

UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA



**" ESTUDIO EVALUATIVO DE REDES ELECTRICAS PARA OPTIMIZACION
DEL CONSUMO Y SERVICIO ELECTRICO EFICIENTE "**



**PROYECTO DE GRADUACION.
PARA OPTAR AL GRADO DE
INGENIERO ELECTRICISTA
INGENIERO EN ELECTRONICA**

PRESENTADO POR :

CARNET

**CASTILLO RIVERA, CARLOS ERNESTO
GONZALEZ NAJERA, RICARDO BEZALEL
ROMERO DIAZ, EFRAIN**

**9101041
9102001
8901014**

ASESOR : DR. PEDRO JUAN RODRIGUEZ GIRONES.

SOYAPANGO , CIUDADELA DON BOSCO, 12 DE DICIEMBRE DE 1997

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL

PBRO. PEDRO JOSE GARCIA CASTRO S.D.B.

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

ING. CARLOS ALBERTO GUTIERREZ PEÑA

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACION

DR. PEDRO JUAN RODRIGUEZ GIRONES ARBOLI

JURADO EXAMINADOR

ING. WILFREDO GUZMAN

ING. FABIO ARAGON.

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y
ELECTRONICA.**

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACION

**“ESTUDIO EVALUATIVO DE REDES ELECTRICAS PARA
OPTIMIZACION DEL CONSUMO Y SERVICIO ELECTRICO
EFICIENTE”**



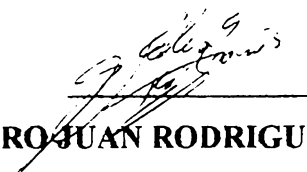
ING. FABIO ARAGON

JURADO



ING. WILFREDO GUZMAN

JURADO



DR. PEDRO JUAN RODRIGUEZ GIRONES

OBJETIVOS.

A. OBJETIVO GENERAL.

Proporcionar alternativas de solución mediante la realización de un estudio evaluativo en las áreas que presentan problemas de inestabilidad eléctrica en el sector del CITT, que permitirá mejorar la calidad de la energía para una operación eficiente de las cargas conectadas a la red.

B. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Analizar las condiciones inestables de operación de la red eléctrica y determinar los requerimientos para su corrección.
- Elaborar el diseño e implementación de un prototipo que consiste en un medidor electrónico monofásico de potencia activa que pueda ser instalado en un área específica.
- Proporcionar los elementos de juicio necesarios para evaluar los beneficios obtenidos al invertir en la instalación de un banco de capacitores, para corregir el factor de potencia.
- Determinar las alternativas por las cuales podría reducirse el gasto en energía eléctrica en la Ciudadela Don Bosco.

INDICE

OBJETIVOS	ii
INDICE	iii
AGRADECIMIENTOS	vii
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: MARCO TEORICO	8
1.0 FUNDAMENTOS DE SUBESTACIONES ELECTRICAS.	8
1.1 DEFINICION DE SUBESTACION.	8
1.2 CLASIFICACION DE SUBESTACIONES.	8
1.3 TENSION DE OPERACION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION.	9
1.4 EQUIPO Y DISPOSITIVOS FUNDAMENTALES DE UNA SUBESTACION.	9
1.4.1 CORTACIRCUITOS.	10
1.4.2 FUSIBLE.	11
1.4.3 PARARRAYOS.	11
1.4.4 TRANSFORMADORES.	13
1.4.4.1 DEFINICION.	13
1.4.4.2 CLASIFICACION.	13
1.4.4.3 ESPECIFICACIONES.	16
1.4.4.4 CONEXIONES.	19
CAPITULO II : RECONOCIMIENTO DE LA RED ELECTRICA DEL CITT	21
2.0 SUBESTACIONES DEL CITT	21
2.1 ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA SUBESTACION DEL CITT	22
2.1.1 TRANSFORMADORES	22
2.1.2 CORTACIRCUITOS	23
2.1.3 FUSIBLE	24
2.1.4 PARARRAYO	24
2.1.5 POZOS DE REGISTRO	24
2.2 MEDICIONES REALIZADAS EN LAS SUBESTACIONES DEL CITT	24

2.3 DIAGNOSTICO Y ALTERNATIVAS PARA SOLVENTAR	
LA PROBLEMATICA ACTUAL	30
CAPITULO III: ESTUDIO DE REDES DE POLARIZACION EN EL CITT	36
3.1 NORMATIVAS PARA REDES DE TIERRA	36
3.1.1 VALORES PERMISIBLES PARA LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA.	37
3.1.2 NORMATIVAS DE ATERRIZAMIENTO PARA EQUIPO SENSITIVO	37
3.1.3 METODOS DE MEDICION DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	39
3.1.4 INFLUENCIA DEL RUIDO PROVOCADO POR EL SISTEMA DE POTENCIA CUANDO EXISTEN TOMAS DE TIERRA MULTIPLES.	41
3.2 MEDICIONES EN LAS REDES DE PUESTA A TIERRA EN EL CITT	42
3.2.1 RED DE TIERRA EN EL CENTRO DE COMPUTO	42
3.2.2 CONDICION ACTUAL	44
3.2.3 CONDICION DESEABLE	45
3.2.4 DE MEDICIONES REALIZADAS	46
3.2.5 RECOMENDACIONES	47
CAPITULO IV: ESTUDIO DEL CONSUMO ENERGETICO EN CIUDADELA	48
4.1 FACTORES A CONSIDERAR EN LA DETERMINACION DEL CONSUMO ENERGETICO	48
4.2 TARIFAS VIGENTES DE LOS CONSUMIDORES DE LA CATEGORIA 3VP	49
4.3 TIPO DE TARIFA APLICABLE A CIUDADELA	50
4.4 CALCULO DEL CONSUMO ENERGETICO SEGUN RECIBO MODELO	50
4.5 TABULACION Y REPRESENTACION GRAFICA DEL CONSUMO ENERGETICO.	52
CAPITULO V: PROCESO DE DISEÑO DE UN MEDIDOR DE ENERGIA DE KW-H	60
5.0 JUSTIFICACION DE MEDICION DE ENERGIA	61
5.1 ESPECIFICACIONES DEL MEDIDOR ELECTRONICO DE ENERGIA	61
5.2 PRINCIPIO DE OPERACION	62

5.3 DISEÑO ESTRUCTURAL (DIAGRAMA EN BLOQUES)	64
5.4 EXPLICACION DEL DIAGRAMA EN BLOQUES.	65
5.5 DISEÑO DEL MEDIDOR	70
5.5.1 ETAPAS SENSORAS	70
5.5.1.1 ETAPA SENSORA DE CORRIENTE	70
5.5.1.2 ETAPA SENSORA DE TENSION	75
5.5.2 ETAPA OPERATIVA DE CALCULO	76
5.5.2.1 MULTIPLICADOR	76
5.5.2.2 INTEGRADOR CON FILTRO PASABAJOS	77
5.5.3 AMPLIFICADOR INVERSOR CON GANANCIA UNITARIA.	78
5.5.4 CONVERSION DE TENSION A FRECUENCIA.	79
5.5.5 DIVISION DE FRECUENCIA.	81
5.5.6 SECCION DE PROGRAMACION DEL TIEMPO DE MEDICION	83
5.5.7 CONTEO DE PULSOS, CONVERSION DE BCD A SIETE SEGMENTOS.	85
5.6 DESARROLLOS FUTUROS DEL MEDIDOR DE KW-H	87
5.6.1 CAPACIDAD DEL MEDIDOR	87
5.6.1.1 AMPLIACION DEL NUMERO DE FASES	87
5.6.1.2 AMPLIACION DE LOS RANGOS DE MEDIDA DE LA ETAPA SENSORA	90
5.6.1.3 AMPLIACION DE LA CAPACIDAD DE REGISTRO DE KW-H	90
5.6.1.4 MEJORAS EN LA PRECISION	90
5.7 OTRAS FUNCIONES ADICIONALES DEL MEDIDOR	91
5.7.1 SISTEMA DE EMERGENCIA PARA RETENCION DE DATOS	91
5.7.2 SECCION DE VISUALIZACION DE LA POTENCIA NOMINAL CONSUMIDA	92
5.8 SECCION DE AISLAMIENTO ELECTRICO	95
5.9 DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACION	96
5.10 PRESUPUESTO DEL MEDIDOR POR SECCIONES FUNCIONALES	100
5.11 RECOMENDACIONES Y AJUSTES REALIZADOS PARA LA IMPLEMENTACION DEL MEDIDOR	104

CAPITULO VI : ESTUDIO DE PERDIDAS EN LA RED ELECTRICA	106
6.0 DISTANCIAS A CONSIDERAR Y PUNTOS IMPORTANTES EN LA RED	106
6.1 IMPEDANCIA DE LA LINEA	108
6.2 CALCULO DE PERDIDAS DE POTENCIA EN RED PRIMARIA	114
6.3 ESTUDIO DE LAS PERDIDAS POR TRANSPORTE	114
CAPITULO VII : ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO DE AHORRO	
ENERGETICO	116
7.0 FACTIBILIDAD TECNICA	116
7.1 FACTIBILIDAD ECONOMICA	117
7.2 CONDUCTA ECONOMICA ACTUAL	117
7.3 PROYECCION DE LA CONDUCTA DEL SISTEMA SIN CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA.	118
7.4 SISTEMA CON CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA	121
7.5 MODELO ECONOMICO CON BANCO DE CAPACITORES	123
7.6 COSTO DE LA INVERSION.	127
BIBLIOGRAFIA	135
CONCLUSIONES	137
RECOMENDACIONES	139

ANEXOS

**ANEXO 1 : HOJAS DE DATOS Y ESPECIFICACIONES DEL MEDIDOR ELECTRONICO
DE ENERGIA**

ANEXO 2 : RESUMEN DEL TRABAJO DE GRADUACION

ANEXO 3 : ESPECIFICACION DE EQUIPO DE MONITOREO Y AUDITORIA DE REDES

**ANEXO 4 : ESPECIFICACIONES TECNICAS DE UNIDADES DE COMPENSACION DE
REACTIVOS Y UNIDAD AUTOMATICA DE CORRECCION DEL F.P.**

AGRADECIMIENTOS

Dedicamos el presente Trabajo de Graduación , primeramente, a **Dios Todo Poderoso**, porque sin su ayuda no hubiese sido posible este esfuerzo de tal magnitud.

A nuestros padres. Por su apoyo inmensurable en la realización de esta carrera. Y por supuesto, a **Todos nuestros seres queridos y amigos.** Quienes han desempeñado un papel muy importante en nuestras vidas como universitarios hasta el día de hoy, porque sin ningún interés particular, han entregado su aprecio, estimación, tiempo valioso, ayuda oportuna y apoyo moral cada vez que se necesitó.

CARLOS ERNESTO CASTILLO

EFRAIN ROMERO DIAZ

RICARDO BEZALEL GONZALEZ NAJERA

INTRODUCCION.

ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA RED ELECTRICA.

En la tabla #1 se presenta una recopilación detallada de los acontecimientos ocurridos a lo largo de un período de tiempo, con el objeto de detectar las zonas que son propicias a originar fallos eléctricos, ya sea por condiciones inapropiadas de las instalaciones o causas climatológicas y que en alguna medida puedan provocar interrupciones en el sistema eléctrico.

En el diagrama de la “red topológica de Ciudadela” (Ver figura 1) se observa la distribución de la red por sectores con el fin de localizar cada uno de los tramos que interesan en el estudio, los cuales se detallan en la zona siguiente:

- Zona 1 : Centro de Formación Profesional y Colegio Don Bosco.
- Zona 2 : Vivienda Salesiana.
- Zona 3 : Universidad Don Bosco.
- Zona 4 : Laboratorios del CITT.

En base a esto se puede observar que una ramificación de la línea primaria que va desde el punto de entrega hacia los talleres del CITT, presenta la mayor cantidad de situaciones irregulares en el tiempo, debido a los fallos manifestados en las cargas, por lo tanto se puede centralizar el estudio en el sector del CITT, específicamente las subestaciones que suministran energía a cargas sensibles que no pueden estar sometidas a condiciones inestables. Según la información obtenida, el estudio se centra en la denominada “zona 4”. La zona 4 comprende los laboratorios de electrónica, eléctrica, mecánica, soldadura, Centro de Cómputo y oficinas administrativas CITT.

Además pertenecen a esta zona dos subestaciones que suministran energía de la siguiente forma

- Subestación #1 : Laboratorios de Electricidad-Electrónica y edificio de administración CITT.
- Subestación #2 : Laboratorios de Mecánica, oficinas de Tecnológico. Centro de Cómputo.

TABLA 1. LISTADO DE FALLAS, AVERÍAS, Y CONDICIONES DE OPERACION ANOMALAS EN RED ELECTRICA DE CIUDADELA DON BOSCO				
AÑO 1996	SINTOMA	CAUSAS POSIBLES	CONDICIONES AMBIENTALES	ZONA AFECTADA
ENERO				
	Fallo generalizado en Ciudadela Don Bosco, pérdida del suministro eléctrico en red primaria. Falta de energía eléctrica en regiones cercanas del Plan del Pino y Soyapango.	Fallo en red de distribución de CAESS. Aumento abrupto de la carga en línea de CAESS de Agua Caliente. Hubo una falla del sistema CAESS por apertura de fusibles, posiblemente debidos a que ramas crecidas de los árboles reducen la trayectoria a tierra.	Mucho viento, clima seco, temperaturas altas al mediodía.	Ciudadela en general, talleres del CIIT
FEBRERO				
	Pérdidas del suministro eléctrico de la red primaria, algunos circuitos secundarios, tenían energía, por lo que la falla no fue generalizada, pero interfirió con el desarrollo normal de las actividades. No hubo energía por un lapso de 8 horas hábiles. se dañaron dos estabilizadores de tensión.	Falla de cortocircuito a tierra, en línea primaria. Ramas de árboles cercanas a los conductores de alta tensión, se dió una gran demanda de potencia reactiva, dado que hubo cargo por factor de potencia. Hubo un deterioro de un estabilizador, debido a continuas conmutaciones en los contactos de regulación por rele.	Clima seco, mucho viento, temperaturas altas por el mediodía. Ramas de árboles muy crecidas, cercanas a las líneas de alta tensión.	Línea de conexión de acometida primaria (Punto de entrega) línea UDB-CIIT
MARZO				
	Pérdida de energía eléctrica proveniente del sistema de suministro a Ciudadela Don Bosco. Disparo de un fusible de una de las líneas (fase central a 300 mts del punto de entrega)	Apagón prolongado en Ciudadela, causa desconocida. Se presume que fue producido por fallos internos a la 1 pm y otro a las 6 pm que dependen de las horas de consumo pico en la Ciudadela. Hubo condiciones de fallo a tierra provocadas por ramas cercanas.	Clima húmedo, lluvias aisladas por la noche. Cielo nublado	Línea de conexión de línea primaria (punto de entrega)
ABRIL				
	El arranque es muy lento de algunas lámparas de vapor de mercurio, se disparan algunos térmicos en el panel de carga en la subestación del cit. en forma esporádica. Además se quemó una lámpara de vapor de mercurio (alumbrado público), dentro de Ciudadela	Algunas lámparas fluorescentes en los talleres están en mal estado y se apagan aleatoriamente. Hay bastante lodo y humedad en los ductos de alumbrado y acometida secundaria en subestación CITT, lo que puede originar fallas a tierra o falsos contactos.	clima cálido, lluvias esporádicas	Laboratorios CITT

MAYO				
	<p>Se produjeron disparos de las protecciones contra cortocircuitos en las líneas primarias en Ciudadela específicamente en el punto de entrega y en el de medición y en la bifurcación de las líneas Cit-Udb.</p> <p>No hubo energía eléctrica produciendo interrupción total de actividades por un día</p>	<p>Se produjo fallos en una cadena de aisladores de remate que produjo un deterioro del BIL. y se presentó una falla de línea a tierra. además ese aislador fue adquirido seguramente del proveedor sin que se percibiera a simple vista</p>	<p>Tiempo seco, mucho viento, ambiente cálido.</p>	<p>Línea primaria UDB-CITT</p>
JUNIO				
	<p>Termina laboratorios y comienza interciclo</p> <p>Fallas no registradas. La demanda de energía es poca en referencia al ciclo normal.</p> <p>Se disparan las protecciones térmicas en el centro de cómputo.</p> <p>Se instaló un UPS de 12 KVA para circuito de servidores en centro de cómputo Cit.</p>	<p>Se cambiaron algunos térmicos en el centro de cómputo, entre ellos el sistema de aire acondicionado y computadoras que aumentó su carga porque se realizaron nuevas instalaciones y redistribución de las mesas para ampliación de las instalaciones.</p>	<p>Lluvias aisladas.</p> <p>Tormentas eléctricas aisladas. Sin lluvias.</p> <p>Clima muy cálido por el día y noche.</p>	<p>CENTRO DE COMPUTO CITT</p>
JULIO				
	<p>Termina interciclo. La demanda es pequeña</p> <p>Se presentó un inconveniente en las horas de laboratorio, el voltaje de alimentación de las fuentes de potencia en taller de Electricidad, es tal que no se activaban los relevadores de tensión y presentaban zumbido excesivo.</p>	<p>Operaciones de bajo voltaje por fallo a tierra producida por agua introducida en ductería a través de los pozos de inspección.</p>	<p>Cielo muy nublado.</p> <p>Lluvias más frecuentes</p>	<p>TALLER DE ELECTRICIDAD CITT</p>
AGOSTO				
	<p>Apagón general en Soyapango. Muchas colonias adyacentes al Plan del Pino se quedaron sin energía desde horas de la tarde (6 PM), hasta la mañana del siguiente día.</p> <p>Se disparó las protecciones del UPS, los rangos de voltaje de operación para modo normal (on time)</p> <p>es demasiado bajo, lo que hacía que no encendiera.</p>	<p>Fallo desconocido en red de CAESS.</p> <p>Se sobrepasó la capacidad del térmico de un circuito.</p> <p>adyacente, por lo cual se ajustó la unidad</p> <p>por parte de la compañía distribuidora para aumentar más el rango de activación de las baterías y evitar disparos frecuentes.</p>	<p>Lluvias frecuentes por la noche.</p> <p>Por el día cielo muy nublado</p> <p>Por la mañana ambiente muy húmedo.</p>	<p>Red Agua-Caliente.</p> <p>Centro de cómputo CITT</p>

SEPTIEMBRE				
	Se producen niveles de voltaje bajos en el taller Mecánica-Computo, se cambió la posición del tap	El voltaje muy bajo provenía de un valor de tap diferente a las condiciones nominales, pero no fue reportado los datos de placa de los transformadores. El problema Persistió hasta la actualidad.	Lluvia abundante, a veces prolongada a una semana Ambiente húmedo.	SUBESTACION MECANICA-COMPUTO
OCTUBRE				
	Equipo de laboratorio operando con niveles de voltaje altos, fuentes de cc. que no dan al transformador de acople para fuentes Lucas Nulle entregando voltaje elevado, el cual fue detectado por disparo de protecciones de sobrevoltaje en las fuentes a la hora del laboratorio.	Falla de voltaje a tierra en el taller de electricidad	Tormentas eléctricas Precipitaciones frecuentes. Bastante viento. Clima cálido por el día, frío por la noche	TALLER DE ELECTRICIDAD CITT
NOVIEMBRE				
	Disparo de Fusible de una de las líneas primarias en la red de la Ciudadela Don bosco El fusible disparado (25K) pertenece a la línea primaria que va hacia UDB-CITT. Se paso dos semanas con un servicio irregular de energía dentro de ciudadela.	Falla debido a falsos contactos, insectos carcomen los conductores, y destrullen el forro. algunos lugares son propicios ante la humedad, intemperie, y hacen que el forro pierda su nivel de aislamiento adecuado.	Bajas temperaturas por la noche Chubascos por el día. Bastante viento.	TODA CIUADELA
DICIEMBRE				
	No presentó carga considerable, pero se produjo inestabilidad en los circuitos de alumbrado por la noche. muchas de las lámparas de vapor de mercurio se apagaban aleatoriamente en forma no simultanea.	Muchos de los pozos estan con un nivel considerable de agua y no tienen un buen sistema de drenaje El agua viaja de pozo en pozo a traves de las ducterías	Bastante viento. Clima frío Tormentas eléctricas por la noche	TALLER DE ELECTRICIDAD CITT

AÑO 1997	SINTOMA	CAUSAS POSIBLES	CONDICIONES AMBIENTALES	ZONA AFECTADA
ENERO				
	Fallo generalizado en Ciudadela Dor Bosco Pérdida del servicio en red primaria Falta de energía en regiones periféricas en colonias cercanas del Plan del Pino y soyapango. No hay energía eléctrica en toda CDB, por un lapso de un día.	Arboles cercanos a líneas primarias.	Clima seco	TODA LA ZONA DEL PLAN DEL PINO
FEBRERO				
	Operación fuera de las condiciones nominales de las cargas en Taller de Mecánica-Computo. <small>meccanica-computo, algunas computadoras se inicializaban dando errores de aplicacion</small> Niveles de tensión abajo de las condiciones de placa (mecánica VLL= 190 V), (Computo VLL= 190 V) manifestada en medición directa en taller de soldadura. Soldadores operando a bajo rendimiento	Subestación con niveles de voltaje inadecuados.	Clima seco	CENTRO DE COMPUTO CITT TALLER DE SOLDADURA CITT
MARZO				
	Existen bastantes lámparas fluorescentes en diversos edificios que no encienden o se encuentran sombreadas de los extremos. se apagan aleatoriamente despues de cierto tiempo de haber entrado en operacion. Se quemó un modem en el centro de corriputo	Fallas electromagnéticas.	Clima húmedo. Lluvias aisladas.	TALLERES DEL CITT
ABRIL				
	No encienden algunas lámparas de vapor de mercurio. Se disparan algunos térmicos en panel de protecciones en subestación Algunas de los conductores de circuitos de alumbrado estan siendo carcomidos por insectos.		Clima cálido.	TALLERES DEL CITT

MAYO				
	Fue reportada varias veces la inundación de pozos de registro y conexión en diversos puntos, por parte de personal de vigilancia del CITT.	Se estima un sistema de drenaje inefectivo. Se presume un sistema de drenaje inefectivo, insectos han hecho nido y destruyen paulatinamente los forros origen a cortocircuitos o falla a tierra por variación en el aislamiento.	Clima húmedo, lluvioso, electrostático.	4 POZOS DE INSPECCION DE TALLERES DE ELECTRICIDAD TALLER DE MECANICA-COMPUTO
JUNIO				
	Termina laboratorios y comienza Interciclo Se estableció un control de mediciones en CITT y se determinó corrientes elevadas por el neutro en Subestación MECÁNICA-COMPUTO.	Subestación con niveles de tensión inadecuados.	Ambiente húmedo. Lluvias abundantes. Tormentas eléctricas esporádicas	
JULIO				
	Termina interciclo. La demanda es pequeña Se presentó inconveniente en algunos intervalos de tiempo, el voltaje de alimentación de las fuentes de potencia en taller de Electricidad, es tal que no se activaban los relevadores de tensión y presentaban zumbido excesivo.		Ambiente húmedo. Lluvias abundantes, se	Laboratorios del CITT.

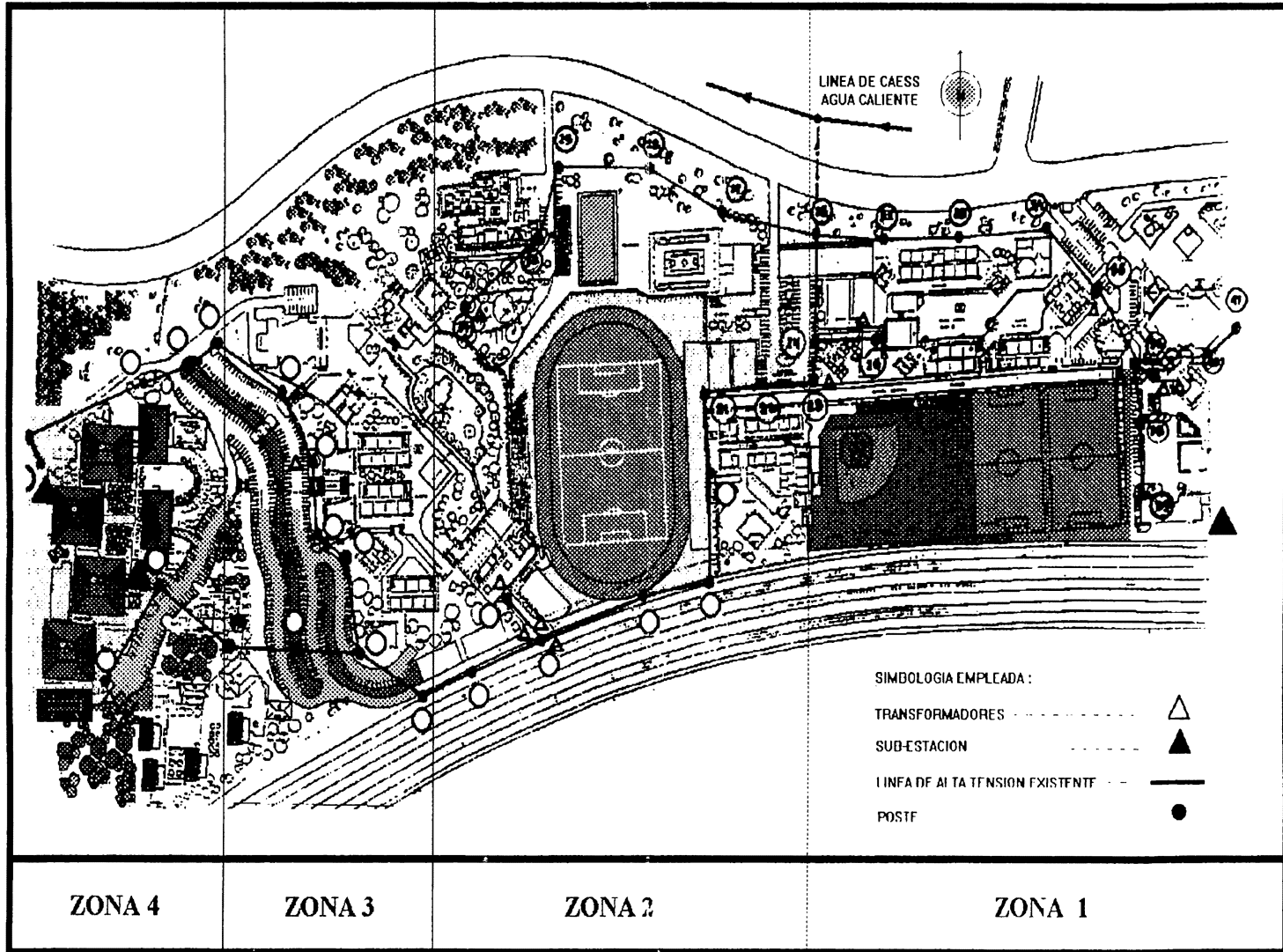


FIGURA 1 : RED TOPOLOGICA DE CIUDADELA.

CAPITULO I

MARCO TEORICO.

En primer lugar conviene destacar la necesidad de calidad de suministro eléctrico en el CITT, especialmente la parte correspondiente al Centro de Cómputo. Dicha alimentación de energía se obtiene de una subestación que se estudia para efectos de garantizar un funcionamiento óptimo de las cargas conectadas a ella.

1.0 FUNDAMENTOS DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS.

1.1 DEFINICION DE SUBESTACION.

Una subestación eléctrica se conforma por dispositivos y equipos, que tiene una función principal de transformar las características de la energía eléctrica (voltaje, corriente); según las necesidades de transmisión , distribución y consumo.

1.2 CLASIFICACIÓN DE SUBESTACIONES.

a) Por el número de fases.

- Monofásicas.
- Trifásicas en bancos de tres transformadores o con transformadores trifásicos.

b) Por la función que realizan.

- Subestaciones elevadoras : Se utilizan para transformar la energía de un nivel de generación (13.8 KV.) a un nivel de transmisión (230, 115 y 69 KV.).
- Subestaciones reductoras : Son las encargadas de transformar un nivel de transmisión a un nivel de distribución (46, 23, 13.2, 7.6 y 4.16 KV.).

- Subestaciones de servicio : Son las que convierten los niveles de distribución a un nivel de tensión utilizado en centros de consumo (480, 240, 208 y 120 V).

c) Por el tipo de construcción.

- Para intemperie.
- Para interiores.
- Subterráneas.

1.3 TENSIONES DE OPERACION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION.

De acuerdo a las convenciones Estadounidenses, los niveles de tensión están normalizados; en nuestro país se pretende seguir dichas normas para facilidad de adaptar e interconectar múltiples sistemas de distribución por lo que se hace necesario que los transformadores existentes en el mercado cumplan con las características nominales de tensión exigidas por las compañías distribuidoras de energía.

CAESS es la compañía encargada de el suministro de energía a Ciudadela Don Bosco, mediante la subestación de Agua Caliente ubicada sobre la Carretera Panamericana. Dicha subestación suministra un voltaje primario de 23 Kilovoltios de línea a línea en un circuito trifásico de tres hilos.

1.4 EQUIPO Y DISPOSITIVOS FUNDAMENTALES DE UNA SUBESTACION .

Los equipos y dispositivos son los siguientes :

- Transformadores.
- Cortacircuitos con fusible.
- Pararrayos.
- Red de tierra.

1.4.1 CORTACIRCUITOS.

Definición.

Un cortacircuitos está formado por un portafusibles, un fusible y un aislador.

El cortacircuitos es un elemento de conexión y desconexión de circuitos eléctricos que tienen dos funciones:

- a) Conectar y desconectar los circuitos eléctricos.
- b) Como elemento de protección.

El cortacircuitos consta de un aislador soporte de porcelana, con una abrazadera metálica para la sujeción. En sus extremos, llevan dos piezas metálicas la cual en la parte superior tiene el borne de conexión y un resorte que sujeta el cartucho en la posición de cerrado.

El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible, que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión.

Criterios para la selección del cortacircuito:

- a) Corriente nominal : Es la corriente de operación normal del cortacircuito.
- b) Capacidad interruptiva : Es la corriente máxima de cortocircuito que el dispositivo es capaz de soportar sin dañarse.
- c) Voltaje máximo: Se refiere al voltaje de operación; se determina por el tipo de sistema (aterrizado o aislado) y también, por el número de fases.

En los sistemas aislados el voltaje máximo es el de línea a línea.

En sistemas aterrizados el voltaje máximo se determina por el número de fases y se hace de la manera siguiente:

- Para una sola fase . el voltaje máximo es el de línea a tierra.
- En sistemas con más de una fase. el voltaje máximo es el de línea a línea.

- d) El BIL del sistema: El cortacircuito debe poseer un nivel de impulso mayor o igual al del sistema en el cual será usado.

1.4.2 FUSIBLE.

Parámetros eléctricos:

a) Capacidad de interrupción: Es la corriente que el fusible es capaz de interrumpir.

b) Corriente nominal: Es la corriente a través del fusible que es capaz de conducir sin que éste entra en operación.

c) Relación de velocidad: La relación de rapidez de operación del fusible, que son proporcionadas por el fabricante. Existen dos características de corriente contra tiempo:

Tiempo mínimo de fundido (MMT, minimum melting time): Es el tiempo en el cual se fundirá el fusible para una corriente dada.

Tiempo máximo de limpieza (MCT, maximum clearing time) : Se refiere al tiempo máximo de limpieza de la falla.

d) Dependiendo de la relación de velocidad se definen dos tipos de fusibles:

Fusible tipo K o rápido: Se utiliza para proteger equipos que no deben soportar sobrecorrientes, tales como generadores, bancos de capacitores, equipo de medición, etc.

Fusible tipo T o lento: Se utiliza para proteger equipo capaz de soportar sobrecorrientes momentáneas, como por ejemplo motores, transformadores, etc.

De los dos tipos anteriores se derivan el tipo N que es de media velocidad, los tipos S y H de baja velocidad.

1.4.3 PARARRAYOS

Definición

Son los dispositivos que ofrecen protección a la subestación contra sobrevoltajes de origen atmosférico, por maniobras o por otras causas, que de otro modo descargarían sobre los aisladores perforándolos, provocando interrupciones en el sistema eléctrico y causando desperfectos en transformadores y otros equipos.

Básicamente la función del pararrayos es la de proveer una trayectoria de baja impedancia a tierra, cuando existe un sobrevoltaje en la línea; después de que desaparece el sobrevoltaje incrementa la

impedancia a tierra, reconectando otra vez las líneas y permaneciendo así en condiciones normales de operación.

Consideraciones para seleccionar el pararrayos:

- a) Voltaje nominal del sistema en que va a operar y el BIL respectivo del sistema de distribución.
- b) En líneas de distribución que terminan en acometidas subterráneas, se recomiendan un par de juegos de pararrayos a la entrada de éstas y otro a la salida.

A continuación en la tabla 2 se presenta el criterio para seleccionar el pararrayos de acuerdo a la tensión eléctrica.

TABLA No.2 : PARARRAYOS RECOMENDADOS PARA LINEAS DE DISTRIBUCION A TRES HILOS.

<i>TENSION ELECTRICA DEL SISTEMA</i>	<i>VOLTAJE NOMINAL DE PARARRAYOS (KV)</i>	
	<i>SISTEMAS ATERRIZADOS</i>	<i>SISTEMAS AISLADOS</i>
<i>(KV.)</i>		
2.4	-	3
4.16	6	6
13.8	12	15
23	21	27
34.5	30	37

1.4.4 TRANSFORMADORES.

1.4.4.1 DEFINICION.

Es una máquina estática que se basa en el principio de inducción electromagnética para transferir energía de un sistema a otro modificando los niveles de tensión y corriente a la salida mediante la relación de transformación.

1.4.4.2 CLASIFICACION.

Los transformadores se clasifican de acuerdo a los siguientes criterios :

- a) Según el tipo de enfriamiento.
- b) Según el arrollamiento.
- c) Según el número de fases.
- d) Según el tipo de servicio.

- a) Tipo de enfriamiento.

La tabla 3 muestra la clasificación de los transformadores de acuerdo al sistema de enfriamiento :

TABLA 3 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO PARA TRANSFORMADORES

CLASE	METODO DE ENFRIAMIENTO
0A	Sumergido en aceite, enfriado por aire.
0A/FA	Sumergido en aceite, enfriado con aire natural, con ventilación forzada.
0A/FA/FA	Inmerso en aceite, enfriado con aire natural, con doble ventilación forzada.
0A/FA/FOA	Inmerso en aceite, enfriado con aire natural, enfriado forzadamente con líquido y aire.
F0A	Sumergido en aceite, enfriado con aceite y aire forzado simultáneamente.
0W	Inmerso en líquido, forzado con agua.
0W/A	Inmerso en aceite, enfriado por agua y enfriado por aire natural.
AA	Tipo seco, enfriado naturalmente.
AFA	Tipo seco, enfriado con ventilación forzada de aire
AA/FA	Tipo seco, enfriado con ventilación forzada de aire y con ventilación natural
ANV	Tipo seco, no ventilado y autoenfriado.
GA	Tipo seco, sellado y autoenfriado

En la figura 2 se presentan diferentes ilustraciones que muestra los tipos de enfriamiento.

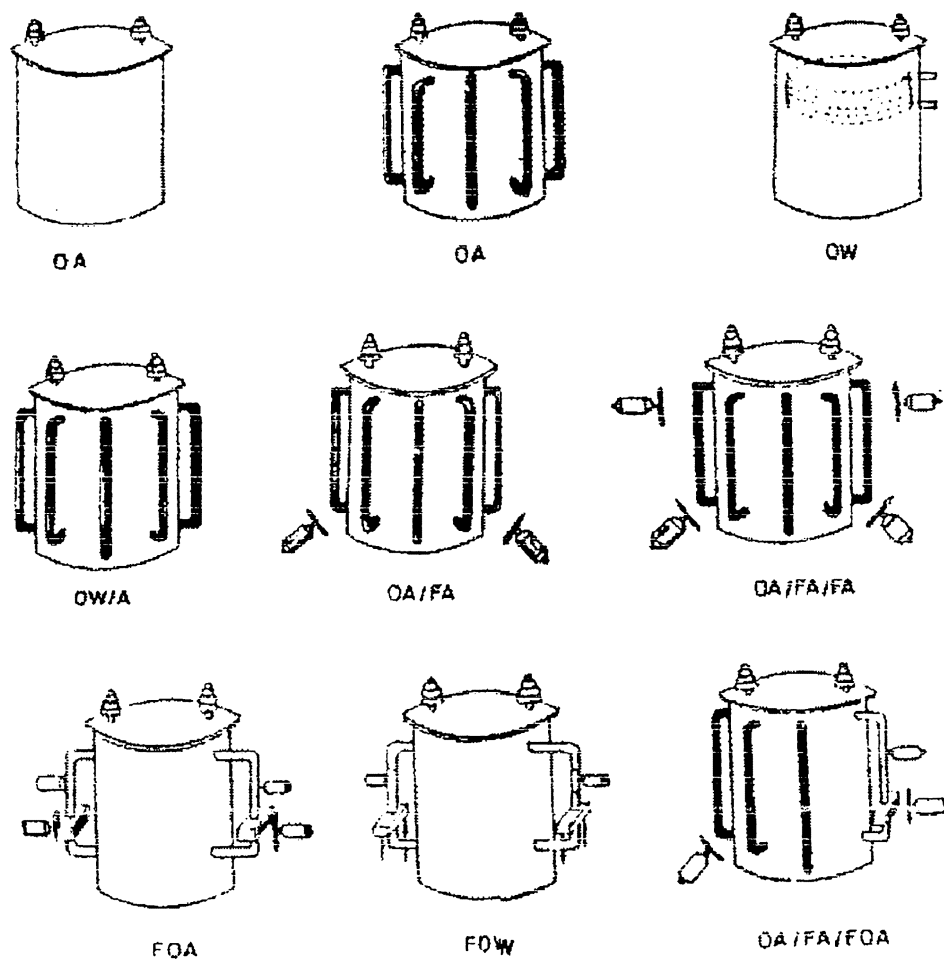


FIGURA 2

b) Según el arrollamiento.

Los transformadores pueden ser:

- De arrollamientos separados.
- Autotransformadores.

c) Según el número de fases se clasifican en

- Monofásicos
- Polifásicos.

La potencia en un transformador está ligada al tipo de red, dado que define la capacidad que puede suministrar el transformador en forma unitaria o en conjunto con otros transformadores.

La tabla 4 presenta una lista de normas americanas en cuanto a capacidades en KVA de los transformadores.

TABLA No.4 : CAPACIDAD DE LOS TRANSFORMADORES SEGUN NORMAS AMERICANAS

CAPACIDAD DE LOS TRANSFORMADORES EN KVA			
TRANSFORMADOR MONOFASICO		TRANSFORMADOR TRIFASICO	
3	250	9	750
5	333	15	1000
10	500	30	1500
15	833	45	2000
37.5	1250	112.5	2500
50	1667	150	3750
75	2500	225	5000
100	3333	300	7500
167	5000	500	10000

d) Según el tipo de servicio :

- De gran potencia.
- De distribución.

1.4.4.3 ESPECIFICACIONES.

Al especificar un transformador para una aplicación particular, se deben tener en cuenta las siguientes características :

- Capacidad en Kilovoltios-amperios o megavoltamperios.
- Especificaciones de voltaje.
- Incremento de temperatura.
- Monofásicos o trifásicos.
- Nivel de aislamiento básico de impulso (BIL).

- Frecuencia.
- Derivaciones de voltaje.
- Capacidad en KVA o MVA : En la tabla 2 se ha presentado una lista de transformadores con diferentes capacidades de acuerdo a las normas americanas.
- Especificaciones de voltaje : Los rangos de voltaje en el lado de alta y en el lado de baja, son valores nominales de operación. Los rangos de voltaje incluyen un indicador de parámetros eléctricos tales como líneas (-), barras (/), una cruz (x), o una (Y) para indicar como están relacionados los voltajes nominales en el lado de alta y de baja tensión. La línea (-) indica que los voltajes son de diferentes devanados.

La barra (/) indica que los voltajes son del mismo devanado. La cruz (x) indica que los voltajes pueden ser obtenidos mediante un par de devanados ya sea en serie o en paralelo. La (Y) indica voltajes para conexiones en estrella.

- Incremento de temperatura Es el máximo incremento de temperatura permisible del transformador basado en una temperatura ambiente de 30 grados centígrados.
- BIL : El nivel básico de aislamiento al impulso de un transformador indica que fue probado usando un voltaje de impulso que incrementó su valor pico en 1.2 microsegundos, y entonces decae al 50 % del voltaje pico después de 50 microsegundos de lapso. La prueba de impulso simula una descarga eléctrica inducida en una línea de transmisión por un relámpago eléctrico o rayo.

El BIL es una medida de la tensión de voltaje transiente de gran magnitud y corta duración que el aislamiento entre devanados puede soportar sin dañarse. La prueba se realiza a el prototipo del transformador

La tabla 5 presenta los niveles de BIL para las clases de voltajes nominales.

TABLA No.5 : RELACIONES DE VOLTAJE NOMINAL CON LOS NIVELES MAXIMOS DE AISLAMIENTO (BIL), PARA SISTEMAS HASTA 34.5 KV EN TRANSFORMADORES SUMERGIDOS EN LIQUIDO.

APLICACIONES	VOLTAJE NOMINAL DEL SISTEMA (KV. RMS)	NIVELES DE AISLAMIENTO BASICO AL IMPULSO		
		BIL DE USO COMUN CRESTA DE VOLTAJE (KV)		
DISTRIBUCION	1.2	30		
	2.5	45		
	5	60		
	8.7	75		
	15	95		
	25	150	125	
	34.5	200	150	125
POTENCIA	1.2	45	30	
	2.5	60	45	
	5	75	60	
	8.5	95	75	
	15	110	95	
	25	150		
	34.5	200		

- **Derivaciones de voltaje.**

Las derivaciones de voltaje son usualmente necesarias para compensar los niveles de tensión secundarios del transformador, con el objeto de satisfacer los niveles de alimentación de las cargas, variando la razón de vueltas del lado primario. El arreglo de derivaciones más comunes es el de ajuste manual de tipo sin carga, que consiste de cuatro posiciones de más o menos del 2 1/2 % de variaciones con respecto al tap nominal (tap 3). Estas posiciones de tap son usualmente numeradas desde la 1 a la 5, ó desde A hasta E. La posición número 1 provee el mayor valor de vueltas efectivas

Basado en un voltaje específico de entrada, la selección de una derivación más alta da como resultado que la relación de espiras sea inferior y por tanto el nivel de tensión es menor.

1.4.4.4 CONEXIONES.

Las conexiones más comunes utilizadas para interconexión de transformadores monofásicos como bancos trifásicos son variadas, siendo las siguientes :

- a) Conexión estrella-estrella no aterrizada.
- b) Conexión estrella-estrella aterrizada.
- c) Delta-estrella en conexión angular.
- d) Conexión Delta-Delta.
- e) Conexión estrella-delta.

- a) Conexión estrella-estrella no aterrizada.

Desventajas :

- Existen problemas con voltajes de tercera armónica.
- Existe un inconveniente si la carga en el secundario está desequilibrada, lo cual produce serios desbalances en los tres voltajes de fase del banco de transformadores.
- Por el tipo de conexión, la componente de tercer armónica de la corriente de excitación necesaria para producir una onda de flujo senoidal es suprimida, lo cual genera un flujo de tercer armónica e induce un voltaje de neutro de alrededor del 50% del voltaje nominal.

- b) Conexión estrella-estrella aterrizada.

Ventajas :

- Permite servir carga monofásica en forma independiente con cada fase, con lo cual se obtiene una carga trifásica totalmente balanceada.

Desventaja :

- Puede introducir interferencia telefónica sólo si la fuente que alimenta la subestación está aterrizada.

- c) Conexión Delta-Estrella aterrizada.

Ventajas :

- Elimina los problemas de terceras armónicas.

- Se utiliza para servir carga trifásica y monofásica entre cualquiera de las tres fases y neutro, o entre fases.
- Permite distribuir la carga monofásica entre las tres fases y tener una carga totalmente equilibrada.

Los KVA del banco es tres veces la capacidad del transformador de menor potencia aparente.

Desventaja :

- Si uno de los transformadores se avería, la subestación queda fuera de servicio.

d) Conexión Delta-Delta.

Ventajas :

- No presenta problemas con cargas desbalanceadas o armónicas.
- Si uno de los transformadores que forma esta conexión se avería, la potencia se sigue suministrando por los dos transformadores restantes, lo cual se convierte en una conexión delta- abierta que permite la continuidad del servicio.
- Al aterrizar un terminal secundario , puede alimentar carga monofásica.

Desventaja :

- Existe el peligro que al conectar cargas monofásicas se cometa el error de conectar la carga entre el devanado aterrizado y otro punto de la delta.

e) Conexión Estrella - Delta.

Ventaja :

- No tiene problemas con componentes de tercer armónica en sus voltajes. de aquí que éstas son consumidas en corrientes circulantes en el lado de Delta.
- Esta conexión es más estable con respecto a cargas desbalanceadas.
Si un transformador de ésta conexión se avería, las otras dos unidades mantienen el servicio ininterrumpido. Puede servir cargas monofásicas en ambas conexiones.

Desventaja :

- El Secundario sufre un desplazamiento de 30 grados con respecto al voltaje primario, lo cual puede producir dificultades al momento de conectar los secundarios de otro banco de transformadores en paralelo con distinto desplazamiento angular.

CAPITULO II

RECONOCIMIENTO DE LA RED ELECTRICA DEL CITT E INSPECCION DE LINEA PRIMARIA.

2.0 SUBESTACION CITT.

Debido a que interesa la calidad del servicio energético en el Centro de Cómputo, es necesario realizar un análisis de la subestación que lo alimenta; en este caso corresponde a la subestación denominada “ Mecánica-Centro de Cómputo”; ésta se encuentra ubicada en la zona 4.

La subestación se encuentra en una configuración estrella - estrella aterrizada.

El diagrama de conexión de dicha subestación se muestra en la figura 1 :

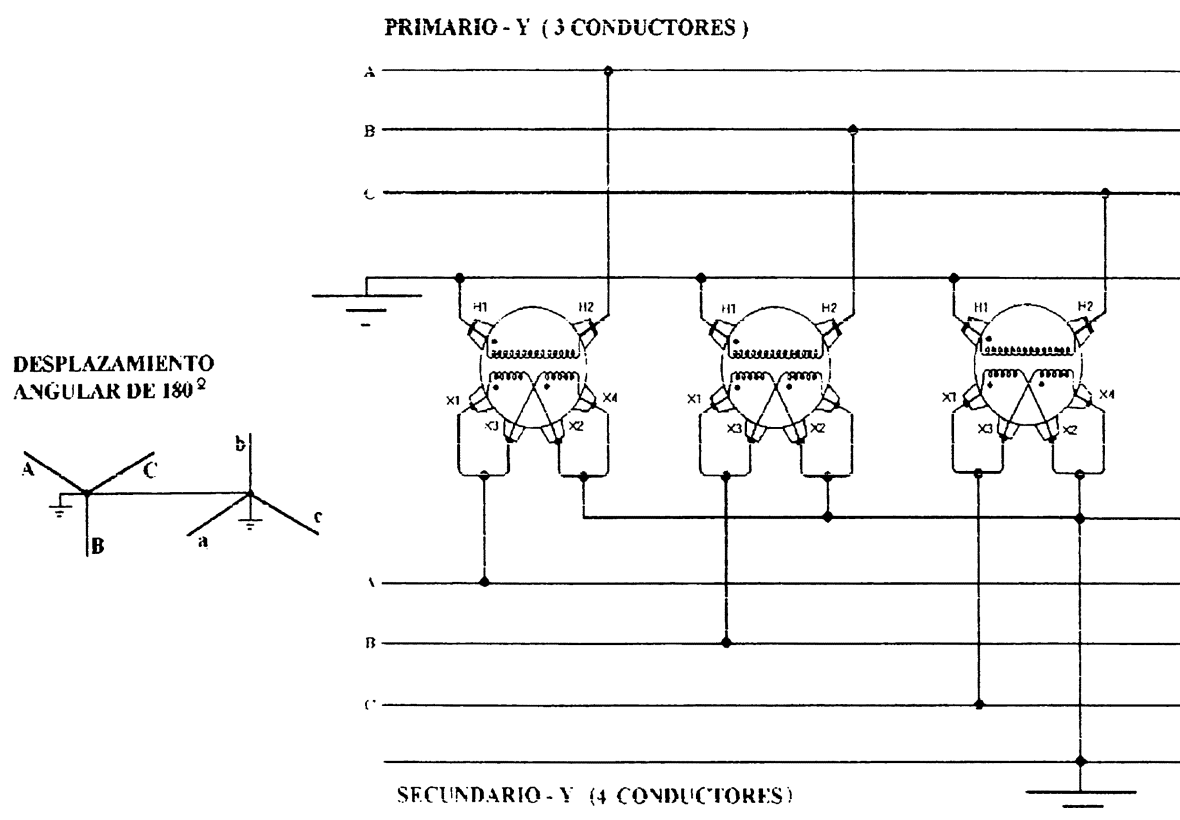


FIGURA 1

Sin embargo ésta subestación tiene la particularidad de que la alimentación primaria se da a través del terminal de alta tensión H_2 de cada uno de los transformadores, en lugar del terminal convencional H_1 . Esto produce un desplazamiento angular de 180 grados del nivel de tensión secundario con respecto al primario.

2.1 ELEMENTOS QUE CONFORMAN LAS SUBESTACIONES DEL CITT.

2.1.1 TRANSFORMADORES.

Esta subestación está formada por tres transformadores, que poseen los siguientes datos de placa :

- Marca : ABB (ASEA BROWN BOVERY).
- Número de fases : Una.
- Capacidad : 167 KVA.
- Serie : 92A021851.
- Frecuencia : 60 Hz.
- El transformador es del tipo OA.
- Polaridad : Substractiva.
- 2.2 % de impedancia a 85 grados centígrados.
- Volumen de aceite : 71.5 Galones.
- Niveles de tensión en el lado de alta : 14400/24940 Y
- Niveles de tensión en el lado de baja : 120/240
- BIL en el lado de alta : 125 KV.
- BIL en el lado de baja : 30 KV.

Las derivaciones de los transformadores son las siguientes :

1/A 15120 VOLTIOS.

2/B 14460 VOLTIOS.

3/C 14400 VOLTIOS.

4/D 14040 VOLTIOS.

5/E 13680 VOLTIOS.

Los transformadores se encuentran en la derivación 5/E, con lo cual se tiene una relación de transformación de :

$$a = N1/N2 = V1/V2 = 13680/120 = 114$$

Es de notar que los transformadores no poseen una derivación para el voltaje nominal (13,200 voltios) el cual sirve la compañía distribuidora de energía (CAESS).

El diagrama de la configuración de las bobinas, según el dato de placa se presenta en la figura 2 :

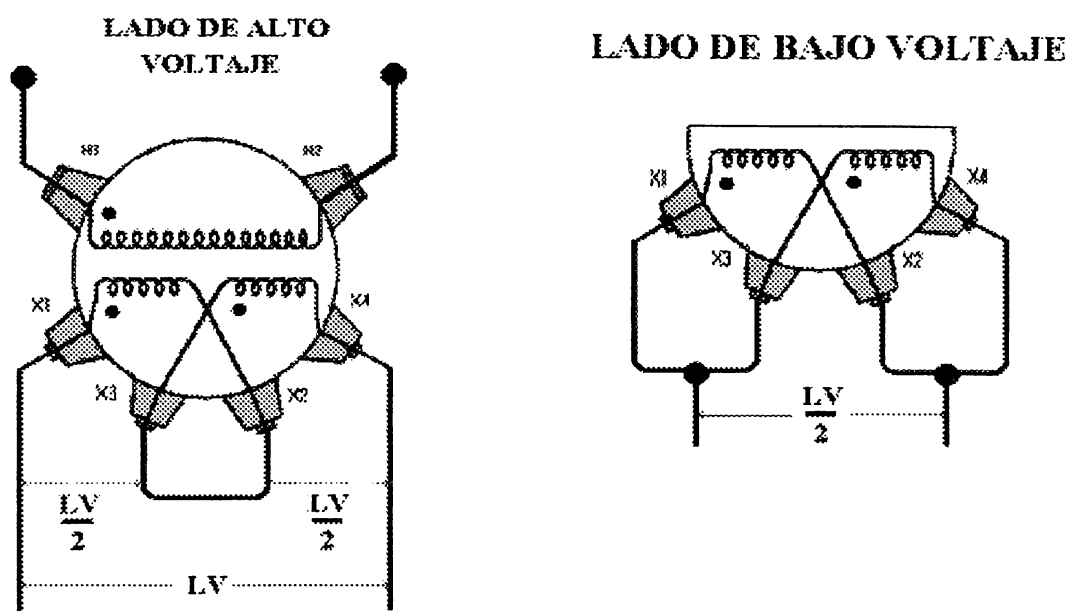


FIGURA 2

En el esquema de la izquierda, se presenta el arreglo de bobinas en serie, según el dato de placa. Mientras que el esquema de la derecha presenta la conexión de las bobinas en paralelo, utilizada la subestación de Mecánica-Cómputo en Ciudadela

2.1.2 CORTACIRCUITOS.

Los cortacircuitos que posee dicha subestación tienen las características eléctricas siguientes (VER TABLA 1).

TABLA No. 1 : TABLA DE ESPECIFICACIONES DE CORTACIRCUITOS

MAXIMO VOLTAJE DE DISEÑO	VOLTAJE NOMINAL DEL SISTEMA	CORRIENTE CONTINUA (A)	CAPACIDAD DE INTERRUPCION	BIL (KV)	DISTANCIA DE FUGA A TIERRA	PESO
15/27 KV	20.8 - 24.90 KV *	100	8000	125	11"	20 lbs
15/27 KV		100	12000	125	11"	20lbs

2.1.3 FUSIBLE.

El valor del fusible para cada uno de los transformadores es de 10 Amperios, tipo K.

2.1.4 PARARRAYOS.

El pararrayos de la subestación posee un voltaje de operación de 21 KV.

2.1.5 POZO DE REGISTRO.

En la subestación se observa que el registro terminal contiene ductos que transportan los conductores hacia los laboratorios; por ellos se introduce agua cuando existen tormentas copiosas y que ocasionan que el pozo se llene de agua.

2.2 MEDICIONES REALIZADAS EN LA SUBESTACION.

En primer lugar se ha realizado un monitoreo de parámetros eléctricos ,tales como

- Voltajes de línea a línea : V_{AB}, V_{AC}, V_{BC}
- Voltajes de fase : V_{AN}, V_{BN}, V_{CN}
- Corrientes de Fase y neutro : I_A, I_B, I_C, I_N

Los valores de voltaje tanto de línea a línea como de línea a neutro en condición de vacío (sin carga) se muestran a continuación :

$V_{AN} = 116$ Voltios.

$V_{BN} = 115$ Voltios.

$V_{CB} = 116$ Voltios.

$V_{AB} = 200.5$ Voltios

$V_{BC} = 201$ Voltios

$V_{AC} = 201$ Voltios

Estas mediciones fueron realizadas con un medidor de voltaje digital, tomadas directamente de los bornes de los transformadores.

Los valores de los parámetros eléctricos fueron tomados en el mes de Junio. En la tabla 2 se presenta los valores de voltajes y corrientes promedios obtenidos en las subestaciones del CITT.

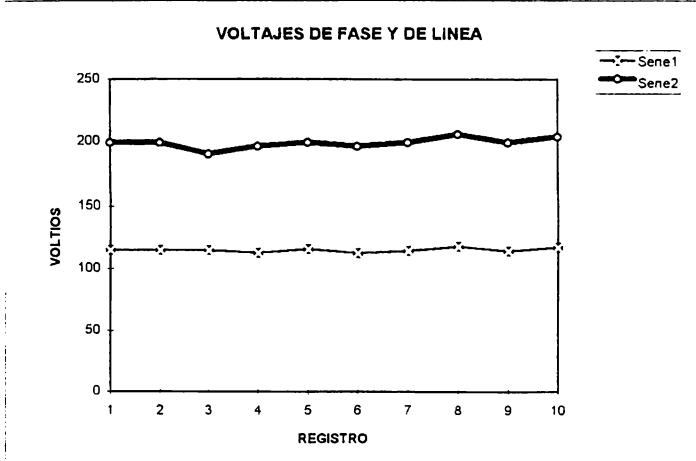
TABLA 2 : CONTROL DE MEDICIONES

SUBESTACION:		MECANICA-COMPUTO									
Nº REGISTRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
VOLTAJES DE FASE A NEUTRO											
VAN	115	115	115	113	116	113	115	119	115	118	
VBN	116	115	115	114	115	114	116	119	116	119	
VCN	115	115	110	113	115	113	115	119	115	118	
VOLTAJES DE LINEA A LINEA											
VAB	199	199	190	196	199	196	199	206	199	204	
VBC	200	199.5	190	197	200	197	200	208	200	202	
VAC	199	199	189.7	196	199	196	200	207	199	203	

En la siguientes gráficas se muestra la variación de tensión tanto de fase como de línea en el lado secundario para las subestaciones de mecánica - cómputo y eléctrica - electrónica.

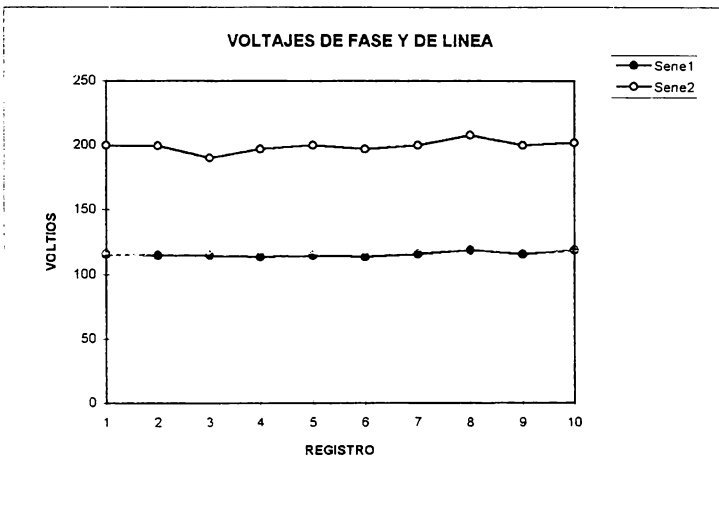
SUBESTACION MECANICA-COMPUTO

VAN	VAB
115	199
115	199
115	190
113	196
116	199
113	196
115	199
119	206
115	199
118	204



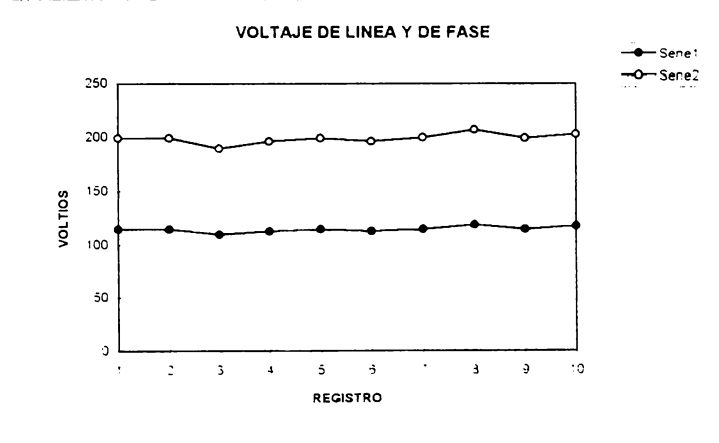
SUBESTACION MECANICA-COMPUTO

VBN	VBC
116	200
115	199.5
115	190
114	197
115	200
114	197
116	200
119	208
116	200
119	202



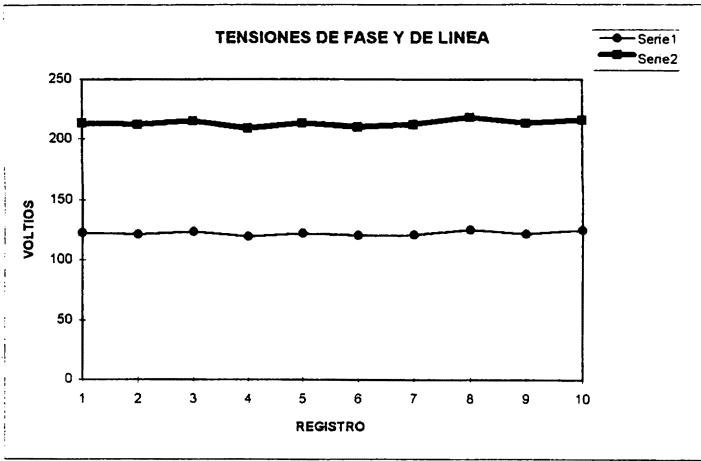
SUBESTACION MECANICA-COMPUTO

VCN	VAC
115	199
115	199
110	189.7
113	196
115	199
113	196
115	200
119	207
115	199
118	203



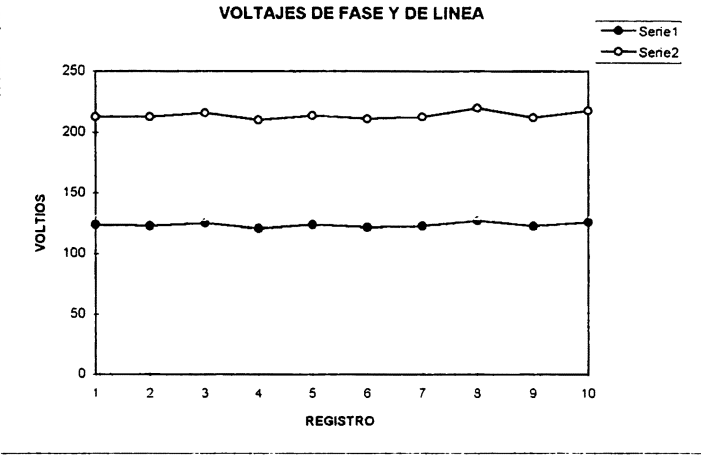
SUBSTACION ELECTRICA-ELECTRONICA

VAN	VAB
123	213
122	212
124	215
120	209
123	213
121	210
122	212
126	218
123	213
126	216



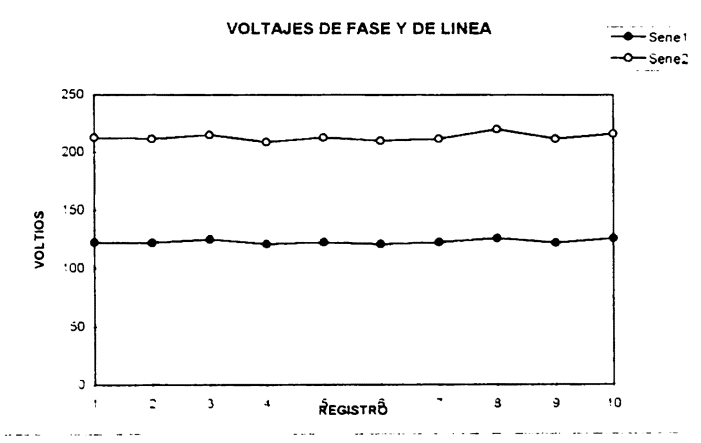
SUBSTACION ELECTRICA-ELECTRONICA

VBN	VBC
124	213
123	213
125	216
121	210
124	214
122	211
123	213
127	220
123	212
126	218



SUBSTACION ELECTRICA-ELECTRONICA

VCN	VAC
123	213
122	212
125	215
121	209
123	213
121	210
123	212
126	220
122	212
126	216



Las corrientes en cada una de las fases se han medido con una pinza amperimétrica digital, para diferentes condiciones de carga (Centro de Cómputo operando todo el tiempo, uso de taller de mecánica). Estas mediciones se realizaron en un período donde las actividades de laboratorios son mínimas , debido a que se está fuera del período de actividades académicas, los resultados se muestran en la tabla 3.

TABLA 3 : CORRIENTES DE FASE EN SUBESTACION MECANICA-COMPUTO

No. DE REGISTRO	1	2	3	4	5
IA (Amp)	114	118.5	82	96.2	105.1
IB (Amp)	142.8	151.7	102.3	144.7	134.4
IC (Amp)	143	164.6	122.2	155.6	145.8
IN (Amp)	39	52.3	38.6	49.3	46.3
No. DE REGISTRO	6	7	8	9	10
IA (Amp)	69.1	90.3	74.3	70.2	73.6
IB (Amp)	79	117.8	122.8	90	128.1
IC (Amp)	92	114.4	109	118.6	115.7
IN (Amp)	35	40.3	40.8	47.7	58

De los datos anteriormente tabulados, llama la atención las elevadas corrientes por el neutro, lo que hace suponer la existencia de problemas con armónicos.

MEDICION DEL AISLAMIENTO.

Para la medición del aislamiento se aplicó un voltaje de prueba de 1,000 Voltios con un Megger. En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas del aislamiento de los transformadores.

TABLA No 4 : DATOS OBTENIDOS DE LA PRUEBA DE AISLAMIENTO .
SUBESTACION MECANICA-COMPUTO.

AISLAMIENTO ENTRE TERMINALES	MEDICIONES OBTENIDAS PARA TODOS LOS TRANSFORMADORES
H1-H2	0
H1-X1	infinito
H1-X2	infinito
H1-X3	infinito
H1-X4	infinito
H1-GND	infinito
H2-X1	infinito
H2-X2	infinito
H2-X3	infinito
H2-X4	infinito
H2-GND	infinito
X1-X2	0
X1-X3	infinito
X1-X4	infinito
X1-GND	infinito
X2-X3	infinito
X2-X4	infinito
X2-GND	infinito
X3-X4	0
X3-GND	infinito
X4-GND	infinito

La tabla anterior revela que se tiene un aceptable aislamiento en los transformadores de la subestación.

MEDICION DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA DE LA SUBESTACION.

Para la medición de la resistencia de puesta a tierra se utilizó el método de los 4 puntos, el cual se detalla en el Capítulo III. Además, se tuvo que hacer la desconexión eléctrica de la subestación; tomando en cuenta de desconectar el cepo que une las líneas de tierra de la subestación con la línea de puesta a tierra del sistema. El valor que se obtuvo fue de 3Ω .

2.3 DIAGNOSTICO Y ALTERNATIVAS PARA SOLVENTAR LA PROBLEMÁTICA ACTUAL .

OBSERVACIONES :

1. Una de las primeras observaciones acerca de la subestación es que sus transformadores no se encuentran bajo normas CAESS, debido a que los voltajes nominales especificados por el fabricante son diferentes al nivel de tensión que sirve CAESS, que es de 23 KV línea a línea, que corresponde a un voltaje de 13,200 voltios de línea a neutro.

Como consecuencia de lo anterior, se tiene un bajo voltaje en el lado secundario. Esto puede comprobarse por ejemplo teniendo la relación de transformación que es de 114. Para un voltaje de línea a línea de 23,000 voltios, del lado primario , se tiene un voltaje de línea a línea en el lado secundario de :

$$V_2 = 23,000/114 = 201.75 \text{ Voltios.}$$

Para el voltaje de fase se tiene similarmente :

$$V_2 = 13200 / 114 = 115.78 \text{ Voltios.}$$

Si el transformador estuviera bajo normas CAESS, su relación de transformación sería de :

$$a = N_1/N_2 = V_1/V_2 = 13200/120 = 110$$

Para un voltaje primario de línea a línea de 23 KV, en el lado secundario se tendrá :

$$V_2 = 23,000/110 = 209 \text{ Voltios.}$$

Similarmente para el voltaje de fase se tendrá:

$$V_2 = 13200/110 = 120 \text{ Voltios.}$$

Este bajo voltaje puede repercutir a corto plazo en daños a las cargas conectadas a dicha subestación. Las cargas del Centro de Cómputo, en su mayoría monofásicas, no se verían afectadas grandemente; la protección eléctrica formada por reguladores de voltaje y equipos de protección se encuentra sometida a condiciones de "stress eléctrico", ya que los dispositivos electrónicos siempre están operando debido al bajo voltaje.

Además, los equipos que podrían sufrir daño son las cargas ubicadas en los laboratorios de Mecánica y Soldadura, debido a que un bajo voltaje puede producir aumentos en la corriente, para mantener la misma potencia del equipo, lo cual producirá recalentamientos en devanados de motores, daños en partes sensibles (tales como tarjetas electrónicas) de maquinarias como soldadores, que poseen control electrónico.

Alternativas de solución.

A) Una de las posibles alternativas de solución consiste en utilizar un banco de transformadores que se encuentra en circuito abierto en Ciudadela, ubicado en la subestación de Eléctrica- Electrónica.

Dichos transformadores tienen los siguientes datos de placa :

- Marca : Central Maloney Inc.
- Número de fases : Una.
- Capacidad : 167 KVA.
- Serie : 194732404.
- Frecuencia : 60 Hz.
- El transformador es del tipo OA.
- Polaridad : Substractiva.
- 3.4 % de impedancia a 85 grados centígrados.
- Volumen de aceite : 108 Galones.
- Niveles de tensión en el lado de alta : 13200/22860Y
- Niveles de tensión en el lado de baja : 120/240
- BIL en el lado de alta : 125 KV.
- BIL en el lado de baja : 30 KV.

Las derivaciones de los transformadores son las siguientes :

POSICION DEL TAP	% ALTO VOLTAJE.
A	105
B	102.5
C	100
D	97.5
E	95

El diagrama de devanados de los transformadores es igual en el lado secundario que los transformadores de la subestación de Mecánica- Cómputo.

Estos transformadores poseen las mismas características de el banco de la subestación de eléctrica-electrónica que se encuentra en operación. Paralelamente a las mediciones efectuadas en la subestación de mecánica cómputo, se realizaron estas mismas en la subestación de eléctrica - electrónica. Los resultados se muestran a continuación en la tabla 5 :

TABLA 5 : VOLTAJES DE FASE Y LINEA EN SUBESTACION ELECTRICA - ELECTRONICA.

SUBESTACION :		ELECTRICA - ELECTRONICA								
No. REGISTRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VOLTAJES DE FASE A NEUTRO										
VAN	123	122	124	120	123	121	122	126	123	126
VBN	124	123	125	121	124	122	123	127	123	126
VCN	123	122	125	121	123	121	123	126	122	126
VOLTAJES DE LINEA A LINEA										
VAB	213	212	215	209	213	210	212	218	213	216
VBC	213	213	216	210	214	211	213	220	212	218
VAC	213	212	215	209	213	210	212	220	212	216

También se presenta en la tabla 6 el comportamiento de las corrientes de línea para la subestación de Eléctrica- Electrónica :

TABLA 6 : CORRIENTES DE FASE EN SUBESTACION ELECTRICA-ELECTRONICA.

No. DE REGISTRO	1	2	3	4	5
IA (Amp)	37.9	46.7	19.8	92.8	38.6
IB (Amp)	45	29.7	10.4	99.1	39.5
IC (Amp)	45.4	38.2	26.5	108.6	44.4
IN (Amp)	7.6	11.3	11.1	10.9	5.3
No. DE REGISTRO	6	7	8	9	10
IA (Amp)	52.9	25.6	9.9	46.4	67.2
IB (Amp)	57.9	19.6	21.8	45.2	72.1
IC (Amp)	70.4	23.5	25	51	74.9
IN (Amp)	10	8.8	12.5	9.6	7.9

El hecho de que el voltaje de línea a línea en la subestación de mecánica cómputo tenga aumentos a valores mayores de 201 voltios, se debe a incrementos en los niveles de tensión en el lado primario. Estos incrementos también afectan la subestación de eléctrica-electrónica, ya que también se manifiesta en aumentos en los voltajes del lado secundario, tal como se puede apreciar en la gráfica en las mediciones de voltaje en los puntos 8 y 10.

B) Adquisición de nuevos transformadores que cumplan con las características CAESS, entregando en calidad de prima los transformadores actuales. Esto permitiría recuperar parte de la inversión realizada en el banco de transformadores.

2.0 El fusible de protección del transformador está mal dimensionado. Debido a que la potencia del transformador es de 167 KVA, la corriente nominal es de :

$$I = 167000 \text{ VA} / 13200 \text{ Voltios} = 12.65 \text{ Amperios}$$

Para dimensionar el fusible se tiene que tomar un factor de seguridad que es de 1.5. Por lo tanto el fusible a utilizar debe de ser :

$$\text{Valor del fusible} = (1.5)(12.65) = 18.97 \text{ Amperios.}$$

Sin embargo la subestación posee fusibles de 10 Amperios tipo K. Por lo tanto se recomienda el cambio de fusibles a valores de 15 amperios para que en un futuro cuando crezca la demanda en la subestación, evitar que continuamente se quemen los fusibles, en caso de no tomarse las consideraciones anteriores. El tipo de fusible además podría ser del tipo "T".

3.0 El pozo de registro del interruptor principal debe de cumplir ciertos requerimientos, los cuales son :

- a) Las tuberías tendrán una pendiente de 1 a 2% entre cada pozo de registro, para impedir que se llene de agua la tubería.
- b) Debe de contener un drenaje para que el agua que se introduce sea absorbida por el suelo.
- c) Las paredes de los pozos deben de ser repelladas para evitar la filtración de humedad.
- d) Para un mejor drenaje, debe utilizarse tuberías de desagüe, teniendo el cuidado de utilizar una rejilla que impide la introducción de objetos que puedan obstruir el paso de el agua por la tubería. Se debe promover la construcción de un desagüe de el pozo terminal, desde la subestación hacia un lugar fuera de ésta. (Calle adyacente por ejemplo) para evitar que el forro de los conductores pierdan su capacidad de aislamiento.

4.0 En general la subestación nunca ha sido objeto de un mantenimiento preventivo debido a que no se cuenta con un plan; sólo se han proporcionado soluciones correctivas tales como el cambio de tap en los transformadores, sin embargo aún así, no se logró el voltaje deseado por las razones explicadas anteriormente. Este plan de mantenimiento podría incluir los siguientes aspectos : (Se debe contar con personal capacitado y equipo especializado).

- Medición del aislamiento.
- Pruebas de cortocircuito.
- Limpieza de estructuras metálicas, aisladores, pararrayos, transformadores, ya que la suciedad puede afectar el aislamiento y provocar arcos eléctricos.
- Aplicación de aditivos especiales para la limpieza en contactos.
- Control de voltajes, tanto de línea como de fase, y corrientes en los transformadores.

Para realizar un mantenimiento se debe en primer lugar preparar las instalaciones para poder desenergizar las cargas, luego desconectar el interruptor principal y por último desconectar los fusibles en los cortacircuitos utilizando una barra pértiga adecuada (con buen aislamiento) que cumpla con las normas de seguridad eléctrica. Cabe mencionar que en la subestación se encuentra un objeto que se utilizaba como barra pértiga, que se ocupó en alguna medida para realizar maniobras de desconexión de fusibles, que no es recomendable usarlo debido al peligro a que se expone la persona de una descarga o choque eléctrico.

CAPITULO III

ESTUDIO DE LAS REDES DE POLARIZACION EN EL CITT.

3.1 NORMATIVAS PARA TOMAS DE TIERRA.

Contrario a lo que se piensa, el NEC no favorece el uso de barras de tierra (SECCION 250-81).

Deben utilizarse ante que cualquier otro recurso los siguientes elementos :

- Tuberías metálicas de sistemas de acueductos subterráneos, tanques metálicos o similares.
- Estructuras metálicas de edificios, partes estructurales subterráneas apropiadas, tales como muros de contención, piezas de acero de edificios.
- Sistemas de barras de acero empotrados en concreto de las fundaciones o bases subterráneas, cuando la longitud total de las barras, su diámetro y la profundidad bajo el nivel de tierra no sean menores de 1.50 mts, 9.5 mm y 76 cm respectivamente.
- Anillo de tierra en forma circular al edificio o estructura en contacto directo con la tierra a una profundidad no menor de 762 mm de la superficie de la tierra, consistiendo de al menos 6.1 metros de conductor de cobre y no menor que un calibre #2 AWG.

El NEC en la sección 250-83 se estipula que si ninguna de las anteriores opciones están disponibles, pueden utilizarse los siguientes recursos :

Electrodos artificiales.

- Varillas y electrodos : Electrodos tubulares : No deben ser menores que el tamaño comercial o sea de $\frac{3}{4}$ (1.9 mm) y si son de hierro o acero, deben de tener la superficie exterior galvanizada o cubierta con revestimiento metálico para protegerlos de la corrosión.
- Electrodos de barras de hierro o acero : Deben tener un diámetro no menor que 1,6 cm.
- Electrodos empotrados en concreto.

Se utilizan no menos de 6 mts. de longitud de conductor de cobre desnudo de calibre mayor que #4 AWG recubierto de al menos 5 cm de concreto y colocado dentro y cerca de la cara interior de una fundación de concreto que esté directamente en contacto con la tierra.

VENTAJAS DEL APROVECHAMIENTO DE ELECTRODOS CUBIERTOS DE CONCRETO.

- Los electrodos empotrados en concreto bajo ciertos niveles de tierra se comportan como un buen semiconductor de una resistividad de alrededor de 3000 ohmios-cm a una temperatura de 20 grados centígrados.
- En tierras de alta resistividad, los electrodos empotrados en concreto disminuyen la resistencia que si se colocara un electrodo directamente en la tierra.

Esto se debe a la reducción de la resistencia del concreto que envuelve al electrodo primario; es casi como tratar químicamente la tierra cercana al electrodo. (IEEE Green Book Std 142-1991 página 181)

3.1.1 VALORES PERMISIBLES PARA LA RESISTENCIA DE TIERRA.

La conexión perfecta a tierra podría ser de cero resistencia, sin embargo este valor en la práctica es imposible de obtener.

Resistencias a tierra menores que 1 Ω se pueden obtener. La resistencia requerida varía inversamente con la corriente de falla a tierra. A mayor corriente de falla, menor resistencia. Para subestaciones grandes, estaciones generadoras, líneas de transmisión, la resistencia a tierra podría no exceder de 1 Ω ; para subestaciones pequeñas, subestaciones de plantas industriales y de edificios, e instalaciones de Centros comerciales grandes la resistencia de puesta a tierra puede estar en el orden de 1- 5 Ω (IEEE Green Book Std 142-1991 página 174).

3.1.2 NORMATIVAS DE ATERRIZAMIENTO EN EQUIPO SENSITIVO.

El aterrizamiento de equipo electrónico sensible, tal como Computadoras, PLC, Plantas de Proceso, Sistemas de Control Distribuido y Equipo Electrónico similar, ha resultado ser uno de los temas más importantes para proporcionar operación útil para estos sistemas.

Para el caso el término "computadora" incluye tanto computadoras como equipo electrónico sensible.

Para Centros de Cómputo se aceptan valores de resistencia de tierra menores que 5 ohmios.

Consideraciones :

- El voltaje bajo de operación de computadoras y otro equipo electrónico sensible las hace susceptibles a voltajes aleatorios alejados de los niveles que son perceptibles a humanos, y que no tienen efecto en equipo electrónico de potencia.
- El equipo electrónico es sensible a cargas de voltaje estáticas generadas por los humanos en simples movimientos del cuerpo.

Los voltajes inyectados en la tierra por apagones aún dentro de varios miles de pies, a menos que se tenga buena polarización, puede causar mal funcionamiento y dañar el equipo.

Debido a la necesidad de seguridad y las exigencias del NEC, las computadoras tuvieron que ser “aterrizadas”. Un resumen acerca de la evolución del aterrizamiento se presenta a continuación :

a) En primera instancia las computadoras se aterrizaron al sistema de equipo de potencia, en el edificio donde éstas se encontraban. En muchos casos la tubería metálica sirvió para éste propósito. El tierra del equipo fue conectado al neutro del sistema de alimentación. En este punto, la estructura metálica fue conectada al neutro, luego al conductor de tierra del equipo y luego a tierra. La toma de tierra bien podría ser una varilla de hierro y/o una tubería metálica. El acero del edificio fue conectado ya sea intencionalmente o no al sistema de tierra del mismo.

Así, el tierra de las computadoras fue conectado al conductor de tierra en la unión, receptáculo o panel que suministraba potencia a las computadoras. Esto cumplía con las exigencias del NEC de que nadie sufriría una descarga eléctrica al tocar la carcasa de la computadora al existir una condición de un fallo a tierra.

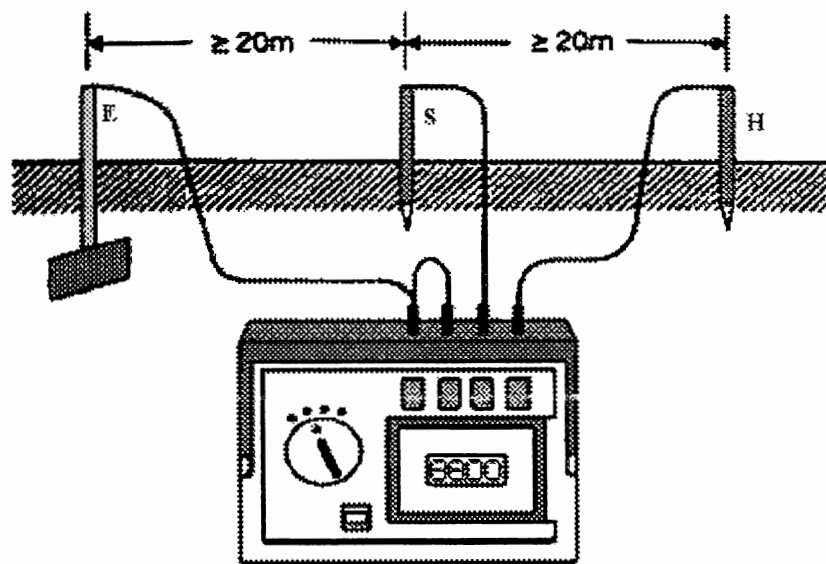
b) Luego los componentes de las computadoras se volvieron más complejos y sensibles a los bajos voltajes, se encontró que los transientes de voltajes podían ser peligrosos y dañar los dispositivos de estado sólido.

Los transientes de voltaje se originaban debido a las múltiples conexiones desde el conductor de neutro hasta el sistema de tierra.

Con múltiples conexiones del sistema de tierra, al cual las computadoras estaban conectadas, el flujo de corriente transfería voltajes en el sistema de aterrizamiento de las computadoras, causando errores. A éste tipo de conexiones se le conoce como “tierra ruidosa”.

3.1.3 METODOS DE MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA.

- Método de los tres puntos.



Este método involucra el uso de dos electrodos auxiliares. La resistencia entre cada par de electrodos aterrizados en serie, es medida y designada como :

$$R_{E-S}, R_{F-H} \text{ y } R_{S-H}$$

De donde

R_E = Resistencia de toma de tierra. Se obtiene de la siguiente manera :

$$R_E = (R_{E-S} + R_{E-H} - R_{S-H}) / 2$$

Si dos electrodos auxiliares tienen alta resistencia, con respecto al electrodo de aterrizamiento bajo prueba, existen errores y la medición podría ser errónea.

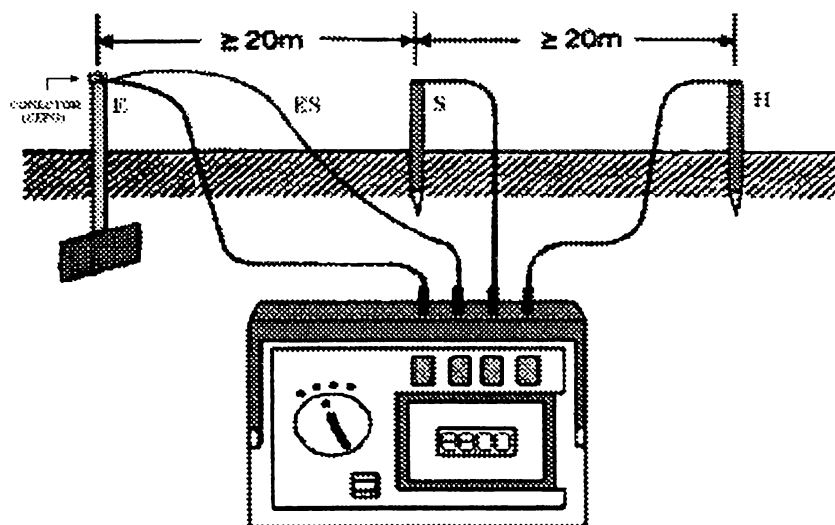
Para éste método, los electrodos deben estar separados entre sí al menos 20 pies (6.1 m); de otra forma pueden tener mediciones de resistencias de cero o negativas, que es completamente absurdo.

Con el método de los tres puntos, la toma de tierra se conecta con un cable entre el borne “E” y el aparato; además se unen los bornes “E” y “ES”.

En este caso, la resistencia del cable de medida hasta la toma de tierra (electrodo E) se incluyen directamente en el resultado de la medición. Para reducir al mínimo el error que producen las resistencias de los cables es conveniente utilizar un cable corto de unión de sección transversal mayor entre la toma de tierra y el borne “E”.

- **Método de los cuatro puntos.**

Este tipo de configuración es similar a la de tres hilos excepto que se establece una conexión en el borne ES del aparato de medición y el punto de toma de tierra, como se muestra a continuación :



La resistencia de los cables de medida entre la toma de tierra y el borne E del aparato no se incluyen en la medida de este tipo de montaje.

Como precaución con el fin de evitar errores en la medición, los cables de conexión tendrán que estar bien aislados. Además, éstos no deben cruzarse o estar en paralelo a distancias largas con el fin de evitar acoplamientos eléctricos.

3.1.4 INFLUENCIA DEL RUIDO PROVOCADO POR EL SISTEMA DE POTENCIA CUANDO EXISTEN TOMAS DE TIERRA MÚLTIPLES.

Con el incremento de los sistemas de computadoras, se tuvo la necesidad de tener computadoras remotas, colocadas más allá de las computadoras principales. Las computadoras remotas tenían fuentes de poder, siendo alimentadas de la computadora principal, pero más probablemente de otra parte del edificio. Es usual para sistemas aterrizados de un edificio tener diferencias de voltajes medibles de punto a punto debido al flujo de corriente ya sea a 60 Hz o altas frecuencias. Así, una conexión al sistema de tierra de potencia en la localidad remota puede conectar al tierra remoto de unos pocos voltios de diferencia de potencial al tierra principal de la computadora. Este luego podría inyectar o producir diferencias de potencial de las dos conexiones de tierra hacia el sistema interfiriendo con las señales normales de la computadora.

Si existe un sistema de tierras múltiples y conductor de neutro conectado, ya sea intencional o no, al sistema de tierra de múltiples puntos, la corriente de retorno del neutro fluirá sin control a través de la tierra del sistema. En cada punto donde el neutro se conecta a la tierra, existen vías en paralelo; la corriente se divide de acuerdo al inverso de la impedancia, tal como lo establece la ley de ohm. Debido a la existencia de ésta corriente sin control y sus efectos, el tierra del sistema de potencia se le conoce como un tierra “ruidoso o sucio”

3.2 MEDICIONES EN LAS REDES DE PUESTA A TIERRA EN EL CITT.

3.2.1 RED DE TIERRA EN EL CENTRO DE CÓMPUTO.

El sistema de polarización del Centro de Cómputo del CITT estaba formado por un aterrizamiento constituido por varillas de cobre. En estas circunstancias existía un incumplimiento a las normas del NEC ya explicadas anteriormente, porque deben utilizarse otros recursos antes de recurrir a la utilización de varillas de cobre como alternativas para la polarización.

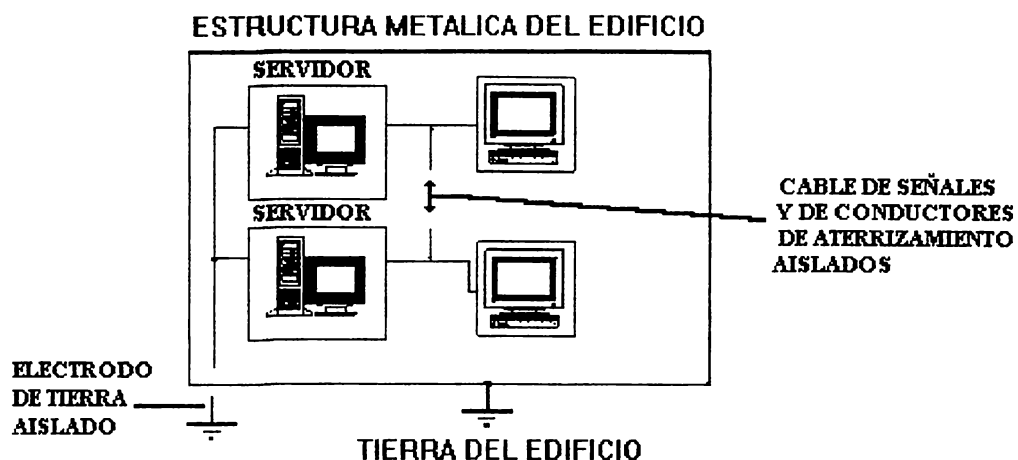
Sin embargo a raíz de un fallo provocado por un efecto electromagnético que se drenó a través de la línea telefónica, se dañó una unidad de Módem del Centro de Cómputo, ya que los Módem carecían de la protección adecuada y de una polarización que no estaba bajo normas.

Como se dijo anteriormente, el Centro de Cómputo estaba formado por un sistema de puesta a tierra, que se le denomina “ **tierra aislado**” .

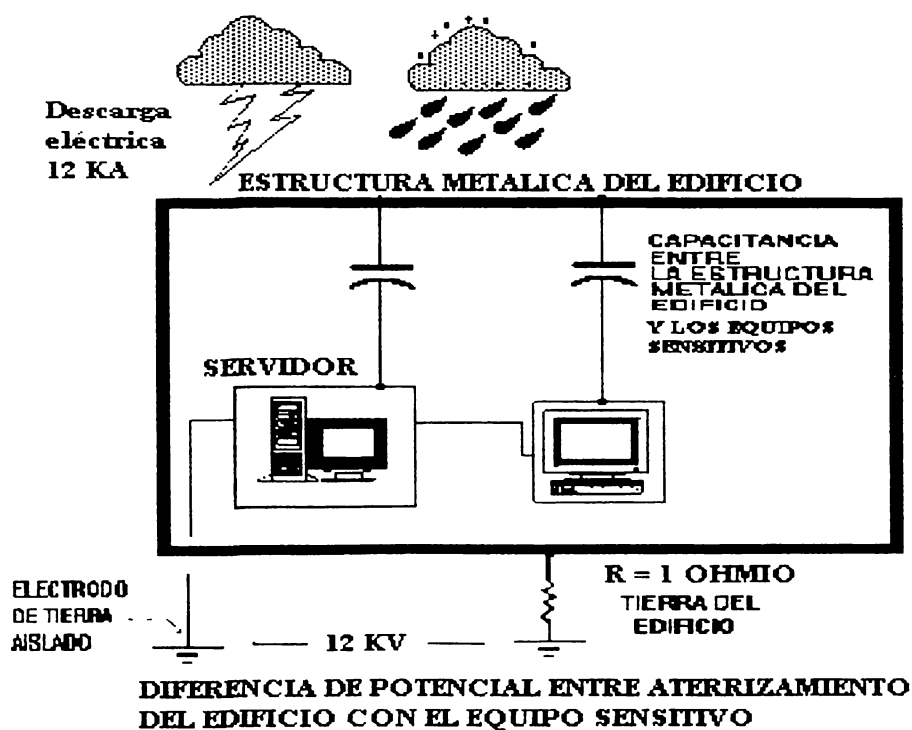
Las aspectos a tomar en cuenta en el momento de tener un tierra aislado son las siguientes :

- Se reduce el ruido proveniente del aterrizamiento aislado del sistema de potencia, ya que se evitan los efectos de una tierra ruidosa.
- Las tierras aisladas construidas de barras copperweld requieren demasiadas varillas para obtener una resistencia de puesta a tierra menor que 25Ω (Sección 250-84 del NEC).
- Voltajes de gran magnitud pueden introducirse a los componentes de las computadoras bajo condiciones de tormentas eléctricas, estén operando o no los equipos sensibles.
- Voltajes de gran magnitud se pueden inducir entre el techo metálico del edificio y los equipos sensibles bajo condiciones de tormentas que pueden producir una diferencia de potencial entre el aterrizamiento de los equipos sensibles y el edificio, porque existen cargas estáticas inducidas por las nubes o por rayos que golpeen la superficie del edificio.

Una representación ilustrativa de conexión de la red de puesta a tierra anterior del Centro de Cómputo se muestra a continuación :



Los peligros de éste tipo de conexión se ilustran en la siguiente figura. En ésta se muestra una condición en la cual existe una descarga eléctrica proveniente de una nube cargada eléctricamente, la cual cae sobre la estructura metálica del edificio.



Las corrientes a tierra producidas por las descargas eléctricas de los rayos causan grandes diferencias de potencial entre puntos diferentes a tierra, causando altos potenciales y grandes corrientes en los cables conductores de fase y de tierra. (IEEE Red Book Std 141-1993).

Si se supone que tiene una magnitud de 12 KA, al romperse la rigidez dieléctrica del aire, producirá una diferencia de potencial de 12 KV, si se considera que la resistencia de la puesta a tierra del edificio es de 1 Ω debido a la diferencia de potencial anterior y a la capacitancia entre la estructura metálica del edificio y los equipos sensibles, se inducen voltajes en los componentes electrónicos de tal forma que los puede dañar debido a que son superiores a sus voltajes de ruptura de operación.

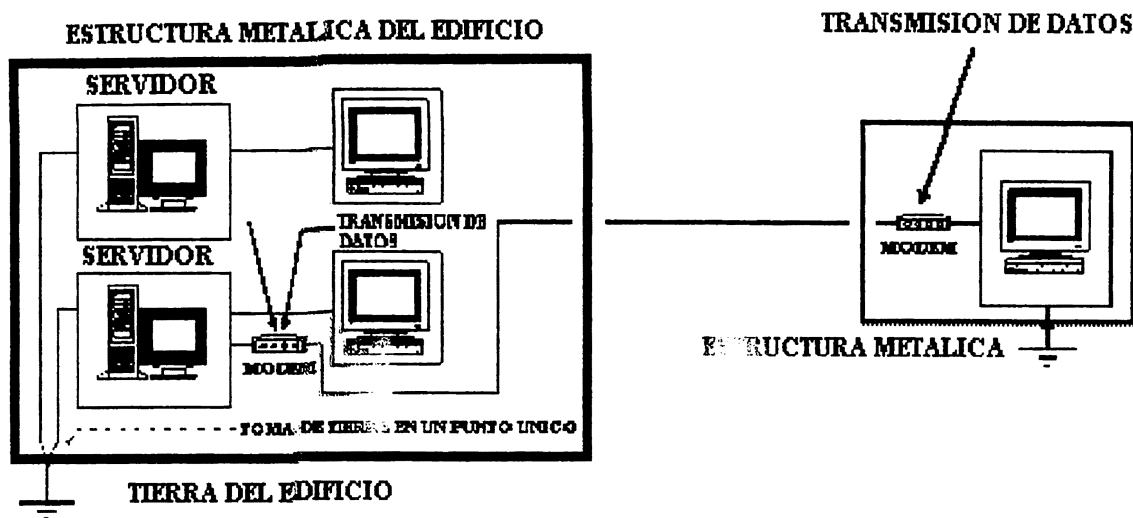
3.2.2 CONDICION ACTUAL.

De acuerdo a lo anterior, la acción correctiva que se tomó fue desconectar la línea que unía la toma de tierra con el Centro de Cómputo y se procedió a tomar como punto de conexión a tierra una de las columnas metálicas del edificio, con base de concreto. Mediante éste procedimiento se cumplió con las normas del artículo 250-81 del NEC que establece como primera prioridad aprovechar los recursos naturales ya existentes para la puesta a tierra. Actualmente se ha dejado un sistema de aterrizamiento de un sólo punto, que posee las siguientes características :

- Se evitan continuas corrientes parásitas o circulantes que afectan las señales y operación de las computadoras.
- Se mantiene aislado el tierra del sistema de la computadora del tierra de potencia eléctrico, excepto en donde los dos sistemas de tierra son conectados juntos en un punto.

La siguiente figura muestra la conexión actual de la red de tierra del Centro de Cómputo. Se observa que la puesta a tierra tiene un punto en común con el aterrizamiento del edificio. De ésta manera se evita problemas de diferencias de potencial que son producto de descargas eléctricas atmosféricas. (IEEE Red Book; Std 141-1993 capitulo 7.4.2), ya que en esta

condición no se tienen tierras aislados, sino una conexión conocida como “ aterrizamiento en un sólo punto”.



3.2.3 CONDICION DESEABLE.

El tierra de la computadora debe ser conectado en el lugar más cercano donde se encuentre la tierra efectiva de la estructura metálica de la construcción.

Donde un sistema de montaje de computadoras está compuesto de muchas de ellas, las conexiones internas de tierra, no el tierra de la carcasa, deben ser dirigidos a un sólo punto que se debe conectar a tierra. Estos tierras individuales deben de estar en forma radial o árbol sin cualquier vía de tierra paralela.

La conexión en un sólo punto proporciona entonces las siguientes ventajas :

- Evita voltajes capacitivos inducidos entre el techo del edificio y los equipos sensitivos.
- Con este tipo de aterrizamiento tanto para el edificio y el equipo sensitivo unido en un solo punto, se logra una resistencia de puesta a tierra mucho menores que un ohmio.
- Se evita el diseño y construcción de un sistema de puesta a tierra utilizando barras de cobre copperweld que requieren mayores costos económicos.

Para la conexión en un solo punto se tiene que utilizar un conductor forrado que puede soportar una tensión de 600 voltios.

3.2.4 MEDICIONES REALIZADAS.

Se observó que existe continuidad eléctrica entre las estructuras metálicas que conforman el edificio (balcones, puertas metálicas, postes metálicos).

Además, debido a la resistencia de la red de tierra del Centro de Cómputo y el aterrizamiento del edificio en condiciones separadas (tierra silenciosa) anteriormente estaban expuestos a cargas inducidas y a descargas eléctricas producidas por nubes cargadas estáticamente que originan rayos en condiciones de tormentas, que pueden producir diferencias de potencial entre el toma de tierra de los equipos sensibles y la red de tierra del edificio.

Como consecuencia de esto se indujeron sobretensiones en las líneas telefónicas que causaron daños en unidades de módem del Centro de Cómputo.

Como resultado de lo anterior, se procedió a verificar el valor óhmico de la puesta a tierra de Centro de Cómputo; para ello se utilizó un medidor de resistencia de tierra utilizando el método de los cuatro puntos descrito anteriormente.

El medidor que se utilizó tiene las siguientes características :

Marca : ABB

Modelo : GTM 5032.

Principio de operación para la medición : Utiliza el procedimiento de tensión-intensidad según la norma **VDE 0413, parte 7/07.82.**

Rango de medición : 0.05 hasta 2,000 ohmios.

Error básico : En condiciones de referencia es +/- 2% de la medida.

Se obtuvo un valor óhmico de a 11.88 Ω de resistencia de puesta a tierra.. Este valor claramente está fuera de normas, ya que el valor permisible para una adecuada red de tierra para Centros de Cómputo es de 5 ohmios o menos.

Nótese que éste aspecto de revisión de la red de tierra del Centro de Cómputo fue propuesto en el planteamiento del Anteproyecto.

Además ante el problema suscitado, la Universidad procedió a solicitar a una empresa particular el suministro e instalación de las protecciones respectivas para los módem. Esta empresa también realizó sus propias mediciones antes de proceder con la corrección del problema.

3.2.5 RECOMENDACIONES.

- En caso de no existir electrodos empotrados en concreto, se puede tomar como alternativa de puesta a tierra la tubería metálica. Esta alternativa es la de mayor prioridad de acuerdo a la sección 250-81 del NEC, que estipula que cuando se dispone de una tubería metálica subterránea, independientemente de su longitud, ésta debe de utilizarse **siempre** como electrodo de puesta a tierra.

Para el caso particular, el tierra del Centro de Cómputo, pudo haberse tomado un hidrante colocado en una parte cercana al Centro de Cómputo.

- La estructura metálica del edificio cumple con la sección 250-82 del NEC, para la conexión de puesta a tierra del Centro de Cómputo.

CAPITULO IV

ESTUDIO DEL CONSUMO ENERGETICO EN CIUDADELA.

Con el objeto de realizar un análisis cuantitativo del consumo energético de Ciudadela, se exponen a continuación una serie de consideraciones que existen en el país para determinar el consumo de cualquier institución.

En el país se hace una estratificación de las tarifas dependiendo del tipo de consumidor final, de acuerdo a la siguiente clasificación :

- a) Tarifa No. 1 (D) Para Servicios domésticos.
- b) Tarifa No. 2 (VS) para servicio General (Cargas hasta 50 KVA).
- c) Tarifa No. 3 (VP) para servicios a voltaje primario aplicable a la industria, comercio mayor e instituciones autónomas. (Cargas superiores a 50 KVA).
- d) Tarifa No. 4 (P) para servicios provisionales y especiales.
- e) Tarifa No. 5 (B) para servicio público de bombeo de agua.
- f) Tarifa no. 6 (A) para servicios municipales de alumbrado público.

Debido a que Ciudadela Don Bosco posee tres subestaciones con una capacidad de 501 KVA cada una; se le aplica la tarifa No. 3 (VP).

4.1 FACTORES A CONSIDERAR EN EL ANALISIS DEL CONSUMO ENERGETICO

- Esta tarifa se aplica al servicio industrial, comercial, social, deportivos y similares, con o sin fines de lucro; gobierno central e instituciones autónomas, riego.
- Este servicio se dará a voltaje primario de las redes de distribución de la empresa.
- Todo gasto en mantenimiento que requiera el equipo de la empresa, despues de instalado, será por cuenta del consumidor.

- La demanda mensual de facturación será la mayor lectura en 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. Esta última es la demanda mensual más alta registrada en los 11 meses anteriores.

- La demanda mínima a contratar será el 60 % de la capacidad de la subestación, sin embargo, las distribuidoras de energía eléctrica podrán pactar demanda y consumo inferiores a los señalados, cuando el cliente haya sobredimensionado la subestación y que al mismo tiempo lo demuestre; pero en ningún caso la demanda será inferior a 51 KVA.

- El factor de potencia podrá oscilar del 90 al 95%, sin que la factura por los suministros de energía 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 promedio medido en 24 horas es mayor que el 95%, el cargo por energía en KWH consumidos durante el mes, será reducido en una cantidad igual al porcentaje de incremento que haya experimentado el factor de potencia. Si el factor de potencia promedio fuese menor del 90%, el cargo por energía (KWH) será aumentado en una cantidad igual al porcentaje que haya disminuido el factor de potencia.

4.2 TARIFAS VIGENTES PARA CONSUMIDORES DE LA CATEGORIA 3VP.

Cargo por demanda :

Horas de punta :

Por KVA, cada uno a¢ 65.41

Horas fuera de punta :

Por KVA, cada uno a¢ 44.91

Cargo por energía :

Horas de punta :

Por cada KWH consumido, cada uno a.....¢ 0.7672

Horas fuera de punta :

Por cada KWH consumido, cada uno a..... ¢ 0.7034

4.3 TIPO DE TARIFA APLICABLE A CIUDADELA.

El tipo de tarifa que se le aplica a Ciudadela es del tipo 3VP y se le asignan los costos anteriores.

4.4 CALCULO DEL CONSUMO DE ENERGIA SEGÚN RECIBO MODELO.

Los datos de un recibo correspondiente a un mes específico de Ciudadela se presentan en la figura 1.

Explicación :

- En primer lugar se factura la máxima demanda en KVA. Para este caso se tiene un valor de KVA facturados igual a 106. El importe a pagar es de : $(106) \cdot (\text{¢ } 44.91) = \text{¢ } 4,760.46$

- Luego se procede a facturar el consumo de energía en KWH. Para ello se realiza la diferencia del valor actual menos el valor anterior; se multiplica por un factor que posee el medidor que es de 1200 para este caso particular. El valor resultante es de:

$$(728.3-704.6) \cdot (1200) \cdot (0.7034) = \text{¢ } 20,004.70$$

- Posteriormente se calcula el consumo en hora punta.

La hora punta se refiere a un periodo diario entre las 6 P.M y las 9 P.M. Las tarifas para este periodo de tiempo son más altas debido a que la generación de energía tiene costos más elevados,

COMPAÑIA DE ALUMBRADO ELECTRICO DE SAN SALVADOR

MEDIDOR	MULTIPLICADOR	GARANTIA	CUENTA	R
492930	1200	75900B	38855	3C

CIUDADELA DON BOSCO
CANTON EL PINO FTE C MENDEZ
A/C. INSTITUTO TECNICO RICALDONE

RECIBO POR SERVICIO ELECTRICO

MAXIMA DEMANDA						
LECTURA	KVA MES	KVA FACT	OCURRIO	CARGO POR DEMANDA		
118	141.6	106	09 95	4,760.46		
ENERGIA						
LECTURAS		CONSUMO KWH		CARGO POR ENERGIA		
ACTUAL	ANTERIOR					
728.3	704.6	28440		20,004.70		
OTROS						
HORA PUNTA						
95		114		7,456.74		
82.1	78.7		4080	3,130.18		
CARGO POR F. POTENCIA			0.86	925.4		
REGISTRO No.321-2 NIT : 0614-171190-0013 GIRO : LUZ Y FUERZA ELECTRICA		SERVICIO A		DIAS SERV	IMPORTE TOTAL	
		DIA	MES			AÑO
		22	01	96	32	36,277.78

VENCIMIENTO : 05 / 02 / 96

COMPROBANTE DEL CONSUMIDOR

FIGURA 1

porque entran a funcionar las centrales eléctricas que utilizan combustible búnker, diesel, u otro tipo de hidrocarburos.

Para ello se tiene un valor de 114 KVA, lo cual proporciona un importe de : $(114) * (5.41) = \text{¢} 7,456.74$

Además se calcula la energía consumida en hora punta (KWH) de la siguiente manera :

$$(82.1-78.7).(1200).(0.7672) = \text{¢} 3,130.18$$

- Por último se calcula el cargo por factor de potencia. Para el caso particular se ha disminuido un 4 % del valor mínimo estipulado (90%), según lo estipulado por el reglamento de tarifas en el país, por lo que este valor se le aplica al consumo de energía en KWH de la siguiente forma :

El consumo en KWH es de :

$$\text{¢} 20,004.7 + \text{¢} 3,130.18 = \text{¢} 23134.88$$

$$\text{Cargo por factor de potencia} = \text{¢} 23134.88.(0.04) = \text{¢} 925.4$$

El importe total a pagar por la empresa o institución es la suma de todos los cargos anteriormente mencionados :

TOTAL = Cargo por demanda + Cargo por energía + Cargo por demanda y energía en hora punta (±) Cargo por factor de potencia.

4.5 TABULACION Y REPRESENTACION GRAFICA DEL CONSUMO ENERGETICO.

A continuación se muestran las gráficas correspondientes a un periodo de dos años. debido a que sólo se proporcionó por parte de la institución en estudio, los recibos de la facturación mensual de 1996 y 1997. Las gráficas que se presentan en su orden respectivo son :

- a) Gastos mensuales en concepto de energía eléctrica en periodo Enero-Diciembre de 1996.
- b) Gastos mensuales en concepto de energía eléctrica en periodo Enero-Diciembre de 1997.
- c) Crecimiento del rubro CAESS en el año de 1996.
- d) Crecimiento del rubro CAESS en el año de 1997.
- e) Demanda mensual de KVA facturados dentro y fuera de hora punta. (Año de 1996).
- f) Demanda de arrastre mensual registrada en KVA (Fuera y dentro de hora punta).
- g) Crecimiento del rubro CAESS en 1996.

CRECIMIENTO DEL RUBRO CAESS EN 1996

GASTOS MENSUALES EN CONCEPTO DE ENERGIA ELECTRICA EN PERIODO ENERO-DICIEMBRE DE 1996

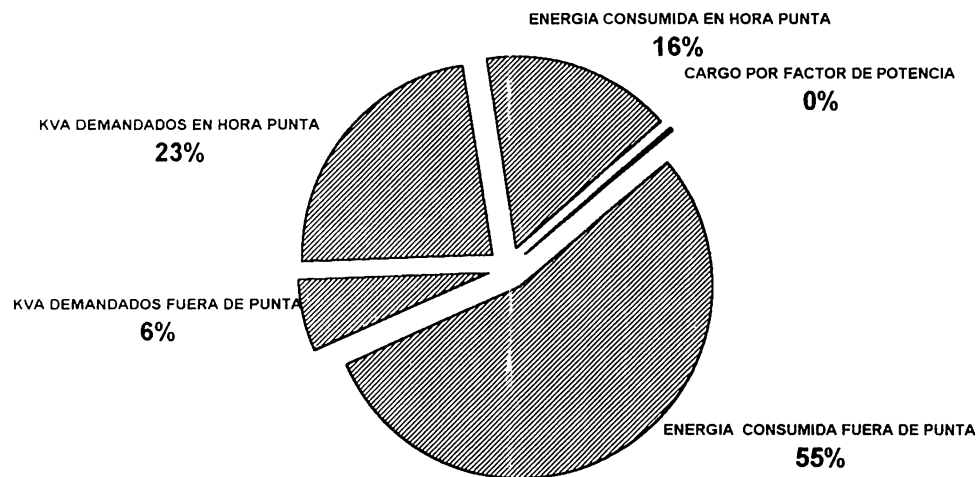
MEDIDOR : MULTIPLICADOR 1200

MES	FUERA DE HORA PUNTA		DENTRO DE HORA PUNTA		OTROS		TOTAL A PAGAR (EN COLONES)
	CARGO POR ENERGIA (¢ 0.7034 CADA KWH) (EN COLONES)	CARGO POR DEMANDA (¢44.91 POR KVA (EN COLONES)	CARGO POR ENERGIA (¢ 0.7672 CADA KWH) (EN COLONES)	CARGO POR DEMANDA (¢65.41 POR KVA (EN COLONES)	CARGO POR FACTOR DE POTENCIA (EN COLONES)	FP	
ENERO	20004.7	4760.46	3130.18	7456.74	925.4	0.86	36277.48
FEBRERO	28529.9	3502.98	4603.2	9288.22			45924.3
MARZO	36886.3	3368.25	5339.71	10727.24			56321.5
ABRIL	33678.79	2829.33	4603.2	11512.16	382.82	0.89	53006.3
MAYO	37139.52	3952.08	4787.33	10596.42			56475.35
JUNIO	35957.81	5344.29	3956.75	8568.71			53829.56
JULIO	37223.93	3952.08	4234.94	10596.42			56007.37
AGOSTO	37814.78	3413.16	4879.39	11904.62			58011.95
SEPTIEMBRE	44905.06	4760.46	5701.97	11773.8			67147.29
OCTUBRE	48028.15	4670.64	6260.35	11904.62			70863.76
NOVIEMBRE	39924.98	3098.79	5800.03	14193.97			63017.77
DICIEMBRE	27939.05	7634.7	3130.18	7587.56	683.52	0.878	46975.01
TOTAL EN EL AÑO	428032.97	51287.22	182545.71	126110.48	1991.74		663857.64

CRECIMIENTO DEL RUBRO CAESS EN 1997

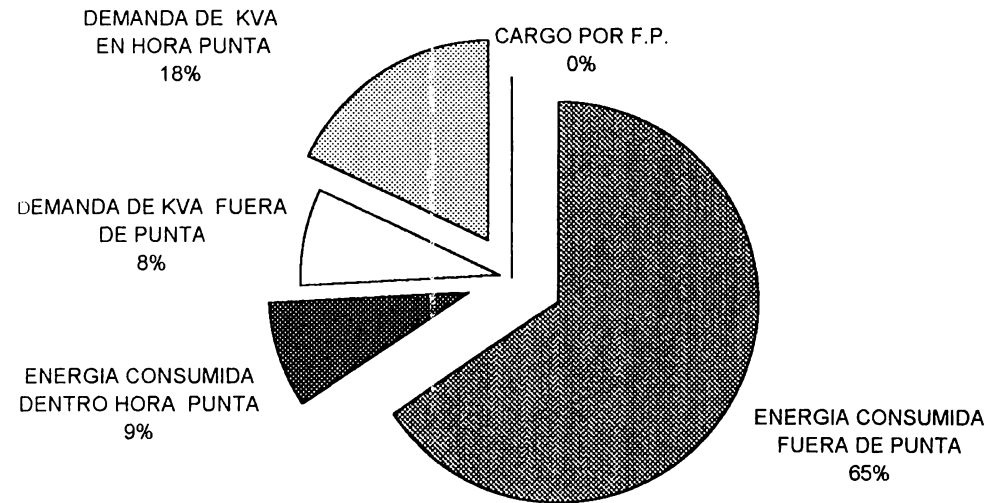
GASTOS MENSUALES EN CONCEPTO DE ENERGIA ELECTRICA EN PERIODO ENERO-DICIEMBRE DE 1997							
MEDIDOR : MULTIPLICADOR 1200							
MES	FUERA DE HORA PUNTA		DENTRO DE HORA PUNTA		OTROS		TOTAL A PAGAR
	ENERGIA (¢ 0.7034 CADA KWH) (EN KWH)	DEMANDA ¢44.91 POR KVA (EN KVA)	ENERGIA (¢ 0.7672 CADA KWH) (EN KWH)	DEMANDA ¢65.41 POR KVA (EN KVA)	CARGO POR FACTOR DE POTENCIA (EN COLONES)	FP	(EN COLONES)
ENERO	27939.05	7634.7	3130.18	7587.56	683.52	0.878	46975.004
FEBRERO	41866.37	4580.82	5247.65	12035.44	0		63730.28
MARZO	43216.90	4580.82	5523.84	12035.44	0		65357.00
ABRIL							
MAYO	43216.896	5748.48	5163.52	11381.34	0		65410.24
JUNIO	42625.04	5523.93	4050.82	11708.39	0		63908.18
JULIO	42372.82	7095.78	4142.88	9419.04	0		63030.52
AGOSTO	38405.64	5748.48	4787.33	11381.34	0		60322.79
SEPTIEMBRE	49463.09	4221.54	6168.29	14259.38	0		74112.30
OCTUBRE							
NOVIEMBRE							
DICIEMBRE							
TOTAL EN EL AÑO	329105.798	45134.55	3814.496	89807.93	683.52		502846.294

CRECIMIENTO DEL RUBRO CAESS AÑO 1996



	FUERA DE HORA PUNTA		DENTRO DE HORA PUNTA		OTROS	TOTAL A PAGAR
	ENERGIA	DEMANDA	ENERGIA	DEMANDA	FACTOR DE POTENCIA	
TOTAL EN EL AÑO	428033	51287.22	56435.23	126110.5	1991.74	663857.6

CRECIMIENTO DEL RUBRO CAESS EN 1997

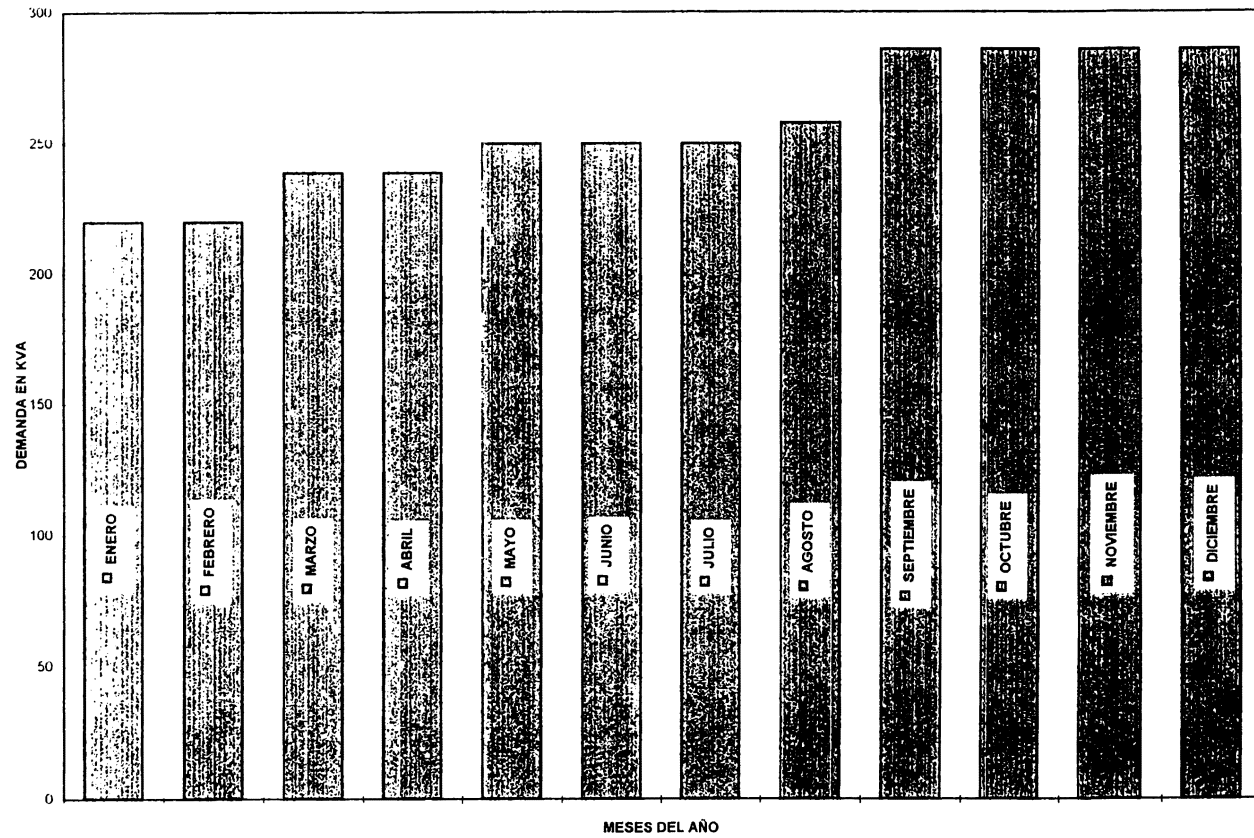


	FUERA DE HORA PUNTA		DENTRO DE HORA PUNTA		OTROS	TOTAL A PAGAR	576958.59
	ENERGIA	DEMANDA	ENERGIA	DEMANDA	FACTOR DE POTENCIA		
TOTAL EN EL AÑO	378568.888	49356.09	44282.78	104067.31	683.52		

CRECIMIENTO DEL RUBRO CAESS EN 1996

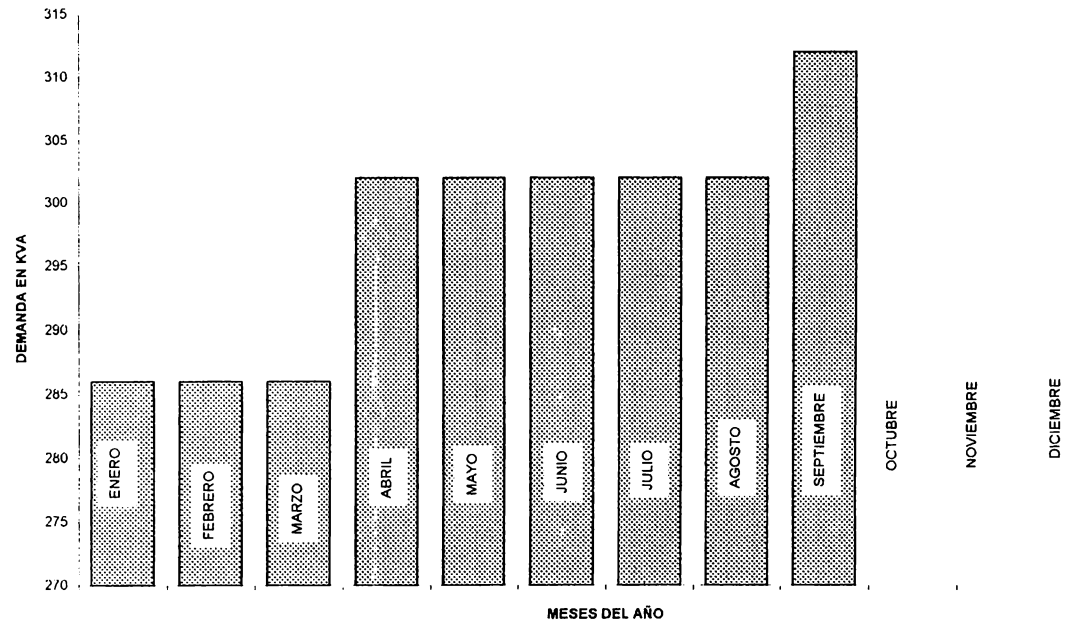
MES	DEMANDA MENSUAL REGISTRADA EN KVA (FUERA Y DENTRO DE PUNTA)
ENERO	220
FEBRERO	220
MARZO	239
ABRIL	239
MAYO	250
JUNIO	250
JULIO	250
AGOSTO	258
SEPTIEMBRE	286
OCTUBRE	286
NOVIEMBRE	286
DICIEMBRE	286
TOTAL EN EL AÑO	3070

DEMANDA DE KVA FACTURADOS DENTRO Y FUERA DE PUNTA . AÑO 1996

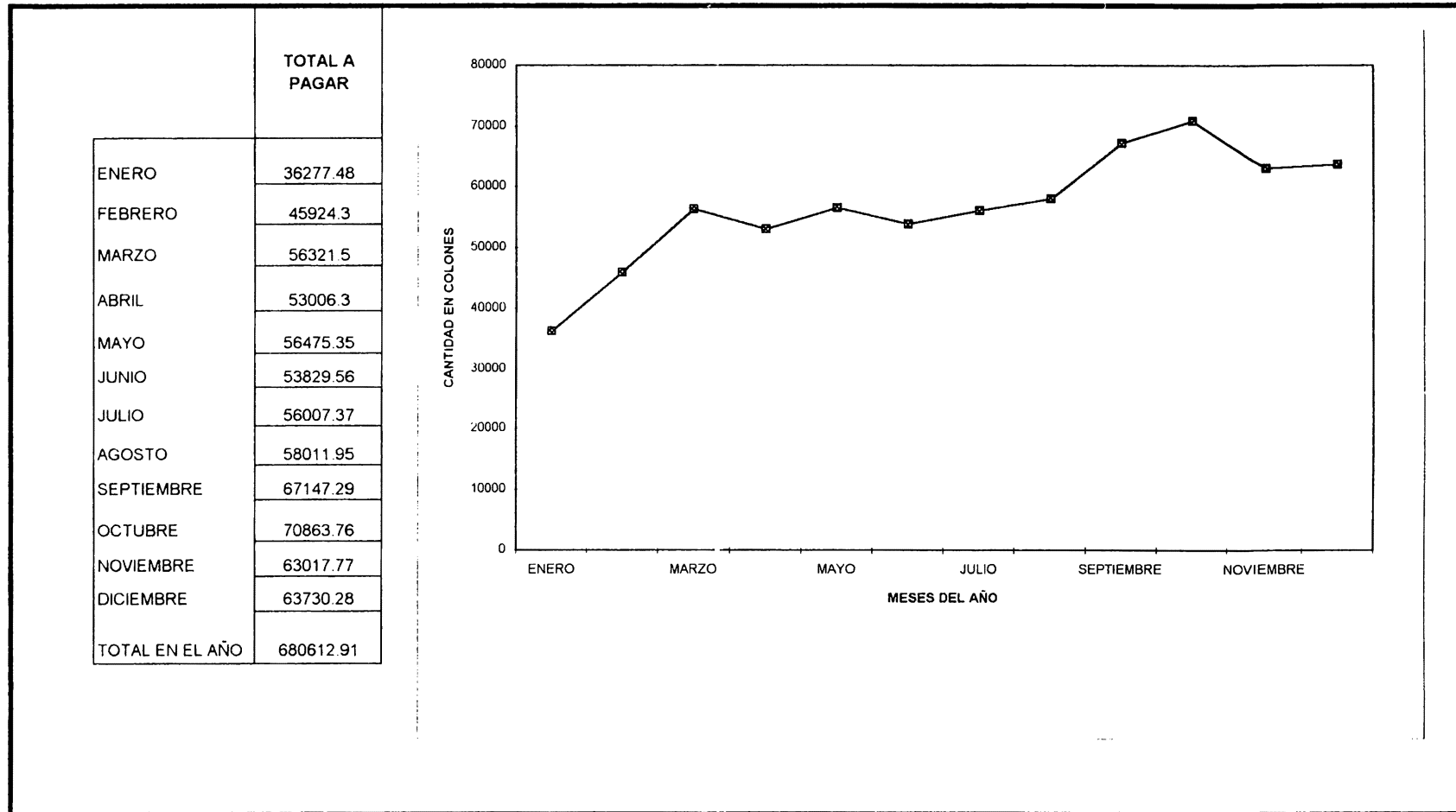


CRECIMIENTO DEL RUBRO CAESS EN 1997

MES	DEMANDA MENSUAL REGISTRADA EN KVA (FUERA Y DENTRO DE PUNTA)
ENERO	286
FEBRERO	286
MARZO	286
ABRIL	302
MAYO	302
JUNIO	302
JULIO	302
AGOSTO	302
SEPTIEMBRE	312
OCTUBRE	
NOVIEMBRE	
DICIEMBRE	
TOTAL EN EL AÑO	2680,00



CRECIMIENTO DEL RUBRO CAESS AÑO 1996



CAPITULO V

PROCESO DE DISEÑO DE UN MEDIDOR DE ENERGIA EN KW-H.

5.0 JUSTIFICACION DE MEDICION DE ENERGIA.

La medición de energía se ha vuelto un área crítica, ya que los costos que implica pueden ser decisivos en el ajuste de los gastos de una empresa. Los dos parámetros monitoreados son la tensión y la corriente de fase, que son la pauta para registrar el consumo de energía. En Ciudadela Don Bosco el consumo de energía en la hora punta representa un gasto significativo, debido a que en determinados períodos de tiempo la demanda de arrastre aumenta, incrementando los costos mensuales; por lo tanto, es necesario establecer un control en los laboratorios en las horas punta, de manera que pueda registrarse la energía y por lo tanto establecer cuánto consumen los equipos trabajando en hora punta, y así poder determinar si es necesario que algunas cargas estén conectadas durante dichas horas para contribuir a una disminución de una factura mensual.

El diseño de un sistema completo requiere, en nuestro medio, una cantidad de tiempo bastante grande, dificultades en la obtención de los componentes necesarios, equipo de prueba, etc. Todo esto complica tratar de desarrollar el sistema en 6 u 8 meses hasta sus detalles finales (circuito impreso y su respectivo panel de control.). En el desarrollo de este proyecto se trabajará en el diseño e implementación de los circuitos en forma modular (breadboard).

Se advierte que entre el diseño teórico y su implementación práctica, existen diferencias que sólo el trabajo experimental de laboratorio puede resolver; con esto no se quiere rechazar el cálculo teórico sino, más bien afirmar que éste nos ubica o fundamenta para iniciar el diseño real.

Como se pudo establecer en el transcurso del análisis de la red, se ha podido determinar la necesidad de un registro del consumo energético en el tiempo. Este existe en una forma total y es desarrollado en forma global en la Ciudadela Don Bosco. Sin embargo la Ciudadela Don Bosco está formada por diferentes áreas que representan distintos niveles de consumo de carga y éstos no son en forma equilibrada, dado que unos poseen cargas de fuerza.

Por esa razón se hace necesario determinar cuáles cargas en la Ciudadela representan el mayor consumo en términos de facturación, así también el comportamiento de las variables eléctricas como la corriente y el factor de potencia, surgiendo entonces la necesidad de medir dichos parámetros que en alguna medida revelen información vital para desarrollar una distribución más justa del pago correspondiente para cada área en función de su demanda energética a nivel individual. Por esta razón se propone medir el consumo energético en áreas de mayor relevancia, como laboratorios, talleres, etc. Para ello se propone el diseño de un prototipo de medidor electrónico de kilovatios hora.

5.1 ESPECIFICACIONES DEL MEDIDOR ELECTRONICO DE ENERGIA.

- El instrumento debe ser capaz de medir el consumo de energía en KWH.
- El medidor será monofásico, con un voltaje de fase de 120 VAC como máximo.
- La frecuencia de trabajo es para cargas que operan a 60 Hz.
- El prototipo del medidor será capaz de percibir una corriente máxima de 70 Amperios, según la factibilidad de construcción de una resistencia “ Shunt “ en serie con la carga.
- La presentación de la energía consumida será en forma digital.
- El medidor tendrá limitante de que no podrá registrar niveles de potencia demasiado pequeños debido a las caídas de tensión en el orden de los milivoltios en la resistencia Shunt; tales valores no pueden ser interpretados por los dispositivos.
- El periodo de conteo para la medición de energía puede ser ajustado para diferentes intervalos; desde varios días hasta un consumo mensual.
- La energía máxima que presentará el medidor será de 9,999.99 KWH.
- Se contará con una etapa para limitar la máxima potencia a consumir.

5.2 PRINCIPIO DE OPERACION.

La potencia instantánea viene dada por el producto de la tensión y la intensidad de corriente de la siguiente manera :

$$\text{Sea } v(t) = V_m \text{ sen } \omega t$$

$$i(t) = I_m \text{ sen } (\omega t + \phi)$$

$$= I_m [\text{sen } \omega t \cos \phi + \text{sen } \phi \cos \omega t]$$

$$P(t) = v(t) \times i(t)$$

$$= V_m I_m \text{ sen}^2 \omega t \cos \phi + V_m I_m \text{ sen } \omega t \cos \omega t \text{ sen } \phi$$

Luego la potencia promedio se obtiene de la siguiente manera :

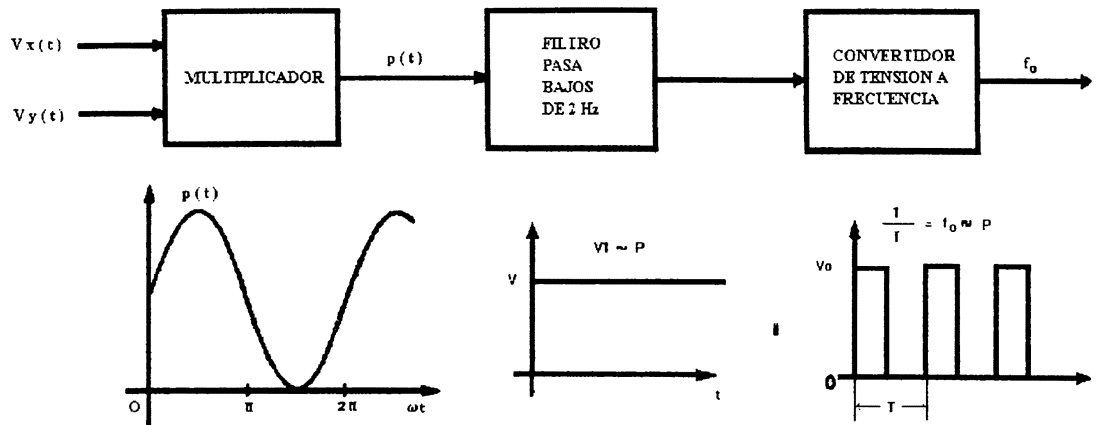
$$P(t) = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

$$= \frac{1}{T} \int_0^T V_m I_m [\text{sen } \omega t \cos \phi + \text{sen } \omega t \cos \omega t \text{ sen } \phi] dt ; \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$= \frac{V_m I_m}{T} \left[\int_0^T \left(\frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \right) \cos \phi dt + \int_0^T \frac{\text{sen } 2\omega t}{2} \text{ sen } \phi dt \right]$$

$$= \frac{1}{2} V_m I_m \cos \phi$$

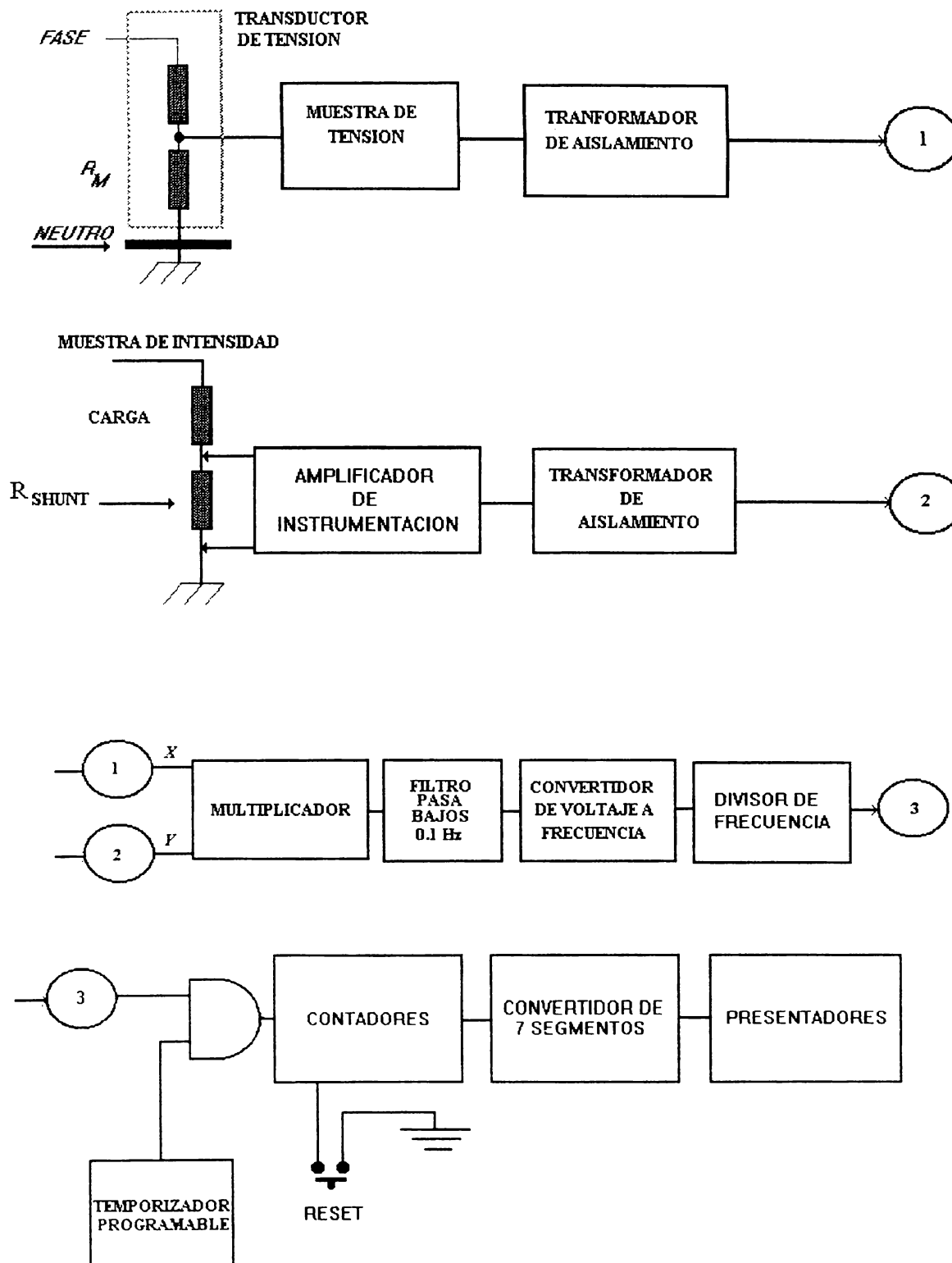
Para ilustrar el principio de operación a continuación se presenta el siguiente diagrama de bloques:



Se observa que multiplicando dos tensiones $V_x(t)$ y $V_y(t)$; la primera proporcional al voltaje de entrada y la segunda proporcional a la corriente de carga; se obtiene la potencia instantánea. La tensión de salida del multiplicador será como promedio proporcional a la potencia activa disipada por la carga. Para obtener el valor promedio del producto es solamente necesario filtrar la tensión de salida del multiplicador por medio de un filtro pasa bajos con una frecuencia de corte mucho menor que la frecuencia de la red.

La tensión de salida de éste filtro se puede aplicar a un convertidor voltaje a frecuencia, cuya salida consiste en una serie de pulsos de amplitud constante y de frecuencia proporcional a la tensión de entrada. Contando éstos pulsos, por medio de un contador digital, se tendrá una cantidad proporcional a la energía disipada durante el tiempo de medición.

5.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MEDIDOR.



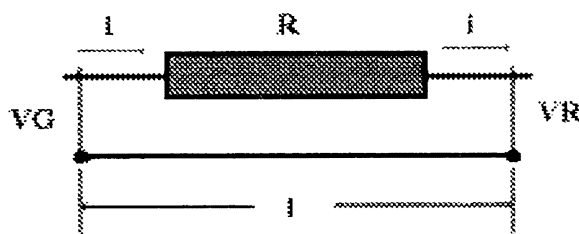
5.4 EXPLICACION DEL DIAGRAMA DE BLOQUES.

1. Medición de corriente.

Para obtener éste parámetro eléctrico, se utilizará una resistencia “ shunt “ en serie con la carga. A través de ésta se tendrá una caída de tensión proporcional a la corriente que circula por el resistor.

Como alternativas de conexión para la resistencia se pueden utilizar las siguientes :

a) Utilizar una sección de conductor que presentaría una caída de tensión en sus extremos de acuerdo a la corriente que circule a través de él. Esta resistencia debe tener capacidad de soportar altas corrientes de fase, del orden de 70 amperios. La caída de tensión en los extremos del conductor se calcula de la siguiente manera :



Por la ley de Voltajes de Kirchoff :

$$- V_g + IR + V_R = 0$$

$$V_G = IR + V_R$$

$$IR = \Delta V$$

$$R = \rho l/A$$

Por lo tanto :

$$\Delta V = I \times \rho \times l/A$$

De donde : ΔV = Caída de tensión en los extremos del conductor en porcentaje del voltaje aplicado.

ρ = Resistividad del conductor utilizado. Típicamente para el Cobre se tiene un valor de de $0.001772 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}$

L = Longitud del Conductor en metros.

A= Area en mm² de la sección transversal del conductor. Para efectos de cálculo se utilizan tablas de conductores reglamentados según normas AWG.

Se han realizado pruebas experimentales con dos tipos de materiales diferentes para corrientes de

D.C. Los resultados obtenidos se muestran en las gráficas siguientes :

CARACTERISTICA ELECTRICA DEL COBRE A LA CORRIENTE DIRECTA.

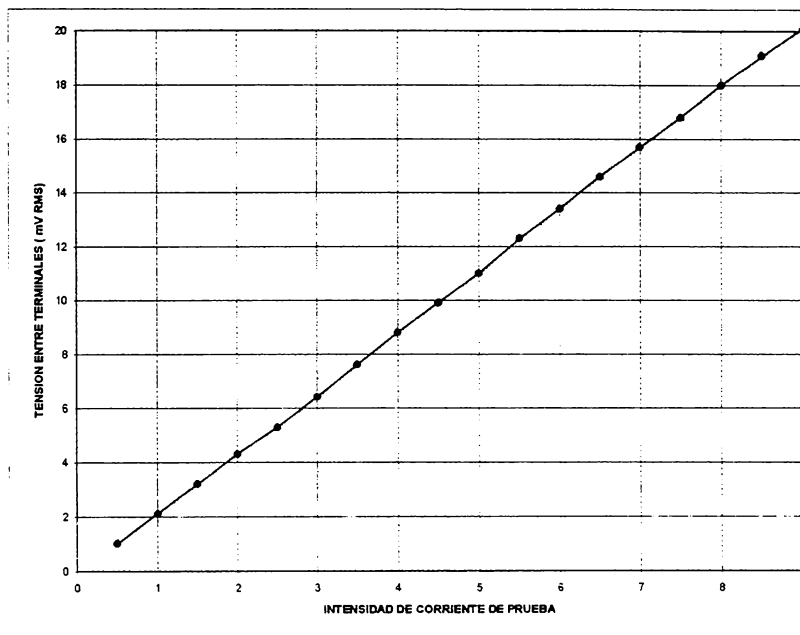
RESISTIVIDAD : 0.001772 OHMS.mm ² /m	RAZON DE CAMBIO DE LA CARACTERISTICA V I m = 2.247958 mV/A
---	--

LONGITUD DEL TRAMO = 0.856mts

TEMP = 32 GRADOS CENTIGRADOS

CAPACIDAD MANEJADA (AMPERIOS)	TENSION ENTRE TERMINALES (mV)
-------------------------------------	--

AWG # 6	
0.5	1
1	2.1
1.5	3.2
2	4.3
2.5	5.3
3	6.4
3.5	7.6
4	8.8
4.5	9.9
5	11
5.5	12.3
6	13.4
6.5	14.6
7	15.7
7.5	16.8
8	18
8.5	19.1
9	20.1



CARACTERISTICA ELECTRICA DEL ALUMINIO A LA CORRIENTE DIRECTA.

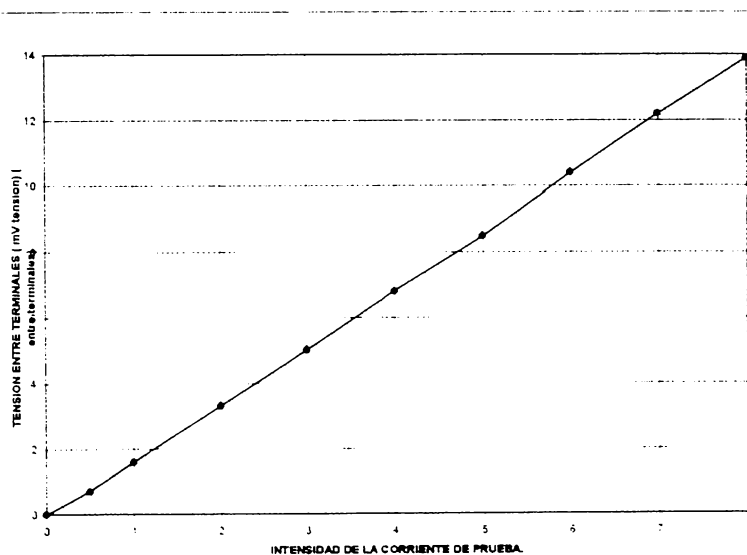
RESISTIVIDAD : 0.00262 OHMS. mm ² / m	RAZON DE CAMBIO DE LA CARACTERISTICA V I m = 1.6375 mV/A
--	--

LONGITUD DEL TRAMO = 0.75mts

TEMP = 32 GRADOS CENTIGRADOS

CAPACIDAD MANEJADA (AMPERIOS)	TENSION ENTRE TERMINALES (mV)
-------------------------------------	--

AWG # 6	
0	0
0.5	0.8
1	1.6
2	3.2
3	4.8
4	6.4
5	8.0
6	9.6
7	11.2
8	12.8
9	14.4

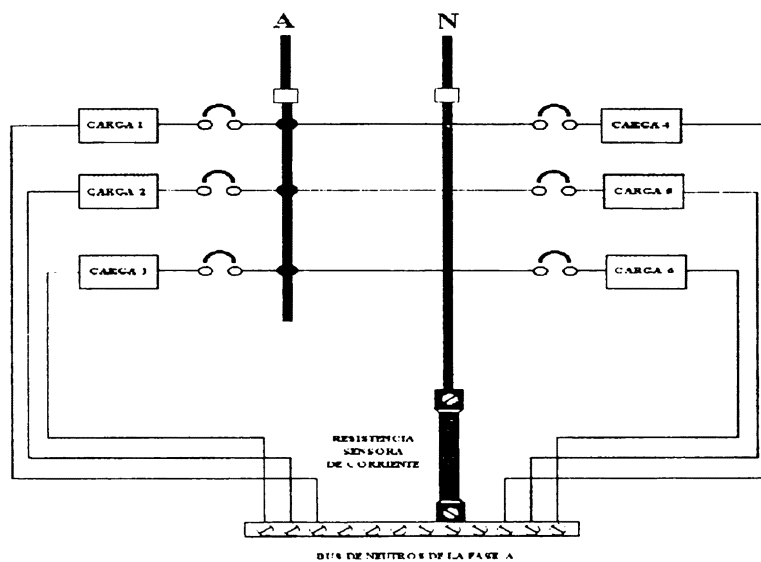


De las anteriores figuras se observa que éstos materiales presentan un comportamiento lineal para cierto rango. Con el cobre se logran mayores caídas de tensión que con el Aluminio, debido a que el Cobre es mejor conductor. Las pruebas se realizaron para una temperatura de 30 a 31 grados centígrados.

Para A.C. se debe tomar en cuenta la inductancia que presenta el conductor, para una frecuencia de 60 HZ. Esta inductancia se puede ver disminuida de acuerdo a la forma en que se arrolle el conductor, y que a la vez éste ocupe poco espacio dentro del panel del medidor.

b) Utilizar una resistencia de instrumentación, que consiste de una sección de conductor que puede soportar altos valores de corriente; capaz de proporcionar una caída de potencial en el orden de los milivoltios. Estas resistencias son compactas, y presentan alta estabilidad con respecto a variaciones de la temperatura.

Independientemente cuál sea el dispositivo utilizado para obtener el voltaje proporcional a la corriente, se plantea una propuesta de conexión que se ilustra en la figura siguiente :



2. Medición de voltaje.

Este se realiza utilizando un divisor de tensión entre la fase viva y el neutro, para obtener un voltaje lineal y a la vez que sea adecuado en magnitud para los rangos de operación de los dispositivos electrónicos a utilizar

3. Amplificador de Instrumentación.

Este es un arreglo formado por varios amplificadores operacionales, que tienen como función reducir el ruido de la señal muestreada, debido a que se trabaja con diferencias de potencial en el orden de unos pocos milivoltios, por lo que éstas señales son susceptibles al ruido, por lo que es necesario eliminar el nivel de ruido de la señal que se desea obtener para poder procesarla.

4. Etapa de Amplificación.

Esta etapa se utiliza para aumentar el nivel de la señal de corriente muestreada, de tal manera de obtener los niveles de entrada adecuados para el multiplicador. El factor de amplificación se fijará para lograr un valor de voltaje lineal, que sea proporcional a la corriente. Así por ejemplo 15 amperios podrían representar 15 milivoltios.

Esta parte se constituiría con un amplificador operacional en configuración no inversor.

5. Etapa de aislamiento.

Se utiliza para separar eléctricamente el tierra flotante, del tierra del circuito electrónico digital, con el objetivo de evitar que fallas en el sistema eléctrico repercutan en los componentes electrónicos de tal forma que éstos puedan dañarse. Para ello puede hacerse uso de transformadores de aislamiento.

6.0 Multiplicador.

Debido a que es necesario obtener una forma de onda que sea proporcional al producto de las dos señales de entrada, sin importar el desfase entre ellas; se propone la utilización de un multiplicador

analógico de cuatro cuadrantes, que para propósitos de implementación de prototipo se hará uso del multiplicador AD633.

7.0 Filtro.

Se propone la utilización de un filtro activo pasa bajos formado por un amplificador operacional y arreglos de redes R-C con el objeto de obtener el valor de D. C del producto de las dos señales provenientes del multiplicador que representa la potencia promedio consumida por las cargas. La frecuencia de Corte del filtro menor de 2 Hz. Se debe observar que la salida del filtro no presente un rizado considerable.

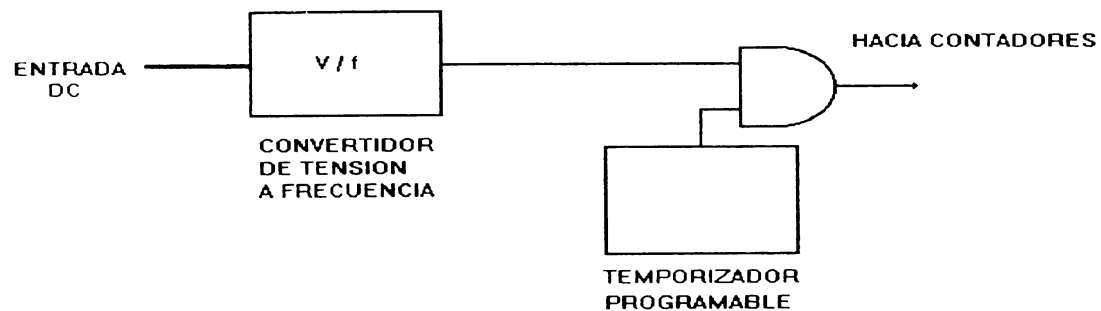
8.0 Convertidor de Voltaje a frecuencia.

Luego que se tiene un nivel de D.C, es necesario trabajar en el dominio del tiempo. Esto se realiza con un convertidor de voltaje a frecuencia.

Es necesario compensar el convertidor para obtener una frecuencia proporcional al voltaje de entrada.

9.0 Selección del período de tiempo para medición.

Esto se realiza mediante un temporizador programable, que habilita los pulsos provenientes del convertidor voltaje a frecuencia por un período determinado. Se logra a través de una combinación lógica como se muestra en la siguiente figura :



El temporizador puede ajustarse de tal manera que produzca un pulso a su salida de cierto período de tiempo, que puede ir desde varios minutos, horas, días y hasta años. Este permitirá fijar el conteo de los pulsos de los períodos antes mencionados.

10.0 División de frecuencia.

Para evitar que los presentadores se “saturen” de números demasiado rápido con los pulsos contabilizados por los contadores, se hace necesario utilizar una etapa de división de frecuencia con el objeto de disminuir el número de conteos y así facilitar una mejor representación de la potencia.

Para obtener esta división de frecuencia es necesario realizar ajustes de tal forma que determinado número de pulsos representen un KWH.

11. Contadores y convertidor BCD- 7 segmentos.

En esta parte se realiza el conteo de los pulsos, que representan la energía consumida. El contador que se puede utilizar es el MC14553. Los convertidores BCD- 7 segmentos a utilizar son el MC14543. Cada uno de éstos tiene la capacidad de habilitar tres presentadores (Display).

5.5 DISEÑO DEL MEDIDOR.

5.5.1 ETAPAS SENSORAS.

5.5.1.1 ETAPA SENSORA DE CORRIENTE.

A) AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACION.

El amplificador de instrumentación se utiliza para detectar un voltaje o corriente de fase. Está formado por los amplificadores A1, A2 y A3. (Véase FIGURA 1). Su propósito es referenciar con respecto a la masa del circuito, una señal diferencial flotante.

La señal diferencial de la resistencia Shunt (sensora de corriente), además de ser amplificada, debe ser referida con respecto al tierra del circuito, ya que ésta procede de un sistema aislado (no

referido a masa). Para ello se utilizan dos resistencias (R_1 y R_2 en el diagrama adjunto) de $1\text{ M}\Omega$ cada uno. Se conectan en las entradas no inversoras de los amplificadores operacionales A_1 y A_2 .

Estas resistencias permiten pasar del sistema aislado al sistema referido a masa. En el sistema aislado, el punto de masa proviene de la derivación central del transformador de la fuente de alimentación. Estas condiciones son necesarias, ya que los amplificadores operacionales A_1 y A_2 no trabajarán adecuadamente a menos que se suministre una trayectoria a masa para las corrientes de polarización de entrada de A_1 y A_2 .

Con respecto al amplificador A_3 , se encuentra en una configuración como amplificador diferencial, se requiere que tenga las siguientes características:

- Alta impedancia de entrada.
- Baja impedancia de salida.
- Entrada diferencial.
- Un sólo terminal de entrada.
- Errores de “offset” y ruido muy pequeños.
- Rechazo total a las señales de modo común.
- Factor de ganancia constante sin errores.

En el amplificador de instrumentación, los “buffers” A_1 y A_2 proveen buenas características de entrada, ya que la alta impedancia de los amplificadores operacionales (aproximadamente 10^{12} ohmios) eliminan los errores de efecto de carga.

Por otra parte, debido a su baja impedancia de salida, permiten usar valores de resistencias en el amplificador A_3 bastante bajos (Hasta de $1\text{ K}\Omega$).

Los buffers adaptan las señales de entrada de un amplificador diferencial balanceado (A_3), el cual provee ganancia unitaria y una buena razón de rechazo de modo común.

Además cualquier desbalance entre las resistencias R3 y R4 sólo produce un error en la ganancia sin degradar la razón de rechazo de modo común. Para este caso se seleccionaron valores de $R3 = R4 = R5 = R6 = 10\text{ K}\Omega$

El resistor que se encuentra en la entrada no inversora de A3 es variable para el ajuste fino de la ganancia a la salida del amplificador. La ganancia de voltaje para A3 (A_{V3}) es : $A_{V3} = R4/R3 = R6/R5 = 10\text{ K}\Omega/10\text{ K}\Omega = 1$

Con respecto al amplificador A3, la selección de valores bajos de resistencias de retroalimentación (que unen la entrada inversora con la salida) permiten lograr un mejor balance, ya que con valores altos de resistencias dicho balance es más difícil de obtener. Con valores bajos de resistencias se reducen bastante los errores de “offset” y de ruido producidos por los amplificadores operacionales.

El amplificador operacional utilizado en A1, A2 y A3 es el LF351, que cumple con las características antes enunciadas.

B) FACTOR DE ESCALA.

Esta sección está formada por el amplificador operacional A4, operando en configuración no inversor. (Véase figura # 1).

El propósito del amplificador operacional A4 es producir un voltaje de salida proporcional al valor de la corriente medida. Se utiliza un amplificador operacional de alta calidad, el LF351, de tal manera que los valores obtenidos a la salida no sean afectados por los potenciales de ruido y de “offset”

Se desea que un valor específico de corriente, por ejemplo, 7 amperios, sea reflejado a la salida de esta etapa con un valor de 7 milivoltios.

Sin embargo, cuando se tienen los valores de corriente de fase medidos, en la salida del amplificador de instrumentación, no se tiene un valor proporcional a ésta corriente. Para el caso particular, para 7 amperios se tiene un valor de voltaje de 3.2 mV; el voltaje que se desea es de 7 mV; por lo tanto la ganancia de ésta etapa es de

$$A_{V4} = 7 \text{ mV} / 3.3 \text{ mV} = 2.1212$$

Como el amplificador A4 está funcionando como amplificador no inversor; la ganancia en éste tipo de circuito viene dada por :

$$A_v = (1 + R_7/R_8) = 2.1212$$

Por lo tanto : $R_7/R_8 = 2.1212 - 1 = 1.1212$;

Si se escoge un valor de $R_8 = 10 \text{ K}\Omega$; $R_7 = 11,212 \text{ ohmios}$

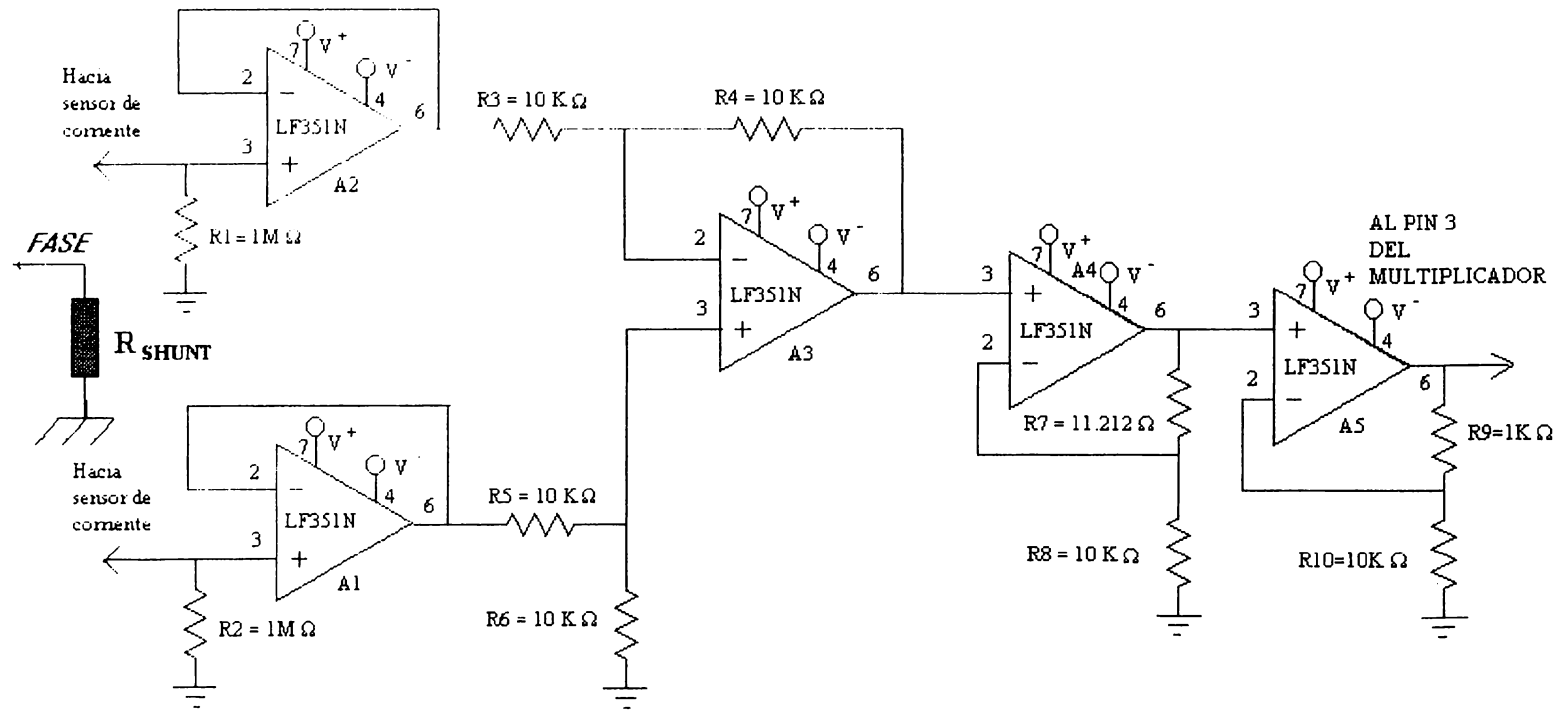
C) AMPLIFICADOR DE GANANCIA.

Esta etapa tiene la función de proporcionar amplificación de la tensión resultante a la salida del amplificador A4, para tener valores que puedan ser interpretados por los dispositivos posteriores. Para ello se amplifica a una ganancia de 100 veces el valor del voltaje a la salida del amplificador de factor de escala.

En esta etapa se utiliza un amplificador operacional A5 en configuración no inversor. El tipo de amplificador operacional utilizado es el LF351. La ganancia de voltaje (A_{V5}) se establece mediante la siguiente expresión :

$$A_{V5} = (1 + R_9/R_{10}) = 100; \text{ si se selecciona } R_9 = 1 \text{ K}\Omega ; \text{ entonces } R_{10} = 100 \text{ K}\Omega.$$

El diagrama completo de la etapa sensora de corriente se muestra en la Figura #1.



ETAPA SENSORA DE CORRIENTE

FIGURA #1

5.5.1.2 ETAPA SENSORA DE TENSION.

Está formado por un amplificador de instrumentación, igual que el descrito anteriormente. La señal de entrada se toma de un divisor de tensión entre la fase y el punto neutro. Para el divisor de tensión se tiene un voltaje de fase de 120 VAC (nominal). Se establece un divisor de tensión (Ver figura #2).

Si se fija $R_{11} = 28 \text{ K}\Omega$

$$V(R_{12}) = R_{12} / (R_{12} + 28 \text{ K}\Omega) * (120)$$

Se desea que $V(R_{12})$ sea igual a 1.2 Voltios.

Si se despeja R_{12} de ésta ecuación, se obtiene un valor de $R_{12} = 282 \Omega$.

De esta manera, se obtiene un valor de voltaje proporcional a la línea de entrada.

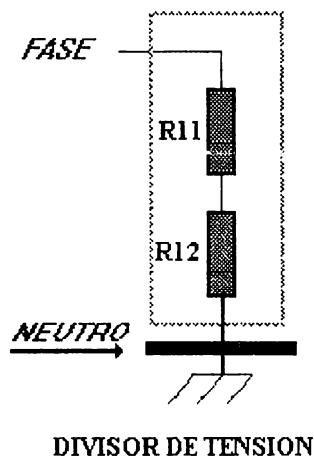
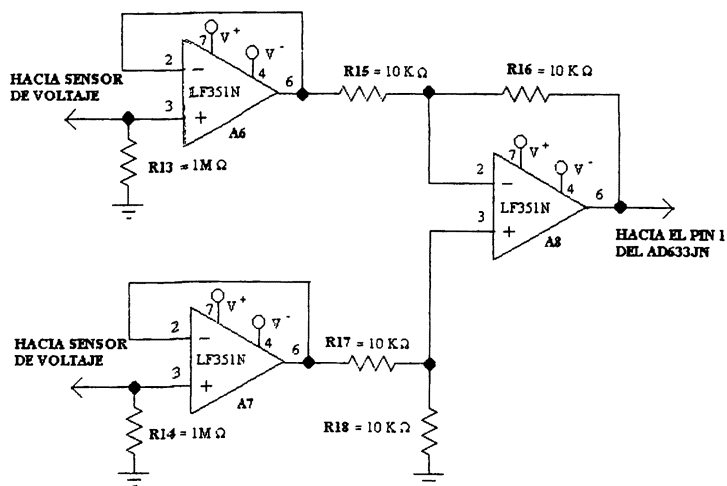


FIGURA 2

En la figura 3 se presenta el diagrama completo de el amplificador seguidor de voltaje de la fase. Se utilizaron amplificadores operacionales LF351. Los amplificadores A6 y A7 constituyen los "buffers" y el amplificador A8 se encuentra operando en una configuración diferencial. Los valores de R_{13} y R_{14} son de $1 \text{ M}\Omega$. Los valores de R_{15} , R_{16} , R_{17} y R_{18} son de $10 \text{ k}\Omega$.



ETAPA SENSORA DE TENSION.

FIGURA 3

5.5.2 ETAPAS OPERATIVAS DE CALCULO.

5.5.2.1 MULTIPLICADOR.

El multiplicador procesa ambas señales de entrada y se obtiene a la salida la forma de onda de la potencia instantánea. El multiplicador ignora las formas de onda y ángulos de fase, sólo procesa valores instantáneos. Por esta razón se puede utilizar el multiplicador para cualquier forma de onda.

El diagrama básico de conexión del multiplicador se muestra en la figura 4

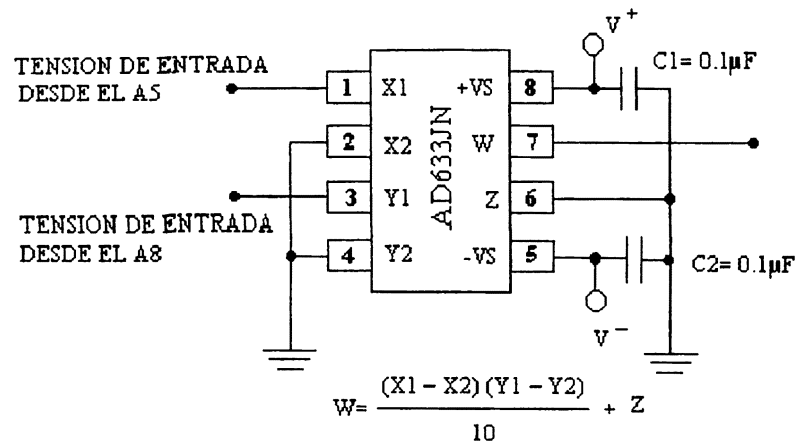


FIGURA 4

5.5.2.2 INTEGRADOR CON FILTRO PASABAJOS.

Debido a que interesa la potencia promedio, la forma de onda de la señal de potencia instantánea se lleva a través de un filtro pasa-bajos, con una frecuencia de corte aproximada a 0.1 Hz. Así, sólo se obtiene el valor D.C. (promedio) de la potencia instantánea. Los demás componentes son eliminados usando un filtro paso bajos que a la vez actúa como “buffer”(Ganancia unitaria). El diagrama se muestra en la Figura 5.

El rizado en la señal de salida del multiplicador puede ser perjudicial para el medidor. Se desea que la salida sea una señal de D.C. sin rizado, que representa la potencia promedio.

Este filtro tiene la característica de dos secciones RC aisladas, presenta una atenuación de 12 dB a dos veces la frecuencia de corte y una atenuación de 40 db/década a frecuencias altas. Para una respuesta de frecuencia plana máxima(Butterworth), los capacitores C_3 y C_4 vienen expresados por :

$$C_4 = (R_{10} + R_{20}) / (\sqrt{2} * R_{10} R_{20} * 2 * \pi * F_c).$$

$$C_3 = (\sqrt{2}) / [(R_{10} - R_{20}) * 2 * \pi * f_c].$$

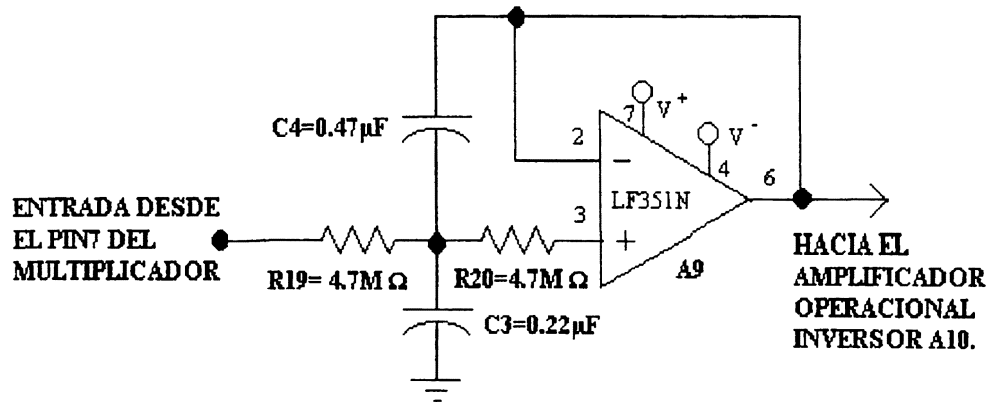


FIGURA 5

Escogiendo un valor de $R_{19}=R_{20}= 4.7 \text{ M}\Omega$. y una frecuencia de corte de 0.1 Hz; los valores de los capacitores son : $C_4=0.47 \mu\text{f}$ y $C_3=0.22 \mu\text{f}$.

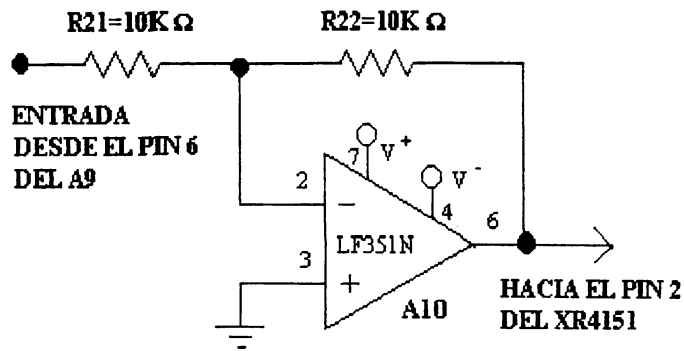
5.5.3 AMPLIFICADOR INVERSOR CON GANANCIA UNITARIA.

Debido a que en la etapa del convertidor de voltaje a frecuencia se utilizan valores negativos de entrada, se utiliza un Amplificador Operacional en configuración de ganancia unitaria como se muestra en la Figura 6.

El amplificador operacional utilizado es el LF351.

La ganancia de voltaje está dada por :

$$A_v = - (R_{21}/R_{22}) = - (10\text{K}/10\text{K}) = -1$$



5.5.4 CONVERSION DE TENSION - FRECUENCIA.

Esta etapa genera una secuencia de pulsos cuya frecuencia es proporcional a la tensión de entrada. Dado que ésta es proporcional a la potencia calculada se obtiene una frecuencia de pulsos proporcional a la potencia promedio. El nivel de tensión en la entrada del convertidor dependerá de la potencia promedio que demande la carga conectada y estará en el rango de 0 a -10 voltios; con lo cual el Convertidor proporcionará una frecuencia de 0 a 10 KHZ. Para la conversión de tensión a frecuencia se utiliza el circuito integrado XR4151, el cual es de amplia aplicación y que posee una linealidad de $\pm 0.05\%$ (Hz/V) siempre y cuando se utilice con éste una etapa integradora formada por un amplificador operacional. El diagrama del convertidor de voltaje a frecuencia se muestra en la Figura 7.

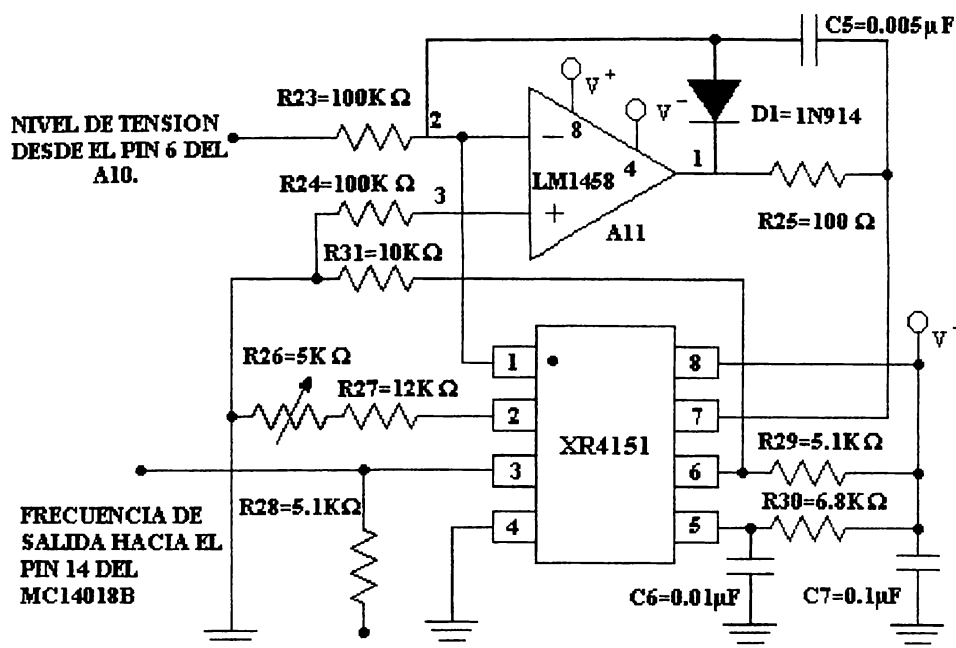


FIGURA 7

El Cálculo para el diseño para la conversión de tensión a frecuencia utilizando el XR4151 para un nivel de tensión máximo de entrada de -10 voltios, y una frecuencia máxima de salida de 10 KHZ se desarrolla a continuación :

De acuerdo a las instrucciones del fabricante.

- Se fija el valor de $(R_{26} + R_{27}) = 14 \text{ K}\Omega$, $R_{30} = 6.8 \text{ K}\Omega$, $C_6 = 0.01 \mu\text{f}$
- Se calcula un factor de escala "K" de proporcionalidad del IC.

$$K = (R_{26} + R_{27}) / (R_{23} * R_{30} * C_6)$$

$$K = (14 \text{ K}\Omega) / (100 \text{ K}\Omega * 6.8 \text{ K}\Omega * 0.01 \mu\text{f}) = \text{Hz/Voltio}$$

$$f_0 = V_{\text{entrada}} * K$$

$$f_0 = 10 \text{ Voltios} * 1000 \text{ Hz/Voltio} = 10.000 \text{ Hz.}$$

- Se calcula el capacitor C_5 , que se utiliza para formar la etapa del integrador junto con el amplificador operacional.

$$C_5 = 5 * 10^{-5} * (1/f_0) = 5 * 10^{-5} (1/10000 \text{ HZ}) = 0.005 \mu\text{f}$$

- El slew rate mínimo que debe poseer el Amplificador Operacional debe de ser :

$$\text{SR} = 135 * 10^{-6} * (1/C_5) = 27,000 \text{ Voltios/segundo} = 0.027 \text{ Voltios}/\mu\text{s}$$

5.5.5 DIVISION DE FRECUENCIA.

Esta sección se utiliza para dividir la la serie de pulsos de frecuencia proporcionada por el XR4151 en submúltiplos de frecuencia con el único objetivo de no saturar rápidamente los display de la etapa de presentación digital de tal manera de mostrar una cantidad que sea equivalente a la potencia promedio que esté demandando la carga. Para el diseño se ha limitado que el nivel de intensidad máximo será de 70 Amperios; de acuerdo a lo anterior, se tiene :

$$P = V * I * \cos \theta; \text{ Si F.P.} = 1; \text{ entonces :}$$

$$P = V * I = 120 \text{ V} * 70 \text{ A} = 8,400 \text{ Watts.}$$

Para ejemplificar la operación del circuito y su linealidad, de acuerdo a la frecuencia, se presenta la siguiente tabla:

Tensión a la entrada del XR 4151	Frecuencia de salida del XR4151	Potencia proporcional a la frecuencia	Pulsos por segundo a la entrada del divisor de frecuencia
10 Voltios	10.000 HZ	10.000 Watts	10.000 pulsos/segundo
9 Voltios	9.000 HZ.	9.000 Watts.	9.000 pulsos/segundo.
8.4 Voltios	8.400 HZ.	8.400 Watts.	8.400 pulsos/segundo
5 Voltios	5.000 HZ.	5.000 Watts.	5.000 pulsos/segundo.
0	0	0	0

A continuación se presenta el cálculo para determinar la cantidad de circuitos integrados para la división de frecuencia y el número de veces por el cual hay que dividir la frecuencia para obtener una representación adecuada de la potencia consumida en una hora (energía en KW-H).

Se tiene una carga que consume 10 KW durante una hora, entonces se generarán 10,000 pulsos/seg. durante una hora; lo cual da como resultado:

$$10,000 \text{ pulsos/seg} * 3,600 \text{ seg/hora} = 36,000,000 \text{ pulsos/hora}$$

Los pulsos anteriores deben representar 10,000 Watts - Hora en la etapa de presentación digital, de tal forma de obtener la cantidad de 10.00 KW-H (Cantidad con décimas y centésimas).; entonces se tiene que dividir los 36,000,000 de pulsos/hora por la cantidad de 36,000 lo cual da como resultado 1000 pulsos - hora que es proporcional a 10.00 KW - H. Lo anterior se logra con 5 circuitos integrados MC14018B, que son divisores de frecuencia por "n"; donde "n" toma valores desde 2 hasta 10. Los 3 primeros Circuitos integrados, dividen por 10 y los dos últimos dividen por 6; de tal manera que el producto de $10*10*10*6*6=36,000$.

La secuencia de pulsos que se generan se utilizan para incrementar el contador BCD de la sección de conteo de pulsos.

El diagrama de los divisores de frecuencia se muestra en la Figura 8.

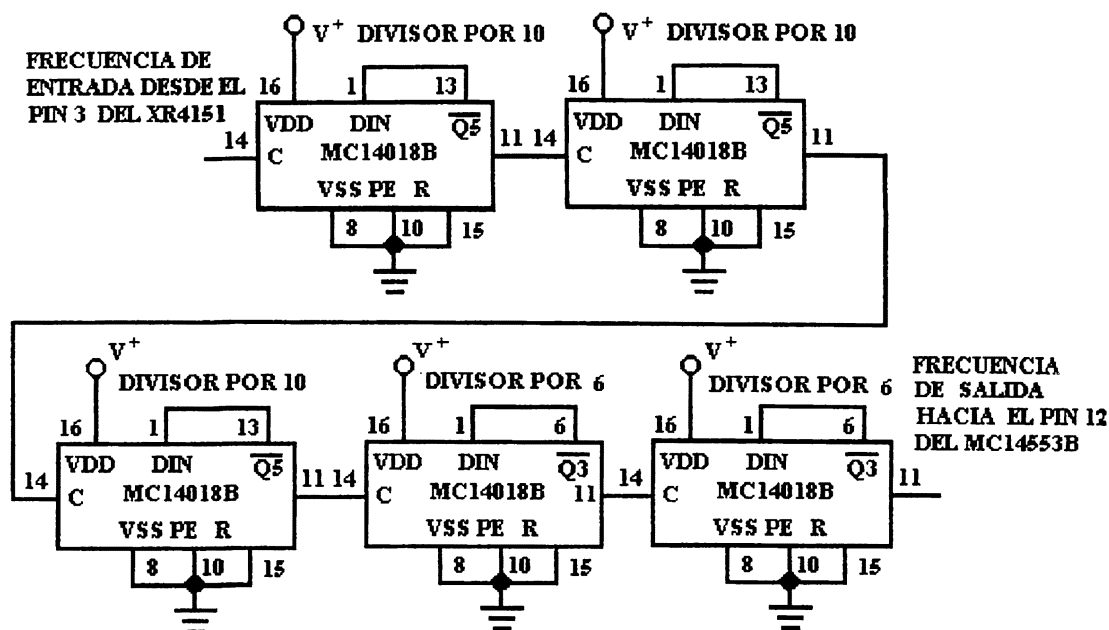


FIGURA 8

5.5.6 SECCION DE PROGRAMACION DEL TIEMPO DE MEDICION.

El propósito de esta sección es de que el usuario pueda programar el tiempo durante el cual el medidor registrará la energía consumida por la carga durante un periodo de tiempo determinado; el cual puede variar desde horas, días y como máximo un año. Esta modalidad permite al usuario verificar cuánta energía se consume en determinadas horas.

La Figura 9 muestra el diagrama de la sección de temporización.

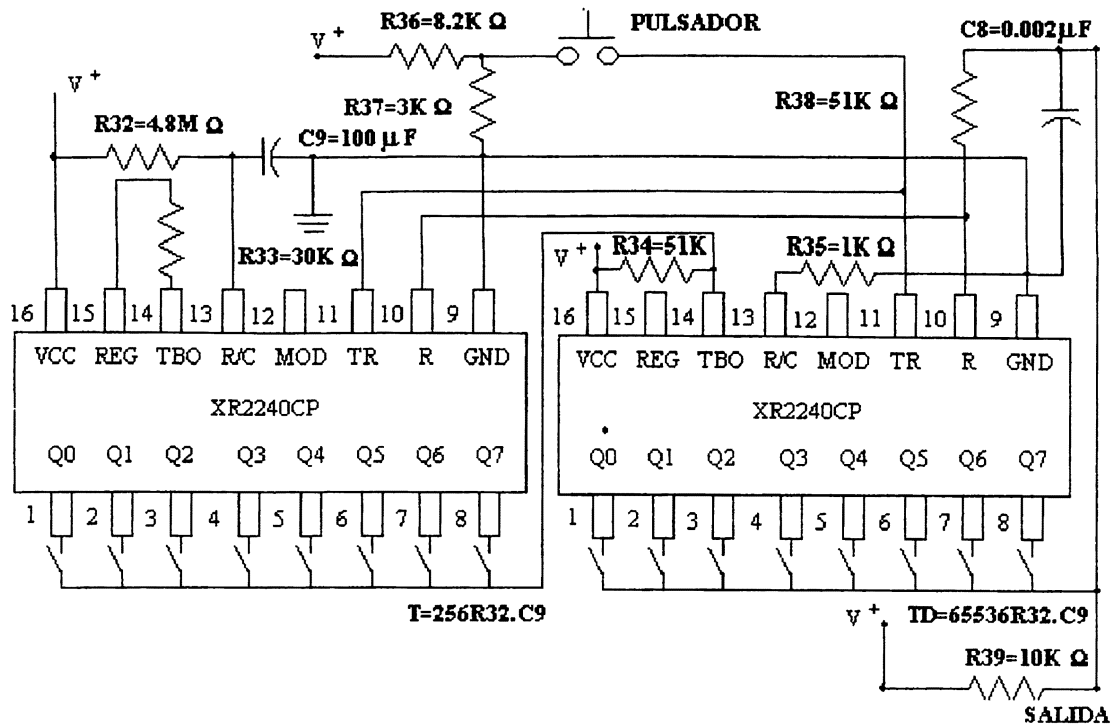


FIGURA 9

El temporizador se configura en una operación monoestable y para ello se utiliza el XR2240, que está constituido internamente por un temporizador 555, un contador binario de 8 bits y un circuito de control.

Para el diseño propuesto, se podrán realizar programaciones de tiempo desde un mes hasta un año y para ello se utiliza dos XR2240 en cascada tal como se muestra en la Figura 9.

Un pulso de tensión positivo aplicado a las entradas 11 de cada XR2240 inicializa la base de tiempo del oscilador interno formado por un 555. Un pulso de tensión positivo en el pin 10 (terminal de restablecimiento) detiene la base de tiempo de el oscilador 555 interno.

El nivel de tensión mínimo de umbral para ambas terminales es de ≈ 1.4 Voltios.

El periodo "T" de base de tiempo para un ciclo del oscilador 555 interno se establece por medio de una red RC externa. entre las terminales 13 y 16 del primer XR2240 y el periodo "T" se calcula de la siguiente manera : $T = R_{32} \cdot C_9$.

Para la programación del tiempo se utilizan dos microinterruptores que seleccionan las posiciones o pesos binarios en cada uno de los temporizadores que se pueden combinar para la selección del tiempo adecuado. Los pesos binarios son :

2^n ; donde n toma valores desde 0 hasta 8 en cada uno de los circuitos integrados; para la programación del tiempo de un mes se debe seleccionar las siguientes combinaciones en los pines adecuados de los dos temporizadores :

Si un mes es equivalente a 2,678,400 segundos, entonces :

$$T1 = 256 R_{32} \cdot C_9$$

$$T1 = 256(480 \text{ seg.}) = 122,880 \text{ segundos.}$$

Por lo tanto : $2,278,400 \text{ segundos} / 122,880$ es igual a 22.5; lo que indica que hay que realizar un arreglo en el segundo temporizados para obtener una constante de 22.5 y éstos se realiza interconectando los pines 2,3 y 5.

Si se desea la programación de tiempo para un año, se tienen que seleccionar todos los microinterruptores (cerrarlos) dando como resultado un período de tiempo de $65536T$ igual a $65,536 * 480$ segundos, que es igual a 364 días.

5.5.7 CONTEO DE PULSOS Y CONVERSION DE BCD A 7 SEGMENTOS.

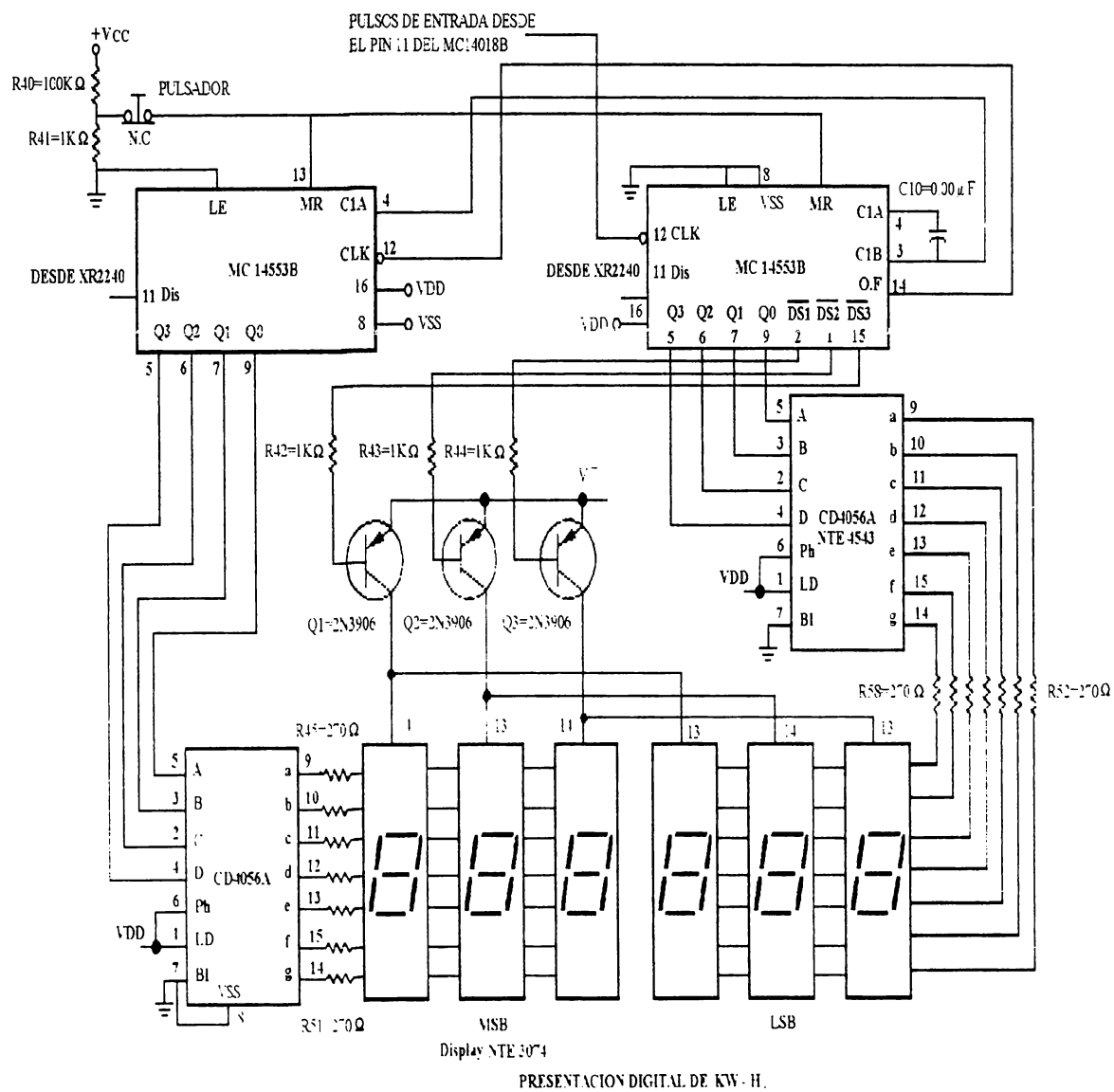
En esta sección se utilizan dos contadores BCD de 3 dígitos conectados en cascada para realizar una mayor capacidad de conteo. tienen como propósito registrar la cantidad de pulsos y hacer una codificación en BCD para representar la potencia promedio que la carga consume en un intervalo de tiempo. Esta etapa hace un conteo de los pulsos provenientes de la salida de la sección de división de frecuencia y dependiendo de la cantidad de estos se incrementa el conteo que representa los KW-H.

En esta etapa se utilizan dos circuitos integrados MC14553B que realiza el conteo y una codificación a BCD.

La decodificación de BCD a 7 Segmentos se utiliza para hacer una representación digital de los KW-H consumidos por la carga. Para ello se utilizan dos circuitos integrados NTE14543B y tres presentadores (display) NTE 3074.

A continuación se presenta el diagrama en la Figura 10.

FIGURA 10



5.6 DESARROLLOS FUTUROS DEL MEDIDOR DE KWH.

Dentro de las futuras mejoras que se pueden concebir en el medidor, éstas se pueden realizar en tres sentidos :

5.6.1 Capacidad del medidor.

5.6.1.1 Ampliación del número de fases

Dentro de las mejoras que pueden realizarse en la etapa de medición se encuentran :

a) Medición monofásica, 3 hilos (Trifilar).

En esta etapa es necesario agregar otros componentes adicionales, similares a los presentados en el diagrama de bloques del medidor, específicamente las partes siguientes :

- 1) Muestra de voltaje y corriente de otra fase.
- 2) Acondicionamiento de las señales obtenidas.
- 3) Otro multiplicador.
- 4) Un sumador.

El diagrama de bloques general se muestra en la FIGURA 11

b) Medición trifásica.

Para llevar a cabo esta parte, es necesario tomar las muestras individuales de tensión y corriente en cada una de las tres fases, tal como se ha hecho con el diseño previo ; además es necesario utilizar una sección formada por un sumador, el cual procesa las señales proveniente de cada uno de las tres secciones de multiplicación.

El diagrama de bloques correspondiente se muestra en la FIGURA 12.

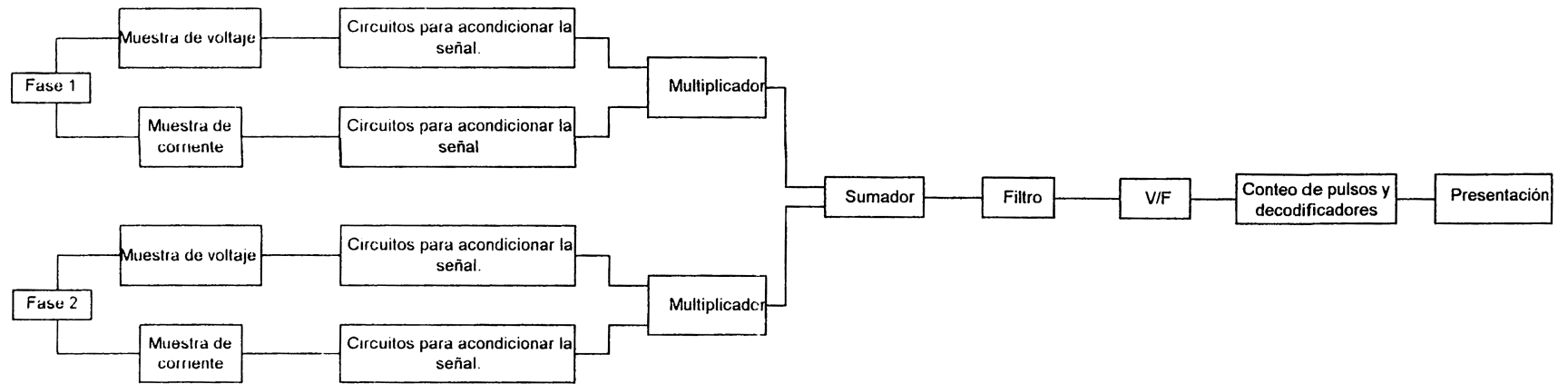


FIGURA 11

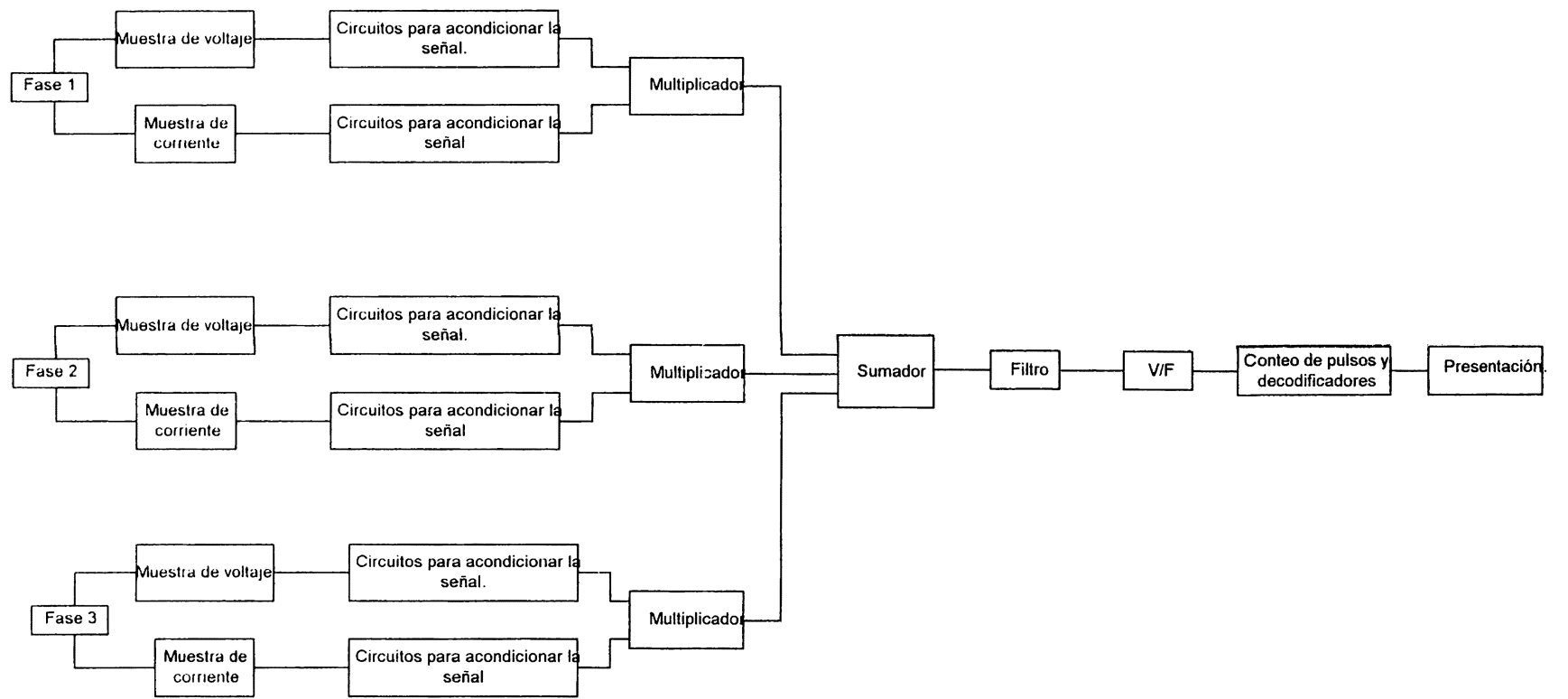


FIGURA 12

5.6.1.2 Ampliación en los rangos de voltaje y corriente de entrada.

Para esto se necesita simplemente modificar el sensor de corriente de tal manera que éste posea una capacidad de conducción de corriente mayor que 70 A y que a la vez en los extremos de ésta se produzca una caída de tensión que no exceda los límites máximos que los dispositivos sensores y adaptadores de éste señal puedan permitir. Además es factible utilizar transformadores de intensidad con una mayor capacidad para poder sensor niveles de corriente más altos. Para efectos de tener menores costos, existen resistencias especiales para instrumentación electrónica que pueden soportar corrientes de hasta 150 Amperios, proporcionando en sus extremos una caída de tensión de 60 mV a esa corriente. El costo de una de éstas resistencia oscila entre \approx 350 y \approx 400. Para los niveles de tensión, sólo es necesario realizar un nuevo arreglo divisor de tensión que permita linealizarlo y éste debe estar constituido por un par de resistores del 1% de tolerancia y que cumplan con las características de disipación de potencia adecuadas.

5.6.1.3 Ampliación de la capacidad de registro de KW-h.

En este diseño básico del medidor es factible aumentar la capacidad del registro de los KW-h, en un rango máximo de 99,999,9 KW-h ya que para esto sólo es necesario agregar otro IC divisor de frecuencia MC1408B que divida por 10 veces más en la etapa de división de frecuencia, pero se tiene el inconveniente de que la lectura sólo tiene presentación de unidades y décimas de KW-h. Además de puede agregar otro contador BCD a tres dígitos en cascada en la sección del registro de los KW-h que permitirá manejar 3 dígitos más; por lo tanto se tendría un registro de nueve dígitos y entonces el medidor tendría la capacidad de mostrar lecturas de KW-h mucho mayores.

5.6.1.4 Mejoras en la precisión.

Esto depende de la calidad de los dispositivos electrónicos que conforman el medidor y de los ajustes que se le hagan al mismo; con esto se obtiene una mayor precisión en el registro de los KW-h por ejemplo en las etapas sensoras de intensidad y de tensión se podrian utilizar

amplificadores de instrumentación encapsulados en un solo chip que permiten una mejor precisión en las señales a procesar.

5.7 Otras funciones adicionales en el medidor.

5.7.1 Sistema de emergencia para retención de datos.

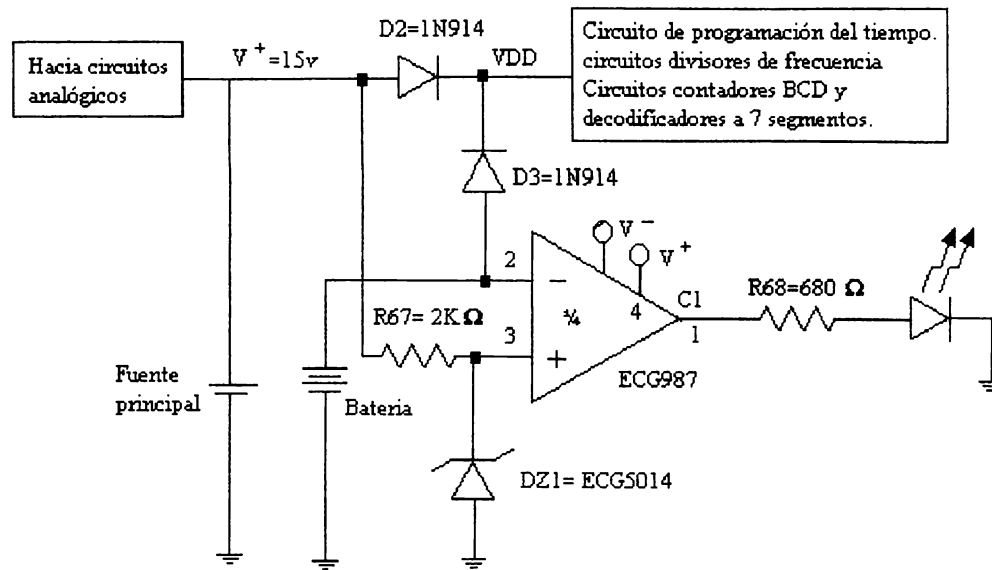
Esta sección tiene como propósito energizar la parte digital y la sección de programación del tiempo de medición de tal forma que cuando deje de operar la fuente de alimentación principal, los datos que representan los KW-H no se pierdan, sino que siempre estén presentes para disposición del usuario.

Esta sección está compuesta por dos diodos y una batería de nueve voltios tipo alcalina que es capaz de proporcionar una intensidad de 50 mA constantes durante 56 horas continuas que brinda las características necesarias de alimentación mientras se restablece la fuente principal.

La Figura 13 muestra el diagrama de ésta sección.

El principio de funcionamiento consiste que cuando la fuente principal está operando, y el nivel de tensión de ésta es mayor que el nivel de la batería el diodo D2 se polariza en directa y el diodo D3 se encuentra polarizado en inversa, por lo tanto la fuente principal se encuentra energizando al circuito. Cuando el nivel de tensión de la fuente principal decae por debajo del nivel de la batería, el diodo D3 se polariza en directa y el diodo D2 se polariza en inversa permitiendo que la batería entre a funcionar, por lo tanto alimenta el circuito digital cuando la fuente principal falle, es así de esta manera que el dato que representa los KW-h permanece almacenado en los latch (cerrojos) de los contadores.

FIGURA 13



Además este circuito incorpora un sistema indicador cuando la batería se encuentra a un nivel de tensión en el cual su carga no es suficiente para alimentar los circuitos expuestos en el diagrama anterior. Está constituido por un comparador de tensión y un diodo zener de referencia que determina el nivel mínimo en el cual la batería ya no cumple con los niveles adecuados de alimentación cuando la fuente de alimentación principal esté fuera de operación.

5.7.2 Sección de visualización de la potencia nominal consumida.

Esta etapa se utiliza para observar qué fracción de la carga (máxima potencia) está siendo utilizada y así no sobrepasar el rango máximo.

Esta sección está conformada por 10 comparadores encapsulados en tres dispositivos ECG 987, en el cual cada uno contiene internamente 4 comparadores, los cuales cada uno de ellos activa un led que indica un 10% de incremento uno respecto del otro.

DISEÑO :

De acuerdo a la tabla expuesta en la sección de conversión de tensión a frecuencia se tiene : 8.4 V que equivalen a 8.4 KW y esto es el 100% del rango máximo de medida. Es necesario seleccionar con un potenciómetro la tensión que representa la máxima potencia deseada. Para calcular una red

divisora de tensión, se determina que por ésta circulará una intensidad máxima de 1mA ; por lo tanto ; $V=IR$; de donde $R = 8.4V/1mA = 8,400$ ohmios.

Pero se necesitan caídas de tensión en 10 resistores que cada uno representa el 10% de incremento de caída de tensión, la cual a su vez es un 10% de incremento de la potencia promedio. Entonces $R = 8,400/10 = 840$ ohmios, implica que cada resistor de la red tiene que ser de 840 ohmios.

La caída de tensión en cada uno de los extremos de éstos resistores será :

$$V = 1mA * 840 \text{ ohmios} = 0.84 \text{ Voltios.}$$

Por lo tanto cada incremento de 0.84 voltios se tendrá un 10% de incremento de la potencia promedio.

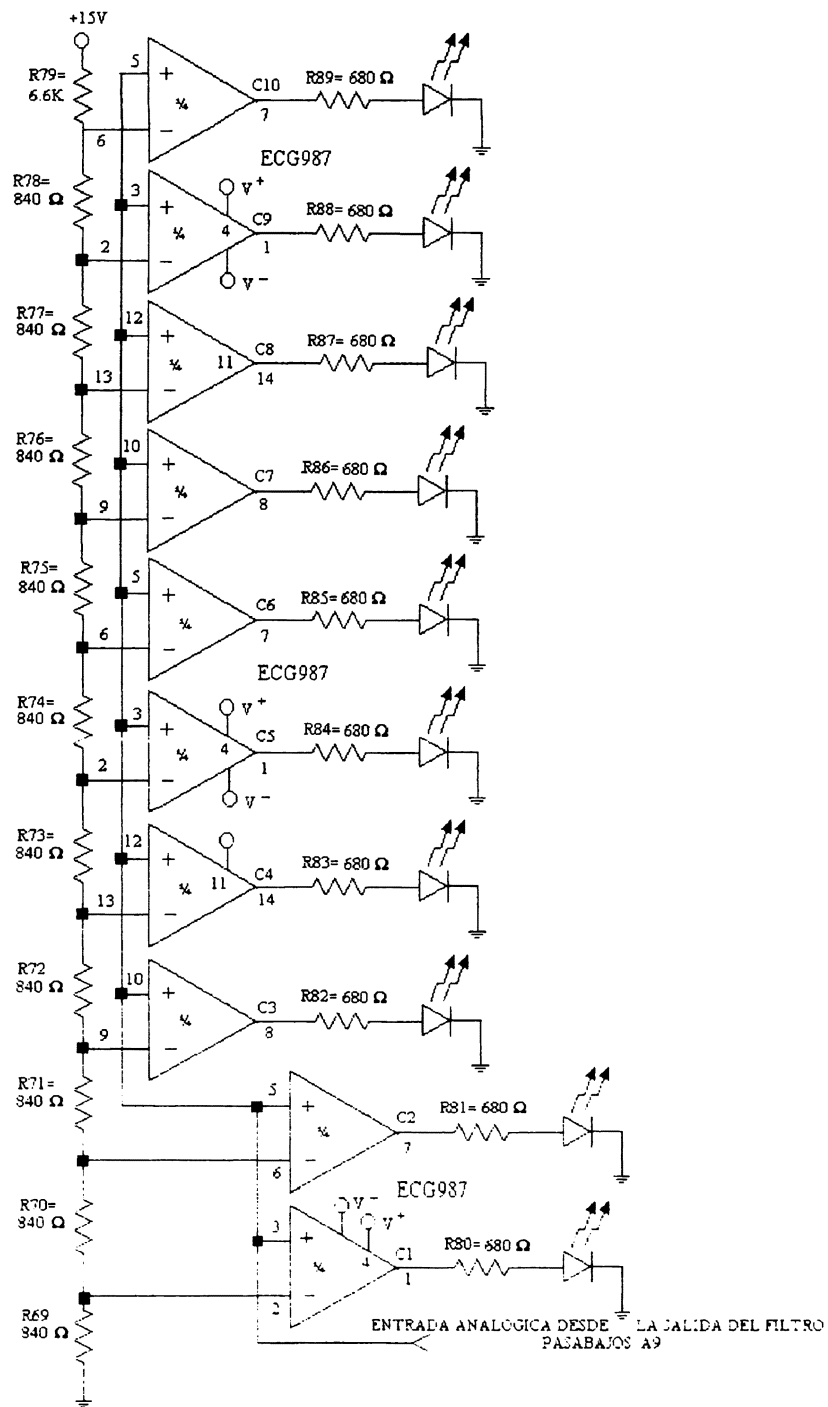
La tabla 1 muestra la relación en porcentaje tensión-potencia.

Caída de tensión en resistores.	Potencia(KW)	LED ON	PORCENTAJE
>0.84	0.840	1	10%
>1.68	1.68	2	20%
>2.52	2.52	3	30%
>3.36	3.36	4	40%
>4.2	4.2	5	50%
>5.04	5.04	6	60%
>5.88	5.88	7	70%
>6.72	6.72	8	80%
>7.56	7.56	9	90%
>8.4	8.4	10	100%

TABLA 1

El diagrama general de esta sección se presenta en la Figura 14

FIGURA 14



5.8 Sección de aislamiento eléctrico.

El objetivo de ésta etapa es garantizar la seguridad eléctrica para el usuario en las secciones subsiguientes, ya que aísla el punto de referencia flotante (fase) de la masa del circuito.

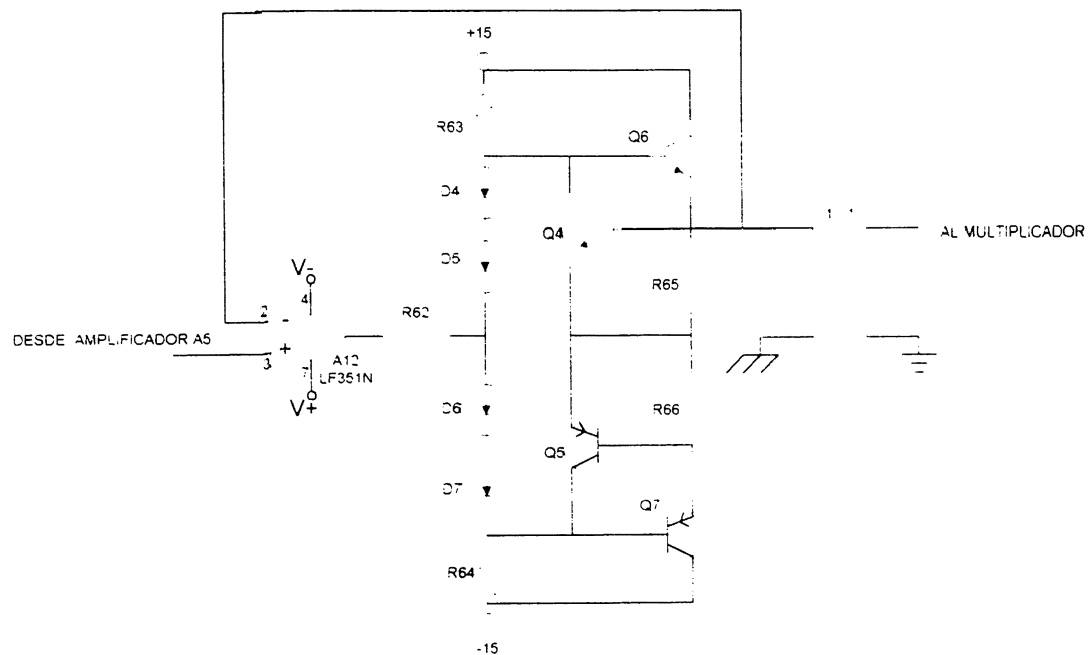
La señal que se toma como muestra de corriente posee una amplitud pequeña en el orden de milivoltios y su capacidad de corriente no es suficiente para excitar el transformador que se utilizaría ; por lo tanto, se utiliza una etapa adicional en el circuito que amplifique los niveles de corriente y preserve la estabilidad de las etapas precedentes.

Esta sección debe presentar una alta impedancia de entrada, baja impedancia de salida y suministrar el nivel de tensión y de corriente de cargas deseados.

La Figura 15 muestra el diseño propuesto :

La excitación del transformador se realiza a través del amplificador operacional A12 actuando como seguidor junto con un circuito adicional para elevar el nivel de intensidad. Este circuito utiliza dos transistores complementarios (Q6 y Q7) para suministrar las dos polaridades deseadas de corriente a la salida. Dichos transistores se encuentran en configuración de emisor seguidor para proveer alta impedancia de entrada al amplificador operacional A12, baja impedancia de salida, amplio ancho de banda y alta ganancia de corriente.

FIGURA 15



Sino existe señal presente, los transistores Q6 y Q7 están polarizados de manera que conducen pequeñas corrientes de colector (Operación en Clase AB). La trayectoria principal para la corriente de polarización de base es de +15 Voltios a través de R63, D4, D5, D6, D7 y R64 hasta el nivel de -15 Voltios. La pequeña corriente de base de polarización de Q6 está balanceada por la que retorna de la base de Q7.

La caída de tensión a través de D4, D5, D6 y D7 mantiene la polarización de las uniones base-emisor de Q6 y Q7 ; por lo tanto éstos conducen todo el tiempo, pero en ausencia de señal, las corrientes de colector serán pequeñas. Cuando llegue una señal, Q6 conduce más corriente de colector, para señales positivas y Q7 conduce para señales negativas.

Este circuito incorpora también protección contra cortocircuitos o sobrecargas. Cuando se produce un cortocircuito, ya sea a tierra o a una de las fuentes, o la resistencia de carga es demasiado pequeña se produce un aumento en la corriente de salida la cual provoca una caída de tensión en R65 o en R66 tal que la unión base emisor de Q4 o Q5 se polariza en directa haciendo conducir al transistor. Al conducir el transistor de protección, se produce una derivación de la corriente de base a través de él, el cual hace que la corriente de salida quede limitada al nivel de protección requerido. La operación de este circuito es afectada por la dependencia de la polarización base emisor con respecto a la temperatura.

5.9 DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACION.

La fuente de poder que alimenta cada una de las secciones que conforman el medidor debe de tener las siguientes características:

- a) Nivel de tensión de salida bipolar de +/- 15 Voltios.
- b) Corriente máxima de salida de 1 Amperio.

A continuación se detallan los cálculos necesarios para determinar los parámetros de los dispositivos que conforman la fuente de alimentación:

Se utilizan para este diseño reguladores fijos de tensión (de 3 terminales) de +15 y -15 voltios ; se seleccionan LM7815 y LM7915 ; la tensión de entrada mínima para los cuales éstos comienzan a regular son 17.7 y -17.7 Voltios respectivamente.

DESARROLLO DE CALCULOS PARA EL DISEÑO.

Cálculo de la caída de tensión interna V_{do} en los reguladores de tensión:

$$V_{do} = V_{EN.MÍN} - V_{REGULADO} = 17.7 \text{ V} - 15 \text{ V} = 2.7 \text{ V}$$

Cálculo de la tensión eficaz V_{rms} en el secundario del transformador con derivación central:

donde:

$$V_{rms} = 1.1 * \frac{V_o + V_{do} + V_{rect} + V_r}{\sqrt{2}} * \frac{V_{nominal}}{V_{minimo}}$$

Tensión de salida regulada = $V_o = V_{REGULADO}$

Caída de tensión en directa del diodo = $V_{rect} = 1 \text{ v}$

Máximo nivel de rizado que tendrá la fuente de alimentación a la salida = $V_r = \text{voltaje de rizado} = 3 \text{ Voltios.}$

Nivel de tensión de línea nominal = $V_{nominal} = 120 \text{ VAC.}$

Nivel de tensión de línea mínimo = 10% menos del $V_{nominal} = 108 \text{ VAC.}$

Luego entonces, $V_{rms} = 18.754 \text{ Voltios.}$

Cálculo de la corriente eficaz I_{rms} en el secundario del transformador:

$I_{rms} = 1.2 I_o$. Donde:

$I_o = \text{corriente de salida } I_o$

$I_{rms} = (1.2) \cdot 1 \text{ A} = 1.2 \text{ Amperios}$

Cálculo de la potencia aparente del transformador:

$$S = I_{rms} \cdot V_{rms} = (1.2) \cdot 18.754 = 22.5 \text{ VA.}$$

- Con los cálculos anteriores las especificaciones del transformador con derivación central son:

Lado primario 120 V.AC.

Lado secundario:

$$I_{rms} = 1.2 \text{ A}$$

$V_{rms} = 37.5 \text{ V}$ considerando el nivel de tensión en toda el devanado secundario

$$S = 22.5 \text{ VA} (2) = 45 \text{ VA}$$

- **Cálculo del capacitor. a plena carga y en condiciones nominales de línea.**

Cálculo de la tensión pico máxima V_m que soportará el capacitor:

$$V_m = \sqrt{2} (V_{rms} / 1.1)$$

$$V_m = \sqrt{2} (18.754 / 1.1) = 24.11 \text{ Voltios}$$

Cálculo del voltaje máximo al cual se va a cargar el capacitor, $V_{I(PEAK)}$:

$$V_{I(PEAK)} = V_m - V_{rect}$$

$$V_{I(PEAK)} = 24.11V - 1V = 23.11 \text{ V.}$$

Angulo de conducción y descarga θ del capacitor:

$$\theta = \cos^{-1} (V_{i(PEAK)} - V_r / V_{i(PEAK)})$$

$$\theta = \cos^{-1} (23.11 - 3 / 23.11) = 29.519^\circ$$

Cálculo del Periodo de conducción T_{COND} :

$$T_{COND} = (\theta / 360^\circ) (1/F) \text{ donde:}$$

F = frecuencia de 60 Hz.

$$T_{COND} = (29.519^\circ / 360^\circ) (1/60 \text{ Hz}) = 1.37\text{mS.}$$

Cálculo de la capacidad de condensador C:

$$C = (I_o / V_r) (T/2 - T_{COND})$$

$$C = (1/3) (60 \cdot 10^{-3} / 2 - 1.37\text{mS})$$

$$C = 2359.7 \mu\text{F.}$$

De acuerdo a lo anterior se debe seleccionar un capacitor de 25 V y de una capacidad de **2500 μ F**.

- Características del los diodos rectificadores bajo condiciones altas de línea :

Tensión máxima pico $V_{m(PEAK)}$ de entrada en los diodos

$$V_{m_{max}} = V_{m(PEAK)} (1.1) = 24.11V(1.1) = 26.521 \text{ V}$$

Nivel de tensión inversa pico PIV en el diodo.

$$PIV = 2 V_{m_{max}} - V_{D(ON)}$$

donde $V_{D(ON)}$ es la caída de tensión en el diodo polarizado en directa.

$$PIV = 2(26.521 \text{ V}) - 1 = 52 \text{ V}.$$

Por razones de seguridad se seleccionan diodos con PIV mayores que **100 V**.

Entonces el diodo debe ser capaz de conducir una corriente **I** de:

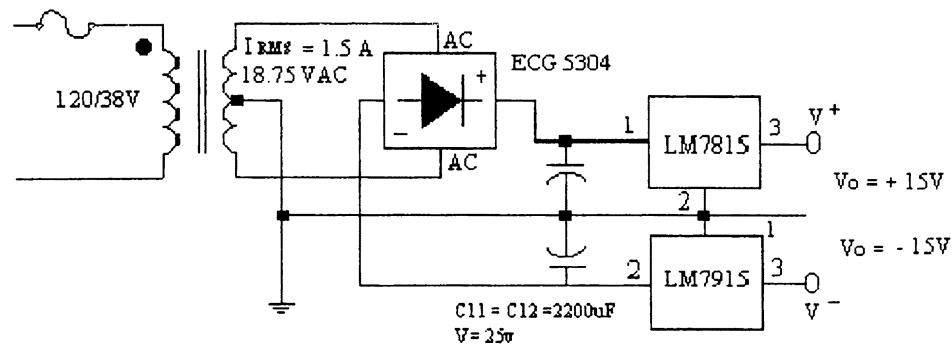
$$I = I_{rms}/2 \quad I = 1.2 \text{ A}/2 = \mathbf{0.6 \text{ A}}.$$

$$I_{rect(peak)} = (360^\circ / \theta) I_o$$

$$I_{rect(peak)} = (360^\circ / 29.519^\circ)(0.6) = 12 \text{ Amp}.$$

Para la selección del diodo rectificador se selecciona el que cumpla con las características mínimas anteriores.

A continuación en la figura 16 se presenta el diagrama de la fuente de alimentación



18.75 VAC VOLTAJE SECUNDARIO RESPECTO A LA DERIVACIÓN CENTRAL

FIGURA 16

5.10 PRESUPUESTO DEL MEDIDOR POR SECCIONES FUNCIONALES.

A continuación se presenta un presupuesto en el cual son considerados los dispositivos electrónicos y accesorios que conforman el diagrama general antes presentado, además de la etapa de aislamiento eléctrico, dos fuentes de alimentación bipolares de +/- 15 Voltios y una fuente de emergencia. El presupuesto se detalla para cada una de las etapas ya mencionadas anteriormente.

FUENTES PRINCIPALES DE ALIMENTACION.

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO EN COLONES	PRECIO
2	Transformadores de 120/38V 1.5A	38.50	77
2	Reguladores LM7815	8.80	17.6
2	Reguladores LM7915	8.80	17.6
4	Capacitores de 2500uf	5	20
2	Puentes de diodos ECG5304	8.70	17.4
		SUBTOTAL	149.6

FUENTE DE EMERGENCIA.

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO EN COLONES	PRECIO
2	Baterías alcalinas de 9V	17.25	34.5
2	Diodos 1N914	1.85	3.70
1	Portabatería	3.0	3.0
1	Diodo Zener ECG5014	6.0	6.0
1	Resistor de 2K	0.45	0.45
1	Resistor de 680 Ohmios	0.45	0.45
1	Diodo Led	2.0	2.0
		SUBTOTAL	50.1

SENSOR DE CORRIENTE Y ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL.

CANTIDAD DE UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO EN COLONES	PRECIO
5	LF351N	13	65
2	Resistores de 1 M	0.60	1.2
1	Resistores de 1K	0.45	0.45
3	Resistores de 10 K	0.45	1.35
1	Potenciometro de 10K. tipo multivuelas	125	125
1	Trimmer de 10K	3.75	3.75
1	Trimmer de 12K	3.75	3.75
1	Trimmer de 100K	5.0	5.0
		SUBTOTAL	205.5

SECCION SENSORA DE TENSION.

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO EN COLONES	PRECIO
3	LF351N	13	39
2	Resistores de 1 M	0.60	1.20
1	Resistor de 280 ohmios	0.45	0.45
3	Resistores de 10K	0.45	1.35
1	Trimmer de 10K	3.75	3.75
1	Resistor de 28K	0.55	0.55
		SUBTOTAL	46.30

SECCION DE MULTIPLICACION.

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO EN COLONES	PRECIO
1	AD633JN	72	72
2	Capacitores de 0.1uf	1.50	3
		SUBTOTAL	75

SECCION DE INTEGRACION DE LA POTENCIA INSTANTANEA.

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO EN COLONES	PRECIO
2	Resistores de 4.7 M	0.60	1.20
1	LF351N	13	13
1	Capacitor de 0.22uF	1.70	1.70
1	Capacitor de 0.47uF	2.25	2.25
		SUBTOTAL	18.15

SECCION DE CONVERSION DE TENSION A FRECUENCIA.

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO	PRECIO
5	IC MC14018B	12.75	63.75
		SUBTOTAL	63.75

SECCION DE DIVISION DE FRECUENCIA.

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO EN COLONES	PRECIO
1	XR4151	21.50	21.5
1	LM1458	7.60	7.6
1	Diodo 1N914	1.85	1.85
1	Capacitor de 0.005uF	1.35	1.35
1	Capacitor de 0.01uF	2.75	2.75
1	Capacitor de 0.1uF	1.50	1.50
1	Resistor de 100 ohmios	0.45	0.45
1	Resistor de 100K	0.60	0.60
1	Trimmer de 5 K	4.75	4.75
1	Resistor de 12K	0.55	0.55
1	Resistor de 100K	2.0	2.0
2	Resistores de 5.1K	0.45	0.90
1	1 Trimmer de 7K	4.75	4.75
1	Resistor de 10K	0.45	0.45
		SUBTOTAL	51

SECCION DE PROGRAMACION DEL TIEMPO

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO	PRECIO
2	XR2240CP	16.30	32.6
1	Capacitor de 100uF	9.80	9.80
1	Capacitor de 0.002uF	1.30	1.3
1	Pulsador	5.35	5.35
1	Trimmer 5M	6.1	6.1
1	Resistor de 30K	0.45	0.45
2	Resistor de 51K	0.55	1.1
1	Resistor de 1K	0.45	0.45
1	Resistor de 8.2K	0.45	0.45
1	Resistor de 3K	0.45	0.45
1	Resistor de 10K	0.45	0.45
		SUBTOTAL	58.5

SECCION DE PRESENTACION DE LOS KWH

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO	PRECIO
2	IC ECG4056B	21.50	43
2	IC MC14553B	22.75	45.5
3	Transistores 2N2906	8	24
6	Display NTE 3074	25	150
1	Pulsador	5.35	5.35
1	Capacitor de 0.001uF	2.45	2.45
14	Resistor de 270 Ohmios	0.55	7.7
3	Resistor de 1 K	0.45	1.35
3	Resistor de 680 Ohmios	0.55	1.65
1	Resistor de 100K	0.60	0.60
1	Resistor de 1K	0.45	0.45
		SUBTOTAL	282.05

SECCION DE PRESENTACION DEL PORCENTAJE DE POTENCIA.

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO	PRECIO
3	Op-amp LM324	11.25	33.75
1	Resistor de 6.6 K	0.55	0.55
10	Resistor de 840 Ohmios	0.55	5.50
10	Resistor de 680 Ohmios	0.55	5.50
10	Diodos LED	2.0	20
		SUBTOTAL	65.30

SECCION DE AISLAMIENTO ELECTRICO

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO	PRECIO
2	LF351N	13	26
8	Diodos 1N914	1.85	14.8
4	Transistores 2N3906	8	32
4	Transistores 2N3906		
2	Transistores 2N3906		
4	Resistores de 5.8K		50
4	Resistores de 10 ohmios	0.45	1.80
2	Resistor de 150 ohmios	0.45	0.90
		SUBTOTAL	140.3

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO	PRECIO
1	Costo del Circuito impreso más soldadura	500	500
		SUBTOTAL	500

COSTO DEL CIRCUITO ELECTRICO Y SOLDADURA.

Sumando cada uno de los costos de las etapas anteriores, se tiene un valor de ₡ 1555,95

5.11 RECOMENDACIONES Y AJUSTES REALIZADOS EN LA IMPLEMENTACION DEL MEDIDOR DE ENERGIA.

En la implementación de cada una de las secciones que conforman el medidor fue necesario realizar ciertos ajustes que permiten que dicho medidor sea confiable y en cierta manera tenga cierto grado de precisión.

A) La sección que realiza la medición indirecta de intensidad de corriente, está formada por un arreglo de amplificadores operacionales que en conjunto forman un amplificador de instrumentación, tal como se mostró en la Figura 1. Los resistores R3,R4 y R5 deben de ser de valores y tolerancias idénticas, el resistor R6 se ajustó de tal manera que la señal diferencial de entrada en la entrada A1 Y A2 tuviera la misma amplitud en la salida de A3, pero el propósito de ésta tuviera una referencia a la masa del circuito.

Además esta sección se encuentra constituida por el amplificador A5 que linealiza el nivel de tensión de los extremos de la resistencia SHUNT con los niveles de intensidad que atraviesan dicha resistencia y para lograr esta linealidad se utilizó un resistor R8 del tipo multivuelas.

B) La sección que realiza el acondicionamiento del nivel de tensión de línea de 120 VAC a un nivel de 1 2 VAC está constituido por un divisor de tensión formado por un par de resistores de película metálica del 1% de tolerancia que permitieron tener una excelente linealidad. Además para ésta sección se tiene un arreglo formado por un amplificador de instrumentación similarmente al detallado anteriormente.

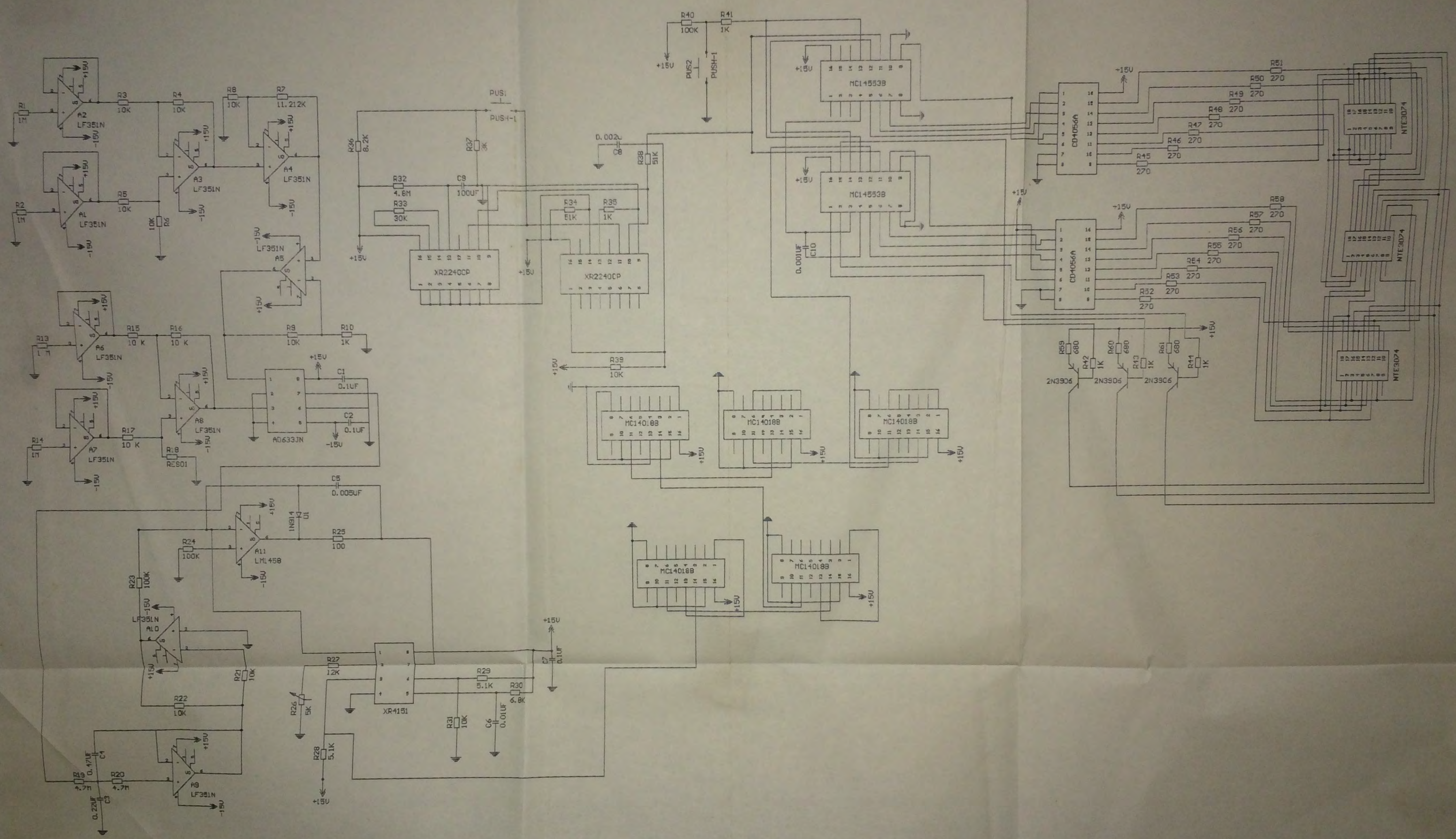
C) En la sección de conversión de voltaje a frecuencia se hicieron los ajustes necesarios para linealizar el nivel de tensión que a la vez es proporcional a la potencia promedio para obtener una frecuencia de pulsos que sean proporcionales a dicho nivel de tensión. Para realizar esto se ajustó el arreglo formado por los resistores R26 y R27 ; el cual este último es un resistor tipo trimmer variable para que la frecuencia de salida fuera proporcional.

También esta sección está constituida por R23, R30 y C6, los cuales determinan de acuerdo al diseño la frecuencia de salida y por lo tanto éstos deben de ser de una excelente precisión, sobre todo el capacitor debe tener una estabilidad dieléctrica excelente y para ello se utilizó un capacitor de poliestireno.

D) En la sección de temporización para la programación del tiempo, una parte bien determinante para éste, es la red RC que establece el tiempo de oscilación base mediante el cual se hacen los retardos de tiempo para períodos de horas, meses y año.

La red RC debe de constituirse con elementos de precisión, en este caso la resistencia que se utilizó fue la de tipo trimmer y el capacitor de una característica de alta estabilidad dieléctrica y una muy baja fuga para el cual se utilizó uno de Tantalio.

El esquema general del circuito se muestra en el diagrama adjunto.



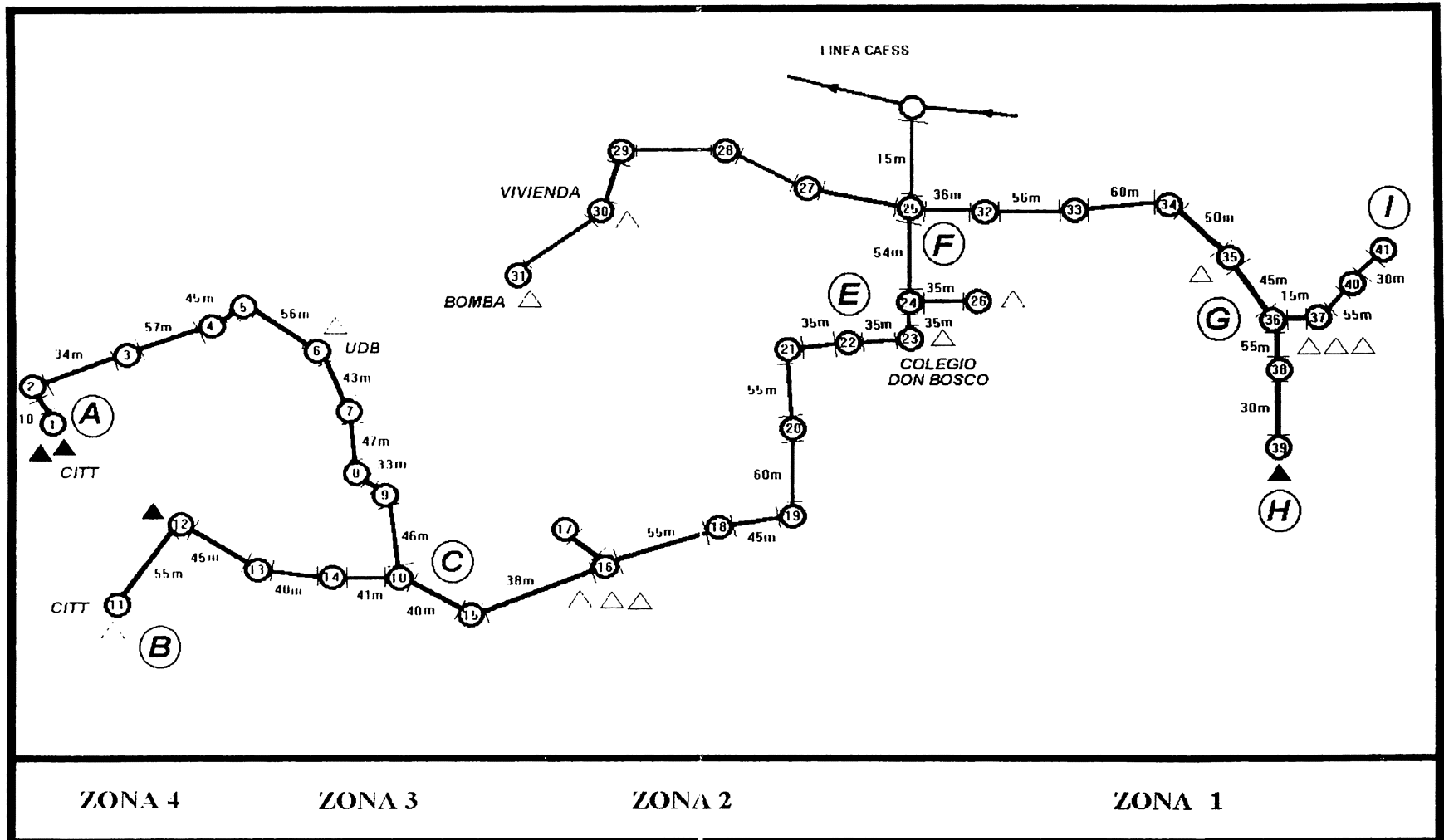
CAPITULO VI

ESTUDIO DE PERDIDAS EN LA RED ELECTRICA.

En el estudio evaluativo de la red eléctrica de Ciudadela Don Bosco, tiene también como una de sus actividades a realizar, determinar la magnitud de la pérdidas en la línea de Ciudadela Don Bosco. Es fácil referirse a pérdidas de energía considerando que los tramos o distancias en dicha red, son bastante considerables. Sin embargo, debe tenerse presente que en el lado de alta tensión o sistema de distribución, las corrientes que se manejan por fase son pequeñas comparadas con las corrientes que se manejan en el lado secundario de todas las subestaciones. Un análisis de acuerdo a un modelo de la red, permite afirmar esto, se detalla en el desarrollo del presente capítulo. Para dicho estudio es necesario determinar la magnitud de las pérdidas de carácter resistivo, como resultado del efecto Joule, etc. Otro aspecto a considerar es la pérdida de potencia reactiva en concepto de transporte. Para llevar a cabo el cálculo de éstos parámetros se hizo uso de los conceptos básicos de las líneas o conductores eléctricos dentro de los sistemas de potencia, tales como la resistencia en un tramo de conductor y los enlaces de flujo magnético a través de conductores, manifestados en inductancias por unidad de longitud. Los efectos capacitivos no son considerables debido a lo corto de los tramos de línea y a los bajos niveles de tensión con que se trabaja; así también las condiciones atmosféricas en que comienza a ser apreciable el efecto corona o irradiación de calor superficial en los conductores.

6.0 DISTANCIAS A CONSIDERAR Y PUNTOS IMPORTANTES EN LA RED.

Las distancias o vanos a considerar, para determinar los parámetros eléctricos en la red de Ciudadela Don Bosco, están basados en la siguiente distribución



DISTRIBUCION DE LOS VANOS DEL MODELO LINEAL DE LA RED EN CIUDADELA.

6.1 IMPEDANCIA DE LA LINEA.

La impedancia de una línea de distribución está formada por una componente resistiva y una inductiva. Los efectos capacitivos no son considerables dentro del modelo de la impedancia serie para líneas cortas, dado que éste es utilizado para líneas medias y largas en los circuitos equivalentes Π (es decir aquel modelo en el cual considera capacitancias a tierra a la entrada y a la salida de la línea, y considerando las constantes de transmisión de los sistemas que transportan energía).

Para una línea de transmisión corta se puede modelar como una impedancia formada una componente resistiva más una inductiva provenientes del tramo de línea y el voltaje a la salida o receptor.

$$V_S = V_R + I_R * Z$$

Donde :

V_R = Tensión a la salida de la línea de distribución.

V_S = Voltaje de la fuente de suministro de potencia.

I_R = Magnitud de la corriente a través de la línea.

Z = Impedancia de la línea de distribución. $(R + \omega L)$.

CALCULO DE LA COMPONENTE RESISTIVA.

Para llevar a cabo este cálculo, es necesario conocer las características eléctricas de los conductores en la línea primaria de distribución; siendo el conductor ACSR #2, que posee las características siguientes :

Area transversal = 39.22 mm²

Capacidad de corriente = 175 Amperios.

Resistencia a 20 grados centigrados (en Ω/Km) = 0.8507

Diámetro = 8.01 mm.

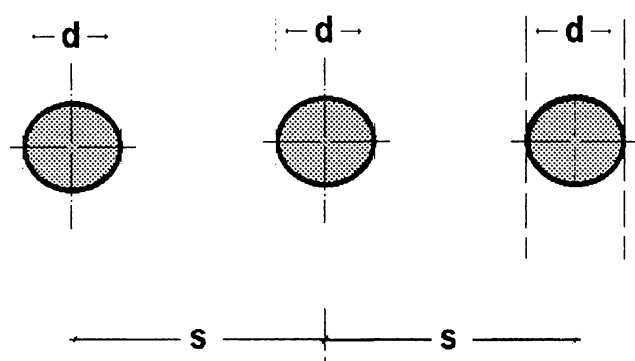
La resistencia para cada tramo de conductor se determina multiplicando la resistencia en Ω/Km . por el tramo de línea en cuestión. Es necesario aclarar que por motivos de simplificación, los vanos se han aproximado a longitudes equivalentes de acuerdo a los tramos detallados en la red topológica, los cuales se detallan a continuación :

DISTRIBUCION DE PARAMETROS RESISTIVOS EL LA RED DE PRIMARIA EN CIUDADELA DON BOSCO.

TRAMO	LONGITUD (m)	RESISTENCIA (Ω)	DESCRIPCION
AC	371	0.3156	LINEA DE SUMINISTRO A TALLER DE ELECTRICA-ELECTRONICA-OTROS EN EL C.I.T.T.
BC	181	0.1540	LINEA DE SUMINISTRO A TALLER DE MECANICA-COMPUTO-OTROS
CE	398	0.3386	LINEA DE ENLACE UDB-COLEGIO DON BOSCO
EF	54	0.0459	PUNTO DE BIFURCACION HACIA MEDICION CAESS
FJ	15	0.0128	LINEA DE ENLACE CAESS- CIUDADELA DON BOSCO
FG	247	0.2101	ALIMENTADOR HACIA TALLERES DEL C.F.P Y CAPILLA DEL COLEGIO DON BOSCO
GH	85	0.0723	CIRCUITO DE TALLERES DEL C.F.P
GI	100	0.0851	CIRCUITO PARA CAPILLA, OFICINAS ADMON VARIOS

CALCULO DE LA COMPONENTE REACTIVA

Para ésta parte, se consideran también las longitudes de los vanos, la distancia promedio de separación entre los conductores o fases, y una relación específica que determina el enlace propio y mutuo entre los flujos magnéticos de los conductores. La línea únicamente tiene un conductor por fase, lo cual facilita el análisis de la reactancia. La reactancia de la línea de distribución se calculará según el modelo presentado en la siguiente figura :



$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \left[\frac{D_{\text{equiv}}}{D_s} \right] = \text{H/m}$$

Donde :

$$X_L = 2 \pi f L = \text{ohms / m}$$

$$D_s = \text{RMG (ACSR \# 2)} = \text{m}$$

$$D_{\text{equiv}} = \sqrt[3]{S_{ab} S_{bc} S_{ca}} = \text{m}$$

Además :

D_{equiv} = Distancia media geométrica. (entre fase y fase)

D_s = RMG. del conductor que debe ser conocida

RMG= de tablas de conductores, y del radio medio geométrico.

SEPARACION media = 0.305 mt. (S_{ab} , S_{dc} , S_{ca})

Como RMG $r e^{-1.4} = 1.274 \times 10^{-3}$ mt, de tablas del fabricante del conductor ACSR # 2, con siete conductores por cable, 6 de ellos de aluminio, y uno de acero.

Luego la reactancia en ohmios por Km (De tablas) será :

$X_L = 0.413 \Omega \cdot \text{Km}$, a 0.305 m. de espaciamiento entre conductores; 60 HZ.

Luego completando la tabla para cada tramo de conductor, tal como se hizo en el cálculo resistivo, tenemos:

DISTRIBUCION DE PARAMETROS DE REACTANCIA EN LA RED PRIMARIA EN CIUDADELA DON BOSCO.

TRAMO	LONGITUD (m)	REACTANCIA (Ω)	DESCRIPCION
AC	371	0.1533	LINEA DE SUMINISTRO A TALLER DE ELECTRICA-ELECTRONICA-OTROS EN EL C.I.T.T.
BC	181	0.0748	LINEA DE SUMINISTRO A TALLER DE MECANICA-COMPUTO-OTROS
CE	398	0.1645	LINEA DE ENLACE UDB-COLEGIO DON BOSCO
EF	54	0.0223	PUNTO DE BIFURCACION HACIA MEDICION CAESS
FJ	15	0.0062	LINEA DE ENLACE CAESS- CIUDADELA DON BOSCO
FG	247	0.1021	ALIMENTADOR HACIA TALLERES DEL C.F.P Y CAPILLA DEL COLEGIO DON BOSCO
GH	85	0.0351	CIRCUITO DE TALLERES DEL C.F.P.
GI	100	0.0413	CIRCUITO PARA CAPILLA, OFICINAS ADMON VARIOS

Resumiendo las dos tablas anteriores, se puede establecer un circuito equivalente de la red eléctrica de Ciudadela Don Bosco. Tal como se muestra a continuación :

Las cargas vistas desde el punto de entrega son las siguientes

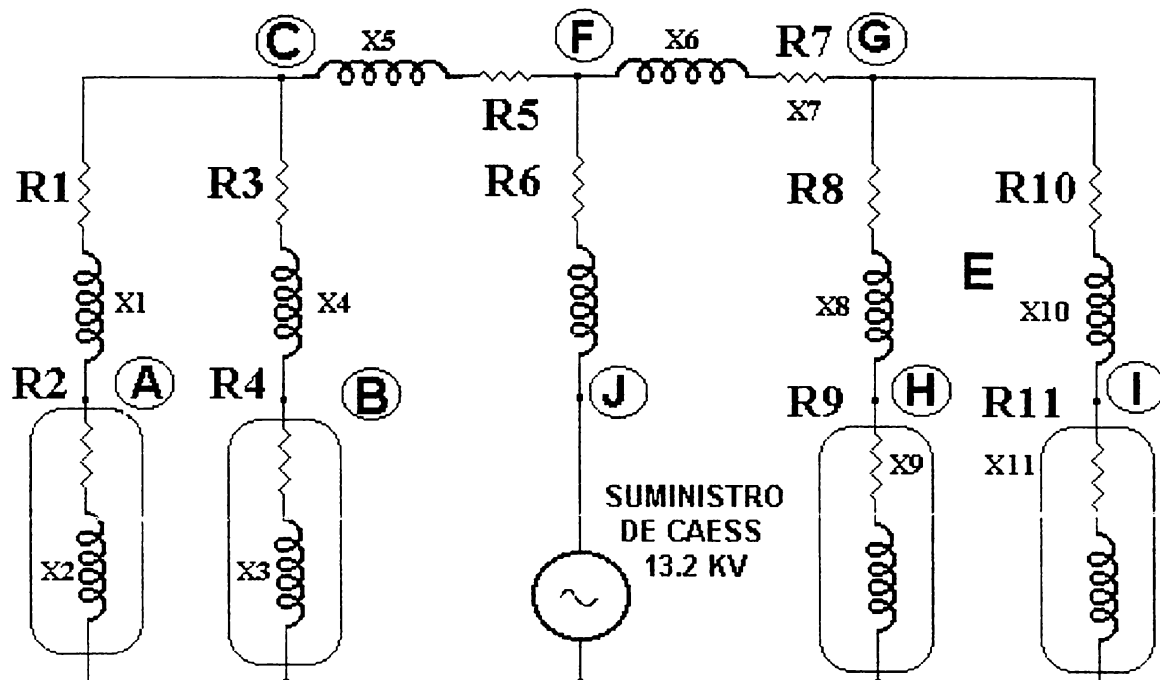
Carga 1 Subestación Mecánica - cómputo.

Carga 2 Subestación Eléctrica - Electrónica.

Carga 3 Talleres del CFP (Centro de formación profesional) Mecánica y soldadura.

Carga 4 Talleres del CFP en áreas de costurería y carpintería. Otros talleres en general.

Por motivos de análisis, se considerará una red simplificada en forma unifilar, y dichas cargas se tomará un voltaje referido al lado primario por fase, siendo éste 13.2 KV, debido a que el voltaje secundario es 208 VAC; excepto en el taller de mecánica del CITT; pero que visto del lado primario corresponde siempre al mismo voltaje de 13.2 KV



Se tomará además un ángulo de fase del voltaje de la carga de cero grados, de manera que simplifique el análisis considerando factores de potencia de las cargas estimados de acuerdo a la naturaleza de las mismas en la forma siguiente

Carga 1 Factor de potencia = 0.6

Carga 2 Factor de potencia = 0.7

Carga 3 Factor de potencia = 0.6

Carga 4 Factor de potencia = 0.7

Después a esto se puede calcular la magnitud de la impedancia de la carga utilizando la ley de ohm en forma fasorial :

Se tiene que :

$$P = 3 V * I * \cos \varphi.$$

$$I = P / (3 * V * \cos \varphi.); \text{ Luego : } 3 V * I * \cos \varphi. = S \cos \varphi.$$

$$Z = V / I$$

Para las cargas dadas, las potencias respectivas son repartidas de la siguiente forma :

Carga 1 : 100 KVA.

Carga 2 : 40 KVA

Carga 3 : 125 KVA

Carga 4 : 60 KVA.

Total : 325 KVA.

Entonces, visto del lado de alta tensión: utilizando la relación de transformación $a = 110$, excepto en mecánica donde $a = 115$.

$$Z_1 = V / (I_1), \text{ es la carga 1; } \quad Z_1' = Z_1 / a^2$$

$$Z_2 = V / (I_2), \text{ es la carga 2; } \quad Z_2' = Z_2 / a^2$$

$$Z_3 = V / (I_3), \text{ es la carga 3; } \quad Z_3' = Z_3 / a^2$$

$$Z_4 = V / (I_4), \text{ es la carga 4; } \quad Z_4' = Z_4 / a^2$$

Los cálculos son presentados como información anexa al capítulo.

Los datos de los KVA de las cargas, han sido tomados en relación al orden de magnitud de las corrientes en los lados secundarios de las subestaciones, y que revelan una parte del consumo instalado por cada carga. Para referir las cargas del lado secundario al primario se necesita considerar el inverso de la relación de transformación al cuadrado. La capacidad instalada en Ciudadela es : 1.503 KVA, lo cual proporciona un factor de utilización en la forma siguiente :

$$FU = \text{Factor de utilización} = \text{KVA demandados} / \text{KVA instalados} * 100$$

$$FU = 325 / 1503 * 100 = 21.6 \%$$

Esto indica que aproximadamente un 22% de la capacidad instalada está siendo utilizada.

6.2 CALCULO DE PERDIDAS DE POTENCIA EN RED PRIMARIA.

El cálculo de pérdidas se realizará utilizando la relación de pérdidas por efecto Joule en cada tramo de línea; la sumatoria de todas estas pérdidas revela la cantidad de potencia que se está disipando a través de los conductores en la línea de distribución.

$$P = I^2 * R$$

$$P(\text{total}) = PAC + PBC + PCE + PFG + PGH + PGI + PEF + PFJ$$

Luego, se puede estimar un factor de pérdidas como la relación entre la potencia total disipada en concepto de pérdida entre la potencia total demandada a la entrada de la fuente, lo cual revela un dato importante, pues dice si es significativa la corrección del factor de potencia en concepto de pérdidas por transporte.

6.3 ESTUDIO DEL LAS PERDIDAS POR TRANSPORTE.

Para esta parte, se utilizó el porcentaje de pérdidas obtenido para estimar la cantidad de KWH que se desperdician y que de alguna manera se ve reflejada en concepto de energía consumida tanto fuera de punta, como en hora punta.

También se hace necesario establecer una conducta promedio del horario de trabajo en Ciudadela, el cual se establece como 3 horas diarias, como horas punta y 12 horas diarias, fuera de punta. Las pérdidas por efecto de corrientes magnetizantes en los transformadores son despreciables y no han sido tomadas en cuenta para dicho análisis.

PERDIDAS MENSUALES :

Factor de pérdidas * Energía consumida total en el mes.

El costo por pérdidas es igual a :

Para la hora punta : Energía = P(hora punta) * 3 horas * 30 días

Para la hora fuera de punta = P(Fuera de punta) * 12 horas * 30 días;

Donde P representa las pérdidas en la línea.

El costo total en pérdidas es igual : Costo en hora punta + Costo fuera de punta.

Costo en hora punta = Energía en hora punta * Precio en hora punta.

Costo fuera de punta = Energía fuera de punta * precio fuera de punta.

Con el costo total en concepto de pérdidas, es posible determinar el porcentaje que representa con respecto a los gastos totales en concepto de energía de la siguiente manera :

% de costo de pérdidas = (costo total de pérdidas * 12)/ Gastos totales al año.

PERDIDAS REACTIVAS EN EL TRANSPORTE

Otro aspecto a considerar son las pérdidas en el transporte que son de naturaleza reactiva, debido a que los tramos de línea tienen bajas reactancias, dichas pérdidas son pequeñas comparadas con la energía reactiva utilizada para suministro en las cargas. Las pérdidas por reactivos se calculan mediante la siguiente relación :

$$Q_p = \text{Reactivos perdidos} = I^2 * X_L$$

$$Q(\text{Total}) = QAC + QBC + QCE + QFG + QGH + QGI + QEF + QFG.$$

CAPITULO VII

ESTUDIO TECNICO - ECONOMICO DE AHORRO ENERGETICO.

En esta sección se establece un modelo económico de plan de inversión para evaluar la posibilidad de invertir en un sistema de corrección del factor de potencia. Dicho modelo económico está basado en la información procesada de los recibos de energía eléctrica de Ciudadela Don Bosco. El modelo describe el margen de beneficios para diferentes factores de potencia y tiene en cuenta a los factores siguientes :

- 1) El ahorro en pago de multas por factor de potencia que por arriba de 0.95 involucra un beneficio que depende del consumo eléctrico en la empresa.
- 2) Para cada unidad de factor de potencia existe un valor de reintegro, es decir, la cantidad a devolver está en función de qué tanto se mejora el factor de potencia.
- 3) El tiempo proyectado para hacer la inversión es el tiempo calculado de vida útil de los equipos y los beneficios serán mayores a medida que se consideran más años de reintegro arriba del margen de seguridad del factor de potencia de 0.95.

7.0 FACTIBILIDAD TECNICA.

La factibilidad consiste en ensamblar un sistema para corrección del factor de potencia que está basado en el consumo de energía a través de los años que van en aumento, y a merced de ello, el simple hecho de que haya existido multas por bajo factor de potencia, es un mal precedente para el futuro pues implica que ante un aumento de las cargas, si se llegase a bajar el factor de potencia, Ciudadela Don Bosco experimentaría un aumento abrupto de la energía eléctrica.

Por esa razón, se necesita monitorear el factor de potencia general en la red y sería un factor crítico por cada unidad abajo de 0.9, ya que se cobra un 1% con respecto al cargo por energía consumida.

Sin embargo, al no corregir el factor de potencia y dejar el sistema en la zona de seguridad, es decir, un factor entre 0.9 y 0.95, Ciudadela Don Bosco no experimentaría ningún reintegro ni

penalización, pero se encuentra en el margen de la incertidumbre, pues no sabe que impacto puede producirse en los costos al irse incrementando anualmente la demanda en Ciudadela Don Bosco.

La corrección del factor de potencia en ningún momento es una situación adversa para el sistema. Al aumentar el factor de potencia y llegar a valores cercanos a la unidad se reduce la potencia aparente establecida por el sistema ; así también, al reducir éste se está reduciendo la magnitud de la corriente total a la entrada lo que implica menores pérdidas de carácter resistivo (Efecto Joule), lo cual mejora la calidad de la línea y previene pérdidas en el futuro.

La corrección del factor de potencia representa menores costes en niveles de baja tensión que en los de alta tensión, además considerando que el sistema tiene 3 subestaciones, resulta más conveniente corregirlos en aquellos puntos en donde la demanda es mucho mayor, tal como el Centro de Formación Profesional (CFP) y el CITT, dado que la mayor parte de consumo es realizado para llevar operaciones de producción, desarrollo de laboratorios, etc. representa una fracción importante en el gasto total de energía eléctrica.

7.1 FACTIBILIDAD ECONOMICA.

No se puede tomar una decisión sobre la elaboración de un proyecto de este tipo hasta no observar el margen de beneficios que producirá con el tiempo. Para ello se establece un modelo económico muy particular de Ciudadela Don Bosco, pues está basado en el comportamiento de la demanda de energía en los últimos dos años (1996 y 1997), en este se estima la velocidad de crecimiento de la demanda y se prevén gastos futuros innecesarios que pueden evitarse si se considera la posibilidad de obtener reintegros en concepto de mejora del factor de potencia.

7.2 CONDUCTA ECONOMICA ACTUAL.

Actualmente existen meses en los cuales se ha facturado cargo por factor de potencia a Ciudadela Don Bosco y éste es tal que ha llegado a niveles de 0.86 (4 unidades abajo del valor de seguridad). Este prácticamente ha sido repetitivo en los años de Enero y Abril de los años de estudio, lo que

implica una tendencia en los años siguientes y que puede estimarse en gastos en base al crecimiento anual. Luego esto representa una serie anual obtenida de gastos realizados en sólo dos meses, pero que revelarían la magnitud de los costos en el futuro.

Para el estudio se considera como primer caso un sistema sin corrección del factor de potencia y luego como número dos, el sistema con factor de potencia corregido.

7.3 PROYECCION DE LA CONDUCTA DEL SISTEMA SIN CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA.

Se observa de los recibos, que en el mes de Enero de 1996 y en Abril del mismo año, han existido cargos por bajo factor de potencia. En Enero de 1997, también hubo cargo por bajo factor de potencia.

Para corregir el factor de potencia, se necesita conocer el valor de pago en concepto de energía, debido a que el reintegro se calcula en base a éste.

Por ejemplo, para el año de 1996 se tiene un promedio de desembolsos en energía de 41,218.18 ; para el año de 1997 se tiene un promedio hasta el momento de 47440.44.

Realizando comparaciones entre los años de 1996 y 1997 de los meses existentes, en forma de porcentajes de incremento de energía así :

MES	PORCENTAJE DE INCREMENTO EN EL COSTO DE ENERGIA
ENERO	34.3
FEBRERO	42.2
MARZO	15.4
ABRIL	
MAYO	15.5
JUNIO	16.93
JULIO	2.2
AGOSTO	1.168
SEPTIEMBRE	9.91
OCTUBRE	
NOVIEMBRE	
DICIEMBRE	

Se observa que existe un aumento del 11% como promedio geométrico en el gasto de energía, por lo tanto, se considera un crecimiento anual, por lo que hay que tomar en cuenta para los reintegros y multas que las cantidades anuales aumentan 11 % con respecto al valor del gasto de energía del año anterior.

Existe entonces una tendencia para el mes de Enero, la cual es multa por bajo factor de potencia, se considera entonces desembolsos anuales a finales del mes de Enero cuyo valor será la media geométrica de los desembolsos que se han efectuado anualmente, es decir :

$$\text{Valor anual} = V = \sqrt{(925.4) * (683.52)} = \text{¢} 795.32$$

Todos estos valores (V) de desembolsos se llevarán a un punto de comparación (punto focal) para un período de 10 años. Además, se considera interés compuesto capitalizable anualmente a una tasa de interés de 9 % (la mayoría de los bancos pagan intereses a una tasa alrededor de este valor), porque los desembolsos anuales en concepto de pago por multa se considerarían como que si fuera un dinero que se dejara de percibir en una cuenta de ahorros ; para préstamos, la tasa de interés es del 18% al 19% aproximadamente.

La fórmula general para calcular el valor futuro es :

$S = P (1+i)^n$; donde n= años o fracción de éste ; P= valor presente ; i= tasa de interés ; S= monto o valor futuro.

Para $P_1 = 925.4$, se tiene un valor $S_1=1,001.47$; $n=11/12$ (porque faltan 11 meses para fin de año).

Para $P_2 = 382.82$, se tiene un valor $S_2 = 405.46$; $n=8/12$

Al final del año 1, se suman las cantidades S_1 y S_2 ; o sea $S_3 = S_1 + S_2 = 1,406.93$; de tal manera que esta cantidad llevada al final de los diez años, se tendrá una cantidad futura de

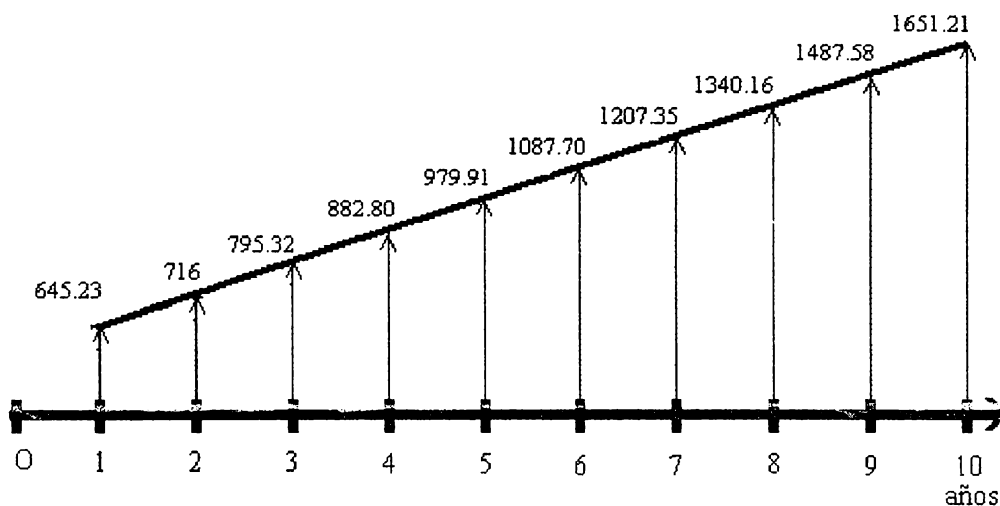
$$S_4 = S_3 (1+i)^n = \text{¢}3,055.70 ; n=9.$$

La cantidad de 683.82 que representa la multa por el mes de Enero de 1997, se lleva al final de ese año, restando un periodo de 11/12 de año y representa una cantidad futura de $S_5= 740.03$

La cantidad de 740.03 que representa el monto de la multa de Enero de 1997 para finales de ese año, se lleva a valor futuro en un período de 8 años, convirtiéndose en un valor $S_6 = 1,474.56$.

En el punto focal de 10 años, las cantidades S_6 y S_4 representan una cantidad $R = S_4 + S_6 = 4,530.26$

El valor al final de cada año de los desembolsos de ≈ 795.32 (V), considerando un crecimiento del 11% anual se representa de la siguiente manera :



Así, se tiene el valor de 795.32 para el año 3, el siguiente valor posee un 11% más con respecto al valor anterior.

El valor en el punto focal (año 10) de ésta serie se determina calculando el valor futuro o monto de cada una de las cantidades de la serie mediante la fórmula :

$F = P(1+i)^n$; donde P representa cada valor del gradiente proyectado a un número "n" de años, a una tasa de interés del 9%; el valor de F es la sumatoria de cada uno de los montos y resulta ser un valor de $\approx 13,425.78$

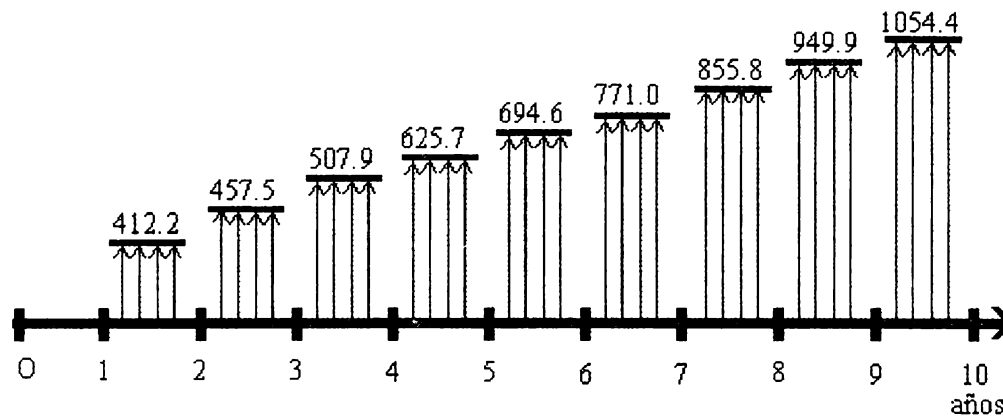
El valor total en los diez años es la suma de $F + R = \approx 17956.04$

Este valor representa el cargo por concepto de multas que pagaría Ciudadela para un periodo de 10 años.

7.4 SISTEMA CON CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.

Ya se sabe que la tendencia por el gasto de energía se incrementa 11% anualmente

Para ejemplificar esto, se considera por ejemplo el reintegro a F.P.=0.96 ; es decir una bonificación en un 1% del gasto en concepto de energía :



El valor de 412.20 proviene de reintegro de el 1% sobre 41,218.18 ; que corresponde a los gastos de energía para 1996 (valor promedio mensual). Para el siguiente año, se observó un crecimiento de el 11% en gasto de energía, por lo cual se tiene un aumento del 11% con respecto a 412.20, que se representa por el valor de 457.50. Esto formaría una segunda serie de reintegros mensuales para 1997. Así sucesivamente se calcula el 11% con respecto al año anterior, suponiendo la misma tendencia, para un periodo de 10 años.

Así se tiene que considerar los reintegros mensuales, para cada uno de los 10 años para factores de potencia de 0.97, 0.98, 0.99 y 1.0

Los valores de las series mensuales para cada uno de los años para cada factor de potencia, se observan en la TABLA 1.

Reintegros al corregir el factor de potencia (tasa de ahorro del 9%)										
promedio geométrico	41,218.82									
TASA DE AHORRO	9%									
	considera crecimiento del consumo de energía en un 11%									
años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
factor de potencia										
0.96	412.2	457.5	507.9	563.7	625.7	694.6	771.0	855.8	949.9	1054.4
0.97	824.4	915.1	1015.7	1127.4	1251.5	1389.1	1541.9	1711.5	1899.8	2108.8
0.98	1236.6	1372.6	1523.6	1691.2	1877.2	2083.7	2312.9	2567.3	2849.7	3163.2
0.99	1648.8	1830.1	2031.4	2254.9	2502.9	2778.2	3083.9	3423.1	3799.6	4217.6
1	2060.9	2287.6	2539.3	2818.6	3128.7	3472.6	3854.6	4278.8	4749.5	5272.0

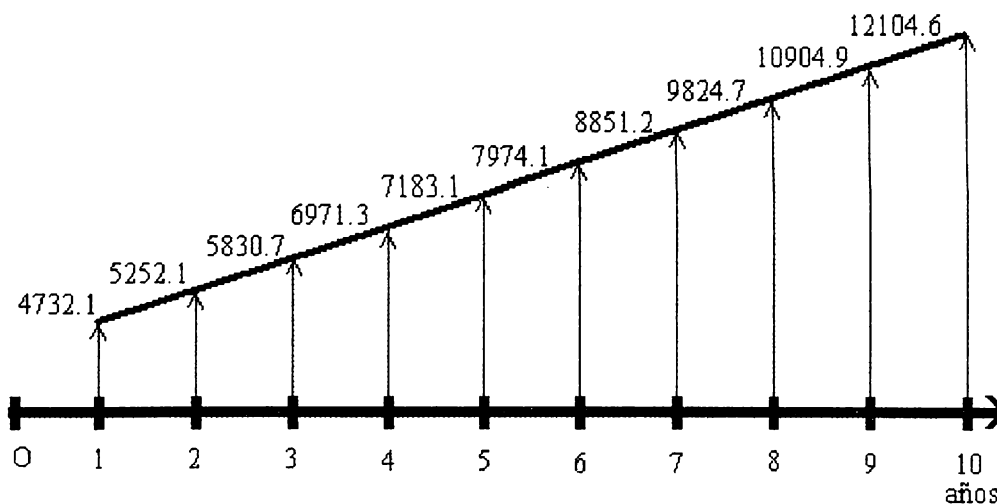
TABLA 1

Para factor de potencia de 0.97 se toma un 2% de 41,218.82 en concepto de reintegro y así, un 1% de incremento por cada punto que suba el factor de potencia.

Cada una de éstas series mensuales, tiene su futuro o monto al final de cada año ; en la TABLA 1 se muestra la sumatoria, que representa el valor al final de cada año de cada una de las series mensuales, durante 10 años, y a distintos factores de potencia.

Por ejemplo para F.P de 0.96, la serie resultante es la siguiente :

F.P. = 0.96



Estos valores se obtienen de la casilla "SUMATORIA" PARA F.P = 0.96

El valor de reintegro total al final de 10 años para una $i = 9\%$ y el F.P = 0.96 obtienen con la fórmula de valor futuro que se ha estado utilizando para todos los cálculos.

Todos estos valores pueden observarse en la TABLA 2. Estos valores representan los reintegros para los diferentes puntos en lo que se sube el factor de potencia y para diferentes años.

7.5 MODELO ECONOMICO CON BANCO DE CAPACITORES.

Sin embargo, para que exista reintegro, es necesario invertir en un banco de capacitores para mejorar el factor de potencia.

De los datos reales en recibos, se obtiene una condición crítica así :

F. P. = 0.86

$S = 141.6$ KVA (S= Potencia aparente).

$P = 121.77$ KW (P= Potencia Real).

$Q1 = 72.25$ KVAR (Q= Potencia aparente).

La condición deseada es un factor de potencia de 0.96

Para este nuevo caso, considerando los mismos KW, la nueva cantidad de reactivos es $Q2 = 35.51$ KVAR

FP = 0.96								
i=9%								
valores al futuro				CRITERIO	valores al presente			
3	5	7	10		3	5	7	10
17177.77	34645.75	58705.51	111689.01	reintegros	13264.39	22517.36	32113.92	47178.64
9822.57	11670.19	13865.36	17956.04	multas	7584.83	7584.83	7584.83	7584.83
27000.34	46315.95	72570.87	129645.05	total bneps.	20849.22	30102.19	39698.75	54763.47

FP = 0.97								
i=9%								
valores al futuro				CRITERIO	valores al presente			
3	5	7	10		3	5	7	10
34355.65	69292.78	117410.13	223375.50	reintegros	26528.87	45035.55	64227.36	94356.23
9822.57	11670.19	13865.36	17956.04	multas	7584.83	7584.83	7584.83	7584.83
44178.22	80962.97	131275.48	241331.54	total bneps.	34113.69	52620.38	71812.19	101941.05

FP = 0.98								
i=9%								
valores al futuro				CRITERIO	valores al presente			
3	5	7	10		3	5	7	10
51533.4	103939.8	176117.1	335066.4	reintegros	39793.3	67553.7	96342.1	141535.7
9822.57	11670.19	13865.36	17956.04	multas	7584.8	7584.8	7584.8	7584.8
61356.0	115610.0	189982.5	353022.5	total bneps.	47378.1	75138.6	103926.9	149120.5

FP = 0.99								
i=9%								
valores al futuro				CRITERIO	valores al presente			
3	5	7	10		3	5	7	10
68710.0	138584.2	234819.8	446751.7	reintegros	53056.8	90070.2	128454.4	188712.8
9822.56878	11670.194	13865.3575	17956.04	multas	7584.8	7584.8	7584.8	7584.8
78532.6	150254.4	248685.1	464707.8	total bneps.	60641.6	97655.0	136039.3	196297.6

FP = 1.0								
i=9%								
valores al futuro				CRITERIO	valores al presente			
3	5	7	10		3	5	7	10
85886.5	173229.5	293523.6	558437.2	reintegros	66320.1	112587.3	160567.4	235889.9
9822.56878	11670.19	13865.36	17956.04	multas	7584.8	7584.8	7584.8	7584.8
95709.0	184899.6	307388.9	576393.2	total bneps.	73904.9	120172.1	168152.3	243474.7

TABLA 2

Luego entonces, se necesita compensar una cantidad de reactivos igual a $Q1-Q2$, o sea $72.25 \text{ KVAR} - 35.51 \text{ KVAR} = 36.74 \text{ KVAR}$.

Para factor de potencia de 0.97, es necesario compensar un valor de 41.732 KVAR , considerando el consumo de energía en 121.77 KW .

Existen tablas que simplifican el hecho de realizar éstos cálculos proporcionadas por la IEEE. Dicha tabla se muestra en la TABLA 3.

Un ejemplo de utilización de ésta tabla es el siguiente : Se tiene un sistema trifásico que consume 280 KW y su factor de potencia es de 0.86 ; se necesita calcular los KVAR necesarios para llevarlo a $F.P = 0.96$.

a) En primer lugar se busca la intersección de las columnas “valor actual”(factor de potencia sin corrección) y “valor final”(factor de potencia corregido) ; se toma el factor multiplicativo de la tabla.

b) El valor leído es $K=0.301$

c) Los KVAR se calculan así :

$$\text{KVAR} = 0.301 * 280 ; \text{KVAR} = 84.28$$

FACTOR DE POTENCIA ESPERADO																				
UNIDADES CORREGIDAS	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
FACTOR DE POTENCIA A CORREGIR EN %	80%	81%	82%	83%	84%	85%	86%	87%	88%	89%	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
50%	0,982	1,008	1,034	1,060	1,086	1,112	1,139	1,165	1,192	1,220	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,529	1,590
51%	0,937	0,963	0,989	1,015	1,041	1,067	1,093	1,120	1,147	1,174	1,202	1,231	1,261	1,291	1,324	1,358	1,395	1,436	1,484	1,544
52%	0,893	0,919	0,945	0,971	0,997	1,023	1,049	1,076	1,103	1,130	1,158	1,187	1,217	1,247	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500
53%	0,850	0,876	0,902	0,928	0,954	0,980	1,007	1,033	1,060	1,088	1,116	1,144	1,174	1,205	1,237	1,271	1,308	1,349	1,397	1,458
54%	0,809	0,835	0,861	0,887	0,913	0,939	0,965	0,992	1,019	1,046	1,074	1,103	1,133	1,163	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416
55%	0,768	0,794	0,820	0,846	0,873	0,899	0,925	0,952	0,979	1,006	1,034	1,063	1,092	1,123	1,156	1,190	1,227	1,268	1,315	1,376
56%	0,729	0,755	0,781	0,807	0,834	0,860	0,886	0,913	0,940	0,967	0,995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229	1,276	1,337
57%	0,691	0,717	0,743	0,769	0,796	0,822	0,848	0,875	0,902	0,929	0,957	0,986	1,015	1,046	1,079	1,113	1,150	1,191	1,238	1,299
58%	0,655	0,681	0,707	0,733	0,759	0,785	0,811	0,838	0,865	0,892	0,920	0,949	0,979	1,009	1,042	1,076	1,113	1,154	1,201	1,262
59%	0,618	0,644	0,670	0,696	0,723	0,749	0,775	0,802	0,829	0,856	0,884	0,913	0,942	0,973	1,006	1,040	1,077	1,118	1,165	1,226
60%	0,583	0,609	0,635	0,661	0,687	0,714	0,740	0,767	0,794	0,821	0,849	0,878	0,907	0,938	0,970	1,005	1,042	1,083	1,130	1,191
61%	0,549	0,575	0,601	0,627	0,653	0,679	0,706	0,732	0,759	0,787	0,815	0,843	0,873	0,904	0,936	0,970	1,007	1,048	1,096	1,157
62%	0,515	0,541	0,567	0,593	0,620	0,646	0,672	0,699	0,726	0,753	0,781	0,810	0,839	0,870	0,903	0,937	0,974	1,015	1,062	1,123
63%	0,483	0,509	0,535	0,561	0,587	0,613	0,639	0,666	0,693	0,720	0,748	0,777	0,807	0,837	0,870	0,904	0,941	0,982	1,030	1,090
64%	0,451	0,477	0,503	0,529	0,555	0,581	0,607	0,634	0,661	0,688	0,716	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998	1,058
65%	0,419	0,445	0,471	0,497	0,523	0,549	0,576	0,602	0,629	0,657	0,685	0,714	0,743	0,774	0,806	0,840	0,877	0,919	0,966	1,027
66%	0,388	0,414	0,440	0,466	0,492	0,519	0,545	0,572	0,599	0,626	0,654	0,683	0,712	0,743	0,775	0,810	0,847	0,888	0,935	0,996
67%	0,358	0,384	0,410	0,436	0,462	0,488	0,515	0,541	0,568	0,596	0,624	0,652	0,682	0,713	0,745	0,779	0,816	0,857	0,905	0,966
68%	0,328	0,354	0,380	0,406	0,432	0,459	0,485	0,512	0,539	0,566	0,594	0,623	0,652	0,683	0,715	0,750	0,787	0,828	0,875	0,936
69%	0,299	0,325	0,351	0,377	0,403	0,429	0,456	0,482	0,509	0,537	0,565	0,593	0,623	0,654	0,686	0,720	0,757	0,798	0,846	0,907
70%	0,270	0,296	0,322	0,348	0,374	0,400	0,427	0,453	0,480	0,508	0,536	0,565	0,594	0,625	0,657	0,692	0,729	0,770	0,817	0,878
71%	0,242	0,268	0,294	0,320	0,346	0,372	0,398	0,425	0,452	0,480	0,508	0,536	0,566	0,597	0,629	0,663	0,700	0,741	0,789	0,849
72%	0,214	0,240	0,266	0,292	0,318	0,344	0,370	0,397	0,424	0,452	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713	0,761	0,821
73%	0,186	0,212	0,238	0,264	0,290	0,316	0,343	0,370	0,396	0,424	0,452	0,481	0,510	0,541	0,573	0,608	0,645	0,686	0,733	0,794
74%	0,159	0,185	0,211	0,237	0,263	0,289	0,316	0,342	0,369	0,397	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658	0,706	0,766
75%	0,132	0,158	0,184	0,210	0,236	0,262	0,289	0,315	0,342	0,370	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631	0,679	0,739
76%	0,105	0,131	0,157	0,183	0,209	0,235	0,262	0,288	0,315	0,343	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605	0,652	0,713
77%	0,079	0,105	0,131	0,157	0,183	0,209	0,235	0,262	0,289	0,316	0,344	0,373	0,403	0,433	0,466	0,500	0,537	0,578	0,626	0,686
78%	0,052	0,078	0,104	0,130	0,156	0,183	0,209	0,236	0,263	0,290	0,318	0,347	0,376	0,407	0,439	0,474	0,511	0,552	0,599	0,660
79%	0,026	0,052	0,078	0,104	0,130	0,156	0,183	0,209	0,236	0,264	0,292	0,320	0,350	0,381	0,413	0,447	0,484	0,525	0,572	0,634
80%	0,000	0,026	0,052	0,078	0,104	0,130	0,157	0,183	0,210	0,238	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499	0,547	0,608
81%		0,000	0,026	0,052	0,078	0,104	0,131	0,157	0,184	0,212	0,240	0,268	0,298	0,329	0,361	0,395	0,432	0,473	0,521	0,581
82%			0,000	0,026	0,052	0,078	0,105	0,131	0,158	0,186	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447	0,495	0,556
83%				0,000	0,026	0,052	0,079	0,105	0,132	0,160	0,188	0,216	0,246	0,277	0,309	0,343	0,380	0,421	0,469	0,530
84%					0,000	0,026	0,053	0,079	0,106	0,134	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503
85%						0,000	0,026	0,053	0,080	0,107	0,135	0,164	0,194	0,225	0,257	0,291	0,328	0,369	0,417	0,477
86%							0,000	0,027	0,054	0,081	0,109	0,138	0,167	0,198	0,230	0,265	0,302	0,343	0,390	0,451
87%								0,000	0,027	0,054	0,082	0,111	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,316	0,364	0,424
88%									0,000	0,027	0,055	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289	0,337	0,397
89%										0,000	0,028	0,057	0,086	0,117	0,149	0,184	0,221	0,262	0,309	0,370
90%											0,000	0,029	0,058	0,089	0,121	0,156	0,193	0,234	0,281	0,342
91%												0,000	0,030	0,060	0,093	0,127	0,164	0,205	0,253	0,313
92%													0,000	0,031	0,063	0,097	0,134	0,175	0,223	0,284
93%														0,000	0,032	0,067	0,104	0,145	0,192	0,253
94%															0,000	0,034	0,071	0,112	0,160	0,220
95%																0,000	0,037	0,078	0,126	0,186
96%																	0,000	0,041	0,089	0,149
97%																		0,000	0,048	0,108
98%																			0,000	0,061
99%																				0,000
100%																				0,000

TABLA 3

Al realizar este procedimiento con los datos obtenidos en el analisis, concuerdan en gran medida con los calculos realizados.

Para evaluar el desembolso real en la adquisición de un banco de capacitores, especificar la cantidad de reactivos y otros parámetros ; para ello se cotizó el precio de un banco de capacitores en la empresa DYMEL S.A. Las características y precios de ésta cotización se detallan más adelante.

Para este modelo se hace uso de una serie anual equivalente. Se realiza una serie no uniforme en tomando en cuenta los meses en los cuales ha existido multa en concepto de cargo por bajo factor de potencia, en los meses de Enero y Abril. Todas estas cantidades de dinero que anteriormente eran desembolsos, representaron un ahorro de dinero pues al corregir el factor de potencia se hace que éste llegue a un valor en el cual no existe multa. Los valores que se dejan de pagar en concepto de multas, se consideran como ahorros en concepto de reintegro por factor de potencia ; y esto se encuentra íntimamente ligado al número de unidades arriba de 0.95 y el parámetro energía consumida.

El valor de reintegro a devolver por la Empresa Distribuidora de Energía es el monto que se obtiene de multiplicar un porcentaje específico por la energía total consumida donde dicho porcentaje específico es igual al número de unidades arriba de 0.95.

Para analizar esta alternativa de invertir en un banco de capacitores, se utiliza el método del Valor Actual Neto (VAN) y que sirve para obtener los beneficios netos (Bnetos) que son la totalidad de los beneficios menos la totalidad de los costos en la inversión :

BENEFICIOS NETOS (BN) =

Btotales = Pago multa + reintegro

7.6 COSTOS DE LA INVERSIÓN.

Los costos de la inversión se pueden contabilizar como la sumatoria de todos los gastos para colocar el banco de capacitores tales como el precio del banco, los gastos del montaje del banco así como los costos de mantenimiento (los cuales son menos significativos cuanto mejor sea la tecnología de fabricación del banco).

Costos totales = Costo de la inversión + Costo de instalación.

Para el banco de capacitores requerido : 50 KVAR.

(Se deja un rango extra para futuros aumentos de KVAR).

Este rango extra se explica a continuación :

Se debe considerar el hecho de que el consumo de energía aumente en un 12% tal como se ha estipulado para los cálculos anteriores ; por lo tanto la energía sube un 12% de 121.77 KW o sea :

$$\text{Valor nuevo de energía} = (0.12) * 121.77 = 136.38 \text{ KW}$$

Como se tiene un valor de F.P deseado de 0.97, el valor nuevo de los KVA será :

$$\text{KVA nuevos} = 136.38 / 0.97 = 38.07$$

Con este valor nuevo de KVA, se calcula los KVAR nuevos

$$\text{KVAR (nuevos)} = 38.07$$

Entonces el valor de reactivos necesarios será igual a :

$$Q(\text{necesarios}) = 72.25 - 38.07 = 34.18$$

Si se considera un factor de potencia de 0.98, manteniendo el valor de aumento del 12% de energía (136.38 KW), entonces el valor nuevo de los KVAR es :

$$\text{KVAR (para F.P = 0.98)} = 27.69 \text{ KVAR}$$

Los KVAR necesarios para compensar serán :

$$Q(\text{necesarios}) = 72.25 - 27.69 = 44.56 \text{ KVAR}$$

Considerando que el factor de potencia puede llegar a 0.99 debido a que se requiere un banco de capacitores automático, el valor de KVAR para F.P. = 0.99 es igual a 52.81 KVAR.

Entonces se requiere la cotización de un banco de capacitores de 50 KVAR ; las características se detallan en la TABLA 4 :

COTIZACION DE BANCO DE CAPACITORES

FUENTE : DYMEL

ELEMENTOS DEL BANCO	CARACTERISTICA
TIPO	AUTOMATICO
TENSION	480 V MAX
FRECUENCIA	60 HZ
CAPACIDAD	2 UNID. DE 25 KVAR
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TIPO DONA)	50/5
SUPRESOR DE ARMONICOS	

COSTOS FIJOS	PRECIO (COLONES)
PRECIO DEL BANCO	40.000
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	2.000
COSTO DE MANTENIMIENTO (NO REQUIERE)	0
INSTALACION Y MONTAJE(INCLUYE GABINETE)	15.000

TODOS ESTOS PRECIOS INCLUYEN IVA(13%)

TOTAL	57.000
-------	--------

TABLA 4

BENEFICIOS OBTENIDOS.

Los beneficios económicos que pueden obtenerse del banco de capacitores dependen del Factor de Potencia a corregir, para cada valor de corrección, representa un margen de reducción en los costos de la energía consumida, la cual es difícil de controlar pero se puede estimar su crecimiento anual. También los beneficios totales incluyen los ahorros por no pago de multa.

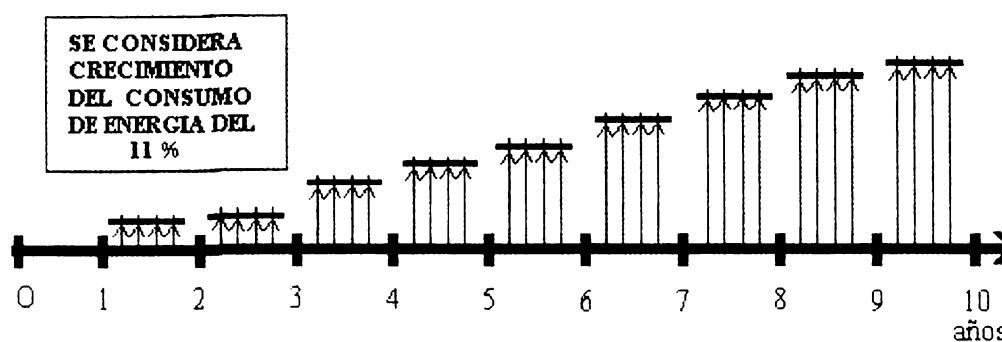
Beneficios totales = B(reintegros) + Beneficios por ahorro de multa.

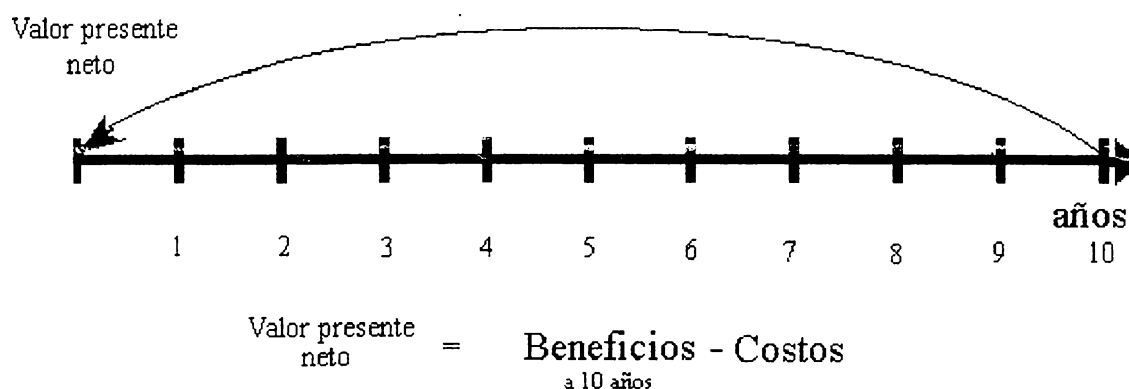
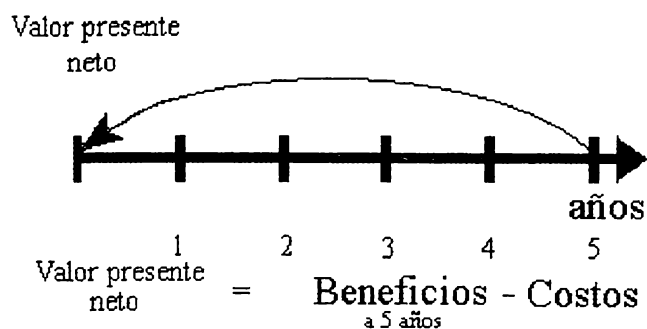
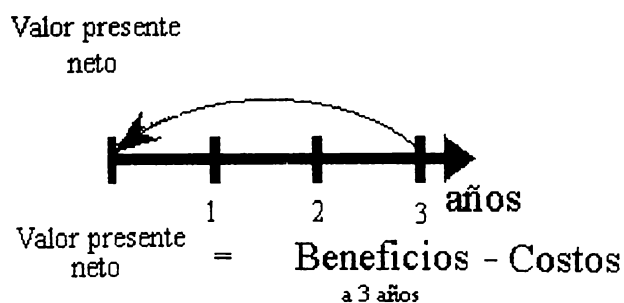
BENEFICIOS POR AHORRO DE MULTA.

El banco de capacitores tiene un precio, pero este tienen un rango en donde es más factible su inversión. Hay que recordar que al ahorrar por reintegros se está ahorrando las cantidades en concepto de pago de multa. Si el factor de potencia se corrige en el sistema, lo que anteriormente se consideraba como costo ahora sería un ahorro ; luego entonces todo el análisis para los costos en concepto de pago por multa ahora se convierten en reintegros debido a que con el banco de capacitores se evita pagar ese monto, convirtiéndose en un ahorro.

Estos ahorros tienen un valor presente el día de hoy, el cual se obtiene utilizando el modelo económico de una serie con gradiente tal como se expuso en la alternativas de no invertir en el banco de capacitores. La serie con gradiente se ha elaborado en base a la conducta que experimentan los desembolsos en concepto por cargo por factor de potencia indicados en los recibos. Esto es una serie anual proyectada a 10 años y luego enviada a valor presente para encontrar el margen de ahorro el día de hoy. Sin embargo no hay que olvidar, el considerar que dicho gradiente de la serie depende también del crecimiento de la demanda de energía consumida.

Para llevar los valores del año 10 a valor presente se presenta la siguiente línea de tiempo





Estas líneas de tiempo representan las cantidades en diferentes años llevadas a valor presente, de tal manera de poder comparar con el valor presente de la inversión del banco de capacitores.

Los valores presentes para cada uno de los factores de potencia en los años 3,5,7,10 se muestran en la TABLA5.

Los beneficios netos representan la relación BENEFICIO-COSTO, y esta se obtiene restando el costo de la inversión de los beneficios totales obtenidos por la suma de los beneficios en concepto de reintegro y en concepto de no pagar la multa por el hecho de que ya se ha corregido el factor de potencia.

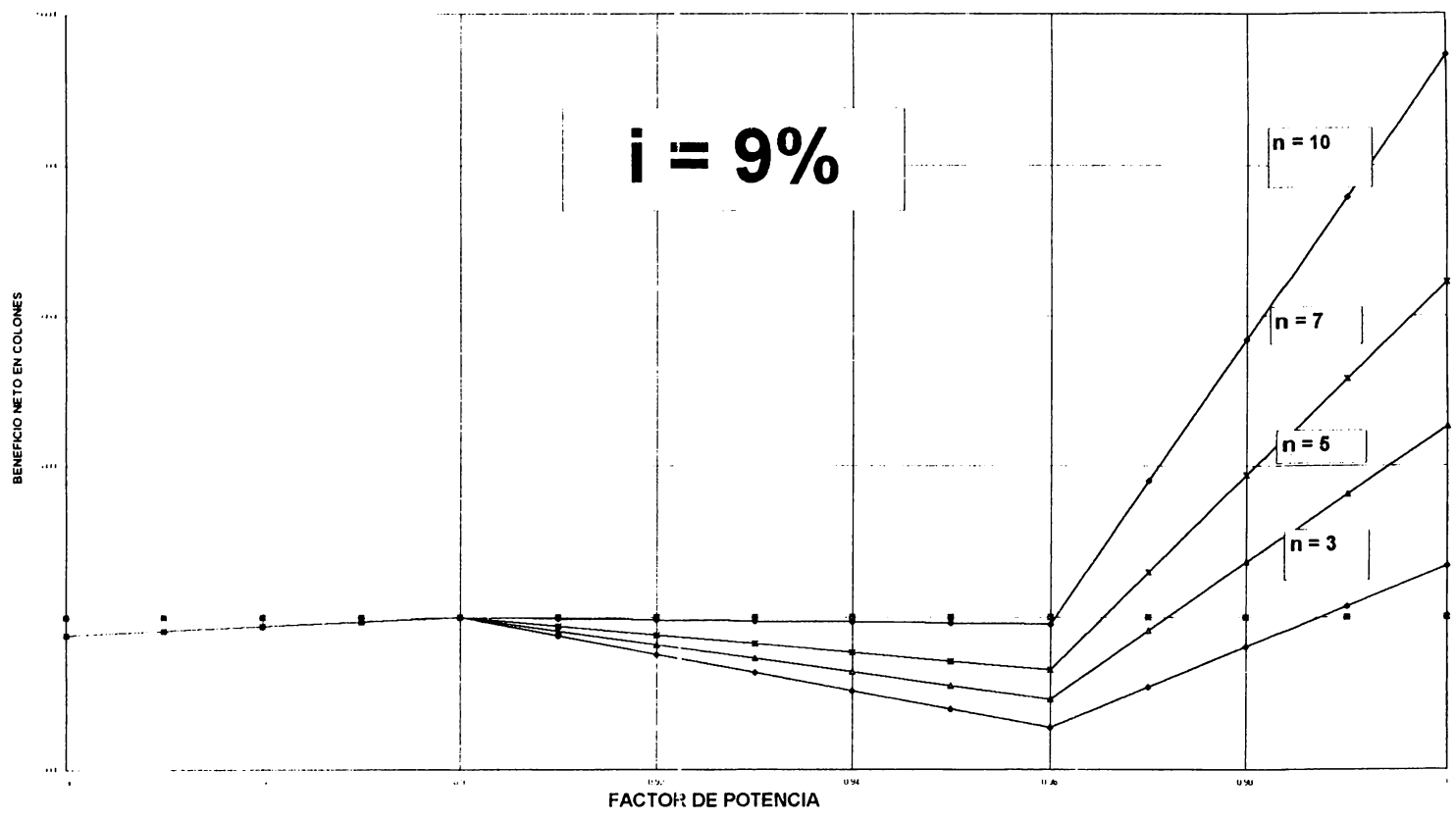
TABLA GENERAL DE RESULTADOS ECONOMICOS ESPERADOS								
FACTOR DE POTENCIA	3		5		7		10	
TASA	9%	18%	9%	18%	9%	18%	9%	18%
0.86	-5,923.04	-5,923.04	-5,923.04	-5,923.04	-5,923.04	-5,923.04	-5,923.04	-5,923.04
0.87	-4,442.28	-4,442.28	-4,442.28	-4,442.28	-4,442.28	-4,442.28	-4,442.28	-4,442.28
0.88	-2,961.52	-2,961.52	-2,961.52	-2,961.52	-2,961.52	-2,961.52	-2,961.52	-2,961.52
0.89	-1,480.76	-1,480.76	-1,480.76	-1,480.76	-1,480.76	-1,480.76	-1,480.76	-1,480.76
0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.91	-6,025.15	-6,614.70	-4,482.97	-5,491.26	-2,883.54	-4,497.03	-372.76	-3,216.21
0.92	-12,050.26	-13,229.36	-8,965.93	-10,982.53	-5,767.08	-8,994.07	-745.51	-6,432.38
0.93	-18,075.38	-19,844.03	-13,448.90	-16,473.79	-8,650.62	-13,491.10	-1,118.27	-9,648.56
0.94	-24,100.50	-26,458.70	-17,931.87	-21,965.05	-11,534.16	-17,988.14	-1,491.02	-12,864.74
0.95	-30,125.61	-33,073.36	-22,414.84	-27,456.31	-14,417.70	-22,485.17	-1,863.78	-16,080.92
0.96	-36,150.78	-39,688.03	-26,897.81	-32,947.57	-17,301.24	-26,982.21	-2,236.53	-19,297.09
0.97	-22,886.31	-27,896.85	-4,379.62	-14,414.67	14,812.19	-2,484.77	44,941.05	12,885.20
0.98	-9,621.92	-16,105.44	18,138.55	4,118.18	46,926.92	22,013.45	92,120.51	45,068.56
0.99	3,641.59	-4,314.75	40,655.03	22,649.70	79,039.27	46,509.88	139,297.58	77,250.14
1	16,904.93	7,475.65	63,172.08	41,181.45	111,152.26	71,006.62	186,474.71	109,431.70

TABLA 5

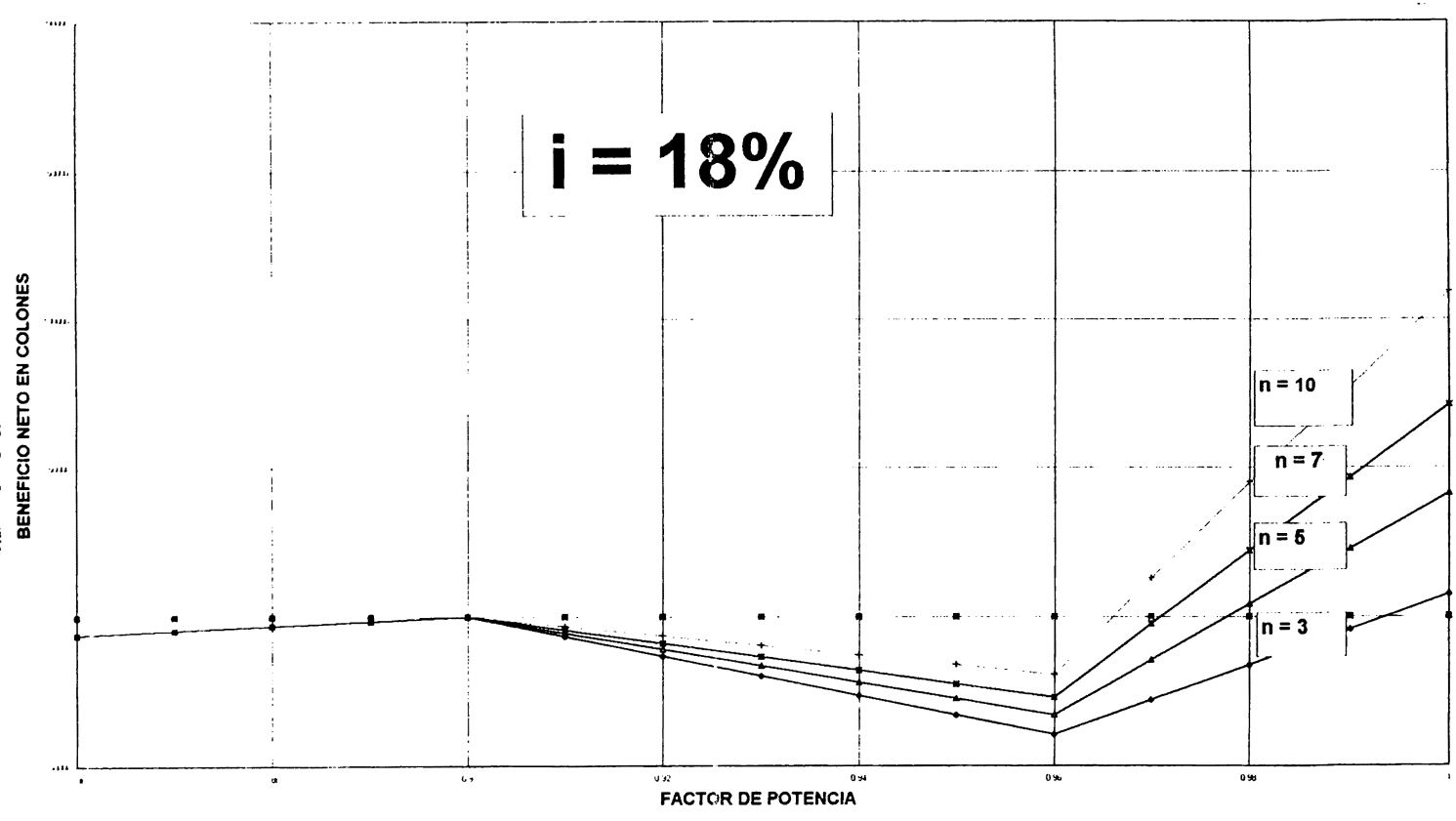
El comportamiento de la inversión se encuentra resumido en las gráficas que se muestran a continuación, tanto para una tasa de interés del 9% (caso de tasa de ahorro) y también para una tasa del 18% (caso de tasa de préstamo).

La zona que se encuentra a la izquierda de 0.90 representa una pérdida, ya que sólo se tienen pagos en concepto de multas. Luego entre la zona de F.P =0.90 y 0.95 se puede invertir para mejorar el factor de potencia en este rango, sin obtener ningún beneficio positivo. Los beneficios comienzan a verse en la medida que se eleva el factor de potencia, ya que existen reintegros. Las gráficas muestran el margen de los beneficios calculados para una vida útil de 3 a 10 años, lo cual es menor de lo esperado realmente. La zona de trabajo donde es rentable la inversión está arriba de 0.96 ; para 3 años se observa que se necesita elevar demasiado el factor de potencia para obtener beneficios positivos.

CURVA DE BENEFICIOS NETOS DE VALOR PRESENTE



CURVA DE BENEFICIOS NETOS DE VALOR PRESENTE



BIBLIOGRAFIA

SISTEMAS DE POTENCIA

- [1] **Analisis de sistemas de Potencia.** John J. Grainger/ William D. Stevenson Jr. Ediciones McGraw-Hill/ Interamericana de México. Naucalpan de Juárez. Estado de México, 1996.
- [2] **Manual de Ingeniería Eléctrica.** Donald G. Fink/ Wayne Beaty. McGraw-Hill, Naucalpan de Juárez. Estado de México, 1996. Primera Edición en español. Tomo I y II.
- [3] **Introducción a la Ingeniería Eléctrica.** C.R. Paul / S.A. Nassar/ L.E. Unnewehr. Department of Electrical Engineering. University of Kentucky. McGraw-Hill Book Company.
- [4] **Código Eléctrico Norteamericano (NEC).** National Fire Protection Association. U.S.A. 1987
- [5] **Reglamento Interno de Obras e Instalaciones Eléctricas de El Salvador.** Dirección de Energía y de Recursos Mineros. Ministerio de Economía. San Salvador 1991.
- [6] **Catálogo de Conductores.** Conductores Eléctricos de Centroamérica. El Salvador 1996.
- [7] **IEEE Red book.** Std 141-1993; Electric Power Distribution For Industrial Plant.
- [8] **IEEE Green book.** Std 142-1991; Grounding of Industrial & Comercial power Systems.
- [9] **Manual de Conexión de Transformadores.** General Electric.
- [10] **Seminario “Planificación, Evaluación, y Supervisión de Instalaciones Eléctricas en la construcción e Industria en general.** Asociación Salvadoreña de Ingenieros Mecánicos, Electricistas e Industriales (ASIMEI) Noviembre de 1990.

ELECTRONICA E INSTRUMENTACION

[11] **Analisis de circuitos por computadora.** David Báez López, Ediciones Alfaomega. S.A. de C.V. México D.F. 1994.

[12] **Circuitos Integrados Lineales y Amplificadores Operacionales.** Robert F. Coughlin/Frederick F. Driscoll. Editorial Prentice-Hall/Interamericana S.A. Naucalpan de Juárez, Edo. de México 1987. Segunda Edición.

[13] **Manual de Diseño de Circuitos con Amplificadores Operacionales.** David F. Stout/Milton Kaufman. McGraw-Hill Book company. U. S. A. 1990.

[14] **Sistemas Digiatales. Principios y Aplicaciones.** Ronald J. Tocci. Editorial Prentice-Hall/Interamericana S.A. Naucalpan de Juárez. Estado de México.

[15] **ECG Semiconductors Master Replacement Guide.** ECG. Semiconductors

FORMACION GENERAL

[16] **Evaluacion de Proyectos.** Gabriel Baca Urbina. Prentice-Hall. Primera Edición.

CONCLUSIONES.

Debido a la naturaleza del problema que se analizó, el cual era de carácter dinámico, y a lo largo de un desarrollo de tres defensas se dieron conclusiones y recomendaciones de cada uno de los aspectos estudiados. Sin embargo se hace una reseña de cada uno de los problemas analizados :

a) En primer lugar, se analizó el problema de la inestabilidad y el nivel de alimentación eléctrica para el Centro de Cómputo y Laboratorios de mecánica. Dicha alimentación eléctrica es proporcionada por una subestación de 501 KVA, dicho banco de transformadores estaba fuera de normas CAESS, es decir, no se tenía un nivel nominal de 208 Voltios en el lado secundario, aunque se hicieran cambios en las derivaciones (taps) del transformador. Esto obviamente producía un “stress eléctrico” para todas las cargas conectadas, especialmente el equipo sensitivo del Centro de Cómputo.

Una de las conclusiones a la que se llegó es que existía la necesidad de cambiar el banco de transformadores por otro que no estaba siendo utilizado, pero que sí cumplía con las normas de CAESS. Vale la pena mencionar que dicha sugerencia ya fue realizada en el mes de Octubre del presente año.

b) Se verificó la red de tierra, tanto de subestaciones como del Centro de Cómputo; el Centro de Cómputo tuvo un fallo en el mes de mayo que provocó daños en varios módem; dichos daños se originaron a raíz de la falta de protecciones para módem y de una incorrecta red de puesta a tierra. Dicha red de puesta a tierra no cumplía con los requerimientos del NEC, en la sección 250 -81, donde se estipula que se debe de utilizar como electrodos de puesta a tierra en primera instancia la tubería metálica de acueductos y en segundo lugar la estructura metálica del edificio (Sección 250 - 82).

Las dos situaciones anteriores, tanto en la subestación, como en la red de tierra dan por indicio de que se debe de efectuar una labor de supervisión por parte del Ingeniero, para que al momento de recibir un trabajo terminado, verificar si todo el trabajo está hecho dentro de las normas existentes. Dicha labor no se efectuó en años anteriores, a pesar de que los trabajos se realizaron hace

aproximadamente 4 ó 5 años y se puso atención a éstos problemas hasta que se presentaron daños a los equipos.

c) En cuanto al estudio del consumo energético en Ciudadela, existe una tendencia anual en el incremento del consumo energético por lo cual se hace necesario registrar el consumo de energía por áreas; para esto se desarrolló un prototipo de medidor electrónico de Kw - h, cuyas especificaciones de principio de funcionamiento y diseño se presentaron en el Capítulo V. Otro de los aspectos que llama la atención dentro del consumo energético es el incremento drástico de la demanda de arrastre, o sea la mayor lectura de KVA que se produce en el mes, por lo cual es necesario controlar este aumento. Además es necesario también monitorear el control de la energía en horas punta, ya que como se pudo observar en las gráficas de pastel del capítulo IV, representa un porcentaje considerable del importe de la factura mensual. La hora punta está definida entre las 6 P.M y las 9 P.M.

d) Se realizó un modelo equivalente de la red eléctrica, con el objetivo de analizar las pérdidas por resistencia del conductor (efecto joule) de la línea primaria y se determinó que éstas eran despreciables.

e) Además se evaluó la factibilidad de instalar un banco de capacitores, que permita mejorar el factor de potencia con el propósito de recibir reintegros económicos por parte de la compañía distribuidora; dichos aspectos se presentaron en un estudio técnico - económico en el Cap. VII, se realizó el análisis para dos tipos de tasas de interés : De préstamo y de ahorro.

RECOMENDACIONES.

En cuanto a la estabilidad de la red eléctrica, específicamente la subestación que alimenta el Centro de Cómputo y Laboratorios de Mecánica se puede sugerir lo siguiente :

a) Existe todavía un problema latente en los pozos de registro interno en cada una de las subestaciones, debido a que se inundan de agua en temporada de invierno. Esto puede ser perjudicial para el aislante de los cables conductores y puede ocurrir un cortocircuito, provocando interrupciones no deseadas en el servicio energético. Por lo tanto es necesario construir un desagüe para evacuar un posible estancamiento de agua.

b) Es necesario proporcionar un mantenimiento periódico a las subestaciones en las partes que requieren limpieza, ya que el polvo en tiempos de humedad puede causar fallas de aislamiento.

c) Es recomendable realizar mediciones periódicas de la resistencia de puesta a tierra, ya que el valor óhmico cambia de acuerdo a las condiciones del tiempo : Temperatura, humedad ; con el objeto de evitar que el valor óhmico sobrepase los niveles estipulados por el NEC. La Universidad cuenta con el equipo necesario para éstas mediciones.

Con respecto al estudio de tarifas eléctricas, se recomienda determinar el período en el que se produce el aumento de la demanda de arrastre; dicho período está especificado en los recibos mensuales. Para determinar el período exacto en que se produce al aumento de dicha demanda, se hace necesario adquirir un historial del registro de los KVA, KW, KVAR para un período del mes en el que se produce. Para el caso particular, el grupo trató de gestionar la adquisición de dicho historial con el Departamento Comercial de CAESS, más sin embargo se requiere una gestión directa por parte del representante legal o el administrador de la Universidad para la adquisición de ésta información. Esta información contiene el registro de los KVA, KW, KVAR de los últimos 45 días, con mediciones cada 15 minutos, proporcionados por el medidor en el punto de entrega. Sin embargo, dicha información implica un costo de ₡ 904 con IVA incluido, pero éste precio es

mínimo comparado con los beneficios que se pueden obtener con el análisis de dicha información. Con esta información se podría realizar lo siguiente :

- 1) Determinar el período en que aumenta la demanda de arrastre, y con esto evaluar los procesos o cargas que producen el aumento de los KVA y a partir de esto redistribuir las actividades internas.

- 2) Determinación de la curva típica de consumo energético para cada día. Con esto se podría controlar el consumo de energía en hora punta (6 a 9 P.M.) y a partir de esto monitorear las cargas en dichas horas para evaluar si realmente son importantes en su operación en esas horas (Por ejemplo : aires acondicionados de 6 - 9 P.M).

Otra recomendación importante es evaluar la alternativa de instalar un banco de capacitores para mejorar el factor de potencia y así producir reintegros mensuales; para ello se puede instalar el banco de capacitores en las subestaciones donde existe mayor demanda. El dimensionamiento del banco debe de realizarse considerando un margen de seguridad. Además el banco de capacitores será instalado en el lado de baja tensión por aspectos de costos y lo más cerca posible a la subestación. Dicho banco de capacitores se calculó en el Capítulo VII y se determinó su capacidad de acuerdo a los datos de recibos se tuvo acceso.

ANEXO No. 1

**HOJAS DE DATOS Y ESPECIFICACIONES DEL MEDIDOR ELECTRONICO DE
ENERGIA**



MOTOROLA
Semiconductors

BOX 20917 • PHOENIX, ARIZONA 85036

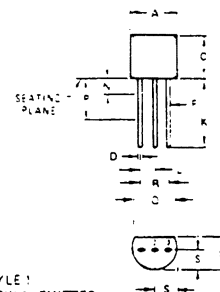
2N3905
2N3906

PNP SILICON ANNULAR* TRANSISTORS

... designed for general purpose switching and amplifier applications and for complementary circuitry with types 2N3903 and 2N3904.

- High Voltage Ratings – $BV_{CE0} = 40$ Volts (Min)
- Current Gain Specified from: $100 \mu A$ to $100 mA$
- Complete Switching and Amplifier Specifications
- Low Capacitance – $C_{0b} = 4.5 pF$ (Max)

PNP SILICON SWITCHING & AMPLIFIER TRANSISTORS



STYLE 1
PIN 1 EMITTER
2 BASE
3 COLLECTOR

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.45	5.20	0.175	0.205
B	3.18	4.18	0.125	0.165
C	4.32	5.32	0.170	0.210
D	0.40	0.53	0.016	0.021
E	0.70	0.83	0.028	0.033
K	1.28	1.30	0.051	0.051
L	1.15	1.30	0.045	0.051
M	0.35	0.45	0.014	0.018
P	6.35	—	0.250	—
Q	3.43	—	0.135	—
R	1.41	1.61	0.055	0.063
S	2.0X	2.2	0.080	0.087

CASE 29 02
TO 92

***MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Base Voltage	V_{CB}	40	Vdc
Collector-Emitter Voltage	V_{CEC}	40	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB}	5.0	Vdc
Collector Current	I_C	200	mAac
Total Power Dissipation @ $T_A = 60^\circ C$	P_D	250	mW
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ C$ Derate above $25^\circ C$	P_D	350 2.8	mW mW/°C
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ C$ Derate above $25^\circ C$	P_D	1.0 8.0	Watt mW/°C
Junction Operating Temperature	T_J	+150	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	35*	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	125	°C/W

*Indicates JEDEC Registered Data
•Annular semiconductors patented by Motorola Inc.

Hojas de datos de fabricantes

*ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted.)

Characteristic	Fig. No.	Symbol	Min	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS					
Collector-Base Breakdown Voltage (I _C = 10 μA, I _E = 0)		BVCBO	40	—	Vdc
Collector-Emitter Breakdown Voltage (1) (I _C = 1.0 mA, I _B = 0)		BVCEO	40	—	Vdc
Emitter-Base Breakdown Voltage (I _E = 10 μA, I _C = 0)		BVEBO	5.0	—	Vdc
Collector Cutoff Current (V _{CE} = 30 Vdc, V _{BE(off)} = 3.0 Vdc)		I _{CEx}	—	50	nAdc
Base Cutoff Current (V _{CE} = 30 Vdc, V _{BE(off)} = 3.0 Vdc)		I _{BL}	—	50	nAdc
ON CHARACTERISTICS (1)					
DC Current Gain (I _C = 0.1 mA, V _{CE} = 1.0 Vdc)	2N3906	h _{FE}	30	—	
	2N3906		60	—	
(I _C = 1.0 mA, V _{CE} = 1.0 Vdc)	2N3906	40	—		
	2N3906	80	—		
(I _C = 10 mA, V _{CE} = 1.0 Vdc)	2N3906	50	150		
	2N3906	100	300		
(I _C = 50 mA, V _{CE} = 1.0 Vdc)	2N3906	30	—		
	2N3906	60	—		
(I _C = 100 mA, V _{CE} = 1.0 Vdc)	2N3906	15	—		
	2N3906	30	—		
Collector-Emitter Saturation Voltage (I _C = 10 mA, I _B = 1.0 mA) (I _C = 50 mA, I _B = 5.0 mA)	16, 17	V _{CE(sat)}	—	0.25 0.4	Vdc
Base-Emitter Saturation Voltage (I _C = 10 mA, I _B = 1.0 mA) (I _C = 50 mA, I _B = 5.0 mA)	17	V _{BE(sat)}	0.65	0.85 0.95	Vdc
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS					
Current Gain - Bandwidth Product (I _C = 10 mA, V _{CE} = 20 Vdc, f = 100 MHz)	2N3906	f _T	200	—	MHz
	2N3906		250	—	
Output Capacitance (V _{CB} = 5.0 Vdc, I _E = 0, f = 100 kHz)	3	C _{ob}	—	4.5	pF
Input Capacitance (V _{BE} = 0.5 Vdc, I _C = 0, f = 100 kHz)	3	C _{ic}	—	1.0	pF
Input Impedance (I _C = 1.0 mA, V _{CE} = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N3906	h _{ie}	0.5	8.0	k ohms
	2N3906		2.0	12	
Voltage Feedback Ratio (I _C = 1.0 mA, V _{CE} = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N3906	h _{re}	0.1	5.0	x 10 ⁻⁴
	2N3906		1.0	10	
Small-Signal Current Gain (I _C = 1.0 mA, V _{CE} = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N3906	h _{fe}	50	200	—
	2N3906		100	400	
Output Admittance (I _C = 1.0 mA, V _{CE} = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N3906	h _{oe}	1.0	40	μmhos
	2N3906		3.0	60	
Noise Figure (I _C = 100 μA, V _{CE} = 5.0 Vdc, R _S = 1.0 k ohm, f = 10 Hz to 15.7 kHz)	2N3906	NF	—	5.0	dB
	2N3906		—	4.0	
SWITCHING CHARACTERISTICS					
Delay Time (V _{CC} = 3.0 Vdc, V _{BE(off)} = 0.5 Vdc)		t _d	—	35	ns
Rise Time (I _C = 10 mA, I _B = 1.0 mA)		t _r	—	35	ns
Storage Time (V _{CC} = 3.0 Vdc, I _C = 10 mA)	2N3906	t _s	—	200	ns
	2N3906		—	225	
Fall Time (I _{B1} = I _{B2} = 1.0 mA)	2N3906	t _f	—	60	ns
	2N3906		—	75	

* Indicates JEDEC Registered Data (1) Pulse Width = 300 μs, Duty Cycle = 2.0%

FIGURE 1 - DELAY AND RISE TIME EQUIVALENT TEST CIRCUIT

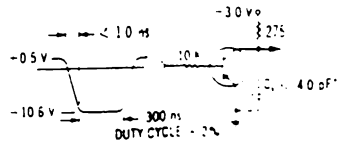
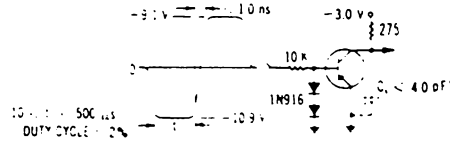


FIGURE 2 - STORAGE AND FALL TIME EQUIVALENT TEST CIRCUIT



* Total shunt capacitance of test jig and connectors

LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

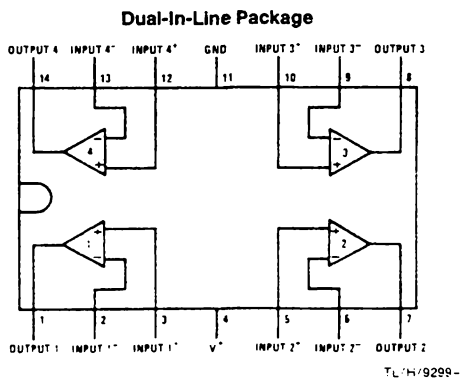
Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

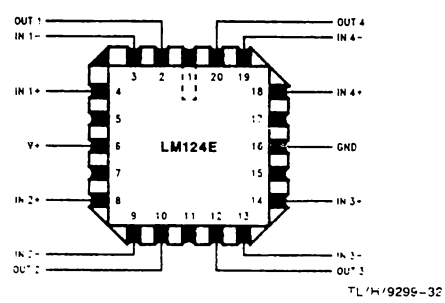
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz
(temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply 3V to 32V
 - or dual supplies $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA
(temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV
and offset current 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to $V^+ - 1.5V$

Connection Diagram

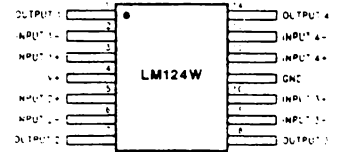


Top View

Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883**, LM124AJ/883*, LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324AM, LM2902M, LM324N, LM324AN or LM2902N
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

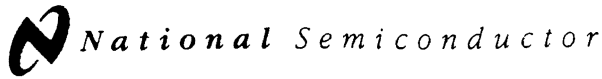


Order Number LM124AE/883 or LM124E/883
See NS Package Number E20A



Order Number LM124AW/883 or LM124W/883
See NS Package Number W14B

*LM124A available per JMJ38510-11006
**LM124A available per JMJ38510-11005



LM1558/LM1458 Dual Operational Amplifier

General Description

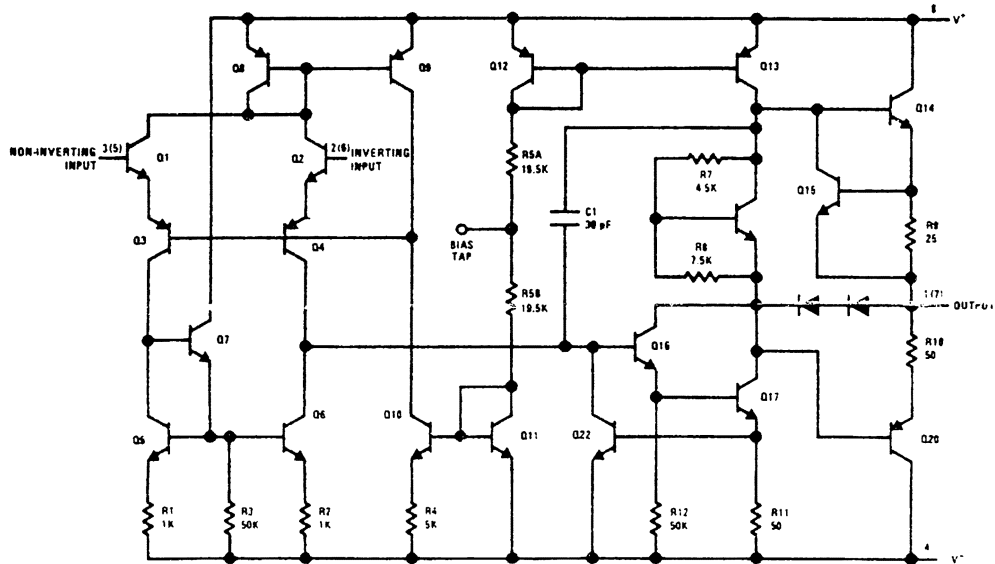
The LM1558 and the LM1458 are general purpose dual operational amplifiers. The two amplifiers share a common bias network and power supply leads. Otherwise, their operation is completely independent.

The LM1458 is identical to the LM1558 except that the LM1458 has its specifications guaranteed over the temperature range from 0°C to +70°C instead of -55°C to +125°C.

Features

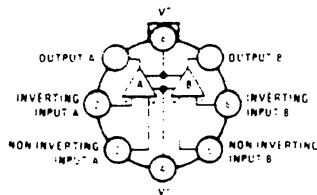
- No frequency compensation required
- Short-circuit protection
- Wide common-mode and differential voltage ranges
- Low-power consumption
- 8-lead can and 8-lead mini DIP
- No latch up when input common mode range is exceeded

Schematic and Connection Diagrams



Note: Numbers in parentheses are pin numbers for amplifier B.

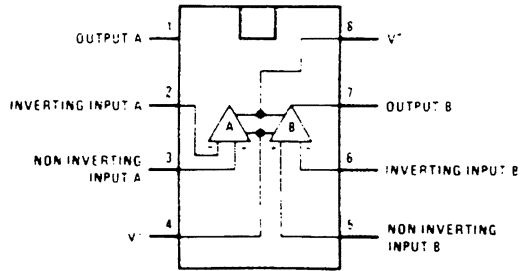
Metal Can Package



Top View

Order Number LM1558H,
LM1558H/883 or LM1458H
See NS Package Number H08C

Dual-In-Line Package



Top View

Order Number LM1558J, LM1558J/883, LM1458J, LM1458M or LM1458N
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 4)

Supply Voltage		
LM1558	= 22V	
LM1458	= 18V	
Power Dissipation (Note 1)		
LM1558H/LM1458H	500 mW	
LM1458N	400 mW	
Differential Input Voltage	= 30V	
Input Voltage (Note 2)	= 15V	
Output Short-Circuit Duration	Continuous	

Operating Temperature Range		
LM1558	-55°C to +125°C	
LM1458	0°C to +70°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	260°C	
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	
Infrared (15 seconds)	220°C	
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD tolerance (Note 5)	300V	

Electrical Characteristics (Note 3)

Parameter	Conditions	LM1558			LM1458			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$		1.0	5.0		1.0	6.0	mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		80	200		80	200	nA
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		200	500		200	500	nA
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.3	1.0		0.3	1.0		M Ω
Supply Current Both Amplifiers	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$		3.0	5.0		3.0	5.6	mA
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$ $V_{OUT} = \pm 10\text{V}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	50	160		20	160		V/mV
Input Offset Voltage	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$			0.0			7.5	mV
Input Offset Current				500			300	nA
Input Bias Current				1.5			0.8	μA
Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 15\text{V}$, $V_{OUT} = \pm 10\text{V}$ $R_L \geq \text{k}\Omega$	25			15			V/mV
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 15\text{V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$ $R_L = 2\text{ k}\Omega$	± 12	± 14		± 12	± 14		V
		± 10	± 13		± 10	± 13		V
Input Voltage Range	$V_S = \pm 15\text{V}$	± 12			± 12			V
Common Mode Rejection Ratio	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	70	90		70	90		dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	77	96		77	96		dB

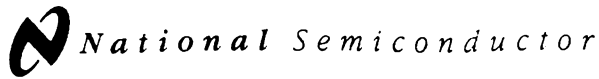
Note 1: The maximum junction temperature of the LM1558 is 150°C while that of the LM1458 is 100°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO8 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W (junction to ambient) or 20°C/W (junction to case). For the DIP, the device must be derated based on a thermal resistance of 167°C/W (junction to ambient).

Note 2: For supply voltages less than $\pm 15\text{V}$, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Note 3: These specifications apply for $V_S = \pm 15\text{V}$ and $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified. With the LM1458, however, all specifications are limited to $T_A = 70^\circ\text{C}$ and $V_S = \pm 15\text{V}$.

Note 4: Refer to JEDEC 155B for LM1558 and LM1558H military specifications.

Note 5: Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.



LF351 Wide Bandwidth JFET Input Operational Amplifier

General Description

The LF351 is a low cost high speed JFET input operational amplifier with an internally trimmed input offset voltage (BI-FET IITM technology). The device requires a low supply current and yet maintains a large gain bandwidth product and a fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The LF351 is pin compatible with the standard LM741 and uses the same offset voltage adjustment circuitry. This feature allows designers to immediately upgrade the overall performance of existing LM741 designs.

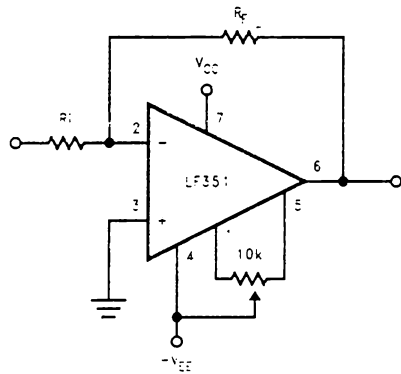
The LF351 may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample-and-hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth. The device has low noise and offset voltage drift, but for applications where these requirements are critical, the LF356 is recommended. If maximum supply

current is important, however, the LF351 is the better choice.

Features

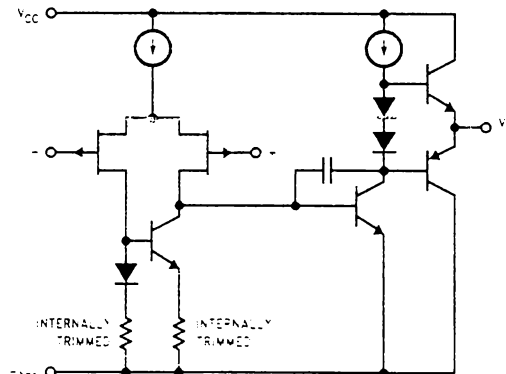
- Internally trimmed offset voltage 10 mV
- Low input bias current 50 pA
- Low input noise voltage 25 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
- Low input noise current 0.01 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
- Wide gain bandwidth 4 MHz
- High slew rate 13 V/ μs
- Low supply current 1.8 mA
- High input impedance $10^{12}\Omega$
- Low total harmonic distortion $A_V = 10$, $R_L = 10\text{k}$, $V_O = 20\text{ Vp-p}$, $\text{BW} = 20\text{ Hz} - 20\text{ kHz}$ <0.02%
- Low 1/f noise corner 50 Hz
- Fast settling time to 0.01% 2 μs

Typical Connection



T₁ H-5648-11

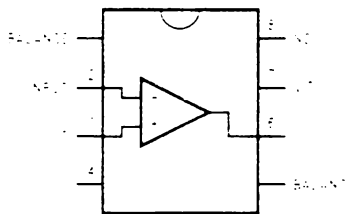
Simplified Schematic



T₁ H-5648-12

Connection Diagrams

Dual-In-Line Package



T₁ H-5648

Order Number LF351M or LF351N
See NS Package Number M08A or N08E

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	± 18V
Power Dissipation (Notes 1 and 6)	670 mW
Operating Temperature Range	0°C to + 70°C
T _J (MAX)	115°C
Differential Input Voltage	± 30V
Input Voltage Range (Note 2)	± 15V
Output Short Circuit Duration	Continuous
Storage Temperature Range	- 65°C to + 150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 sec.)	
Metal Can	300°C
DIP	260°C

θ_{JA}	N Package	120°C/W
	M Package	TBD
Soldering Information		
	Dual-In-Line Package	
	Soldering (10 sec.)	260°C
	Small Outline Package	
	Vapor Phase (60 sec.)	215°C
	Infrared (15 sec.)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

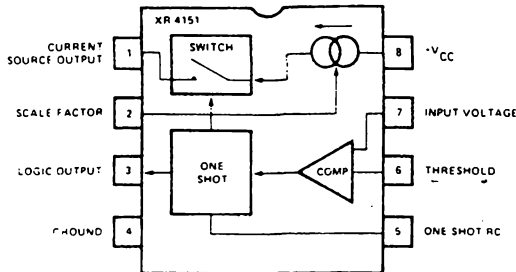
ESD rating to be determined.

DC Electrical Characteristics (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	LF351			Units
			Min	Typ	Max	
V _{OS}	Input Offset Voltage	R _S = 10 k Ω , T _A = 25°C Over Temperature		5	10	mV
					13	mV
$\Delta V_{OS}/\Delta T$	Average TC of Input Offset Voltage	R _S = 10 k Ω		10		$\mu V/^{\circ}C$
I _{OS}	Input Offset Current	T _J = 25°C, (Notes 3, 4) T _J \leq 70°C		25	100	μA
					4	nA
I _B	Input Bias Current	T _J = 25°C, (Notes 3, 4) T _J \leq \pm 70°C		50	200	μA
					8	nA
R _{IN}	Input Resistance	T _J = 25°C		10 ¹²		Ω
A _{VOL}	Large Signal Voltage Gain	V _S = \pm 15V, T _A = 25°C V _O = \pm 10V, R _L = 2 k Ω Over Temperature	25	100		V/mV
			15			V/mV
V _O	Output Voltage Swing	V _S = \pm 15V, R _L = 10 k Ω	\pm 12	\pm 13.5		V
V _{CM}	Input Common-Mode Voltage Range	V _S = \pm 15V	\pm 11	- 15		V
				- 12		V
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	R _S \leq 10 k Ω	70	100		dB
PSRR	Supply Voltage Rejection Ratio	(Note 5)	70	100		dB
I _S	Supply Current			1.8	3.4	mA

Voltage-to-Frequency Converter

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



ORDERING INFORMATION

Part Number	Package	Operating Temperature
XR-4151P	Plastic	-40°C to +85°C
XR-4151CP	Plastic	0°C to +70°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: ($V_{CC} = 15V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise specified)

PARAMETERS	XR-4151CP		XR-4151P		TYP	UNITS	CONDITIONS
	MIN	MAX	MIN	MAX			
Supply Current	2.0	6.0	2.0	6.0	3.5	mA	$8V < V_{CC} < 15V$ $15V < V_{CC} < 22V$
	2.0	7.5	2.0	7.5	4.5	mA	
Conversion Accuracy	0.90	1.10	0.92	1.08	1.00	kHz/V	Circuit of Fig. 3, $V_I = 10V$ $R_S = 14.0k$ Circuit of Fig. 3, $V_I = 10V$ Circuit Fig. 3, $V_I = 1.0V$ $8V < V_{CC} < 18V$
Scale Factor	-	-	-	-	± 100	ppm/°C	
Drift with Temperature	-	-	-0.9	0.9	0.2	%/V	
Drift with V_{CC}	-	-	-	-	-	-	
Input Comparator	-	10	-	10	5	mV	
Offset Voltage	-	± 100	-	± 100	± 50	nA	
Offset Current	-	-300	-	-300	-100	nA	
Input Bias Current	0	$V_{CC}-3.0$	0	$V_{CC}-3.0$	0 to V_{CC}	V	
Common Mode Range (Note 1)	-	-	-	-	-2	-	
One-Shot	0.63	0.70	0.63	0.70	.667	$\times V_{CC}$	Pin 5.1 = 2.2mA
Threshold Voltage, Pin 5	-	-500	-	.500	-100	nA	
Input Bias Current, Pin 5	-	50.0	-	50.0	0.15	V	
Reset V_{SAT}	-	-	-	-	-	-	
Current Source	-	-	-	-	138.7	μA	Pin 1, $V = 0$, $R_S = 14.0k\Omega$ Pin 1, $V = 0V$ to $V = 10V$ Pin 1, $V = 0V$
Output Current	-	2.5	-	2.5	1.0	μA	
Change with Voltage	-	50.0	-	50.0	0.15	nA	
Off Leakage	-	-	-	-	-	-	
Reference Voltage	1.70	2.08	1.70	2.08	1.9	V	Pin 2
Logic Output	-	0.50	-	0.50	0.15	V	Pin 3, $I = 3.0mA$ Pin 3, $I = 3.0mA$
V_{SAT}	-	0.30	-	0.30	0.10	V	
V_{SAT}	-	0	-	1.0	.1	μA	
Off Leakage	-	-	-	-	-	-	

Note 1: Input Common Mode Range includes ground.

El temporizador/contador programable XR-2240 es un controlador monolítico capaz de producir retardos de tiempo ultralargos sin sacrificar la exactitud. En la mayoría de las aplicaciones, proporciona un reemplazo directo de los dispositivos temporizadores electromecánicos y genera retardos de tiempo programables desde microsegundos hasta cinco días. Pueden instalarse en cascada dos circuitos temporizadores para generar retardos de tiempo hasta de tres años.

Como se muestra en la figura 1, el circuito está compuesto por un oscilador interno base de tiempo, un contador de 8 bit programable y un control bistable. El retardo de tiempo se establece por un circuito externo R-C y puede programarse a cualquier valor desde 1 RC hasta 255 RC.

En la operación estable, el circuito puede generar 256 frecuencias separadas o patrones de pulso con un RC único establecido y puede sincronizarse con señales externas de reloj. Tanto las entradas como las salidas del control son compatibles con los circuitos TTL y niveles DTL lógicos.

CARACTERÍSTICAS

Tiempos desde microsegundos a días
Retardos programables: 1 RC a 255 RC
Gran amplitud de suministro: 4 V a 15 V
Salidas compatibles TTL y DTL
Alta exactitud: 0.5%
Capacidad de sincronización externa y modulación
Excelente rechazo de suministro: 0.2%/V

APLICACIONES

Temporizado de precisión
Generación de largos retrasos
Temporizado secuencial
Generación de patrón binario
Síntesis de frecuencia
Conteo/suma de pulsos
Conversión A/D
Muestreo digital y retenedor

TASAS MÁXIMAS ABSOLUTAS

Voltaje de suministro	18 V
Disipación de potencia	750 mW
Encapsulado de cerámica	6m2/°C
Reducir el valor arriba de +25°C	625 mW
Encapsulado plástico	5.0 mW/°C
Reducir el valor arriba de +25°C	5.0 mW/°C
Temperatura de operación	
XR-2240M	-55°C a +125°C
XR-2240C	0°C a +75°C
Temperatura de almacenamiento	-65°C a +150°C

INFORMACIÓN DEL ENCAPSULADO

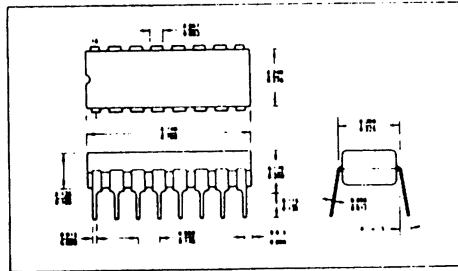
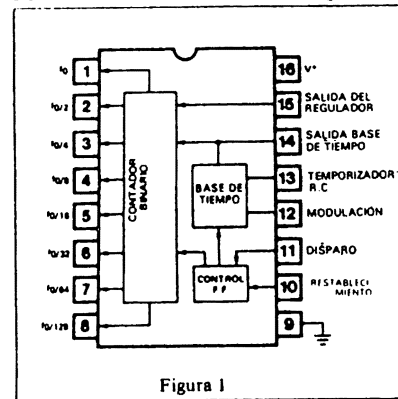


DIAGRAMA FUNCIONAL DE BLOQUES

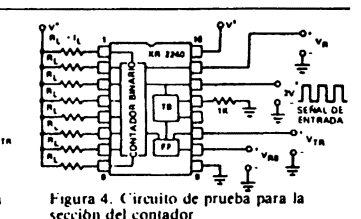
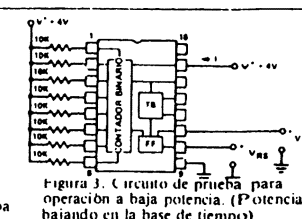
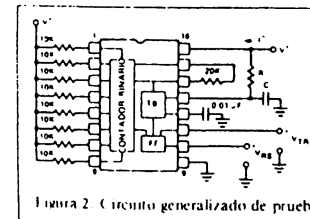


CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Condiciones de prueba: Véase la Figura 2, $V^+ = 5V$, $T_A = 25^\circ C$, $R = 10\ k\Omega$, $C = 0.1\ \mu F$, a menos que se indique otra cosa

PARÁMETROS	XR-2240			XR-2240C			UNIDAD	CONDICIONES
	MÍN.	TIP.	MÁX.	MÍN.	TIP.	MÁX.		
CARACTERÍSTICAS GENERALES								
Voltaje de suministro	4		15	4		15	V	Para $V^+ < 4.5\ V$, Clavija corta 15 a la clavija 16
Corriente total de suministro de circuito		3.5	6		4	7	mA	$V^+ = 5V$, $V_{TR} = 0$, $V_{RS} = 5V$
Sólo el contador		1.2	1.6		1.3	1.8	mA	$V^+ = 15V$, $V_{TR} = 0$, $V_{RS} = 5V$ Véase la figura 3
Salida del regulador, V_R	4.1	4.4	6.6	3.9	4.4	6.8	V	Medido en la terminal 15, $V^+ = 5\ V$ Véase la figura 4
SECCIÓN BASE DE TIEMPO								
Exactitud de temporizado*		0.5	2.0		0.5	5	%	$V_{RS} = 0$, $V_{TR} = 5V$
Variación de temperatura		150	300		200	300	ppm/°C	$V^+ = 5V$, $0^\circ C \leq T \leq 75^\circ C$
Variación del suministro		80			80		ppm/V	$V^+ = 15V$
Frecuencia máxima	100	0.05	0.2		0.08	0.3	kHz	$V^+ \geq 8\ \text{Volts}$, Véase la figura 11 $R = 1\ k\Omega$, $C = 0.007\ \mu F$
Modulación del nivel de voltaje								Medido en la terminal 12
Márgenes recomendados de los componentes del temporizador								$V^+ = 5V$
Resistor temporizador, R	0.001		10	0.001		10	MΩ	$V^+ = 15V$
Capacitor temporizador, C	0.007		1000	0.01		1000	μF	Véase la figura 8
CONTROLES DE DISPARO/REESTABLECIMIENTO								
Umbral de disparo		1.4	2.0		1.4	2.0	V	Medido en la terminal 11, $V_{RS} = 0$
Corriente de disparo		8			10		μA	$V_{RS} = 0$, $V_{TR} = 2V$
Impedancia		25			25		kΩ	
Tiempo de respuesta**		1			1		μsec.	
Umbral de restablecimiento		1.4	2.0		1.4	2.0	V	$V_{TR} = 0$, $V_{RS} = 2V$
Corriente de restablecimiento		8			10		μA	
Impedancia		25			25		kΩ	
Tiempo de respuesta**		0.8			0.8		μsec.	
SECCIÓN DEL CONTADOR								
Valor máximo del cambiador	0.8	1.5		1.5			MHz	$V_{RS} = 0$, $V_{TR} = 5V$
Entrada:								Medido en la terminal 14
Impedancia		20		20			kΩ	
Umbral	1.0	1.4		1.0	1.4		V	
Tiempo de respuesta		180		180			nsec.	
Tiempo de caída		180		180			nsec.	Medidos en las terminales 1 a la 8 $R_L = 3k$, $C_L = 10\ pF$
Corriente de disipación	3	5		4			mA	$V_{OL} \leq 0.4V$
Corriente de fuga		0.01	8	0.01	15		μA	$V_{OH} = 15V$

* El error de temporizado se introduce solamente por XR-2240, medido como % del periodo base de tiempo ideal de $T = 1.00\ RC$.
** Retardo de propagación por la aplicación de la entrada de disparo (o restablecimiento) al cambio de estado correspondiente en la salida del contador en la terminal 1.





PRESETTABLE DIVIDE-BY-N COUNTER

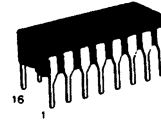
The MC14018B contains five Johnson counter stages which are asynchronously presettable and resettable. The counters are synchronous, and increment on the positive going edge of the clock.

Presetting is accomplished by a logic 1 on the preset enable input. Data on the Jam inputs will then be transferred to their respective \bar{Q} outputs (inverted). A logic 1 on the reset input will cause all \bar{Q} outputs to go to a logic 1 state.

Division by any number from 2 to 10 can be accomplished by connecting appropriate \bar{Q} outputs to the data input, as shown in the Function Selection table. Anti-lock gating is included in the MC14018B to assure proper counting sequence.

- Fully Static Operation
- Schmitt Trigger on Clock Input
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Pin-for-Pin Replacement for CD4018B

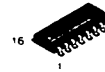
MC14018B



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 620



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648



D SUFFIX
SOIC
CASE 751B

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP Plastic
MC14XXXBCL Ceramic
MC14XXXBD SOIC

T_A 55 to 125 C for all packages

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage	-0.5 to +18.0	V
V_{in} , V_{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	-0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
I_{in} , I_{out}	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	± 10	mA
P_D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to +150	°C
T_L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

*Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

†Temperature Derating: Plastic "P" and D-DW Packages: 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C
Ceramic "L" Packages: 12 mW/°C From 100°C To 125°C

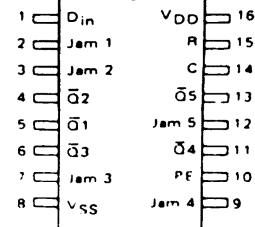
FUNCTIONAL TRUTH TABLE

Clock	Reset	Preset Enable	Jam Input	\bar{Q}_n
	0	0	x	\bar{Q}_n
	0	0	x	\bar{Q}_n
x	0	1	0	1
x	0	1	1	0
x	1	x	x	1

* \bar{Q}_n is the Data input for that stage. Stage 1 has Data brought out to Pin 1.

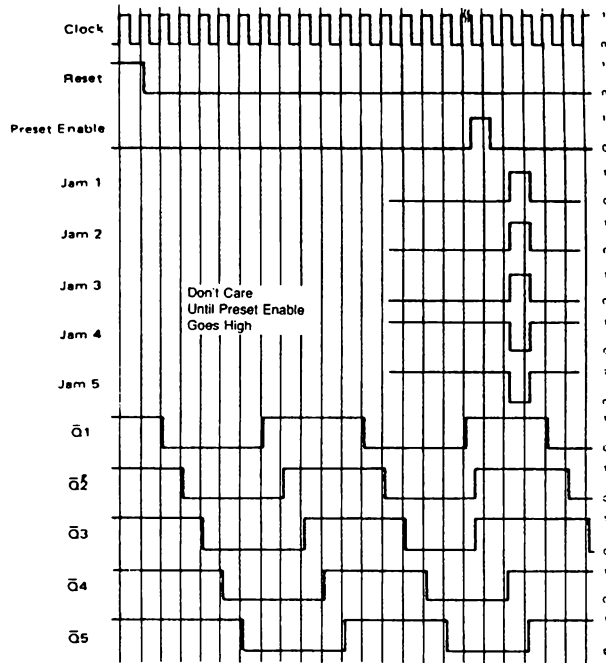
This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} < (V_{in} \text{ or } V_{out}) < V_{DD}$. Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

PIN ASSIGNMENT



MC14018B

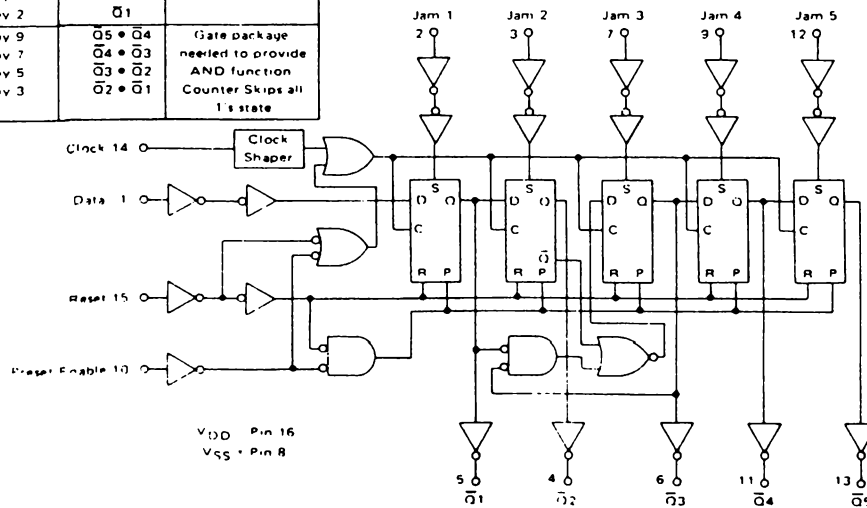
TIMING DIAGRAM
(Q5 Connected to Data Input)



FUNCTION SELECTION

Counter Mode	Connect Data Input (Pin 1) to:	Comments
Divide by 10	Q5	No external components needed
Divide by 8	Q4	
Divide by 6	Q3	
Divide by 4	Q2	
Divide by 2	Q1	
Divide by 9	Q5 • Q4	Gate package needed to provide AND function Counter Skips all 1's state
Divide by 7	Q4 • Q3	
Divide by 5	Q3 • Q2	
Divide by 3	Q2 • Q1	

LOGIC DIAGRAM





MOTOROLA

MC14543B

**BCD-TO-SEVEN SEGMENT LATCH/DECODER/DRIVER
for LIQUID CRYSTALS**

The MC14543B BCD-to-seven segment latch/decoder/driver is designed for use with liquid crystal readouts, and is constructed with complementary MOS (CMOS) enhancement mode devices. The circuit provides the functions of a 4 bit storage latch and an 8421 BCD-to-seven segment decoder and driver. The device has the capability to invert the logic levels of the output combination. The phase (Ph), blanking (Bl), and latch disable (LD) inputs are used to reverse the truth table phase, blank the display, and store a BCD code, respectively. For liquid crystal (LC) readouts, a square wave is applied to the Ph input of the circuit and the electrically common backplane of the display. The outputs of the circuit are connected directly to the segments of the LC readout. For other types of readouts, such as light-emitting diode (LED), incandescent, gas discharge, and fluorescent readouts, connection diagrams are given on this data sheet.

Applications include instrument (e.g., counter, DVM etc.) display driver, computer/calculator display driver, cockpit display driver, and various clock, watch, and timer uses.

- Latch Storage of Code
- Blanking Input
- Readout Blanking on All Illegal Input Combinations
- Direct LED (Common Anode or Cathode) Driving Capability
- Supply Voltage Range - 3.0 V to 18 V
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads, One Low-power Schottky TTL Load or Two HTL Loads Over the Rated Temperature Range
- Pin for Pin Replacement for CD4056A (with Pin 7 Tied to V_{SS}).
- Chip Complexity - 207 FETs or 52 Equivalent Gates



**L SUFFIX
CERAMIC
CASE 620**



**P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648**



**D SUFFIX
SOIC
CASE 751H**

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP Plastic
MC14XXXBCL Ceramic
MC14XXXBD SOIC

T_A 55 to 125 C for all packages

MAXIMUM RATINGS* (Voltages referenced to V_{SS})

Rating	Symbol	Value	Unit
DC Supply Voltage	V _{DD}	0.5 to +18	V
Input Voltage, All Inputs	V _{in}	0.5 to V _{DD} + 0.5	V
DC Input Current per Pin	I _{in}	+10	mA
Operating Temperature Range	T _A	55 to +125	°C
Power Dissipation, per Package†	P _D	500	mW
Storage Temperature Range	T _{stg}	65 to +150	°C
Maximum Continuous Output Drive Current (Source or Sink) per Output	I _{OHmax} I _{OLmax}	10	mA
Maximum Continuous Output Power* (Source or Sink) per Output	P _{OHmax} P _{OLmax}	70	mW

*I_{OHmax} (I_{OH}/V_{OH}), V_{OH}(I) and P_{OHmax} (I_{OH}/V_{OH}, V_{SS})
†Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
‡Temperature Derating: Plastic (P) and D (DW) Packages: 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C.
Ceramic (L) Packages: 12 mW/°C From 100°C To 125°C.

TRUTH TABLE

INPUTS				OUTPUTS						
LD	Bl	Ph*	D C B A	a	b	c	d	e	f	g
X	1	0	X X X X	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0 0 0 0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0 0 0 1	0	1	1	0	0	0	1
1	0	0	0 0 1 0	1	1	0	1	0	0	1
1	0	0	0 0 1 1	1	1	1	0	0	1	1
1	0	0	0 1 0 0	0	1	0	0	1	1	1
1	0	0	0 1 0 1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	0	0 1 1 0	1	0	1	1	0	1	1
1	0	0	0 1 1 1	1	1	1	0	0	0	1
1	0	0	1 0 0 0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	1 0 0 1	1	1	1	0	1	1	0
1	0	0	1 0 1 0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1 0 1 1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1 1 0 0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1 1 0 1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1 1 1 0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1 1 1 1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	X X X X	X	X	X	X	X	X	X
1	1	1		Inverts of Output Combinations						Display is blank

X Don't care
* All illegal combinations
† For liquid crystal readouts, apply square wave to Ph.
‡ For common cathode LED readouts, select Ph = 1.
§ For common anode LED readouts, select Ph = 0.
|| Depends upon the BCD code previously applied. Logic 1 = 1.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V _{DD} Vdc	-55°C		25°C			125°C		Unit	
			Min	Max	Min	Typ #	Max	Min	Max		
Output Voltage V _{in} = V _{DD} or 0	V _{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc	
		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05		
15		—	0.05	—	0	0.05	—	0.05			
V _{in} = 0 or V _{DD}	V _{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	Vdc	
		10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—		
		15	14.95	—	14.95	15	—	14.95	—		
Input Voltage (V _O = 4.5 or 0.5 Vdc) (V _O = 9.0 or 1.0 Vdc) (V _O = 13.5 or 1.5 Vdc)	V _{IL}	5.0	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	Vdc	
		10	—	3.0	—	4.50	3.0	—	3.0		
15		—	4.0	—	6.75	4.0	—	4.0			
(V _O = 0.5 or 4.5 Vdc) (V _O = 1.0 or 9.0 Vdc) (V _O = 1.5 or 13.5 Vdc)	V _{IH}	5.0	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5	—	Vdc	
		10	7.0	—	7.0	5.50	—	7.0	—		
		15	11	—	11	8.25	—	11	—		
Output Drive Current (V _{OH} = 2.5 Vdc) (V _{OH} = 4.6 Vdc) (V _{OH} = 0.5 Vdc) (V _{OH} = 9.5 Vdc) (V _{OH} = 13.5 Vdc)	Source	I _{OH}	5.0	3.0	—	2.4	4.2	—	1.7	—	mA _{dc}
			5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	
		10	—	—	—	10.1	—	—	—		
		10	—	—	—	2.25	—	0.9	—		
		15	—	—	—	3.4	8.8	—	2.4	—	
(V _{OL} = 0.4 Vdc) (V _{OL} = 0.5 Vdc) (V _{OL} = 9.5 Vdc) (V _{OL} = 1.5 Vdc)	Sink	I _{OL}	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	mA _{dc}
		10	—	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—	
		10	—	—	—	10.1	—	—	—		
		15	—	4.2	—	3.4	8.8	—	2.4	—	
Input Current	I _{in}	15	—	0.1	—	0.00001	0.1	—	1.0	μA _{dc}	
Input Capacitance	C _{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF	
Quiescent Current (Per Package) V _{in} = 0 or V _{DD} . I _{out} = 0 μA	I _{DD}	5.0	—	5.0	—	0.005	5.0	—	150	μA _{dc}	
		10	—	10	—	0.010	10	—	300		
		15	—	20	—	0.015	20	—	600		
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) (C _L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)	I _T	5.0	I _T = (1.6 μA/kHz) I · I _{DD}							μA _{dc}	
		10	I _T = (3.1 μA/kHz) I · I _{DD}								
		15	I _T = (4.7 μA/kHz) I · I _{DD}								

#Noise immunity specified for worst-case input combination.

Noise Margin for both "1" and "0" level - 1.0 V min @ V_{DD} = 5.0 V
2.0 V min @ V_{DD} = 10 V
2.5 V min @ V_{DD} = 15 V

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + 3.5 \times 10^{-3} (C_L - 50) V_{DD} f$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, V_{DD} in V, and f in kHz is input frequency.

**The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C



MOTOROLA

MC14553B

3-DIGIT BCD COUNTER

The MC14553B 3-digit BCD counter consists of 3 negative edge triggered BCD counters that are cascaded synchronously. A quad latch at the output of each counter permits storage of any given count. The information is then time division multiplexed, providing one BCD number or digit at a time. Digit select outputs provide display control. All outputs are TTL compatible.

An on-chip oscillator provides the low-frequency scanning clock which drives the multiplexer output selector.

This device is used in instrumentation counters, clock displays, digital panel meters, and as a building block for general logic applications.

- TTL Compatible Outputs
- On Chip Oscillator
- Cascadable
- Clock Disable Input
- Pulse Shaping Permits Very Slow Rise Times on Input Clock
- Output Latches
- Master Reset

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	DC Supply Voltage	-0.5 to +18.0	V
V _{in, out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	-0.5 to V _{DD} + 0.5	V
I _{in}	Input Current (DC or Transient), per Pin	-10	mA
I _{out}	Output Current (DC or Transient), per Pin	+20	mA
P _D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T _{stg}	Storage Temperature	-65 to +150	°C
T _L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

*Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
 †Temperature Derating: Plastic, P and DW Packages: 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C
 Ceramic, L Packages: 12 mW/°C From 100°C To 125°C

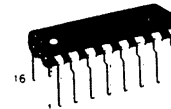
TRUTH TABLE

MASTER RESET	INPUTS			OUTPUTS
	CLOCK	DISABLE	LE	
0		0	0	No Change
0		0	0	Advance
0	x	1	x	No Change
0	1		0	Advance
0	1		0	No Change
0	0	x	x	No Change
0	x	x		Latched
0	x	x	1	Latched
1	x	x	0	Q0 = Q1 = Q2 = Q3 = 0

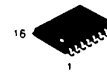
x = Don't Care



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 620



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648



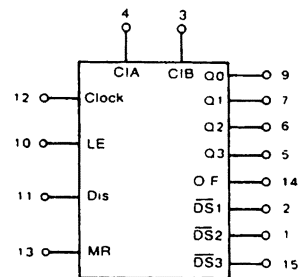
DW SUFFIX
SOIC
CASE 751G

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP Plastic
 MC14XXXBCL Ceramic
 MC14XXXBDW SOIC

T_A = 55 to 125°C for all packages

BLOCK DIAGRAM



V_{DD} = Pin 16
 V_{SS} = Pin 8

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range V_{SS} ~ (V_{in} or V_{out}) < V_{DD}.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V _{DD} Vdc	-55°C		25°C			125°C		Unit
			Min	Max	Min	Typ #	Max	Min	Max	
Output Voltage V _{in} = V _{DD} or 0	"0" Level V _{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc
		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
		15	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
	"1" Level V _{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	
		10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—	
		15	14.95	—	14.95	15	—	14.95	—	
Input Voltage (V _O = 4.5 or 0.5 Vdc) (V _O = 9.0 or 1.0 Vdc) (V _O = 13.5 or 1.5 Vdc)	"0" Level V _{IL}	5.0	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	Vdc
		10	—	3.0	—	4.50	3.0	—	3.0	
		15	—	4.0	—	6.75	4.0	—	4.0	
	"1" Level V _{IH}	5.0	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5	—	
		10	7.0	—	7.0	5.50	—	7.0	—	
		15	11	—	11	8.25	—	11	—	
Output Drive Current (V _{OH} = 4.6 Vdc) Source — Pin 3 (V _{OH} = 9.5 Vdc) (V _{OH} = 13.5 Vdc) (V _{OH} = 4.6 Vdc) Source — Other Outputs (V _{OH} = 9.5 Vdc) (V _{OH} = 13.5 Vdc) (V _{OL} = 0.4 Vdc) Sink — Pin 3 (V _{OL} = 0.5 Vdc) (V _{OL} = 1.5 Vdc) (V _{OL} = 0.4 Vdc) Sink — Other Outputs (V _{OL} = 0.5 Vdc) (V _{OL} = 1.5 Vdc)	I _{OH}	5.0	-0.25	—	0.2	0.36	—	0.14	—	mA _{dc}
		10	-0.62	—	0.5	0.9	—	0.35	—	
		15	-1.8	—	1.5	3.5	—	1.1	—	
	I _{OL}	5.0	-0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	
		10	-1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—	
		15	-4.2	—	3.4	8.8	—	2.4	—	
	I _{OL}	5.0	0.5	—	0.4	0.88	—	0.28	—	
		10	1.1	—	0.9	2.25	—	0.65	—	
		15	1.8	—	1.5	8.8	—	1.20	—	
	I _{OL}	5.0	3.0	—	2.5	4.0	—	1.6	—	
		10	6.0	—	5.0	8.0	—	3.5	—	
		15	18	—	15	20	—	10	—	
Input Current	I _{in}	15	—	-0.1	—	0.00001	-0.1	—	-1.0	μA _{dc}
Input Capacitance (V _{in} = 0)	C _{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF
Quiescent Current (Per Package) MR = V _{DD}	I _{DD}	5.0	—	5.0	—	0.010	5.0	—	150	μA _{dc}
		10	—	10	—	0.020	10	—	300	
		15	—	20	—	0.030	20	—	600	
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) (C _L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)	I _T	5.0	I _T = (0.35 μA/kHz) f + I _{DD}							μA _{dc}
		10	I _T = (0.85 μA/kHz) f + I _{DD}							
		15	I _T = (1.50 μA/kHz) f + I _{DD}							

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

**The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + (C_L - 50) V_{ik}$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, V_{ik} = (V_{DD} - V_{SS}) in volts.
‡ in kHz is input frequency, and k = 0.004

ANEXO No. 2

RESUMEN DEL TRABAJO DE GRADUACION

RESUMEN DEL TRABAJO DE GRADUACION.

En la figura adjunta se muestra el cuadro resumen del presente trabajo de graduación.

En el presente documento se estudian en primer lugar dos aspectos primordiales de Ciudadela Don Bosco, vistos desde el punto de vista de costo/eficiencia, ellos son :

- a) Estabilidad de la red eléctrica del CITT.
- b) Posibilidad de reducción de la tarifa eléctrica de Ciudadela.

a) Estabilidad de la red eléctrica : En lo que se refiere a este aspecto, debe de tenerse en cuenta que el problema que se ha analizado es un problema dinámico, que ha estado sometido a muchos cambios. Por ejemplo tal es el caso de los fallos presentados en la red de tierra del Centro de Cómputo; también una condición de bajo voltaje en la subestación de mecánica-cómputo; principalmente este último problema fué el que llamó la atención debido a que se trataba de una subestación que alimentaba equipo electrónico sensible, como computadoras y demás periféricos. De acuerdo a diagnósticos y pruebas realizadas, se determinó que la red de tierra del Centro de Cómputo no cumplía con la especificaciones del NEC, además la Subestación de Mecánica - Centro de Cómputo se encontraba fuera de las normas CAESS, por lo cual el grupo sugirió el cambio de transformadores de la subestación por otros que no estaban siendo utilizados; dicha observación se llevó a cabo hace aproximadamente dos meses; estos dos acontecimientos llevan a la conclusión de que se necesita la labor de supervisión por parte del Ingeniero al momento de recibir una obra terminada, es decir corroborar que los trabajos se cumplan con los requerimientos de normas establecidas.

b) Posibilidad de reducción de la tarifa eléctrica de Ciudadela : Al respecto se han estudiado los recibos en concepto de pagos mensuales de energía eléctrica; Ciudadela Don Bosco experimenta actualmente una espiral de gastos en concepto de energía eléctrica, multas en algunos meses por bajo factor de potencia, aumento significativo de la demanda de arrastre.

A este último punto debe de tenerse especial cuidado, debido a que la demanda de arrastre se pagó por un período de 11 meses una vez que ha llegado al valor máximo en el mes.

En una búsqueda de solución para el problema de la energía, se desarrolla un prototipo de medición electrónica de KW-h; dicho prototipo se desarrolla desde la etapa de diseño, hasta la de implementación en el laboratorio; también se presentan mejoras de éste en cuanto a funciones que puede realizar.

Se desarrolla a lo largo del trabajo de graduación, la conducta económica actual que ayuda a interpretar esta problemática. En los aspectos de la reducción de la tarifa eléctrica, según se observa en el cuadro adjunto, se estudian aspectos tales como el tipo de contrato, la optimización del factor de potencia, que conlleva a una evaluación de un aspecto técnico vrs. un aspecto económico.

Se desarrolla la síntesis de los resultados de la factibilidad técnica, económica y beneficios esperados a corto y a largo plazo.

Actualmente Ciudadela Don Bosco, entre los años de 1996 y 1997, ha experimentado una gran cantidad de gastos anuales en concepto de pago de energía eléctrica, sólo en 1996, se gastó alrededor de ₡ 555,000, y en 1997, alrededor de ₡ 600,000.

En la actualidad, se espera un método de reducción de costos, y éste es posible mediante la inversión de un banco de capacitores que produciría reintegros mensuales debido a un factor de potencia superior a 0.95, lo cual también produciría ahorros en concepto de pago de multas. La cantidad anual de ahorros que produciría esta inversión sería de ₡ 30,000.

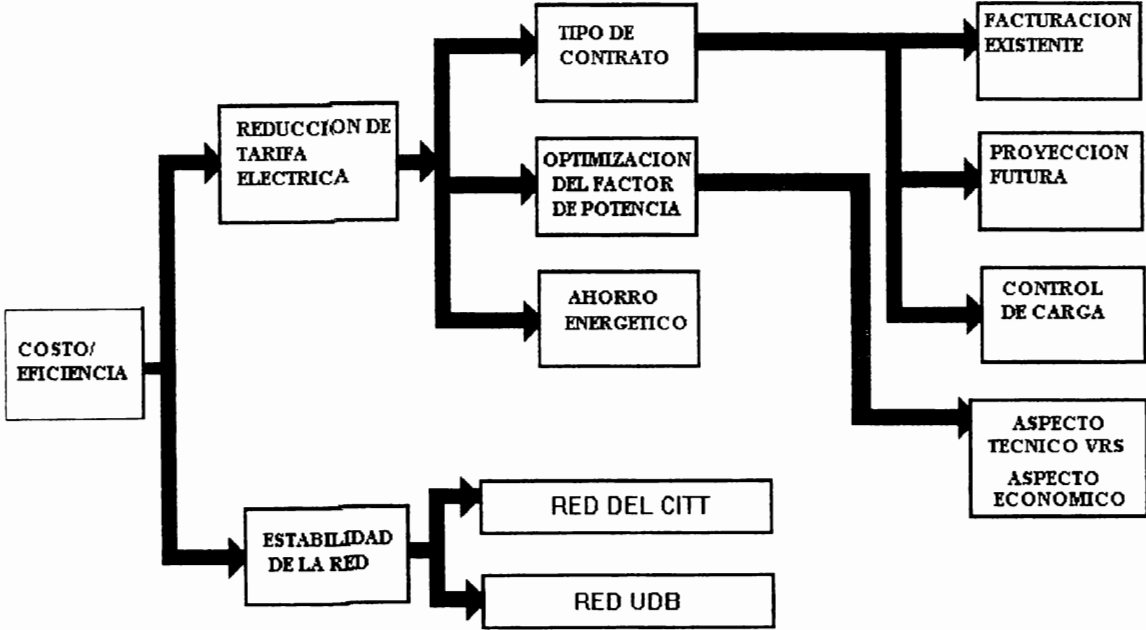
Uno de los aspectos que hay que cuidar es el consumo de energía en horas punta y también la demanda en KVA. Se sabe que la energía consumida es mucho más cara dentro de la hora punta, que es entre las 18 y las 21 horas, según datos proporcionados por CAESS. Luego resulta conveniente hacer un estudio los procesos productivos dentro de Ciudadela que hacen que la demanda de KVA suba en forma incontrolable, con el objeto de lograr una disminución del pago correspondiente en la factura mensual.

Se verificó en el estudio de la red que un buen porcentaje de las cargas es utilizado en forma continua para suministro de energía a cargas de fuerzas de tipo industrial, más que todo en el C.F.P y talleres del CITT.

Sin embargo, debido a que no existe un sistema de medición, se ignora los porcentajes de consumo diferenciado, respectivos para cada área en Ciudadela, es por eso que sería idóneo

poseer un sistema de monitoreo de la energía para contabilizar los costos por área y repartir el gasto neto justamente como sucede en la realidad.

FIGURA ADJUNTA PRESENTANDO EL CUADRO RESUMEN DEL TRABAJO DE GRADUACION



ANEXO No. 3

ESPECIFICACION DE EQUIPO DE MONITOREO Y AUDITORIA DE REDES.



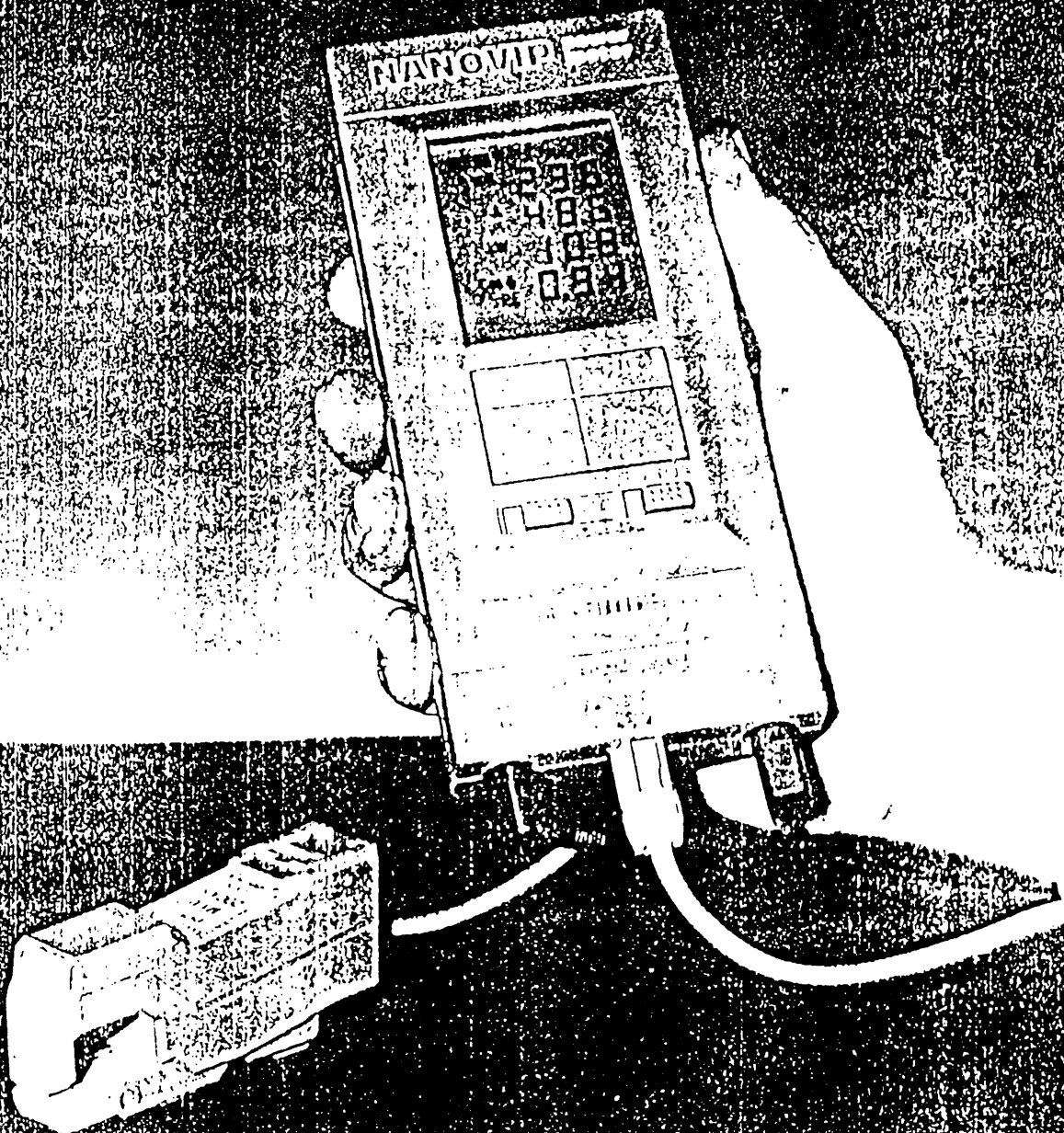
Para la optimización de los consumos eléctricos

ANALIZADOR DE ENERGÍA

Volt
Amp.

P.F., $\cos\phi$
kW
kVA

kVAR
Hz



NANOVIP

7 instrumentos en

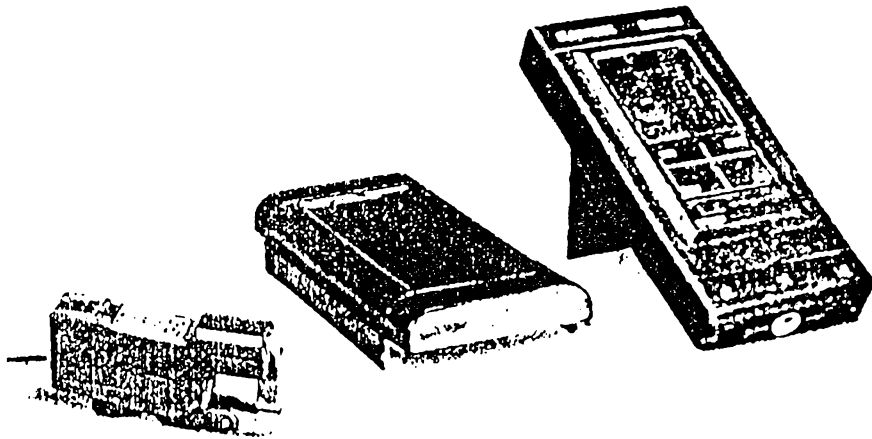
EL NANOVIP ELCONTROL ENERGY es un instrumento portátil de medición, de pequeñas dimensiones, capaz de medir los 7 parámetros fundamentales y de visualizarlos en display de cristales líquidos. Fruto de la investigación ELCONTROL, permite efectuar una medición precisa de tensión, corriente, potencia activa, factor de potencia, potencia aparente, potencia reactiva y frecuencia. Las mediciones efectuadas arrojan valores reales eficaces, con una precisión del orden del uno por ciento, con una variación de potencia entre 7 W y 150 kW con la pinza estándar de 200A/1V o entre 35W y 750 kW con la pinza de 1000A/1V, que puede ser pedida alternativamente.

Es capaz de efectuar también medidas en corriente continua por medio de especiales pinzas de efecto Hall, las que se encuentran

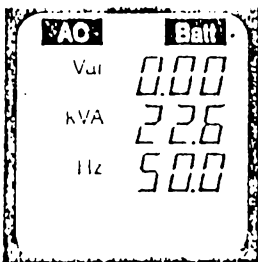
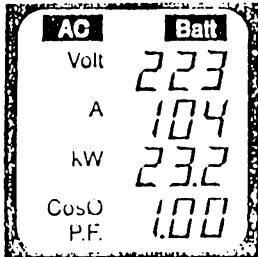
disponibles en ELCONTROL ENERGY, la tensión continua puede ser medida directamente con los terminales, con los cuales, el analizador está dotado. Se encuentra también dotado de un sistema de reconocimiento automático del tipo de pinza y, por lo tanto, como automáticamente de las pinzas de 200A extensión escala a aquellas de 1000A extensión escala. Esto hace aún más fácil el empleo de este instrumento por parte de cualquier usuario. El instrumento ejecuta otras dos funciones:

- PEAK, que memoriza todos los datos de absorción correspondiente al valor máximo de corriente o potencia, o al valor mínimo de tensión.
- MEM, que permite observar la variación de las medidas respecto a aquellas memorizadas en un cierto momento o en una cierta posición.

GRANDES PRESTACIONES EN UN ESPACIO REDUCIDO



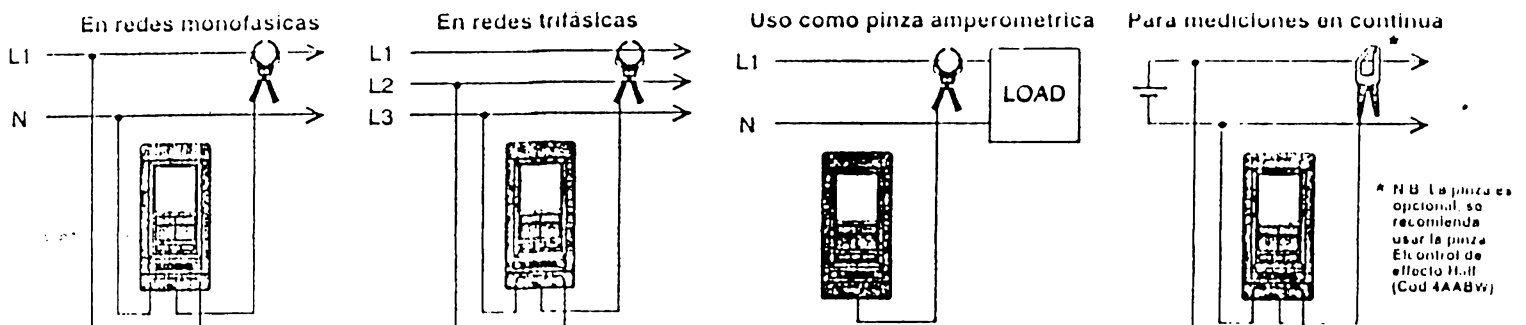
- 7 Funciones de medición en una palma de mano
- Volt (rms), Amp (rms), F.P. cosφ, W, var, VA, Hz
- Función PEAK para memorizar medidas en correspondencia de máximos de V, A, W (seleccionable)
- Función MEM para medir las diferencias de V, A, W, cosφ en relación a los valores memorizados.
- Mediciones entre 7W y 150kW (750kW con pinza de 1000A)
- Medidas en valor real eficaz.
- Cambio automático de escala para tensión y corriente.
- Mediciones en alterna y continua (con pinzas en continua).
- Elevada precisión.
- Sencillez y facilidad de empleo.



MEDICIONES EN LAS PAGINAS DE DISPLAY:

Volt	Tensión AC/DC con extensión escala 750Vrms.
Amp	Corriente AC/DC con extensión escala 1000A equivalentes a 1Vrms a la entrada del instrumento.
P.F., cos φ	Factor de potencia con variación entre -0,00 y +0,00.
kW	Potencia activa con extensión escala igual a (VxA)
kvar	Potencia reactiva instantánea con extensión escala igual a (VxA)
kVA	Potencia reactiva instantánea con extensión escala igual a (VxA)
Hz	Frequenz der Netzspannung von 20 bis 600Hz

ESQUEMAS DE CONEXION



CARACTERISTICAS GENERALES

- Entradas
Vollimétricas: (L1-N) máx. 750 Vrms hasta 600 Hz.
Amperimétricas: 1 Volt 600 Hz.
- Número Escalas: 3 escalas de tensión; 3 escalas de corriente.
- Cambio automático de escala
Tiempo de respuesta de cambio escala: 1 seg.
El paso a la escala superior se produce al 105% de la escala activada.
El paso a la escala inferior se produce al 20% de la escala activada.
- Dimensiones del instrumento: 80x175x32,5 mm (sin la cubierta)
- Peso del instrumento: 500 g
- Peso kit: 1,1 kg. (sin el instrumento)

CONDICIONES DE SERVICIO Y PRUEBAS

- Condiciones ambientales de servicio
Gama de temperatura ambiente: desde -10 °C hasta +50 °C.
Gama de humedad relativa (H.R.): entre 20% y 80%.
- Temperatura de almacenamiento: entre -20 °C y +60 °C.
- Condensación: no permitida.
- Normas de referencia: IEC 348, VDE 411 clase 2, para tensiones de ejercicio \leq 650 VAC rms. (IEC 801/2 clase 4), (IEC 801/5 clase 3)

ALIMENTACION

4 pilas delgadas de 1,5V (medida AA)

MEDICION DE LAS MAGNITUDES PRIMARIAS

- Método de medición: de muestra fija y conversión analógico/digital.
- Frecuencia de muestreo: 1,25kHz.
- Número de muestras por fase: 250 (200 mseg.)
- Ritmo de medición: ~0,5 seg.
- Autorregulación del cero: a cada minuto.

PRECISION DE MEDICION

DE LAS MAGNITUDES PRIMARIAS

- Error de medición en ambiente entre 18 °C y 25 °C (después de 10' de precalentamiento): (ver tabla).
- Error ulterior de medición fuera de esta gama de temperatura: $\pm 0,02\%$ F.S. por cada °C fuera de gama.
- Sensibilidad y precisión en las mediciones de tensión.
Entrada directa con máx. tensión = 750 Vrms a Extensión Escala Factor de cresta de la tensión de entrada $\geq 1,6$.
Impedancia entradas $\geq 4M\Omega$.

Sensibilidad, Extensión Escala y precisión de la tensión alterna

Gama Nominal	Sensibilidad	Extensiones Escala	Factor de cresta de la señal de entrada
37 Vrms	24 mV	37,0 V	0,5% F.S. + 0,5% L.I.
174 Vrms	111 mV	174 V	0,3% F.S. + 0,3% L.I.
750 Vrms	480 mV	750 V	0,3% F.S. + 0,3% L.I.

- Sensibilidad y precisión en las mediciones de corriente
Entrada directa con tensión máx. = 1 Vrms a Extensión Escala
Factor de cresta de la señal de entrada ≥ 3 .

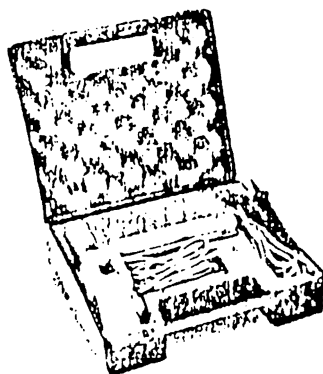
Sensibilidad, Extensión Escala y precisión de la corriente alterna

Gama Nominal	Sensibilidad	Extensiones Escala (*)	Factor de cresta de la señal de entrada
50 mV	32 μ V	50 mV	0,5% F.S. + 0,5% L.I.
232 mV	140 μ V	232 mV	0,3% F.S. + 0,3% L.I.
1 V	640 μ V	1 V	0,3% F.S. + 0,3% L.I.

(*) Extensiones de Escala Correspondientes a 10:46,4 - 200 Amp., con pinzas estándar 200A/1V
50 - 232 - 1000 Amp., con pinza opcional 1000A/1V
(Error=Suma de los errores del instrumento y de la pinza)

- La precisión no tiene en consideración el error de la pinza.
- Precisión medidas de tensión y corriente en función de la frecuencia: para frecuencias de la señal en la gama 20-90 Hz ningún error además de aquellos indicados en las tablas precedentes.
- Precisión en la medición de las magnitudes secundarias: mediciones de la potencia y del Cos ϕ : Error=suma de los errores de las magnitudes primarias ($\epsilon_V + \epsilon_I$).
- Mediciones de las otras magnitudes secundarias: el error, expresado por la fórmula que define la magnitud, es una función de V y de I.

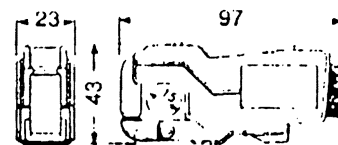
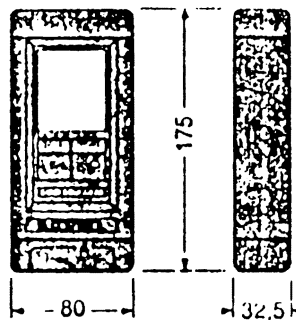
KIT PARA NANOVIP



NANOVIP-KIT

Comprende:
1 Valija para kit NANOVIP
1 NANOVIP
1 Set cables vollimétricos
1 Pinza 200A/1 Vrms CA con cables
1 Manual de instrucciones
1 Certificado de garantía.

DIMENSIONES (in mm)



REPUESTOS

PINZA-200A/1V-AC

Pinza amperométrica 200A/1VAC

NANOVIP-CAVO-VOLT

1 kit de cables de tensión para NANOVIP

NANOVIP-VALIGIA

1 Maluta para NANOVIP KIT

ELCONTRON S.p.A. non si assume alcuna responsabilità per eventuali danni a persone o cose, o per i rischi per l'uso improprio o equivocado di suoi prodotti. Può essere modificata senza preavviso.

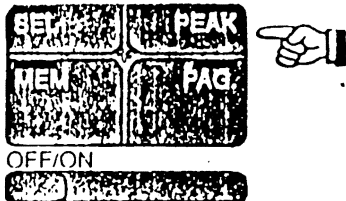
EL CONTROL OFFICE / SIEGEL HAUPTSTADT / OFFICINA CENTRAL

ELCONTRON ENERGY S.p.A.

via San Lorenzo 1/4 - 40037 Sasso Marconi (Bologna) Italy

POSIBILIDADES OPERATIVAS DEL INSTRUMENTO

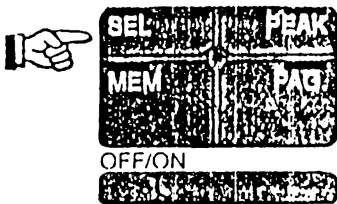
AC
 Volt 239
 A 300
 kW 7.17
 CosØ 1.00
 P.F.
 PEAK A



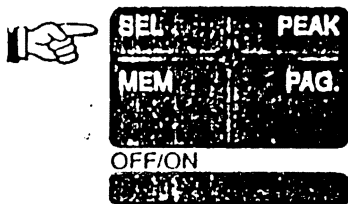
• Pulsador PEAK:

Este pulsador permite al operador memorizar las 7 medidas de la instalación en correspondencia de un máximo que se verifica sobre uno de los 3 valores a elección A (max), W (max), V (min). Por ejemplo, seleccionando el máximo en los Amperios se podrá también saber cuáles eran la tensión, las potencias y el cosØ en correspondencia del máximo de corriente. La duración medible del máximo es de 0,4 seg.

AC
 Volt 219
 A 300
 kW 65.7
 CosØ 1.00
 P.F.
 PEAK V



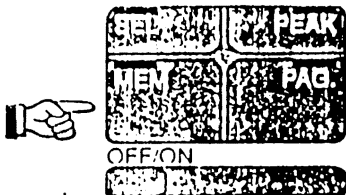
AC
 Volt 219
 A 390
 kW 86.1
 CosØ 1.00
 P.F.
 PEAK W



• Pulsador SEL:

Este pulsador permite al operador seleccionar la magnitud (V, A, W) de la cual se desea medir el máximo. El pulsador es activable sólo después de que ha sido oprimido el pulsador PEAK; al momento del encendido comparece por default la visualización del símbolo A (al lado del mensaje PEAK). Oprimiendo sucesivamente el pulsador se podrá seleccionar V o W, devolviendo automáticamente a punto cero la condición de máximo de la precedente magnitud.

AC
 Volt -9.40
 A 6.50
 kW -1.38
 CosØ 0.17
 P.F.
 MEM

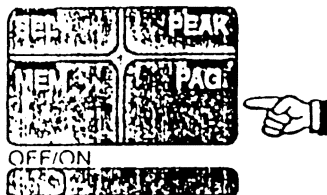


• MEM-Taste:

Este pulsador permite obtener dos funciones:

- **MEMORIZACION DE LOS DATOS.** Oprimir el pulsador MEM para memorizar las mediciones de V, A, W, cosØ, tomadas en la instalación (ej. para la lectura y transcripción de mediciones).
- **MEDICION POR DIFERENCIA** respecto al valor memorizado. Memorizar los datos como de la manera indicada anteriormente; efectuar nuevas mediciones y mantener oprimido el pulsador PAG. En este caso el instrumento también suministra, además de los valores suministrado, las desviaciones V,A,W respecto a los mismos. Esta función es particularmente útil para mediciones comparativas (ej. memorización de los datos al inicio de la línea y toma de las diferencias al final de dicha línea).

AC
 Var 0.00
 kVA 2.26
 HZ 5.00



• Pulsador PAG.:

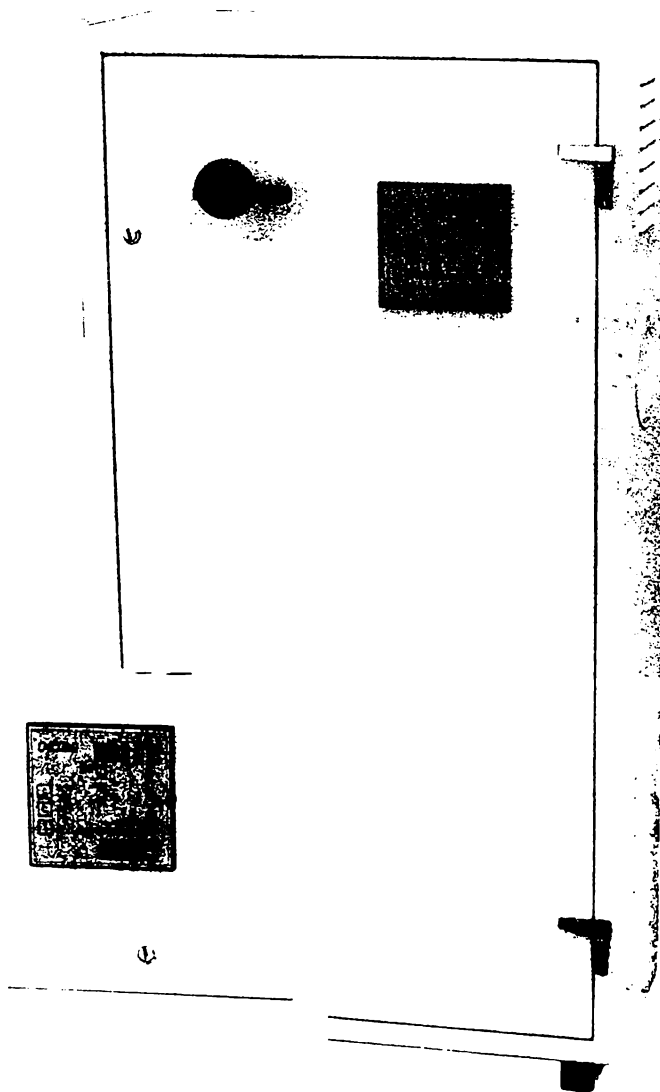
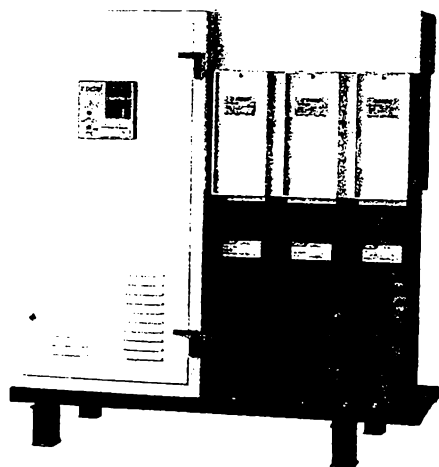
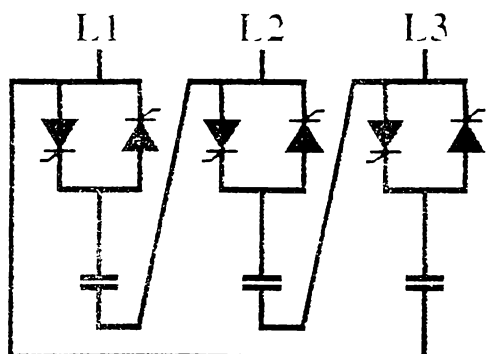
Permite visualizar la segunda página de medición. Este pulsador es de tipo monoestable, vale decir, mantiene su función mientras permanezca oprimido.

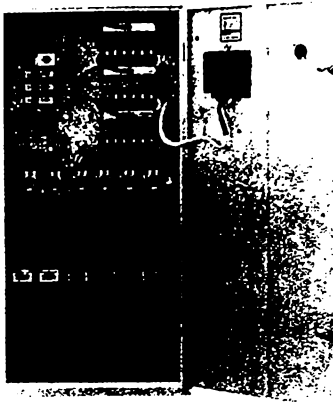
ANEXO No. 4

**ESPECIFICACIONES TECNICAS DE UNIDADES DE COMPENSACION DE
REACTIVOS Y UNIDAD AUTOMATICA DE CORRECCION DEL FACTOR DE
POTENCIA.**

REF. C-0604 E-GB

AUTOMATIC REACTIVE POWER COMPENSATION





COMPENSACION AUTOMATICA DE LA ENERGIA REACTIVA

La potencia reactiva de una instalación puede ser compensada individualmente para cada receptor o puede compensarse de forma global. La compensación individual es interesante en cargas relativamente grandes que se mantienen durante largo tiempo conectadas (hornos de inducción, motores de bombas, etc.), ya que reduce el consumo total y permite dimensionar menos las líneas que las alimentan. No obstante, para instalaciones con varias cargas que pueden arrancar y parar con relativa frecuencia es más interesante utilizar una compensación global o centralizada, ya que en general no todas se encontrarán conectadas simultáneamente y por tanto la potencia total necesaria puede reducirse según el factor de simultaneidad.

La potencia total necesaria se suele fraccionar en varios pasos, controlados en programa 1:1:1 ó 1:2:2 y permitiendo una regulación del factor de potencia ajustada a las necesidades. El cálculo de dichas necesidades puede realizarse por alguno de los métodos indicados más adelante.

CIRCUTOR dispone de una amplia gama de equipos para compensación centralizada, equipados con reguladores de la serie COMPUTER, con μP interno y programa FCP, que permite reducir al mínimo el número de maniobras del equipo y repartir por igual el envejecimiento de todos y cada uno de los pasos.

Se dispone también de equipos de compensación estáticos, a base de tiristores, para los casos en que existan fluctuaciones de carga muy rápidas y frecuentes (equipos de soldadura, grúas, etc.). Estos equipos van equipados con reguladores COMPUTER 6f y permiten hasta 14 maniobras por segundo.

CALCULO DEL TAMAÑO DEL EQUIPO

La elección de equipo debe hacerse en base a la potencia necesaria Q_c y a la tensión de red. La potencia de equipo puede calcularse por los siguientes métodos:

a) Lecturas de un contador de reactiva.

Para ello se tomarán las lecturas de contador en un cierto periodo de tiempo:

$$Q_{\text{arr}} = \text{Lectura de contador de reactiva al principio del periodo} \\ - \text{Lectura de contador de reactiva al final del periodo} \\ \text{Número de horas} \\ \text{Potencia}$$

b) Cálculo a partir del recibo de suministro.

debería considerarse el recibo con mayor recargo en el importe y tomar de él los siguientes datos:

Q_{arr} = Energía reactiva facturada

h = Número de horas de funcionamiento de la instalación en el periodo facturado (estimado)

$$\text{Potencia del equipo } Q_c = \frac{Q_{\text{arr}}}{h}$$

c) Cálculo basado en medidas.

Los cálculos indicados en los apartados

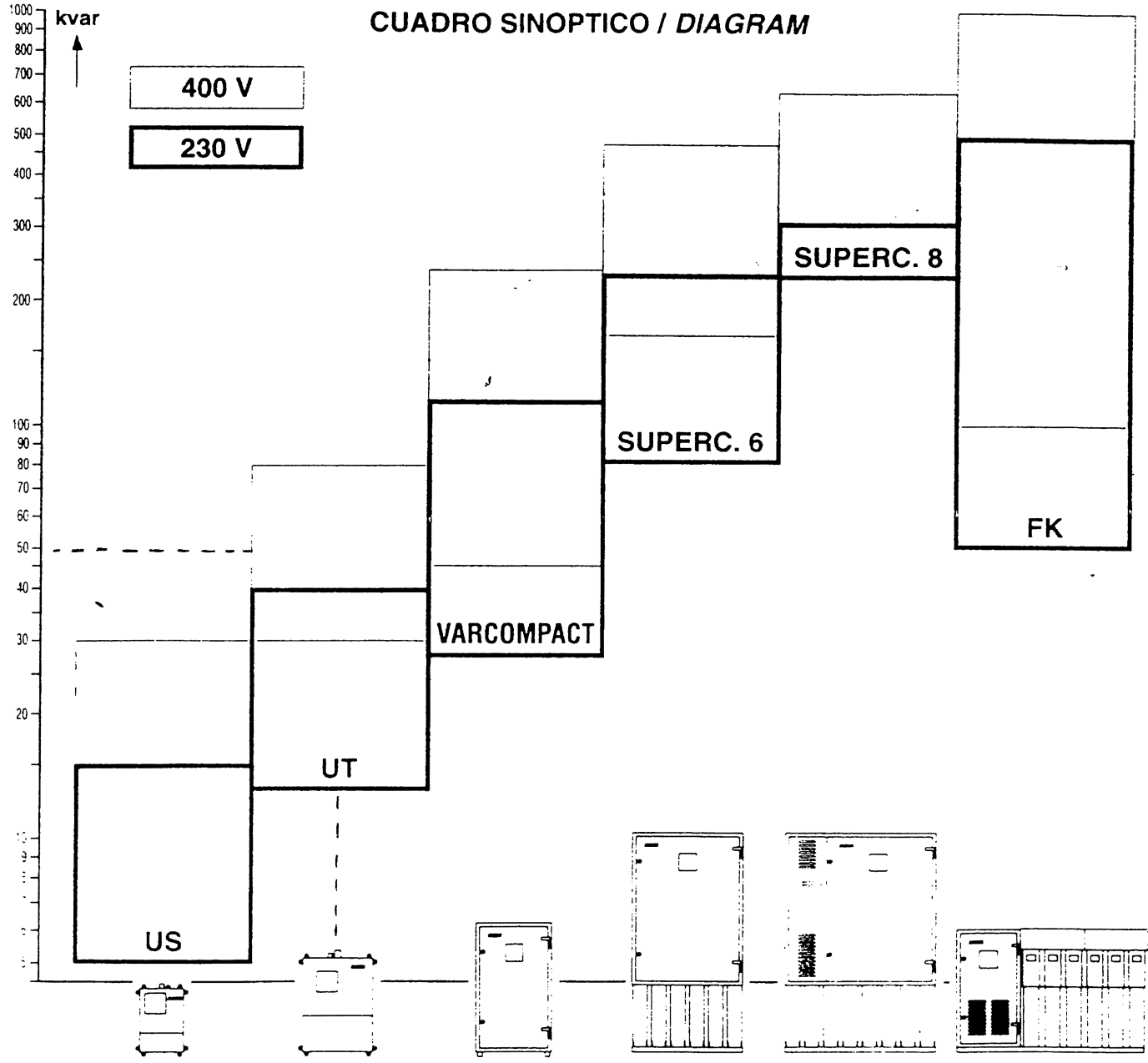
a) y **b)** pueden ser fiables si los consumos son regulares. Sin embargo, las instalaciones industriales suelen tener unos consumos muy irregulares en función de horarios y procesos de fabricación. En estos casos el sistema más adecuado es el basado en análisis y medidas. Los analizadores de redes nos facilitan toda la información necesaria para elegir la batería de condensadores más adecuada para cada instalación, así como el resto de parámetros eléctricos.

CIRCUTOR dispone de diversos equipos de medida portátiles (MULTIVARTEST, AR.4) o de panel (CHECK-LINE, CVM, etc.) que indican directamente las necesidades de potencia reactiva en periodos punta o en promedio.

EQUIPOS para la compensación automática de la energía reactiva

EQUIPOS para la compensación automática de la energía reactiva

EQUIPMENT for the automatic reactive power compensation



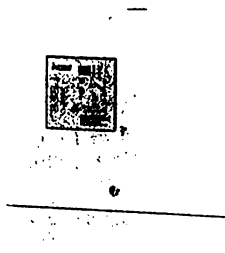


fig. 1

**EQUIPOS DE COMPENSACION
AUTOMATICA DEL FACTOR DE POTENCIA
Serie UT (III)**

La **serie UT** es ideal para pequeñas y medianas industrias, talleres, grandes hoteles, instalaciones deportivas, etc.

Se compone de 3 a 4 grupos de condensadores de polipropileno metalizado de muy bajas pérdidas con fusibles de protección, (independientes en cada escalón), contactores y resistencias de choque y de descarga rápida.

Regulador electrónico **MC-3** ó **MC-4** y bajo demanda regulador automático

Computer MD con indicación del factor de potencia ($\cos \varphi$) y número de condensadores conectados. Ambos reguladores diseñados por CIRCUTOR según sistema FCP (Fast Computerized Program), que hace del regulador un elemento inteligente capaz de reducir el número de conexiones y utilizar por igual todos los condensadores.

Para más información ver nuestro catálogo "REGULADORES AUTOMATICOS DE ENERGIA REACTIVA" (REF. C-4701 E-GB).

**AUTOMATIC PF CORRECTION ASSEMBLY
UT (III) Series**

The **UT series** are the ideal size for medium industries, workshops, big hotels and sport centers, etc.

The assembly may have up to 4 steps of capacitors with protection fuses (independent in each step) switchgears, resistors (inrush limiting and capacitors discharge). The capacitors are built with selfregenerating polypropylene dielectric giving low losses and a maintenance free system.

The PF regulator can be a **MC-3** or **MC-4** and a **Computer MD** on request. The unit includes a PF loss φ and number of connected steps indication. All the regulators are based on a micro μP specially designed by CIRCUTOR and include FCP (Fast Computerized Program), which uses microelectronics intelligence to allow a reduction of the number of operations and shares the wear between all the capacitor steps. (See also our catalogue "AUTOMATIC REACTIVE POWER REGULATORS". (REF. C-4701-E-GB)

CARACTERISTICAS TECNICAS

- Bornes de entrada bimetálicos.
- Bornes de entrada para transformación de intensidad.
- Temperatura de trabajo: $-10 / +40$ °C.
- Protección: IP 21.
- Dimensiones: s/fig. 2.
- Peso: s/tabla.
- Armario metálico.
- Pintura: Epoxi en polvo, color beig RAL 1013.

TECHNICAL CHARACTERISTICS

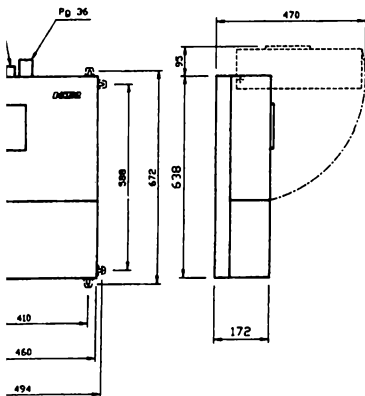
- Bimetalic power terminals.
- Input terminals for CT connection.
- Working temperature: $-10 / +40$ °C.
- Degree of protection: IP 21.
- Dimensions: according to fig. 2.
- Weight: according to table.
- Metallic cabinet enclosure.
- Painting: Epoxi, beig RAL 1013.

NORMAS

- UNE 20 010 (IEC 70/70 A).
- UNE 20 098 (IEC 439, EN 60.439).
- BS 1650, DIN/VDE 0560, DIN/VDE 0100.

STANDARDS

- UNE 20 010 (IEC 70/70A).
- UNE 20 098 (IEC 439, EN 60.439).
- BS 1650, DIN / VDE 0560, DIN / VDE 0100



CODIGO CODE	TIPO TYPE	COMPOSICION COMPOSITION	POTENCIA POWER kvar	TENSION VOLTAGE V	PESO WEIGHT kg
* 4 42 011	UT-12,5 - 2,5 -230	2,5 + (2 x 5)	12,5	230	28
* 4 42 012	UT-18,75- 3,75-230	3,75 + (2 x 7,5)	18,75	230	30
* 4 42 113	UT-25 - 5 -230	5 + (2 x 10)	25	230	34
* 4 42 013	UT-26,25- 3,75-230	3,75 + (3 x 7,5)	26,25	230	35
* 4 42 114	UT-30 -10 -230	3 x 10	30	230	35
* 4 42 014	UT-30 - 7,5 -230	4 x 7,5	30	230	35
* 4 42 115	UT-35 - 5 -230	5 + (3 x 10)	35	230	36
* 4 42 116	UT-40 -10 -230	4 x 10	40	230	36
* 4 42 016	UT-30-10-400	3 x 10	30	400	27
* 4 42 017	UT-35- 5-400	5 + (3 x 10)	35	400	29
* 4 42 018	UT-40-10-400	4 x 10	40	400	29
* 4 42 019	UT-50-10-400	10 + (2 x 20)	50	400	30
* 4 42 020	UT-60-20-400	3 x 20	60	400	31
* 4 42 021	UT-70-10-400	10 + (3 x 20)	70	400	32
* 4 42 022	UT-80-20-400	4 x 20	80	400	36



CIRCUTOR

MEDIDA Y CONTROL
portátil

portable

REF. C-1801 E-

MEASUREMENT AND CONTROL



Técnica. garantía v servicio CIRCUTOR



fig 1



fig 2

MULTIVARTEST C-79M
(Cód.: ver Códigos)

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

El MULTIVARTEST C-79 es un analizador portátil para redes monofásicas o trifásicas equilibradas. El aparato es totalmente autónomo, y funciona con una pila de 9 V. El instrumento permite visualizar los valores instantáneos, máximos y mínimos de los principales parámetros eléctricos (ver tabla I).

Indica la secuencia de rotación de fases en una red trifásica.

De acuerdo con las mediciones tomadas e introduciendo el factor de potencia deseado calcula la potencia del condensador (var) adecuado.

Además introduciendo la potencia de un hipotético condensador visualiza el factor de potencia que obtendríamos.

Indica en porcentaje, el valor aproximado de los armónicos medidos sobre el circuito de tensión.

Datos memorizados:

Guarda en memoria los valores máximos y mínimos de los parámetros producidos durante todo el tiempo que ha estado conectado (mientras está alimentado).

APLICACION

Para la realización de estudios de consumos, de cambios de tarifa eléctrica, de instalación de baterías de condensadores.

FUNCIONES

Parámetros a visualizar

TABLA I

	MONOFASICO	TRIFASICO EQUILIBRADO
V	Simple	Compuesta
A	X	X
PF	X	X
W	X	X
VA	X	X
var L	X	X
var C	X	X
tWh	X	X
varh L	X	X
varh C	X	X
% Harm	X	X

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Circuito alimentación:	
Tensión	9 V cc (alimentación mediante pila)
Autonomía a plena carga	30 h
Temperatura de trabajo	0-50 °C

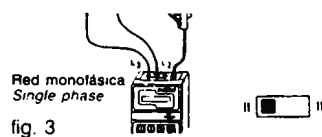


fig. 3

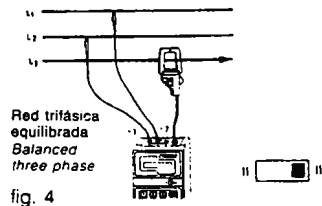
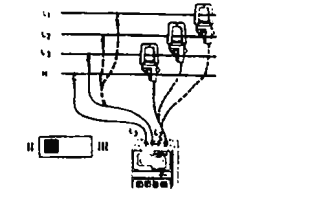


fig. 4



Red trifásica desequilibrada con neutro (medida de potencia)
Unbalanced three phase with neutral (power measurement)

fig. 5

- Efectuar mediciones en cada una de las 3 fases
 - Sumar las potencias
- Measure on each of three phases and add the results*

INDICACION SENTIDO DE ROTACION DE FASES
CHECKING PHASE ROTATION SENSE

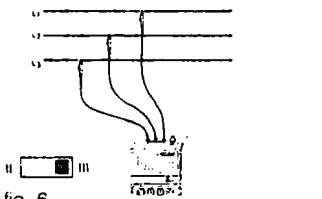


fig. 6

Antes de efectuar medición de parámetros de red, es necesario situar el interruptor en posición OFF

It is necessary to set the switch to the OFF position before measuring mains parameters

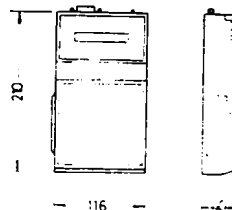


fig 7

equilibrado

Medida de tensión:

Rango de medida: 20 a 500 V c.a.
Frecuencia: 50 60 Hz

Medida de intensidad:

Rango de medida: Según pinza (ver apartado de accesorio)

Display: Alfanumérico de 16 caracteres de cristal líquido

Clase de precisión:

Corriente: 2% de la lectura ± 2 dígitos
Tensión: 0.5% de la lectura ± 2 dígitos
Potencia activa: 3% de la lectura ± 2 dígitos
Potencia reactiva: 3% de la lectura ± 2 dígitos

Precisiones dadas con las siguientes condiciones de medida.

- Exclusión de los errores aportados por los transformadores de tensión y de intensidad externos.
- Temperatura: +5/ +45 °C
- Factor de potencia: 0.5 a 1
- Margen de medida entre 5% y 120%

Características constructivas:

- Aparato portátil en caja de plástico ABS
- Dimensiones: según fig. 7
- Entrada de tensión para 3 cables
- Conector para una pinza amperimétrica
- Peso: 0.40 kg

Normas:

IEC 348, IEC 521, IEC 664, UNE 20 553, UNE 21 310, VDE 0110, UL 94

Códigos:

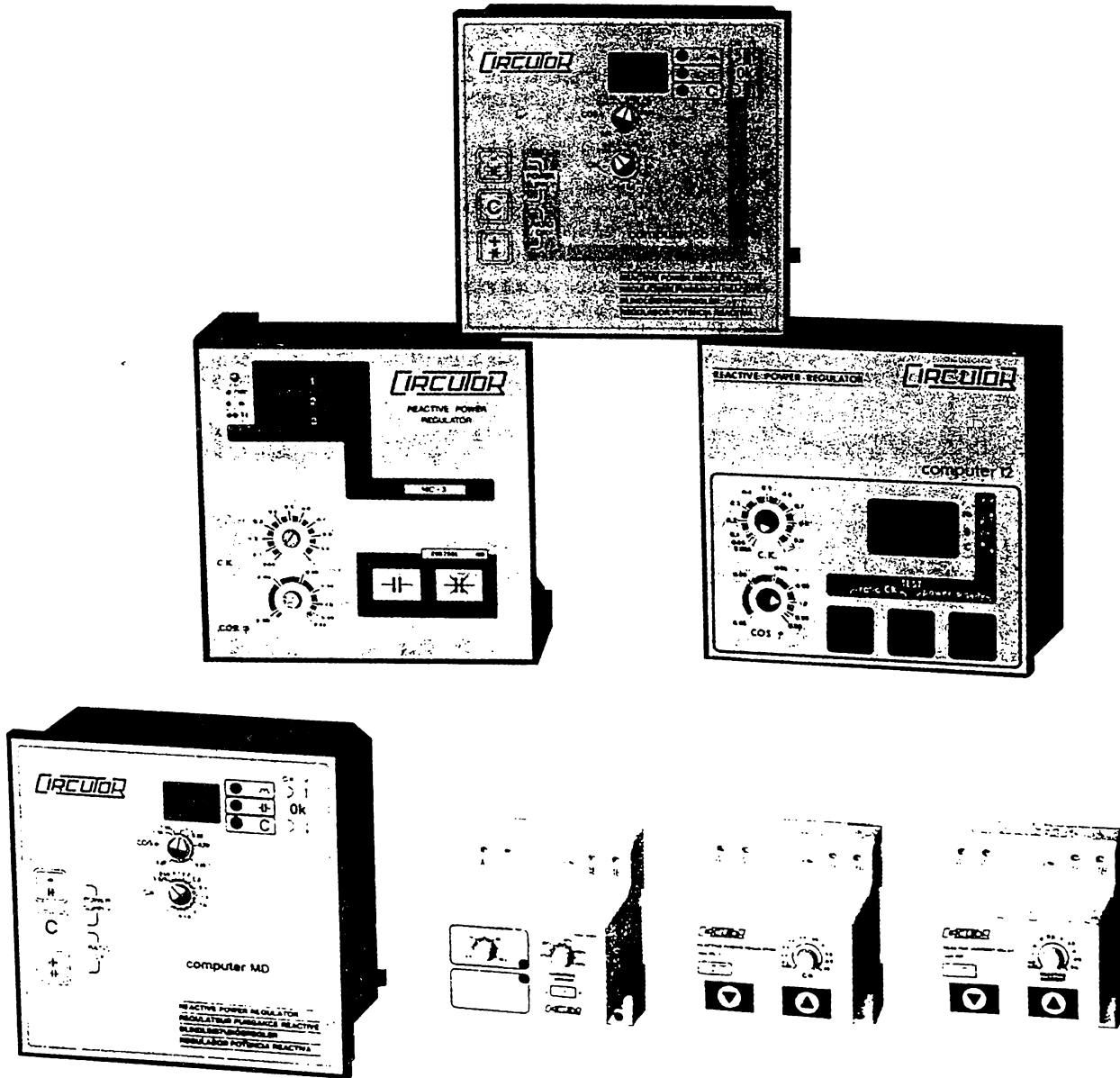
- Equipo C-79M compuesto por:
 - MULTIVARTEST C-79 (50 Hz)
 - Pinza CP-100M
 - Pinza CPR-500M
 - Cables para la medida de tensión + pinzas de "cocodrilos"
 - Maletín de transporte**Cód. 7 70 077**
 - Equipo C-79N-2000 compuesto por:
 - MULTIVARTEST C-79 (50 Hz)
 - Pinza CP-2000/200M
 - Cables para la medida de tensión + pinzas de "cocodrilos"
 - Maletín de transporte**Cód. 7 70 092**
- Nota: Para 60 Hz, consultar

ACCESORIOS

- Pinzas (ver sección de pinzas)**
- CF-5 Pinza fugas **Cód. 7 70 079**
 - CP-2000/200M Pinza 2 000 / 200 A **Cód. 7 70 086**
 - CPR-500M Pinza 500 A **Cód. 7 70 083**
 - CP-100M Pinza 100 A **Cód. 7 70 084**
 - CP-5M Pinza 5 A **Cód. 7 70 085**
- Maletín de transporte:**
- Para C-79N-2000 **Cód. 7 70 000**
 - Para C-79M **Cód. 7 70 093**

REF. C-4701 E-G6

AUTOMATIC REACTIVE POWER REGULATORS



Técnica, garantía v servicio CIRCUTOR

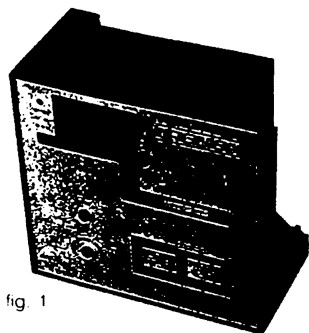


fig. 1

REGULADOR DE ENERGIA REACTIVA MC

(Cód.: ver Códigos)

El regulador de energía reactiva tipo MC permite la conexión y desconexión automática de condensadores en función del ángulo de fase de la corriente para mantener en la red el $\cos \varphi$ deseado.

Construido con microprocesador incorpora prestaciones que hace poco tiempo habrían sido inalcanzables.

En base a esta tecnología CIRCUTOR ha diseñado el sistema FCP (Fast Computerized Program) que hace del regulador un elemento inteligente, capaz de informar con precisión del estado de la red y tomar decisiones complejas que en algunos casos requieren gran cantidad de cálculos.

Los parámetros básicos para la toma de decisiones son:

- Valor del $\cos \varphi$ que se desea alcanzar.
- kvar de cada condensador.
- Programa de trabajo deseado.
- Compensación con el menor número de maniobras (fig. 5 y 6).
- Utilización preferente de los condensadores que hace más tiempo que no han sido conectados (factor de envejecimiento uniforme).
- Corriente activa y reactiva de la red.

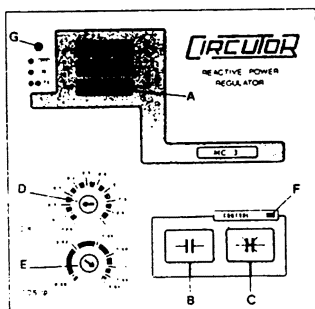


fig. 2

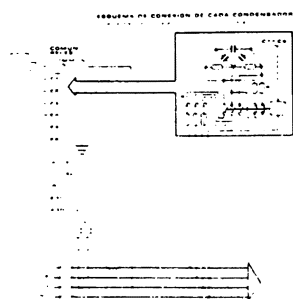


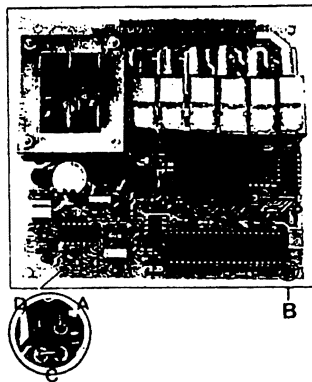
fig. 3

AJUSTES Y SEÑALIZACIONES

(fig. 2)

El regulador dispone en su placa frontal de los siguientes mandos:

- LEDs indicadores del número de relés conectados.
- Pulsador para la conexión manual de condensadores.
- Pulsador para la desconexión manual de condensadores.
- Mando para el ajuste de la intensidad reactiva C/K.
- Mando para la preselección del $\cos \varphi$ deseado (de 0.85 Ind. a 0.95 Cap.).
- Señalización de tensión de red.
- LED de indicación del tipo de carga. Verde: inductiva, rojo: capacitiva. LED apagado: compensado de acuerdo al $\cos \varphi$ prelijado. Si cambia rojo-verde intermitentemente significa que la conexión de fases L1-L2-L3 no es correcta o bien el transformador de intensidad tiene el secundario S1 y S2 invertido.



C	D	Tr	Ts
sí/yes	sí/yes	4	20
no	sí/yes	10	50
sí/yes	no	30	150
no	no	60	300

sí/yes = Punteado / With bridge
no = No punteado / Without bridge

fig. 4

Sistema clásico Standard system

Pasos Steps	1	2	2	2	2	2
1*	X					
2*	X					
3*	X	X				
4*	X	X	X			
5*	X	X	X	X		
6*	X	X	X	X	X	
7*	X	X	X	X	X	X
8*	X	X	X	X	X	X
9*	X	X	X	X	X	X
10*	X	X	X	X	X	X
11*	X	X	X	X	X	X

Número total de maniobras 16
Total number of operations 16

fig. 5

Sistema FCP FCP system

Pasos	1	2	2	2	2	2
1*	X					
2*	X	X				
3*	X	X	X			
4*	X	X	X	X		
5*	X	X	X	X	X	
6*	X	X	X	X	X	X

Número total de maniobras 6

FUNCIONES QUE SE PROGRAMAN MEDIANTE PUESTES COLOCADOS SOBRE EL CIRCUITO IMPRESO

Programa de conexión

El regulador MC se entrega de fábrica normalmente para funcionar en el programa 1.2.2, quitando el puente (B) pasa a trabajar en programa 1.1.1

Tiempos de conexión y de seguridad

El tiempo de conexión y desconexión entre pasos (T_r) es variable combinando los puentes C-D de acuerdo a la tabla adjunta (fig. 4).

El regulador dispone de un tiempo de seguridad (T_s) entre desconexión y conexión de un mismo condensador, para evitar puntas de corriente. T_s es siempre 5 veces T_r ($T_s = 5 T_r$).

CARACTERISTICAS TECNICAS

MC-3/MC-4/MC-5/MC-6

Tensión de alimentación	230/400 V* c.a.
Circuito de tensión:	
Tolerancia	+10% / -15%
Consumo	5 VA
Frecuencia	50 ó 60 Hz*
Circuito de intensidad (aislado):	
Corriente nominal	In/5 A
Sobrecarga permanente	1.2 In
Sobrecarga transitoria	10 In durante 20 ms
Consumo	0.5 VA
Sistema de control integrado	FCP
Ajuste del $\cos \varphi$	0.85 Ind ... 0.95 Cap.
Ajuste del factor C/K	0.05 ... 1 A
Relés de salida	Ver Códigos
Retardo de conexión (T_r)	4/10/30/60 s (seleccionable)
Tiempo de seguridad (T_s)	20/50/150/300 s
Relés de salida:	
Tensión de aislamiento U_i	380 V c.a. / 250 V c.c.
Corriente térmica Ith	10 A
AC11 Ie/Ue	4 A / 240 V c.a.
DC11 Ie/Ue	1 A / 110 V c.c.
Vida mecánica	30 10^6 maniobras
Vida eléctrica (a plena carga)	2. 10^5 maniobras
Indicación de escalones conectados	Mediante LEDs
Programas de conexión	1 1 1 ó 2 2
Elección de programa	Mediante puente interno
Conexión y desconexión manual	Mediante pulsadores táctiles