

Escuela Superior Politécnica del Litoral



ACTIVO FIJO 155497

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

'Monitoreo y Control de Redes Eléctricas en Baja Tensión''

TRABAJO DE GRADUACION

Previo a la obtención del Título de:
Ingeniero en Electricidad

Especialización: INDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

Verónica Andrade Rendón
Antonio Martínez Durán
Alfredo Ordóñez Martínez
Edgar Silva Vásquez

Guayaquil - Ecuador

Año
2001

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"Monitoreo y Control de Redes Eléctricas en Baja Tensión"

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACIÓN INDUSTRIAL

Presentado por:

Verónica Andrade Rendón

Antonio Martínez Durán

Alfredo Ordóñez Martínez

Edgar Silva Vásquez

GUAYAQUIL-ECUADOR

AÑO

2001

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Alberto Manzur Hanna Director del Tópico, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA


Dedicamos este trabajo

A Dios

A nuestros Padres

A nuestros Hermanos

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing Carlos Monsalve

Presidente del Tribunal



Ing Alberto Manzur

Director del Tópico



Ing Gustavo Bermúdez

Miembro Principal



Ing Juan Gallo

Miembro Principal

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Tópico de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Verónica Andrade Rendón



Antonio Martínez Durán



Alfredo Ordóñez Martínez



Edgar Silva Vásconez

RESUMEN

El presente Tópico consta de dos partes, la primera trata del monitoreo y análisis de redes en baja tensión, tomando para el desarrollo del mismo el sistema eléctrico de la ESPOL (Campus Gustavo Galindo). En la segunda parte del Tópico se monitoreó el Banco de transformadores que alimenta a los Laboratorios de Eléctrica y FEPOL, sirviendo éste para la simulación del control y transferencia automática de una carga, utilizando los equipos que se disponen en el Laboratorio de Automatización Industrial.

La parte de monitoreo consistió en la toma de mediciones de los diferentes Bancos de transformadores que se encuentran en la ESPOL y para ello se utilizó el equipo CVM_k, con el objetivo de analizar los datos obtenidos y establecer conclusiones. Se midieron los parámetros más importantes que fueron considerados de gran ayuda para determinar el estado de los Bancos de transformadores y su demanda.

Obtenidos los datos, se grafican las curvas de corriente, de voltaje, de potencia y de factor de potencia, para proceder a su análisis.

En la segunda parte del tópico, se realizó la simulación de una Transferencia Automática, conectando al banco de transformadores de los Laboratorios de

Eléctrica y FEPOL los equipos PLEPM, que sirvieron para monitorear dicho banco y simular fallas en el suministro de energía eléctrica.

Como un análisis adicional al realizado en baja tensión, se adjunta otro análisis de datos tomados por el medidor de alta tensión, los cuales fueron proporcionados por la Empresa Eléctrica del Ecuador Inc.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	IV
INDICE GENERAL	VIII
ABREVIATURAS.....	XII
SIMBOLOGÍA	XIII
INDICE DE FIGURAS.....	XIV
INDICE DE TABLAS.....	XV
INTRODUCCIÓN	1
1. EQUIPO UTILIZADO PARA MONITOREO DE LA RED DE LA ESPOL ...	3
1.1. Analizador de Redes SERIE CVM _k , marca Circuitor.....	3
1.2. Memoria interna CVM-M 256	7
1.3. Transformadores de Corriente, marca Circuitor.....	9
1.4. Software: Cirnet, SET-MEM.....	9
1.5. Periodo de Mediciones	10
1.6. Datos Obtenidos	11
2. ANÁLISIS DE DATOS EN BAJA TENSIÓN.....	12
2.1. Bancos de Transformadores Laboratorios de Ingeniería Eléctrica FEPOL.....	12
2.1.1. Valores Promedios, Máximos y Mínimos	12
2.1.2. Análisis de datos obtenidos.	14
2.2. Bancos de Transformadores Rectorado.....	20

2.2.1. Valores Promedios, Máximos y Mínimos.	20
2.2.2. Análisis de datos obtenidos.	22
2.3. Bancos de Transformadores Tecnología de Alimentos.	25
2.3.1. Valores Promedios, Máximos y Mínimos.	25
2.3.2. Análisis de datos obtenidos.	27
2.4. Bancos de Transformadores Mantenimiento.	30
2.4.1. Valores Promedios, Máximos y Mínimos.	30
2.4.2. Análisis de datos obtenidos.	32
2.5. Bancos de Transformadores Marítima.	36
2.5.1. Valores Promedios, Máximos y Mínimos.	36
2.5.2. Análisis de datos obtenidos.	38
3. ANÁLISIS DE DATOS EN ALTA TENSIÓN.....	42
3.1. Datos proporcionados por EMELEC INC.....	42
3.2. Curvas de datos en alta tensión.....	43
3.3. Análisis de datos en alta tensión	44
4. TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA.....	45
4.1. Equipo utilizado en la transferencia automática.	45
4.1.1. Brakers para la transferencia automática.....	45
4.1.1.1. Mando motorizado.....	46
4.1.1.2. Bobina de mínima tensión.	46
4.1.1.3. Bloques de contactos auxiliares para señalización.	47
4.1.1.4. Contacto de señalización de disparo.	47

4.1.1.5. Enclavamiento mecánico.....	47
4.1.2. GE POWER LEADER Electronic Power Meter (PLEPM).....	47
4.1.3. Transformadores de Corriente	50
4.1.4. GE POWER LEADER Modbus Concentrator	51
4.1.5. Convertidor 485/232	52
4.1.6. PLC Autómata Programable GENERAL ELECTRIC	53
4.1.7. Software de Comunicación utilizados.	54
4.2. Programa en PLC (Autómata programable).	55
4.2.1. Funcionamiento del programa en PLC.	55
4.2.1.1. Opción de Sólo Empresa Eléctrica (EEE).	56
4.2.1.2. Opción de Sólo Generador (G).	57
4.2.1.3. Opción de Automático Ejercicio sin Carga (AESC).	58
4.2.1.4. Opción de Automático Ejercicio con Carga (AECC).	58
4.2.1.5. El encendido del Generador.	60
4.2.2. Funcionamiento de la Transferencia Automática.	62
4.2.3. El control del Ejercicio Automático.	62
4.2.4. La simulación del control de sobrecarga o cortocircuito para ambos breakers.	64
4.3. Datos obtenidos del PLEPM.	65
5. PROGRAMA EN INTOUCH.	66
5.1. Scrip.	66
5.2. Manual de Usuario	67

5.2.1. Pantalla Principal	67
5.2.2. Botonera Empresa Eléctrica.	69
5.2.3. Botonera de fusible de alta tensión	69
5.2.4. Señales de comunicación y prioridades	70
5.2.5. Selector de estado de la transferencia	70
5.2.6. Transformador	71
5.2.7. Medidores PLEPM.	71
5.2.8. Tabular	72
5.2.9. Tendencias	73
5.2.10. Breakers principales	76
5.2.11. Generador auxiliar	77
5.2.12. Pantalla de simulación	79
5.3. Funcionamiento	81
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
ANEXOS	
BIBLIOGRAFÍA	

ABREVIATURAS

Amp.	Amperios
AECC	Selector Automático Ejercicio con carga
AESC	Selector Automático Ejercicio sin carga
c.a.	Corriente Alterna
EEE	Selector sólo Empresa Eléctrica
G	Selector sólo Generador
In.	Corriente nominal
KVA.	Kilo-Voltio-Amperios
KVAR.	Kilo-Voltio-Amperio-Reactivo
KW.	Kilovatios
LED	Light Emisor Diode
PLC	Programable Logic Controller
PLEPM	Power Leader Electronic Power Meter

SIMBOLOGÍA

%PF1	Factor de potencia Fases A
%PF2	Factor de potencia Fases B
%PF3	Factor de potencia Fases C
%PF _{III}	Factor de potencia trifásico
A1	Corriente en la Fase A
A2	Corriente en la Fase B
A3	Corriente en la Fase C
A _{III}	Corriente trifásica
I1	Corriente en la Fase A
I2	Corriente en la Fase B
I3	Corriente en la Fase C
I _{III}	Corriente trifásica
L1	Voltaje en la Fase A
L2	Voltaje en la Fase B
L3	Voltaje en la Fase C
V1	Voltaje en la Fase A
V12	Voltaje entre Fases AB
V2	Voltaje en la Fase B
V23	Voltaje entre Fases BC
V3	Voltaje en la Fase C
V31	Voltaje entre Fases CA
V _{III}	Voltaje trifásica
W1	Potencia Activa Fase A
W2	Potencia Activa Fase B
W3	Potencia Activa Fase C
W _{III}	Potencia Activa trifásica

INDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1.1 Diagrama de Conexión del CVM _k	6
Figura 1.2 Diagrama de Conexión del periférico de memoria al CVM _k ..	7
Figura 1.3 Diagrama de Conexión de la memoria al computador	8
Figura 4.1 Electronic power Leader (PLEPM)	48
Figura 4.2 Diagrama de Conexión de los transformadores a los PLEPM	50
Figura 4.3 Power Leader Concentrator	51
Figura 4.4 Convetidor 485/232	53
Figura 5.1 Pantalla Principal	68
Figura 5.2 Botonera EEE deshabilitada	69
Figura 5.3 Botonera EEE habilitada	69
Figura 5.4 Botonera Fusible A.T. deshabilitada	69
Figura 5.5 Botonera Fusible A.T. habilitada	69
Figura 5.6 Control Remoto	70
Figura 5.7 Control Local	70
Figura 5.8 Señal de comunicación	70
Figura 5.9 Selector de estado	71
Figura 5.10 Diagrama de conexión de transformadores	71
Figura 5.11 Diagrama de conexión de transformadores con alerta	72
Figura 5.12 Diagrama del medidor PLEPM	73
Figura 5.13 PLEPM EEE	74
Figura 5.14 PLEPM Generador	74
Figura 5.15 Pantalla Tabular	75
Figura 5.16 Pantalla Tendencias	76
Figura 5.17 Breakers	77
Figura 5.18 Pantalla de simulación de breakers	77
Figura 5.19 Icono del generador auxiliar	77
Figura 5.20 Pantalla de Control del Generador	78
Figura 5.21 Pantalla de botonera para simulación	79
Figura 5.22 Botoneras para simulación	80

INDICE DE TABLAS

		Pág
Tabla I	Parámetros que se analizan en el CVM_k	4
Tabla II	Valores de Voltajes Simples del Banco de Transformadores de los Laboratorios de Eléctrica y Fepol.....	13
Tabla III	Valores de Corriente del Banco de Transformadores de los Laboratorios de Eléctrica y Fepol.....	13
Tabla IV	Valores de Factor de Potencia del Banco de Transformadores de los Laboratorios de Eléctrica y Fepol...	13
Tabla V	Valores de Potencia del Banco de Transformadores de los Laboratorios de Eléctrica y Fepol.....	13
Tabla VI	Valores de Voltajes Compuestos del Banco de Transformadores de los Laboratorios de Eléctrica y Fepol....	14
Tabla VII	Valores de Voltajes Simples del Banco de Transformadores del Rectorado.....	20
Tabla VIII	Valores de Corriente del Banco de Transformadores del Rectorado.....	20
Tabla IX	Valores de Factor de Potencia del Banco de Transformadores del Rectorado.....	21
Tabla X	Valores de Potencia del Banco de Transformadores del Rectorado.....	21
Tabla XI	Valores de Voltajes Compuestos del Banco de Transformadores del Rectorado.....	21
Tabla XII	Valores de Voltajes Simples del Banco de Transformadores de Tecnología de Alimentos.....	25
Tabla XIII	Valores de Corriente del Banco de Transformadores de Tecnología de Alimentos.....	26
Tabla XIV	Valores de Factor de Potencia del Banco de Transformadores de Tecnología de Alimentos.....	26
Tabla XV	Valores de Potencia del Banco de Transformadores de Tecnología de Alimentos.....	26
Tabla XVI	Valores de Voltajes Compuestos del Banco de Transformadores de Tecnología de Alimentos.....	27
Tabla XVII	Valores de Voltajes Simples del Banco de Transformadores de Mantenimiento.....	30
Tabla XVIII	Valores de Corriente del Banco de Transformadores de Mantenimiento.....	31

	Pág
Tabla XIX	Valores de Factor de Potencia del Banco de Transformadores de Mantenimiento 31
Tabla XX	Valores de Potencia del Banco de Transformadores de Mantenimiento 31
Tabla XXI	Valores de Voltajes Compuestos del Banco de Transformadores de Mantenimiento 32
Tabla XXII	Valores de Voltajes Simples del Banco de Transformadores de los Laboratorios de Marítima 37
Tabla XXIII	Valores de Corriente del Banco de Transformadores de los Laboratorios de Marítima 37
Tabla XXIV	Valores de Factor de Potencia del Banco de Transformadores de los Laboratorios de Marítima 37
Tabla XXV	Valores de Potencia del Banco de Transformadores de los Laboratorios de Marítima 38
Tabla XXVI	Valores de Voltajes Compuestos del Banco de Transformadores de los Laboratorios de Marítima 38
Tabla XXVII	Parámetros visibles en la pantalla del PLEPM 49
Tabla XXVIII	Valores de los Bancos de Capacitores que se recomienda conectar a Baja Tensión 87

INTRODUCCION

Para determinar el estado de los Bancos de transformadores, así como su demanda máxima y su factor de potencia; incidiendo este último parámetro directamente en el costo de la energía eléctrica, se estableció que para analizar la red eléctrica, sería necesario tomar mediciones a los bancos de transformadores en la ESPOL, éstas mediciones fueron tomadas durante un promedio de 4 días con un intervalo de 10 minutos por muestra, los cuales se consideraron necesarios para un mejor análisis, y estar dentro de los límites establecidos por la Empresa Eléctrica en lo referente a calidad de energía.

Para tomar los datos fue necesario conocer la capacidad del banco de transformadores a medir, para posteriormente utilizar transformadores de corriente que estaban en el rango de 250 / 5 Amps. a 1250 / 5 Amps.

Los bancos de transformadores analizados son:

- Banco de Transformadores de los Laboratorios de Eléctrica y Fepol
- Banco de Transformadores del Rectorado
- Banco de Transformadores de los Laboratorios de Marítima
- Banco de Transformadores de Mantenimiento
- Banco de Transformadores de Tecnología de Alimentos.

Estos Bancos de transformadores fueron asignados para su estudio por el Director del Tópico según su criterio.

Se desarrolló en el Controlador Lógico Programable (PLC) el programa de la transferencia automática, donde además se simuló la condición de breakers abiertos, cerrados o disparados. También se lo utilizó para el monitoreo de la tensión presente en el transformador, siendo estos valores los que simulaban fallas por baja tensión, sobrecarga o cortocircuito de los breakers.

Utilizando el software Intouch, que sirve como interface de visualización para el operador de lo que ocurre en el campo de trabajo; se realizaron las pantallas para visualizar los medidores PLEPM y el comando remoto de la Transferencia Automática que se encontraba en el PLC. Este software resultó de gran ayuda para la comunicación entre los PLEPM y el programa desarrollado en el PLC.

Durante el desarrollo del Tópico se utilizó todo el equipo disponible en el Laboratorio; por ejemplo tanto los medidores CVM_k como el PLEPM proporcionan similares características de lectura de datos, por lo que sería suficiente el uso de uno de ellos; sin embargo el uso de ambos equipos representa una ventaja para los estudiantes en lo que se refiere al conocimiento de nueva tecnología y la aplicación de la misma.

Capítulo 1

1. EQUIPO UTILIZADO PARA MONITOREO DE LA RED DE LA ESPOL.

Para realizar la adquisición de los datos de la red eléctrica de la ESPOL, para su posterior análisis, fue necesario el equipo que se describe a continuación.

1.1. Analizador de Redes SERIE CVM_k.

El analizador de panel CVM_k es un instrumento de medida programable, por lo que ofrece una serie de posibilidades de empleo que se podrá seleccionar mediante menús que el propio instrumento presentará en la fase de programación.

El CVM_k es un instrumento que mide, calcula y visualiza los principales parámetros eléctricos en redes industriales trifásicas

(balanceadas o desbalanceadas). La medida se realiza en verdadero valor eficaz, mediante tres entradas de tensión c.a. y tres entradas de intensidad c.a. (corriente alterna, a través de transformadores de corriente In. / 5 Amp.).

Mediante un procesador interno permiten analizar simultáneamente varios parámetros tales como se enuncian en la Tabla I.

TABLA I

Parámetro	L1	L2	L3	Promedio	Suma
Tensión simple	x	x	x	X	
Tensión compuesta	x	x	x	X	
Intensidad	x	x	x	X	
Potencia activa	x	x	x		x
Potencia Reactiva L	x	x	x		x
Potencia Reactiva C	x	x	x		x
Factor de potencia	x	x	x	X	
Potencia aparente					x
Frecuencia	x				

El CVM_k permite la visualización de hasta 30 parámetros eléctricos (52 parámetros si se incluyen módulos de expansión), mediante 3 pantallas de cristal líquido (display numérico) de grandes dimensiones. En los displays se visualiza la tensión simple o compuesta de las tres fases, más 2 pantallas en las que se muestran 3 parámetros a elección en cada una.

Entre las características principales de este equipo se pueden enumerar las siguientes:

- Es un instrumento de panel de dimensiones reducidas (144 x 144 mm).
- Medición en verdadero valor eficaz.
- Memorización de los valores máximos y mínimos
- Visualización de los parámetros con escala automática de unidades.
- Teclado de membrana, con 4 teclas, para el control y programación
- Dispone de 3 x 3 leds luminosos (rojo, verde y amarillo), para indicar el parámetro visualizado en display.
- Comunicación RS-232 ó RS-485 (módulos de comunicación).

A continuación se muestra el diagrama de conexión del CVM_k (Figura 1.1) tal y como se conectaron en los bancos de transformadores de los cuales se obtuvo la información.

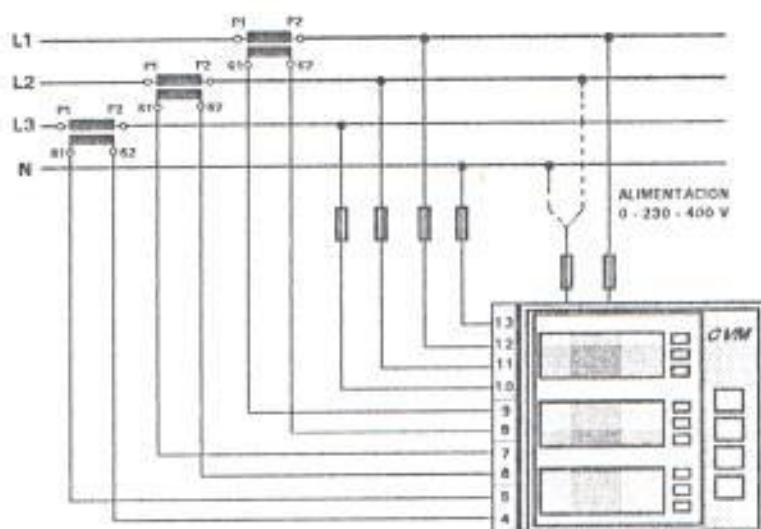


FIGURA 1.1. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL CVM_k

El equipo de medida tipo CVM_k puede ser complementado con una serie de módulos y periféricos. Se denomina módulo a todos los sistemas adicionales que van alojados en el interior del propio CVM_k como el módulo de comunicación; y como periférico se conoce a los sistemas, que aunque son autónomos, tienen la misión de trabajar a partir de los datos suministrados por un CVM_k.

1.2. Memoria interna CVM-M 256.

Para ampliar la capacidad del CVM_k utilizamos un CVM-M que es un periférico de memoria con capacidad para almacenar datos provenientes de cualquier equipo de medida de la familia CVM. La capacidad de almacenamiento de esta memoria es de 256 Kb. El periférico de memoria va conectado al medidor CVM según se muestra en el diagrama adjunto (Figura 1.2).

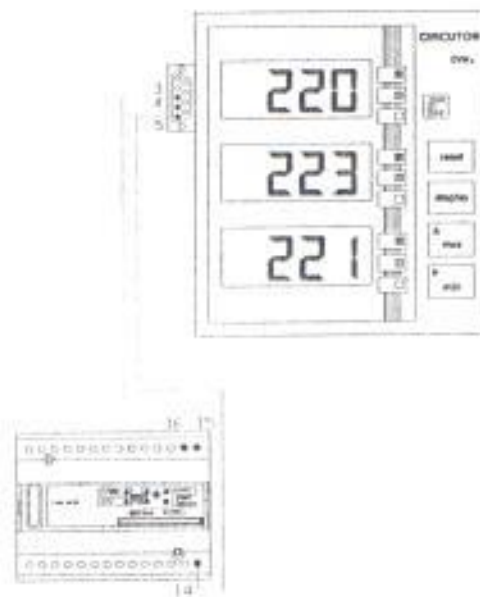


FIGURA 1.2. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL PERIFÉRICO DE MEMORIA AL CVM_k

El CVM_k dispone de un reloj interno, con fecha y hora, que permite programar el registro automático de los datos seleccionados en la memoria CVM-M, a intervalos de tiempo regulares, hasta llenarla.

En el momento que la memoria se llena, y llega un nuevo valor a registrar, se perderá el dato más antiguo, ocupando la totalidad de la memoria con los datos más recientes.

Para programar los datos que el CVM_k va a guardar en el periférico de memoria CVM-M, se utiliza el programa denominado Cirnet-SETUP.

El siguiente diagrama (Figura 1.3) indica la forma de conectar el periférico de memoria al computador para poder extraer la información que almacenó el CVM_k.

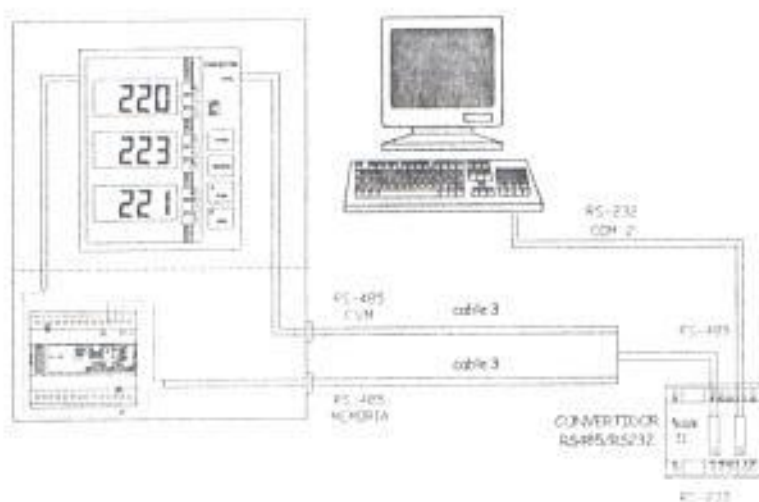


FIGURA 1.3. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LA MEMORIA AL COMPUTADOR. Ver diagrama de cables de comunicación Anexo A.

1.3. Transformadores de Corriente.

Estos fueron utilizados para conectar el CVM_k al Banco de transformadores. Se usaron tres tipos de transformadores de corriente de fase partida, cuya relación de transformación de corriente dependía de la capacidad del banco de transformadores que en ese momento se iba a medir.

Los tipos de transformadores que se utilizaron en todas las mediciones fueron de 250/5 Amp., 400/5 Amp. y 1250/5 Amp., los cuales en todos los casos estaban sobredimensionados, ya que, aunque la capacidad del banco era para determinada corriente, por ejemplo de 350 Amp., en realidad lo que estaba entregando llegaba a un máximo del 25% de la capacidad del banco, es decir 87.5 Amp.; entonces, en primera instancia el transformador de corriente a instalar sería el de 400/5 Amp., pero nominalmente se hubiese podido utilizar el transformador de 250/5 Amp. para obtener el mismo resultado y con mayor precisión.

1.4. Software CIRNET SET-MEM .

Es el software básico que permite la configuración y visualización de cualquier tipo de equipo CVM-M. Existen dos versiones, la que

se usó y que permite controlar solo un equipo, y la versión en red, que admite controlar hasta 12 elementos a la vez.

El programa CIRNET SET-MEM se utilizó también para configurar los datos obtenidos para su posterior impresión y su presentación en este trabajo.

1.5. Periodo de Mediciones.

Se lo consideró de acuerdo a la capacidad de la memoria y según la información proporcionada por el fabricante. La memoria asignada CVM-M256 es de 240.000 bytes, de los cuales 192 bytes se ocupan en la cabecera del fichero. La fórmula que me indica la capacidad de almacenamiento es:

$$\text{No.Registros} = \frac{240.000-192}{(\text{No.Variables} \times 4)+10}$$

Como se ve, se aumenta notablemente el número de registros disponibles si solo se seleccionan las variables que realmente interesa guardar.

1.6. Datos Obtenidos

Posteriormente se sacaron los datos grabados en la memoria, para su posterior análisis mediante gráficas. Estos datos y las gráficas obtenidas se encuentran adjuntadas en los Anexos B al F.

Capítulo 2

2. ANÁLISIS DE DATOS EN BAJA TENSIÓN.

Con los datos obtenidos de los bancos de transformadores en baja tensión, se realizaron gráficas que permitieron analizar dichos datos y establecer conclusiones.

2.1. Banco de Transformadores Laboratorios de Eléctrica y FEPOL.

2.1.1. Valores Promedios, Máximos y Mínimos.

Este banco alimenta una parte de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC) y también la sede de la Asociación de Estudiantes Politécnicos (FEPOL).

En las siguientes tablas se presentan los valores máximos, mínimos y el promedio de cada parámetro medido en este banco.

TABLA II

VOLTAJE (V)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Voltaje trifásico	VIII	121	128	126
Voltaje fase 1	V1	121	127	125
Voltaje fase 2	V2	122	129	127
Voltaje fase 3	V3	122	129	127

TABLA III

CORRIENTE (Amp)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Corriente trifásico	AIII	8	105	29
Corriente fase 1	A1	0	97	22
Corriente fase 2	A2	10	108	34
Corriente fase 3	A3	9	125	31

TABLA IV

FACTOR DE POTENCIA

		Mínimo	Máximo	Promedio
FP trifásico	PFIII	0,39	0,97	0,67
FP fase 1	PF1	0,33	0,98	0,55
FP fase 2	PF2	0,76	1	0,87
FP fase 3	PF3	0,04	0,99	0,47

TABLA V

POTENCIA (KW)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Potencia trifásica	WIII	1	37	7
Potencia fase 1	W1	0	11	2
Potencia fase 2	W2	1	13	4
Potencia fase 3	W3	0	14	2

TABLA VI

VOLTAJE DE FASE (V)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Voltaje de fase trifásica	VavIII	209	221	217
Voltaje fases 12	V12	209	220	216
Voltaje fases 23	V23	210	222	218
Voltaje fases 31	V31	210	221	218

2.1.2. Análisis de datos obtenidos.

Cada una de las gráficas fueron dibujadas tomando como eje horizontal el Tiempo y como eje vertical los diferentes parámetros que se quiere analizar. El periodo de mediciones empezó el día Jueves 18/05/00 a las 12:10 p.m. y culminó el día Lunes 22/05/00 a las 10:20 a.m., es decir cinco días de mediciones. Los intervalos de tiempo para la toma de valores fueron de 10 minutos. El equipo (CVM_k), permitió

tomar valores de Voltaje, Corriente, Potencia y Factor de Potencia, para cada fase y también los valores trifásicos.

La gráfica 1 del Anexo B muestra los voltajes en las tres fases comparadas con el voltaje trifásico, en esta curva se observa la tendencia de los voltajes en todos los días de mediciones; a primera vista se aprecia un aumento en el voltaje en las tres fases a partir de las 6:00 p.m. y luego disminuye a partir de aproximadamente las 8:00 a.m.. Esta tendencia se puede ver en los primeros dos días de medición, que corresponden a los días Jueves y Viernes de esa semana. En los días posteriores, se observa las mismas tendencias, pero con rangos más altos de voltaje, suponiendo que esto es debido a la disminución de la carga, lo cual es correcto, pues estos días corresponden ya a los días Sábado y Domingo, donde la actividad en la ESPOL es menor, y por lo tanto existe menos carga.

En base a lo mencionado en el párrafo anterior se puede determinar que en los periodos de tiempo donde disminuye la carga, el voltaje tiende a aumentar. Lo que se puede observar más detalladamente en las gráficas dibujadas por cada día de medición. Gráficas 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, y 1.5 del Anexo B.

La gráfica 2 del Anexo B muestra las corrientes en las tres fases durante todos los días de medición. A primera vista se puede ver una tendencia muy similar a la que sucede con los voltajes pero en los periodos donde disminuye la carga la corriente tiende a disminuir. Esto se observa claramente en los días del fin de semana donde la curva se mantiene con valores bajos de corriente, con excepción de ciertos picos que se pueden apreciar más detalladamente en las posteriores gráficas.

En la curva de corriente para el día 18/05/00 (Jueves) gráfica 2.1 del Anexo B se puede apreciar que aproximadamente desde las 6:30 p.m. comienza a disminuir la corriente hasta un valor pequeño, el que se mantiene hasta el final del día, esto sucede debido a que el periodo de trabajo termina más o menos a esa hora, con lo que la carga comienza a disminuir.

En el primer gráfico donde se muestran los valores de corriente de todo el periodo de medición (gráfica 2 Anexo B) se puede observar que, la corriente en la fase 1 (I1) tiende a bajar después de las 4:30 p.m., esta es la fase en la que más baja la corriente, lo que permite deducir que esta fase posee en su mayoría carga dada por los aires acondicionados, porque estos se desconectan más o menos todos los

días a esa hora. Luego, si se observa la corriente en la fase 3 (I3) podemos ver que sufre casi las mismas variaciones que la fase 1 por lo que se asume que entre estas dos fases se encuentran conectados los aires acondicionados. En forma detallada se puede observar estas variaciones en las otras gráficas de corriente.

En la misma fase 1, y en todas las gráficas de corriente se aprecia que después de las 6:30 p.m., las curvas presentan muchas variaciones, en algunos casos dando valores de 0 Amp., lo que seguramente es debido a la conexión de luces que se prenden y apagan repetidamente y estas variaciones son más grandes en esta fase debido a que posee mucho menos carga en este periodo de tiempo.

En el segundo día de medición (Viernes, gráfica 2.2 Anexo B), se observan las mismas tendencias de la corriente a disminuir a partir de las 6:30 p.m., esta vez también se aprecia que la corriente aumenta a partir de las 7:30 a.m. que es cuando comienzan las labores en la ESPOL, es decir aumenta la carga.

Lo mismo se puede ver en los días 20/05/00 (Sábado, gráfica 2.3 Anexo B) y 21/05/00 (Domingo, gráfica 2.4 Anexo B), como éstos no son días laborables, incluso en estos días no funcionan los

laboratorios; las corrientes son bajas, y se observa que al contrario de los otros dos días a partir de las 7:30 a.m. las corrientes bajan aun más; esto es porque la carga que tenía en esos momentos el transformador era en su mayoría de las luminarias, las cuales se apagan en el día y se vuelven a prender en la noche, presentándose más o menos a las 6:30 p.m. otra vez un aumento.

La gráfica 3 del Anexo B muestra las potencias en KW, aquí se observa un pico máximo de 37 KW de potencia trifásica, la cual también se puede observar más claramente en la gráfica 3.1 Anexo B, ésta es la potencia máxima que se observa en todo el periodo de medición. Se observa otro pico de 28 KW de potencia trifásica; éstos corresponden a los picos de corriente que se aprecian en las curvas 2.1 y 2.2. del Anexo B. Cuando se analiza el día 21/05/00 (Domingo) del periodo de mediciones, se puede ver en la gráfica 3.4 del Anexo B que la potencia consumida por el transformador es casi en su totalidad asumida por la fase 2. En estas curvas de potencia el medidor ha tomado los valores de potencia de menos de 1 KW, que en la gráfica se ven como 0 KW, estos valores de potencia son bajos porque existe menor consumo y el factor de potencia tiene un promedio de 0.5.

Esta demanda máxima que se menciona (37 KW) se registra el día 18/05/00 (Jueves) con un factor de potencia de 0.9, con lo que se puede deducir que la cantidad de KVA máximo consumida por el transformador es de 42 KVA.

Las gráficas que corresponden al Factor de Potencia, Voltaje y Corriente, muestran un factor de potencia de -1 entre la 1:30 p.m. y 3:00 p.m. (gráfica 4.2 Anexo B, representa la Fase 2), que indica que existe una carga capacitiva, la cual no es de gran importancia en su valor de carga, ya que revisando los datos se puede ver que la variación del factor de potencia es de 0.99 hasta -0.99 lo que en realidad representa un factor de potencia de 1. Esta variación ocurre un día y en sólo una fase.

De manera general en éstas gráficas se puede apreciar que el factor de potencia no es muy bueno, se obtiene un promedio de 0.67; también en varios periodos se observan variaciones donde la carga se hace más inductiva, por eso se ve que el factor de potencia es 0. Además la tendencia del factor de potencia es a bajar cuando la carga disminuye.

2.2 Bancos de Transformadores Rectorado.

2.2.1. Valores Promedios, Máximos y Mínimos.

Este banco alimenta las cargas distribuidas en el edificio del Rectorado, donde no se incluye la carga que representa el ascensor, ya que éste se encuentra conectado a un banco trifásico independiente de 50 KVA.

Los valores máximos, mínimos y el promedio de cada parámetro medido para este banco se presentan en las siguientes tablas.

TABLA VII
VOLTAJE (V)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Voltaje trifásico	VIII	124	137	130
Voltaje fase 1	V1	125	138	131
Voltaje fase 2	V2	124	137	129
Voltaje fase 3	V3	125	137	130

TABLA VIII
CORRIENTE (Amp)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Corriente trifásico	AIII	27	683	184
Corriente fase 1	A1	28	731	197
Corriente fase 2	A2	27	639	171
Corriente fase 3	A3	19	683	184

TABLA IX
FACTOR DE POTENCIA

		Mínimo	Máximo	Promedio
FP trifásico	PFIII	0,88	0,96	0,92
FP fase 1	PF1	0,74	0,93	0,83
FP fase 2	PF2	0,96	1,00	0,99
FP fase 3	PF3	0,89	1,00	0,97

TABLA X
POTENCIA (KW)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Potencia trifásica	WIII	9	242	66
Potencia fase 1	W1	3	84	22
Potencia fase 2	W2	3	79	21
Potencia fase 3	W3	2	80	22

TABLA XI
VOLTAJES DE FASE (V)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Voltaje de fase trifásica	VavIII	215	236	223
Voltaje fases 12	V12	215	237	224
Voltaje fases 23	V23	215	235	223
Voltaje fases 31	V31	216	236	224

2.2.2. Análisis de datos obtenidos.

Las gráficas fueron dibujadas tomando como eje horizontal el Tiempo y como eje vertical los diferentes parámetros que se quiere analizar. El periodo de mediciones empezó el día Miércoles 10/05/00 a las 10:49 a.m. y culminó el día Lunes 15/05/00 a las 10:00 a.m., es decir seis días de mediciones. Los intervalos de tiempo para la toma de valores fueron de 10 minutos. El equipo (CVM_k), permitió tomar valores de Voltaje, Corriente, Potencia y Factor de Potencia, para cada fase y también los valores trifásicos.

La gráfica 1 del Anexo C, muestra los voltajes en las tres fases para éste banco, las que se compararon con el voltaje trifásico, en esta curva se observa las mismas tendencias que en la mayoría de los bancos; cuando la carga disminuye el voltaje aumenta en un rango de 2 V. y en algunos periodos se observa un aumento de 4 V. Cabe mencionar que muchos de estos aumentos o disminuciones en el voltaje se deben en gran medida al voltaje que entrega la Empresa Eléctrica; en general las variaciones no son significativas.

El 13/05/00 (gráfica 1.4 Anexo C) que corresponde al día Sábado, la disminución del voltaje empieza a las 7:30 a.m. para luego aumentar a las 12:30 p.m.; y el 14/05/00 (gráfica 1.5 Anexo C) que corresponde al

día Domingo, el voltaje se mantiene constante debido a que no existe una variación de la carga, su promedio es de 130 V. Este banco presenta valores de voltaje más elevados en comparación con los otros bancos analizados.

En las curvas que permiten ver las tendencias de la corriente se observa que las cargas están bastante balanceadas, no se aprecian picos o variaciones bruscas, además los valores de las corrientes se mantienen similares.

En la gráfica 2 del Anexo C, se muestran las corrientes en los seis días de mediciones. Como se aprecia, la corriente se eleva llegando casi a los 700 Amp. en los periodos de tiempo entre las 7:00 a.m. y 4:30 p.m., que son los periodos de actividad en la ESPOL; también se observa, en los días de mediciones que corresponden al día Sábado y Domingo, que las tendencias son diferentes pues existe menor carga; el Sábado se observa el aumento de la corriente entre las 8:00 a.m. y las 12:30 p.m., con un consumo máximo de 260 Amp., lo que indica que durante este periodo del día también se trabaja; en cambio el día Domingo la corriente se mantiene baja y constante, llegando a aproximadamente a 60 Amp., y luego se eleva las primeras horas del siguiente día. Los valores de corriente tienden a disminuir un poco

durante estos días en horas de la mañana en comparación con los días laborables, pues la carga corresponde es su mayoría a luminarias.

El día 14/05/00 (Domingo, gráfica 2.5 Anexo C) durante el periodo de tiempo que corresponde a las 12:30 p.m. a 1:30 p.m., hubo un consumo mayor de corriente en relación con el resto del día, esto se aprecia de igual manera en las gráficas de potencia. El aumento de la corriente por éste lapso indica la conexión de alguna carga que provocó que el factor de potencia mejorara entre las fases 1 y 3, lo que indica que esta carga era resistiva-capacitiva.

En las gráficas de V , I y fp (gráficas 4.1 – 4.24 Anexo C) en las fases 2 y 3 se observa que al disminuir la carga, por consiguiente la corriente, al contrario de disminuir el factor de potencia, como ocurre en todos los casos, éste tiende a aumentar. Lo que indica que los transformadores de corriente de las fases mencionadas estuvieron conectados en sentido contrario a la circulación de la corriente. Por eso se está viendo un ángulo de desfase entre corriente y voltaje equivocado. Esto se observa mejor en la fase 3, porque la fase 2 tiene un factor de potencia muy cercano a 1.

Observando las gráficas de potencia (gráfica 3 Anexo C), se puede concluir que es suficiente analizar las gráficas de corriente porque tienen el mismo comportamiento.

Es en la gráfica 2.1 Anexo C, del día 15/05/00 (Lunes) donde se encuentra que la demanda máxima es de 242 KW, aproximadamente a las 9:00 a.m., con un factor de potencia de 0.94 lo que representa 258 KVA.

2.3. Bancos de Transformadores Tecnología de Alimentos.

2.3.1. Valores Promedios, Máximos y Mínimos.

Este banco alimenta una parte de las cargas que se encuentran en el área del edificio de Gobierno de Tecnología de Alimentos.

Los valores máximos, mínimos y el promedio para cada parámetro medido en este banco se presentan en las siguientes tablas.

TABLA XII
VOLTAJE (V)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Voltaje trifásico	VIII	117	122	120
Voltaje fase 1	V1	118	123	121
Voltaje fase 2	V2	117	123	121
Voltaje fase 3	V3	116	122	119

TABLA XIII
CORRIENTE (Amp)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Corriente trifásico	AIII	14	149	47
Corriente fase 1	A1	9	120	38
Corriente fase 2	A2	13	168	49
Corriente fase 3	A3	13	161	55

TABLA XIV
FACTOR DE POTENCIA

		Mínimo	Máximo	Promedio
FP trifásico	PFIII	0,81	0,99	0,91
FP fase 1	PF1	0,82	0,99	0,96
FP fase 2	PF2	0,75	1,00	0,96
FP fase 3	PF3	0,64	0,98	0,82

TABLA XV
POTENCIA (KW)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Potencia trifásica	WIII	3	50	15
Potencia fase 1	W1	0	14	4
Potencia fase 2	W2	1	20	5
Potencia fase 3	W3	1	16	5

TABLA XVI
VOLTAJE DE FASE (V)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Voltaje de fase trifásica	VavIII	201	211	207
Voltaje fases 12	V12	202	212	208
Voltaje fases 23	V23	201	211	207
Voltaje fases 31	V31	201	211	206

2.3.2. Análisis de datos obtenidos.

Las gráficas fueron dibujadas tomando como eje horizontal el Tiempo y como eje vertical los diferentes parámetros que se quiere analizar. El periodo de mediciones empezó el día Jueves 08/06/00 a las 10:23 a.m. y culminó el día Lunes 12/06/00 a las 8:40 a.m., es decir cuatro días de mediciones. Los intervalos de tiempo para la toma de valores fueron de 10 minutos. Usando el equipo (CVM_k), se tomó valores de Voltaje, Corriente, Potencia y Factor de Potencia, por fase y también valores trifásicos.

Las gráficas de voltaje (gráfica 1 Anexo D) de éste banco muestran que el voltaje tiende a aumentar en los periodos donde la carga es menor, éste banco presenta valores de voltaje en un rango entre 116 V. Y 122 V. El voltaje en la fase 3 es el que tiene menores valores.

En la gráfica 2 Anexo D, se observan los valores de corriente en las tres fases, se puede decir que están bastante balanceadas, sin embargo estas curvas presentan bastante variaciones, es necesario analizar cada una de estas curvas vistas más detalladamente en el resto de gráficas de corriente, donde se puede ver dichas tendencias por cada día de medición.

Para el día 08/06/00 (gráfica 2.1 Anexo D) se observa que la curva presenta una disminución de la corriente en las tres fases aproximadamente a partir de las 4:00 p.m., pero esta disminución es progresiva, en la fase 1 se presenta los valores de corriente menores, se observa además que las fases 2 y 3 presentan similares tendencias.

Aquí se aprecia una vez más que el aumento de la corriente es conforme a un aumento de la carga, en algunos casos se presenta a partir de las 7:00 a.m. y en otros casos a las 10:00 a.m., siendo esto último debido a que es día Sábado y no es un día ordinario de labores en la ESPOL.

La gráfica del día 11/06/00 (gráfica 2.4 Anexo D) no presenta aumentos considerables, pero si presenta como el resto de las curvas,

muchas variaciones, y debido a que en este día que es Domingo existe menor consumo de carga, los valores de corriente son menores.

Las curvas de potencia se presentan en las gráficas 3 del Anexo D, las mismas que se pueden analizar junto con las de corriente, pues las continuas variaciones mencionadas anteriormente también se pueden ver en estas curvas. El mayor consumo de Potencia se presenta el día 09/06/00 con 50 KW., con un factor de potencia de 0.95, lo que representa 52.6 KVA.

Al analizar las curvas de voltaje, corriente y factor de potencia, (gráficas 4.1-4.20 Anexo D) se observa que continuamente se tiene valores de factor de potencia de -1 , lo que demuestra la conexión de una carga capacitiva, la cual no es de gran importancia en su valor de carga, ya que revisando los datos se puede ver que la variación del factor de potencia es de 0.99 hasta -0.99 lo que en realidad representa un factor de potencia de 1. Estos valores de -1 se presentan en las fases 1 y 2, la fase 3 presenta valores de factor de potencia de 0.9 cuando existe carga y de 0.65 cuando la carga es menor.

En el caso de la gráfica 4.5 Anexo D (09/06/00) para la fase 1, se observa que es cuando existe la mayor carga donde aparecen los valores de -1 en el factor de potencia, el resto del tiempo el factor de potencia es de 0.95 ., no así la fase 2 que presenta valores de -1 en el factor de potencia que todo este día de medición.

2.4. Bancos de Transformadores Mantenimiento.

2.4.1. Valores Promedios, Máximos y Mínimos.

Este banco se encuentra situado en el área de Mantenimiento de la ESPOL y alimenta la carga de dicha área en su totalidad.

Los valores máximos, mínimos y el promedio para cada parámetro medido en este banco se presentan en las siguientes tablas.

TABLA XVII
VOLTAJE (V)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Voltaje trifásico	VIII	117	122	120
Voltaje fase 1	V1	118	123	121
Voltaje fase 2	V2	117	123	121
Voltaje fase 3	V3	117	122	119

TABLA XVIII
CORRIENTE (Amp.)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Corriente trifásico	AIII	2	79	21
Corriente fase 1	A1	8	80	28
Corriente fase 2	A2	0	85	18
Corriente fase 3	A3	0	84	20

TABLA XIX
FACTOR DE POTENCIA

		Mínimo	Máximo	Promedio
FP trifásico	PFIII	0,70	0,97	0,83
FP fase 1	PF1	0,73	1,00	0,88
FP fase 2	PF2	0,42	1,00	0,76
FP fase 3	PF3	0,64	0,98	0,76

TABLA XX
POTENCIA (KW)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Potencia trifásica	WIII	0	26	6
Potencia fase 1	W1	0	9	3
Potencia fase 2	W2	0	10	2
Potencia fase 3	W3	0	8	1

TABLA XXI
VOLTAJE DE FASE (V)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Voltaje de fase trifásica	VavIII	201	211	207
Voltaje fases 12	V12	202	212	208
Voltaje fases 23	V23	202	212	207
Voltaje fases 31	V31	201	211	206

2.4.2. Análisis de datos obtenidos.

Las gráficas fueron dibujadas tomando como eje horizontal el Tiempo y como eje vertical los diferentes parámetros que se quiere analizar. El periodo de mediciones empezó el día Jueves 08/06/00 a las 10:34 a.m. y culminó el día Lunes 12/06/00 a las 8:50 a.m., es decir cinco días de mediciones. Los intervalos de tiempo para la toma de valores fueron de 10 minutos. Usando el equipo (CVM_k), se tomó valores de Voltaje, Corriente, Potencia y Factor de Potencia, por fase y también valores trifásicos.

Antes de analizar las gráficas de corriente, potencia y factor de potencia, es necesario aclarar que en las tablas de valores se presentan datos de potencia cuyo valor es de 0, aún existiendo valores de corriente, voltaje y factor de potencia diferentes de 0. Hay

que tomar en cuenta que la escala menor del equipo es de uno y los valores menores a éste son mostrados como 0 por el CVM_k, por ejemplo el día 11/06/00 a las 13:10 (Anexo E) se registra un voltaje de 120 V. trifásico y una corriente trifásica de 3 Amp., lo que da una potencia activa de 360 W. que equivale a 0.36 KW., pero el equipo mide como mínimo 1 KW., por lo que este valor lo refleja como de cero KW.

En la gráfica 1 del Anexo E, se observan los voltajes en las tres fases junto con el voltaje trifásico, lo cual muestra que el voltaje en todos los días de mediciones tiende a aumentar cuando disminuye la carga. Se puede mencionar que los valores de voltaje están en un rango entre 123 V. y 117 V.; en éste banco los valores de voltaje son más bajos que los otros bancos.

Las gráficas de corriente (gráfica 2 Anexo E) muestran que las cargas no están balanceadas. Se puede observar que en las horas laborables, de 7:00 a.m. a 5:30 p.m., existe una mayor carga en la fase 2 con respecto a las otras fases, pero durante la noche ocurre lo contrario, es decir que la fase 2 prácticamente no tiene carga. Así mismo se observa que es la fase 1 la que posee la menor carga en las horas laborables, pero por las noches ésta fase presenta la mayor

demanda de corriente; lo que puede decir que en esta fase se encuentran conectadas la mayor cantidad de luminarias. La fase 3 presenta aproximadamente las mismas tendencias que el promedio de las tres fases.

En las gráficas que muestran diariamente el consumo de corriente (gráficas 2.1- 2.5 Anexo E), se puede apreciar que el consumo máximo de corriente es de 85 Amp. y el mínimo 0 Amp. lo que da un consumo promedio trifásico de 21 Amp. Aquí también se puede determinar la existencia de una carga pequeña en la fase 2, que cuando es desconectada presenta valores de cero en las gráficas.

Al analizar las gráficas de potencia se aprecia que éstas presentan las mismas variaciones que se observan en las gráficas de corriente, es decir que cuando aumenta la corriente aumenta la potencia, y cuando disminuye el consumo de corriente disminuye la potencia.

Si se observa con detalle los valores de potencia durante los periodos de mediciones, se puede ver que el consumo más alto ocurre durante las horas laborables, aquí también cabe resaltar la gráfica 3.4 Anexo E, donde la potencia total consumida pertenece a la fase 1, ya que en las otras fases la potencia es cero.

Las gráficas muestran que el mayor consumo de potencia trifásica ocurre durante las horas laborables, siendo este de 26 KW y se produce el día 09/06/00 a las 12:20 p.m.; el factor de potencia en éste instante es de 0.95, lo cual representa 27 KVA del total de la capacidad del Banco.

Los valores de factor de potencia, voltaje y corriente se pueden comparar en las gráficas 4.1-4.20 Anexo E, donde se observan por separado las tendencias de cada fase. En la fase 1 el factor de potencia es bueno, se tiene un promedio de 0.88 aún cuando el periodo de labores ha concluido y la carga disminuye. La fase 2 en cambio presenta muchos periodos donde el factor de potencia es -1 , lo que indica que existe una carga capacitiva muy pequeña en comparación con la carga resistiva, pero que es mayor que la carga inductiva; en esta misma fase se pueden apreciar valores de factor de potencia iguales a cero, debido a que la corriente en esos periodos es cero y el equipo no puede medir su desfaseamiento con respecto al voltaje.

En las gráficas de los días posteriores se muestra el mismo comportamiento que las anotadas anteriormente en lo que se refiere

al factor de potencia, voltaje y corriente, a excepción de la fase 1 en la que se aprecia un valor de -1 en el factor de potencia el día 09/06/00, que no es realmente muy significativo ya que revisando los datos se puede ver que la variación del factor de potencia es de 1 hasta -1 lo que en realidad representa un factor de potencia de 1.

2.5. Bancos de Transformadores Marítima.

2.5.1. Valores Promedios, Máximos y Mínimos.

La carga de esta unidad académica está distribuida en dos bancos de transformadores, siendo objeto de éste análisis el banco que se encuentra ubicado en el edificio de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Marítima de la ESPOL.

En las siguientes tablas se muestran los valores promedios, máximos y mínimos de los datos obtenidos.

TABLA XXII
VOLTAJE (V)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Voltaje trifásico	VIII	120	127	124
Voltaje fase 1	VI	121	128	125
Voltaje fase 2	V2	121	128	125
Voltaje fase 3	V3	115	125	122

TABLA XXIII
CORRIENTE (Amp)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Corriente trifásico	AIII	6	92	36
Corriente fase 1	A1	6	118	45
Corriente fase 2	A2	6	80	35
Corriente fase 3	A3	3	87	30

TABLA XXIV
FACTOR DE POTENCIA

		Mínimo	Máximo	Promedio
FP trifásico	PFIII	0,68	0,99	0,90
FP fase 1	PF1	0,65	1,00	0,83
FP fase 2	PF2	0,58	1,00	0,91
FP fase 3	PF3	0,89	1,00	0,98

TABLA XXV
POTENCIA (KW)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Potencia trifásica	WIII	0	33	11
Potencia fase 1	W1	0	14	5
Potencia fase 2	W2	0	9	4
Potencia fase 3	W3	0	10	3

TABLA XXVI
VOLTAJE DE FASE (V)

		Mínimo	Máximo	Promedio
Voltaje de fase trifásica	VavIII	207	219	214
Voltaje fases 12	V12	209	222	216
Voltaje fases 23	V23	210	221	216
Voltaje fases 31	V31	197	216	211

2.5.2. Análisis de datos obtenidos.

Las gráficas fueron dibujadas tomando como eje horizontal el Tiempo y como eje vertical los diferentes parámetros que se quiere analizar. El periodo de mediciones empezó el día Lunes 15/05/00 a las 9:50 a.m. y culminó el día Jueves 18/05/00 a las 8:40 a.m., es decir cuatro días de mediciones. Los intervalos de tiempo para la toma de valores fueron de 10 minutos. Usando el equipo (CVM_k), se tomó valores de

Voltaje, Corriente, Potencia y Factor de Potencia, por fase y también valores trifásicos.

En las gráficas donde se observan los valores de voltajes (gráfica 1 Anexo F) se aprecia que cuando existe un aumento en la carga, el voltaje disminuye. Cuando existen periodos donde la carga es menor (por ejemplo en horas de la noche) el voltaje aumenta.

En las gráficas de corriente y de potencia (gráfica 2 y gráfica 3 Anexo F) se observa que las cargas no están bien balanceadas; en la fase 1 está la mayor parte de la carga. A partir de las 6:00 p.m. la carga disminuye, presentándose las corrientes con valores similares, de esta manera las cargas en las tres fases se ven más balanceadas, las corrientes en éste periodo tienen valores similares que varían entre 10 y 20 Amp.

El día 15/05/00 (gráfica 2.1 Anexo F) se observa un aumento de la corriente después de las 5:00 p.m. (termina horario de labores) cuyo valor máximo se da en la fase 2, este aumento de la corriente dura aproximadamente 2 horas, luego de este tiempo la corriente en las tres fases disminuye.

La gráfica de corriente del día 16/05/00 (gráfica 2.2 Anexo F) muestra un aumento en la corriente a partir de las 5:00 p.m. En estas gráficas se ve que a pesar del desbalance que existe en cuanto a consumo de cargas, las tendencias en las tres fases sufren casi las mismas variaciones.

En la noche existen variaciones pequeñas de corriente en la fase 1, estas tendencias se pueden ver también en las gráficas del factor de potencia (gráficas 4.1-4.16 Anexo F) y sus variaciones en estos lapsos de tiempo.

Como la potencia es directamente proporcional a la corriente, las variaciones antes mencionadas en las gráficas de corriente, se observan de igual manera en las de potencia. Cuando existe un aumento de la corriente, también se observa un aumento en la potencia, también se puede ver que la fase 1 es la que consume mayor potencia.

En las gráficas de factor de potencia, voltaje y corriente, (gráficas 4.1-4.16 Anexo F) se observa que en el día 15/05/00 en la fase 2, el factor de potencia presenta un valor de -1 , en un periodo que va desde las 10:30 a.m. hasta más o menos las 4:30 p.m. Las fases 1 y 2

presentan también un factor de potencia de -1 , pero por periodos de tiempo muy cortos.

Si se observa las gráficas (Anexo F) en el resto de los días de mediciones, se puede ver que vuelven a aparecer valores de factor de potencia de -1 en las tres fases, y sin embargo cuando no es así el factor de potencia es muy cercano a 1 , a pesar de esto se observa que cuando la carga es menor el factor de potencia disminuye.

El día 17/05/00 se observan variaciones significativas en el factor de potencia en la fase 1, éste presenta valores mucho menores a los que estuvieron presentando en el resto de días, es de señalar que esto ocurre sólo en la fase mencionada, y que aquí no se presentan valores negativos como sucede en las otras dos fases.

La demanda máxima que presenta éste banco es de 33 KW, en el día 15/05/00 a la 1:00 p.m. con un factor de potencia de 0.98; que representa 33.68 KVA.

Capítulo 3

3. ANÁLISIS DE DATOS EN ALTA TENSIÓN.

Como complemento al análisis y estudio de los datos obtenidos en la red eléctrica de la ESPOL, se realizó un análisis de datos en alta tensión.

3.1. Datos proporcionados por EMELEC INC.

El análisis que se presenta a continuación, fue realizado en base a los datos proporcionados por EMELEC INC. a la Facultad de Ingeniería Eléctrica, y que fueron tomados por los equipos de medición instalados por dicha entidad en las líneas de alta tensión (13.800 V.) y que registraron el consumo de energía eléctrica de la ESPOL.

Las mediciones fueron tomadas del 15 de Enero al 28 de Febrero del 2001 y registradas cada 15 minutos. En las gráficas que se

obtuvo de dichos datos se muestra la potencia activa, la potencia reactiva y el factor de potencia.

Factor de potencia

Las gráficas (Anexo G) muestran que en las horas de labores en la ESPOL el factor de potencia mejora en comparación con las horas no laborables. Estos valores oscilan entre un mínimo de 0.60 y un máximo de 0.93 durante las horas laborables. Mientras en el resto del día los valores oscilan entre 0.27 y 0.49, lo que en promedio durante todos los días se obtuvo un factor de potencia mínimo de 0.27 y un máximo de 0.93.

Factor de potencia

Como para realizar la facturación, EMELEC Inc. utiliza un factor de potencia promedio de 0.92 para no penalizar a los consumidores, es necesario que la ESPOL se mantenga por encima de ese valor de factor de potencia.

Conclusiones

1.2. Curvas de datos en alta tensión.

Con los datos proporcionados, se realizaron gráficas, para luego analizar las curvas obtenidas. Los datos y las curvas se encuentran en el Anexo G.

3.3. Análisis de datos en alta tensión

Al realizar el análisis de los datos proporcionados, se obtuvo que el factor de potencia promedio es de 0.66, lo que está muy por debajo de lo exigido.

Es necesario hallar una solución a este problema, por lo que se recomienda la instalación de bancos de capacitores en baja tensión como la alternativa más conveniente, aunque esto no significa que el problema quedaría completamente solucionado ya que el factor de potencia mejoraría, pero es posible que no se alcance el factor de potencia requerido.

Se obtuvo de los datos que la potencia activa máxima que consume la ESPOL es de 455.5 KW, a un factor de potencia de 0.91, lo que representa un consumo de 500 KVA. Al analizar esto con la capacidad total instalada de los bancos de transformadores, que es de 7581 KVA, se puede observar que sólo se aprovecha el 6.6% de la capacidad total instalada. Lo cual constituye la principal causa de que el factor de potencia sea bajo.

Capítulo 4

4. TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA.

En la segunda parte de este trabajo, se simuló una Transferencia Automática.

4.1. Equipo utilizado en la transferencia automática.

4.1.1. Brakers para la transferencia automática

Los breakers que se enuncian en el presente proyecto se encuentran completamente simulados; éstos deberán estar constituidos por elementos auxiliares los cuales se mencionan a continuación.

4.1.1.1. Mando motorizado

Este mecanismo es del tipo de acumulación de energía: un motor universal carga un muelle que almacena la energía necesaria para el cierre del breaker. La carga del muelle, necesaria para el cierre del interruptor, se la realiza al mismo tiempo que la apertura por mando eléctrico. El rearme en caso de disparo se puede efectuar mediante maniobra de apertura manual o eléctrica.

4.1.1.2. Bobina de mínima tensión.

Como su nombre lo dice esta bobina permite que el breaker se abra cuando la tensión de la alimentación pasa por debajo de los límites establecidos para su funcionamiento. Es decir entre el 30% y el 70% del voltaje nominal. Cuando la bobina no está alimentada, o la tensión es insuficiente, no es posible cerrar el interruptor. Para evitar los disparos intempestivos debidos a microcortes, se instalará un dispositivo temporizador externo.

4.1.1.3. Bloques de contactos auxiliares para señalización.

Estos van a indicar la posición abierto o cerrado del interruptor para alimentar elementos de señalización a distancia, control o maniobra.

4.1.1.4. Contacto de señalización de disparo.

Señala la posición de disparo del interruptor debido a una sobrecarga o cortocircuito. Este contacto no actúa por la apertura o cierre normal del interruptor.

4.1.1.5. Enclavamiento mecánico

No permite que ambos breakers se cierren al mismo tiempo, es decir que sólo uno de los dos va a estar cerrado.

4.1.2. GE POWER LEADER Electronic Power Meter (PLEPM)

Este equipo se encuentra a disposición en el Laboratorio de Automatización Industrial, y que se ilustra en la Figura 4.1, es un medidor completamente electrónico, con opción a comunicaciones.



FIGURA 4.1.ELECTRONIC POWER METER (PLEPM)

La opción de comunicación se la realiza por medio del "protocolo COMMNET" que luego es transformado al "protocolo abierto MODBUS" por medio del Concentrador.

El PLEPM monitorea continuamente y muestra los valores en dos líneas alfanuméricas de cristal líquido en el frente del panel, actualizándolos cada tres segundos. Monitorea y guarda valores de corriente y voltaje, de los cuales calcula corriente RMS, voltaje RMS, Potencia activa y reactiva, Energía, Factor de potencia y otros valores relacionados. Estos valores mencionados también aparecen en la pantalla del medidor, dependiendo de cómo esté configurado el medidor, ya sea en estrella o en delta.

En vista de que el voltaje de funcionamiento de los PLEPM es de 440 V., fue necesario el uso de transformadores para elevar el voltaje de 220 V. (voltaje de la subestación monitoreada) a 440 V., pero la relación de transformación del equipo fue cambiada a 0.52488 (aproximadamente 2:1) para que éste lea los verdaderos valores de voltaje. (Ver diagrama de conexiones en el Anexo H).

El PLEPM que se ha utilizado fue configurado desde su fábrica, para trabajar en delta abierto, por lo que sólo se requiere 2 transformadores de corriente. Los parámetros que se muestran en la pantalla del PLEPM se pueden ver en la Tabla XXVII.

TABLA XXVII

Corriente, Fase A
Corriente, Fase B
Corriente, Fase C
Voltaje, Fase A-B
Voltaje, Fase B-C
Voltaje, Fase C-A
Potencia, Fase A-B (W.)
Potencia, Fase B-C (W.)
Potencia, Total (W.)
Demanda (W.)
Demanda Máxima (W.)
Potencia, Fase A-B (Var.)
Potencia, Fase B-C (Var.)
Potencia, Total (Var.)
Potencia, Fase A-B (VA.)
Potencia, Fase B-C (VA.)
Potencia, Total (VA.)
Factor de Potencia, Total

4.1.3. Transformadores de Corriente

Estos fueron utilizados para conectar el PLEPM al Banco de transformadores que alimenta a los Laboratorios y a FEPOL.

Se usaron dos transformadores de corriente (por el modelo de PLEPM) cuya relación de transformación es $400A. / 5A.$, y de acuerdo con la capacidad del banco la corriente máxima nominal va a ser de 541 A., pero según los datos de las mediciones hechas con anterioridad, la corriente máxima no llega a 150 A., por lo que esta relación de transformación es suficiente. El diagrama de conexiones de éstos transformadores al equipo, se muestra en la Figura 4.2

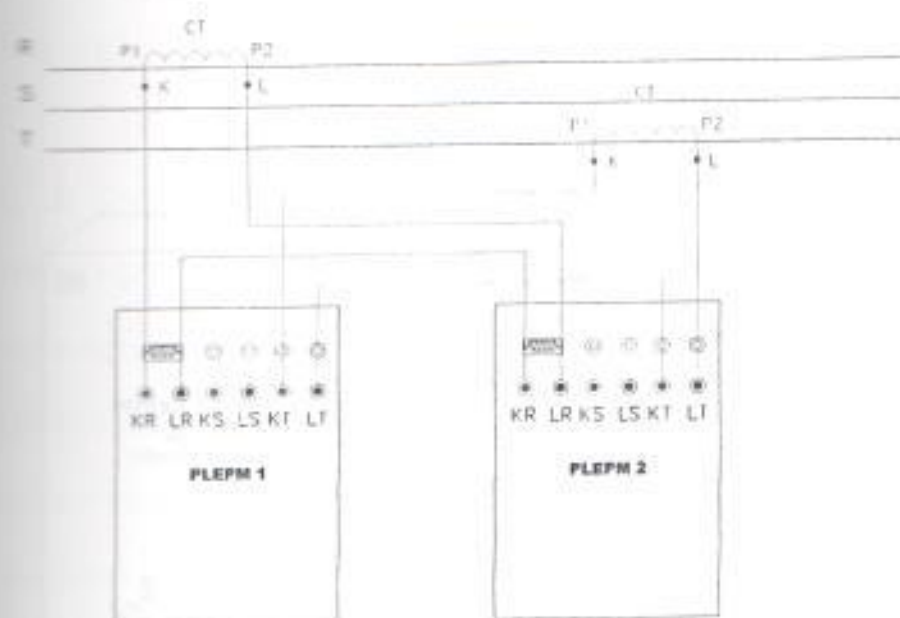


FIGURA 4.2. DIAGRAMA DE CONEXIONES DE LOS TRANSFORMADORES A LOS PLEPM

4.1.4. GE POWER LEADER Modbus Concentrator

Este equipo se encuentra a disposición en el Laboratorio de Automatización Industrial, y se ilustra en la Figura 4.3. Es un elemento base que permite conectar o integrar de 1 a 32 equipos que conformen una red de elementos que trabajen con el protocolo COMMNET, y transformar esta comunicación al protocolo abierto Modbus RTU.

Transformación del

Esta transformación es necesaria porque el software de comunicación con la computadora es el GE32MODBUS; además este protocolo permite el uso de una red de trabajo de hasta 215 elementos incluyendo los que se conectan al concentrador.

Figura 4.3.

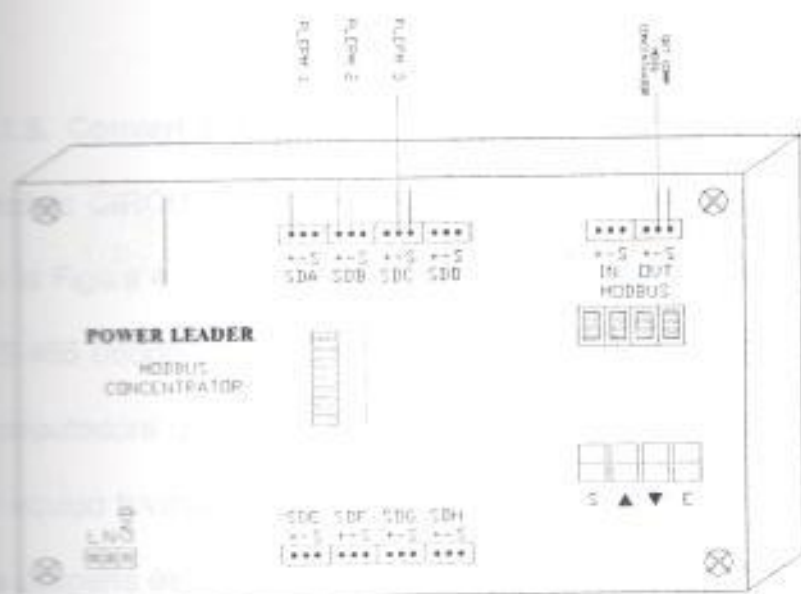


FIGURA 4.3. POWER LEADER CONCENTRATOR

Para configurar la dirección del Concentrador en la red de trabajo Modbus y los equipos que se conectarán al Concentrador es necesario seguir el diagrama de flujo que se muestra en el Anexo I.

A los equipos que se conectan al Concentrador se les asigna la dirección del equipo (registrado en la tarjeta Commnet) menos 247, es decir que si la dirección de la tarjeta Commnet del PLEPM es 400, la dirección del PLEPM para la Red Modbus será 133. La velocidad de trabajo de la red también puede ser configurada en valores que van desde los 1200 Baudios hasta los 19200 Baudios. Guiados por el diagrama de flujo y las especificaciones de trabajo (manuales de usuario) de los equipos, se ha conectado al Concentrador dos PLEPM.

4.1.5. Convertidor 485/232

Modelo CIRCUTOR 232/485 Optoisolated Converter; que se ilustra en la Figura 4.4; es un equipo que realiza la conversión del protocolo RS-485 (modbus) al protocolo RS-232; este es necesario porque la computadora usada tiene puertos de comunicación serial RS-232; si el equipo tuviese instalado una tarjeta de comunicación RS-485, no se ocuparía éste convertidor.

Las ventajas de trabajar con el protocolo RS-485 (Modbus) es que la distancia de monitoreo es mucho más grande que la permitida por el protocolo RS-232.

El voltaje que necesita el modelo que se ha usado es de 220 V. y la velocidad de transmisión de datos puede estar comprendida entre 1200 baudios a 19200 baudios.

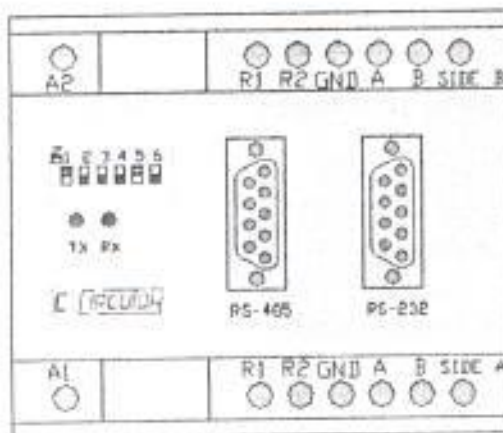


FIGURA 4.4. CONVERTIDOR 485/232

4.1.6. PLC Automata Programable GENERAL ELECTRIC

Serie FANUC Modelo Micro IC693UAL006, se encuentra disponible en el Laboratorio de Automatización Industrial. Este Controlador Lógico Programable es una herramienta básica para la automatización de procesos industriales. Acepta entradas de

switches y sensores, las evalúa y guarda en un programa y genera salidas de control para máquinas, equipos y procesos.

Además poseen una gran variedad de usos dependiendo del modelo. La función del PLC en nuestro proyecto es la de automatizar la apertura y cierre de breakers principales para efectuar una transferencia automática de carga.

El diagrama de entradas y salidas del PLC se muestra en el Anexo J.

4.1.7. Software de Comunicación utilizados.

- **Intouch 7.1.** Sirve para poder simular, en base a entradas y salidas del PLC el proceso programado.
- **LM90 Micro.** Es el software que permite programar el PLC.
- **GEPMCS.** Este software permite habilitar los wizards (iconos que facilitan la simulación), que son utilizados en el Intouch 7.1 y ayudan a visualizar los distintos parámetros medidos en el PLEPM en tiempo real.
- **GE32MODBUS.** Permite comunicar a través del protocolo Modbus la información que envían los PLEPM a través de registros hacia el Intouch.

- **GESNP.** Es el protocolo propietario de General Electric, el cual permite comunicar, leer y escribir la información que tiene el PLC, a través del Intouch.

4.2. Programa en PLC (Autómata programable).

El presente proyecto fue diseñado para el control remoto o manual de una Transferencia Automática, la cual está comprendida por dos breakers principales en un tablero de distribución eléctrica; los mismos que son simulados. Cada uno de ellos se supone son alimentados, uno por la Empresa Eléctrica (EEE) y el otro por el Generador de emergencia (Gen).

El programa que controla la transferencia automática se lo puede apreciar en el Anexo K.

4.2.1. Funcionamiento del programa en PLC.

El programa en PLC funciona de la siguiente manera:

Se tiene un selector de cuatro posiciones, el cual da la posibilidad de elegir entre los cuatro tipos de funcionamiento del sistema:

Posición 0: Sólo Empresa Eléctrica (EEE).

Posición 1: Sólo Generador (G).

Posición 2: Automático Ejercicio sin carga (AESC)

Posición 3: Automático Ejercicio con carga (AECC).

4.2.1.1. Opción de Sólo Empresa Eléctrica (EEE).

Esta opción permite alimentar la carga únicamente por la energía suministrada por la Empresa Eléctrica, manteniendo cerrado el breaker de la EEE si es que existe energía, es decir que si ocurre una falla en la alimentación de la energía o existe un corte de energía eléctrica la carga no va a recibir alimentación por parte del Generador auxiliar, ya que este no va a entrar en servicio porque no se realiza la Transferencia Automática ni el encendido automático del Generador.

Esta opción da la posibilidad de realizar mantenimiento o reparaciones en el Generador sin correr el riesgo de que este se encienda por falta de tensión en la Empresa Eléctrica, impidiendo el funcionamiento del programa de la Transferencia Automática. Esto no va a afectar el control de encendido o apagado del Generador de manera local.

4.2.1.2. Opción de Sólo Generador (G).

Permite alimentar la carga únicamente por medio del Generador, abriendo el breaker de la Empresa Eléctrica y cerrando el breaker del Generador Auxiliar, es decir realiza la Transferencia desde la Empresa Eléctrica al Generador, y aunque se detecte que existe energía suministrada por la Empresa Eléctrica no se va a realizar la re - transferencia del generador al servicio de la EEE, por lo que la alimentación a la carga se la va a realizar exclusivamente con el Generador para que la carga sea alimentada por el mismo hasta que se elija otra opción.

4.2.1.3. Opción de Automático Ejercicio sin Carga (AESC).

Esta es una opción de ejercicio semanal del Generador, la cual permite que el mismo se encuentre en constante funcionamiento.

El Generador se encenderá exactamente 7 días después de haberse energizado por última vez. Pero siempre a la hora registrada para el ejercicio.

Al seleccionar el Ejercicio sin carga se va a encender el Generador a la hora y día establecidos para el ejercicio, sin que este asuma la carga; de ninguna manera se va a realizar la transferencia. El Generador quedará encendido por un tiempo determinado (15 minutos), luego del cual se apagará.

4.2.1.4. Opción de Automático Ejercicio con Carga (AECC).

Esta opción va a permitir encender el Generador a la hora y día establecidos para el ejercicio, a diferencia del ejercicio sin carga, en esta posición del selector si se va a realizar la transferencia, es decir que el generador va a asumir la carga. Después del tiempo establecido para el ejercicio, se realiza la re-transferencia de la carga hacia el breaker de la Empresa Eléctrica, el Generador se apaga un tiempo después.

Estas dos últimas opciones son automáticas (AESC / AECC); en cualquier condición que se encuentre, si se va la Energía Eléctrica, realiza la transferencia encendiendo el Generador.

Todas las opciones pueden ser seleccionadas desde el Tablero de Control o también por medio de un sistema remoto de monitoreo. Cada opción debe ser independiente a la otra,

permitiéndome comandar la transferencia de una manera local, con el tablero; o de una manera remota, con una interface.

Para ello se tiene un **Switch de comando Local o Remoto** para que el operador tenga la opción de escoger entre los dos tipos de control:

Posición 0: Automático Remoto (Computador)

Posición 1: Automático Local (Tablero).

En la **Posición 0** del switch, el comando total del tablero de transferencia es para el operador que se encuentra monitoreando, dándole a este la prioridad en las ordenes de apertura o cerrado de los Breakers, así como de la transferencia.

En la **Posición 1** el mando remoto queda completamente anulado, es decir que si el switch se encuentra en esta posición, el control lo tendrá solo el operador que se encuentra en el panel, de esta manera se evitan posibles conflictos de mandos entre el operador local y el remoto, dándole prioridad al

operador local en todos los aspectos, tanto en la selección de la transferencia como en el comando de los breakers.

De manera local se tiene acceso a la apertura o cerrado de los breakers por medio de cuatro pulsadores, dos para cada breaker. Si el breaker está disparado mediante el pulsador de Abrir, el breaker se re-arma, y luego estará listo para poderlo cerrar. En caso de que la falla aun esté presente (se encuentre disparado) el breaker no podrá cerrarse.

Cada acción, sea de apertura o cierre, envía una señal al PLC y éste envía una respuesta (salida del PLC) al mando motorizado que se encargará de ejecutar la acción.

Por medio de los contactos de señalización, que se envían al PLC como entradas, se puede determinar el estado de los breakers, si se encuentran abiertos, cerrados o si se han disparado debido a una falla de corto circuito.

4.2.1.5. El encendido del Generador.

La bobina que manda a encender el Generador es energizada si sucede uno de los siguientes casos: Si se cumple el día y

hora determinados para realizar el ejercicio, si se ha seleccionado Solo Generador o si existe un voltaje bajo en la EEE, es decir cuando se va la energía suministrada por la Empresa.

Cuando el Generador se enciende para realizar el Ejercicio, y ha llegado al voltaje nominal, éste se mantiene encendido un tiempo determinado que es el tiempo establecido del Ejercicio Automático.

Esto se cumple siempre que no exista bajo voltaje en EEE y que el selector no esté en la posición de Sólo Generador, en estos casos el Generador se mantendrá encendido el tiempo necesario.

Como simulación, un registro recibe los valores de voltaje del Generador auxiliar y los compara con el rango entre 208-250 V, si la comparación es correcta se habilita una bobina que me indica que el generador se encendió y llegó al voltaje necesario. Así mismo otro registro recibirá los valores de voltaje suministrados por la Empresa Eléctrica para poder compararlos con los del generador y realizar la transferencia si es que esta tiene que realizarse.

El programa también controla los intentos de encendido del Generador, (máximo tres intentos). Cada vez que se obtenga la señal para encender el Generador y este no se encendió en un tiempo máximo de cinco segundos (para simulación), se energiza una bobina, la cual habilita un contador, el cual me registra el número de intentos para encender el generador. Cabe recalcar que en la actualidad todos los generadores cuentan con estos dispositivos.

Si los intentos han llegado al número de tres, una bobina es energizada para que mantenga habilitada la salida que enciende el Generador, así el relé temporizado externo que enciende el generador se va a mantener con energía, y sus contactos (NC) abiertos evitando prender el generador.

4.2.2. Funcionamiento de la Transferencia Automática

Esta se habilita cuando el selector está en Ejercicio con carga, Sólo Generador (sin que se efectúe la re-transferencia) o si no hay energía en la EEE (bajo voltaje) y que esté seleccionado cualquiera de los dos

tipos de ejercicios, con o sin carga; también tomamos en cuenta que el voltaje del Generador esté correcto.

Cuando la transferencia está habilitada, se procede a la apertura del breaker de la EEE y luego al cierre del Breaker del Generador; La transferencia se la realizará siempre y cuando ninguno de los dos Breakers presente falla por disparo. La re-transferencia efectúa el mismo procedimiento pero en sentido contrario y cuando se cumplan las condiciones necesarias. En ningún caso podrán estar cerrados ambos breakers a la vez, ya que existen enclavamientos mecánicos y eléctricos (dentro del programa en PLC).

4.2.3. El control del Ejercicio Automático.

Si se tiene el selector en la posición de Ejercicio sin carga o con carga (AESC, AECC) se habilita un registro que captura el tiempo real del PLC. Estos valores serán comparados con el tiempo establecido para el Ejercicio.

Por otro lado, un registro adquiere el valor del día en que se ha encendido el Generador, sea éste por Ejercicio Automático o por falta de la energía proporcionada por la EEE.

Para evitar encender el Generador dos veces el mismo día, se deshabilita el desarrollo del Ejercicio si es que éste todavía no se ha realizado y ya ocurrió una falla en la alimentación de la EEE. Si el Ejercicio ya se realizó y se va la Energía de EEE la transferencia se efectúa.

4.2.4. La simulación del control de sobrecarga o cortocircuito para ambos breakers.

Un registro recibe los valores de la corriente, y una bobina se energiza si la corriente se mantiene por un tiempo determinado entre el rango de 1200 y 1250 Amp., que indica que ha existido una sobrecarga.

Quando la corriente pasa los 1250 Amp., una bobina indicará corriente elevada por cortocircuito; en ambos casos cualquiera de estas dos señales mencionadas, dispararán el breaker, el cual no se podrá cerrar hasta que el breaker no sea abierto. Suponiendo con esto que se ha detectado la falla y que esta estará disipada para poder cerrar otra vez el breaker.

4.3. Datos obtenidos del PLEPM

El monitoreo de las señales de Voltaje y Corriente para la Empresa Eléctrica y el Generador, fueron tomadas por medio de los medidores POWER LEADER EPM.

Los datos de cada PLEPM son recolectados por medio de las tarjetas Camnet de los PLEPM al Concentrador Modbus; el cual los transmite al Intouch (Computador) utilizando el protocolo GE32MODBUS.

Para enviarle los datos capturados al PLC, se utiliza su puerto principal por medio del protocolo GESNP, ya que el mismo no acepta otro tipo de protocolo de comunicación y el puerto secundario del PLC no acepta el ingreso de datos (sólo es para lectura) en cualquiera de los dos protocolos (GESNP o MODBUS).

La interfase gráfica que proporciona el Intouch 7.1 va a ser la encargada de trabajar con estos dos tipos de protocolos de comunicación al mismo tiempo.

Capítulo 5

5. PROGRAMA EN INTOCUH.

5.1.1. Pantalla

Una vez diseñada la simulación de la transferencia automática utilizando un programa en el PLC, se realizó la interface gráfica por medio del programa Intouch, lo cual permitió simular ciertos parámetros establecidos en el presente trabajo.

5.1.2. Control de la

5.1.3. Scrip.

El programa presenta una pantalla de programación que permite establecer condiciones para simulación y control.

5.1.4. Simulación de

El programa desarrollado en el Intouch y que ayuda a simular las fallas se encuentra en el Anexo L.

5.1.5. Simulación de

5.2. Manual de Usuario

El programa de Visualización de la Transferencia Automática fue desarrollado en el Software Intouch, versión 7.1, el cual facilita el control y la interacción entre el PLC (quien gobierna la transferencia), los elementos que intervienen en la transferencia (brakers, medidores y demás elementos) y el usuario o controlador de la misma. El desarrollo de las pantallas de visualización fue creado para que sea amigable al usuario.

5.2.1. Pantalla Principal

La pantalla principal (Figura 5.1) representa el diagrama unifilar de la transferencia automática; en ella se puede apreciar tanto las líneas de alimentación de la Empresa Eléctrica como las del Generador Auxiliar. Además permite acceder a las demás pantallas diseñadas para el control de la transferencia y la visualización de los datos que capturan los medidores PLEPM. Indica las posibles fallas, tanto de energía como de comunicación con los diferentes elementos que controlan la transferencia, también indica la prioridad en el control, ya sea por el operario local o el operario remoto.

Como el programa de la transferencia que se encuentra en el PLC incluye la simulación de fallas, tanto de voltaje como de corriente, el

programa en Intouch complementa esta simulación por medio de valores que se le envían al PLC y que son tomados del PLEPM. Intouch simula la caída de voltaje, sobrecorriente y cortocircuito en los breakers por medio de una pantalla que inicia dicha simulación.

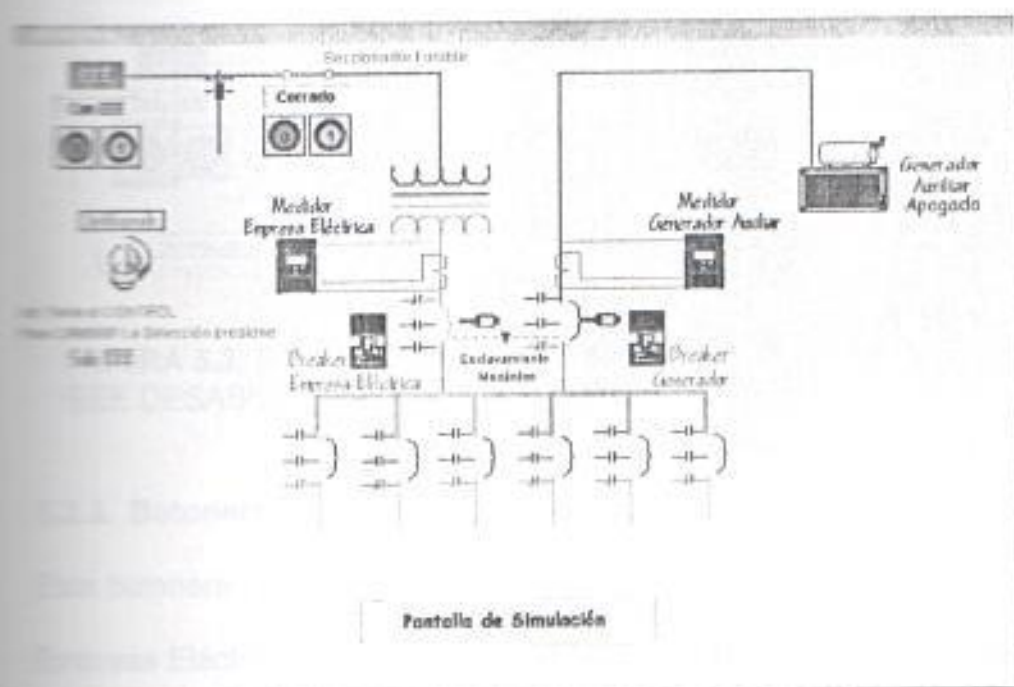


FIGURA 5.1. PANTALLA PRINCIPAL

5.2.2. Botonera Empresa Eléctrica

Esta botonera permite simular que existe el suministro correcto de voltaje por parte de la Empresa Eléctrica.

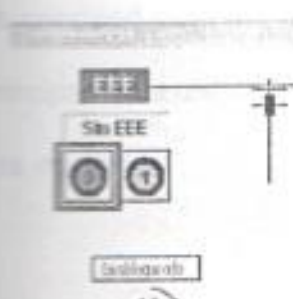


FIGURA 5.2. BOTONERA EEE DESHABILITADA

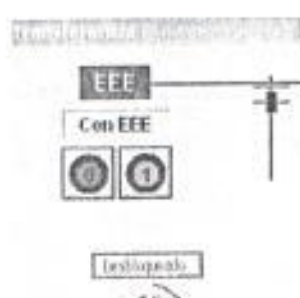


FIGURA 5.3. BOTONERA EEE HABILITADA

5.2.3. Botonera de fusible de alta tensión

Esta botonera permite simular que existe conexión al suministro de la Empresa Eléctrica por medio del fusible de alta tensión, es decir que si se abre físicamente el fusible no existirá energía para alimentar la carga.

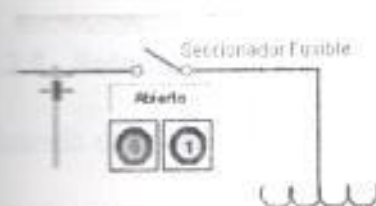


FIGURA 5.4. BOTONERA DE FUSIBLE A.T. DESHABILITADA

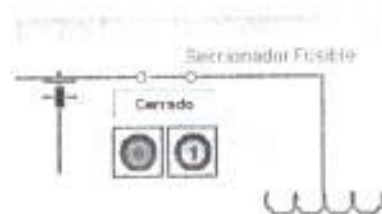


FIGURA 5.5. BOTONERA DE FUSIBLE A.T. HABILITADA

5.2.4. Señales de comunicación y prioridades

Las señales de comunicación informan acerca del estado de la comunicación entre el programa Intouch y el PLC, por medio de la variable Status.

La prioridad para el operador remoto o local se visualiza en la pantalla principal a través de un swich que simboliza el bloqueo de uno de los dos operarios.

5.2.4.1. Transferencia



FIGURA 5.6. CONTROL REMOTO



FIGURA 5.7. CONTROL LOCAL



FIGURA 5.8. SEÑAL DE COMUNICACIÓN

5.2.5. Selector de estado de la transferencia

Cuando el operador remoto tiene el control aparece en la pantalla el estado actual de la transferencia (sólo EEE, sólo Gen, Ejercicio)

automático con o sin carga) y también la posibilidad de cambiar el estado en el que se encuentra.

Regresar a la

transformador

En esta pantalla

se puede seleccionar

estado de los



FIGURA 5.9. SELECTOR DE ESTADO

5.2.6. Transformador

La pantalla principal permite ver una ampliación (Figura 5.10) de la conexión del transformador de 13800 / 240-120V, así como también los voltajes que se registran en ese momento en el PLEPM.

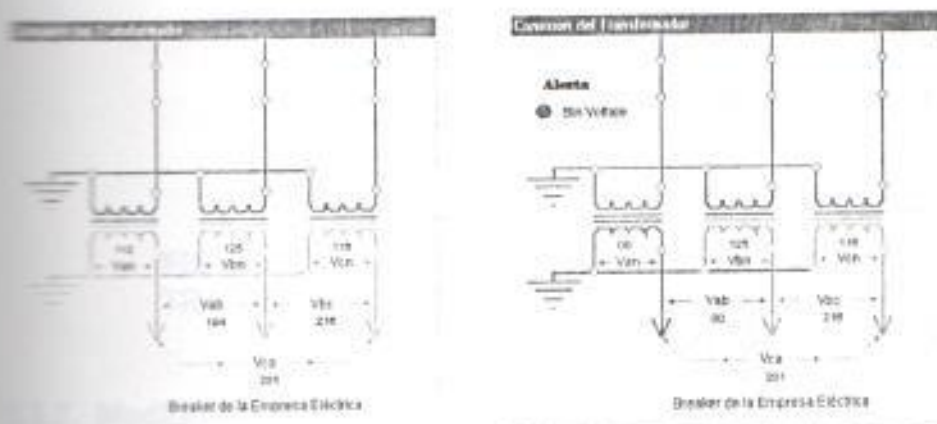


FIGURA 5.10. DIAGRAMA DE CONEXIONES TRANSFORMADORES

En esta pantalla

Para acceder a esta pantalla sólo es necesario presionar sobre el dibujo del Transformador en el diagrama unifilar (Figura 5.1); para regresar a la pantalla principal, hay que presionar sobre el dibujo del transformador de la nueva pantalla.

En esta pantalla se alerta al usuario de fallas en el suministro de la energía eléctrica y de las simulaciones que se estén desarrollando si se da el caso.

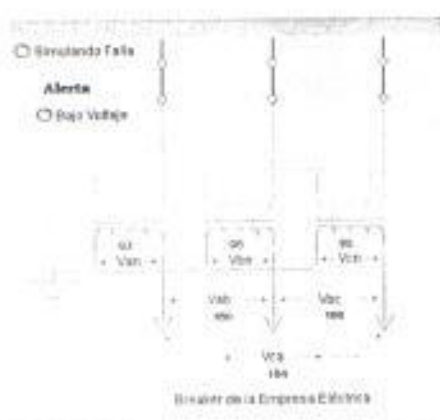


FIGURA 5.11. DIAGRAMA DE CONEXIONES DE TRANSFORMADORES CON ALERTA

5.2.7. Medidores PLEPM.

Los medidores PLEPM están representados, en el diagrama unifilar, por iconos (Figura 5.12) que dan un acceso directo a una ampliación

del mismo, en el cual se pueden ver los datos como si se los estuviera viendo físicamente en el equipo.

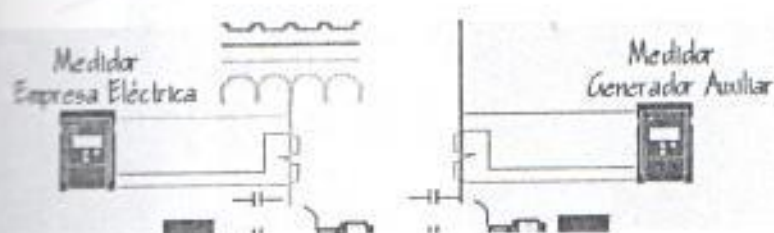


FIGURA 5.12. DIAGRAMA DE MEDIDORES PLEMP

La ampliación posee diferentes propiedades (Figuras 5.13 - 5.14) las cuales son:

5.13. Tabular

- Acceso a los gráficos de las tendencias que registra cada equipo.
- Visualización de la ampliación del equipo PLEPM que no se solicitó.
- Acceso a la visualización completa de los datos que registra cada equipo (Tabular).

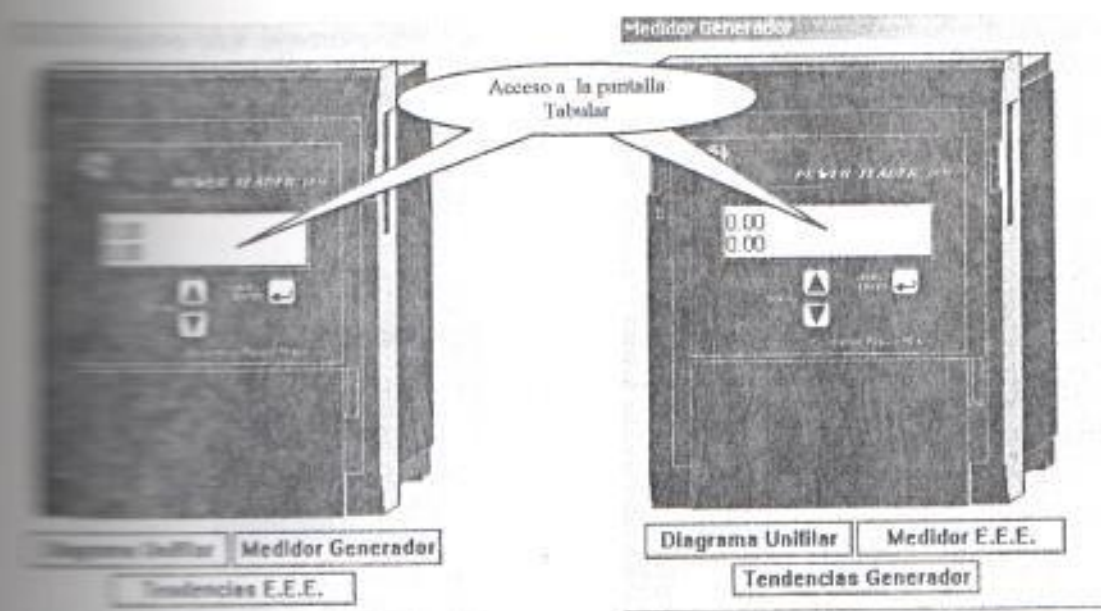


FIGURA 5.13. PLEPM EEE

FIGURA 5.14. PLEPM GENERADOR

5.2.3. Tabular

En esta pantalla (Figura 5.15) se pueden observar todas las propiedades que posee el equipo PLEPM, donde se incluyen los comandos que permiten resetear el equipo y los errores que éste pueda tener.

También se puede ver la configuración de los transformadores de potencial y los transformadores de corriente a los cuales va a estar conectado el PLEPM.

En el tabular se aprecian características propias de cada medidor como por ejemplo los valores máximos y mínimos que cada uno ha registrado durante el periodo que ha permanecido conectado y su dirección en la red.

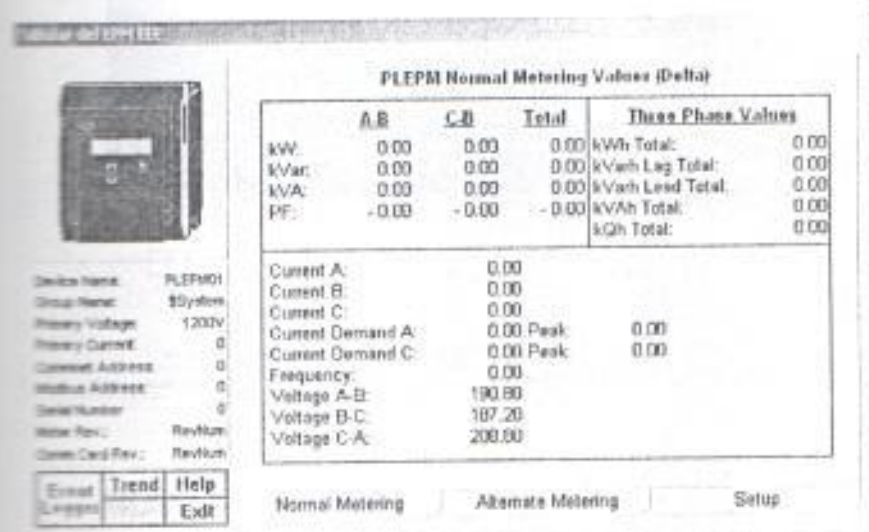


FIGURA 5.15. PANTALLA TABULAR

5.2.9. Tendencias

Esta Pantalla enseña gráficamente los valores de voltaje, de corriente y de factor de potencia que el equipo PLEPM ha registrado a lo largo del tiempo que se encuentra conectado (Figura 5.16).

Los datos que Intouch utiliza para graficar las tendencias se almacenan en archivos propios de este software, por lo que es

necesario tener respaldos continuos de la información a medida que el disco duro de la computadora se llena.

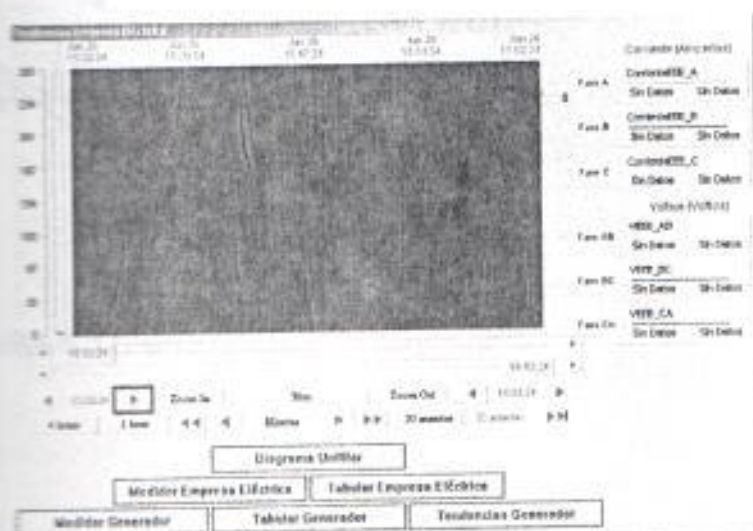


FIGURA 5.16. PANTALLA DE TENDENCIAS

5.2.10. Breakers principales

Los breakers principales (a través de los cuales se va a realizar la transferencia), están representados en el diagrama unifilar, por iconos (Figura 5.17) que permiten un acceso directo a la ampliación y control de los mismos.

En dicha ampliación (Figura 5.18) se puede ver la posición del breaker y las botoneras de apertura y cierre del mismo.

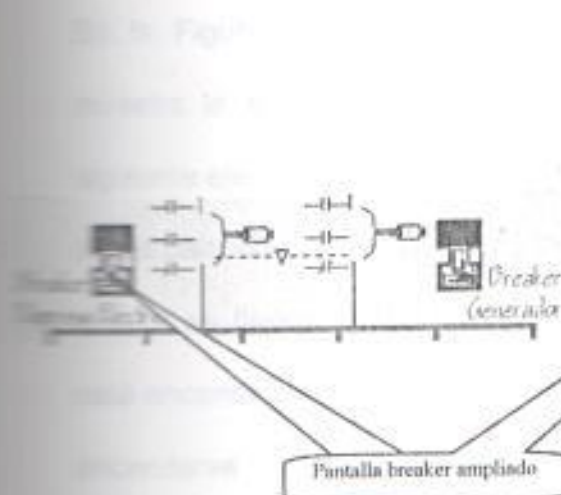


FIGURA 5.17. BREAKERS

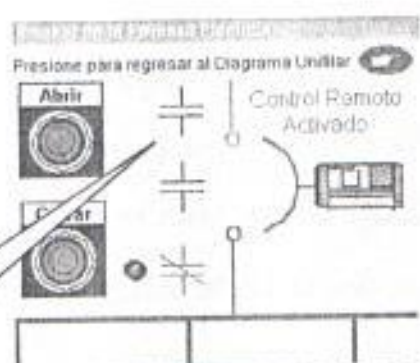


FIGURA 5.18. PANTALLA DE SIMULACIÓN DE BREAKER.

5.2.11. Generador auxiliar

En la pantalla principal (Figura 5.1) tenemos acceso a la ventana que muestra el Generador Auxiliar y su estado (Figura 5.20). Al presionar el icono del Generador (Figura 5.19) aparece dicha ventana.



FIGURA 5.19. ICONO DEL GENERADOR AUXILIAR

En la Figura 5.20 se muestra el estado del Generador, también muestra la fecha actual y la fecha en la cual se va a realizar el siguiente ejercicio, las cuales están claramente ilustradas con la ayuda de un calendario que nos muestra el año, el día y el mes. En la parte inferior se tienen cuatro señales las cuales indican si el Generador está encendido, el número de intentos que realizó el Generador para encenderse y la posición en la cual se encuentra el selector, ya sea solo Generador o Ejercicio automático.

Por medio de esta pantalla también tenemos acceso a la visualización de la pantalla del medidor PLEPM del Generador o a las tendencias que corresponden también al Generador.

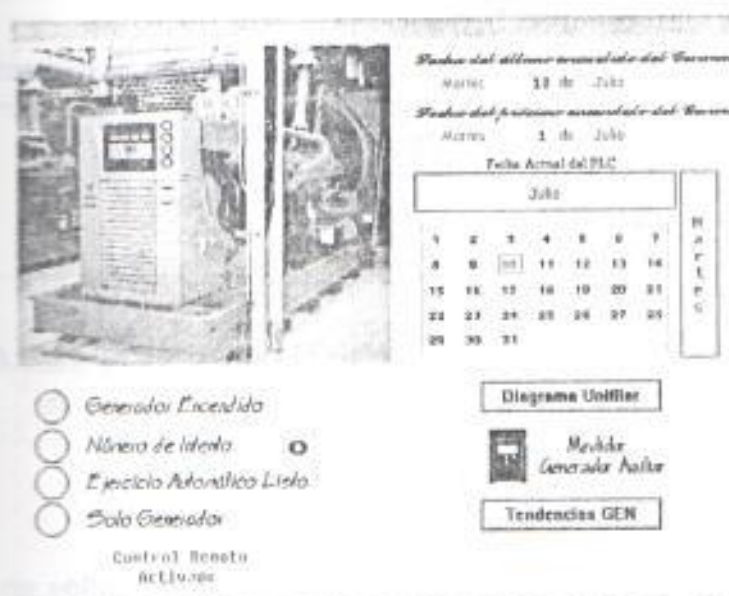


FIGURA 5.20. PANTALLA DE CONTROL DEL GENERADOR

5.2.12. Pantalla de simulación

El programa en Intouch también permite simular fallas en el sistema, las cuales pueden ser: falla de voltaje en la Empresa Eléctrica, sobrecarga y cortocircuito en la barra principal.

La simulación de estas fallas se realizan por medio de una pantalla adicional de simulación (Figura 5.22) la cual aparece en la pantalla principal según se muestra en la Figura 5.21.

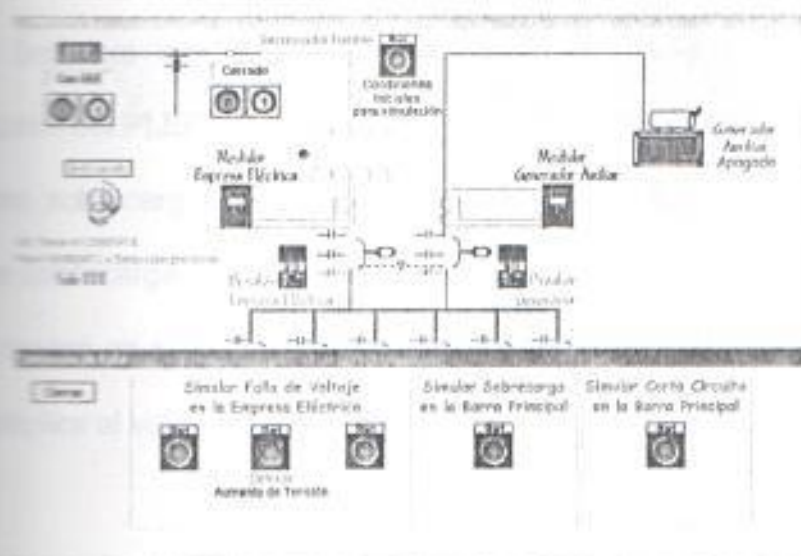


FIGURA 5.21. PANTALLA DE BOTONES PARA SIMULACION

La falla de voltaje simula una caída de tensión en las líneas de alta tensión, la pantalla tiene una botonera que permite detener la caída de

tensión y otra que permite regresar a los valores reales, es decir los datos que está registrando el PLEPM.



FIGURA 5.22. BOTONES PARA SIMULACIÓN

La botonera que simula la sobrecorriente, eleva la corriente que registra del PLEPM hasta llegar a la corriente que el breaker la tomaría como sobrecarga, luego el PLC simula que el breaker se dispara por una sobrecarga. La simulación de sobrecorriente en la barra principal se realizó en el programa de Intouch, siendo este sólo un número que multiplica al valor real por medio de una función coseno.

La botonera de corto circuito directamente le asigna un valor muy elevado de corriente a los registros del PLC, para que éste simule que el breaker se disparó por cortocircuito.

5.3. Funcionamiento

Como se ha mencionado, el programa en Intouch simula una transferencia automática, la cual se puede poner a funcionar con cualquiera de las opciones que permite escoger el selector. Cuando el selector está en la posición de sólo EEE, el breaker de la EEE deberá estar cerrado.

Si se requiere ir de la posición sólo EEE a la de sólo Generador primero se deberá abrir el breaker de la Empresa Eléctrica, y luego cambiar de posición a sólo Generador. En esta posición se podrá cerrar el breaker del Generador. En el caso contrario si se desea ir de sólo Generador a sólo EEE, se tendrá que hacer el mismo proceso, primero abrir el breaker del Generador, luego cambiar el selector de posición y por último cerrar el breaker de la EEE.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el banco de transformadores que alimenta los **Laboratorios de Ingeniería Eléctrica y Fepol**, se puede observar que tiene un consumo máximo de 42 KVA, como se menciona en el análisis hecho en el capítulo 2, lo que representa un 18% de su capacidad total, ya que el Banco es de 225 KVA, y como promedio su carga es de 8 KVA, que equivale a un 3.5% de su capacidad total.

El banco de transformadores que alimenta el edificio del **Rectorado** registró una demanda máxima de 258 KVA, lo que corresponde a un 34% de la potencia total del banco, que es de 750 KVA, y como promedio 72 KVA, lo que representa un 9.6% de su capacidad total.

En el banco que alimenta la carga en **Mantenimiento** se registró una demanda máxima de 27 KVA, lo que equivale a un 18% de la potencia total del banco que es de 150 KVA.; y como promedio 7 KVA, lo que representa un 4.6% de su capacidad nominal.

En el banco de transformadores que posee la carga de **Tecnología de Alimentos** se registró un consumo máximo de 52 KVA, lo que representa un 35% de su capacidad total, ya que el Banco es de 150 KVA.; como promedio la carga es de 16 KVA, que equivale a un 10% de su capacidad total. Con estos datos se puede ver que el banco de transformadores trabaja a menos del 40% de su capacidad, existiendo un 65% sin usar, lo que representa 98 KVA.

El banco de alimenta los **Laboratorios de Ingeniería Marítima** se registró una demanda máxima de 33.68 KVA. que corresponde a un 15% de la potencia total del banco que es de 225 KVA. y como promedio 12 KVA. que equivale al 5.3%.

Como se puede ver, uno de los bancos registra porcentajes de consumo máximo muy por debajo de su capacidad nominal, lo que permite concluir que los bancos se encuentran sobredimensionados. Es decir que no se está aprovechando su capacidad total y que esto trae como consecuencia pérdidas causadas por el reactivo del transformador cuando más de la mitad de su capacidad no es usada. Incluso como se menciona en el análisis de las curvas en alta tensión, sólo se utiliza el 6.6% de la capacidad total instalada de los bancos de transformadores, por lo que la primera acción que se podría tomar es la de redistribuir la carga, de tal manera que se eliminen bancos de

transformadores, y así disminuir las pérdidas. Al pasar la carga de un banco
se logra a mejorar también el factor de potencia.

En el caso del banco de transformadores de los Laboratorios de Ingeniería
Eléctrica y Fepol, donde el consumo total del banco es muy bajo, se podría
reemplazar éste banco por uno de menor capacidad, que podría ser de 45
KVA, que del consumo máximo actual representaría un 93% y del promedio

De acuerdo a la demanda máxima encontrada en el banco de
transformadores del Rectorado, se puede concluir que es suficiente un banco
con una capacidad de 3 x 150 KVA. (450 KVA), ya que las proyecciones de
crecimiento de su carga no deben ser muy grandes; además se tendría una
reserva del 40% que es mayor a la recomendada.

Para el banco de transformadores de Mantenimiento debió ser suficiente
colocar un banco con una capacidad de 3 x 15 KVA. (45 KVA) lo que dejaría
una reserva del 40%, pero debido a que dicha capacidad podría llegar a ser
insuficiente, la mejor opción sería colocar un banco de 3 x 37.5 KVA. (112.5
KVA) ya que las proyecciones de crecimiento de su carga pueden llegar a
ser muy grandes debido a que este banco presta servicio al departamento de
mantenimiento de la Escuela Superior Politécnica y la utilización de equipos

esta demanda de corriente podría aumentar. Al colocar este banco se
tiene una reserva del 70% que es mucho mayor a la que recomiendan las
normas.

Respecto a un análisis de la capacidad máxima usada por la carga conectada
a bancos de transformadores de Tecnología de Alimentos, se determinó que
debería tener una capacidad de 112.5 KVA. (3 x 37.5 KVA.), con lo cual
se estaría usando un 50% de su capacidad total.

De acuerdo a la demanda máxima registrada en el banco que alimenta a los
laboratorios de la Facultad de Ingeniería Marítima, debió ser suficiente
colocar un banco con una capacidad de 3 x 15 KVA. (45 KVA) lo que dejaría
una reserva del 30%.

Reducir la capacidad de los bancos de transformadores se podría lograr
con la disminución en las pérdidas causadas por el reactivo del transformador.

La combinación de los análisis, en Alta y Baja Tensión, dan como resultado
que el Factor de Potencia es muy bajo, por lo que se deben tomar medidas
adecuadas para evitar multas elevadas.

Como se ha mencionado en los análisis, existe una disminución del factor de potencia cuando la carga es menor, en algunos casos el factor de potencia promedio es de 0.5. Por el contrario cuando existe un aumento de la carga, se observa que el factor de potencia promedio es de 0.9, que es bastante bueno. Lo que da como conclusión que cuando la carga disminuye, el factor de potencia se ve afectado por el transformador (inductivo del transformador).

Esta disminución del factor de potencia cuando existe menor carga, es lo que da un promedio un factor de potencia bajo, a pesar de que cuando existe un consumo normal de carga, como en los días y horas de trabajo, el valor del factor de potencia rodea el valor de 1.

El factor de potencia en el banco de transformadores de Mantenimiento no es muy bajo aún estando dentro de las horas de poca demanda, lo que no necesariamente indica que este sea bueno, ya que como se menciona en el análisis realizado para dicho banco, se conectaron mal dos transformadores consecutivamente, lo que hace a los datos de factor de potencia no confiables para el análisis en éste caso.

Se recomienda para mejorar el factor de potencia colocar un banco fijo de capacitores en baja tensión que corresponda máximo al 5% de la capacidad

del banco de transformadores, debido a que con un porcentaje mayor se
contraigular la capacitancia del banco de condensadores con la inductancia
del banco de transformadores, lo que ocasionaría un estado de resonancia.

En continuación se adjunta una tabla con los bancos de capacitores que se
recomiendan conectar en Baja Tensión A 208 v. (5% de la capacidad nominal
de los Bancos de Transformadores).

TABLA XXVIII

Banco	Capacidad del Banco	Banco de Capacitores (a 208 V.)
Laboratorios de Ingeniería Marítima	3 x 75 KVA	11.25 KVAR
Tecnología de Alimentos	3 x 50 KVA	7.5 KVAR
Mantenimiento	3 x 50 KVA	7.5 KVAR
Laboratorios de Ingeniería Eléctrica y Fepol	3 x 75 KVA	11.25 KVAR
Rectorado	3 x 250 KVA	37.5 KVAR

En el caso de que no existan bancos de capacitores a este voltaje (208 v.),
se deberá hacer la respectiva corrección.

Cuando el factor de potencia presenta valores de -1 es debido a un exceso de carga capacitiva, pero ésta es muy pequeña ya que el valor de -1 en realidad representa una carga resistiva con una pequeña carga capacitiva. Esto se debe seguramente a las características de los equipos que se encuentran conectados a los bancos y del medidor. Así mismo las variaciones en la corriente pueden ser debido a luces que se intentan encender, produciendo en su arranque mayor consumo de corriente.

Durante el análisis del banco de transformadores del Rectorado no se mencionó que el día 10/05/00 se observó un pico de voltaje en los primeros minutos, esto es producto del transiente que detecta el equipo al conectar las líneas al mismo. Este fenómeno no se presenta en los otros bancos de transformadores porque primero se conectaban las líneas del transformador y luego se energizaba el equipo.

También se recomienda balancear mejor las cargas para evitar que se presenten valores cero de corriente en cualquiera de las fases y sacar un mejor provecho a los tres transformadores en lo que se refiere a su factor de utilización. Si se balancea mejor la carga, se eliminarían muchos problemas que se presentan con el factor de potencia y además la carga resistiva que se encuentra en algunos bancos cargada a una sola fase, mejoraría el factor de potencia en las otras fases.

Cuando el factor de potencia presenta valores de -1 es debido a un exceso de carga capacitiva, pero ésta es muy pequeña ya que el valor de -1 en realidad representa una carga resistiva con una pequeña carga capacitiva. Esto se debe seguramente a las características de los equipos que se encuentran conectados a los bancos y del medidor. Así mismo las variaciones en la corriente pueden ser debido a luces que se intentan encender, produciendo en su arranque mayor consumo de corriente.

Cuando el análisis del banco de transformadores del Rectorado no se mencionó que el día 10/05/00 se observó un pico de voltaje en los primeros minutos, esto es producto del transiente que detecta el equipo al conectar las líneas al mismo. Este fenómeno no se presenta en los otros bancos de transformadores porque primero se conectaban las líneas del transformador y luego se energizaba el equipo.

También se recomienda balancear mejor las cargas para evitar que se presenten valores cero de corriente en cualquiera de las fases y sacar un mejor provecho a los tres transformadores en lo que se refiere a su factor de utilización. Si se balancea mejor la carga, se eliminarían muchos problemas que se presentan con el factor de potencia y además la carga resistiva que se encuentra en algunos bancos cargada a una sola fase, mejoraría el factor de potencia en las otras fases.

Se observó que el espacio considerado para el cuarto de transformadores no está suficientemente ventilado, y además faltaba iluminación. Debido a que puede aumentar el espacio del cuarto, se podría mejorar la ventilación y la iluminación, se recomienda una revisión del ajuste de los cables en los terminales de los breakers para evitar la vibración, ya que una mala conexión ocasiona el sobrecalentamiento de los bornes y provocar una falla en el aislamiento y consecuente daño del breaker. En ningún Banco de transformadores existe la señalización debida que alerte del peligro de alto voltaje en su ingreso. En el Banco de los laboratorios de Marítima no existe malla de protección y en el Banco de transformadores de Laboratorios de Ingeniería Eléctrica y Fepol no se tiene suficiente espacio entre la malla de protección y los transformadores.

Una observación especial merece el banco de transformadores ubicado en el retiro, ya que no posee seguridades en su acceso, que lo hace peligroso porque tiene libre entrada a cualquier persona.

Es necesario hacer limpiezas frecuentes a los cuartos de transformadores ya que cuando conectamos los equipos notamos la presencia no sólo de polvo y basura, sino también de murciélagos y sus desechos.

La falta de cuidado y de mantenimiento de los bancos de transformadores reduce su vida útil, y por lo que hemos observado en el momento de colocar los equipos de mediciones existía aceite derramado de los transformadores. Esto puede ser debido a que en el último mantenimiento no fueron ajustadas correctamente las tapas o los empaques están viejos o mal puestos.

Una buena iluminación es imprescindible para las personas que quieran hacer mantenimiento o un chequeo general en los transformadores.

En el Anexo M, se muestran fotografías de los bancos de transformadores que fueron objeto de análisis en el presente trabajo.

Para ilustrar la carga instalada en el Campus Gustavo Galindo se dibujó el diagrama unifilar de la carga instalada en el mismo, el cual se lo adjunta en el Anexo N; en este anexo también se ilustra el diagrama unifilar de los Bancos de Transformadores sujetos al análisis.

BIBLIOGRAFÍA

1. Circuitos Periférico Memoria CVM-M. Manual del usuario.
2. General Electric, GE Fanuc Automation, Series 90-30/20 Micro. Programmable Control. Reference Manual (GFK-0467K),1998
3. General Electric, Material de Distribución Industrial. Manual del usuario.
4. General Electric, Power Leader Management Control System. Modbus Concentrator Protocol reference,1997,pp. 15-19,31
5. General Electric, Power Leader Modbus Cocentrator (GEH-6491),1996
6. General Electric, Power Leader. Electronic Power Meter 50/60 Hz with Communications Options (GEH-6302D),1996