDIDOR KVARH	\$350.00	TEST BLOCK	\$118.00
DESFASADOR	\$156.00		
INT. ELECT. 1	\$40.00		
INT. ELECT. 2	\$40.00		
TEST BLOCK 1	\$118.00		
TEST BLOCK 2	\$118.00		
TIMER	\$125.00		
<b>TOTAL</b>	<b>\$1,647.00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$1068.00</b>

TABLA 4.1

Equipo de medición necesario para Registro Multitarifario. En la primer columna se encuentran los equipos Electromecánicos, en la segunda, para el método Electrónico.

diferencia de costos de quinientos setenta y nueve dólares ( \$579.00 ) en favor del método Electrónico.

Con el advenimiento y desarrollo de la tecnología Electrónica, los costos para satisfacer la necesidad de registro Multitarifario se vieron disminuidos. Es mas, con los Medidores Electrónicos por un costo menor puede lograrse registros que no se puede con tecnología Electromecánica.

Otro aspecto negativo del método Electromecánico es el hecho de que se necesita una fuente que suministre la energía necesaria para la alimentación del timer y los interruptores Electromagnéticos. Por lo general se tomaba del mismo Sistema, sin embargo existía el inconveniente de que cuando había caídas de voltaje durante un tiempo, el timer, específicamente, perdía la cuenta del tiempo y había que estarlo reajustando. Esto se solucionaba con baterías de respaldo para el Timer y los interruptores electromagnéticos, pero hacía aumentar el costo de la medición en forma significativa.

Otro desventaja es en cuanto al espacio, ya que debía de instalarse en un lugar amplio debido a la cantidad de equipo necesario , lo cual se vuelve problemático sobre todo tomando en cuenta que el espacio debe de ser protegido. Ya sea una pared interior o una caja metálica. La primer opción reviste el privar al usuario de espacio interior de sus instalaciones, y la segunda

resulta en un aumento grande de costo debido a la cantidad de material necesario para la fabricación de las cajas.

Por último, se tenía el problema del tiempo de lectura y cálculo de los registros. La lectura de tres medidores, la reposición de ellos y el quitar y poner su marchamo de seguridad incrementa el tiempo dedicado a cada usuario por el lector. Por otro lado, también el cálculo de dos o más registros por usuario tiene el mismo efecto.

Lo anterior ha sido expuesto para el caso de utilización de dos horarios de Multitarifa. En el caso de que fuesen mas de dos horarios los costos se incrementarían de manera alarmante. En el Medidor Electrónico tipo FULCRUM se puede tener hasta cuatro horarios distintos de Multitarifa, con lo que los costos para igualar esta capacidad por el método Electromecánico practicamente se cuadruplican.

Se puede finalizar este análisis concluyendo que comparando las desventajas que presenta el método Electromecánico de registro Multitarifario frente al Electrónico, este último viene a tomar un lugar insustituible en la rama de las Mediciones Multitarifarias.

#### **4.2. Incidencia del uso del Medidor Electrónico Digital con la Multitarifa actual de CEL en diferentes tipos de servicios.**

Dentro de las ventajas que se debe analizar del Medidor Electrónico Digital frente a los Medidores Electromecánicos, es en cuanto a la incidencia de la aplicación de la Multitarifa actual de las Compañías Distribuidoras para distintos tipos de Abonados en la Tarifa 3 (VP).

A continuación se presentarán cuatro casos distintos de abonados, tomando en cuenta que cada uno trabaja con un horario diferente, y sus procesos también son totalmente distintos.

Para la presentación y análisis de los casos siguientes, se mantuvo conectados los dos tipos de medidores, Electromecánicos y Electrónicos, en serie al mismo servicio. El tiempo de duración de la muestra tomada fue de un mes, en diferentes épocas cada una, dependiendo de la que mayor representatividad tiene para cada tipo de abonado implicado en este estudio.

**EMPRESA "A":**

La Empresa "A" trabaja las veinticuatro horas del día a plena carga. Solamente se dan recesos en algunas de las maquinarias en los cambios de turno y en las horas en que los trabajadores toman sus alimentos.

En general se podría asumir que la empresa trabaja ininterrumpidamente.

Los datos generales de la Empresa son:

- Capacidad instalada : 300 KVA
- Demanda Mínima a contratar: 180 KVA
- Energía Mínima a contratar: 15,840 KWh

a) En primer lugar se realizará los cálculos necesarios para la facturación por medio de las lecturas proporcionadas por medidores electromecánicos:

- Demanda Máxima : 144 KW
- Energía Real Consumida : 82,714 KWh
- Energía Reactiva Consumida: 155,423 KVARh

Se calcula el Factor de Potencia a partir de las lecturas de Energía Real y Energía Reactiva de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{F.P.} = \text{Cos} ( \text{ATan} ( \text{KVARh} / \text{KWh} ) )$$

La deducción de esta fórmula, como se mencionó en el capítulo I, se encuentra en el Apéndice A. Sustituyendo los valores obtenidos de los medidores en la fórmula:

$$\text{F.P.} = \text{Cos} ( \text{ATan} ( 155,423 / 82,714 ) )$$

$$\text{F.P.} = \text{Cos} ( \text{ATan} ( 1.8790 ) )$$

$$\text{F.P.} = \text{Cos} ( 61.9787 )$$

$$\text{F.P.} = 0.4698$$

Calculando la Demanda Máxima en KVA, que es la cantidad que CEL factura:

$$\text{Demanda en KVA} = ( \text{Demanda en KW} ) / ( \text{F.P.} )$$

Sustituyendo los valores de Demanda en KW leída en el medidor Electromecánico y el Factor de Potencia que acaba de ser encontrado:

$$\text{Demanda en KVA} = ( 144 ) / ( 0.4698 )$$

$$\text{Demanda en KVA} = 306.51 \text{ KVA}$$

Ahora se calcularán los diferentes cargos que componen una factura de cobro por Uso de Energía Eléctrica:

1) Cargo en colones por Energía Consumida ( Las fórmulas que se utilizarán a continuación corresponden a las que ya fueron utilizadas en el Capítulo III ):

$$Fe = Cpa * Ep + (Cfp - Cpa) * Efp$$

Debido a que con los medidores Electromecánicos se obtiene solamente una lectura general de la Energía consumida, el cálculo del cargo se hace con un precio que ya ha sido especificado para este tipo de casos, y se deja de lado la diferenciación de tarifas para horarios de punta y fuera de punta.

Debido a lo expuesto, la fórmula queda reducida a lo siguiente:

$$Fe = Cfp * Et$$

Donde:

Fe = Facturación en colones por los KWh de consumo mensual.

Cfp = Consumo total en KWh. Este se compara con la energía mínima a contratar y se toma la más alta.

Et = Precio de la Energía en General (¢/KWh)

Sustituyendo en la fórmula:

$$Fe = Cfp * Et$$

$$Fe = 32,714 \text{ kWh} * \text{¢ } 0.0409/\text{kWh}$$

$$Fe = \text{¢ } 53,011.40$$

2) Cargo en Colones por Demanda:

La fórmula a utilizar en caso de aplicar la estructura tarifaria actual sería:

$$F = Dpa * Pp + (Dma - Dpa) * Pfp$$

Pero, debido a lo expuesto anteriormente, la fórmula queda reducida a:

$$F = Dma * Ppt$$

Donde:

F = Facturación en colones por los KVA de Demanda máxima.

Dma = Demanda máxima consumida en KVA. Esta se compara con la demanda de arrastre y se toma la más alta.

Ppt = Precio de la Demanda en General (¢/KVA).

Sustituyendo:

$$F = Dma * Ppt$$

$$F = 306.51 \text{ KVA} * \text{¢ } 43.10/\text{KVA}$$

$$F = \text{¢ } 13,210.81$$

3) Cargo en colones por Factor de Potencia:

$$\text{Cargo por F.P.} = Fe * ( F.P._{req.} - F.P._{prev} )$$

Donde:

Cargo por F.P. = Cargo en colones por Factor de Potencia.

Fe = Facturación en colones por los KWh de Energía Consumida.

F.P.<sub>mín</sub> = Factor de Potencia mínimo que acepta CEL sin que haya penalización. El valor es de 0.90

F.P.<sub>prom</sub> = Factor de Potencia Promedio del período de facturación en cuestión.

Sustituyendo:

$$\text{Cargo por F.P.} = Fe * ( F.P._{mín} - F.P._{prom} )$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 53,011.40 * ( 0.90 - 0.4698 )$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 22,805.50$$

4) Factura Total:

$$Ft = Fe + F + \text{Cargo por F.P.}$$

$$Ft = \text{¢ } 53,011.23 + \text{¢ } 13,210.81 + \text{¢ } 22,805.50$$

$$Ft = \text{¢ } 89,027.54$$

La Factura total asciende a ochenta y nueve mil veintisiete 54/100 colones.

A continuación se calculará cuánto es el monto al calcularlo en base a medidores electrónicos y aplicando la multitarifa actual de CEL.

b) Las lecturas directas proporcionadas por los medidores electrónicos son:

- Demanda Máxima en horas de punta : 281.011 KVA
- Demanda Máxima Total : 281.011 KVA
- Energía Real Consumida en horas punta: 10,498.03 KWh
- Energía Real Consumida fuera de punta: 72,673 KWh
- Energía Reactiva Consumida : 160,543.3 KVARh
- Factor de Potencia : 0.4116

Con estos datos puede comenzarse a hacer los cálculos de los cargos de facturación:

1) CARGO EN COLONES POR ENERGIA CONSUMIDA:

$$Fe = Cpa * Ep + Cfp * Efp$$

Donde:

Fe = Facturación en colones por los kWh de consumo mensual.

Cpa = Consumo en kWh del abonado correspondiente a horas de punta de la demanda del sistema nacional.

Ep = Precio de la Energía en horas de punta (¢/KWh)

Cfp = Consumo de horas fuera de punta en kWh. El consumo total se compara con la energía mínima a contratar y se toma la más alta.

Efp = Precio de la Energía en horas fuera de punta  
(¢/KWh).

Sustituyendo en la fórmula:

$$Fe = Cpa * Ep + Cfp * Efp$$

$$Fe = 10,498.03 * .6850 + 72,673 * .6280$$

$$Fe = ¢ 7,191.15 + 72,673 * 0.6280$$

$$Fe = ¢ 7,191.15 + ¢ 45,638.64$$

$$Fe = ¢ 52,829.79$$

## 2) CARGO EN COLONES POR DEMANDA:

$$F = Dpa * Pp + (Dma - Dpa) * Pfp$$

Donde:

F = Facturación en colones por los kVA de Demanda máxima.

Dpa = Demanda máxima en KVA del abonado en horas de punta de la demanda del sistema nacional.

Pp = Precio de la Demanda en horas de punta (¢/KVA).

Dma = Demanda máxima consumida en KVA. Esta se compara con la demanda de arrastre y se toma la más alta.

Pfp = Precio de la Demanda en horas fuera de punta (¢/KVA).

Sustituyendo:

$$F = Dpa * Pp + (Dma - Dpa) * Pfp$$

$$F = 281.011 * 58.40 + (281.011 - 281.011) * 40.10$$

$$F = \text{¢ } 16,411.04 + 0 * 40.10$$

$$F = \text{¢ } 16,411.04$$

3) CARGO EN COLONES POR FACTOR DE POTENCIA:

$$\text{Cargo por F.P.} = F_e * ( F.P._{\text{mín}} - F.P._{\text{prom}} )$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 52,824.79 * ( 0.90 - 0.4116 )$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 25,799.63$$

4) Factura Total:

$$F_t = F_e + F + \text{Cargo por F.P.}$$

$$F_t = \text{¢ } 52,829.79 + \text{¢ } 16,411.04 + \text{¢ } 25,799.63$$

$$F_t = \text{¢ } 95,040.46$$

La Factura total en este caso asciende a noventa y cinco mil cuarenta 46/100 colones.

Existe una diferencia en cuanto al monto de la factura final de seis mil doce 92/100 colones (¢6,012.92). Esto equivale a una variación del 6.75% en el pago mensual por uso de la Energía Eléctrica. De lo anterior se puede afirmar que un abonado que utiliza la energía a plena carga durante las horas pico de la Demanda nacional, y que además incurre en un Factor de Potencia bajo, se ve afectado en forma negativa y significativamente por

la implementación del Medidor Electrónico y la aplicación de las disposiciones tarifarias actuales.

### EMPRESA "B":

La Empresa "B" trabaja ocho horas diarias a plena carga. El resto de las veinticuatro horas consume a un promedio de la sexta parte de la plena carga en procesos ininterrumpidos.

Los datos generales de la Empresa son:

- Capacidad instalada : 500 KVA
- Demanda Mínima a contratar: 300 KVA
- Energía Mínima a contratar: 26,400 KWh

a) En primer lugar se realizará los cálculos necesarios para la facturación por medio de las lecturas proporcionadas por medidores electromecánicos:

- Demanda Máxima : 407 KW
- Energía Real Consumida : 102,922 KWh
- Energía Reactiva Consumida: 99,029 KVARh

Se calcula el Factor de Potencia a partir de las lecturas de Energía Real y Energía Reactiva de acuerdo a la siguiente Fórmula:

$$\begin{aligned} \text{F.P.} &= \text{Cos} ( \text{ATan} ( \text{KVARh} / \text{KWh} ) ) \\ \text{F.P.} &= \text{Cos} ( \text{ATan} ( 99,029 / 102,922 ) ) \\ \text{F.P.} &= \text{Cos} ( \text{ATan} ( 0.9622 ) ) \end{aligned}$$

$$\text{F.P.} = \text{Cos} ( 43.8956 )$$

$$\text{F.P.} = 0.7206$$

Calculando la Demanda Máxima en kVA, que es la cantidad que CEL factura:

$$\text{Demanda en kVA} = ( \text{Demanda en KW} ) / ( \text{F.P.} )$$

Sustituyendo los valores de Demanda en KW leída en el medidor Electromecánico y el Factor de Potencia que acaba de ser encontrado:

$$\text{Demanda en KVA} = ( 407 ) / ( 0.7206 )$$

$$\text{Demanda en KVA} = 564.81 \text{ KVA}$$

Ahora se calcularán los diferentes cargos que componen una factura de cobro por Uso de Energía Eléctrica:

1) CARGO EN COLONES POR ENERGIA CONSUMIDA ( Las fórmulas que se utilizarán a continuación son las mismas que fueron utilizadas para la Empresa "A"):

$$\text{Fe} = \text{Cfp} * \text{Et}$$

$$\text{Fe} = 102,922 \text{ KWh} * \text{¢} 0.6409/\text{KWh}$$

$$\text{Fe} = \text{¢} 65,962.71$$

2) CARGO EN COLONES POR DEMANDA:

$$\begin{aligned} F &= D_{ma} * P_{pt} \\ F &= 564.81 \text{ KVA} * \text{¢} 43.10/\text{KVA} \\ F &= \text{¢} 24,343.31 \end{aligned}$$

3) CARGO EN COLONES POR FACTOR DE POTENCIA:

$$\text{Cargo por F.P.} = F_e * ( F.P._{ndn} - F.P._{prom} )$$

Sustituyendo:

$$\begin{aligned} \text{Cargo por F.P.} &= \text{¢} 65,962.71 * ( 0.90 - 0.7206 ) \\ \text{Cargo por F.P.} &= \text{¢} 71,993.59 * 0.1794 \\ \text{Cargo por F.P.} &= \text{¢} 12,915.65 \end{aligned}$$

4) Factura Total:

$$\begin{aligned} F_t &= F_e + F + \text{Cargo por F.P} \\ F_t &= \text{¢} 65,962.71 + \text{¢} 24,343.31 + \text{¢} 12,915.65 \\ F_t &= \text{¢} 103,221.67 \end{aligned}$$

La Factura total asciende a ciento tres mil doscientos veintiuno 67/100 colones.

A continuación se calculará cuánto es el monto al calcularlo en

base a medidores electrónicos y aplicando la multitarifa actual de CEL.

b) Las lecturas directas proporcionadas por los medidores electrónicos son:

- Demanda Máxima en horas de punta : 91.053 KVA
- Demanda Máxima Total : 517.250 KVA
- Energía Real Consumida en horas punta: 5,244.652 KWh
- Energía Real Consumida fuera de punta: 99,032.95 KWh
- Energía Reactiva Consumida : 100,508.4 KVARh
- Factor de Potencia : 0.6554

Con estos datos se comenzará a hacer los cálculos de los cargos de facturación:

1) CARGO EN COLONES POR ENERGIA CONSUMIDA:

$$Fe = Cpa * Ep + Cfp * Efp$$

Sustituyendo en la fórmula:

$$Fe = 5,244.65 * .6850 + 99,032.95 * .6280$$

$$Fe = \text{¢ } 3,592.59 + 99,032.95 * 0.6280$$

$$Fe = \text{¢ } 3,592.59 + \text{¢ } 62,192.69$$

$$Fe = \text{¢ } 65,785.28$$

2) CARGO EN COLONES POR DEMANDA:

$$F = Dpa * Pp + (Dma - Dpa) * Pfp$$

Sustituyendo:

$$F = 91.053 * 58.40 + (517.250 - 91.053) * 40.10$$

$$F = \text{¢ } 5,317.50 + 426.197 * 40.10$$

$$F = \text{¢ } 5,317.50 + \text{¢ } 17,090.50$$

$$F = \text{¢ } 22,407.00$$

3) CARGO EN COLONES POR FACTOR DE POTENCIA:

$$\text{Cargo por F.P.} = Fe * ( F.P._{mfn} - F.P._{prom} )$$

Sustituyendo:

$$\text{Cargo por F.P.} = Fe * ( F.P._{mfn} - F.P._{prom} )$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 65,785.28 * ( 0.90 - 0.6554 )$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 65,785.28 * 0.2446$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 16,091.08$$

4) Factura Total:

$$Ft = Fe + F + \text{Cargo por F.P.}$$

$$Ft = \text{¢ } 65,785.28 + \text{¢ } 22,407.00 + \text{¢ } 16,091.08$$

$$Ft = \text{¢ } 104,283.36$$

La Factura total en este caso asciende a ciento cuatro mil doscientos ochenta y tres  $36/100$  colones.

Existe una diferencia en cuanto al monto de la factura final de un mil sesenta y un  $69/100$  colones ( $\$ 1,061.69$ ). Esto equivale a una variación del 1.03% en el pago mensual por uso de la Energía Eléctrica. De lo anterior se puede afirmar que la Empresa "B" se ve afectada, en una menor proporción que la Empresa "A", con la implementación del medidor Electrónico y las disposiciones tarifarias actuales.

### EMPRESA "C":

La Empresa "C" trabaja ocho horas diarias a plena carga. Este período se da fuera de las horas pico de la Demanda Nacional. El resto de las veinticuatro horas no se realiza ningún proceso que consuma Energía Eléctrica, excepto el uso de iluminación y aparatos de uso del personal de vigilancia.

Los datos generales de la Empresa son:

- Capacidad instalada : 400 KVA
- Demanda Mínima a contratar: 240 KVA
- Energía Mínima a contratar: 21,120 KWh

a) En primer lugar se realizarán los cálculos necesarios para la facturación por medio de las lecturas proporcionadas por medidores electromecánicos:

- Demanda Máxima : 259 KW
- Energía Real Consumida : 78,037 KWh
- Energía Reactiva Consumida: 98,520 KVARh

Se calcula el Factor de Potencia a partir de las lecturas de Energía Real y Energía Reactiva de acuerdo a la siguiente Fórmula:

$$\begin{aligned} \text{F.P.} &= \text{Cos} ( \text{ATan} ( \text{KVARh} / \text{KWh} ) ) \\ \text{F.P.} &= \text{Cos} ( \text{ATan} ( 98,520 / 78,037 ) ) \\ \text{F.P.} &= \text{Cos} ( \text{ATan} ( 1.2625 ) ) \\ \text{F.P.} &= \text{Cos} ( 51.6175 ) \\ \text{F.P.} &= 0.6209 \end{aligned}$$

Calculando la Demanda Máxima en KVA, que es la cantidad que CEL factura:

$$\text{Demanda en kVA} = ( \text{Demanda en KW} ) / ( \text{F.P.} )$$

Sustituyendo los valores de Demanda en KW leída en el medidor Electromecánico y el Factor de Potencia que acaba de ser encontrado:

$$\begin{aligned} \text{Demanda en kVA} &= ( 259 ) / ( 0.6209 ) \\ \text{Demanda en kVA} &= 417.14 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Ahora se calcularán los diferentes cargos que componen una factura de cobro por Uso de Energía Eléctrica:

1) CARGO EN COLONES POR ENERGIA CONSUMIDA ( Las fórmulas que se utilizarán a continuación son las mismas que fueron utilizadas para la Empresa "A"):

$$\begin{aligned} \text{Fe} &= \text{Cfp} * \text{Et} \\ \text{Fe} &= \text{¢ } 0.6409/\text{KWh} * 78,037 \text{ KWh} \\ \text{Fe} &= \text{¢ } 50,013.91 \end{aligned}$$

2) CARGO EN COLONES POR DEMANDA:

$$F = D_{ma} * P_{pt}$$

$$F = 417.14 \text{ KVA} * \text{¢} 43.10/\text{KVA}$$

$$F = \text{¢} 17,978.34$$

3) CARGO EN COLONES POR FACTOR DE POTENCIA:

$$\text{Cargo por F.P.} = F_e * ( F.P._{m.n} - F.P._{prom} )$$

Sustituyendo:

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢} 50,013.91 * ( 0.90 - 0.6209 )$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢} 50,413.91 * 0.2791$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢} 14,070.52$$

4) Factura Total:

$$F_t = F_e + F + \text{Cargo por F.P.}$$

$$F_t = \text{¢} 50,013.91 + \text{¢} 17,978.34 + \text{¢} 14,070.52$$

$$F_t = \text{¢} 82,062.77$$

La Factura total asciende a ochenta y dos mil sesenta y dos 77/100 colones. Ahora se calculará cuánto es el monto al calcularlo en base a medidores electrónicos y aplicando la multitarifa actual de CEL.

b) Las lecturas directas proporcionadas por los medidores

electrónicos son:

- Demanda Máxima en horas de punta : 4.056 KVA
- Demanda Máxima Total : 383.067 KVA
- Energía Real Consumida en horas punta: 584.064 KWh
- Energía Real Consumida fuera de punta: 78,481.08 KWh
- Energía Reactiva Consumida : 100,055.9 KVARh
- Factor de Potencia : 0.5694

Con estos datos se comenzará a hacer los cálculos de los cargos de facturación:

1) CARGO EN COLONES POR ENERGIA CONSUMIDA:

$$Fe = Cpa * Ep + Cfp * Efp$$

Sustituyendo en la fórmula:

$$Fe = 584.064 * .6850 + 78,481.086 * .6280$$

$$Fe = \text{¢ } 400.08 + 78,481.086 * 0.6280$$

$$Fe = \text{¢ } 400.08 + \text{¢ } 49,286.12$$

$$Fe = \text{¢ } 49,686.20$$

2) CARGO EN COLONES POR DEMANDA:

$$F = Dpa * Pp + (Dma - Dpa) * Pfp$$

Sustituyendo:

$$F = 4.056 * 58.40 + (383.067 - 4.056) * 40.10$$

$$F = \text{¢ } 236.87 + 379.011 * 40.10$$

$$F = \text{¢ } 236.87 + \text{¢ } 15,198.34$$

$$F = \text{¢ } 15,435.21$$

3) CARGO EN COLONES POR FACTOR DE POTENCIA:

$$\text{Cargo por F.P.} = Fe * ( F.P._{m\acute{e}n} - F.P._{prom} )$$

Sustituyendo:

$$\text{Cargo por F.P.} = Fe * ( F.P._{m\acute{e}n} - F.P._{prom} )$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 49,686.20 * ( 0.90 - 0.5694 )$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 49,686.20 * 0.3306$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 16,426.26$$

4) Factura Total:

$$Ft = Fe + F + \text{Cargo por F.P.}$$

$$Ft = \text{¢ } 49,686.20 + \text{¢ } 15,435.21 + \text{¢ } 16,426.25$$

$$Ft = \text{¢ } 81,547.66$$

La factura total en este caso asciende a ochenta y un mil quinientos cuarenta y siete 66/100 colones.

Existe una diferencia en cuanto al monto de la factura final de quinientos quince 11/100 colones (¢515.11). Esto equivale a una

variación del 0.63% en el pago mensual por uso de la Energía Eléctrica. De lo anterior se puede afirmar que la Empresa "C" se ve beneficiada con la implementación del medidor Electrónico y las disposiciones tarifarias vigentes.

Por otra parte, puede notarse que en la medida que la empresa disminuya su consumo en las horas de punta de la Demanda del Sistema Nacional, los costos para la Empresa disminuyen hasta llegar al punto de que se vuelven en favor de ésta.

### EMPRESA "D":

La Empresa "D" trabaja ocho horas diarias a plena carga. Este período se da fuera de las horas pico de la Demanda Nacional.

Los datos generales de la Empresa son:

- Capacidad instalada : 999 KVA
- Demanda Mínima a contratar: 599.4 KVA
- Energía Mínima a contratar: 52,747 KWh

a) En primer lugar se realizará los cálculos necesarios para la facturación por medio de las lecturas proporcionadas por medidores electromecánicos:

- Demanda Máxima : 562.3 KW
- Energía Real Consumida : 146,868 KWh
- Energía Reactiva Consumida: 130,746 KVARh

Se calcula el Factor de Potencia a partir de las lecturas de Energía Real y Energía Reactiva de acuerdo a la siguiente

fórmula:

$$\begin{aligned} \text{F.P.} &= \text{Cos} ( \text{ATan} ( \text{KVARh} / \text{KWh} ) ) \\ \text{F.P.} &= \text{Cos} ( \text{ATan} ( 130,746 / 146,868 ) ) \\ \text{F.P.} &= \text{Cos} ( \text{ATan} ( 0.8902 ) ) \\ \text{F.P.} &= \text{Cos} ( 41.68 ) \end{aligned}$$

$$\text{F.P.} = 0.7469$$

Calculando la Demanda Máxima en KVA, que es la cantidad que CEL factura:

$$\text{Demanda en kVA} = ( \text{Demanda en KW} ) / ( \text{F.P.} )$$

Sustituyendo los valores de Demanda en KW leída en el medidor Electromecánico y el Factor de Potencia que acaba de ser encontrado:

$$\text{Demanda en kVA} = ( 562.3 ) / ( 0.7469 )$$

$$\text{Demanda en kVA} = 752.85 \text{ KVA}$$

Ahora se calcularán los diferentes cargos que componen una factura de cobro por Uso de Energía Eléctrica:

1) CARGO EN COLONES POR ENERGIA CONSUMIDA ( Las fórmulas que se utilizarán a continuación son las mismas que fueron utilizadas para la Empresa "A"):

$$F_e = C_{fp} * E_t$$

$$F_e = \text{¢ } 0.6409/\text{KWh} * 146,868 \text{ KWh}$$

$$F_e = \text{¢ } 94,127.70$$

2) CARGO EN COLONES POR DEMANDA:

$$F = D_{ma} * P_{pt}$$

$$F = 752.85 \text{ KVA} * \text{¢ } 43.10/\text{KVA}$$

$$F = \text{¢ } 32,447.84$$

3) CARGO EN COLONES POR FACTOR DE POTENCIA:

$$\text{Cargo por F.P.} = F_e * ( F.P._{m\acute{a}x} - F.P._{prom} )$$

Sustituyendo:

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 94,127.70 * ( 0.90 - 0.7469 )$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 94,127.70 * 0.1531$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 14,410.95$$

4) Factura Total:

$$F_t = F_e + F + \text{Cargo por F.P.}$$

$$F_t = \text{¢ } 94,127.70 + \text{¢ } 32,447.84 + \text{¢ } 14,410.95$$

$$F_t = \text{¢ } 140,986.49$$

La Factura total asciende a ciento cuarenta mil novecientos ochenta y seis 49/100 colones. Ahora se calculará cuánto es el monto al calcularlo en base a medidores electrónicos y aplicando la multitarifa actual de CEL.

b) Las lecturas directas proporcionadas por los medidores electrónicos son:

- Demanda Máxima en horas de punta : 36.448 KVA

- Demanda Máxima Total	:	690.372 KVA
- Energía Real Consumida en horas punta:	:	1,045.845 KWh
- Energía Real Consumida fuera de punta:	:	147,649.4 KWh
- Energía Reactiva Consumida	:	130,745.5 KVARh
- Factor de Potencia	:	0.6849

Con estos datos se comenzará a hacer los cálculos de los cargos de facturación:

1) CARGO EN COLONES POR ENERGIA CONSUMIDA:

$$Fe = Cpa * Ep + Cfp * Efp$$

Sustituyendo en la fórmula:

$$Fe = 1045.845 * .6850 + 147,649.355 * 0.6280$$

$$Fe = \text{¢ } 716.40 + 147,649.355 * 0.6280$$

$$Fe = \text{¢ } 716.40 + \text{¢ } 92,723.79$$

$$Fe = \text{¢ } 93,440.19$$

2) CARGO EN COLONES POR DEMANDA:

$$F = Dpa * Pp + (Dma - Dpa) * Pfp$$

Sustituyendo:

$$F = 36.448 * 58.40 + (690.372 - 36.448) * 40.10$$

$$F = \text{¢ } 2,128.56 + 653.924 * 40.10$$

$$F = \text{¢ } 2,128.56 + \text{¢ } 26,222.35$$

$$F = \text{¢ } 28,350.91$$

3) CARGO EN COLONES POR FACTOR DE POTENCIA:

$$\text{Cargo por F.P.} = Fe * ( F.P._{m\acute{a}x} - F.P._{prom} )$$

Sustituyendo:

$$\text{Cargo por F.P.} = Fe * ( F.P._{m\acute{a}x} - F.P._{prom} )$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 93,440.19 * ( 0.90 - 0.7049 )$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 93,440.19 * 0.1951$$

$$\text{Cargo por F.P.} = \text{¢ } 18,230.18$$

4) Factura Total:

$$Ft = Fe + F + \text{Cargo por F.P.}$$

$$Ft = \text{¢ } 93,440.19 + \text{¢ } 28,350.91 + \text{¢ } 18,230.18$$

$$Ft = \text{¢ } 140,021.28$$

La Factura total en este caso asciende a ciento cuarenta mil veintiuno 28/100 colones.

Existe una diferencia en cuanto al monto de la factura final de novecientos sesenta y cinco 21/100 colones (¢965.21). Esto equivale a una variación del 0.68% en el pago mensual por uso de la Energía Eléctrica. De lo anterior se puede afirmar que la Empresa "D" se ve beneficiada con la implementación del medidor Electrónico y las disposiciones tarifarias vigentes.

<b>FACTURACION CON MEDIDORES ELECTROMECHANICOS</b>				
<b>EMPRESA</b>	<b>COSTO POR ENERGIA</b>	<b>COSTO POR POTENCIA</b>	<b>COSTO POR FACTOR DE POTENCIA</b>	<b>COSTOS DE LA FACTURA TOTAL</b>
A	¢53,011.40	¢12,210.81	¢22,805.50	¢88,027.71
B	¢65,962.71	¢24,343.31	¢12,915.65	¢103,221.67
C	¢50,013.91	¢17,978.34	¢14,070.52	¢82,062.77
D	¢94,127.70	¢32,447.84	¢14,410.95	¢140,986.49
<b>FACTURACION CON MEDIDORES ELECTRONICOS</b>				
<b>EMPRESA</b>	<b>COSTO POR ENERGIA</b>	<b>COSTO POR POTENCIA</b>	<b>COSTO POR FACTOR DE POTENCIA</b>	<b>COSTOS DE LA FACTURA TOTAL</b>
A	¢52,829.79	¢16,411.04	¢25,799.63	¢95,040.46
B	¢65,785.28	¢22,407.00	¢16,091.08	¢104,283.36
C	¢49,686.20	¢15,435.21	¢16,426.26	¢81,547.67
D	¢93,440.19	¢28,350.91	¢18,230.18	¢140,021.28
<b>DIFERENCIA PORCENTUAL</b>				
<b>EMPRESA</b>	<b>COSTO POR ENERGIA</b>	<b>COSTO POR POTENCIA</b>	<b>COSTO POR FACTOR DE POTENCIA</b>	<b>COSTOS DE LA FACTURA TOTAL</b>
A	-0.34%	34.40%	13.13%	7.97%
B	-0.27%	-7.95%	24.59%	1.03%
C	-0.66%	-14.15%	16.74%	-0.63%
D	-0.73%	-12.63%	26.50%	-0.68%

TABLA 4.2

Se presentan los costos de facturación para los diferentes parámetros eléctricos para las cuatro empresas estudiadas en el presente capítulo.

Hay que aclarar que dicho beneficio se podría ver incrementado, aunque en poca medida, con la mejora del Factor de Potencia y la disminución de la demanda máxima. Para lograr estos aspectos es necesario realizar un análisis más profundo del perfil de uso de la Energía Eléctrica por parte de esta y las otras empresas consumidoras. Dicho estudio es posible llevarlo a cabo, como se verá en el siguiente capítulo con las opciones y versatilidad que el Medidor Electrónico tipo FULCRUM ofrece.

En la tabla 4.2 se presenta un cuadro comparativo, donde se puede observar el grado de incidencia que tiene la implementación de los Medidores Electrónicos Digitales tipo FULCRUM en los servicios que se han detallado anteriormente.

En conclusión, los Medidores Electrónicos Digitales representan un fenómeno que incide, de manera significativa, en los costos por uso de energía Eléctrica de los diferentes abonados de CEL. Esto es válido con las disposiciones tarifarias actuales.

## CAPITULO V

### 5. INFLUENCIA DE UN GRUPO DE CONSUMIDORES TIPO EN LA DEMANDA NACIONAL.

#### 5.1. COMPORTAMIENTO DE UN GRUPO DE CONSUMIDORES TIPO.

##### 5.1.1. Determinación del grupo de Consumidores Tipo.

Con la implementación de los Medidores Electrónicos Digitales Tipo FULCRUM, se ha hecho factible la elaboración de Estudios de Comportamiento de los distintos Tipos de Consumidores existentes a nivel de lo que comprende la Distribución Nacional. Como se explicó en el Capítulo I, existe una gran variedad de Parámetros Eléctricos que pueden ser registrados y almacenados por este tipo de Medidor para su posterior análisis.

En el presente Capítulo se persigue el objetivo de mostrar cómo se puede usar correctamente parte de la información recabada por el Medidor para obtener conclusiones de las que se generen las recomendaciones apropiadas que sean de beneficio para el usuario en particular y para el País en General.

El consumo de Energía Eléctrica obedece a procesos detallados dentro de horarios específicos. Esto hace que se pueda determinar

un patrón para éste, pudiéndose a su vez determinar el comportamiento que presentará para un determinado período del año, o para todo el año.

Siendo más minucioso, se puede predecir no sólo el comportamiento de un período o mes, sino también el de una semana, el de un día, y aún el de una hora específica.

Como es de esperar, los usuarios que se dediquen al mismo tipo de actividad tendrán un comportamiento de consumo de Energía Eléctrica, sino igual muy similar. En base a esto puede diferenciarse entre un tipo de Consumidor y otro, y agruparlos de acuerdo a su actividad.

En El Salvador, a nivel de Servicios Mayores de Electrificación Rural de CEL, existen diferencias bastante marcadas entre un Consumidor y otro. Esto haría posible lo que podría ser una Estructura Multitarifaria Diferenciada por grupos de Consumidores Tipo.

Para lograr los objetivos de este Trabajo de Graduación se ha escogido un grupo de consumidores Tipo que cada día va cobrando mayor importancia en la actualidad. Este es el conjunto de las Empresas Maquiladoras, que agrupadas comienzan a proveer al País de empleo, tecnología y riqueza.

Es necesario de parte de la Nación ofrecer costos de operación

cada vez menores para estas empresas, y a la vez mejorar las condiciones de vida de sus habitantes. Uno de los factores más importantes en la vida económica del País es la Energía Eléctrica, el conseguir que ésta sea más barata es uno de los objetivos que con más ahínco se debe perseguir. Al lograr esto se llamará a una mayor inversión en el País y una mejora en el nivel de vida para los habitantes del mismo.

En El Salvador, el comportamiento de la Curva de Demanda Nacional es un factor que muestra la forma desordenada en que se hace uso de la Energía Eléctrica. Existen dos (2) grandes Picos de Demanda, uno alrededor del mediodía, y otro a las diecinueve horas (19:00), siendo el más pronunciado el segundo, y por tanto con una mayor importancia. La reducción de este Pico es el objetivo de la Estructura Multitarifaria actual de CEL.

Para la búsqueda de la reducción de este Pico de Demanda Nacional existe una razón. Al tener que satisfacer la Demanda en estas horas de Pico, o de punta como ha dado por llamárseles, mucha maquinaria de generación tiene que ser usada específicamente para suplir esta Demanda. Al pasar las horas de Pico de Demanda, gran parte de la maquinaria de generación se mantiene ociosa.

#### **5.1.2. Presentación de datos censados por Medidores FULCRUM**

Para una obtención significativa de datos de comportamiento de

consumo de Energía Eléctrica de Usuarios, se ha tomado una muestra coincidental de los parámetros Eléctricos de 6 Empresas Maquiladoras pertenecientes al área paracentral del País.

En las siguientes páginas se puede observar los datos obtenidos en la semana comprendida del 15 al 21 de Enero de 1995. Se presentan las curvas diarias correspondientes a la demanda en KVA para la Empresa. Después de esto le siguen las curvas para cada una de las otras Empresas.

#### **5.1.2.1. Empresa 1**

Los primeros datos que se muestra a continuación, pertenecen a una empresa que en este Trabajo será llamada Empresa 1. Esta cuenta con un banco de Transformadores de 501 KVA a un voltaje de 480 V.

El día Domingo se ve que no hay prácticamente ningún consumo, se podría atribuir lo consumido a dispositivos de iluminación.

El día Lunes puede comenzar a establecerse un horario de comportamiento, se da un incremento de la demanda hasta alcanzar la plena carga en un período de una hora, entre las 06:00 a las 07:00. Después de esto se mantiene la demanda aproximadamente constante hasta que se da una pequeña disminución al mediodía, luego sube a la plena carga. Este día no puede ser analizado completamente debido a una pérdida de energía en el sistema a las

13:30 aproximadamente. Al regresar la energía alrededor de las 16:00 se nota que la empresa decidió no reiniciar labores, razón por la cual no se vuelve a tener plena carga en el resto del día.

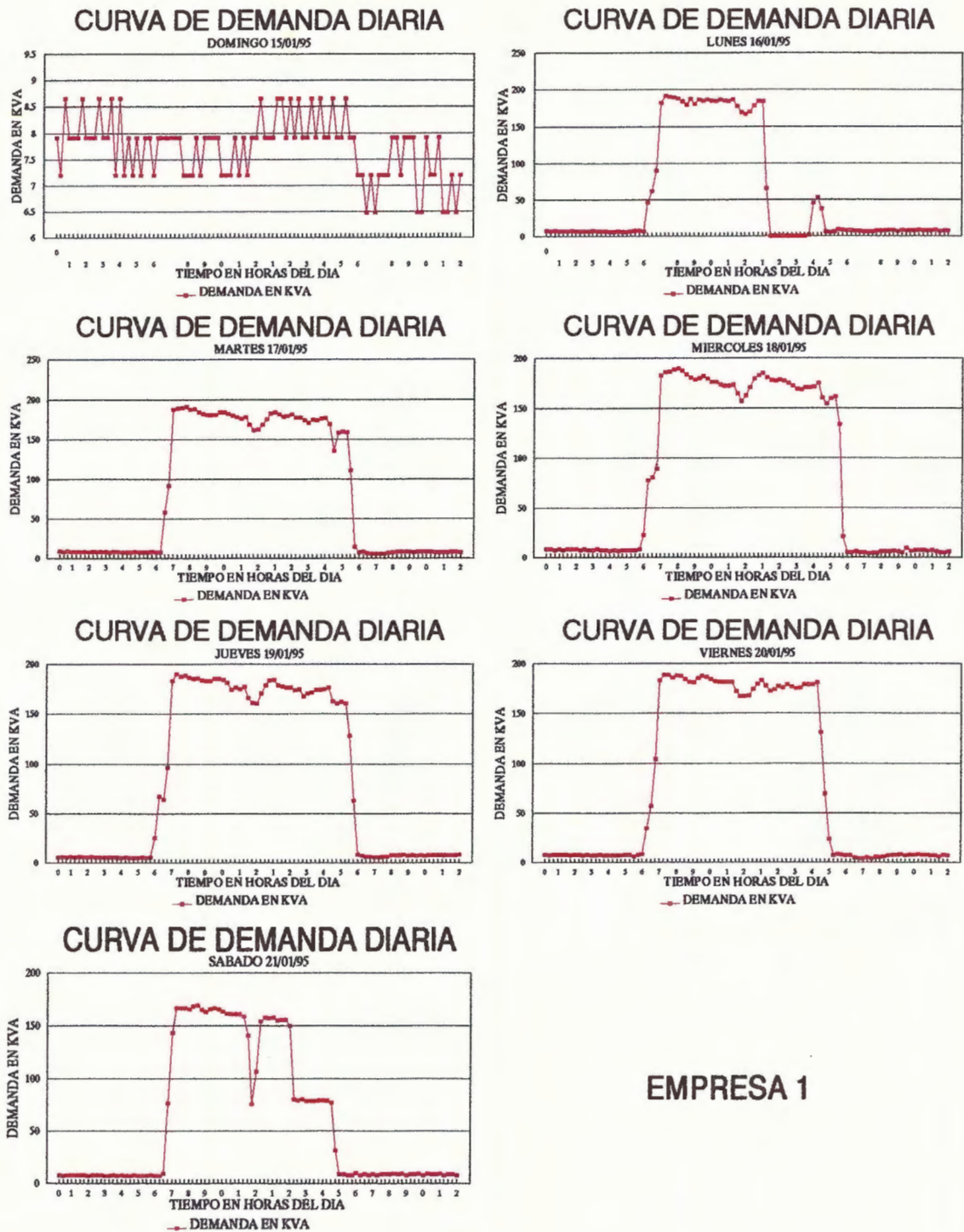
El día Martes se inicia a observar el mismo comportamiento del día Lunes, se da un ascenso total de la carga entre las 06:30 y las 07:00, manteniéndose constante hasta el mediodía, cuando se nota una reducción de alrededor del 10% de la carga. Luego de una hora alcanza nuevamente la plena carga, y se mantiene aproximadamente constante hasta que empieza a declinar alrededor de las 16:00, hasta decaer totalmente a las 18:00, se mantiene así el resto del día.

Los días Miércoles, Jueves y viernes presentan un comportamiento bastante similar al del día Martes. El único cambio significativo que puede apreciarse en estos días es el de que el día Viernes se da la declinación de la carga por la tarde aproximadamente una hora antes. Por lo demás el comportamiento es el mismo.

El día Sábado inicia similar a los demás días, aunque no se llega a la plena carga, sino que se mantiene constante a casi un 90% de ésta. Tiene un declive pronunciado casi al mediodía, y cae al 50% de la carga normal a las 14:00, para detener el consumo a las 17:00.

Todo este comportamiento puede ser obtenido del análisis de datos

y curvas proporcionados por los registros del Medidor Tipo FULCRUM. De un análisis apropiado de este comportamiento con un objetivo definido puede llegar a obtenerse resultados que se pueden ver limitados únicamente por los conocimientos e ingenio de las personas encargadas de la realización de éstos.



EMPRESA 1

Figura 5.1. Empresa 1

#### 5.1.2.2. Empresa 2

La segunda Empresa, será denominada Empresa 2, y ésta cuenta con un banco de Transformadores de 150 KVA a un voltaje de 120/240 v. La medición se encuentra en el lado de bajo voltaje de éste.

En el primer día, el Domingo, se nota un consumo casi nulo de Energía, por lo que se puede deducir que normalmente la Empresa 2 no trabaja los Domingos (en las curvas y datos de los demás domingos, que no se presentan en este estudio pero que se tienen registros del Medidor, se nota un comportamiento similar al observado aquí).

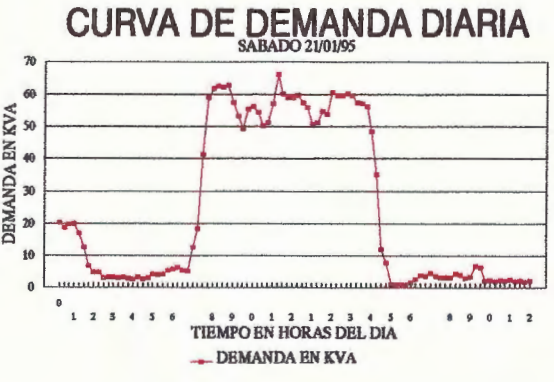
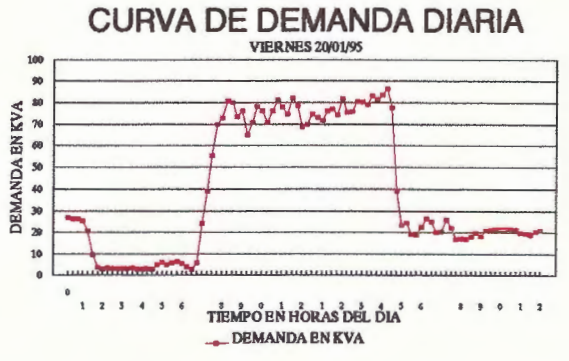
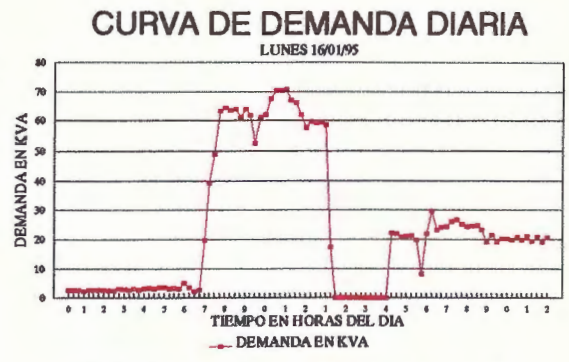
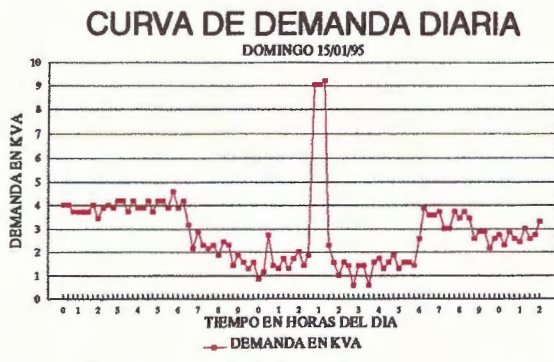
El día Lunes, la Empresa 2 inicia el incremento de su demanda a las 07:00 hasta alcanzar un valor promedio de consumo normal de trabajo, alrededor de las diez de la mañana se nota un incremento de alrededor del 15% de la demanda, para luego decaer al mediodía. La carga se mantiene constante hasta las 13:30, cuando se da una suspensión de energía en el Sistema. A las 16:00 en que retorna la energía, la empresa 2 se mantiene en procesos complementarios a un 30% de su plena carga hasta eso de la una de la mañana del día Martes.

El día Marte se inicia el incremento de carga a las 07:00 para encontrarse a plena carga 45 minutos después. Se mantiene constante a unos 74 KVA con ligeros altibajos hasta las 13:00, en

que se da un incremento de casi un 25% para mantenerse así hasta las 16:00, cuando empieza a declinar la demanda hasta llegar a un promedio aproximado de 26 KVA, manteniéndose en procesos complementarios hasta la 01:00 del día Miércoles.

Los días Miércoles, Jueves y Viernes, el comportamiento es similar al del día Martes, se inician incrementos de demanda alrededor de las 07:00, y se mantienen aproximadamente constantes a lo largo del día, hasta declinar casi totalmente a las 16.00 cuando se mantienen con procesos complementarios a baja carga hasta la 01:00 del día siguiente.

El día Sábado se da un comportamiento muy similar al de los otros días, excepto porque el promedio de la demanda es un 15% más baja. Al declinar la demanda a las 15:00. Este día no se continúan procesos complementarios, por lo que los transformadores quedan prácticamente en vacío.



**EMPRESA 2**

Figura 5.2. Empresa 2

### 5.1.2.3. Empresa 3

La tercer Empresa, será denominada Empresa 3, y ésta cuenta con un banco de Transformadores de 300 KVA a un voltaje de 120/240 v. La medición se encuentra en el lado primario (de alto voltaje a 7620/13200Y V) de éste.

En el primer día, el Domingo, se nota un consumo casi nulo de Energía, por lo que se puede deducir que normalmente la Empresa 3 no trabaja los Domingos (en las curvas y datos de los demás Domingos, que no se presentan en este estudio pero que se tienen registros del Medidor, se nota un comportamiento similar al observado aquí).

El día Lunes, la Empresa 3 inicia el incremento de su demanda a las 08:00, hasta alcanzar un valor promedio de consumo normal de trabajo a las 08:30, la demanda se mantiene casi constante, con una variación del 5%. La carga se mantiene en este estado hasta las 13:30 cuando se da una suspensión de energía en el Sistema. A las 16:00 en que retorna la Energía, la Empresa 3 trabaja a plena carga durante una hora, luego opera con una reducción de un 30% durante una hora mas, deteniendo todos los procesos a las 17:00.

El día Martes se inicia el incremento de carga a las 07:00, para encontrarse a plena carga 15 minutos después. Se mantiene

constante a unos 65 KVA con unas bajas de demanda de un 15%, pero volviendo a su valor constante cada vez. Este comportamiento se mantiene hasta las 15:00, en que se comienza a dar un decrecimiento lento del consumo de unos 3 KVA por hora en promedio. al llegar a la medianoche se inicia un decaimiento más pronunciado, hasta llegar a un valor mínimo a la 01:00 del día Miércoles.

El día Miércoles se inicia el incremento de carga a las 06:45, llegando a la plena carga a las 07:15, de entonces en adelante se dan ligeras variaciones de la demanda alrededor de los 57 KVA hasta llegar a las 13:00, cuando se da un incremento ligero del promedio a unos 60 KVA, manteniéndose así hasta las 16:30, en que comienza a bajar el promedio hasta llegar a su mínimo a las 20:00.

El comportamiento del día Jueves es similar al del día Martes, iniciándose un incremento de carga a las 06:30, para alcanzar la plena carga a las 07:00. El promedio de unos 60 KVA se mantiene todo el día hasta las 16:30, en que se da un decrecimiento de unos 10 KVA, siendo más o menos constante hasta las 23:30. En este momento comienza una declinación de la demanda hasta llegar a 25 KVA a eso de las 05:00 del día Viernes.

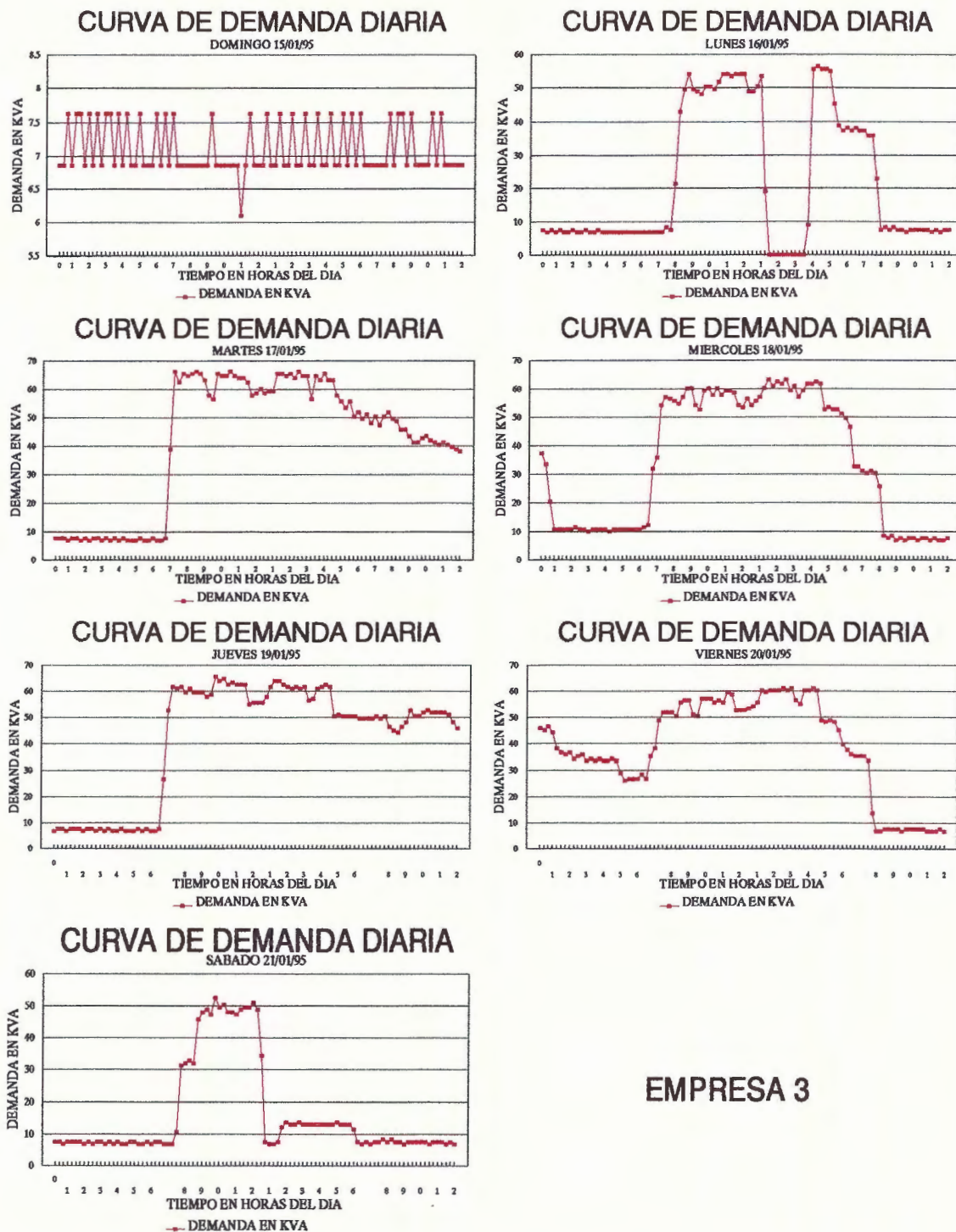
El día Viernes se mantiene ese valor hasta las 06:30, hora en que inicia otro incremento de carga, para llegar a su valor pleno de

50 KVA a las 07:30. Este promedio se va incrementando lentamente hasta alcanzar el valor más alto a las 14:00, luego se mantiene hasta decaer a las 16:30 un 20%, y después sigue su decrecimiento hasta alcanzar un valor mínimo a las 20:00, momento en que se detiene todo proceso.

El día Sábado se inicia el incremento de carga a las 07:30, llegando a 32 KVA 15 minutos después. Se mantiene este valor durante una hora, y luego, a las 08:45 se da otro incremento de carga hasta llegar a un valor de 48 KVA, promedio que se mantiene hasta el mediodía, y se detienen todos los procesos durante una hora.

A las 13:45 se inician procesos a baja carga a unos 13 KVA, hasta detenerse el consumo totalmente a las 18:00. El resto del día no se da ningún tipo de consumo.

A continuación se presentan las curvas diarias de demanda.



EMPRESA 3

Figura 5.3. Empresa 3

#### 5.1.2.4. Empresa 4

La cuarta Empresa será denominada Empresa 4, y ésta cuenta con un banco de Transformadores de 300 KVA a un voltaje secundario de 120/208 V. La medición se encuentra en el lado secundario (de bajo voltaje) de éste.

En el primer día, el Domingo, se nota un consumo muy bajo de energía a partir de las 00:00 hasta las 09:00, hora en que se hace nulo el consumo de Energía. Debido a la baja demanda mostrada en las primeras horas del día, y la nulidad de ésta en el resto, se puede deducir que normalmente la Empresa 4 no trabaja los Domingos (en las curvas y datos de los demás Domingos, que no se presentan en este estudio, pero que se tienen registros del Medidor, se nota un comportamiento similar al observado aquí).

El día Lunes, la Empresa 4 inicia el incremento de su demanda a las 07:30 hasta alcanzar un valor pico de demanda de 23 KVA a las 08:00, en media hora se da una baja de un 10%, y luego comienza a incrementarse escalonadamente hasta alcanzar un valor de casi 28 KVA al mediodía, decaendo entonces hasta 10 KVA. Media hora después se inicia un nuevo incremento de carga hasta llegar a un máximo de 29 KVA a las 13:00, cuando se da una pérdida de energía en el sistema. A las 16:00 en que retorna la Energía, la Empresa 4 inicia procesos durante media hora, y los suspende el resto del

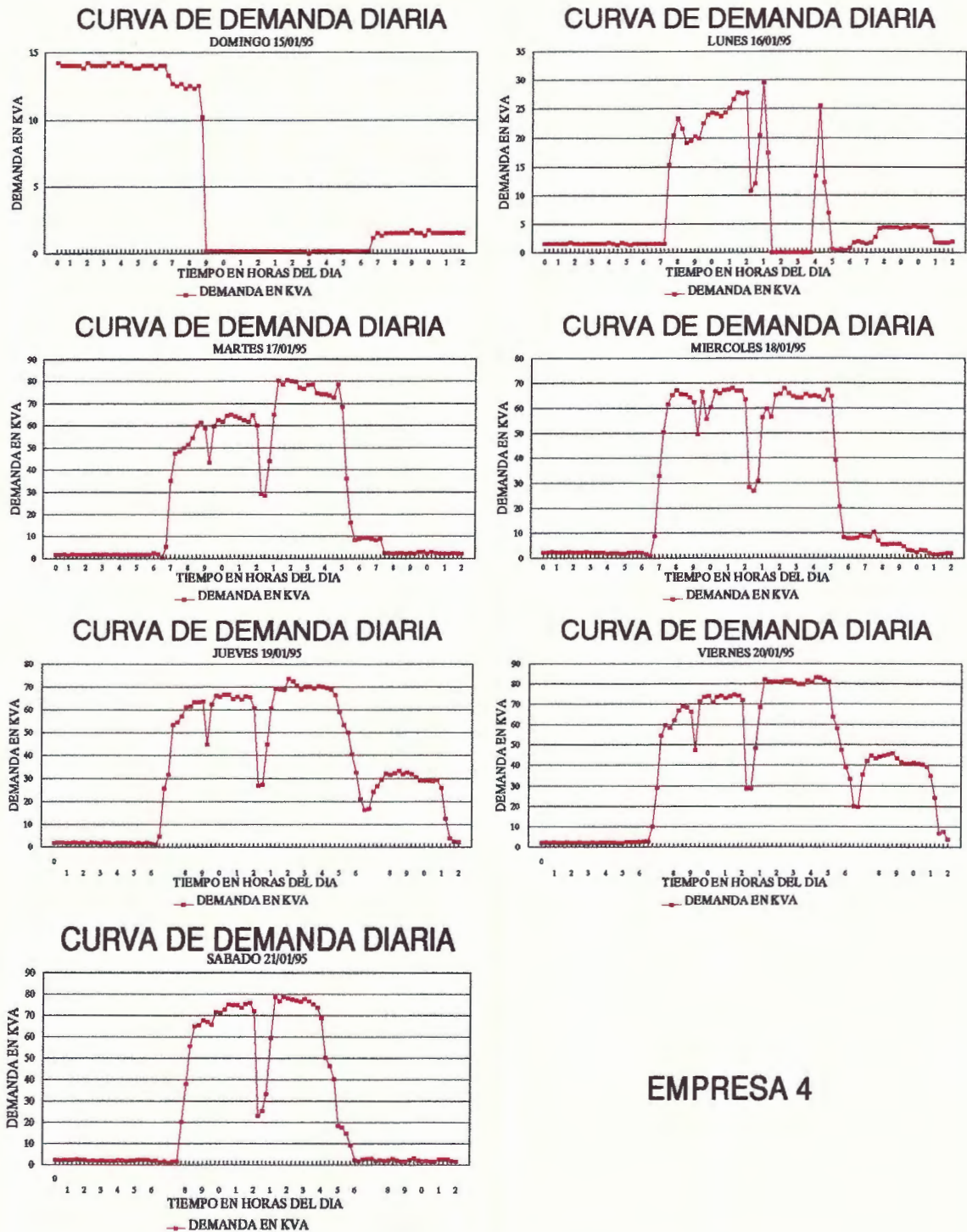
día.

El día Martes se inicia el incremento de carga a las 07:00, para alcanzar un valor de 47 KVA 15 minutos después. Se sigue incrementando la carga hasta alcanzar un valor de 61 KVA a las 09:00, y la demanda decae a 43 KVA, para incrementarse 15 minutos después a su valor anterior. Este promedio se mantiene hasta el mediodía, cuando se da un decrecimiento hasta 29 KVA. A las 13:00 se da un aumento rápido de la demanda hasta alcanzar los 80 KVA, comenzando a decaer lentamente hasta llegar a 72 KVA a las 16:30. Tiene un aumento rápido a 78 KVA e inmediatamente decae a 8 KVA en una hora. Manteniéndose en este valor hasta las 19:00, cuando se detienen todos los procesos.

El día Miércoles se inicia el incremento de carga a las 06:45, llegando a un máximo de carga a las 08:00. De ahí en adelante se inicia un descenso de carga hasta llegar a un mínimo de 49 KVA a las 09:15. Se da otro pico de carga a las 09:30 con 66 KVA, y a las 09:45 baja hasta 55 KVA, e inicia a incrementarse hasta un promedio de 67 KVA. Se mantiene así hasta que al mediodía se da un decrecimiento a 26 KVA. Se inicia su crecimiento hasta llegar a 59 KVA a las 13:00, luego se da otro incremento a llegar a un promedio de 64 KVA. A la 17:00 se inicia un decrecimiento de la carga hasta llegar a ocho KVA a las 17:45. Luego sigue decayendo hasta anularse a las 23:00.

El comportamiento de los días Jueves y Viernes es muy similar al del día Miércoles, excepto porque a las 18:30 se llega hasta un valor bajo de 19 KVA, para luego incrementarse hasta un promedio de unos 30 KVA el día Jueves, y de unos 43 KVA el día Viernes a las 19:00, y trabajar a estos niveles hasta las 23:00, momento en el cual suspenden toda actividad.

El día Sábado se inicia el incremento de carga a las 07:30, llegando a 55 KVA 45 minutos después. De este valor comienza a darse un incremento hasta llegar a 75 KVA a las 11:45. Se da un descenso hasta llegar a 23 KVA a las 12:15. Se inicia un incremento de carga hasta llegar a un promedio de 76 KVA a las 13:00. Este promedio se mantiene hasta que a las 15:30 se comienza a decaer hasta llegar a un valor nulo a las 18:00. El resto del día no se da ningún tipo de consumo.



EMPRESA 4

Figura 5.4. Empresa 4

#### 5.1.2.5. Empresa 5

La quinta Empresa será denominada Empresa 5, y ésta cuenta con un banco de Transformadores de 2500 KVA a un voltaje de 480/240 v. La medición se encuentra en el lado primario (de alto voltaje a 7620/13200Y V) de éste.

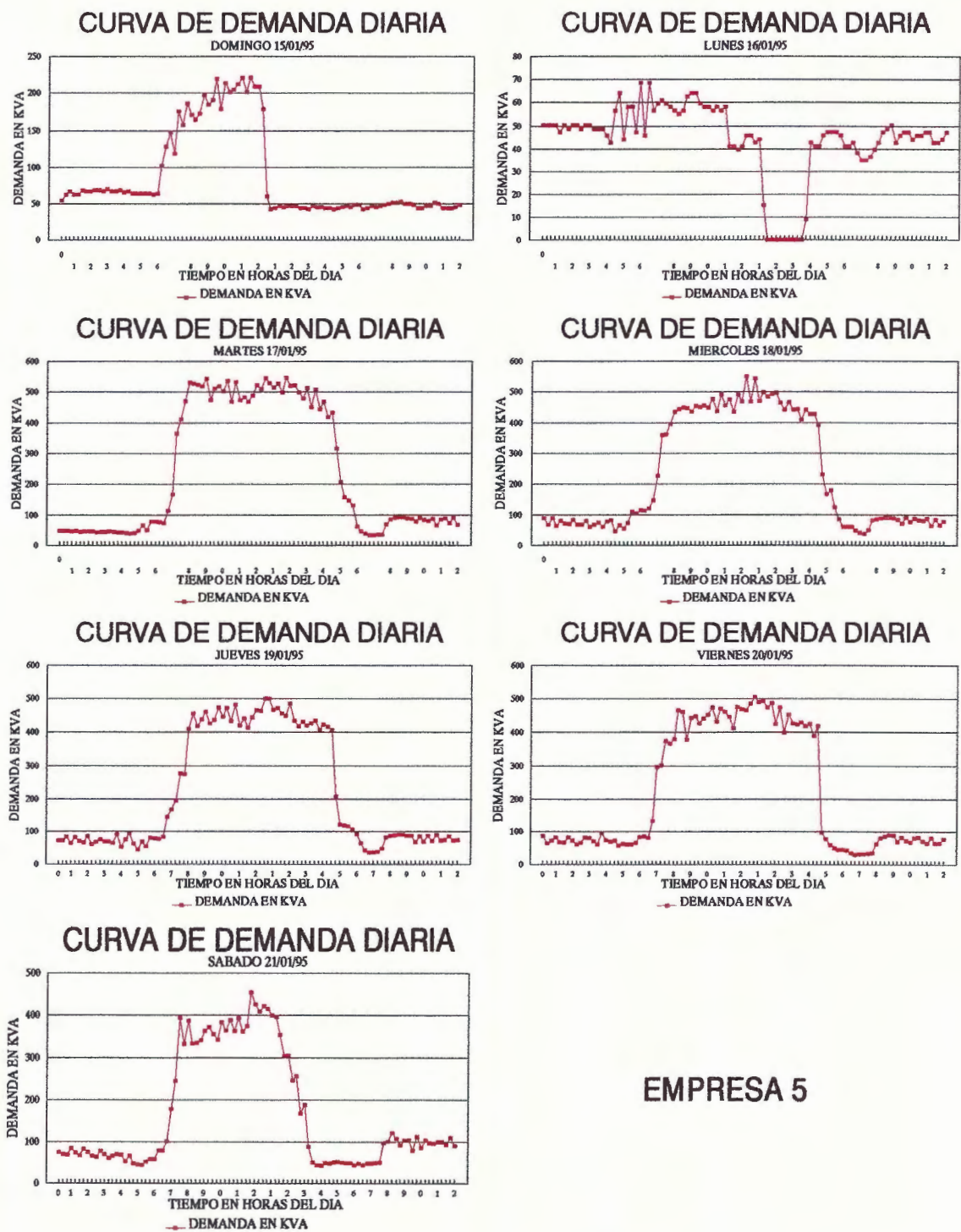
En el primer día, el Domingo, se observa un consumo de Energía por la madrugada en una forma bastante constante de unos 60 KVA, éste se mantiene hasta que a las 06:00 se inicia un incremento de carga hasta llegar a unos 220 KVA de demanda. Al mediodía se da una reducción grande de la demanda hasta quedar en un valor promedio de 50 KVA. En las curvas de otros Domingos, que no se incluyen en este trabajo por razones de espacio, se puede apreciar que este comportamiento no es típico, sino que se da de forma aislada, dependiendo de las necesidades de la Empresa 5.

El día Lunes, puede observarse que la Empresa 5 no realiza procesos a plena carga. Esto puede explicarse, debido a que esta fecha fue día de asueto nacional no se presenta un comportamiento normal. Se puede notar una carga constante de entre 50 y 60 KVA por la mañana, y por la tarde entre 40 y 50 KVA. Estos procesos se dan por la mañana desde las 00:00, y por la tarde hasta las 24:00.

El día Martes a las 00:00 se sigue observando el comportamiento de los días anteriores, con un consumo constante de unos 45 KVA, hasta que se inicia un incremento de carga a las 06:00, para alcanzar un valor de 530 KVA a las 08:00. A partir de este punto se mantiene más o menos constante con variaciones de 13%, hasta las 16:00, cuando se inicia un decrecimiento de la demanda hasta llegar a 38 KVA a las 16:30. Se mantiene un valor constante hasta que a las 19:45 se da un incremento hasta alcanzar los 89 KVA a las 21:45. Desde este punto, la demanda se mantiene constante hasta las 24:00.

Los días Miércoles, Jueves y Viernes tienen un comportamiento muy similar al del día Martes, con la diferencia que el promedio se mantiene un poco mas bajo que el de este último día.

El día Sábado se inicia un comportamiento similar al de los días anteriores, pero con un promedio aún mas bajo, la declinación de la demanda se comienza a dar a las 14:00, para llegar a 45 KVA a las 15:45. Este promedio se mantiene hasta que a las 19:30 se inicia un incremento hasta llegar a 100 KVA a las 20:00. Manteniéndose en este promedio hasta las 24:00.



EMPRESA 5

Figura 5.5. Empresa 5

#### 5.1.2.6. Empresa 6

La sexta Empresa será denominada Empresa 6, y ésta cuenta con un banco de Transformadores de 225 KVA a un voltaje secundario de 120/240 V. La medición se encuentra en el lado secundario (de bajo voltaje) de éste.

En el primer día, el Domingo, se observa un consumo de energía totalmente nulo, con un consumo máximo de un KVA. Por esto y otros comportamientos similares de la Empresa 6 los días Domingos, se puede afirmar que ésta no opera en estos días.

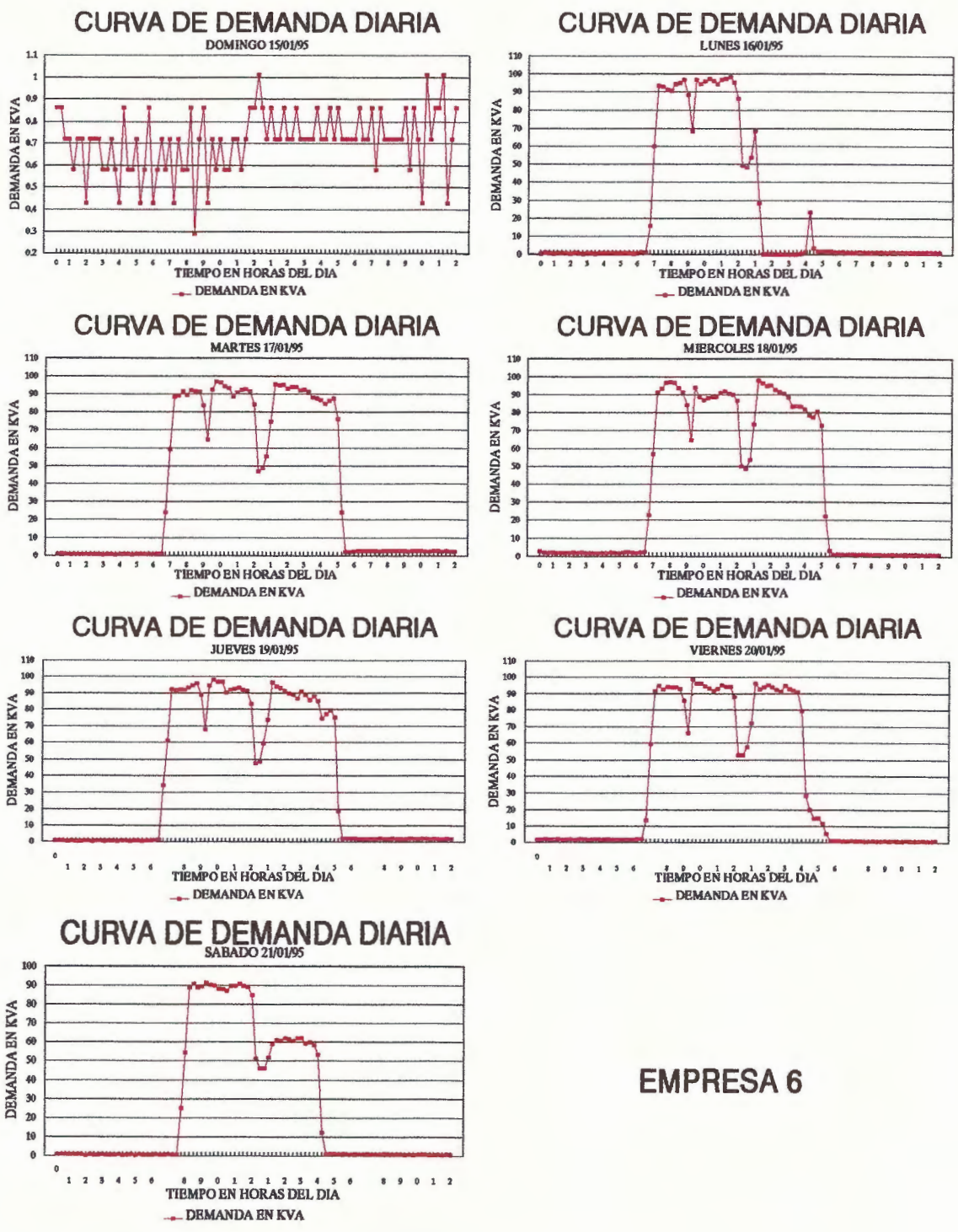
El día Lunes, la Empresa 6 inicia su incremento de carga a las 06:45, hasta llegar a un valor promedio de trabajo de 93 KVA. A lo largo de la mañana se da un ligero incremento de unos 5 KVA, hasta que al mediodía se da un decrecimiento de la demanda hasta llegar a 49 KVA. Cabe mencionar que se aprecia una baja de carga pronunciada de un 30% entre las 09:00 y las 09:30. Después del mediodía se inicia un nuevo incremento que se ve detenido por la falta de Energía en el Sistema a las 13:30. A las 16:00, que la Energía retorna, solamente se realizan 15 minutos de procesos y se anula completamente el consumo de Energía Eléctrica.

El día Martes se inicia el incremento de carga a las 06:45, llegando a un valor promedio de trabajo de 88 KVA a las 07:15. Este valor promedio se mantiene con ligeras variaciones hasta el

mediodía, en que se da un decrecimiento pronunciado de la demanda de un 50%. Alrededor de las nueve de la mañana se vuelve a apreciar una disminución de la demanda de un 30%. Por la tarde, a las 13:00, se retorna al valor promedio de trabajo de 93 KVA, bajando ligeramente hasta 86 KVA, a las 17:00. A partir de este momento se da un decrecimiento pronunciado de la carga hasta llegar a anularse media hora mas tarde.

Los días Miércoles, Jueves y Viernes tienen un comportamiento muy similar al del día Martes.

El día Sábado se inicia un comportamiento similar al de los días anteriores, comenzando el incremento de carga a las 07:45, para llegar a un valor promedio de trabajo de 88 KVA 45 minutos mas tarde. Este promedio se mantiene constante hasta el mediodía, cuando baja a un valor de 46 KVA a las 12:30. Es de notar que este día no se da la disminución en la demanda a las 09:00 que se da los demás días de la semana. A las 13:00 se da un nuevo incremento de carga hasta llegar a un valor promedio de trabajo de 60 KVA, que se mantiene hasta las 16:00, cuando declina hasta anularse a las 16:30.



EMPRESA 6

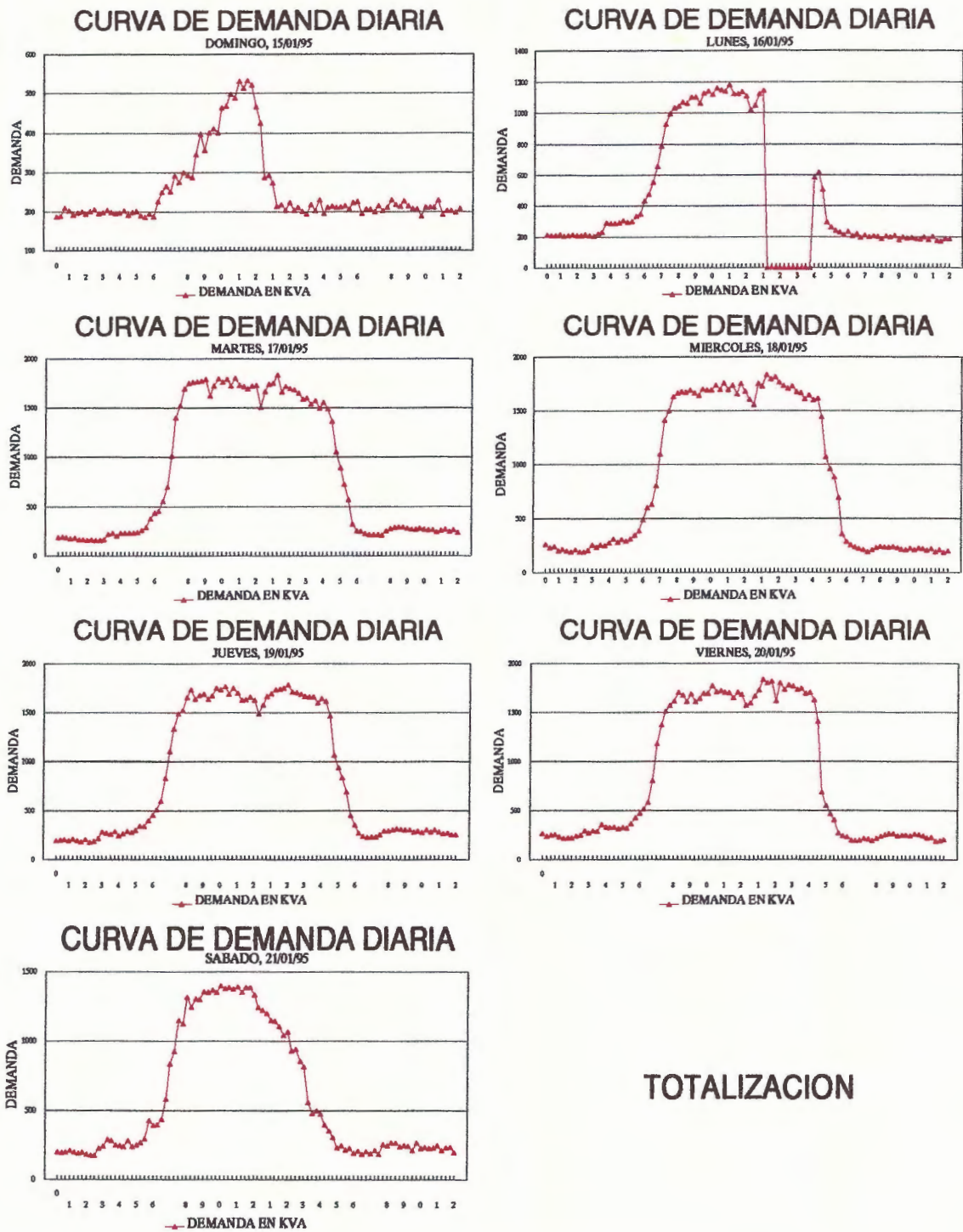
Figura 5.6. Empresa 6

#### **5.1.2.7. Totalización de los datos presentados.**

Hasta ahora se han presentado los datos por separado para cada una de las empresas elegidas. En este momento se presentará la totalización de los datos coincidentales de las Empresas ya analizadas.

Se ha podido observar que cada una de las Empresas tienen variaciones en su comportamiento entre una y otra, pero estas variaciones no son tan significativas a la hora de obtener un perfil de consumo para compararlas entre sí.

Tomando los gráficos de los datos totalizados de la suma de las seis Empresas, se puede observar que el perfil del comportamiento total es similar a los individuales. Esto nos da una pauta para establecer un patrón de comportamiento para este tipo de empresas. Este patrón servirá para definir el comportamiento típico de este tipo de empresas, sin tomar en cuenta comportamientos generados por necesidades, problemas y otras circunstancias propias de cada una.



TOTALIZACION

Figura 5.7. Totalización de datos

## 5.2. Análisis de los resultados.

Después de haber obtenido los datos y observar las curvas presentadas, podemos ahora hablar de lo que son grupos de consumidores tipo. El grupo de empresas presentado anteriormente representa uno de ellos. Se ha podido demostrar que un grupo de consumidores que se dediquen a un rubro en especial suelen tener un mismo comportamiento típico, salvo pequeñas diferencias no muy significativas.

Al tener definidos grupos de Consumidores Tipo puede trabajarse en cada grupo por separado para tener parámetros distintos de base para el análisis y estructuración tarifaria de cada uno de ellos.

Como pudo apreciarse en el capítulo anterior, no todos los consumidores se ven afectados por la implementación de la Estructura Multitarifaria actual de CEL de la misma manera. La idea no es el hecho de afectar a todos los abonados negativamente, sino por el contrario, aprovechar estos comportamientos distintos para poder estructurar una Multitarifa que permita que los mismos abonados contribuyan a rebajar los costos de generación de Energía Eléctrica e inversión en infraestructura, y por lo tanto disminuir su precio de venta al consumidor final.

Como se explicó en la primera parte de este capítulo, el proceso de la generación conlleva muchas complicaciones, se explicaba porqué se incrementan los costos al mantener maquinaria de generación operando solamente para satisfacer los picos de demanda nacional, operando la mayor parte del tiempo a baja carga, y aún en vacío.

De lo anterior puede suponerse, y así es, que tanto la generación para satisfacer los picos de demanda como el funcionamiento de maquinaria a baja carga conllevan a un incremento en el costo de la Energía Eléctrica. Entonces se ve que otra necesidad además de reducir esos picos es el de dar uso a la maquinaria ociosa en las horas de baja demanda.

Es en este punto precisamente que se debe de trabajar. Una posible aplicación la tenemos en las Empresas Maquiladoras, las cuales, si se observan las curvas ya presentadas, tienen un comportamiento constante durante un período de aproximadamente un tercio del día. Si este período de consumo se trasladara a horas en que la maquinaria de generación de CEL se encuentra ociosa, se podría ofrecer precios más bajos de Energía a estas Empresas.

Haciendo un estudio mas detenido de los costos de operación de estas empresas puede determinarse qué tan factible sería el hecho de que al rebajarse los precios de la Energía estas Empresas trabajaran en otro horario. Habría que tomar en cuenta que los

trabajadores tendrían que devengar un incremento por nocturnidad al operarse en horarios definidos por el Código de Trabajo.

El provecho de hechar a andar esta idea sería el del abaratamiento de la Energía Eléctrica para todos los consumidores finales.

#### **5.2.1. Influencia de las Empresas estudiadas en la Curva de Demanda Nacional.**

Los datos presentados en este capítulo, correspondientes a seis Empresas estudiadas y la totalización de sus datos, pueden ser comparados con la Curva de Demanda Nacional. Se presenta una curva de demanda nacional típica en la Figura 5.8. Se puede observar que la Demanda presentada por la suma de las seis empresas representa un 0.43% de la Demanda Nacional Promedio, que es de 370 MVA.

Este porcentaje de influencia en la curva de Demanda Nacional se incrementa hasta arriba del 5% cuando se toman en cuenta la gran cantidad de empresas de este tipo que funcionan a la fecha en el País.

## CURVA TIPICA DE DEMANDA NACIONAL

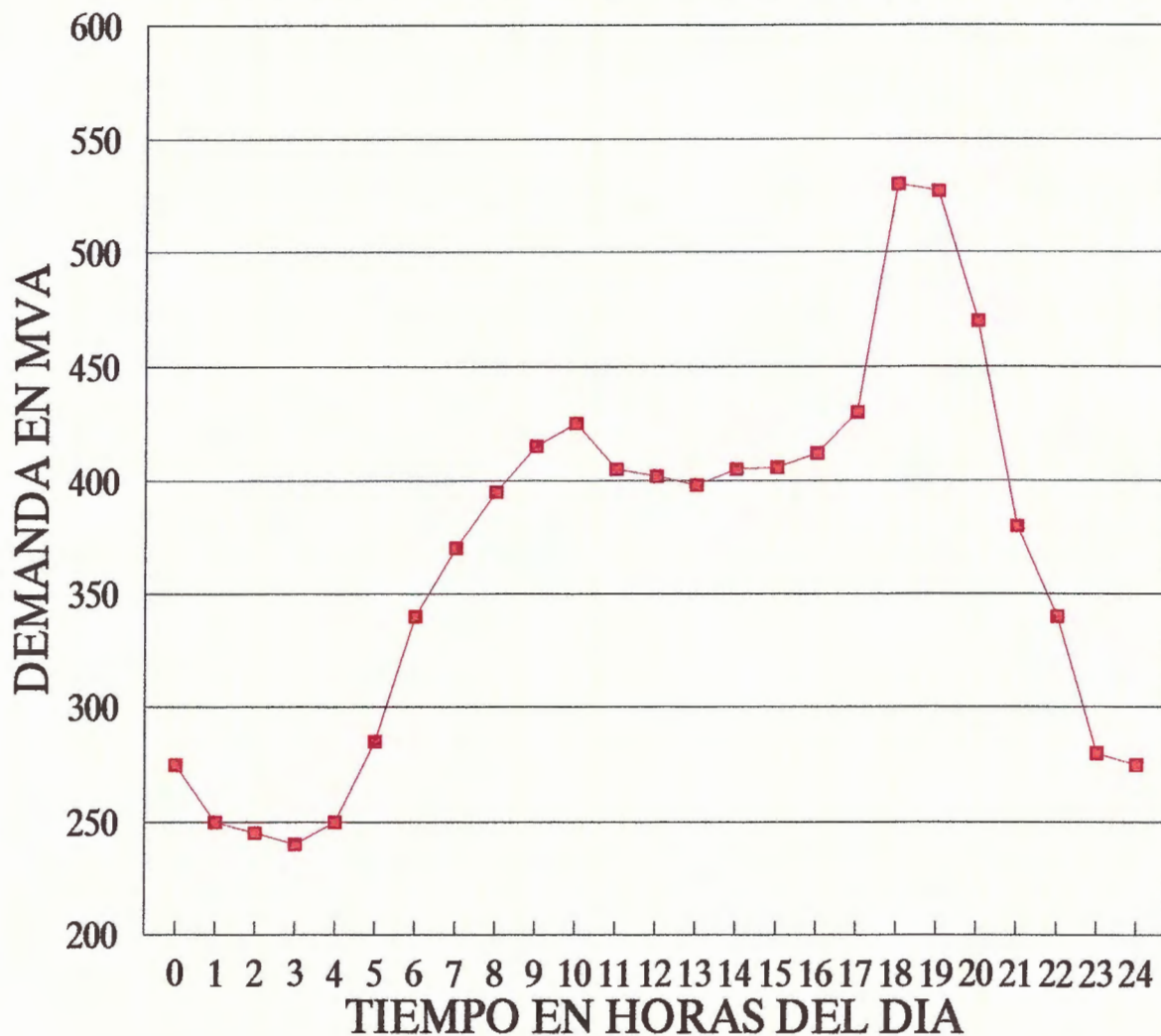


Figura 5.8. Curva Típica de Demanda Nacional

Un parámetro que no hay que perder de vista es que la influencia de estas empresas en la curva de Demanda Nacional se da cuando el valor de ésta es superior al promedio. Por lo que su influencia puede resultar benéfica para la reducción de los valores de la curva acercándola al promedio, y por lo tanto contribuyendo a la homogenización de ésta. Al trabajar en horarios de baja generación de Energía, las empresas podrían ayudar a acercar estos "valles" de la curva al promedio.

En la Figura 5.9 se presenta la misma curva de Demanda Nacional Típica anteriormente presentada. En esta otra se puede observar el valor promedio de 370 MVA trazado en la gráfica, y como al darse la influencia de una Estructura Multitarifaria Diferenciada como la ya propuesta la curva resultante se acerca al promedio. Puede notarse que en el período de Pico de Demanda Nacional no se ve ningún cambio, esto es debido a que en estas horas el grupo de Empresas Tipo elegido para el presente estudio no presentan mayor influencia.

Aplicando este tipo de estudios y tipificando grupos de consumidores para la aplicación de Estructuras Multitarifarias diferenciadas, los provechos como los que se han expuesto anteriormente pueden crecer en gran medida, logrando que la curva típica del Sistema tenga un comportamiento homogéneo que ayude a la reducción de costos de generación y, por lo tanto, influencia de los costos de venta al consumidor más bajos y accesibles a las

# CURVA TIPICA DE DEMANDA NACIONAL

## EFFECTO DE LA APLICACION DE MULTITARIFA DIFERENCIADA

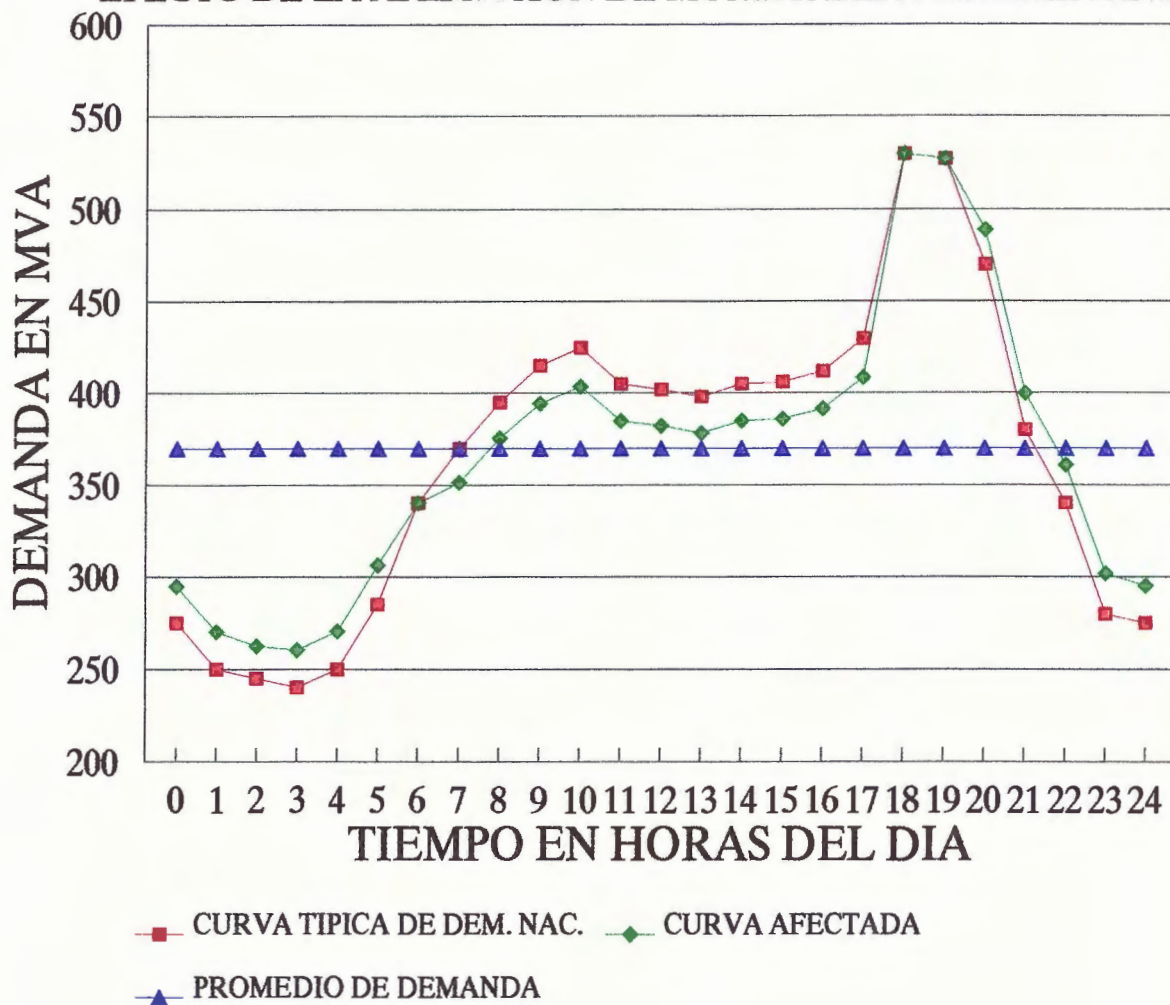


Figura 5.9. Curva Típica de Demanda Nacional donde se presentan el valor promedio de Demanda Nacional, y la curva con la de la Multitarifa Diferenciada aplicada.

grandes mayorías del Pueblo Salvadoreño.

Al presentar este capítulo se pretende despertar el interés de la gente encargada de planificación para que se lleven a cabo estudios más numerosos, profundos y diversificados de este tipo. Se presenta aquí la forma en que el Medidor Electrónico Digital Multifuncional Tipo FULCRUM puede ayudar a que estos estudios se lleven a la práctica, y aprovechar el gran potencial que se tiene presente en estos equipos.

## CAPITULO VI

### 6. APROVECHAMIENTO DE LA POTENCIALIDAD DEL MEDIDOR ELECTRONICO DIGITAL TIPO FULCRUM EN ESTUDIOS A CONSUMIDORES ESPECIFICOS.

#### 6.1. Realización de un estudio energético a un abonado.

En el presente capítulo se pretende mostrar el uso del Medidor Electrónico Digital en el estudio del comportamiento de un abonado en especial. Las recomendaciones que puedan generarse de estos estudios serán de mucho beneficio para los usuarios así como también para la Empresa Generadora de Energía Eléctrica.

Con la implementación de los Medidores Electrónicos en el Sistema de Distribución Eléctrica nacional, las Compañías Distribuidoras tienen una herramienta muy útil. Hasta este momento en el presente trabajo se ha hablado mucho de lo que son los beneficios de este tipo de Medidor desde el punto de vista de la Empresa Distribuidora de Energía Eléctrica.

Ahora bien, un aspecto muy importante que debe ser tratado es el provecho que el Consumidor Final puede tener con la

implementación de estos equipos. En realidad, existe un gran potencial que puede ser explotado grandemente en estos Medidores. Los estudios de comportamiento del Usuario es el principal que éste pueda ver. Los datos recabados en la memoria masiva de estos Medidores, se pueden tomar como base para justificar auditorías eléctricas. El mismo hecho de la implementación de estos equipos obliga a las distintas empresas a que implementen métodos de mejoramiento de sus consumos.

Los diseños tradicionales de Distribución de Energía en Plantas Industriales, actualmente requieren de estudios como el que a continuación se presentará. En éste se detalla con respecto al tiempo algunos de los parámetros eléctricos intrínsecos a éstas.

La Empresa que se ha escogido, una Planta Industrial, será denominada únicamente como "La Planta". Esta fue elegida debido a condiciones muy peculiares que la convierten en un caso especial y muy representativo.

El estudio del comportamiento eléctrico de La Planta consta básicamente de dos etapas, influencia del Factor de Potencia y las pérdidas de los transformadores en el tiempo que La Planta no trabaja.

### 6.1.1. Pérdidas de transformación por sobredimensionamiento

La Subestación de La Planta está constituida por 2 bancos de Transformadores, uno de ellos tiene capacidad para 501 KVA, y el otro para 300 KVA. Debido a que la carga que maneja La Planta es en Demanda Máxima de 186 KVA, y la carga estimada para un crecimiento futuro de un 100% es de 450 KVA, se nota un gran sobredimensionamiento, el cual influye en 2 maneras muy significativas.

En primer lugar, se tiene un cargo mínimo fijo por energía y demanda. Existen dos posibilidades de solución que se pueden tomar en este caso. La primera es, en el caso de que el crecimiento esperado por la planta no sea a muy corto plazo, toda la carga existente puede ser trasladada al banco de Transformadores de 300 KVA, con esto se lograría ahorrar el cargo mínimo por energía y demanda que consume el banco de Transformadores de 501 KVA permanentemente en concepto de pérdidas.

Según se pudo comprobar, las pérdidas en el banco de 501 KVA ascienden a 3.88 KVA. En el banco de 300 KVA las pérdidas se cuantifican en 2.58 KVA. Estas pérdidas permanentes además de influir en la energía consumida, agregan un porcentaje a la demanda máxima, y reducen el factor de potencia promedio, ya que

el factor de potencia de dicho banco es de 0.146.

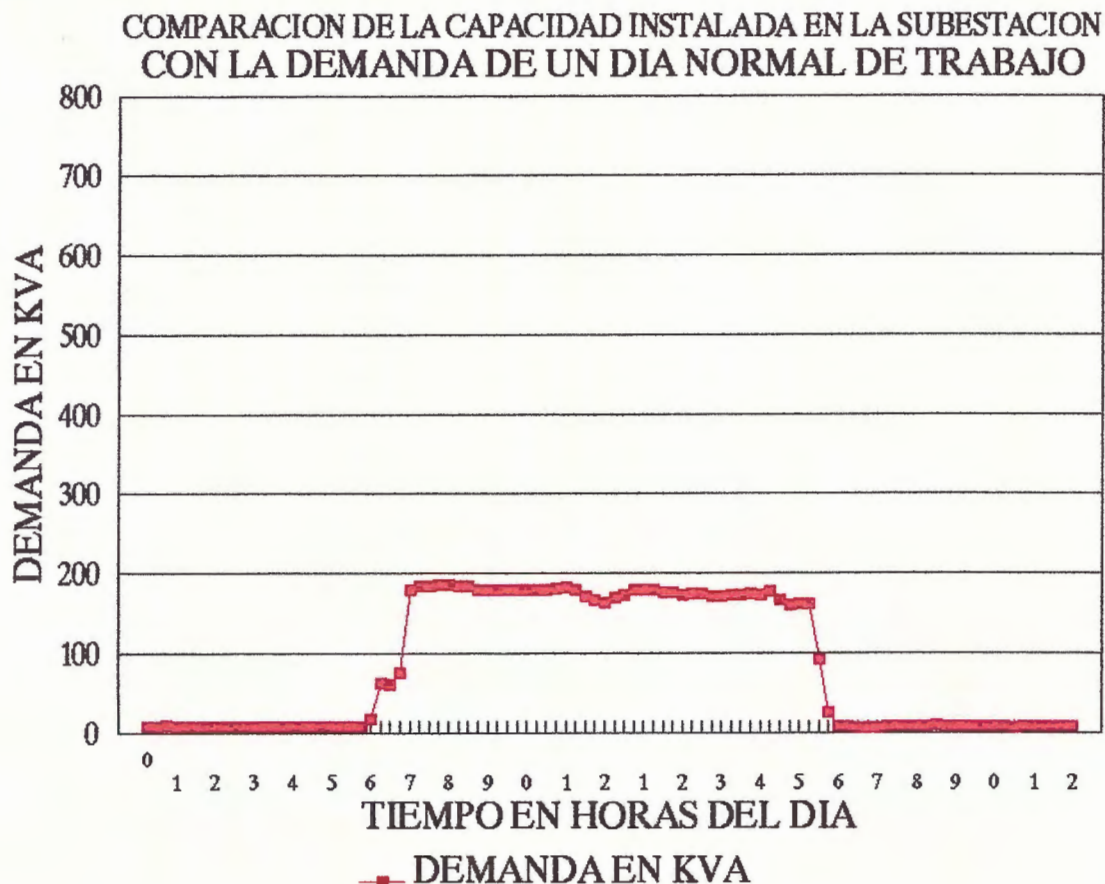
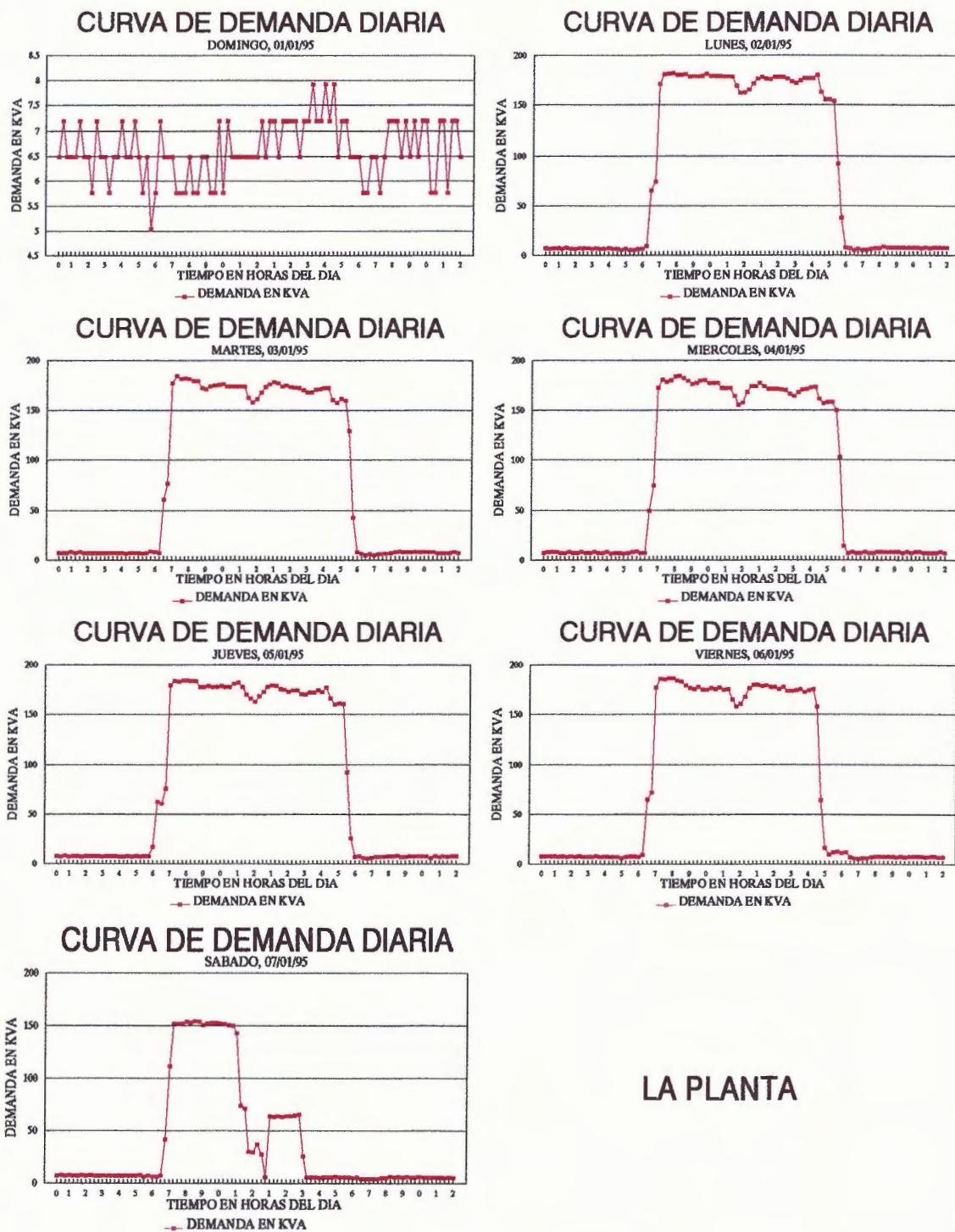


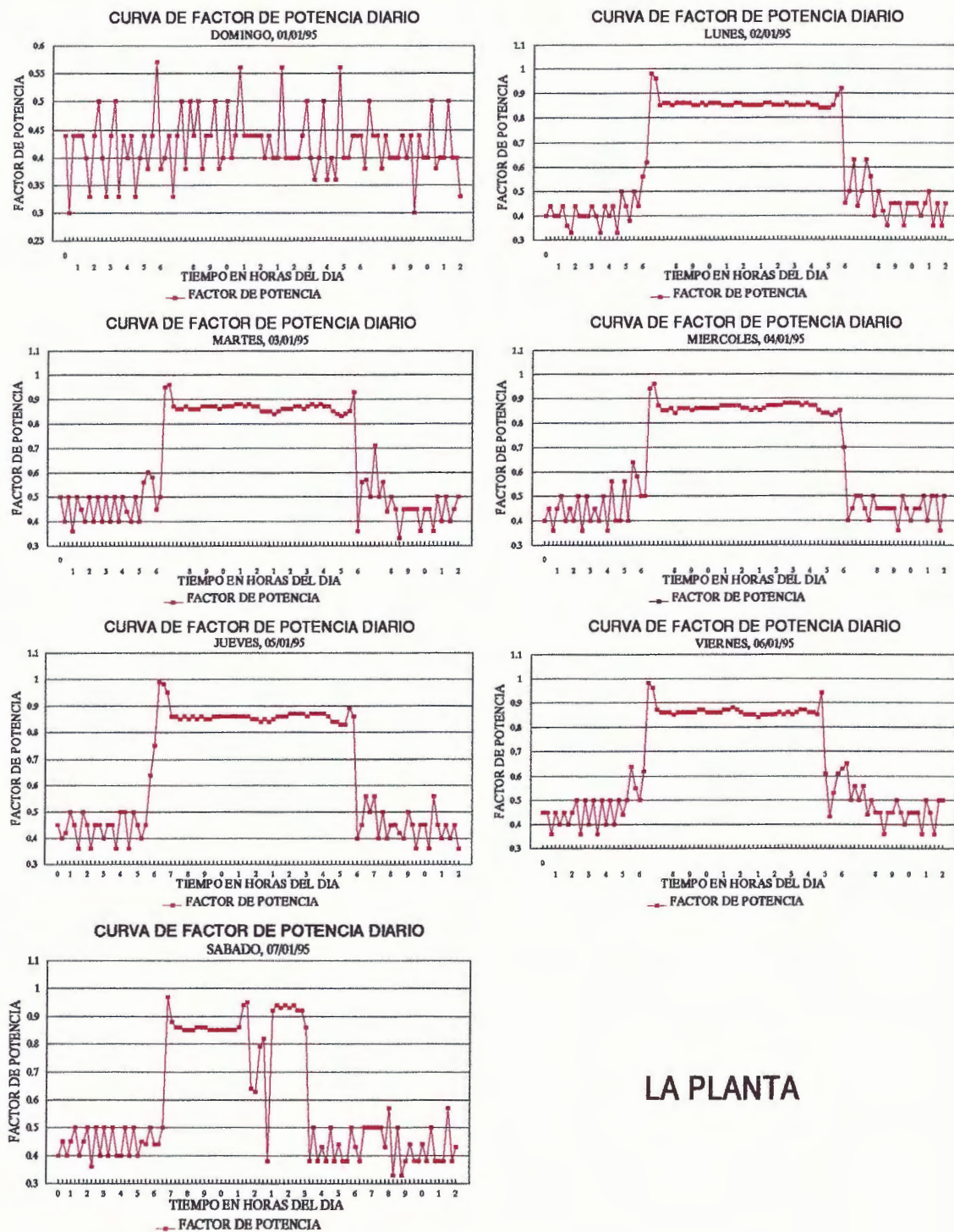
Figura 6.1 Curva de Potencia demandada por La Planta en comparación a la Capacidad Instalada.

A continuación se presentan las curvas de demanda en KVA, y de factor de potencia obtenidas del Medidor conectado a La Planta.



LA PLANTA

Figura 6.2.



LA PLANTA

Figura 6.3.

En las curvas presentadas puede observarse que en los períodos de baja carga de los Transformadores se da un factor de potencia muy bajo. Esto es debido que en estos períodos la carga predominante son las pérdidas de vacío de los Transformadores. Al existir estas pérdidas, permanentemente activas en el sistema, el factor de potencia promedio que se factura en El Salvador se vuelve más bajo, y por lo tanto se da una penalización mayor en la facturación. En este aspecto también puede ayudar la desconexión de los Transformadores que no se utilizan.

### 6.1.2. Evaluación económica de esta solución.

Al proceder de acuerdo a lo dicho anteriormente, se estaría eliminando de la factura el equivalente a 3.88 KVA, el cual al ser constante, aún en el período de punta de la Demanda Nacional, equivale a un monto de ¢226.59 al mes. Esto con sólo el hecho de desconectar el banco de 501 KVA. Si además de esto se desconectarán ambos bancos cuando no se trabaja en La Planta, los 2.88 KVA que dejarían de ser de punta y pasarían a ser de período normal ahorrarían ¢52.70 al mes, lo cual sumado a lo anterior daría un ahorro de ¢279.29 al mes. Esto sería el ahorro logrado en cuanto al cargo de Demanda mensual. El cargo mensual por demanda para La Planta asciende a ¢7,701.84. Por lo que el ahorro en el cargo por demanda representaría del 3.63%.

En cuanto al ahorro en el cargo por consumo, serían 3.88 KVA, de los cuales, se tendrían 566.48 W. En 30 días se tendría un monto de 407.87 KWH. Esto equivale a un monto de ¢264.70 al mes. El cargo por Energía del mes es de ¢26,146.82, por lo que se tendría un ahorro del 1.01% del cargo por Energía.

La otra forma significativa en que Los bancos de Transformadores al trabajar en vacío influyen en el comportamiento eléctrico es en el Factor de Potencia. El Factor de Potencia que se factura

según la Estructura Multitarifaria actual de CEL, es el factor de potencia promedio.

Al estar conectados en vacío los Transformadores, éstos generan un factor de potencia muy bajo, esto es debido a que la mayor parte de la energía consumida por las pérdidas en el núcleo de un Transformador son de tipo inductivas. Al permanecer los Transformadores la mayor parte del tiempo en condiciones de vacío, en el promedio la tendencia predominante del factor de potencia es la de bajar grandemente.

El factor de potencia promedio para el mes en que se está haciendo el estudio de La Planta es de 0.5814. Si se procediera a la desconexión de los Transformadores cuando no están siendo utilizados el promedio ascendería a 0.8043. Esto equivale a una mejora de 0.2229, la reducción que se daría en la penalización por el factor de potencia sería de 69.96%. La penalización por bajo factor de potencia en la factura del mes en estudio es de ¢8,330.38. Al calcularla con el nuevo factor de potencia obtenido, la penalización sería de ¢2,476.92. Esto significa un ahorro mensual de ¢5,853.46.

En los gráficos de la Figura 6.4, se puede apreciar una comparación de lo que serían los distintos cargos de la

facturación por uso de la Energía Eléctrica y el ahorro en cada uno de ellos al implementar la medida detallada anteriormente. En el último de los gráficos puede observarse la factura total de Energía Eléctrica y el ahorro total por implementación de dicha medida.

**CARGO MENSUAL POR DEMANDA**  
TOTAL: € 7,701.84



■ CARGO MENSUAL NUEVO POR DEMANDA: € 7,422.55  
■ AHORRO EN CARGO POR DEMANDA: € 279.29

**CARGO MENSUAL POR ENERGIA**  
TOTAL: € 26,146.82



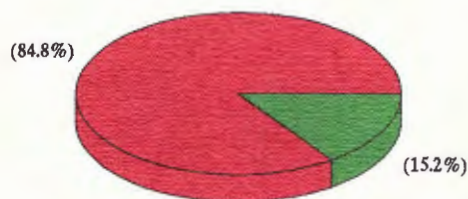
■ CARGO MENSUAL NUEVO POR ENERGIA: € 25,882.12  
■ AHORRO EN CARGO POR ENERGIA: € 264.70

**PENALIZACION POR BAJO FACTOR DE POTENCIA**  
TOTAL: € 8,330.38



■ PENALIZACION NUEVA POR BAJO FACTOR DE POTENCIA: € 2,476.92  
■ AHORRO EN PENALIZACION POR BAJO FACTOR DE POTENCIA: € 5,853.46

**FACTURACION TOTAL MENSUAL**  
TOTAL: € 42,179.04



■ NUEVA FACTURACION TOTAL MENSUAL: € 35,781.59  
■ AHORRO TOTAL EN LA FACTURACION: € 6,397.45

Figura 6.4.

Una variante de la medida anterior sería el dejar conectado el banco de 501 KVA y retirar el de 300 KVA. Esto sería más conveniente si es que el incremento de carga se espera hacer a corto plazo. Los ahorros que se lograrían no variarían mucho de los anteriormente expuestos, aunque serían menores.

### **6.1.3. Corrección del Factor de Potencia por Capacitores.**

Ya fue expuesto un método de mejoramiento del factor de potencia no tradicional y algo incómodo. El mejor método para la corrección del factor de potencia es la implementación de bancos de capacitores. Exponer éste es la idea del presente apartado de este capítulo.

Con la cuantificación de lo que La Planta consume de Energía Reactiva y el perfil del Factor de Potencia, se sugiere la implementación de un banco de capacitores de al menos 200 KVAR con un manejador con posibilidades de ampliar la capacidad. Con esta acción se espera llevar el Factor de Potencia promedio a un valor de al menos 0.99. Con esto, se estaría no solamente eliminando la penalización por bajo Factor de Potencia, sino también se estaría ganando una reducción con el premio por alto Factor de Potencia, el cual puede llegar hasta el 5% de la factura de energía.

Para cuantificar el ahorro logrado al elevar el Factor de Potencia promedio, se tomará el valor actual de Factura por Energía, el cual asciende a ¢25,882.12. Habiendo logrado obtener un Factor de Potencia promedio de 0.99, el premio por alto Factor de Potencia es equivalente al 4% de la factura de Energía. O sea: ¢1,035.28, lo que al restarlo de la factura por energía da un valor esta última de ¢24,846.84.

En resumen, La Planta tiene una factura mensual total de ¢42,179.04, y después de implementar las medidas que se han expuesto y sugerido se estaría llegando a una factura total de ¢32,322.39, lo que implica un ahorro total de ¢9,856.65, equivalente a un 23.37% de la Factura total original.

En la Tabla 6.1, se presenta una comparación de lo que es el monto por cada parámetro de facturación para La Planta en la actualidad. A su vez se presenta los montos al implementar las medidas sugeridas. Primero con la desconexión del banco de transformadores de 501 KVA, y la desconexión en períodos de no trabajo del banco de 300 KVA. Luego se dan los montos aplicando la medida anterior pero invirtiendo los bancos de transformadores. Por último se presentan los montos con la implementación de un banco de transformadores y con la desconexión siempre de un banco de transformadores.

<b>FACTURACION ACTUAL</b>			
CARGO POR DEMANDA	CARGO POR CONSUMO	CARGO POR FACTOR DE POTENCIA	FACTURA TOTAL
¢7,701.84	¢26,146.82	¢8,330.38	¢42,179.04
<b>FACTURACION CON DESCONEXION PERMANENTE DEL BANCO DE 501 KVA</b>			
CARGO POR DEMANDA	CARGO POR CONSUMO	CARGO POR FACTOR DE POTENCIA	FACTURA TOTAL
¢7,422.55	¢25,882.12	¢2,476.92	¢35,781.59
<b>FACTURACION CON DESCONEXION PERMANENTE DEL BANCO DE 300 KVA</b>			
CARGO POR DEMANDA	CARGO POR CONSUMO	CARGO POR FACTOR DE POTENCIA	FACTURA TOTAL
¢7,463.51	¢25,954.54	¢2,483.85	¢35,901.90
<b>FACTURACION CON IMPLEMENTACION DE CAPACITORES</b>			
CARGO POR DEMANDA	CARGO POR CONSUMO	CARGO POR FACTOR DE POTENCIA	FACTURA TOTAL
¢7,475.55	¢25,882.12	-¢1,035.28	¢32,322.39

TABLA 6.1

También se presenta en la Figura 6.5 una comparación por medio de un gráfico de pastel el ahorro que representa con la implementación de los capacitores.

## FACTURACION TOTAL MENSUAL

TOTAL: ¢ 42,179.04

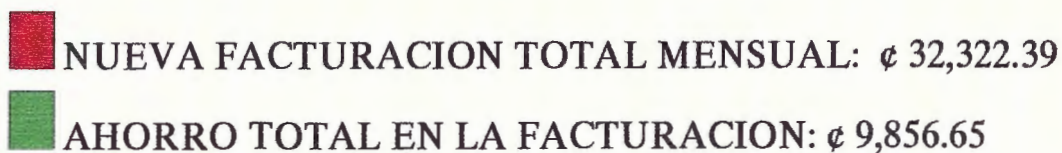
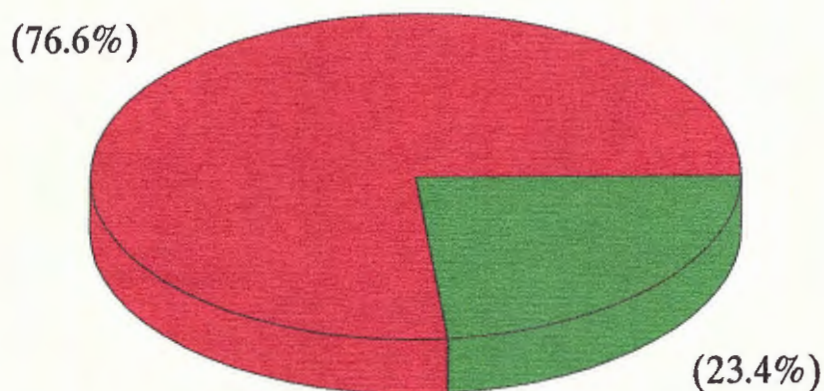


Figura 6.5. Comparación de la Factura total anterior, la actual y el ahorro logrado.

Con esto queda concluida la demostración de lo que supone un estudio de carga hecho con Medidores Electrónicos Digitales Tipo FULCRUM. Las sugerencias que de éste se produzcan se basan en los conocimientos del personal que se dedique a realizarlos y el ingenio mismo.

## RECOMENDACIONES

1. Lo tratado a lo largo de este Trabajo de Graduación básicamente trata acerca de lo que es, cómo funciona, qué puede hacer, cómo influye, y los diferentes beneficios con respecto al Medidor Electrónico Digital Tipo FULCRUM. Aunque estos aspectos pueden ser aplicables a otros Medidores Electrónicos Digitales, no todos reúnen las mismas cualidades.
2. Se sugiere a las Empresas Distribuidoras que se implemente un sistema periódico de capacitación al personal a cargo de estos tipos de Medidores, para la optimización de su uso.
3. Se recomienda que se implemente un verdadero programa de mantenimiento preventivo de todas las mediciones que se encuentren instaladas. Este mantenimiento debe de incluir apriete de conexiones, limpieza de los equipos, verificación de relaciones de transformación y multiplicadores, verificación de operación y tiempo de los medidores, pruebas a las baterías de respaldo, etc.
4. Las Empresas Distribuidoras deben de implementar un programa de monitoreo de los usuarios para verificar su comportamiento de uso de la Energía. A su vez, de estos monitoreos deben surgir recomendaciones a los abonados para que éstos mejoren su récord de uso de Energía Eléctrica.

5. Se recomienda a los Usuarios del Servicio de Energía Eléctrica acercarse a las distintas Compañías Distribuidoras para solicitar se les haga las recomendaciones pertinentes a cada caso en particular para mejorar su comportamiento de uso de la Energía. Esto beneficiaría a las compañías Distribuidoras y Generadoras, y en gran medida al Usuario mismo, el cual vería reflejada tal mejora en su factura por uso de Energía Eléctrica.
6. Las Empresas Distribuidoras deben hacer estudios profundos en los diferentes tipos de consumidores, para dar sugerencias específicas y claras sobre las estructuras Multitarifarias a implementarse en un futuro en el país. Estas estructuras deben ser diseñadas para cada grupo tipo de consumidor.
7. Debe reorientarse los objetivos a perseguir con las estructuras Multitarifarias. Se tiene que definir la estrategia en busca de un mejoramiento del Sistema en General y no solamente un aspecto específico. Es en base a esta perspectiva que se puede obtener los mejores resultados que conlleven a una reducción de costos y optimización del Sistema Eléctrico Nacional.

## CONCLUSIONES

Con la finalización del presente Trabajo de Graduación puede concluirse que:

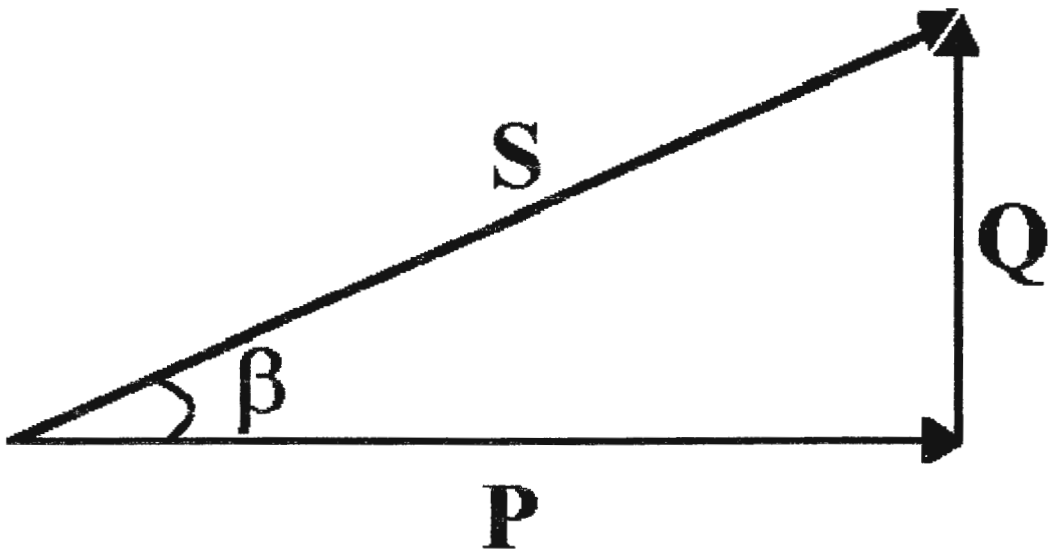
1. El medidor Electrónico Digital tipo FULCRUM presenta una serie de opciones que, de ser utilizadas adecuadamente, puede llegar a dar una serie de servicios que beneficiarían tanto al consumidor de Energía Eléctrica como a la Empresa Distribuidora y aún a la Empresa Generadora.
2. En sí el Medidor Electrónico Digital tipo FULCRUM es una herramienta muy útil en la solución a problemas que de otra forma sería muy difícil aún su detección, sin mencionar los ahorros en tiempo, personal y equipo que se logran debido a su versatilidad y facilidad de manejo.
3. El Sistema de Medición Electromecánica debe de ir siendo sustituido gradualmente por Medidores Electrónicos hasta alcanzar su reemplazo definitivo en todo nivel de Distribución Eléctrica. Esto con el objetivo de gozar de todos los beneficios posibles que este último Sistema de Medición pueda proveer.
4. Con la implementación del Medidor Electrónico Digital puede darse un sistema de monitoreo de los diferentes abonados del Servicio Eléctrico en busca de un mejor uso de la Energía.

5. El objetivo principal de una Estructura Multitarifaria no debe ser solamente el de reducir el pico de Demanda Nacional, sino el de hacer más barata la producción de Energía Eléctrica y por lo tanto reducir el costo que los Usuarios pagan por el uso de la Energía.
  
6. Las Estructuras Multitarifarias, cuando son bien diseñadas, son un utensilio que puede ayudar a resolver la problemática energética global que un país como El Salvador vive y se ha convertido en un problema grave que necesita acciones inmediatas.

## ANEXO 1

### EL TRIANGULO DE POTENCIAS.

A continuación se presenta el Triángulo de Potencias para luego explicar las fórmulas que de él se derivan.



Donde:

$P$  = Potencia real en KW de un sistema.

$Q$  = Potencia reactiva en KVAR de un sistema.

$S$  = Potencia aparente en KVA de un sistema.

## EL FACTOR DE POTENCIA

Se puede definir el factor de potencia como el coseno del ángulo de desfase ( $\beta$ ), expresado en grados eléctricos, existente entre el voltaje y la corriente de un sistema. Al construir el triángulo de potencias, este ángulo queda situado entre el vector que representa a la potencia real, y el que representa la potencia aparente.

Por tanto, sabiendo que:

$$F.P. = \cos \beta \quad 1$$

Entonces se puede obtener una serie de igualdades trigonométricas para cuantificar el factor de potencia. A continuación se presentan algunas:

$$F.P. = P/S \quad 2$$

$$F.P. = p/(P^2 + Q^2)^{1/2}$$

Otra forma es encontrando el valor del ángulo de desfase por medio de los valores de P y Q:

$$\tan \beta = Q/P$$

Por tanto:  $\beta = \text{ATan } (Q/P)$

Se sabe que:  $F.P. = \cos \beta$

Entonces:  $F.P. = \cos (\text{ATan } (Q/P))$

Esta última fórmula es la que se ha utilizado en El Salvador

potencia en base a las lecturas de los medidores de KWH y KVARH.

#### **CALCULO DE LA POTENCIA APARENTE (KVA)**

En base a la fórmula del factor de potencia en función de la potencia real y la potencia aparente:

$$F.P. = P/S$$

Entonces:  $S = P/F.P.$

Esta es la fórmula que se ha utilizado en El Salvador para el cálculo de la demanda máxima en KVA, en base a las lecturas de la demanda máxima en KW, que es la que la mayoría de medidores electromecánicos presentan.

## ANEXO 2

### TABULACION DE REGISTROS DE LA MEMORIA MASIVA DEL MEDIDOR FULCRUM.

Los registros que el Medidor Electrónico Digital Tipo FULCRUM guarda en su memoria masiva pueden ser procesados de muchas maneras. Directamente del Software propio del mismo puede ser accesada una gran variedad de datos correspondientes a diferentes parámetros con diversas condiciones.

Puede conocerse valores máximos, mínimos, promedios, etc. Como ilustración de esto, en las siguientes páginas se presentan los datos tabulados para la Empresa 1 del capítulo V, en la semana comprendida del 15 al 21 de Enero de 1995, que corresponden a los gráficos que aparecen en la página 125. Cabe mencionar que estos datos tabulados junto a sus gráficos correspondientes son la base para un análisis como el presentado en ese capítulo.

Al final de los valores de cada día se puede leer los valores máximos, mínimos, promedios y totales para cada parámetro presentado.



Monday  
1/16/95

Sunday  
1/15/95

TIME	KW	KVAR d	KVA	KVAR F	PF	ST	KW	KVAR d	KVA	KVAR F	PF	ST	TIME
12:15	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42		143.28	87.12	169.20	0.00	0.85		12:15
12:30	3.60	9.36	7.92	0.00	0.41		149.76	94.22	177.84	0.00	0.84		12:30
12:45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.41		154.08	96.48	183.60	0.00	0.84		12:45
13:00	3.60	9.36	7.92	0.00	0.41		154.08	97.20	183.60	0.00	0.84		13:00
13:15	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42		55.44	35.28	65.52	0.00	0.85	0	13:15
13:30	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42		0.00L	0.00L	0.00L	0.00	0.00L	0	13:30
13:45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.41		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	13:45
14:00	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	14:00
14:15	3.60	9.36	7.92	0.00	0.41		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	14:15
14:30	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	14:30
14:45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.41		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	14:45
15:00	3.60	9.36	7.92	0.00	0.41		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	15:00
15:15	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	15:15
15:30	3.60	9.36	7.92	0.00	0.41		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	15:30
15:45	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42		0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	15:45
16:00	3.60	9.36	7.92	0.00	0.41		40.32	18.00	46.08	0.00	0.88		16:00
16:15	3.60	9.36	7.92	0.00	0.41		47.52	20.16	52.28	0.00	0.89		16:15
16:30	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42		33.84	15.12	37.44	0.00	0.50		16:30
16:45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.41		2.16	7.92	6.48	0.00	0.33		16:45
17:00	3.60	8.64	7.92	0.00	0.41		2.88	8.64	5.76	0.00	0.50		17:00
17:15	3.60	10.08H	8.64	0.00	0.42		2.16	7.92	6.48	0.00	0.33		17:15
17:30	2.88	8.64	7.92	0.00	0.36		5.04	10.08	9.36	0.00	0.54		17:30
17:45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.41		3.60	8.64	8.64	0.00	0.42		17:45
18:00	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40		3.60	8.64	8.64	0.00	0.45		18:00
18:15	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50		3.60	8.64	7.92	0.00	0.45		18:15
18:30	2.88	7.92L	6.48L	0.00	0.40		3.60	9.36	7.20	0.00	0.50		18:30
18:45	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40		3.60	7.92	7.20	0.00	0.50		18:45
19:00	2.88	8.64	6.48	0.00	0.40		3.60	7.92	6.48	0.00	0.56		19:00
19:15	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50		2.88	7.92	6.48	0.00	0.44		19:15
19:30	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40		3.60	8.64	6.48	0.00	0.56		19:30
19:45	2.88	9.36	7.20	0.00	0.40		3.60	8.64	7.92	0.00	0.45		19:45
20:00	3.60	8.64	7.92	0.00	0.41		3.60	8.64	7.92	0.00	0.45		20:00
20:15	2.88	9.36	7.92	0.00	0.36		3.60	9.36	7.92	0.00	0.45		20:15
20:30	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40		3.60	9.36	8.64	0.00	0.42		20:30
20:45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.41		3.60	10.08	8.64	0.00	0.42		20:45
21:00	2.88	9.36	7.92	0.00	0.36		3.60	8.64	7.20	0.00	0.50		21:00
21:15	3.60	8.64	7.92	0.00	0.41		2.88	9.36	8.64	0.00	0.33		21:15
21:30	2.88	8.64	6.48	0.00	0.40		3.60	9.36	7.92	0.00	0.45		21:30
21:45	2.88	7.92	6.48	0.00	0.40		3.60	9.36	7.92	0.00	0.45		21:45
22:00	3.60	9.36	7.92	0.00	0.41		3.60	9.36	7.92	0.00	0.45		22:00
22:15	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50		3.60	9.36	8.64	0.00	0.42		22:15
22:30	2.88	9.36	7.92	0.00	0.36		3.60	10.08	7.92	0.00	0.45		22:30
22:45	2.88	7.92	6.48	0.00	0.40		2.88	9.36	7.92	0.00	0.36		22:45
23:00	2.88	8.64	6.48	0.00	0.40		3.60	8.64	7.92	0.00	0.45		23:00
23:15	2.88	8.64	6.48	0.00	0.40		3.60	9.36	8.64	0.00	0.42		23:15
23:30	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40		3.60	9.36	7.20	0.00	0.50		23:30
23:45	2.88	7.92	6.48	0.00	0.40		2.88	8.64	7.92	0.00	0.36		23:45
24:00	2.88	9.36	7.20	0.00	0.40		3.60	9.36	7.92	0.00	0.45		24:00
MAX	3.60	10.08	8.64	0.00	0.50		160.56	99.36	190.80	0.00	0.95		
MIN	0.00	17.15	0.00	0.00	0.41		07.15	07.15	07.15	0.00	0.61		
AVG	0.00	18.30	18.30	0.00	0.41		13.30	13.30	13.30	0.00	1.30		
LP	3.40	9.01	7.73	0.00	0.44		45.71	31.24	55.87	0.00	0.54		
TOT	326	865	742	0	0.88		4388	2999	5363	0	0.57		

PC-REP

Account #:PRI

ID:T0U00XXX  
 Name: EMPRESA 1

Tuesday  
 1/17/95

TIME	KW	KVAR d	KVA	KVAR I	PF	ST	KW	KVAR d	KVA	KVAR I	PF	ST	TIME
00:15	3.60	9.36	8.64	0.00H	0.40	0.40	2.88	8.64	7.92	0.00H	0.36L	00:15	
00:30	3.60	10.08	7.92	0.00	0.40	0.40	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	00:30	
00:45	3.60	9.36	8.64	0.00	0.40	0.40	3.60	9.36	7.92	0.00	0.40	00:45	
01:00	2.88L	9.36	7.92	0.00	0.40L	0.40L	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	01:00	
01:15	3.60	9.36	7.92	0.00	0.40	0.40	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	01:15	
01:30	3.60	9.36	7.92	0.00	0.40	0.40	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	01:30	
01:45	2.88	9.36	7.92	0.00	0.40	0.40	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	01:45	
02:00	3.60	9.36	7.92	0.00	0.40	0.40	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	02:00	
02:15	3.60	9.36	7.92	0.00	0.40	0.40	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	02:15	
02:30	2.88	9.36	7.92	0.00	0.40	0.40	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	02:30	
02:45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.40	0.40	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	02:45	
03:00	3.60	9.36	7.92	0.00	0.40	0.40	3.60	9.36	7.92	0.00	0.40	03:00	
03:15	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	0.40	2.88	8.64	7.92	0.00	0.36	03:15	
03:30	3.60	9.36	7.92	0.00	0.40	0.40	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	03:30	
03:45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.40	0.40	3.60	9.36	7.20	0.00	0.50	03:45	
04:00	3.60	9.36	7.20	0.00	0.40	0.40	2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	04:00	
04:15	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	0.40	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	04:15	
04:30	3.60	8.64	7.20	0.00	0.40	0.40	3.60	8.64	6.48	0.00	0.56	04:30	
04:45	2.88	8.64	7.92	0.00	0.40	0.40	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	04:45	
05:00	3.60	8.64	7.20	0.00	0.40	0.40	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	05:00	
05:15	3.60	8.64	7.20	0.00	0.40	0.40	3.60	8.64	7.20	0.00	0.70	05:15	
05:30	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	0.40	5.04	8.64	7.20	0.00	0.70	05:30	
05:45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.40	0.40	4.32	8.64	7.92	0.00	0.55	05:45	
06:00	3.60	8.64	7.20	0.00	0.40	0.40	20.16	6.48L	22.32	0.00	0.90	06:00	
06:15	3.60	8.64	7.20	0.00	0.40	0.40	74.16	15.12	77.76	0.00	0.95H	06:15	
06:30	55.44	11.52	58.32	0.00	0.50H	0.50H	76.32	22.32	80.64	0.00	0.95	06:30	
06:45	86.40	20.88	91.44	0.00	0.50	0.50	82.80	28.08	89.28	0.00	0.93	06:45	
07:00	159.12	95.76	187.20	0.00	0.80	0.80	154.08	94.32	182.88	0.00	0.84	07:00	
07:15	160.56	95.76	188.64	0.00	0.80	0.80	158.40	95.76	185.76	0.00	0.85	07:15	
07:30	162.00H	95.76	189.36	0.00	0.80	0.80	158.40	95.76	186.48	0.00	0.85	07:30	
07:45	160.56	99.36H	190.80H	0.00	0.80	0.80	158.40	100.08	188.64	0.00	0.84	07:45	
08:00	158.40	97.92	187.20	0.00	0.80	0.80	159.12H	101.52H	190.08H	0.00	0.84	08:00	
08:15	158.40	97.92	187.92	0.00	0.80	0.80	157.68	99.36	187.92	0.00	0.84	08:15	
08:30	156.96	95.76	184.32	0.00	0.80	0.80	156.24	94.32	183.60	0.00	0.85	08:30	
08:45	152.36	94.32	182.16	0.00	0.80	0.80	153.36	93.60	180.72	0.00	0.85	08:45	
09:00	152.36	94.32	180.72	0.00	0.80	0.80	151.92	92.16	178.56	0.00	0.85	09:00	
09:15	152.36	92.16	180.72	0.00	0.80	0.80	154.08	90.72	180.00	0.00	0.86	09:15	
09:30	155.52	90.00	180.72	0.00	0.80	0.80	156.96	89.40	182.16	0.00	0.86	09:30	
09:45	156.24	95.76	184.32	0.00	0.80	0.80	155.52	86.40	179.28	0.00	0.87	09:45	
10:00	156.24	95.04	184.32	0.00	0.80	0.80	154.08	84.24	176.40	0.00	0.87	10:00	
10:15	154.80	92.88	182.16	0.00	0.80	0.80	153.36	83.52	176.40	0.00	0.87	10:15	
10:30	154.08	91.44	180.00	0.00	0.80	0.80	152.64	81.36	173.52	0.00	0.88	10:30	
10:45	154.08	87.12	177.84	0.00	0.80	0.80	151.20	79.52	172.08	0.00	0.88	10:45	
11:00	152.36	83.52	175.68	0.00	0.80	0.80	149.76	80.64	172.08	0.00	0.87	11:00	
11:15	154.08	84.96	177.84	0.00	0.80	0.80	151.92	82.08	173.52	0.00	0.88	11:15	
11:30	146.16	82.08	168.48	0.00	0.80	0.80	145.28	79.20	164.88	0.00	0.87	11:30	
11:45	138.96	79.20	161.28	0.00	0.80	0.80	137.52	73.44	156.96	0.00	0.88	11:45	
12:00	138.96	80.64	162.00	0.00	0.80	0.80	140.40	79.20	162.72	0.00	0.86	12:00	

Tuesday  
1/17/95

Wednesday  
1/18/95

TIME	KW	KVAR d	KVA	KVAR r	PF	ST	KW	KVAR d	KVA	KVAR r	PF	ST	TIME
12:15	143.28	85.68	168.48	0.00	0.85		144.00	90.00	170.64	0.00	0.84	12:15	
12:30	147.60	82.16	174.96	0.00	0.84		151.20	93.60	179.28	0.00	0.84	12:30	
12:45	163.76	77.20	182.88	0.00	0.84		154.80	95.76	182.88	0.00	0.85	12:45	
13:00	154.08	77.92	183.60	0.00	0.84		156.24	96.48	185.04	0.00	0.84	13:00	
13:15	153.36	4.22	181.44	0.00	0.85		154.08	92.16	180.72	0.00	0.85	13:15	
13:30	151.92	1.44	178.56	0.00	0.85		152.64	89.28	177.84	0.00	0.86	13:30	
13:45	152.64	2.16	179.28	0.00	0.85		151.92	88.56	177.12	0.00	0.86	13:45	
14:00	154.80	7.84	181.44	0.00	0.85		153.36	88.56	178.56	0.00	0.86	14:00	
14:15	151.20	0.00	177.12	0.00	0.85		153.36	86.40	177.12	0.00	0.87	14:15	
14:30	151.20	7.84	177.12	0.00	0.85		151.92	83.52	174.96	0.00	0.87	14:30	
14:45	145.04	86.40	173.52	0.00	0.86		149.04	82.80	172.08	0.00	0.87	14:45	
15:00	146.88	86.40	170.64	0.00	0.86		148.32	79.92	169.20	0.00	0.88	15:00	
15:15	85.68	85.68	174.24	0.00	0.86		149.04	75.60	168.48	0.00	0.88	15:15	
15:30	84.96	84.96	173.52	0.00	0.87		151.20	76.32	170.64	0.00	0.89	15:30	
15:45	151.20	84.96	175.68	0.00	0.86		151.20	77.04	170.64	0.00	0.89	15:45	
16:00	152.64	87.12	176.40	0.00	0.87		151.20	78.48	171.36	0.00	0.88	16:00	
16:15	144.00	86.40	169.20	0.00	0.85		152.64	82.08	174.96	0.00	0.87	16:15	
16:30	118.08	82.64	135.36	0.00	0.87		140.40	76.32	160.56	0.00	0.87	16:30	
16:45	133.20	82.08	157.68	0.00	0.84		133.20	74.88	154.08	0.00	0.86	16:45	
17:00	133.92	83.52	159.12	0.00	0.84		135.36	82.80	169.84	0.00	0.85	17:00	
17:15	133.92	83.52	158.40	0.00	0.85		135.36	86.40	161.28	0.00	0.84	17:15	
17:30	96.48	10.40	110.88	0.00	0.87		113.76	65.52	133.20	0.00	0.85	17:30	
17:45	9.36	10.08	14.40	0.00	0.65		15.84	12.24	20.88	0.00	0.76	17:45	
18:00	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	2.16L	2.16L	7.20	5.04	0.00	0.43	18:00	
18:15	2.88	8.64	7.92	0.00	0.36		2.16	7.20	5.04	0.00	0.43	18:15	
18:30	3.60	7.92	5.76	0.00	0.78		2.88	7.92	5.76	0.00	0.50	18:30	
18:45	2.88	7.20	5.04L	0.00	0.57		2.16	7.20	5.04	0.00	0.43	18:45	
19:00	2.88	6.48L	5.04	0.00	0.57		2.16	7.20	5.04	0.00	0.43	19:00	
19:15	2.88	7.20	5.04	0.00	0.57		2.16	6.48	3.60L	0.00	0.60	19:15	
19:30	3.60	7.20	5.04	0.00	0.71		2.16	7.20	4.32	0.00	0.50	19:30	
19:45	2.88	7.92	6.48	0.00	0.44		2.16	7.20	4.32	0.00	0.50	19:45	
20:00	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40		2.16	7.20	5.76	0.00	0.38	20:00	
20:15	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45		2.88	7.92	5.76	0.00	0.50	20:15	
20:30	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45		2.16	7.92	5.76	0.00	0.38	20:30	
20:45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45		2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	20:45	
21:00	2.88	9.36	7.92	0.00	0.36		2.16	7.20	5.76	0.00	0.38	21:00	
21:15	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50		2.16	7.92	5.76	0.00	0.43	21:15	
21:30	2.88	9.36	7.92	0.00	0.36		4.32	10.08	9.36	0.00	0.46	21:30	
21:45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45		2.88	7.92	6.48	0.00	0.44	21:45	
22:00	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45		3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	22:00	
22:15	2.88	9.36	7.92	0.00	0.36		2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	22:15	
22:30	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50		2.88	9.36	7.20	0.00	0.40	22:30	
22:45	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40		2.88	7.92	6.48	0.00	0.44	22:45	
23:00	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50		3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	23:00	
23:15	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40		2.16	7.92	5.76	0.00	0.38	23:15	
23:30	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45		2.16	7.20	5.04	0.00	0.43	23:30	
23:45	2.88	8.64	7.92	0.00	0.36		2.16	7.92	5.04	0.00	0.43	23:45	
24:00	3.60	9.36	7.20	0.00	0.50		2.88	7.20	5.76	0.00	0.50	24:00	
MAX	162.00	19.36	190.80	0.00	0.95		159.12	101.52	190.08	0.00	0.95		
	07.30	17.45	07.45	00:15	06:30		08.00	08.00	08.00	00:15	06:15		
MIN	2.88	6.48	5.04	0.00	0.36		2.16	6.48	3.60	0.00	0.36		
	01:00	19:00	18:45	00:15	01:00		18:00	06:00	19:15	00:15	00:15		
AVG	70.10	44.68	83.83	0.00	0.65		71.39	43.56	84.29	0.00	0.65		
LF	0.43	0.43	0.44	0.00	0.68		0.45	0.43	0.44	0.00	0.69		
TOT	6729	4289	8047	0	62		6853	4182	8092	0	63		

TIME	KW	KVAR d	KVA	KVAR I	PF	ST	KW	KVAR d	KVA	KVAR I	PF	ST	TIME
00:15	2.16L	8.64	5.76	0.00H	0.38	0.38	2.88L	9.36	7.92	0.00H	0.36	0.36	00:15
00:30	2.16	7.52	6.48	0.00	0.33L	3.60	8.64	8.64	7.20	0.00	0.50	0.50	00:30
00:45	2.88	7.92	5.76	0.00	0.50	3.60	9.36	7.92	7.92	0.00	0.45	0.45	00:45
01:00	2.16	7.92	6.48	0.00	0.33	3.60	9.36	7.92	7.92	0.00	0.45	0.45	01:00
01:15	2.88	8.64	5.76	0.00	0.50	2.88	8.64	7.92	7.92	0.00	0.36	0.36	01:15
01:30	2.16	7.92	6.48	0.00	0.33	3.60	9.36	7.92	7.92	0.00	0.45	0.45	01:30
01:45	2.16	8.64	5.76	0.00	0.33	3.60	8.64	7.20	7.20	0.00	0.50	0.50	01:45
02:00	2.88	7.92	5.76	0.00	0.50	2.88	9.36	7.92	7.92	0.00	0.36	0.36	02:00
02:15	2.16	7.92	6.48	0.00	0.33	3.60	8.64	7.92	7.92	0.00	0.45	0.45	02:15
02:30	2.88	8.64	5.76	0.00	0.50	3.60	9.36	7.20	7.20	0.00	0.50	0.50	02:30
02:45	2.16	7.92	5.76	0.00	0.38	2.88	8.64	7.92	7.92	0.00	0.36	0.36	02:45
03:00	2.16	7.92	5.76	0.00	0.38	3.60	8.64	7.20	7.20	0.00	0.50	0.50	03:00
03:15	2.88	7.92	5.76	0.00	0.50	2.88	8.64	7.20	7.20	0.00	0.40	0.40	03:15
03:30	2.16	7.92	5.76	0.00	0.38	3.60	9.36	7.92	7.92	0.00	0.45	0.45	03:30
03:45	2.16	7.20L	5.76	0.00	0.38	3.60	8.64	7.20	7.20	0.00	0.50	0.50	03:45
04:00	2.16	7.92	5.76	0.00	0.43	2.88	8.64	7.20	7.20	0.00	0.40	0.40	04:00
04:15	2.88	7.20	5.76	0.00	0.50	3.60	8.64	7.20	7.20	0.00	0.50	0.50	04:15
04:30	2.16	7.92	5.04	0.00	0.43	2.88	8.64	7.20	7.20	0.00	0.40	0.40	04:30
04:45	2.16	7.20	5.04	0.00	0.43	3.60	8.64	7.20	7.20	0.00	0.50	0.50	04:45
05:00	2.16	7.92	5.04	0.00	0.43	3.60	8.64	7.20	7.20	0.00	0.45	0.45	05:00
05:15	2.88	7.20	5.76	0.00	0.50	2.88	8.64	7.92	7.92	0.00	0.36	0.36	05:15
05:30	2.16	7.92	5.04	0.00	0.43	3.60	8.64	6.48	6.48	0.00	0.56	0.56	05:30
05:45	2.16	7.20	5.76	0.00	0.20	4.32	8.64	7.92	7.92	0.00	0.55	0.55	05:45
06:00	23.04	8.64	25.20	0.00	0.91	5.04	8.64	8.64	8.64	0.00	0.58	0.58	06:00
06:15	66.24	7.92	67.68	0.00	0.98H	33.12	7.20	34.56	34.56	0.00	0.96	0.96	06:15
06:30	62.64	9.36	64.08	0.00	0.93	56.16	6.48L	56.88	56.88	0.00	0.92	0.92	06:30
06:45	89.28	30.24	96.48	0.00	0.93	95.76	32.40	104.40	104.40	0.00	0.92	0.92	06:45
07:00	156.24	92.88	182.88	0.00	0.85	156.96	92.16	182.88	182.88	0.00	0.86	0.86	07:00
07:15	160.56H	99.36	190.08H	0.00	0.84	160.56H	95.76	188.64H	188.64H	0.00	0.85	0.85	07:15
07:30	157.68	97.92	187.20	0.00	0.84	159.12	98.64H	188.64	188.64	0.00	0.84	0.84	07:30
07:45	159.12	97.92	188.64	0.00	0.87	158.40	95.76	185.76	185.76	0.00	0.85	0.85	07:45
08:00	159.12	96.48	186.48	0.00	0.87	159.12	96.48	187.92	187.92	0.00	0.85	0.85	08:00
08:15	156.24	95.04	185.04	0.00	0.87	159.84	95.04	187.20	187.20	0.00	0.85	0.85	08:15
08:30	156.24	98.64	185.76	0.00	0.87	158.40	92.16	184.32	184.32	0.00	0.86	0.86	08:30
08:45	154.80	97.20	183.60	0.00	0.87	155.52	90.72	181.44	181.44	0.00	0.86	0.86	08:45
09:00	153.36	97.20	182.88	0.00	0.87	154.80	92.16	180.72	180.72	0.00	0.86	0.86	09:00
09:15	155.52	95.04	182.88	0.00	0.87	156.96	95.04	185.04	185.04	0.00	0.85	0.85	09:15
09:30	156.24	95.04	185.04	0.00	0.87	158.40	97.20	187.20	187.20	0.00	0.85	0.85	09:30
09:45	156.96	95.76	185.04	0.00	0.87	159.12	96.48	186.48	186.48	0.00	0.85	0.85	09:45
10:00	156.24	95.76	184.32	0.00	0.87	156.96	93.60	184.32	184.32	0.00	0.85	0.85	10:00
10:15	154.08	92.88	181.44	0.00	0.87	156.24	92.16	182.16	182.16	0.00	0.85	0.85	10:15
10:30	151.92	83.52	174.24	0.00	0.87	154.80	91.44	181.44	181.44	0.00	0.85	0.85	10:30
10:45	152.64	86.40	176.40	0.00	0.87	155.52	90.72	181.44	181.44	0.00	0.86	0.86	10:45
11:00	151.52	84.24	174.96	0.00	0.87	154.08	92.88	181.44	181.44	0.00	0.85	0.85	11:00
11:15	153.36	84.96	177.12	0.00	0.87	154.08	92.88	181.44	181.44	0.00	0.85	0.85	11:15
11:30	144.72	82.08	166.32	0.00	0.87	145.44	90.00	172.08	172.08	0.00	0.85	0.85	11:30
11:45	138.96	78.48	161.28	0.00	0.87	139.68	89.28	167.04	167.04	0.00	0.84	0.84	11:45
12:00	138.24	79.92	160.56	0.00	0.86	140.40	87.84	167.04	167.04	0.00	0.84	0.84	12:00

Thursday  
1/19/95

Friday  
1/20/95

TIME	KW	KVAR d	KVA	KVAF r	PF	ST	KW	KVAR d	KVA	KVAR r	PF	ST	TIME
12:15	144.00	89.28	170.64	0.00	0.84	0.84	143.28	86.40	167.76	0.00	0.85	12:15	
12:30	150.48	92.88	178.56	0.00	0.84	0.84	149.04	87.84	174.24	0.00	0.86	12:30	
12:45	153.36	98.64	183.60	0.00	0.84	0.84	152.64	92.16	179.28	0.00	0.85	12:45	
13:00	153.36	100.08H	184.32	0.00	0.85	0.85	154.80	95.76	182.88	0.00	0.85	13:00	
13:15	151.92	92.16	178.56	0.00	0.85	0.85	151.20	90.00	177.84	0.00	0.85	13:15	
13:30	151.20	90.00	177.84	0.00	0.85	0.85	148.32	84.96	172.08	0.00	0.86	13:30	
13:45	151.92	89.28	176.40	0.00	0.87	0.87	149.76	87.12	173.52	0.00	0.86	13:45	
14:00	152.64	84.96	176.40	0.00	0.87	0.87	150.48	89.28	177.12	0.00	0.85	14:00	
14:15	152.64	80.64	173.52	0.00	0.88	0.88	151.20	89.28	175.68	0.00	0.86	14:15	
14:30	152.64	82.08	174.96	0.00	0.87	0.87	151.92	90.00	178.56	0.00	0.85	14:30	
14:45	147.60	79.20	167.76	0.00	0.88	0.88	150.48	89.28	176.40	0.00	0.85	14:45	
15:00	147.60	81.36	170.64	0.00	0.86	0.86	149.04	89.28	174.96	0.00	0.85	15:00	
15:15	150.48	80.64	171.36	0.00	0.88	0.88	151.92	87.84	175.68	0.00	0.86	15:15	
15:30	151.92	82.08	174.24	0.00	0.87	0.87	153.36	88.56	178.56	0.00	0.86	15:30	
15:45	151.92	82.08	174.24	0.00	0.87	0.87	154.08	88.56	178.56	0.00	0.86	15:45	
16:00	152.64	83.52	174.96	0.00	0.87	0.87	153.36	87.84	178.56	0.00	0.86	16:00	
16:15	152.64	85.68	176.40	0.00	0.86	0.86	154.08	93.60	180.72	0.00	0.85	16:15	
16:30	140.40	82.08	162.72	0.00	0.88	0.88	113.04	62.64	131.04	0.00	0.86	16:30	
16:45	136.08	82.08	160.56	0.00	0.85	0.85	66.24	17.28	69.84	0.00	0.95	16:45	
17:00	136.80	85.68	162.00	0.00	0.84	0.84	19.44	10.80	23.76	0.00	0.82	17:00	
17:15	136.08	83.52	160.56	0.00	0.85	0.85	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	17:15	
17:30	109.44	62.64	128.16	0.00	0.85	0.85	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	17:30	
17:45	61.20	14.40	63.36	0.00	0.97	0.97	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	17:45	
18:00	3.60	8.64	8.64	0.00	0.42	0.42	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	18:00	
18:15	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	0.50	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	18:15	
18:30	2.88	7.92	6.48	0.00	0.56	0.56	2.88	6.48	5.04	0.00	0.57	18:30	
18:45	2.88	7.92	6.48	0.00	0.44	0.44	3.60	6.48	5.04	0.00	0.83	18:45	
19:00	3.60	7.20	5.76	0.00	0.63	0.63	2.88	6.48	4.32	0.00	0.67	19:00	
19:15	2.88	7.92	5.76	0.00	0.50	0.50	2.88	6.48	5.04	0.00	0.57	19:15	
19:30	3.60	7.92	6.48	0.00	0.56	0.56	2.88	7.20	4.32	0.00	0.67	19:30	
19:45	2.88	7.92	6.48	0.00	0.44	0.44	2.88	7.20	5.76	0.00	0.50	19:45	
20:00	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	0.45	3.60	7.20	5.76	0.00	0.50	20:00	
20:15	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	0.45	3.60	8.64	6.48	0.00	0.56	20:15	
20:30	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	0.45	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	20:30	
20:45	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	0.42	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	20:45	
21:00	3.60	9.36	7.20	0.00	0.50	0.50	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	21:00	
21:15	2.88	8.64	7.92	0.00	0.36	0.36	2.88	8.64	8.64	0.00	0.33L	21:15	
21:30	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	0.50	3.60	9.36	7.20	0.00	0.50	21:30	
21:45	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	0.45	2.88	9.36	7.92	0.00	0.36	21:45	
22:00	3.60	9.36	7.20	0.00	0.50	0.50	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	22:00	
22:15	2.88	8.64	7.92	0.00	0.36	0.36	3.60	10.08	8.64	0.00	0.42	22:15	
22:30	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	0.45	2.88	8.64	7.92	0.00	0.36	22:30	
22:45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	0.45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	22:45	
23:00	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	0.45	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	23:00	
23:15	2.88	8.64	7.92	0.00	0.36	0.36	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	23:15	
23:30	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	0.45	3.60	8.64	6.48	0.00	0.56	23:30	
23:45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	0.45	2.88	8.64	7.92	0.00	0.36	23:45	
24:00	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	0.42	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	24:00	
MAX	160.56	100.08	190.08	0.00	0.98	0.98	160.56	98.64	188.64	0.00	0.99		
	07:15	17:00	07:15	00:15	06:15	06:15	07:15	07:30	07:15	00:15	06:30		
MIN	2.16	7.20	5.04	0.00	0.33	0.33	2.88	6.48	4.32	0.00	0.33		
	00:15	02:45	04:00	00:15	00:30	00:30	00:15	06:30	18:45	00:15	21:15		
AVG	71.82	44.45	85.18	0.00	0.65	0.65	66.48	42.31	79.42	0.00	0.65		
LF	0.45	0.44	0.45	0.00	0.67	0.67	0.41	0.43	0.42	0.00	0.66		
TOT	6895	4567	8177	0	63	63	6382	4062	7624	0	62		

TIME	Saturday 1/21/95										Sunday 1/22/95													
	KW	KVAR d	KVA	KVAR r	PF	ST	KW	KVAR d	KVA	KVAR r	PF	ST	TIME	KW	KVAR d	KVA	KVAR r	PF	ST	TIME				
00:15	3.60	9.36	7.92	0.00H	0.45		3.60	8.64	7.92	0.00H	0.45	00:15	3.60	9.36	7.92	0.00H	0.45	00:15	3.60	9.36	7.92	0.00H	0.45	00:15
00:30	2.88L	8.64L	7.20L	0.00	0.40		4.32	9.36	8.64	0.00	0.50	00:30	4.32	9.36	8.64	0.00	0.50	00:30	4.32	9.36	8.64	0.00	0.50	00:30
00:45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45		3.60	8.64	7.20	0.00	0.45	00:45	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	00:45	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	00:45
01:00	2.88	8.64	7.92	0.00	0.45		3.60	10.08	9.36	0.00	0.38	01:00	3.60	10.08	9.36	0.00	0.38	01:00	3.60	10.08	9.36	0.00	0.38	01:00
01:15	2.88	9.36	7.92	0.00	0.36L		4.32	9.36	7.92	0.00	0.55	01:15	4.32	9.36	7.92	0.00	0.55	01:15	4.32	9.36	7.92	0.00	0.55	01:15
01:30	2.60	9.36	7.92	0.00	0.45		3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	01:30	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	01:30	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	01:30
01:45	2.60	9.36	7.92	0.00	0.45		4.32	9.36	8.64	0.00	0.50	01:45	4.32	9.36	8.64	0.00	0.50	01:45	4.32	9.36	8.64	0.00	0.50	01:45
02:00	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40		3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	02:00	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	02:00	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	02:00
02:15	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45		3.60	10.08	9.36	0.00	0.38	02:15	3.60	10.08	9.36	0.00	0.38	02:15	3.60	10.08	9.36	0.00	0.38	02:15
02:30	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45		3.60	8.64	8.64	0.00	0.45	02:30	3.60	8.64	8.64	0.00	0.45	02:30	3.60	8.64	8.64	0.00	0.45	02:30
02:45	2.88	9.36	7.92	0.00	0.36		4.32	10.08	8.64	0.00	0.50	02:45	4.32	10.08	8.64	0.00	0.50	02:45	4.32	10.08	8.64	0.00	0.50	02:45
03:00	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50		3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	03:00	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	03:00	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	03:00
03:15	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40		3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	03:15	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	03:15	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	03:15
03:30	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45		4.32	8.64	7.92	0.00	0.55	03:30	4.32	8.64	7.92	0.00	0.55	03:30	4.32	8.64	7.92	0.00	0.55	03:30
03:45	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40		2.88	9.36	7.92	0.00	0.36	03:45	2.88	9.36	7.92	0.00	0.36	03:45	2.88	9.36	7.92	0.00	0.36	03:45
04:00	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45		4.32	9.36	8.64	0.00	0.45	04:00	4.32	9.36	8.64	0.00	0.45	04:00	4.32	9.36	8.64	0.00	0.45	04:00
04:15	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40		3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	04:15	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	04:15	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	04:15
04:30	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50		4.32	10.08	8.64	0.00	0.50	04:30	4.32	10.08	8.64	0.00	0.50	04:30	4.32	10.08	8.64	0.00	0.50	04:30
04:45	2.88	8.64	7.92	0.00	0.36		3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	04:45	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	04:45	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	04:45
05:00	3.60	9.36	7.20	0.00	0.50		3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	05:00	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	05:00	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	05:00
05:15	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40		3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	05:15	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	05:15	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	05:15
05:30	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50		3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	05:30	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	05:30	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	05:30
05:45	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45		4.32	9.36	8.64	0.00	0.45	05:45	4.32	9.36	8.64	0.00	0.45	05:45	4.32	9.36	8.64	0.00	0.45	05:45
06:00	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40		3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	06:00	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	06:00	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	06:00
06:15	3.60	9.36	7.20	0.00	0.50		3.60	10.08	8.64	0.00	0.50	06:15	3.60	10.08	8.64	0.00	0.50	06:15	3.60	10.08	8.64	0.00	0.50	06:15
06:30	5.04	8.64	9.36	0.00	0.54		4.32	9.36	8.64	0.00	0.50	06:30	4.32	9.36	8.64	0.00	0.50	06:30	4.32	9.36	8.64	0.00	0.50	06:30
06:45	72.72	12.24	76.32	0.00	0.95H		3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	06:45	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	06:45	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	06:45
07:00	125.28	64.80	143.28	0.00	0.87		3.60	9.36	7.20	0.00	0.50	07:00	3.60	9.36	7.20	0.00	0.50	07:00	3.60	9.36	7.20	0.00	0.50	07:00
07:15	144.00	80.64	166.32	0.00	0.87		2.88	7.92	7.20	0.00	0.40	07:15	2.88	7.92	7.20	0.00	0.40	07:15	2.88	7.92	7.20	0.00	0.40	07:15
07:30	143.28	82.08	166.32	0.00	0.86		2.88	8.64	7.20	0.00	0.44	07:30	2.88	8.64	7.20	0.00	0.44	07:30	2.88	8.64	7.20	0.00	0.44	07:30
07:45	143.28	82.80	166.32	0.00	0.86		2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	07:45	2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	07:45	2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	07:45
08:00	143.28	81.36	165.60	0.00	0.87		2.88	8.64	6.48	0.00	0.40	08:00	2.88	8.64	6.48	0.00	0.40	08:00	2.88	8.64	6.48	0.00	0.40	08:00
08:15	144.72H	82.08	167.76	0.00	0.86		2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	08:15	2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	08:15	2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	08:15
08:30	144.00	85.68H	169.20H	0.00	0.85		2.88	7.92	7.20	0.00	0.40	08:30	2.88	7.92	7.20	0.00	0.40	08:30	2.88	7.92	7.20	0.00	0.40	08:30
08:45	141.12	84.24	164.88	0.00	0.86		2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	08:45	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	08:45	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	08:45
09:00	138.24	84.24	162.72	0.00	0.85		2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	09:00	2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	09:00	2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	09:00
09:15	141.12	84.96	165.60	0.00	0.85		3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	09:15	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	09:15	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	09:15
09:30	141.12	85.68	166.32	0.00	0.85		2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	09:30	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	09:30	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	09:30
09:45	141.12	84.96	165.60	0.00	0.85		14.40	10.80H	18.00	0.00	0.80	09:45	14.40	10.80H	18.00	0.00	0.80	09:45	14.40	10.80H	18.00	0.00	0.80	09:45
10:00	139.68	82.80	163.44	0.00	0.85		15.84	9.36	18.00	0.00	0.88	10:00	15.84	9.36	18.00	0.00	0.88	10:00	15.84	9.36	18.00	0.00	0.88	10:00
10:15	138.24	80.64	161.28	0.00	0.86		21.60	9.36	23.76	0.00	0.91	10:15	21.60	9.36	23.76	0.00	0.91	10:15	21.60	9.36	23.76	0.00	0.91	10:15
10:30	138.24	79.92	160.56	0.00	0.86		30.24H	8.64	31.68	0.00	0.95H	10:30	30.24H	8.64	31.68	0.00	0.95H	10:30	30.24H	8.64	31.68	0.00	0.95H	10:30
10:45	137.44	80.64	160.56	0.00	0.86		29.52	8.64	30.96	0.00	0.95	10:45	29.52	8.64	30.96	0.00	0.95	10:45	29.52	8.64	30.96	0.00	0.95	10:45
11:00	137.52	79.92	160.56	0.00	0.86		20.24	10.08	32.40H	0.00	0.93	11:00	20.24	10.08	32.40H	0.00	0.93	11:00	20.24	10.08	32.40H	0.00	0.93	11:00
11:15	126.08	78.48	158.40	0.00	0.86		29.52	8.64	30.96	0.00	0.95	11:15	29.52	8.64	30.96	0.00	0.95	11:15	29.52	8.64	30.96	0.00	0.95	11:15
11:30	122.40	65.52	142.40	0.00	0.87		30.24	9.36	31.68	0.00	0.95	11:30	30.24	9.36	31.68	0.00	0.95	11:30	30.24	9.36	31.68	0.00	0.95	11:30
11:45	72.00	17.28	75.60	0.00	0.95		29.52	9.36	30.96	0.00	0.95	11:45	29.52	9.36	30.96	0.00	0.95	11:45	29.52	9.36	30.96	0.00	0.95	11:45
12:00	94.32	42.48	106.56	0.00	0.89		29.52	9.36	31.68	0.00	0.93	12:00	29.52	9.36	31.68	0.00	0.93	12:00	29.52	9.36	31.68	0.00	0.93	12:00

TIME	Saturday 1/21/95						Sunday 1/22/95					
	KW	KVAR d	KVA	KVAE I	FP	ST	KW	KVAR d	KVA	KVAE I	FP	ST
12:15	130.32	80.64	154.08	0.00	0.85	0.85	20.88	8.64	22.04	0.00	0.51	12:15
12:30	132.48	83.52	157.68	0.00	0.85	0.84	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	12:30
12:45	133.20	82.08	156.96	0.00	0.85	0.85	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	12:45
13:00	133.20	81.36	157.68	0.00	0.84	0.84	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	13:00
13:15	132.48	78.48	154.80	0.00	0.86	0.86	2.88	8.64	7.20	0.00	0.50	13:15
13:30	131.76	79.20	155.52	0.00	0.85	0.85	2.88	9.36	7.92	0.00	0.36	13:30
13:45	133.20	79.92	155.52	0.00	0.86	0.86	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	13:45
14:00	126.72	77.04	149.76	0.00	0.85	0.85	2.88	8.64	7.92	0.00	0.36	14:00
14:15	74.88	23.04	79.92	0.00	0.94	0.94	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	14:15
14:30	74.88	23.04	79.20	0.00	0.95	0.95	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	14:30
14:45	74.88	23.04	79.92	0.00	0.94	0.94	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	14:45
15:00	73.44	22.04	78.48	0.00	0.94	0.94	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	15:00
15:15	74.16	22.32	78.48	0.00	0.94	0.94	3.60	8.64	7.20	0.00	0.50	15:15
15:30	74.16	21.60	78.48	0.00	0.94	0.94	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	15:30
15:45	74.88	20.16	79.20	0.00	0.95	0.95	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	15:45
16:00	74.88	20.88	79.20	0.00	0.95	0.95	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	16:00
16:15	74.88	21.60	79.20	0.00	0.95	0.95	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	16:15
16:30	72.72	21.60	77.04	0.00	0.94	0.94	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	16:30
16:45	27.36	11.52	31.68	0.00	0.86	0.86	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	16:45
17:00	3.60	10.08	8.64	0.00	0.42	0.42	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	17:00
17:15	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	0.42	2.88	9.36	7.92	0.00	0.36	17:15
17:30	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	0.45	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	17:30
17:45	2.88	8.64	7.92	0.00	0.36	0.36	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	17:45
18:00	5.76	10.08	10.08	0.00	0.57	0.57	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	18:00
18:15	4.32	9.36	7.92	0.00	0.55	0.55	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	18:15
18:30	3.60	8.64	8.64	0.00	0.42	0.42	2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	18:30
18:45	4.32	8.64	7.92	0.00	0.55	0.55	2.88	7.20	5.04	0.00	0.57	18:45
19:00	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	0.42	2.16	7.20	5.04	0.00	0.43	19:00
19:15	4.32	9.36	7.92	0.00	0.55	0.55	2.88	7.20	4.32	0.00	0.67	19:15
19:30	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	0.42	2.16	7.20	5.04	0.00	0.43	19:30
19:45	4.32	9.36	8.64	0.00	0.50	0.50	2.88	7.20	5.04	0.00	0.57	19:45
20:00	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	0.42	2.88	7.92	5.76	0.00	0.50	20:00
20:15	4.32	10.08	8.64	0.00	0.46	0.46	2.88	7.92	7.20	0.00	0.40	20:15
20:30	3.60	10.08	8.64	0.00	0.42	0.42	2.16	8.64	6.48	0.00	0.32	20:30
20:45	4.32	10.08	9.36	0.00	0.46	0.46	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	20:45
21:00	3.60	8.64	7.92	0.00	0.45	0.45	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	21:00
21:15	4.32	9.36	8.64	0.00	0.50	0.50	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	21:15
21:30	3.60	10.08	8.64	0.00	0.42	0.42	2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	21:30
21:45	4.32	9.36	9.36	0.00	0.46	0.46	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	21:45
22:00	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	0.45	2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	22:00
22:15	4.32	10.08	9.36	0.00	0.46	0.46	2.88	7.92	6.48	0.00	0.44	22:15
22:30	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	0.42	2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	22:30
22:45	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	0.42	2.88	7.92	6.48	0.00	0.44	22:45
23:00	4.32	10.08	9.36	0.00	0.46	0.46	2.16	8.64	6.48	0.00	0.53	23:00
23:15	3.60	9.36	7.92	0.00	0.45	0.45	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	23:15
23:30	4.32	9.36	8.64	0.00	0.50	0.50	2.88	8.64	7.20	0.00	0.40	23:30
23:45	3.60	9.36	8.64	0.00	0.42	0.42	2.88	8.64	6.48	0.00	0.44	23:45
24:00	144.72	85.68	169.20	0.00	0.55	0.55	30.24	10.80	32.40	0.00	0.95	24:00
MAX	08:15	08:30	08:30	00:15	06:45	06:45	10:30	09:45	11:00	00:15	10:30	
MIN	2:88	8:64	7:20	0:00	0:26	0:26	2:16	7:20	4:32	0:00	0:32	
AVG	00:30	00:30	60:88	00:15	01:15	01:15	19:00	18:45	19:15	00:15	20:30	
LP	51:10	31:09	60:88	0:00	0:64	0:64	5:85	8:83	9:71	0:00	0:50	
TOT	0:25	0:36	0:36	0:00	0:67	0:67	0:19	0:82	0:30	0:00	0:52	
	4906	2384	5844	0	61	61	562	847	922	0	48	

### ANEXO 3

Para la sugerencia de implementación de capacitores en La Planta, del capítulo VI, se necesitaría un banco con una capacidad de unos 200 KVAR, con un manejador con posibilidades de manejar un aumento de capacidad.

Un banco con las características anteriores tiene un costo de \$4,000.00, o sea unos ¢35,000.00. Esto quiere decir que La Planta necesitaría un beneficio a corto plazo igual o mayor a esta cantidad en la facturación mensual por uso de la energía eléctrica.

Como se puede observar en la tabla 6.1, el ahorro al implementar el banco de capacitores equivale a ¢9,856.00. Con lo que la inversión hecha inicialmente en los capacitores sería recuperada en tres meses y medio aproximadamente.

El beneficio anterior está calculado luego de desconectar un banco de transformadores permanentemente, y dejando conectado el otro banco las 24 horas del día.

**BIBLIOGRAFIA**

- VARIOS, Mini Master, Reader Programmer Software User's Manual, Schlumberger Industries, Atlanta, Georgia, 1994.
- VARIOS, Pro-Read, Reader Programmer Software User's Manual, Schlumberger Industries, Atlanta, Georgia, 1994.
- VARIOS, Guide For Metering Connection, General Electric, New York, New York, 1993.
- VARIOS, American National Standard Code For Electricity Metering, ANSI, USA, 1991.
- VARIOS, Manual de IEC, IEC, USA, 1991.
- VARIOS, FULCRUM Multifunction Meter, Hardware Instruction Manual, Schlumberger Industries, Atlanta, Georgia, 1994.

## GLOSARIO.

**POTENCIA:** Es la rapidez con la que se realiza un trabajo o con la que se gasta energía. La unidad fundamental de potencia es el Watt (W), que se define como 1 Joule/s. Debido a que las magnitudes de potencia que se manejan generalmente son de varios miles de Watts, la unidad que se usa más comunmente es el Kilo Watt (KW).

**ENERGIA:** Es la capacidad o aptitud que tiene un sistema para realizar un trabajo. O sea que la energía de un sistema se mide por el trabajo que es capaz de realizar en condiciones determinadas en un período de tiempo. La unidad más comunmente utilizada para medir la energía de un sistema es electricidad es el Kilo Watt-Hora (KWH).

**LINEA:** Medio físico de conducción de la energía eléctrica puede ser uno o varios conductores metálicos (cable o alambre).

**TORQUE:** Se dice de la acción que ejerce una fuerza sobre un cuerpo de tal manera que produce el giro del mismo sobre un eje.

**CONSUMO:** Es la energía que un consumidor ha requerido del sistema en un período de tiempo determinado.

**DEMANDA:** Es la potencia que un consumidor requiere en un determinado momento del sistema.

**EEPROM:** Es una memoria de lectura, borrable y programable

eléctricamente. El nombre se origina de las siglas en inglés de Electrical Erasable and Programable Read Only Memory.

**FACTOR DE POTENCIA:** Es el valor del coseno del ángulo de desfase, medido en grados eléctricos, entre el voltaje y la corriente de un sistema.

**CONSUMIDOR:** Persona natural o jurídica que ha suscrito uno o más convenios para el consumo de energía eléctrica. También recibe los nombres de abonado, cliente o usuario.

**KH:** Relación de un medidor, que indica la cantidad de WH medidos por cada vuelta completa del disco.

**DEMANDA COINCIDENTAL:** Valor de varias potencias en un momento en el cual cumple con una condición, ya sea máxima, mínima o promedio.

**PERIODO DE MEDICION:** Intervalo de tiempo en el cual se da la medición de un abonado o sistema. Por lo general es de un mes.

**MULTITARIFA:** Estructura tarifaria mediante la cual se diferencia de un período a otro el valor del uso de la energía eléctrica, restricciones o cualquier otra condición que se crea apropiada tener una diferenciación en un momento dado.

**PERIODO DE REGISTRO:** Intervalo de tiempo en el cual se da la promediación de los datos recabados por la memoria volátil del Medidor. Para los Medidores Electrónicos instalados en los

servicios rurales de CEL es de 15 minutos.

**MEMORIA RAM:** Memoria volátil de un dispositivo electrónico digital. Es un tipo de memoria auxiliar que sirve para mantener los datos mientras éstos no son definitivos y que puedan ser guardados permanentemente en una memoria no volátil.

**LECTOR/PROGRAMADOR:** Dispositivo que se utiliza para la comunicación con los Medidores Electrónicos Digitales. Mediante éste se puede realizar programaciones, reprogramaciones, toma de lectura de la memoria masiva, etc.

**POTENCIA APARENTE:** Es el resultado del producto de los valores eficaces del voltaje y la corriente. La unidad fundamental para este parámetro es el Voltio-Amperio (VA), pero debido a las cantidades altas que por lo general se manejan, es más común el KVA.

**TRIANGULO DE POTENCIA:** Triángulo formado por los tres vectores de potencia real, reactiva y aparente. Puede observarse un ejemplo en el anexo 1.

**ARMONICOS:** Componentes sinusoidales que sumadas resultan en una onda periódica. En un sistema eléctrico son distorsiones que se originan de muchas formas, y que producen efectos indeseables en el mismo.

**MULTIPLEXOR:** Elemento electrónico que permite el manejo de varias "puertas" de datos, alternándolas de tal manera que puedan

manejarse todas con un sólo dispositivo de control.

**HERTZ:** Unidad fundamental de la frecuencia. Un Hertz es igual a un ciclo por segundo.

**ACUMULADOR:** Dispositivo electrónico encargado de almacenar y manejar la información que entra en forma digitalizada desde el multiplexor.

**MUESTREO:** Acción mediante la cual el Medidor Electrónico Digital cuantifica el valor de una señal en un instante dado.

**RMS (VALORES RMS):** El valor eficaz de una forma de onda eléctrica se refiere a su capacidad de entregar potencia. También es llamado valor efectivo. Este valor es el equivalente al valor de una forma de onda de cd la cual entregaría la misma potencia si se remplazara la forma de onda de cd.

**CICLO:** Denota la porción de la forma de onda desde un punto sobre un eje hasta que la forma de onda se repite.

**DESFASADOR:** Dispositivo eléctrico cuya función es la de desfasar 90 grados eléctricos el voltaje para hacer posible la medición de la energía reactiva.

**ONDA SENOIDAL:** Es una forma de onda que responde a la expresión matemática  $v = V \text{ sen } wt$ , donde  $V$  es la amplitud de la onda senoidal.