



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
SEDE LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO  
DE EMERGENCIA DE LA ESPE– SANGOLQUÍ HORIZONTE  
15 AÑOS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**JOSÉ ROBERTO NIETO MEZA.  
STALIN MAURICIO SANTOS CUEVA.**

**Latacunga, Abril del 2012.**

## **CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por los señores José Roberto Nieto Meza con el Número de Cédula: 1803232022 y Stalin Mauricio Santos Cueva con el Número de Cédula: 1804331591, como requisito parcial para la obtención del título de Ingenieros Electromecánicos, bajo nuestra supervisión, cumpliendo con normas estatutarias establecidas por la ESPE en el reglamento de estudiantes de la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.

---

Ing. Pablo Mena  
DIRECTOR DE PROYECTO

---

Ing. Ibeth Delgado  
CODIRECTOR DE PROYECTO

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**  
**CERTIFICADO**

ING. PABLO MENA (DIRECTOR)  
ING. IBETH DELGADO (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado “Rediseño y Optimización del Sistema Eléctrico de Emergencia de la ESPE– Sangolquí Horizonte 15 Años”, realizado por Nieto Meza José Roberto y Santos Cueva Stalin Mauricio, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan a los señores: Nieto Meza José Roberto y Santos Cueva Stalin Mauricio que lo entreguen al Ing. Wilson Sánchez O., en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, Abril del 2012.

.....

Ing. Pablo Mena  
**DIRECTOR**

.....

Ing. Ibeth Delgado  
**CODIRECTOR**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, Nieto Meza José Roberto  
y Santos Cueva Stalin Mauricio.

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “Rediseño y Optimización del Sistema Eléctrico de Emergencia de la ESPE – Sangolquí Horizonte 15 Años”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Abril del 2012.

.....  
José Roberto Nieto Meza

.....  
Stalin Mauricio Santos Cueva.

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORIZACIÓN**

Nosotros, Nieto Meza José Roberto  
y Santos Cueva Stalin Mauricio.

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA DE LA ESPE– SANGOLQUÍ HORIZONTE 15 AÑOS”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Abril del 2012.

.....

José Roberto Nieto Meza

.....

Stalin Mauricio Santos Cueva.

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios Padre por brindarme la oportunidad de estudiar y finalizar una carrera Universitaria, a mis padres Pedro y Elvira por su apoyo y esfuerzo incondicional, sin el cual hubiera sido imposible alcanzar mis metas, a toda mi familia por estar siempre conmigo, a mis maestros por la enseñanza impartida en los años universitarios en especial al Ing. Pablo Mena, a mis compañeros y amigos con los cuales siempre pude contar en mis bueno y malos momentos.*

*Mauricio Santos*

*Agradezco primero a Dios por brindarme todas las bendiciones que he recibido, a mis padres Roberto y Sonnia que gracias a su esfuerzo y cariño he logrado culminar mi carrera universitaria, a mi hermana Paola y su esposo Patricio que con su apoyo he seguido adelante, a mi sobrina Martina que ha sido el amor de mi vida, ha dado alegría a mi corazón y a mi alma, a mi Director y Codirector que con sus guías y conocimiento hemos podido culminar este documento.*

*Roberto Nieto*

## DEDICATORIA

*Dedicado a mis queridos padres Pedro y Elvira, por darme siempre las fuerzas y el cariño para seguir adelante, a mis hermanos Wellington y Romina por impartirme ánimo cuando más lo necesité, a mis tíos en especial a mi tía Gloria Santos quien ha sido una de las personas más importantes en mi vida.*

*Mauricio Santos*

*Dedico a mis padres Roberto y Sonia, por siempre estar a mi lado en todo momento, a mi hermana Paola y su esposo Patricio por apoyarme siempre, y en especial a mi sobrina Martina que ha sido la que siempre me ha dado fuerza y alegría en cada instante de mi vida.*

*Roberto Nieto*

# ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>2</b>

## **CAPÍTULO 1            3**

<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>3</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	4
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.3 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4 ALCANCE.....	6

## **CAPÍTULO 2            8**

<b>FUNDAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
2.1 DEFINICIONES.....	8
2.1.1 DEFINICIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA .....	8
2.1.2 DEFINICIÓN DE REDISEÑO .....	8
2.1.3 DEFINICIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE EMERGENCIA.....	9
2.2 FUNCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE EMERGENCIA.....	9
2.2.1 NECESIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA.....	9
2.3 TIPOS DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE EMERGENCIA. ....	10
2.3.1 GRUPOS ELECTRÓGENOS. ....	11
2.3.1.1 Tipos de Grupos Electrógénos.....	11
a. Generadores de reserva permanentes.....	12
2.3.1.2 Clasificación De Grupos Electrógénos según su Operación. ...	12
a. Los grupos electrógénos semiautomáticos:.....	12



b. Los grupos electrógenos Automáticos (ATS): Automatic Transfer Switch. ....	13
c. Los grupos electrógenos Automáticos para (Sincronía / Peakshaving): .....	13
2.3.1.3 Protecciones en un Grupo Electrónico.....	13
a. Protección al Motor. ....	13
i. Relé Sobrevelocidad (12) - Embalamiento.....	14
ii. Dispositivo de Control de Temperatura (23).....	14
iii. Relé de Presión, Nivel o Circulación de líquido - gas (63).....	14
b. Protecciones al Generador.....	15
i. Relé de Sobreintensidad (Instantáneo - Temporizado) (50/51). 15	
ii. Relé de Equilibrio de Tensión o Corriente (60). ....	15
iii. Dispositivo para Cortocircuito o de Puesta a Tierra (57). ....	15
iv. Relé de Distancia (21). ....	15
v. Relé de Campo (40). ....	16
vi. Sobrevoltaje (59). ....	16
vii. Frecuencia (UFR relé de baja frecuencia) (81). ....	16
2.3.1.4 Factores que Intervienen en un Grupo Electrónico. ....	16
a. Variaciones de carga en función al tiempo. ....	17
b. Generador en función del rendimiento del motor. ....	17
c. Características de Operación de los equipos. ....	18
i. Carga de arranque del motor. ....	18
2.3.1.5 Tiempos de Funcionamiento de los Grupos Electrónicos en el Sistema de Transferencia Automática. ....	19
2.3.2 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR PARTE DE LA EMPRESA ELÉCTRICA. ....	20
2.3.2.1 Situación Actual de las Subestaciones que intervienen en el Sistema de Emergencia Eléctrica. ....	21
a. Subestación N° 27 SAN RAFAEL (23kV) .....	21
b. Subestación N° 26 ALANGASÍ (23kV) .....	22
2.3.2.2 Protecciones a las Líneas Suministradoras de Energía. ....	22
a. Switch de Línea – Seccionador (89).....	22
b. Relé Sincronizador o comprobador de Sincronismo (25).....	23
c. Relé de Recierre (79). ....	23
d. Relé de mínima tensión (27). ....	23
2.3.2.3 Mantenimiento de las Protecciones. ....	24
a. Mantenimiento Mínimo. ....	24

b. Mantenimiento Preventivo.....	25
c. Mantenimiento Correctivo.....	25
2.3.2.4 Factores que intervienen en el Suministro de Energía Eléctrica.	
.....	25
a. Transferencia Automática en la Acometida. ....	26
b. Cuadro General de Protección. ....	27
c. Centros de Transformación. ....	27
2.3.2.5 Tiempos de Funcionamiento de las Líneas en el Sistema de	
Transferencia Automática. ....	27
2.3.3 SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA.....	28
2.3.3.1 Clasificación de los Sistemas de Transferencia. ....	29
a. Transferencia Manual.....	29
b. Transferencias Automáticas. ....	30
i. Circuitos de Control Electromecánicos. ....	31
ii. Circuitos de Control Electrónicos. ....	32
2.3.3.2 Modo de Funcionamiento de los Equipos de Transferencia. ....	32
a. Tiempo de Espera. ....	33
b. Tiempo de Arranque.....	33
c. Tiempo de Cambio de Posición de Interruptores. ....	33
d. Tiempo de Pre calentamiento.....	33
e. Tiempo de Recierre.....	34
f. Tiempo de Retransferencia. ....	34
g. Tiempo de Enfriamiento. ....	35
2.3.3.3 Alimentación de los Tableros de Transferencia Automática	
(TTA).....	35
2.3.3.4 Control de los Tableros de Transferencia Automática.....	36
2.3.3.5 Sincronización de las Operaciones del Sistema de	
Transferencia.....	38
a. Modo apagado. ....	38
b. Modo prueba (En Vacío). ....	38
c. Modo normal (Con Carga).....	39
2.4 CARACTERÍSTICAS DEL DIAGRAMA UNIFILAR. ....	39
2.4.1 METODOLOGÍA PARA EL LEVANTAMIENTO DEL DIAGRAMA	
UNIFILAR.....	40
2.5 METODOLOGÍA PARA EL REDISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE	
EMERGENCIA. ....	41
2.5.1 LEVANTAMIENTO DE PLANOS Y DIAGRAMAS UNIFILARES DEL	
SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA Y EMERGENCIA. ....	41

2.5.2	DETERMINACIÓN DE LA CARGA MÁXIMA CONSUMIDA. ....	41
2.5.3	RECOPIACIÓN DE DATOS DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA. ....	42
2.5.4	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL REDISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA. ....	43
2.5.4.1	FACTORES TÉCNICOS.....	45
2.5.5	SECCIONAMIENTO DE CARGA PARA EL SUMINISTRO DE EMERGENCIA ELÉCTRICA.....	45
2.5.6	PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE.....	48
2.5.7	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.....	48
2.5.8	MODO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA .....	49

## **CAPÍTULO 3      50**

<b>LEVANTAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA ACTUAL DE LA ESPE.....</b>	<b>50</b>	
3.1	RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE .....	50
3.2	LEVANTAMIENTO DE PLANOS Y DIAGRAMAS UNIFILARES EN MEDIA TENSIÓN. ....	51
3.2.1	PROTECCIONES INSTALADAS.....	51
3.2.1.1	Punto de alimentación de la red primaria.....	51
3.2.1.2	Cámaras de Transformación.....	52
3.3	LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE LAS CÁMARAS DE TRANSFORMACIÓN .....	53
3.4	LEVANTAMIENTO DE DIAGRAMAS UNIFILARES DE BAJA TENSIÓN.....	55
3.4.1	PROTECCIONES INSTALADAS.....	55
3.4.2	LEVANTAMIENTO DE PLANOS EN BLOQUES.....	55
3.5	DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA Y UTILIZADA DE LAS CÁMARAS DE TRANSFORMACIÓN. ....	56
3.6	OBTENCIÓN DE CURVAS DE CARGA. ....	57
3.6.1	ACOMETIDA.....	59

3.6.2 TRANSFORMADORES.....	60
3.7 LEVANTAMIENTO DE LOS PLANOS Y DIAGRAMAS DEL SISTEMA DE EMERGENCIA. ....	66
3.7.1 RECOPIACIÓN DE DATOS DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA. ....	66
3.7.1.1 Generadores.....	66
3.7.1.2 Sistema de Transferencia Automática en Grupos de Cámaras de Generación. ....	68
a. Sistema de Transferencia Automática Cámara 1. ....	68
b. Sistema de Transferencia Automática Cámara 2. ....	68
i. Tableros de Transferencia Automática (TTA) LOVATO RGAM-20... ..	69
a) Características Generales Lovato RGAM 20.....	70
b) Esquema Eléctrico de Conexión LOVATO RGAM 20.....	70
ii. Contactores Merlin Gerin. ....	72
a) Características Técnicas:.....	73
b) Curvas de Funcionamiento del STR 25DE.....	73
iii. Breakers Motorizados de 400 A NS400. ....	75
a) Características Técnicas:.....	76
a.1) El mando rotativo directo conserva:.....	76
a.2) Modelos:.....	76
a.3) Mando rotativo prolongado: .....	77
a.4) Conserva: .....	77
iv. Módulo Controlador ATL20.....	77
a) Características Técnicas:.....	78
b) Esquema Eléctrico de Conexiones ATL20 .....	79
v. Relay´s CAMSCO MK y MY .....	80
a) Características Técnicas:.....	80
b) Curvas de Servicio de los Relay´s MK .....	81
c. Sistema de Transferencia Automática Cámara 3. ....	82
i. Tablero de Transferencia Automática (TTA) con PLC SIEMENS - LOGO 230RC.....	83
a) Características Generales de PLC Siemens – LOGO 230RC. ....	83

b) Esquema Eléctrico para Conexiones del PLC LOGO 230RC .....	84
ii. Contactores Telemecanic LC1 F4004.....	86
a) Características Técnicas.....	88
b) Mecanismos y Conexiones de los Contactores LC1 F4004	88
iii. Temporizador Time Delay ICM 425 .....	90

## **CAPÍTULO 4                      91**

<b>REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA DE LA ESPE CAMPUS SANGOLQUÍ .....</b>	<b>91</b>
4.1 ANÁLISIS DE LA DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE DEL SEP .....	91
4.1.1 Curvas de la Demanda Máxima Coincidente por Ramales .....	92
4.1.2 Curva de la Demanda Máxima Coincidente del SEP. ....	94
4.1.3 Valores de la Demanda Máxima Coincidente .....	94
4.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA EL REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA CAMPUS SANGOLQUÍ .....	95
4.2.1 Solución a Mediano Plazo Solución 1.....	95
4.2.1.1 Seccionamiento de Carga por Cámaras de Transformación ...	96
a. Seccionamiento de Dependencias en el Campus.....	96
4.2.1.2 Análisis de las Curvas de la Demanda Máxima Coincidente por grupos .....	98
4.2.1.3 Valores de la Demanda .....	100
a. Valores con Porcentaje de Distorsión Armónica.....	100
4.2.1.4 Simulación de Flujos de Carga para la Solución 1 .....	102
4.2.1.5 Elementos y Equipos que Intervienen en la Solución 1 a mediano plazo. ....	106
4.2.1.6 Funcionamiento del Sistema Eléctrico de Emergencia Solución1 a Mediano Plazo. ....	108
a) Modo de energía normal: .....	108
b) Ocurre el corte de energía:.....	109
c) La energía de la EEQSA San Rafael regresa:.....	112
4.2.1.7 Esquema General de Conexión del Sistema de Emergencia Solución 1.....	114

4.2.1.8	Tiempo de Validez. ....	114
4.2.2	Solución a Largo Plazo Solución 2. ....	115
4.2.2.1	Seccionamiento de Carga.....	115
4.2.2.2	Análisis de las Curvas de la Demanda Máxima Coincidente del Campus Politécnico. ....	115
4.2.2.3	Valores de la Demanda .....	116
a.	Valores con Proyección de Carga. ....	117
4.2.2.4	Simulación de Flujos de Carga para la Solución 2.....	118
4.2.2.5	Elementos y Equipos que Intervienen en la Solución 2 a Largo plazo. ....	122
4.2.2.6	Funcionamiento del Sistema Eléctrico de Emergencia Solución 2 a Largo Plazo.....	123
a)	Modo de energía normal: .....	123
b)	Ocurre el corte de energía:.....	124
c)	La energía de la Subestación San Rafael regresa:.....	126
4.2.2.7	Esquema General de Conexión del Sistema de Emergencia Solución 2.....	128
4.2.2.8	Tiempo de Validez. ....	128
4.3	SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO PARA LAS SOLUCIONES. ....	129
4.3.1	Icc en la Solución 1. ....	129
4.3.1.1	Resultados en las barras de Media Tensión S-1.....	129
4.3.1.2	Resultados en las barras de Baja Tensión S-1. ....	130
4.3.2	Icc en la Solución 2. ....	131
4.3.2.1	Resultados en las barras de Media Tensión S-2.....	131
4.3.2.2	Resultados en las barras de Baja Tensión S-2. ....	132
4.4	CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO. ....	133
4.4.1	Corriente de Corto Circuito en Barras.....	133

## CAPÍTULO 5

136

<b>ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO .....</b>	<b>136</b>
5.1 ANÁLISIS DE TÉCNICO .....	136

5.1.1	Análisis Técnico de los Equipos que Intervienen en la Solución 1 a Mediano Plazo.....	136
5.1.1.1	PLC Logo Siemens 12/24 Rc (Relé Lógico Programable Siemens Logo 12/24 Rc) Con Modulo De Ampliación Dm8 12/24.....	136
	a. Características Del PLC Logo .....	137
	b. Estructura de Conexión del PLC LOGO 12/24 rc .....	138
	c. Características Técnicas de PLC Logo 12/24 rc con Ampliación DM8 .....	139
5.1.1.2	Seccionadores Automáticos ABB de Media Tensión.....	140
	a. Funcionamiento del Seccionador Automático de Media Tensión.....	142
	b. Características Técnicas de los Seccionadores Automáticos de media Tensión.....	143
5.1.1.3	Interruptores (Breaker) Automáticos NS160N y NS1000N....	143
	a. Comunicación de los Interruptores Automáticos.....	144
	b. Funcionamiento de los Interruptores Automáticos .....	145
	c. Características Técnicas Interruptores Automáticos.....	145
5.1.2	Análisis Técnico de los Equipos que Intervienen en la Solución 2 a Largo Plazo. ....	146
5.1.2.1	TTA CONTROLADOR LOVATO .....	146
5.1.2.2	Interruptor Automático de Potencia al Vacío SIEMENS 3AH3 de 7.2 KV a 36 KV.....	147
	a. Estructura de números de pedido.....	148
	b. Características Técnicas del Interruptor Automático de Potencia.....	149
5.1.2.3	Contactores ABB en Vacío VSC con actuador magnético....	150
	a. Funcionamiento de los Contactores ABB en vacío .....	151
	b. Características Técnicas de los Contactores ABB.....	152
5.1.3	Periodicidad en el Mantenimiento de las Protecciones. ....	153
5.2	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	154
5.2.1	Presupuesto Económico Solución 1 a Mediano Plazo. ....	154
5.2.2	Presupuesto Económico Solución 2 a Largo Plazo.....	155
5.3	FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO. ....	156
5.4	FINANCIAMIENTO DE LA INVERSIÓN. ....	158

**CAPÍTULO 6                      159**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 159**

    6.1 CONCLUSIONES ..... 159

    6.2 RECOMENDACIONES ..... 161

**BIBLIOGRAFÍA ..... 164**



## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

Figura 2.1: Grupo Electrónico.....	11
Figura 2.2: Variación de Carga en Función del Tiempo.....	17
Figura 2.3: Carga de Arranque de un Motor. ....	19
Figura 2.4: Diagrama Esquemático del Suministro de Energía Eléctrica. 20	
Figura 2.5: Instalación Eléctrica del Enlace de Abonado .....	26
Figura 2.6: Circuito de Transferencia Manual con Interruptor Cuchilla. ...	30
Figura 2.7: Transferencia Automática de Carga Para un Sistema de Emergencia (Grupo Electrónico). ....	31
Figura 2.8: Diagrama Unifilar Grupo Electrónico Conectado a Plena Carga. ....	46
Figura 2.9: Diagrama Unifilar Grupo Electrónico Conectado a Carga Crítica .....	47

### CAPÍTULO 3

Figura 3.1: Disponibilidad de Potencia.....	57
Figura 3.2: Curva de Carga Cámara de Transformación 1 .....	61
Figura 3.3: Curva de Carga Cámara de Transformación 2.....	62
Figura 3.4: Curva de Carga Cámara de Transformación 3.....	62
Figura 3.5: Curva de Carga Cámara de Transformación 4.....	63
Figura 3.6: Curva de Carga Cámara de Transformación 5.....	63
Figura 3.7: Curva de Carga Cámara de Transformación 6.....	64
Figura 3.8: Curva de Carga Cámara de Transformación 7.....	64
Figura 3.9: Curva de Carga Cámara de Transformación 8.....	65
Figura 3.10: Curva de Carga Cámara de Transformación 9.....	65
Figura 3.11: Lovato RGAM 20. ....	69
Figura 3.12: Esquema de Conexiones RGAM 20 .....	71
Figura 3.13: Contactores Merlin Gerin. ....	72

Figura 3.14: Escenario de la Curva de Funcionamiento STR 25DE. ....	74
Figura 3.15: Breakers Motorizados de 400 A NS400.....	76
Figura 3.16: Módulo de Control y Supervisión ATL 20.....	78
Figura 3.17: Esquema de Conexiones ATL-20 Breakers Motorizados ....	79
Figura 3.18: Relay'S Camsco.....	80
Figura 3.19: Curvas de Servicio MK-2P y MK-3P.....	82
Figura 3.20: PLC Logo 230RC.....	83
Figura 3.21: Esquema de Conexiones PLC Logo 230RC.....	85
Figura 3.22: Conexiones Grupo de Líneas. ....	86
Figura 3.23: Contactores Telemecanique LC1 F4004 .....	88
Figura 3.24: Mecanismo de Enclavamiento Mecánico.....	89
Figura 3.25: Polos Cambio de las Partes de Contactor. ....	89

## **CAPÍTULO 4**

Figura 4.1: Demanda Máxima Coincidente Ramal "A" .....	92
Figura 4.2: Demanda Máxima Coincidente Ramal "B" .....	93
Figura 4.3: Demanda Máxima Coincidente Ramal "C".....	93
Figura 4.4: Demanda Máxima Coincidente del Sep.....	94
Figura 4.5: Demanda Máxima Coincidente Primer Grupo con G2 631 (kVA).....	99
Figura 4.6: Demanda Máxima Coincidente Segundo Grupo Con G3 165 (kVA).....	99
Figura 4.7: Solución 1 a Mediano Plazo con (G2-G4) Y (G3). ....	101
Figura 4.8: Esquema del Sistema Eléctrico de Emergencia, Solución 1 a Mediano Plazo. ....	103
Figura 4.9: Modo de Energía Normal.....	109
Figura 4.10: Cuando Ocurre el Corte de Energía. ....	112
Figura 4.11: La Energía de la EEQSA San Rafael Regresa. ....	113
Figura 4.12: Demanda Máxima Coincidente del Sistema Eléctrico de Emergencia Para la Solución 2.....	116

Figura 4.13: Solución 2 a Largo Plazo con Subestación de Emergencia. .....	118
Figura 4.14: Esquema del Sistema Eléctrico de Emergencia, Solución 2 a Largo Plazo.....	119
Figura 4.15: Modo de Energía Normal.....	124
Figura 4.16: Ocurre el Corte de Energía.....	126
Figura 4.17: La Energía de la Subestación San Rafael Regresa:.....	127
Figura 4.18: Esquema Sistema Eléctrico, Fallas de Cortocircuito en Barras de MT en S-1 .....	130
Figura 4.19: Esquema Sistema Eléctrico, Fallas de Cortocircuito en Barras de BT en S-1.....	131
Figura 4.20: Esquema Sistema Eléctrico, Fallas de Cortocircuito en Barras de MT en S-2. ....	132
Figura 4.21: Esquema Sistema Eléctrico, Fallas de Cortocircuito en Barras de BT en S-2.....	133
Figura 4.22: Diagrama MVA .....	134

## **CAPÍTULO 5**

Figura 5.1: Controlador Lógico Siemens Logo 12-24 RC con Módulo de Ampliación. ....	137
Figura 5.2: PLC Logo 12/24 RC con Módulo de Ampliación dm8.....	138
Figura 5.3: Seccionador Automático.....	141
Figura 5.4: Interruptores Automáticos NS1000N – NS160N.....	144
Figura 5.5: Interruptor de Potencia al Vacío Siemens 3AH3.....	147
Figura 5.6: Características de los Interruptores de Potencia. ....	149
Figura 5.7: Interruptor de Potencia 3AH3 a 24 kV .....	150
Figura 5.8: Contactores ABB en Vacío VSC.....	151
Figura 5.9: Solución 1 a Mediano Plazo. ....	157
Figura 5.10: Solución 2 a Largo Plazo.....	157

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 3

Tabla 3.1. Descripción del Alimentador de Media Tensión .....	51
Tabla 3.2. Descripción de la Protección en el Punto de Alimentación .....	51
Tabla 3.3. Descripción de las Protecciones en Alta de los Transformadores.....	52
Tabla 3.4. Características y Dependencias de los Transformadores.....	53
Tabla 3.5. Capacidad de Reserva de los Transformadores.....	56
Tabla. 3.6. Tiempos de Medición de las Cámaras de Transformación. ...	58
Tabla. 3.7. Acometida (Sumatoria de las Cámaras de Transformación)..	59
Tabla. 3.8. Datos de la Acometida en el Mes de Mayor Demanda (Julio 2011).....	60
Tabla. 3.9. Potencias en Cámaras de Transformación .....	60
Tabla 3.10. Características de los Generadores.....	67
Tabla 3.11. Contactor C1001N .....	74
Tabla 3.12. Contactor C1250N .....	75

### CAPÍTULO 4

Tabla 4.1. Distribución de Cámaras de Transformación por Ramales.....	91
Tabla 4.2. Valores de la Demanda Máxima Coincidente. ....	95
Tabla 4.3. Seccionamiento de Dependencias.....	97
Tabla 4.4. Demanda Máxima Coincidente Solución Mediano Plazo.....	100
Tabla 4.5. Demanda Máxima con Porcentaje de Distorsión Armónica ..	100
Tabla 4.6. Resultados Flujos de Potencia Neplan en Barras.....	103
Tabla 4.7. Resultados Flujos de Potencia Neplan en Elementos.....	104
Tabla 4.8.Elementos y Equipos que Intervienen en la Solución1 a Mediano Plazo. ....	106
Tabla 4.9.Tiempos para la Solución 1.....	114
Tabla 4.10. Demanda Máxima Coincidente Solución a Largo Plazo. ....	116

Tabla 4.11. Demanda Máxima con Porcentaje de Proyección de Carga. .....	117
Tabla 4.12. Resultados Flujos de Potencia Neplan en Barras.....	120
Tabla 4.13. Resultados Flujos de Potencia Neplan en Elementos.....	120
Tabla 4.14.Elementos y Equipos que Intervienen en la Solución 2 a Largo Plazo.....	122
Tabla 4.15.Tiempos para la Solución 2.....	128
Tabla 4.16. Resultado Fallas de Cortocircuito en Barras de MT en S-1	129
Tabla 4.17. Resultado Fallas de Cortocircuito en Barras de BT en S-1.	130
Tabla 4.18. Resultado Fallas de Cortocircuito en Barras de MT en S-2.	131
Tabla 4.19. Resultado Fallas de Cortocircuito en Barras De BT en S-2.	132
Tabla 4.20.Cuadro Comparativo de Corrientes de Corto Circuito Calculada y Mediante Software Neplan para la Solución 1. ....	135
Tabla 4.21.Cuadro Comparativo de Corrientes de Corto Circuito Calculada y Mediante Software Neplan para la Solución 2. ....	135

## **CAPÍTULO 5**

Tabla 5.1. Datos Técnicos del PLC Logo 12/24 RC y su Módulo de Expansión dm8. ....	139
Tabla 5.2. Rangos de Seccionador ABB de Media Tensión .....	143
Tabla 5.3. Datos Técnicos de los Interruptores Automáticos.....	145
Tabla 5.4. Datos y Características Técnicas de los Contactores ABB...	152
Tabla 5.5 Factores que Determinan la Periodicidad en el Mantenimiento de las Protecciones.....	153
Tabla 5.6. Presupuesto Económico Solución 1. ....	154
Tabla 5.7. Presupuesto Económico Solución 2 .....	155

## **ANEXOS**

- ANEXO 1:** Diagrama Unifilar Sistema Nacional Interconectado  
Símbolos eléctricos EEQSA.
- ANEXO 2:** Tabla para la determinación de demanda máxima.
- ANEXO 3:** Planos Red de media tensión.  
Diagrama Unifilar de media tensión.
- ANEXO 4:** Planos Red de baja tensión.  
Centros de transformación en bloques.  
Iluminación Ornamental y de Avenidas.
- ANEXO 5:** Diagramas unifilares de baja tensión de cada Centro de Transformación.  
Levantamiento de Diagramas en Bloques.
- ANEXO 6:** Resultados de las mediciones obtenidas en los centros de transformación.  
Red de Media Tensión (Potencia instalada y Utilizada)

**ANEXO 7:** Sistema de emergencia en bloques.

Diagrama unifilar Grupo de Emergencia N°1.(Inhabilitado)

Diagrama unifilar Grupo de Emergencia N°2.

Diagrama unifilar Grupo de Emergencia N°3.

**ANEXO 8:** Planilla de pagos del consume energético de la ESPE - Sangolquí

**ANEXO 9:** Datos Técnicos de los Controladores.

Lovato RGAM – 20

Lovato ATL – 20

**ANEXO 10:** Factores de la Demanda Máxima Coincidente.

Datos y Gráficas de Factores de la Demanda Máxima Coincidente por Cámaras de Transformación.

Datos y Gráficas de Factores de la Demanda Máxima Coincidente por Ramales.

Datos y Gráficas de Factores de la Demanda Máxima Coincidente del Campus

Datos y Gráficas de Factores de la Demanda Máxima Coincidente por Soluciones.

**ANEXO 11:** Esquema General de Conexión del Sistema de Emergencia  
Solución1

Esquema de Conexión del Generador 2 (631 KVA) en S1

Esquema de Conexión del Generador 3 (165 KVA) en S1

Diagrama Unifilar del Sistema de Emergencia para la  
Solución 1 a mediano Plazo.

Dependencia que abarcan el Sistema de Emergencia por  
grupos para la Solución 1.

**ANEXO 12:** Esquema General de Conexión del Sistema de Emergencia  
Solución2

Esquema de Conexión Sistema de Emergencia Acometida.

Diagrama Unifilar del Sistema de Emergencia para la  
Solución 2 a largo Plazo.

Dependencia que abarcan el Sistema de Emergencia para la  
Solución 2.

**ANEXO 13:** Tablas de Rediseño de Conductores

Tablas de CABLEC C.A.

Tablas de Transmission and Distribution



**ANEXO 14:** Datos Técnicos del Controlador.

PLC Siemens LOGO 12/24 con módulo de Ampliación DM8

**ANEXO 15:** Datos Técnicos del Seccionador.

Seccionador Automático ABB de Media Tensión

**ANEXO 16:** Datos Técnicos Breaker's Automáticos.

Breaker Automático de BT NS160N

Breaker Automático de BT NS1000N.

**ANEXO 17:** Datos Técnicos Interruptor Automático.

Interruptor Automático de Potencia (reconectador) de Media Tensión 3AH3.

**ANEXO 18:** Datos Técnicos Contactores.

Contactores ABB en Vacío VSC con actuador magnético.

## RESUMEN

El presente estudio tiene como finalidad recopilar los datos del SEP de la Escuela Politécnica del Ejército, así como la información de Sistema Eléctrico de Emergencia desde su último estudio para la optimización de los sistemas. Actualmente, el suministro de energía eléctrica de la ESPE - Sangolquí cuenta con 9 transformadores, que se encuentran distribuidos en forma radial y están alimentados por una red subterránea en media tensión de 23 (kV). Tiene una carga instalada de 1.832,5 (kVA) y una demanda máxima utilizada medida de 760,00 (kVA), por datos de las planillas pagadas a la EEQSA en un año de referencia. El sistema en caso de falla en el suministro de energía eléctrica tiene cuatro generadores de emergencia cuya capacidad conjunta es de 795,00 (kVA).

En concordancia a los valores institucionales de la ESPE de conservación del medio ambiente, se plantea esta tesis que tiene como objetivo brindar alternativas de suministro eléctrico en caso de falla del mismo, teniendo como una de las alternativas finales el reemplazo total de los grupos generadores que en la actualidad funcionan en la institución.

Para la Solución N° 1 a mediano plazo, se utiliza como sistema de emergencia a los generadores que posee la ESPE, separando en dos grupos. Donde, se ha unido el ramal "1" y "2" conformando el primer grupo y el ramal "3" como segundo grupo; las cámaras CT1, CT2, CT3, CT4, CT7 y CT8 formarán el primero y solventarán los problemas de energía en caso de emergencia a Biotecnología, Administración, Biblioteca, Laboratorios entre otras dependencias; y el segundo grupo estará conformado por las cámaras CT5, CT6 y CT9.; suministrando de energía a dependencias que no contaban con este sistema de emergencia como son el Coliseo, Edu. Física, y CICTE. **(Anexo 11)**

La Solución N° 2 a largo plazo, trata de la Transferencia Automática de Energía en 23 (kV), entre dos líneas de la EEQSA, que pasan por la Avenida Gral. Rumiñahui frente a la ESPE. La línea 1 que llega desde la S/E San Rafael (23 kV) y la línea 2 desde la S/E Alangasí (23 kV), siendo la ventaja primordial que se encuentran alimentadas por Sistema Nacional Interconectado a través de dos S/E diferentes como son las S/E Vicentina y Santa Rosa respectivamente.**(Anexo 12).**

## SUMMARY

The present study aims to gather the SEP at the Polytechnic School of the Army and the information of Emergency Power System since its last study for the optimization of systems. Currently, the power supply of the ESPE - Sangolquí has 9 processors, which are distributed radially and are fed by an underground medium voltage of 23 (kV). It has an installed load of 1832.5 (kVA) and used as a maximum demand of 760.00 (kVA) for data sheets EEQSA paid to a reference year. The system fails if the power supply has four emergency generators aggregate capacity is 795.00 (kVA).

In accordance to the institutional values of the ESPE of environmental conservation, we propose this thesis aims to provide alternative power supply in case of engine failure, having as one of the final alternatives total replacement of the generators that currently operating in the institution. Solution N° 1 in the medium period, is used as an emergency system generators having the ESPE, separating into two groups. Where the branch has joined "1" and "2" forming the first group and the branch "3" as the second group, the cameras CT1, CT2, CT3, CT4, CT7 and CT8 form the first and shall solve power problems in case of emergency Biotechnology, Administration, Library, Laboratories among other agencies, and the second group will consist of cameras CT5, CT6 and CT9., supplying power to units that did not have this emergency system such as the Coliseum, Edu. Physics, and CICTE. **(Annex 11)**. Solution N° 2 long-period, is the Automatic Transfer of Energy in 23 (kV), between two EEQSA lines that go through the Avenue General Rumiñahui front of the ESPE. Line 1 coming from the S / E San Rafael (23 kV) and line 2 from S/E Alangasi (23 kV), the main advantage being that are powered by the National Interconnected System through two S/E different as are the S/E Vincentian and Santa Rosa respectively. **(Annex 12)**.

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 ANTECEDENTES.

La Escuela Politécnica del Ejército Campus Sangolquí, es un centro de educación superior de alto prestigio a cargo de las Fuerzas Armadas del Ecuador, cuenta con una infraestructura administrativa y de docencia como biblioteca, residencias, edificios administrativos, edificios de la MED, posgrados, centro de bombas de agua, laboratorios de producción y aulas. El campus en la actualidad tiene alrededor de siete mil alumnos por jornada académica quienes utilizan la infraestructura antes mencionada durante los periodos semestrales. Dichas instalaciones de la ESPE – Sangolquí se encuentran alimentadas por la línea que llega desde la Sub-estación San Rafael N° 27C que abastece con 23 (kV) a todo el Campus Politécnico.

En la actualidad la ESPE - Sangolquí tiene una carga instalada de transformación de 1.832,5 (kVA) y una carga máxima utilizada de 760,00 (kVA).

La Politécnica cuenta con un Sistema Eléctrico de Emergencia constituido por “4” grupos electrógenos o generadores, de los cuales el grupo electrógeno N° 1 se encuentra inhabilitado por daño del governor, el grupo electrógeno N° 4 se encarga de abastecer de energía eléctrica solo al DATACENTER en caso de falla, por el contrario los grupos electrógenos N° “2” y “3” abastecen el resto de ciertas cargas como aulas, laboratorios, residencias e infraestructuras del campus politécnico; esto hace que las áreas sobrantes pero de gran jerarquía como laboratorios de

biotecnología, edificio administrativo, biblioteca entre otros departamentos de la ESPE - Sangolquí no cuenten con un Sistema Eléctrico adecuado en caso de falla, ocasionando problemas en la Institución como se puede observar en el **(Anexo 7)**.

Por lo tanto es necesario que exista un sistema eléctrico de emergencia diseñado como una unidad autónoma y ambientalista para proporcionar rendimiento y fiabilidad excelentes al momento de una emergencia, con lo cual suministraría los Kilowatios necesarios para el óptimo funcionamiento de todas las instalaciones del campus politécnico.

## **1.2 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

REDISEÑAR Y OPTIMIZAR EL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA DE LA ESPE– SANGOLQUI CON UN HORIZONTE DE 15 AÑOS

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ◆ Crear la base de datos de las condiciones actuales de carga del sistema eléctrico de Potencia de la ESPE.
- ◆ Actualizar los diagramas unifilares de dicho sistema.
- ◆ Establecer alternativas de solución para el sistema eléctrico de emergencia de la ESPE.
- ◆ Reprogramar a mediano plazo los tableros de transferencia automática de los grupos electrógenos para abastecer en caso de emergencia a 22,8 (kV) a los transformadores.

- ♦ Diseñar el abastecimiento de energía dado por dos sub-estaciones la de San Rafael (actual) y la de Alangasí por parte de la EEQSA para un largo plazo mediante transferencia automática (horizonte 15 años).
- ♦ Simular el funcionamiento de las alternativas propuestas del sistema eléctrico de emergencia de la ESPE mediante software (NEPLAN).

### **1.3 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN.**

La misión primordial de la ESPE es formar profesionales de EXCELENCIA, lo cual implica tener calidad en la infraestructura y servicio, siendo en este último la fiabilidad y confiabilidad de la energía eléctrica de importancia básica, para las autoridades, docentes, administrativos y los diez y siete mil estudiantes que conforman la politécnica.

Los Grupos Electrógenos de Emergencia que en la actualidad se encuentran operativos en la institución están ubicados de acuerdo al **(Anexo 7)**, y es notorio que ciertas dependencias no están dentro del sistema de emergencia actual en caso de falla de energía eléctrica.

La importancia del impacto ambiental que tienen cuando entran en operación los grupos de emergencia, es evidente y molesto para la comunidad politécnica, debido a la emisión de ruido y gases tóxicos, así como el costo por mantenimiento y operación de los generadores.

Este estudio permitirá a largo plazo prescindir en el servicio de emergencia, los grupos generadores que actualmente se encuentran en operación, bajo las normativas de seguridad y medio ambiente. Optimizando la calidad en el servicio de energía de la ESPE – Sangolquí.

Mediante el rediseño del sistema eléctrico de emergencia del Campus se solventará los problemas de corte de energía que pudiera existir en Biotecnología, Edificio Administrativo, Biblioteca, el Futuro Auditorio, Laboratorios entre otras dependencias que a la fecha no están conectadas a ninguno de los generadores operativos que abastecen de energía al sistema de la ESPE en caso de falla.

Debido a lo antes mencionado el aporte del presente proyecto de emergencia eléctrica al desarrollo institucional de la ESPE es indispensable, dado que a partir de un óptimo suministro de energía se garantiza la calidad en todos los servicios que ésta ofrece a la comunidad.

#### **1.4 ALCANCE**

El presente proyecto será realizado de manera que llegue a constituirse para la ESPE - Sangolquí, en una fuente de información para la localización y solución de problemas que se presenten posteriormente en dicho sistema de emergencia eléctrica en todos sus escenarios.

Se pretende mediante el levantamiento de planos y diagramas unifilares del sistema eléctrico del campus, describir las condiciones actuales del sistema de emergencia y sus respectivas cámaras de transformación; y con ello dar inicio al rediseño del sistema eléctrico de emergencia enfocado en la confiabilidad para un buen funcionamiento del mismo. La factibilidad de la implementación de las propuestas de rediseño será sustentada mediante un análisis técnico económico.

La Solución 1 a mediano plazo tendrá como finalidad la Transferencia Automática de Energía en media y baja tensión, mediante los grupos electrógenos que suministren la potencia necesaria para la alimentación

del campus, en especial dependencia de mayor importancia como Biotecnología, Edificio Administrativo, Biblioteca, entre otras que requieren de la energía necesaria en caso de emergencia eléctrica.

Para la Solución 2 a largo plazo se dará paso a la Transferencia Automática de Energía en media tensión, es decir en caso de corte del suministro eléctrico de energía por parte de la Subestación San Rafael N° 27C de (23 kV), el Sistema de Energía Eléctrica en Emergencia será alimentado por la Subestación Alangasí N° 26 de (23 kV), teniendo como ventaja primordial que dichas S/E están conectadas al Sistema Nacional Interconectado desde dos S/E diferentes Vicentina y Santa Rosa respectivamente y que según la planificación de expansión del sistema eléctrico de la EEQSA la Subestación Alangasí cuenta con la reserva de energía suficiente para abastecer al campus en caso de falla eléctrica .

Finalmente el manejo y la ejecución de las alternativas de solución planteadas por este proyecto estarán a cargo del departamento de Desarrollo Físico de la Escuela Politécnica del Ejército, el cual pondrá a disposición el presente estudio para los fines que lo requieran.



## **CAPÍTULO 2**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO**

#### **2.1 DEFINICIONES**

##### **2.1.1 DEFINICIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

Un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), es el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión y sistemas de distribución esenciales para el suministro de energía eléctrica. El SEP está dividido en tres partes fundamentales: Generación, Transmisión y Distribución.

##### **2.1.2 DEFINICIÓN DE REDISEÑO**

Rediseño es la innovación de un diseño antiguo que resulta deficiente en la actualidad por no cumplir con reglas y normas vigentes para su buen funcionamiento.

En lo referente al presente proyecto, el rediseño se lo realizará en el Sistema Eléctrico de Emergencia de la ESPE campus Sangolquí, alcanzando todas las zonas de consumo tales como:

- ◆ Dependencias administrativas.
- ◆ Iluminación pública y ornamental.
- ◆ Laboratorios.
- ◆ Bloques de aulas entre otros servicios.

### **2.1.3 DEFINICIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE EMERGENCIA.**

Cuando se suspende la energía eléctrica por parte de la empresa suministradora, la cual afecta a los procesos productivos o de servicio, entran en funcionamiento los Sistemas Eléctricos de Emergencia que proveen de energía suficiente para el correcto funcionamiento de las cargas conectadas al mismo y así evitar daños en equipos que necesitan energía eléctrica permanente.

## **2.2 FUNCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE EMERGENCIA.**

La función primordial es suministrar energía eléctrica de forma total o parcial a viviendas, establecimientos, industrias o instituciones ante la ausencia del servicio eléctrico comercial.

“Una de las utilidades más comunes es la de generar electricidad en locales de pública concurrencia, hospitales, fábricas, universidades, etc., que a falta de energía eléctrica de red, necesitan de otra fuente de energía alterna para abastecerse”<sup>1</sup>.

### **2.2.1 NECESIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA.**

Los principales motivos por lo que es necesario la utilización de un correcto sistema eléctrico de emergencia, se pueden resumir en:

- ♦ En caso de que exista déficit en la generación de energía eléctrica por parte de la empresa suministradora o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico.

---

<sup>1</sup> [www.wikipedia.com/wiki/sistema\\_transferencia\\_automática](http://www.wikipedia.com/wiki/sistema_transferencia_automática).

- ♦ También existen factores como la necesidad de abastecer con energía eléctrica a todas las dependencias de mayor importancia de un establecimiento en caso de emergencia. Con lo cual se llegaría a impedir la pérdida de información en laboratorios, dependencias administrativas entre otros debido a cortes de energía eléctrica.
- ♦ Con el fin de aportar a la seguridad ambiental es necesario un correcto funcionamiento del sistema eléctrico de emergencia sin grupos electrógenos, bajo normativas de seguridad y medio ambiente, el cual suministre de energía suficiente a las cargas necesarias sin causar efectos ambientales graves como ruido y gases tóxicos que afectan a la comunidad.

### **2.3 TIPOS DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE EMERGENCIA.**

En la actualidad existen diferentes tipos de sistemas de emergencia eléctrica tales como:

- ♦ Grupos Electrógenos,
- ♦ Banco de Baterías,
- ♦ Energías Renovables,
- ♦ Otros Sistemas de Generación Eléctrica. (Transferencia a otras redes energizadas).

Estos sistemas de emergencia suelen ser de diversa potencia, según la demanda requerida para que funcionen en caso de emergencia eléctrica.

En la presente tesis analizará los sistemas de emergencia con grupos electrógenos y con transferencia a otras redes.

### 2.3.1 GRUPOS ELECTRÓGENOS.

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna.



Figura 2.1: Grupo Electrónico<sup>2</sup>.

Estos equipos pueden ser interconectados 2 o 3 y hasta más de 6 en paralelo para poder sumar sus capacidades de generación de potencia y con esto poder alimentar con un flujo de energía adecuado a una planta industrial como si fuera un solo generador eléctrico.<sup>3</sup>

#### 2.3.1.1 Tipos de Grupos Electrónicos.

Existen dos tipos: de reserva permanente y generadores portátiles. En el presente proyecto se utilizará los generadores de reserva permanente que se describen a continuación.

---

<sup>2</sup>[www.alternatordesign.com/Perkins\\_series.html](http://www.alternatordesign.com/Perkins_series.html)

<sup>3</sup>[es.wikipedia.org/wiki/grupo\\_electrogeno](http://es.wikipedia.org/wiki/grupo_electrogeno)

**a. Generadores de reserva permanentes.**

Se instalan como parte del sistema eléctrico y proporcionan energía automáticamente a circuitos selectos ó a todo el Sistema Eléctrico de Potencia de un edificio. <sup>4</sup>

Los generadores de reserva funcionan con un interruptor de transferencia para controlar el voltaje entrante proporcionado por la empresa que suministra la energía. Es decir, cuando se produce un corte de energía, el interruptor de transferencia desconecta la línea de servicio y conecta una nueva línea de energía del generador para re-establecer la energía en cuestión de segundos programados.

**2.3.1.2 Clasificación De Grupos Electrónos Según Su Operación.**

Los grupos electrónos para servicio de emergencia, se utilizan en los sistemas de distribución modernos que usan frecuentemente dos o más fuentes de alimentación según la demanda necesitada.

**a. Los grupos electrónos semiautomáticos:**

Son máquinas que cuentan con un control automático, basado en un micro procesador, el cual les proporciona todas las ventajas de un grupo electróno automático como: protecciones, mediciones, y operación pero que no cuenta con un sistema de transferencia.

---

<sup>4</sup>[www.statefarm.convertlanguage.com/statefarm/enes/24](http://www.statefarm.convertlanguage.com/statefarm/enes/24)

**b. Los grupos electrógenos Automáticos (ATS): Automatic Transfer Switch.**

Este tipo de máquinas electrógenas cuentan con un control basado en un microprocesador, el cual provee al grupo electrógeno un completo grupo de funciones para:

- ◆ Operación
- ◆ Protección
- ◆ Supervisión

**c. Los grupos electrógenos Automáticos para (Sincronía / Peakshaving):**

Este tipo cuenta con un control para un grupo electrógeno automático, el cual es capaz de manejar funciones de sincronía (Abierta o cerrada) que se requieren para realizar un proceso emparellamiento de grupo y red ó grupo con grupo en un sistema de emergencia.

**2.3.1.3 Protecciones en un Grupo Electrónico.**

Las protecciones de los Grupos Electrónicos vienen dadas tanto al motor como al generador y se describen a continuación.

**a. Protección al Motor<sup>5</sup>.**

La protección mínima para un grupo electrógeno debe incluir la parada del motor por los siguientes factores:

---

<sup>5</sup>Taípe M. "Estudio del Suministro de Energía Eléctrica de Emergencia para la ESPEL", ESPE-Latacunga-2007

- ◆ Sobrevelocidad – (Embalamiento).
- ◆ Control de la alta temperatura de refrigerante.
- ◆ Baja presión de aceite lubricante.

#### **i. Relé Sobrevelocidad (12) - Embalamiento.**

El relé de sobrevelocidad es normalmente un elemento conectado directamente a una máquina, el cual actúa cuando esta alcanza una velocidad de rotación superior a una velocidad determinada. La velocidad no debe variar significativamente respecto a la velocidad nominal, tanto en vacío como cuando se encuentre con carga ya que produciría fallas considerables en el motor.

#### **ii. Dispositivo de Control de Temperatura (23).**

Su función primordial es subir o bajar la temperatura de una máquina, cuando su temperatura es inferior o superior a un valor predeterminado<sup>6</sup>. Para la adecuada operación del motor debe estar entre los rangos de 160°F y 185°F.

#### **iii. Relé de Presión, Nivel o Circulación de líquido - gas (63).**

Este relé es aquel que opera para cierto valor de la presión de un líquido o gas, nivel o circulación, o para una determinada velocidad de variación de estos valores. La presión de aceite es uno de los parámetros más importantes que afecta al circuito de lubricación, ya que una baja presión de aceite involucra indirectamente una mala lubricación del motor, lo cual reduciría la vida útil del mismo.

---

<sup>6</sup> Iturralde H. "Protecciones y Cortocircuitos", ESPE 2008.

## **b. Protecciones al Generador<sup>7</sup>.**

Las protecciones al generador de un grupo electrógeno se detallan a continuación:

### **i. Relé de Sobreintensidad (Instantáneo - Temporizado) (50/51).**

Estos relés actúan con una característica de tiempo constante o tiempo inverso, cuando la intensidad en los circuitos de C/A por ellos protegidos excede de un determinado valor.

### **ii. Relé de Equilibrio de Tensión o Corriente (60).**

Es aquel que opera con una diferencia de tensión o corriente en la entrada o salida de dos circuitos, este relé tiene que ser programado según los rangos de tensión o corriente establecidos por EEQSA.

### **iii. Dispositivo para Cortocircuito o de Puesta a Tierra (57).**

Es un mecanismo que permite para cortocircuitar o poner a tierra un circuito de forma manual o automática, evitando daños en equipos.

### **iv. Relé de Distancia (21).**

Es un relé que actúa cuando la admitancia, impedancia o reactancia del circuito, aumentan o disminuyen por encima o debajo de los valores predeterminados.

---

<sup>7</sup>Taípe M. "Estudio del Suministro de Energía Eléctrica de Emergencia para la ESPEL", ESPE-Latacunga-2007



**v. Relé de Campo (40).**

Este relé actúa ante la presencia de un valor bajo, anormal o falla de la corriente de campo de la máquina, o bien para un valor excesivo de la componente reactiva de la corriente de armadura en una máquina AC indicando una anormal excitación baja de campo.

**vi. Sobrevoltaje (59).**

Es un relé que opera, cuando el voltaje se incrementa más del 10% del voltaje nominal, el contacto de salida se cierra y activa un relé auxiliar el mismo que actúa cortando la energía del regulador de voltaje.

**vii. Frecuencia (UFR relé de baja frecuencia) (81).**

Es un relé que actúa en un valor de frecuencia predeterminado, provee protección contra una baja frecuencia al generador y la carga conectada, cuando la frecuencia baja y permanece debajo de los 55 Hz por más de 60 segundos, el interruptor principal se abre quitando la alimentación al regulador de voltaje, luego del disparo, el interruptor principal de salida necesita ser manualmente restablecido.

**2.3.1.4 Factores que Intervienen en un Grupo Electrónico.**

Los Grupos Electrónicos deben tener una capacidad adecuada, por lo cual se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- ◆ Variaciones de carga en función al tiempo
- ◆ Generador en función del rendimiento del motor
- ◆ Consideraciones de los equipos

**a. Variaciones de carga en función al tiempo.**

Un grupo electrógeno debe tener una capacidad suficiente para suministrar energía necesaria para las máximas condiciones de carga después de haber tomado en cuenta el factor de potencia.

El presente proyecto pretende suministrar la cantidad de energía eléctrica necesaria para satisfacer la carga total o parcial del campus politécnico.

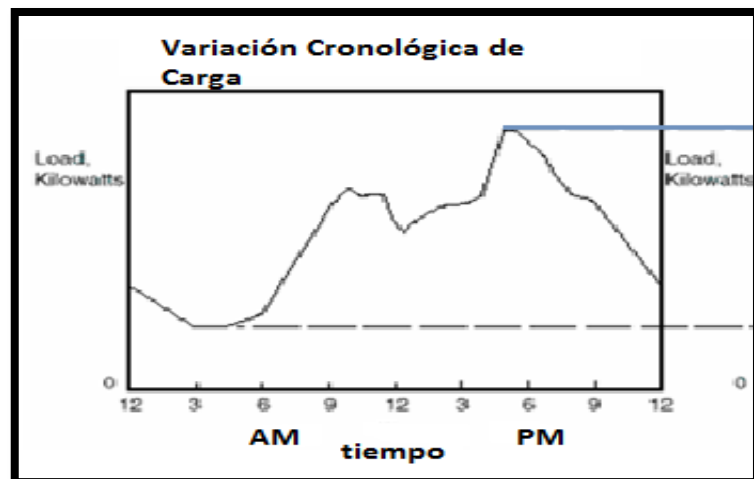


Figura 2.2: Variación de Carga en Función del Tiempo.

**b. Generador en función del rendimiento del motor.**

Los rendimientos del motor y del generador están relacionados por las siguientes fórmulas:

$$P = \frac{P_m}{\text{eff}} \quad \text{Ec. 2.1}$$

$$P_m = \text{pf} \times P_g \quad \text{Ec. 2.2}$$

Donde:

Pg: Potencia del generador en (kVA).

pf : Factor de potencia de la carga conectada.

P: Potencia eléctrica.

Pm: Potencia del motor.

eff : Eficiencia del generador (%).

### **c. Características de operación de los equipos.**

Mientras que los motores controlan la frecuencia, los generadores influyen en el control del voltaje. Las variaciones permisibles de voltaje y frecuencia dependen del tipo de equipo conectado en línea.<sup>8</sup> Una de las principales consideraciones se detalla a continuación:

#### **i. Carga de arranque del motor.**

Los motores cargados o sin cargar, absorben una corriente varias veces mayor que la corriente nominal a plena carga, en el momento del arranque **figura 2.3**. Esto produce una caída en el voltaje y la velocidad, de manera transitoria en el grupo; la curva de arranque típica del motor viene dada por el diseño del motor, del generador y por la carga del motor.

Con lo cual para el presente proyecto la carga del campus no debe estar conectada al generador, sino hasta después de su tiempo de arranque programado

---

<sup>8</sup>Taipe M. "Estudio del Suministro de Energía Eléctrica de Emergencia para la ESPEL", ESPE-Latacunga 2007.

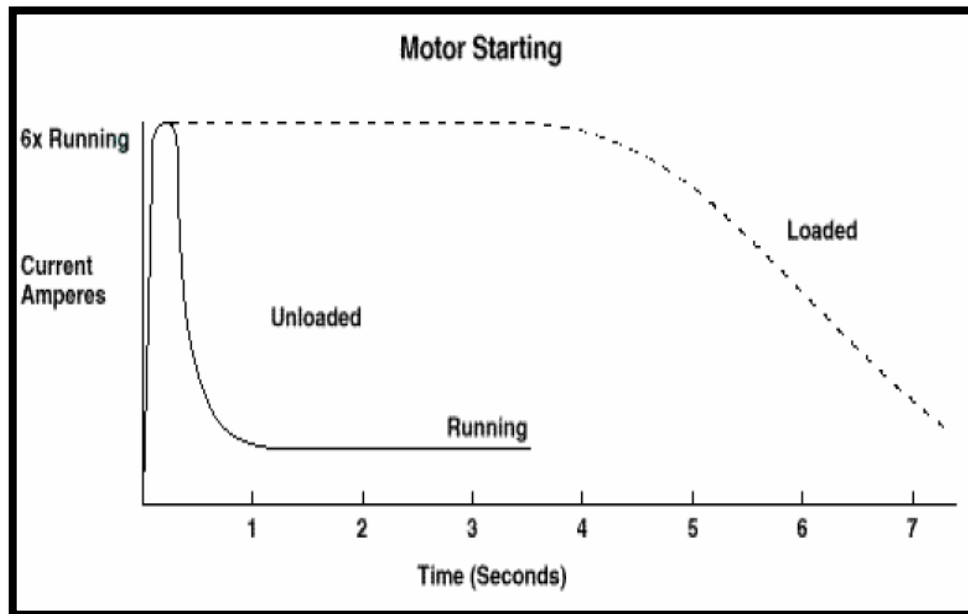


Figura 2.3: Carga de Arranque de un Motor.

### 2.3.1.5 Tiempos de Funcionamiento de los Grupos Electr6genos en el Sistema de Transferencia Autom6tica.

Los tiempos que maneja los tableros de transferencia autom6ticas cuando existe emergencia el6ctrica son:

- ◆ Tiempo de Espera.
- ◆ Tiempo de Arranque.
- ◆ Tiempo de Pre calentamiento.
- ◆ Tiempo de Recierre.
- ◆ Tiempo de Retransferencia.
- ◆ Tiempo de Enfriamiento.

Dichos tiempo programados que manejan los grupos generadores se describen de manera detallada en el Sistema de Transferencia Autom6tica.

### 2.3.2 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR PARTE DE LA EMPRESA ELÉCTRICA.

En caso de emergencia la Empresa Eléctrica podrá suministrar energía eléctrica desde otro punto de abastecimiento, proporcionando la energía necesaria que el campus requiera.

El proceso y tratamiento que sigue la energía eléctrica desde la generación hasta la entrega a los usuarios está constituido por elementos que se clasifican por etapas o subsistemas, en la **figura 2.4**. Para el presente proyecto se considera la subestación San Rafael N° 27C, 23 (kV), que es alimentada desde la S/E Vicentina, 46 (kV). La Subestación Alangasí N° 26 de 23 (kV) que mejora la fiabilidad y confiabilidad en el suministro de energía gracias a la Interconexión con Colombia desde Jamondino a 230 (kV) y Santa Rosa a 138 (kV). **(ver Anexo 1)**.

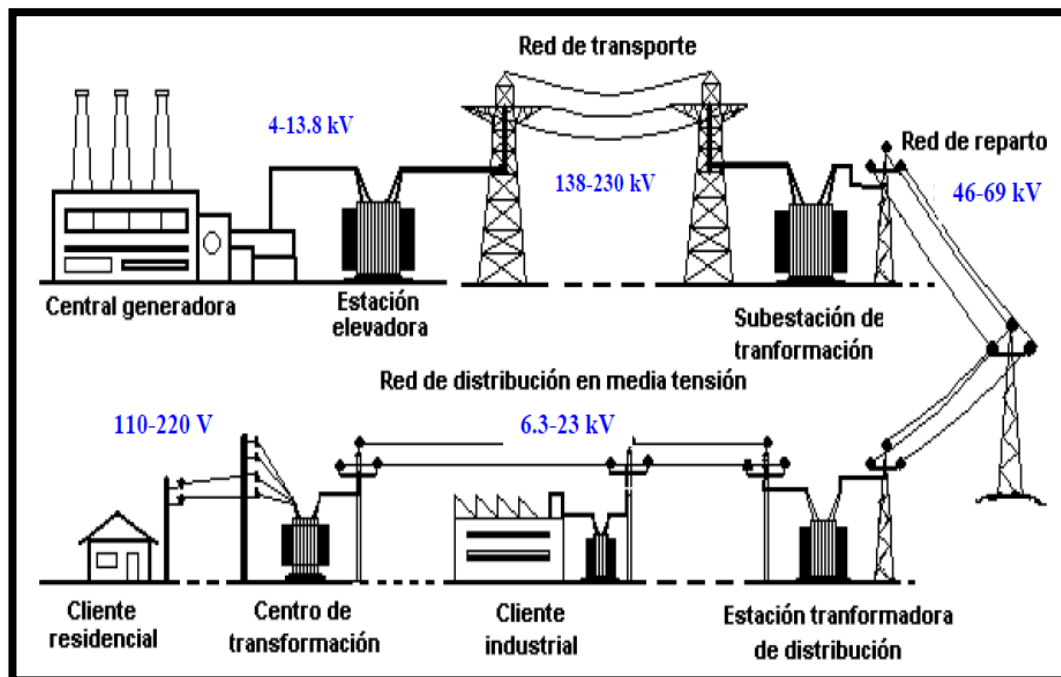


Figura 2.4: Diagrama Esquemático del Suministro de Energía Eléctrica.

El abastecimiento de energía eléctrica en caso de emergencia por parte de la Empresa Eléctrica desde otra Subestación se lo realiza mediante un Sistema de Transferencia Automática en Media Tensión tomando en cuenta los factores necesarios para dicho sistema<sup>9</sup>.

### **2.3.2.1 Situación Actual de las Subestaciones que intervienen en el Sistema de Emergencia Eléctrica.**

#### **a. Subestación N° 27 SAN RAFAEL (23kV)**

La Subestación dispone de un transformador de 20/27/33 (MVA), 46/23 (kV)<sup>10</sup>, desde 1994. Sus cargas coincidentes a las 19h15, según las lecturas del 22/Oct/2009 dan como resultado que la demanda de la subestación ajustada al pico del año es de 32,5 (MVA), y con carga alta en el 27-F, lo que permite concluir que esta subestación tiene poca reserva para el año 2010, con lo cual ocasionaría que exista cortes de energía.

La Subestación San Rafael según el último estudio realizado del plan de expansión 2010 – 2020 de la EEQSA, cuenta con una demanda de 36,3 (MVA) para el año 2011 y el transformador de 33 (MVA) estaría sobrecargado, por lo que, la alimentación de 46 (kV) de la subestación estaría en colapso ante la contingencia de falla de cualquiera de sus líneas de alimentación por sobrecarga. Resultado de dicha falla la ESPE que se encuentra actualmente conectada a la Subestación San Rafael N°27C se quedaría des-energizada.

---

<sup>9</sup>[www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_electronica\\_y\\_electronica/sistemadistribucionenergi\\_aelectronica](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electronica_y_electronica/sistemadistribucionenergi_aelectronica)

<sup>10</sup> Plan de Expansión 2010-2020 del Sistema Eléctrico de la EEQSA. Quito- 2010

### **b. Subestación N° 26 ALANGASÍ (23kV)**

Cuenta con un transformador de 20/27/33 (MVA), 138/23 (kV), y su demanda es de 13,84 (MVA)<sup>11</sup>, cuya carga primordial es el Parque Industrial del Inga. Para la distribución cuenta con celdas blindadas en SF6 aisladas para 24 (kV), 4 salidas para primarios de distribución, 1 alimentación para un Banco de Capacitores de 4,5 (MVar), 1 alimentación de transformador de servicios auxiliares de 50 (kVA).<sup>12</sup> Para el año 2018 está previsto se instale un segundo transformador de 20/27/33 (MVA), 138/23 (kV), para descargar al existente y aumentar la reserva en (MVA). Para el 2020 su demanda sería 33,1 (MVA) y 66,0 (MVA) su capacidad instalada. Durante el período su tasa de crecimiento promedio anual variaría entre el 5,75% y 6,75%; con lo cual la Subestación Alangasí tendría la reserva de energía necesaria para la alimentación de la ESPE en caso de emergencia eléctrica, mediante la transferencia de carga en media tensión.

#### **2.3.2.2 Protecciones a las Líneas Suministradoras de Energía.**

El objetivo de las protecciones consiste en reducir la influencia de una falla en el sistema, hasta el punto que no se produzcan daños importantes. Las protecciones utilizadas para una línea son:

##### **a. Switch de Línea – Seccionador (89)**

Es un switch que se utiliza como desconectador, interruptor de carga o switch de aislamiento en circuitos de potencia AC o CD, este dispositivo

---

<sup>11</sup> Plan de Expansión 2010-2020 del Sistema Eléctrico de la EEQSA. Quito- 2010

<sup>12</sup> Departamento de Diseño y Construcción L/T y S/E de la EEQSA. Quito – 2012.

puede opera eléctricamente, o también trabajar con accesorios electrónicos como switch auxiliares, cierres magnéticos entre otros.

**b. Relé Sincronizador o comprobador de Sincronismo (25).**

Este relé es aquel que permite o realiza la puesta en paralelo de dos sistemas cuando se encuentran en las debidas condiciones de frecuencia, ángulo de fase y tensión.

**c. Relé de Recierre (79).**

Es un relé que controla el recierre automático de un interruptor de circuito, este relé da una sola orden de cierre y si se realiza sobre falla, este dispositivo da una nueva orden de apertura al interruptor principal y queda bloqueado.

**d. Relé de mínima tensión (27).**

Es aquel relé que funciona para un determinado valor de la tensión inferior a la tensión normal, este relé tiene la capacidad de detectar el descenso de tensión, desequilibrio de tensiones o fallo de fases y la secuencia inversa de sucesión de fases.

Para las líneas suministradoras de energía por parte de la Empresa Eléctrica también existen protecciones como el relé de sobreintensidad **(50/51)**, y el relé de distancia **(21)**, que intervienen en las líneas de distribución las cuales ya se encuentran descritas anteriormente en las protecciones al generador.



### **2.3.2.3 Mantenimiento de las Protecciones.**

A partir del momento en que una instalación eléctrica entra en servicio, con las protecciones eléctricas necesarias según los diseños; pueden pasar años sin que estas sean llamadas a operar. Sin embargo el criterio de seguridad indica que no es lógico esperar a que se produzca una falla para verificar su correcta actuación. Con lo cual es necesario realizar pruebas de verificación de protecciones que resulta más económico que la salida de servicio por falla capaz de producir consecuencias negativas como:

- ◆ Lucro cesante por producción detenida.
- ◆ Equipo eléctrico dañado.
- ◆ Costos de reparación en tableros o máquinas eléctrica.

Por lo tanto las protecciones necesitan de los diferentes tipos de mantenimiento que se describen a continuación:

#### **a. Mantenimiento Mínimo.**

Las actividades que se desarrollan en este tipo de mantenimiento son para relés electromecánicos:

- a) Inspección visual, limpieza y pulido de contactos.
- b) Medir señales de corriente alterna en las entradas de la bobina,
- c) Pruebas de Disparo sobre interruptores, (verificación de curvas).
- d) Comprobación de actuación correcta de banderas.

Se recomienda una periodicidad de cada seis (6) meses para este mantenimiento.

## **b. Mantenimiento Preventivo.**

Para garantizar el correcto funcionamiento de las protecciones en tableros es necesario que periódicamente se realicen una serie de tareas que pueden consistir en:

- a) Limpieza, eliminación de polvo, óxido, humedad y revisión de contactos en busca de erosión o partículas.
- b) Inspección visual y ajuste de conexiones eléctricas.
- c) Pruebas de protecciones en condiciones simuladas de fallas a fin de verificar su ajuste.

Periodicidad cada año o cada dos (2) años.

## **c. Mantenimiento Correctivo**

Es realizado habitualmente por el personal calificado en laboratorios, luego de que el relé de protección ha sido reparado a fin de constatar que sus características eléctricas no han variado.

### **2.3.2.4 Factores que intervienen en el Suministro de Energía Eléctrica.**

La instalación de enlace tiende a ser el punto del sistema de suministro eléctrico que une las redes de distribución con las instalaciones interiores de los clientes como se observa en la **figura 2.5**.

En dicha figura se señala con claridad desde la red de distribución por parte de la empresa eléctrica, la acometida a las dependencias, la centralización de contactores y las derivaciones individuales existentes en el sistema de potencia.

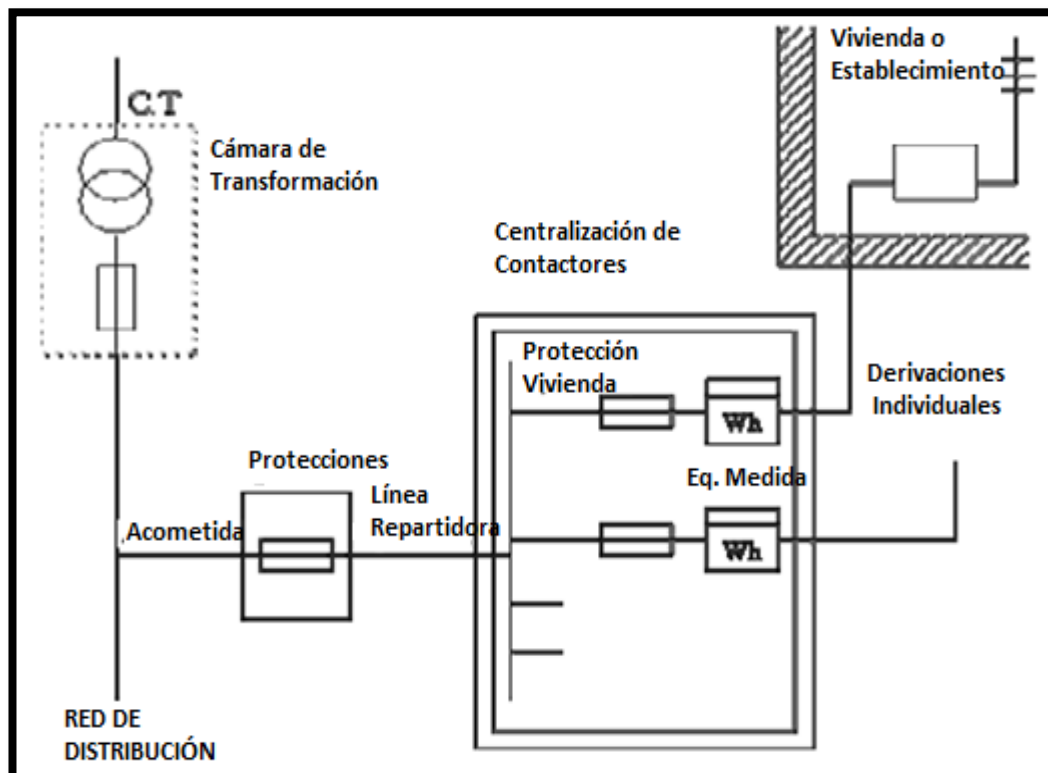


Figura 2.5: Instalación Eléctrica del Enlace de Abonado<sup>13</sup>

Los elementos y factores que en la instalación de enlace intervienen en caso de emergencia, abastecido por otras Subestación son:

**a. Transferencia Automática en la Acometida.**

Es la parte de la instalación del suministro eléctrico comprendida entre las redes de distribución pública en media tensión por parte de la empresa eléctrica y el cuadro general de protección del abonado. Aquí se realiza la

<sup>13</sup>Descripción Del Sistema Subestaciones San Rafael Y Sangolquí Empresa Eléctrica "Quito" S.A.

transferencia automática pasando de un proveedor de energía a otro, es decir desde una Subestación A, a una Subestación B; esto se lo realiza utilizando equipos como interruptores de potencia (reconectores) y un sistema de transferencia automática.

#### **b. Cuadro General de Protección.**

Es la parte de la instalación que contiene los elementos de protección de los diferentes circuitos de la dependencia a ser alimentada, aquí se encuentran tantos los relés como también el interruptor de control de potencia, el interruptor diferencial y los interruptores automáticos que intervienen en emergencia.

#### **c. Centros de Transformación<sup>14</sup>.**

Están provistos de bancos de transformadores, los cuales son alimentados por las líneas de distribución en media tensión. Desde estos centros de transformación se distribuye la energía de baja tensión (110-220 o 220-400 V) a las dependencias que la requieran.

### **2.3.2.5 Tiempos de Funcionamiento de las Líneas en el Sistema de Transferencia Automática.**

Los tiempos que maneja los tableros de transferencia automáticas cuando existe emergencia eléctrica son:

- ◆ Tiempo de Espera de Falla.
- ◆ Tiempo de cambio de Posición de los Interruptores de Potencia

---

<sup>14</sup>ENRÍQUEZ Harper, Gilberto - "Elementos de Diseño de las Instalaciones Eléctricas Industriales" - Segunda Edición - Limusa Noriega Editores - 2002.

- ◆ Tiempo de Recierre.
- ◆ Tiempo de Retransferencia.
- ◆ Tiempo de des-energización.

### **2.3.3 SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA.<sup>15</sup>**

En condiciones normales la carga es abastecida por la red de servicio público desde una Subestación determinada y cuando se presenta una falla o condición anormal en dicha red, el sistema transfiere la energía eléctrica de la fuente normal a la fuente auxiliar o de emergencia. Una vez que la energía se restablece en forma satisfactoria desde la red pública el sistema de transferencia detecta y conecta la carga nuevamente a la red normal. Los sistemas de transferencia se constituyen básicamente por:

- ◆ Un conmutador o interruptor de transferencia
- ◆ Un mecanismo de enclavamiento
- ◆ Un circuito de control
- ◆ Dispositivos de medida y señalización

Entonces transferencia, es la acción de conectar la carga desde la fuente principal a la fuente auxiliar o emergencia.

En cambio la re-transferencia, es la acción de conectar la carga desde la fuente auxiliar a la fuente principal una vez que se ha restablecido las condiciones normales que garantizan la operación satisfactoria de la carga.

---

<sup>15</sup> Manual de Instalaciones de Grupos Electrónicos, México – 2005.

### 2.3.3.1 Clasificación de los Sistemas de Transferencia.

Los equipos de transferencia se pueden clasificar por:

- ◆ El tipo de accionamiento
  - ◆ La naturaleza del interruptor de transferencia
  - ◆ Según el Tipo de Carga
- 
- Según el tipo de accionamiento pueden ser:
    - a) Manuales
    - b) Semiautomáticas
    - c) Automáticas
  
  - Según la naturaleza del interruptor de transferencia pueden ser:
    - a) Interruptores de cuchilla o Seccionadores
    - b) Combinadores de mando
    - c) Cortacircuitos
    - d) Interruptores automáticos o Breakers
    - e) Contactores
  
  - Según el tipo de carga pueden ser:
    - a) Para carga trifásica (Tripolares)
    - b) Para carga monofásica (Bipolares o Monopolares)

#### a. Transferencia Manual.

En la **figura 2.6** se ilustra un equipo de transferencia de carga que emplea un interruptor o seccionador manual de cuchilla de tres polos dos posiciones. Tanto la red como el sistema de emergencia tienen sus respectivas protecciones de sobrecarga y cortocircuito por medio de los interruptores automáticos, con los cuales también se puede desconectar y

aislar la carga. Esta transferencia debe ser realizada manualmente por un operario.

Las lámparas de señalización N y E indican la presencia o ausencia de voltaje en la línea respectiva. La maniobra de transferencia solo debe realizarse cuando el sistema de emergencia propuesto o grupo electrógeno se ponga en servicio a voltaje y frecuencia nominal garantizando el funcionamiento satisfactorio de la carga.

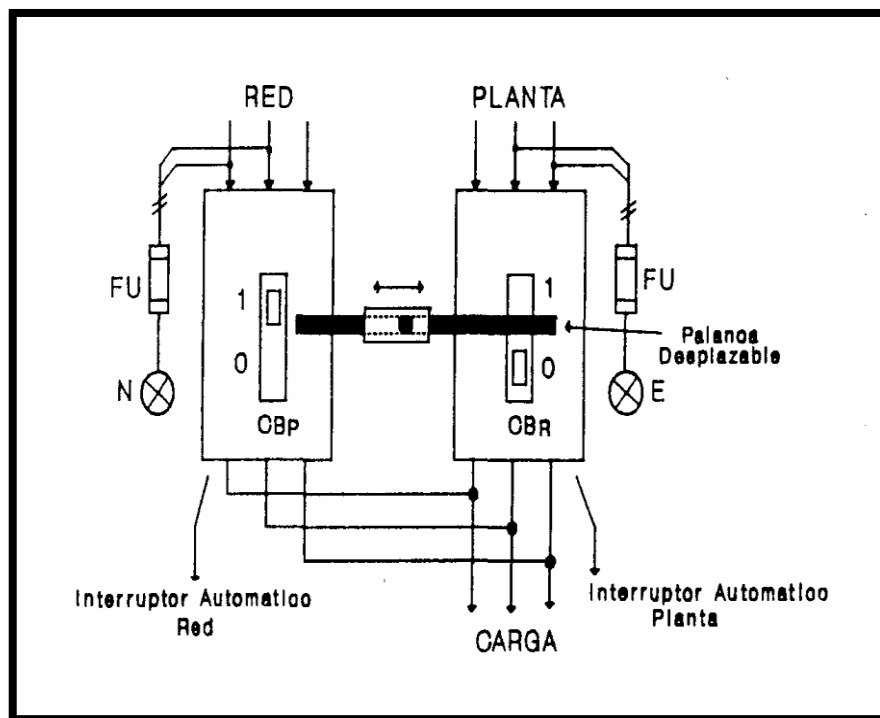


Figura 2.6: Circuito de Transferencia Manual con Interruptor Cuchilla.

### b. Transferencias Automáticas.

El empleo de transferencias automáticas elimina la necesidad del operador y reduce considerablemente el tiempo de "puesta en servicio" de la fuente auxiliar o emergencia. En una transferencia automática la conmutación de los interruptores es ordenada por un circuito de control que recibe información directa e inmediata de las condiciones presentes

en la red pública y en el generador o sistema de emergencia como se observa en la **figura 2.7**.

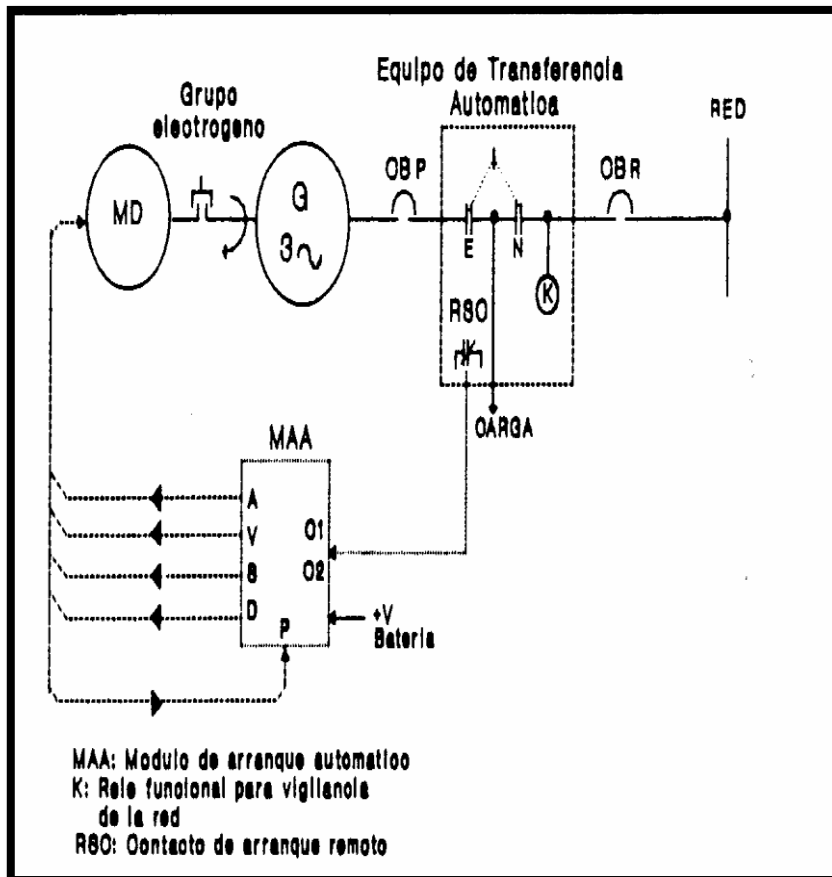


Figura 2.7: Transferencia Automática de Carga para un Sistema de Emergencia (grupo electrógeno).

Los circuitos utilizados para realizar la acción de control en los equipos de transferencia son básicamente de dos tipos:

- ◆ Circuitos de control Electromecánicos.
- ◆ Circuitos de control Electrónicos.

**i. Circuitos de Control Electromecánicos.**

Se implementan con relés convencionales de tipo electromagnético, algunos de ellos temporizados neumática o electrónicamente para dar los



retardos requeridos durante toda la secuencia de conmutación desde el momento de la detección de la falla o anomalía hasta el paro final del grupo electrógeno o sistema de emergencia implementado; una vez que se restablezcan las condiciones normales en la red.

## **ii. Circuitos de Control Electrónicos.**

En muchos casos son circuitos híbridos que incorporan dispositivos electromecánicos como relés electromagnéticos, conmutadores manuales, entre otros. Un sistema de transferencia automático es acondicionado con relés de protección incorporados como el relé de presión de nivel (63), relé de temperatura (23), relé de Sobre-velocidad (12), relé de sobre-intensidad (50/51); que vigilan y monitorean en todo momento las condiciones eléctricas de la red y del sistema de emergencia. Cuando existe un corte de energía de la red, el equipo de transferencia da una orden al módulo del sistema de emergencia para que se ponga en servicio. Tanto la transferencia como la retransferencia se deben hacer con una secuencia temporizada.

### **2.3.3.2 Modo de Funcionamiento de los Equipos de Transferencia.<sup>16</sup>**

La operación de un equipo de transferencia, sea en forma manual o automática, se debe efectuar siguiendo una serie de pasos secuenciales a partir del instante en que presenta una falla en la red normal y se detecta la anomalía. Dichos pasos se realizan en una secuencia temporizada definida por los siguientes tiempos según el sistema de emergencia implementado:

---

<sup>16</sup>Taípe M. "Estudio del Suministro de Energía Eléctrica de Emergencia para la ESPEL", ESPE-Latacunga-2007

**a. Tiempo de Espera.**

Es un retardo para demorar el arranque del motor a diesel en el caso de un sistema con generadores, con el fin de desatender fallas y fluctuaciones momentáneas en el suministro de energía normal en los equipos de transferencia automática, este tiempo es de ajustable es de 0 a 10 seg. En el caso de transferencia de una línea a otra este retardo se da por verificación del estado de la línea auxiliar y varía de 5 a 10 seg.

**b. Tiempo de Arranque.**

Para un sistema de emergencia con generadores, luego del tiempo de espera, es el tiempo que demora el grupo electrógeno en arrancar y normalizar las condiciones para el suministro de energía. En los sistemas de transferencia automática de este tipo, este tiempo puede prolongarse hasta que terminen todos los pulsos de arranque que envía el módulo de arranque automático al contactor de arranque del motor a diesel, si el arranque no es exitoso se genera la señal de arrastre excesivo ("Overcrank") y el equipo de transferencia no puede operar.

**c. Tiempo de Cambio de Posición de Interruptores.**

Dicho tiempo es utilizado cuando el sistema de emergencia es suministrado desde otra subestación y corresponde al cambio de posición de los interruptores reconectores (52) que tiene el sistema en cada línea. Este tiempo puede variar de 20 a 30 segundos.

**d. Tiempo de Pre calentamiento.**

Este tiempo también es utilizado solo en caso de sistemas con generadores, puesto que una vez que se dé el arranque exitoso y las condiciones de la fuente auxiliar sean normales para el servicio, el

generador debe operar en vacío antes de tomar la carga, para permitir una correcta lubricación de todas las piezas móviles del motor y homogenizar la temperatura del bloque. En los equipos de transferencia automática este tiempo se hace ajustable normalmente de 10 a 60 segundos, en climas fríos debe ajustarse al máximo y en condiciones extremas puede ser necesario prolongarlo. Luego de éste ya puede efectuarse la transferencia.

Para grupos electrógenos que utilizan el sistema de precalentadores de agua de las camisas del motor, el tiempo de precalentamiento se ajusta normalmente al mínimo.

**e. Tiempo de Recierre.**

Es el tiempo que permanece operando el sistema de emergencia con la carga conectada antes de iniciar la retransferencia, contado a partir del instante en que retorna el servicio de energía de la fuente principal; evitando así la conmutación innecesaria de los interruptores debido a los cortes frecuentes y seguidos que se dan en el servicio antes de restablecer definitivamente las condiciones normales en la red. En equipos de transferencia automática este tiempo se hace ajustable de 0 a 60 segundos. Para obtener una mayor confiabilidad en el sistema se acostumbra poner el tiempo fijo con el valor máximo.

**f. Tiempo de Retranferencia.**

Al manejar cargas grandes de tipo inductivo, particularmente motores con alta inercia ventiladores, bombas centrífugas, secadoras centrifugas, etc.; hay que considerar el problema de las altas corrientes que se presentan al pasar los motores de una fuente de energía a otra.

El resultado puede ser el incremento súbito de las corrientes a valores extremadamente altos durante la conmutación. El método más simple es el de demorar la conexión de la carga a la red normal a partir del instante en que el sistema de emergencia utilizado o generador suelta la carga, una vez transcurrido el tiempo de recierre. En este caso, el voltaje residual se deja caer a cero o a un valor en el cual la desconexión produzca corrientes similares a las de arranque normal de motor en el caso de los generadores, este valor normalmente está por debajo del 25% del valor nominal. Este tiempo puede ser fijo o ajustable dentro de un rango de 0 a 30 seg. para generadores y de 30 a 60 seg. para líneas.

#### **g. Tiempo de Enfriamiento.**

Solo para sistemas de emergencia con generadores, es el tiempo que permanece el generador trabajando en vacío, con la carga conectada a la red normal, contada a partir del instante de la retransferencia cuando ya el servicio de energía de la red principal se ha normalizado. Con ello se busca que el motor a diesel pueda evacuar fácilmente el calor interior y homogenizar la temperatura del bloque evitando recalentamientos internos que originan la actuación de la protección térmica o dañan las empaquetaduras de la máquina, entonces el sistema de refrigeración del motor cumple una función muy importante durante este tiempo hasta que la máquina se detenga al terminar el ciclo de transferencia el tiempo de enfriamiento se hace ajustable normalmente de 2 a 6 minutos.

#### **2.3.3.3 Alimentación de los Tableros de Transferencia Automática (TTA).**

El tablero de transferencia automática se encuentra conformado con su propia alimentación permanente de 12/24 VCC y un cargador automático de flotación. El sistema cuenta con alimentación estable y las cargas de

baterías son adecuadas en el momento del arranque del TTA. Esto garantiza que el sistema de emergencia utilizado y el TTA funcionen de manera adecuada ya que en muchos casos si las baterías no están en perfecto estado, la tensión de alimentación del tablero puede caer por debajo del mínimo permitido y generar fallas.

#### **2.3.3.4 Control de los Tableros de Transferencia Automática.**

“El TTA realiza la siguiente serie de acciones cronológicamente ante una falla de energía, para poner en marcha el sistema de emergencia utilizado:

1. Comportamiento frente a una falla de energía externa: La unidad se encuentra supervisando la presencia de las fases de entrada de red. La supervisión de la red la realiza un módulo de control en modo permanente y permanece en modo espera. (Modo automático). Será considerada falla de suministro de energía externa ante una caída de las fases o de solo una de ellas.
2. Arranque de motor: Ante la falla, si el sistema de emergencia es con generadores, el módulo de control pone en contacto el grupo electrógeno y seguidamente energiza el motor de arranque para iniciar la secuencia de encendido del motor. El motor arranca y estabiliza la marcha a las rpm establecidas (1500 o 1800 rpm) y el generador llega a la tensión de generación.
3. Transferencia de cargas: Cuando la tensión en el sistema de emergencia es la adecuada, se inicia la transferencia de cargas. El módulo de control de transferencia procede a desconectar la red y conectar suministro de emergencia utilizado.

4. Espera de normalización de red externa: Una vez terminada la rutina de transferencia de cargas, el módulo de control queda en espera del retorno de la red externa y controla permanentemente el normal funcionamiento del sistema de emergencia aplicado.
  
5. Reconexión a red externa: Cuando se detecta el retorno de red externa, la unidad esperará que la misma se mantenga normal por un período programable mencionado antes en los tiempos. Superado tal tiempo se producirá a la desconexión del sistema de emergencia y conexión a la red externa.
  
6. Finalización de maniobra de reconexión a red externa: Una vez devuelta la carga a Red Externa, se esperará un tiempo programado de apagado del motor en caso de que el sistema de emergencia utilice generadores. Este tiempo es utilizado para permitir una baja de temperatura del motor por encontrarse sin carga antes de ser detenido, luego de este tiempo se quitará el contacto al grupo finalizando así el ciclo de transferencia por falla en el suministro de la Red Externa; una vez apagado el grupo normalmente, el sistema permanecerá en alerta para una nueva llamada de transferencia.”<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup>[www.cram-sa.com.ar/gruposelectrogeneros/tablero-transferencia-automatica-tta.html](http://www.cram-sa.com.ar/gruposelectrogeneros/tablero-transferencia-automatica-tta.html)

### **2.3.3.5 Sincronización de las Operaciones del Sistema de Transferencia.**

De acuerdo a las necesidades detalladas, el tablero de transferencia automática de energía y sincronismo cuenta con tres modos de operación:<sup>18</sup>

- ◆ Modo Apagado
- ◆ Modo Prueba (en vacío)
- ◆ Modo Normal (con carga)

#### **a. Modo apagado.**

Durante este modo de operación el sistema de control está apagado y no monitorea la red ni realiza ninguna acción en caso de falla de red. Permite si el sistema es con generadores encender de forma local desde su panel de control y activar o desactivar manualmente los disyuntores de cada uno de ellos.

La única forma de deshabilitar completamente el sistema es apagando el PLC.

#### **b. Modo prueba (En Vacío).**

Durante este modo de operación, el sistema de control acciona el suministro de emergencia o enciende los generadores si trabaja con ellos, pero no los conecta a la barra común. En caso de falla de red, llevan a cabo las acciones dispuestas para el modo NORMAL de funcionamiento del sistema; por el contrario si la falla desaparece, se realiza la retransferencia de carga a la red, se desconecta el sistema de

---

<sup>18</sup> Abad J. "Diseño E Implementación de un Tablero para la Transferencia Automática de Energía y Sincronización de Generadores de Emergencia para El Centro Comercial El Condado", ESP- 2008.

emergencia utilizado de la barra común mediante sus disyuntores, pero permanecen dispuestos hasta que cumpla sus tiempos programados y cambie el modo de operación. Se optó por este método de trabajo, para realizar un encendido periódico que permita verificar que los generadores o cualquier otro sistema aplicado, se encuentren en perfecto estado para actuar cuando se suscite una falla de red normal de la empresa eléctrica.

### **c. Modo normal (Con Carga).**

Durante este modo de operación se aplican las características STAND BY; es decir, en caso de falla de red el sistema de control realiza las maniobras de reparto de carga con detección de la cantidad de potencia necesaria para abastecer la carga. Así también, cuando retorna la red, se conmuta de la energía auxiliar hacia la energía principal y se desacoplan el sistema de emergencia de la barra común.

## **2.4 CARACTERÍSTICAS DEL DIAGRAMA UNIFILAR.**

En el estudio de sistemas eléctricos, el uso de diagramas unifilares resulta de gran utilidad y representa un elemento básico para el diseño y fácil entendimiento para los trabajos de sistemas eléctricos de emergencia. Los diagramas unifilares se definen como: “Un diagrama que indica por medio de líneas sencillas y símbolos simplificados, la interconexión y partes componentes de un circuito o sistema eléctrico en las diferentes cámaras existentes”.

El propósito de un diagrama unifilar es el de suministrar en forma rápida y concisa información significativa acerca del sistema.

Entre las propiedades y ventajas que presentan los diagramas unifilares se destacan:



- ◆ Conocimiento integral del sistema eléctrico del campus politécnico.
- ◆ Ayuda en la toma de decisiones relativas al crecimiento del sistema, así como localización y separación de fallas principalmente.
- ◆ Facilita el estudio de ingeniería, tales como corto circuito, protecciones y flujos de carga.

#### **2.4.1 METODOLOGÍA PARA EL LEVANTAMIENTO DEL DIAGRAMA UNIFILAR.**

El diagrama unifilar indica, por medio de una sola línea y por símbolos estándar, cómo se conectan las líneas de transmisión o distribución con los aparatos asociados de un sistema eléctrico. Para elaborar el diagrama unifilar, se realiza el levantamiento de datos de los generadores, subestaciones, transformadores, tableros, centros de carga, cables y canalizaciones, tomando en cuenta los siguientes datos:

- ◆ Suministro de energía eléctrica: tensión, frecuencia, número de fases, y número de hilos.
- ◆ Circuitos eléctricos: capacidad (kW), longitud, cantidad y calibre de conductores, tipo de canalización.
- ◆ Transformadores: Potencia en (kVA), número de fases, tipo de conexión, tipo de enfriamiento, tensión, impedancia, y elevación de temperatura.
- ◆ Tableros: Capacidad de barras, tensión, número de fases, número de hilos, frecuencia.
- ◆ Interruptores: Capacidad, número de polos, marco y disparo.
- ◆ Cargas: Capacidad en (kW, kVA).

- ♦ Transformadores de corriente y potencial: Relación de transformación y cantidad.
- ♦ Instrumentos de Medición.
- ♦ Planta de emergencia. Capacidad en (kW ó kVA), fases, frecuencia, tensión, RPM, y factor de potencia.

En todos los casos se identificará el equipo y ubicación del mismo.

## **2.5 METODOLOGÍA PARA EL REDISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA.**

### **2.5.1 LEVANTAMIENTO DE PLANOS Y DIAGRAMAS UNIFILARES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA Y EMERGENCIA.**

El inicio de un estudio de rediseño, es realizar el correcto levantamiento de planos y diagramas unifilares actualizado del sistema por estudiar, con los datos de todos los elementos que en él aparecen tanto en emergencia como de su red principal. Posteriormente se detallan las características del diagrama unifilar por cámaras de transformación.

Con el propósito de normalizar la representación de los elementos de las redes de distribución en planos y diagramas unifilares, en el **(ANEXO 1)** se establece los símbolos convencionales adoptados al presente proyecto.

### **2.5.2 DETERMINACIÓN DE LA CARGA MÁXIMA CONSUMIDA.**

Es metódicamente imposible conocer con exactitud la carga de una instalación compleja. Sin embargo, se pueden hacer mediciones con

equipos analizadores de energía durante un determinado periodo de tiempo en las diferentes cámaras existentes con el fin de obtener un valor preciso de la carga.

La determinación de la carga máxima es una labor que requiere de técnica por un analizador o por cálculos, pero también de criterio para definir los planes que deben dejarse para el futuro, así como la influencia de los posibles ciclos de operación en emergencia. Una reserva excesiva representará una inversión que tal vez nunca se utilice; por el contrario reservas insuficientes pueden provocar un problema a corto plazo. Por esta razón es recomendable estudiar varias opciones.

En el análisis también deben contemplarse los efectos que las variaciones de la carga en el tiempo pueden tener sobre la regulación del voltaje, la calidad y el costo de la energía.

Para las primeras etapas del rediseño de un sistema eléctrico de emergencia, se deben tener en cuenta los factores que podrían incrementar o disminuir la carga como: procesos de producción específicos, maquinaria más moderna, grado de automatización, comodidad de los operarios, capacidad de producción, fuerza motriz para otros fines, etc.

### **2.5.3 RECOPIACIÓN DE DATOS DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA.**

Con el fin de realizar un correcto rediseño en el sistema eléctrico de emergencia, es necesario obtener la información correcta y precisa de los equipos que intervienen en el Sistema de Emergencia Eléctrica,

obteniendo así sus características fundamentales, funciones y modos de operación.

#### **2.5.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL REDISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA.**

Los factores fundamentales que influyen en la implementación de un Sistema Eléctrico de Emergencia son:

- ◆ Delimitar las áreas que van a ser respaldadas por el Sistema Eléctrico de Emergencia.
- ◆ Establecer la potencia que se va a requerir según las necesidades de las áreas determinadas.
- ◆ Definir la potencia del sistema eléctrico de emergencia instalada
- ◆ Evaluar las facilidades o disponibilidades, se elige el tipo de sistema de emergencia a implementar ya sea por otra subestación o por grupos electrógenos.
- ◆ Diámetro del cable a ser utilizado y su longitud
- ◆ Voltaje requerido
- ◆ Potencia de trabajo
- ◆ Capacidad máxima de carga a soportar
- ◆ Dependiendo de la potencia y tipo de sistema de emergencia se puede establecer el espacio físico necesario para su ubicación.
- ◆ Y por último con la potencia y ubicación del equipo se diseñan las instalaciones eléctricas que alimentarán las áreas necesarias.

Para calcular la potencia requerida para un sistema de suministro de energía eléctrica en una zona de emergencia, se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$W = (Dem) \times (1.4) \times (1.5) \qquad \text{Ec. 2.3}$$

Donde: esta

- ✦ **W:** es la potencia necesaria requerida
- ✦ **Dem.:** Es la demanda consumida de todos los equipos instalados (lámparas, motores, ventiladores, cámaras de transformación y más.)
- ✦ **1.4 y 1.5 :** son factores de seguridad para compensar pérdidas en la línea y consumos adicionales

Ejemplo:  $W = (59.56 + 35.45 + 305.2) \times 1.4 \times (1.5)$

$$W = 840.44 \text{ (kW)}$$

$$S = \frac{840.44 \text{ (kW)}}{0.85}$$

$$S = 988.75 \text{ (kVA)}$$

El cálculo de la potencia y la corriente se puede dar así:

$$S = \sqrt{3} V \times I \times \text{Cos} \emptyset \quad \text{Ec. 2.4}$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} V \times \text{Cos} \emptyset}$$

Donde:

- ✦ **S:** es la potencia requerida (kVA)
- ✦ **V:** es el voltaje de uso (110 o 220 (V))
- ✦ **I:** es la corriente de consumo en la instalación (kA)

#### **2.5.4.1 FACTORES TÉCNICOS.**

El sistema escogido en principio debe adaptarse a las condiciones de:

- ◆ Carga instalada
- ◆ Frecuencia
- ◆ Voltaje
- ◆ Consumo continuo o intermitente
- ◆ Sistemas de distribución existentes en el sitio de instalación monofásico o trifásico
- ◆ Condiciones de mantenimiento accesibles

Por regla general el tamaño de los equipos lo define la capacidad del sistema eléctrico de emergencia a implementarse en (kVA). La capacidad del mismo viene indicado en la placa de datos de los elementos y significa que:

Si se trata de un sistema con grupos electrógenos, el equipo opera a velocidad y voltaje nominal, el generador puede manejar una carga nominal, expresada en (kVA).

#### **2.5.5 SECCIONAMIENTO DE CARGA PARA EL SUMINISTRO DE EMERGENCIA ELÉCTRICA.**

En aquellos casos en que el sistema de emergencia funcione con grupos electrógenos en servicio auxiliar o de emergencia, la carga conectada al generador puede seleccionarse:

- ◆ A plena carga
- ◆ Carga crítica o de emergencia

A Plena Carga, la consideración en la elección del tamaño o capacidad (kVA) de un grupo electrógeno es definida por la carga que debe ser conectada al generador.<sup>19</sup>

Se entiende como Carga Plena o Total aquella carga constante o variable que alimenta normalmente la red eléctrica de la empresa de energía y en la cual se pueden originar sobrecargas transitorias o estacionarias.

Aunque el criterio de carga total se aplica generalmente a grupos electrógenos que operan como fuente principal, es posible también extenderlo a la aplicación en servicio auxiliar. En la **figura 2.8** se muestra el diagrama unifilar para una planta conectada a plena carga.

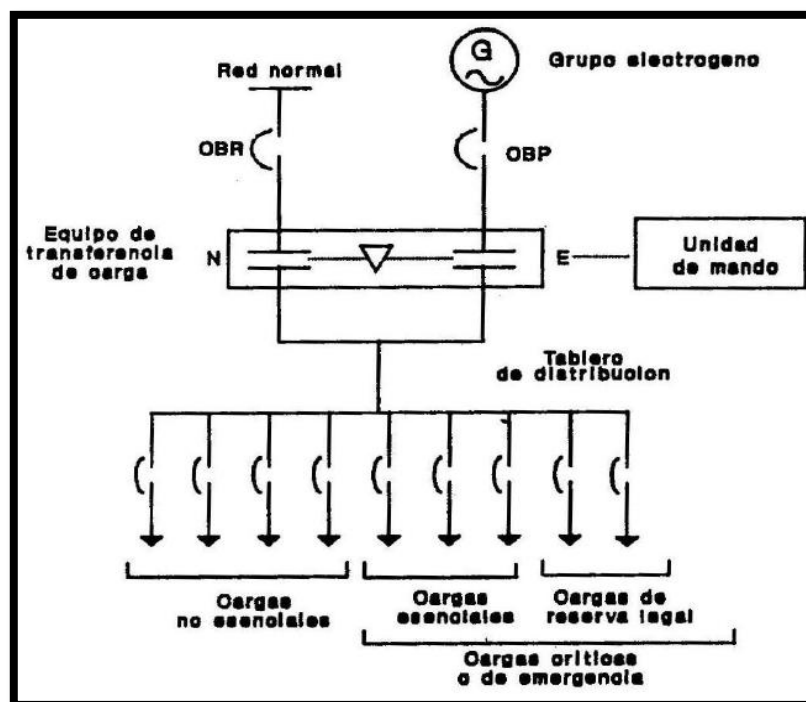


Figura 2.8: Diagrama Unifilar Grupo Electrónico conectado a plena carga.

<sup>19</sup>SERIE DE ENTRENAMIENTO SOBRE GRUPOS ELECTRÓGENOS, "Cummins Engine Company", U.S.A

Se entiende como Carga Crítica o de Emergencia, aquella carga constante o variable en la cual se debe garantizar el servicio continuo de energía. Esta carga se define también como carga prioritaria.

En la operación con carga crítica o de emergencia, las cargas no esenciales deben desconectarse del barraje de energía principal que alimenta el equipo de transferencia, como se indica en la **figura 2.9**.

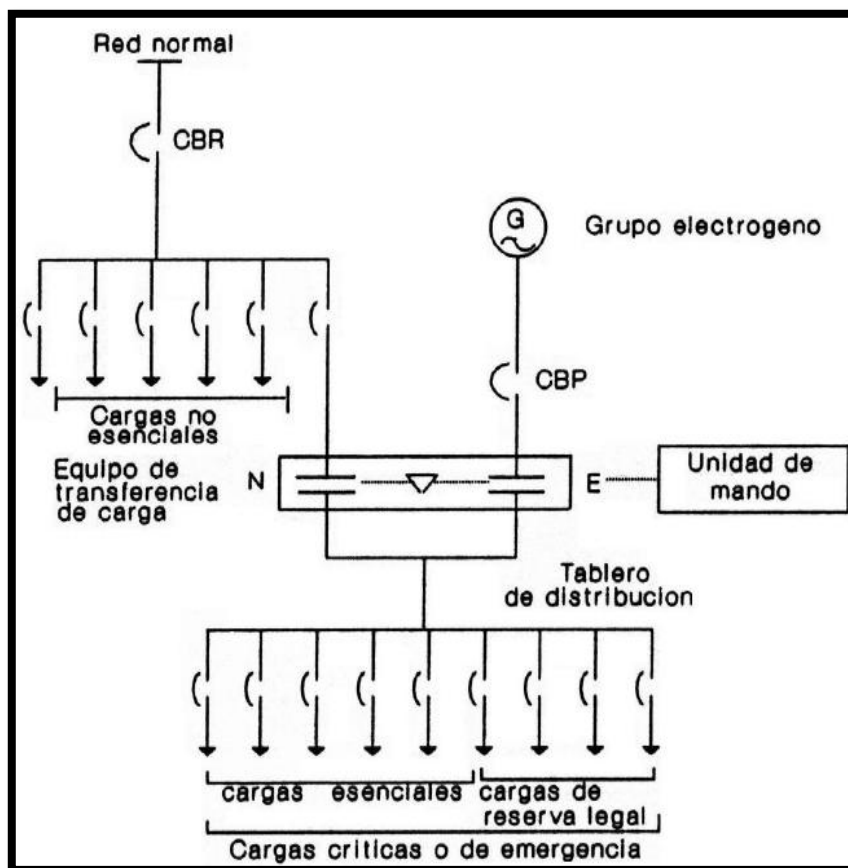


Figura 2.9: Diagrama Unifilar Grupo Electrónico conectado a carga crítica

Con las cargas críticas en un barraje separado, éstas recibirán energía cuando falla el suministro de la red normal y se pone en servicio el grupo electrógeno o Sistema de Emergencia utilizado.



## **2.5.6 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE.**

El conocimiento de la demanda máxima de un grupo de cargas y su efecto en el sistema de distribución es de gran importancia, dado que la demanda máxima del grupo determinará la capacidad que requiere el mismo sistema.

La carga conectada se puede referir tanto a una parte como al total del sistema de distribución y se puede expresar en watts, kilowatts, amperes, caballos de potencia, kilovolt-amperes, etc.

Para el caso de usuarios comerciales e industriales la Demanda de Diseño (DD) es la DM calculada usando el **(Anexo 2)**, según las normativas que rige la EEQSA.

Para obtener la Demanda Máxima Coincidente también se utiliza varios otros métodos; en el caso de adquirir datos a través de un analizador de energía eléctrica, donde se realiza la recopilación de valores de las cámaras de transformación durante un día específico, se consigue la demanda máxima coincidente generada durante las jornadas académicas que tiene el campus politécnico en sus periodos semestrales.

## **2.5.7 PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.**

Estas son el resultado de la ejecución de la metodología planteada para el rediseño, en este punto se da a conocer las diferentes soluciones en función de un análisis técnico-económico y de factibilidad de un sistema eléctrico de emergencia.

### **2.5.8 MODO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA**

Para mayor seguridad, confiabilidad y tranquilidad del usuario el sistema de emergencia tiene que ser totalmente automático; mientras existe el servicio de la compañía eléctrica el sistema está en Modo Normal, supervisando el voltaje de entrada. Al fallar el servicio eléctrico, el tablero de transferencia automática pasa a Modo Emergencia:

Desconectando instantáneamente el alimentador principal, y una vez estabilizado el nivel de voltaje del sistema de emergencia, el tablero de transferencia conecta el alimentador auxiliar a la barra común para darle energía al sistema eléctrico en emergencia. Cuando retorna el servicio eléctrico principal, el tablero de transferencia vuelve a Modo Normal pero manteniendo el sistema de emergencia encendido por pocos minutos. Transcurrido el tiempo de previsión el sistema se apaga.

## **CAPÍTULO 3**

### **LEVANTAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA ACTUAL DE LA ESPE**

#### **3.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE**

La ESPE campus Sangolquí, dispone del servicio eléctrico desde la Empresa Eléctrica Quito S.A, subestación de San Rafael por medio de una línea de media tensión de 22.8 (kV). Las diferentes dependencias del campus son alimentadas mediante nueve diferentes cámaras de transformación distribuidas alrededor del campo debido a la extensión de la universidad.

La información ha sido proporcionada por el Departamento de Desarrollo Físico de la institución en función de los archivos existentes que se detallan en los siguientes ítems:

- ◆ Plan de desarrollo urbano y planos eléctricos de iluminación y media tensión, 1985.
- ◆ Planos arquitectónicos de todos los bloques y dependencias.
- ◆ Planos eléctricos de la Biblioteca y el Edificio Administrativo.
- ◆ Planos eléctricos del Sistema de Salud Integrado.
- ◆ Planos eléctricos de las Residencias Nuevas bloque C y bloque D.
- ◆ Registros de operación y mantenimiento de los dos generadores de emergencia.
- ◆ Asesoría del personal encargado del área eléctrica.

### 3.2 LEVANTAMIENTO DE PLANOS Y DIAGRAMAS UNIFILARES EN MEDIA TENSIÓN.

La línea de distribución de media tensión que alimentan a los transformadores de la ESPE campus Sangolquí, es la descrita a continuación: ver plano eléctrico de la red de distribución de media tensión, (**Anexo 3**).

Tabla 3.1. Descripción del Alimentador de Media Tensión

S/E Nº	NOMBRE	CAPAC. (MVA)	VOLT. (kV)	ALIMENTADOR PRIMARIO
27	San Rafael	33	46 / 23	C

#### 3.2.1 PROTECCIONES INSTALADAS.

Las protecciones instaladas en la red de media tensión a continuación, se las describe de acuerdo a las principales características eléctricas.

##### 3.2.1.1 Punto de alimentación de la red primaria

Representa la conexión hacia la acometida del sistema de red existente.

Los dispositivos de protección y seccionamiento han sido instalados de acuerdo al requerimiento del valor máximo de la demanda de diseño realizados.

Tabla 3.2. Descripción de la Protección en el Punto de Alimentación

Tipo de instalación	Tensión nominal	Tipo de protección y seccionamiento	Valor
Aérea	22.8 KV	Seccionadores- Fusibles	20K

Los dispositivos se localizan en el punto de derivación de red aérea a red subterránea del campus.

### 3.2.1.2 Cámaras de Transformación

Para la protección de sobre-corrientes de los transformadores de distribución, existen los siguientes dispositivos:

En el lado primario, para protección contra fallas de origen interno se disponen de juegos de seccionadores fusibles provistos de tira-fusibles cuya corriente nominal y característica de fusión se presentan en la **Tabla 3.3** en función de la potencia nominal de los transformadores. (Ver diagrama unifilar de media tensión en el **Anexo 3**.)

Tabla 3.3. Descripción de las Protecciones en alta de los Transformadores

DESCRIPCIÓN	PROTECCIÓN INSTALADA		POTENCIA	VOLTAJE	CORRIENTE
PROTECCIÓN MEDIA TENSIÓN	TIPO	CAPD **	( KVA )	( V )	(In)
Protección General	Fusible - 3P	20K	1832,5	22860	10.1
Protección al CT2	Fusible - 1P/3u	15K	350	22860	8.86
Protección CT2	Fusible	12K	350	22860	5.68
Protección al CT1 - CT3 - CT4 - CT7 - CT8	Fusible - 1P/3u	65K	1007,5	22860	25.5
Protección CT1	Fusible- 3P Bayoneta	BFL (25)	160	22860	25.00
Protección CT3	Fusible - 3P	12K	112,5	22860	5.68
Protección CT4	Fusible - 3P	12K	400	22860	5.68
Protección CT7	Fusible-3P Bayoneta	BFL (25)	160	22860	25.00
Protección CT8	Fusibles - 3P	6K – 3H	125 + 50,00	22860	2.84 – 1.26
Protección al CT5-CT6 – CT9	Fusible - 1P/3u	25K	260	22860	12.03
Protección CT6	Fusible- 3P y Fusibles - 3P Bayoneta	12K y BFL (25)	300	22860	5.68 y 25.00
Protección CT5	Fusible - 3P Bayoneta	BFL (10)	75	22860	10.00
Protección CT9	Fusible - 3P Bayoneta	BFL (10)	100	22860	10.00

\*\* Designación del tirafusible;K= actuación rápida, H=actuación lenta, BFL= Bayoneta; según EEI-NEMA

### 3.3 LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE LAS CÁMARAS DE TRANSFORMACIÓN

El Campus Sangolquí tiene una extensión aproximada de 550.000 m<sup>2</sup> y se encuentran distribuidas nueve cámaras de transformación en forma radial a partir del punto de alimentación, cubriendo las diferentes dependencias como se puede observar en el (**Anexo 4**), *plano N° 4*. Las características de los transformadores y sus bloques de suministro, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3.4. Características y Dependencias de los Transformadores

<b>Cámara de Transformación.</b>	<b>kVA</b>	<b>Voltaje Nominal (Prim. /Secu.)</b>	<b>Dependencias</b>
<b>CT1 (Plano N° 6)</b>	160	22.8 KV / 210-121 V	Cajero automático Prevención Alumbrado exterior Estacionamientos Paso peatonal Parque Cívico Policlínico Centro de Información
<b>CT2 (Plano N° 15)</b>	350	22.8 KV / 210-121 V	Biblioteca Edificio Administrativo
<b>CT3 (Plano N° 67)</b>	112.5	22.8 KV / 210-121 V	CEINCI Lab. Física Lab. Resistencia de materiales Alumbrado exterior Lab. Química Lab. Microbiología Lab. Pavimentos Lab. Suelos Topografía Cuarto Oscuro
<b>CT4 (Plano N° 81)</b>	400	22.8 KV / 208-120 V	MED Bloque A y B Bar, Salón 2000 y 2001 Banco Aulas Idiomas

			Bombas de Agua Lab. Electrónica Hornos Metalurgia Lab. Geográfica Postgrados Alumbrado exterior Bloque H y G Departamento de UTI's (DATACENTER)
<b>CT5 (Plano N° 168)</b>	75	22.8 KV / 210 -121 V	Coliseo Educ. Física Fisioterapia Bombas Estadio Talleres Reflectores canchas Alumbrado exterior
<b>CT6 (Plano N° 181)</b>	300	22.8 KV / 121 V	Fogón Comedor Cocina Cuarto Frio Material Bélico Bloque Residencia C y D Coro de Música Club Cerámica Alumbrado Exterior Impresora KBA Planeta Lavandería Imprenta Ofic. Departamento. Desarrollo Físico Bodega de Alimentos Oficina de Comedor Bloque Residencia A y B Suit's.
<b>CT7 (Plano N° 222)</b>	160	22.8 KV / 208-120 V	Lab. Mecánica Bombas de Agua (invernadero)
<b>CT8 (Plano N° 234)</b>	a)125* y b)50*	b) 22.8 KV / 400-208 V	(En la actualidad funciona solo el de 50 KVA) Brazos Robóticos Bomba de Gasolina
<b>CT9 (Plano N° 236)</b>	100	22.8 KV / 208-120 V	Galpones CICTE Garita Posterior

\* Transformadores ubicados en la misma cámara de transformación

### **3.4 LEVANTAMIENTO DE DIAGRAMAS UNIFILARES DE BAJA TENSIÓN.**

El levantamiento de los diagramas unifilares se inició desde los tableros de distribución principales de baja tensión correspondientes a cada uno de las cámaras de transformación, hasta el final de las derivaciones de las cajas de breakers o tableros secundarios más próximos a los puntos de carga, con el fin de tener una idea más clara de a donde se abastece la energía eléctrica desde las cámaras de transformación **(ver Anexo 5)**.

#### **3.4.1 PROTECCIONES INSTALADAS.**

Para el caso del sistema de baja tensión las protecciones corresponden a voltajes existentes de 110 y 208 (V), por ejemplo interruptores termomagnéticos, breakers y fusibles requeridos para la protección contra sobrecargas y fallas originadas en el circuito secundario, las protecciones empleadas en cada uno de los circuitos se las pueden apreciar en los diagramas unifilares de cada bloque correspondientes a cada una de las cámaras de transformación **(ver Anexo 5)**.

#### **3.4.2 LEVANTAMIENTO DE PLANOS EN BLOQUES.**

A partir del levantamiento de los Cámaras de Transformación, realizamos el levantamiento de los planos eléctricos por bloques **(ver Anexo 5)**, en donde se detalla de una manera simplificada la ubicación de los centros de carga con los que cuenta actualmente el campus politécnico.



### 3.5 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA Y UTILIZADA DE LAS CÁMARAS DE TRANSFORMACIÓN.

Mediante los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en cada centro de transformación con el Analizador de Calidad de Energía Eléctrica Trifásica PowerPad Modelo 3945-B, se procede a la determinación de la potencia Instalada y utilizada para cada cámara de transformación, las cuales se encuentran en función de la Potencia Aparente y Reactiva medida en la actualidad (**Ver Anexo 6**). Se efectúa una analogía comparativa entre los (kVA) utilizados y los disponibles con el fin de dar a conocer la capacidad de reserva de cada transformador como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.5. Capacidad de Reserva de los Transformadores

Cámara de Transfor.	(kVA) Potencia Instalada	(kVA) máx. Utilizados	% Potencia Utilizada	% Potencia Disponible
CT1	160.0 KVA	30.05	18.78 %	81.22 %
CT2	350.0 KVA	124.10	35.45 %	64.55 %
CT3	112.5KVA	40.10	35.64 %	64.36 %
CT4	400.0 KVA	299.30	74.825 %	25.175 %
CT5	75.0 KVA	36.54	48.72 %	51.28 %
CT6	300.0 KVA	126.80	42.26 %	57.74 %
CT7	160.0 KVA	40.02	25.01 %	74.99 %
CT8	a)125.0* y	a) 0.00	a) 0.0 %	a) 100.0 %
	b)50.0*KVA	b)40.23	b) 80.46 %	b) 19.54 %
CT9	100.0 KVA	4.89	4.89 %	95.11%
TOTAL:	1832.5 KVA	741.984	36.603 %	63.396 %

\* Transformadores ubicados en la misma cámara de transformación

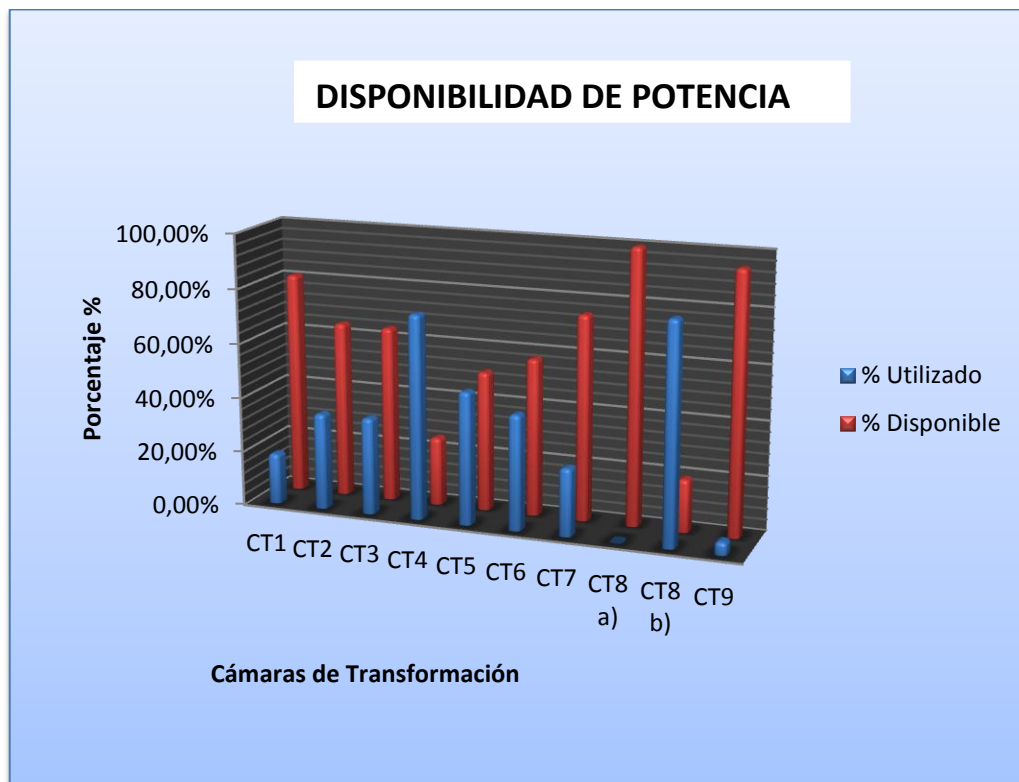


Figura 3.1: Disponibilidad de Potencia

### 3.6 OBTENCIÓN DE CURVAS DE CARGA.

El análisis de consumo en cada Cámara de Transformación con las que cuenta el campus Politécnico se efectuó durante un periodo de tiempo determinado para cada cámara, dependiendo de la importancia que tiene dentro de la ESPE cada una de ellas.

El tiempo de medición tomado en cada cámara, es el que hace perceptible la curva de carga como otros parámetros que regularmente se presenta durante los periodos académicos y administrativos del campus.

Los periodos de tiempo para cada cámara de transformación se detalla en la siguiente **tabla 3.6** tomando en cuenta los días donde existe mayor demanda de carga y las dependencia a las cuales se encuentran alimentando de energía cada una de ellas en las diferentes áreas.

Tabla. 3.6. Tiempos de Medición de las Cámaras de Transformación.

<b>CÁMARAS DE TRANSFORMACIÓN</b>	<b>TIEMPO DE MEDICIÓN DE DATOS EN DÍAS</b>	<b>IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN POR DEPENDENCIA</b>
CT - 1	Durante 5 días Jueves – Viernes – Sábado – Domingo - Lunes	Cuenta con pocas dependencias y la más importante (Policlínico), produce la mayor carga en ciertos días debido a terapias con equipos utilizados.
CT - 2	Durante 7 días Semana Completa	Sus dependencias son el Edificio Administrativo y la Biblioteca donde todos los días presentan una carga diferente durante la semana
CT - 3	Durante 6 días Lunes – Martes– Miércoles – Jueves – Viernes - Sábado	Cuenta con pocas dependencias y las más importantes como el CEINCE y los diferentes Laboratorios produce la mayor carga en ciertos días de la semana debido a sus cronogramas de actividades académicas.
CT - 4	Durante 7 días Semana Completa	Sus dependencias son un porcentaje importante de bloques y laboratorios donde se concentra la mayor actividad académica del campus, por lo cual todos los días presentan una carga diferente durante la semana
CT - 5	Durante 7 días Semana Completa	Sus dependencias en las cuales existe mayor demanda de carga son el Coliseo, Edu. Física, Reflectores de canchas; donde todos los días presentan una carga diferente durante la semana de labores académicas y administrativas.
CT - 6	Durante 7 días Semana Completa	Sus dependencias son un porcentaje importante de bloques residenciales, como departamentos coordinadores, comedores y cocinas del campus, por lo cual todos los días presentan una carga diferente durante la semana de labores.

CT - 7	Durante 3 días Lunes – Martes - Miércoles.	Al momento cuenta con pocas dependencias y la más importante Laboratorios de Mecánica produce la mayor carga en ciertos días de la semana debido a sus cronogramas de actividades académicas
CT - 8	Durante 3 días Miércoles – Jueves - Viernes	Al momento cuenta con pocas dependencias y la más importante la alimentación a Brazos Robóticos produce la mayor carga en ciertos días de la semana debido a sus cronogramas de actividades académicas.
CT - 9	Durante 5 días Jueves – Viernes – Sábado – Domingo – Lunes.	Al momento cuenta con escasas dependencias y la más importante CICTE produce la mayor carga solo en ciertos días laborables del personal a cargo de esta área.

### 3.6.1 ACOMETIDA

Los datos obtenidos para la acometida están en función de la suma de las curvas de carga de todos los centros de transformación en baja tensión, ya que la media tensión del punto de acoplamiento imposibilitó la conexión directa del analizador de energía eléctrica por límites de seguridad del equipo.

Tabla. 3.7. Acometida (Sumatoria de las Cámaras de Transformación)

POTENCIA	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO	UNIDADES
Línea 1	26.442	260.812	108.923	kVA
Línea 2	32.353	267.212	127.886	kVA
Línea 3	26.994	221.51	98.475	kVA
<b>Suma de fases (VA)</b>	<b>91.154</b>	<b>741.984</b>	<b>324.628</b>	<b>kVA</b>

Para comprobar que la curva de carga resultante del análisis de cada una de las cámaras de transformación sea coincidente con la demanda facturada por la EEQ se realizó la adquisición de datos de las planillas de pagos realizados a la Empresa Eléctrica obteniendo la máxima demanda facturada en el mes de Julio del 2011. Los datos obtenidos se reflejan en la siguiente **Tabla 3.8**, como podemos observar en el **(Anexo 8)**:

Tabla. 3.8. Datos de la Acometida en el Mes de Mayor Demanda (Julio 2011).

Potencia	kW	kVA	KWh 07h a 22h	KWh 22h a 07h
<b>Total</b>	730 kW	760.48 kVA	173325 KWh	46086 KWh

### 3.6.2 TRANSFORMADORES

El presente análisis está realizado en unidades de potencia en (kVA), durante los días planificados para cada cámara de transformación con intervalos de medición es de 10 minutos. Dichos registros fueron obtenidos en el lado de baja tensión de cada transformador **(Ver Anexo 6)**, en la **tabla 3.9** se muestra los valores de potencia de la suma de las líneas de cada cámara de transformación.

Tabla. 3.9. Potencias en Cámaras de Transformación

POTENCIA	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO	UNIDADES
Cámara de Transformación 1	1.528	30.05	8.139	kVA
Cámara de Transformación 2	0.00	124.1	51.33	kVA
Cámara de Transformación 3	2.832	40.10	22.29	kVA

<b>Cámara de Transformación 4</b>	64.82	299.3	143.6	kVA
<b>Cámara de Transformación 5</b>	0.00	36.54	14.10	kVA
<b>Cámara de Transformación 6</b>	19.95	126.8	57.18	kVA
<b>Cámara de Transformación 7</b>	0.00	40.02	6.30	kVA
<b>Cámara de Transformación 8 a</b>	2.024	40.234	21.50	kVA
<b>Cámara de Transformación 9</b>	0.00	4.84	0.189	kVA

Las siguientes figuras muestran las curvas de carga de cada una de las cámaras de transformación con las que cuenta el campus actualmente.

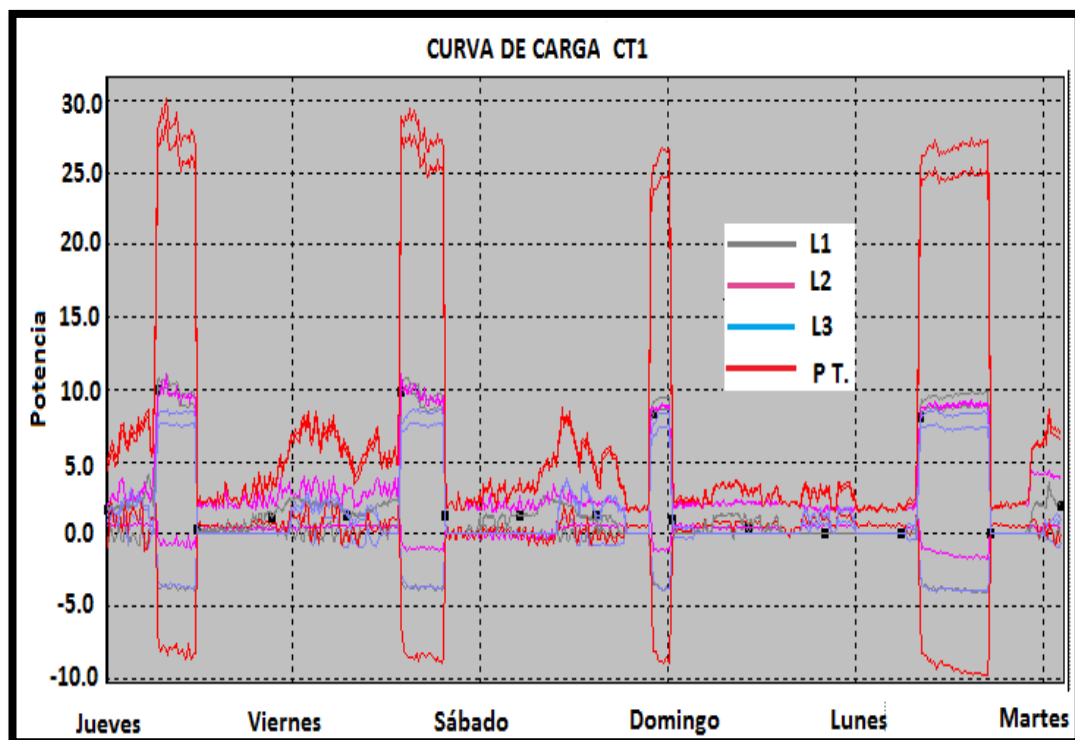


Figura 3.2: Curva de Carga Cámara de Transformación 1

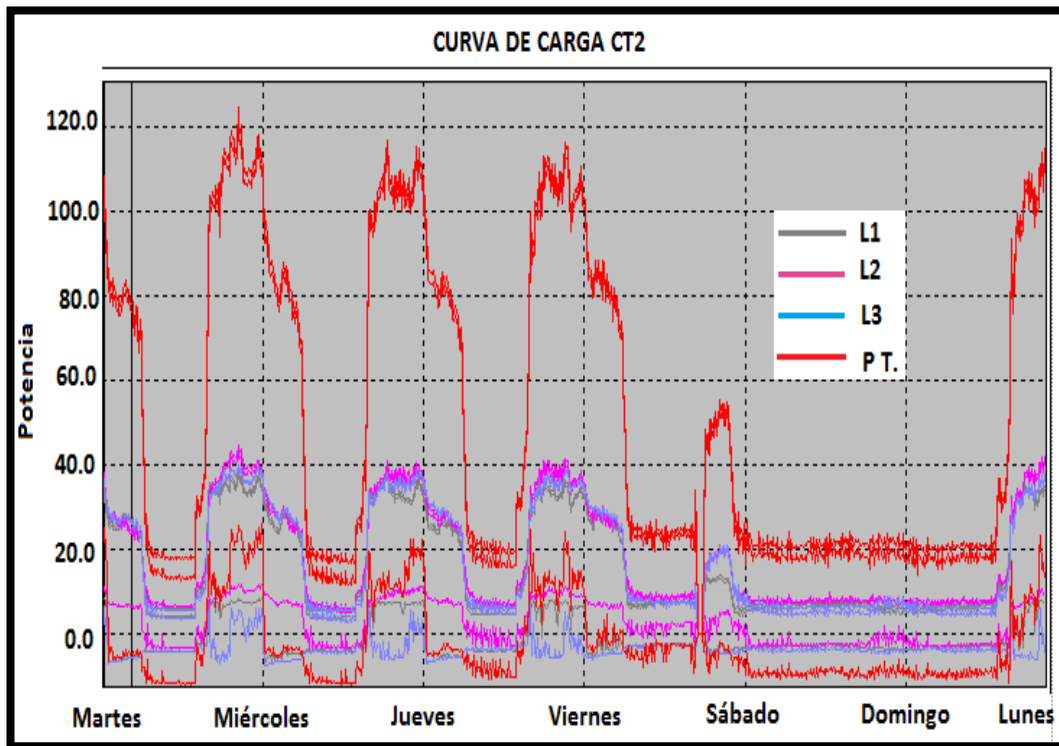


Figura 3.3: Curva de Carga Cámara de Transformación 2

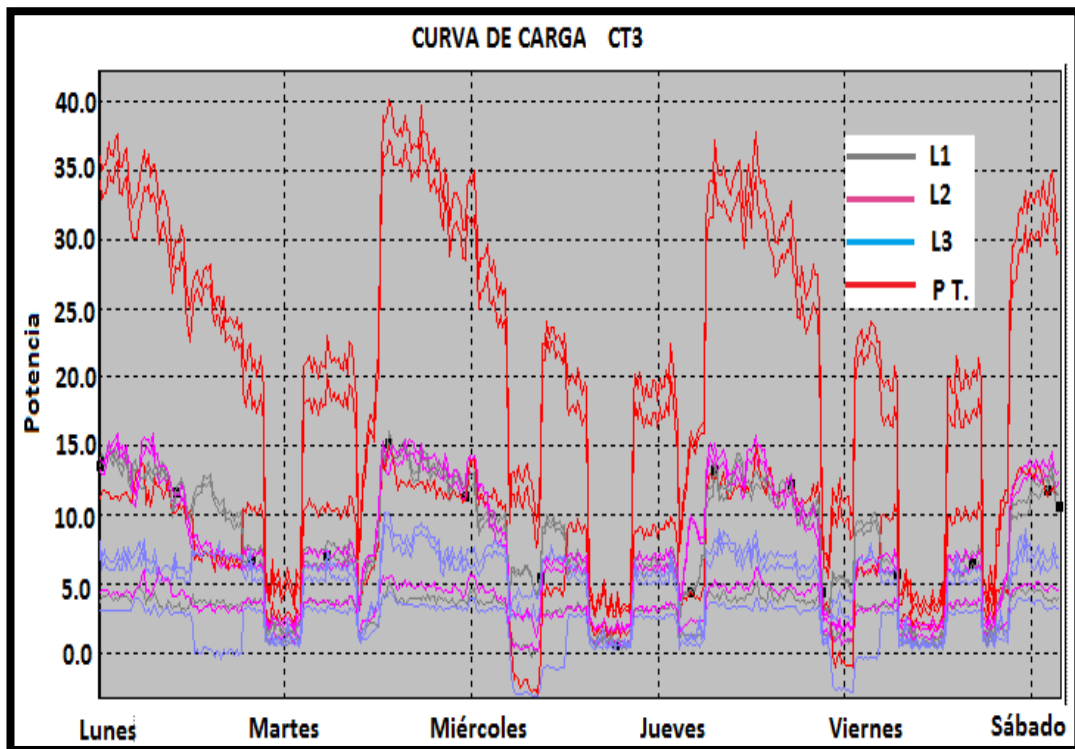


Figura 3.4: Curva de Carga Cámara de Transformación 3

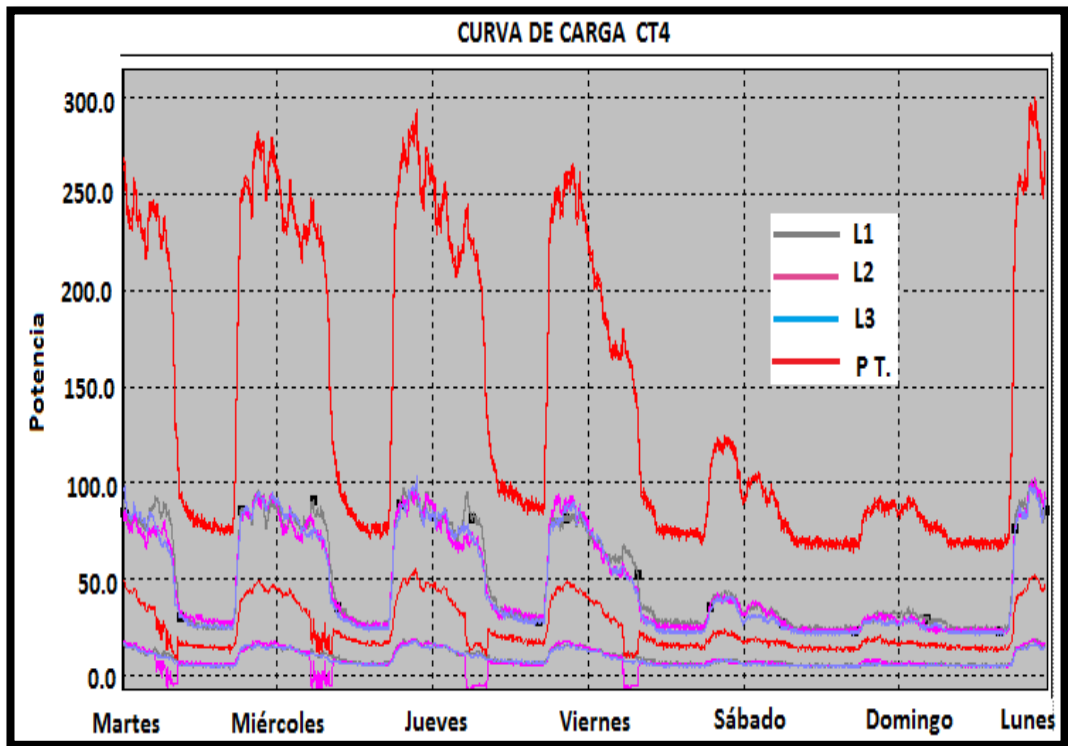


Figura 3.5: Curva de Carga Cámara de Transformación 4

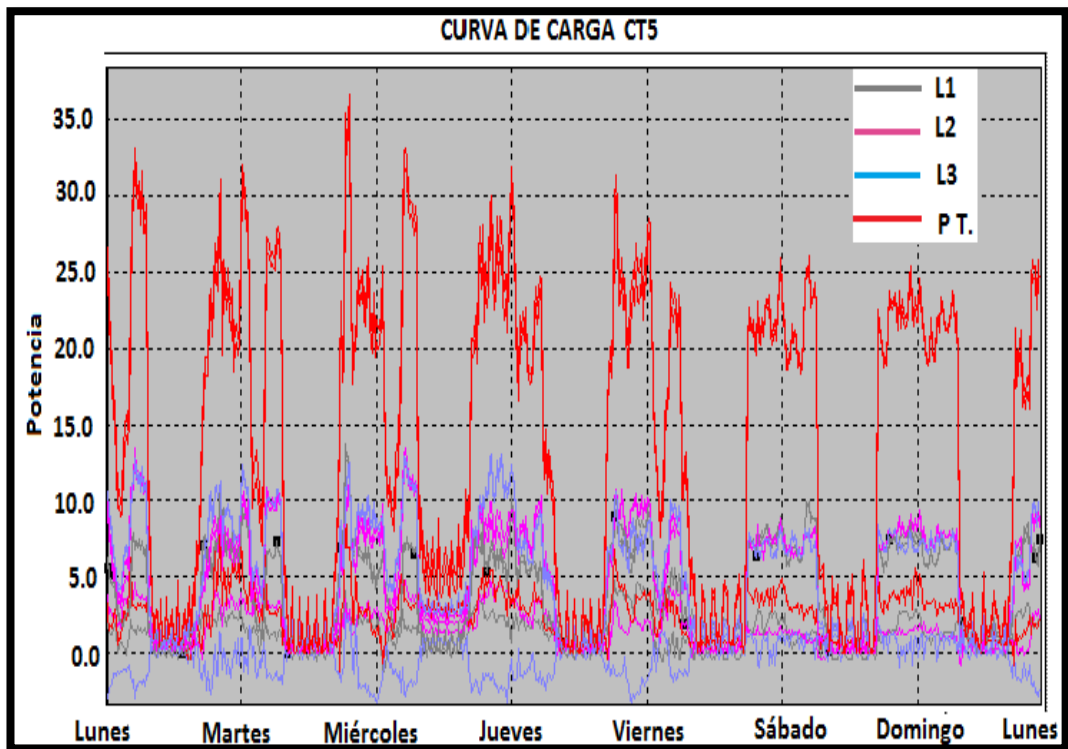


Figura 3.6: Curva de Carga Cámara de Transformación 5



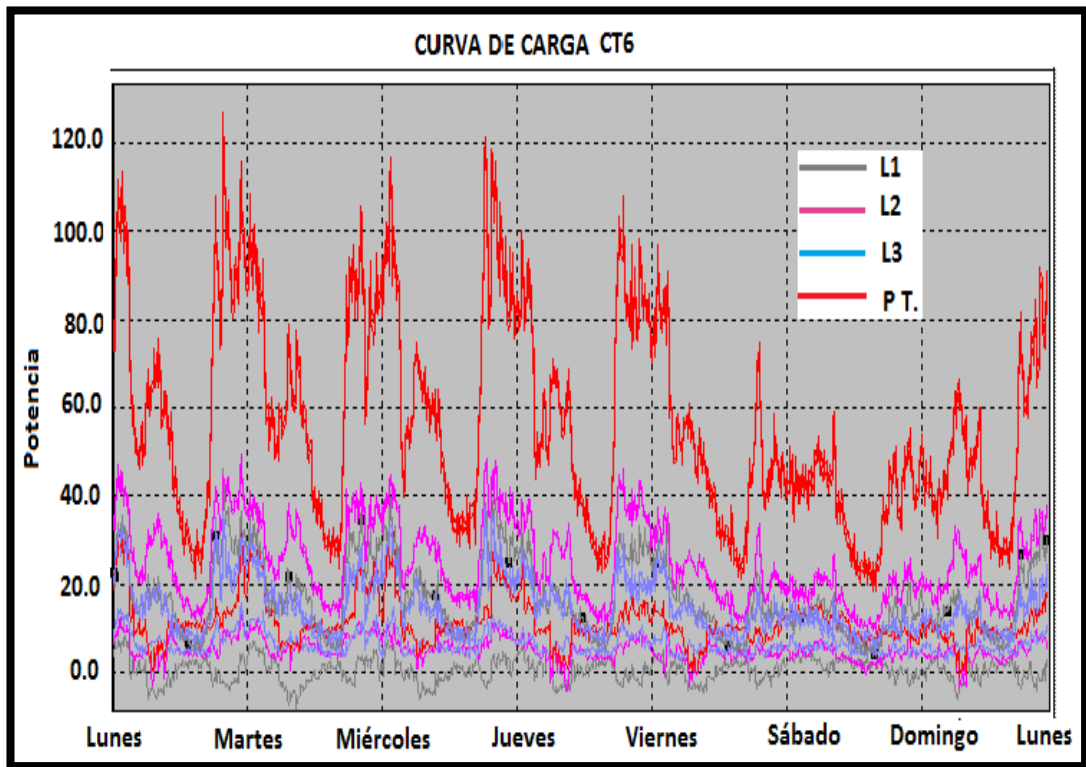


Figura 3.7: Curva de Carga Cámara de Transformación 6

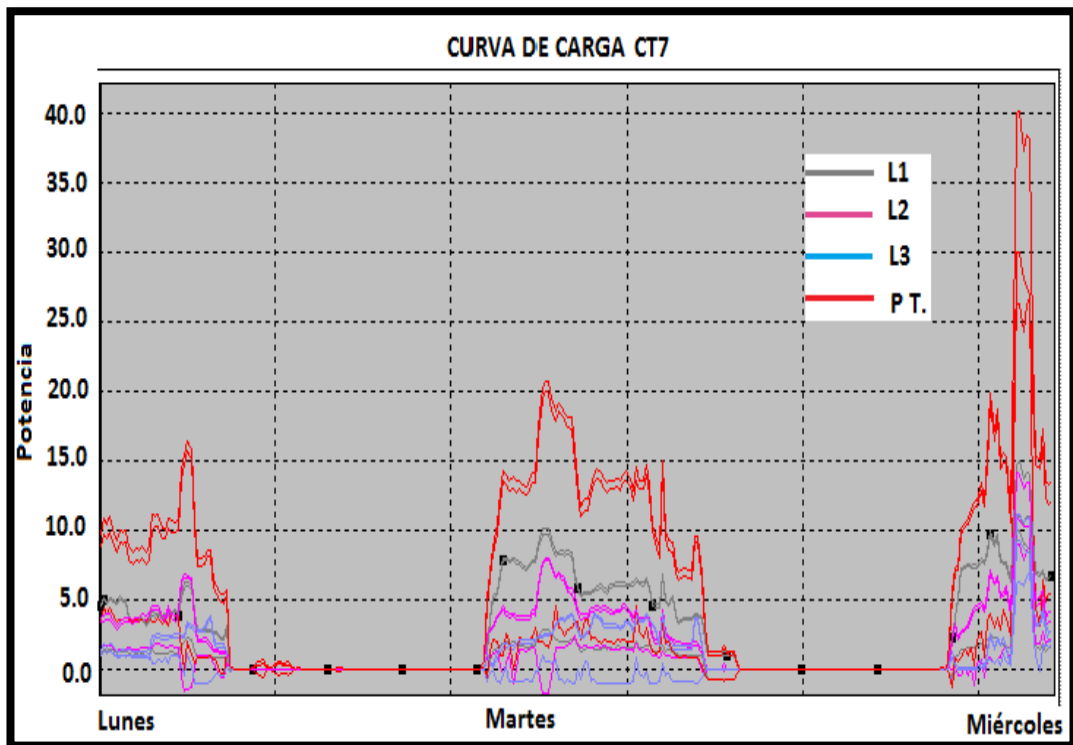


Figura 3.8: Curva de Carga Cámara de Transformación 7

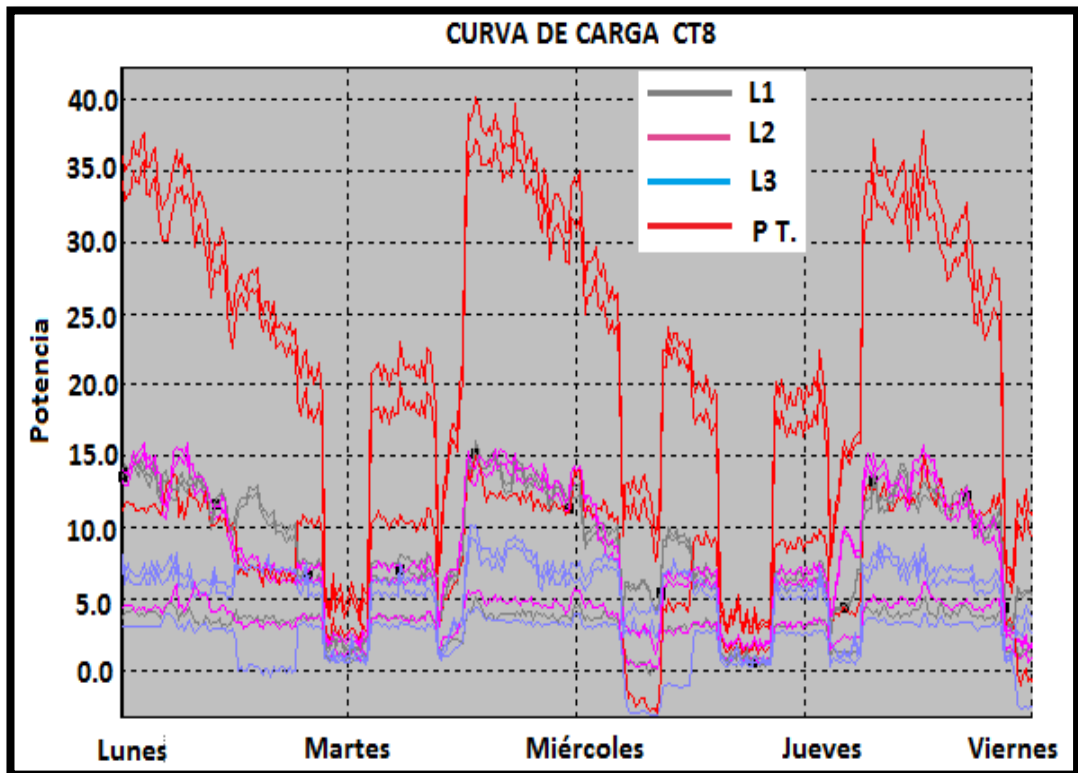


Figura 3.9: Curva de Carga Cámara de Transformación 8

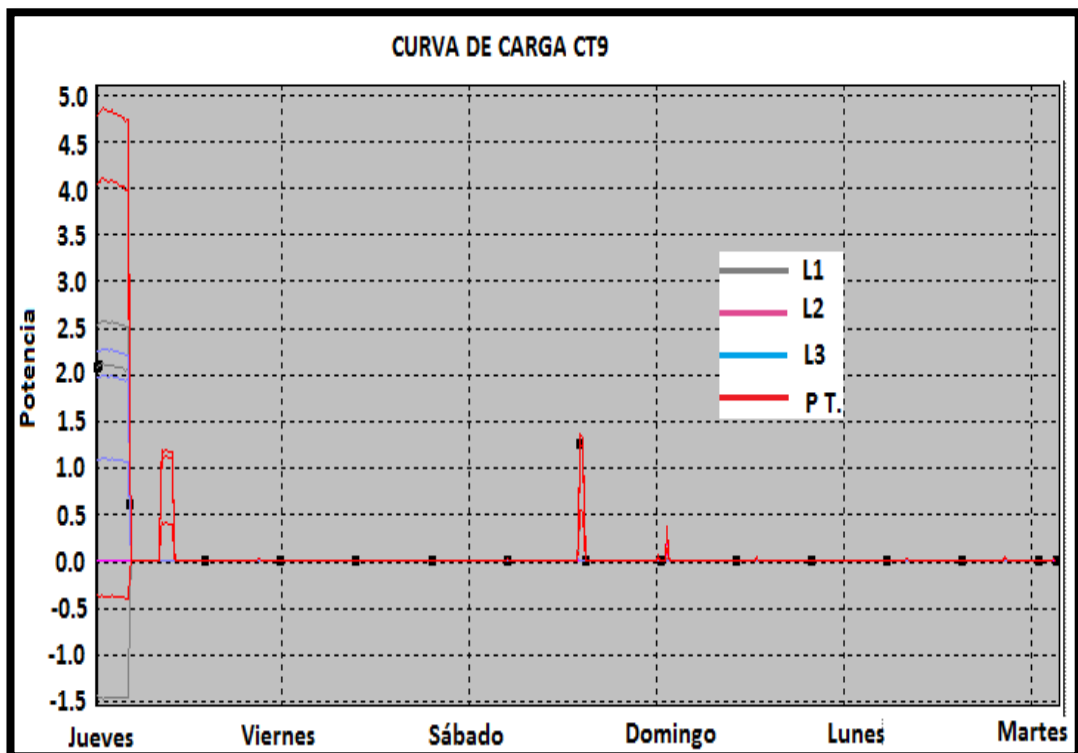


Figura 3.10: Curva de Carga Cámara de Transformación 9

### **3.7 LEVANTAMIENTO DE LOS PLANOS Y DIAGRAMAS DEL SISTEMA DE EMERGENCIA.**

En la actualidad el campus Politécnico cuenta con tres grupos de cámaras de generación que proveen de energía eléctrica en caso de Emergencia.

Los planos de las conexiones eléctricas de los sistemas de generación de las “3” grupos de cámaras generadoras se encuentran correctamente detallados en el **(Anexo 7)**.

#### **3.7.1 RECOPIACIÓN DE DATOS DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA.**

En la actualidad el campus politécnico cuenta con un sistema de emergencia que cubre solo ciertas zonas dentro del mismo, dichos elementos y equipos se dan a conocer a continuación.

##### **3.7.1.1 Generadores**

En el sistema de emergencia existen cuatro generadores, un generador el cual se encuentra inhabilitado, y los tres restantes se encuentran ubicados junto a los transformadores que concentran la mayor parte de carga requerida, sus características se detallan a continuación:

Tabla 3.10. Características de los Generadores

	<b>GENERADOR 1</b> (No existe plan)	<b>GENERADOR 2</b> (Plano N°241) <b>Anexo 7</b>	<b>GENERADOR 3</b> (Plano N°243) <b>Anexo 7</b>	<b>GENERADOR 4</b> (Plano N°241) <b>Anexo 7</b>
<b>Marca</b>	Caterpillar	Kohler <sup>20</sup>	Wilson	Cummins
<b>Modelo</b>	-	500ROZD4-GF-60	P150A	C110
<b>Potencia</b>	438 KVA	631 KVA	165 KVA	140 KVA
<b>Voltaje</b>	208-220 V	220-110 V	220-110 V	208 V
<b>Corriente</b>	-	1400 A	433 A	
<b>Revoluciones</b>	-	1800 RPM	1800 RPM	1800 RPM
<b>Baterías</b>	-	N150 (12/24V) 250 min	N150 (12/24V) 250 min	N150 (12/24V) 280 min
<b>Cargador de Baterías</b>		Cargador Automático LOVATO. (12V-6A) y (24V-5A)	UPS Salicru Max 12V – 4.2 A	Cargador Automático LOVATO. (12V-6A) y (24V-5A)
<b>Factor de potencia</b>	0.8	0.8	0.8	0.8
<b>Horas de uso*</b>	-	264	1062	15
<b>Año de instalación</b>	-	2000	1995	2011
<b>Dependencia</b>	-	-Todas las alimentadas por el CT4, las bombas de agua del CT3, idiomas. El DATACENTER en caso de funcionar el generador 4	Sistemas de Emergencias (CT6) y Coliseo (CT5).	Solo el DATACENTER
<b>Observación.</b>	-Inhabilitado por daño en el governor del generador. -Desmantelado el TTA	Habilitado con funcionamiento normal	Habilitado con funcionamiento normal	Habilitado con funcionamiento normal

<sup>20</sup>KOHLER POWER SYSTEMS, "Industrial Generator Sets (20-2000KW)", California

### **3.7.1.2 Sistema de Transferencia Automática en Grupos de Cámaras de Generación.**

Al momento la ESPE cuenta con “3” Grupos de Sistemas de Transferencia Automática de energía en caso de emergencia, el sistema “1” se encuentra inactivo y los sistemas “2” y “3” se hallan en actividad normal en el momento que son requeridos.

#### **a. Sistema de Transferencia Automática Cámara 1.**

Este sistema de transferencia automática está totalmente desmantelado por consiguiente se encuentra fuera de funcionamiento.

#### **b. Sistema de Transferencia Automática Cámara 2.**

Dicho sistema de transferencia automática, sirve para poner en funcionamiento el generador Kohler que abastece de energía a las barras del transformador 4 y el generador Cummins que suministra de energía solo a UTIC'S en caso de emergencia, los cuales constan con los siguientes componentes:

- ◆ Tablero de Transferencia Automática (TTA) LOVATO RGAM 20.
- ◆ 2 Contactores Merlin Gerin.
- ◆ Módulo controlador ATL 20.
- ◆ 2 Breakers Motorizados de 400 A NS400.
- ◆ 1 Relay CAMSCO MK 3P-1.
- ◆ 1 Relay CAMSCO MK 2P-1.

- ◆ 1 Relay CAMSCO MY2.
- ◆ 1 Relay CAMSCO MY1.
- ◆ 7 Fusibles de 32 A.

**i. Tableros de Transferencia Automática (TTA) LOVATO RGAM 20**

El **LOVATO RGAM 20** es un aparato simple y esencial como se observa en la **figura 3.11** consta de un panel frontal claro e intuitivo que facilita el uso del mismo.<sup>21</sup> También dispone de numerosas funciones de control que generalmente se encuentran en aparatos más sofisticados tecnológicamente.



Figura 3.11: Lovato RGAM 20.

<sup>21</sup> [www.lovatoelectric.com/RGAM20](http://www.lovatoelectric.com/RGAM20)

### a) Características Generales Lovato RGAM 20

- ◆ Controla grupos electrógenos con gestión automática de la conmutación red-generador (AMF).
- ◆ Entrada de medición red trifásica (L1-L2/N-L3).
- ◆ Entrada de medición generador monofásica (L1-L2/N).
- ◆ Alimentación universal (Batería) 12-24VDC.
- ◆ Tensión Nominal 100...480 VAC.
- ◆ Frecuencia 50/60 Hz.
- ◆ 1 display de LEDs alfanumérico, con 4 dígitos.
- ◆ LED's de visualización estados y medidas. 19 leds.
- ◆ Teclado de membrana con 8 teclas.
- ◆ Entradas digitales programables. 6 entradas
- ◆ Salidas de relé 6 salidas (5NA + 1 contacto intercambio) programables.
- ◆ Garos de Protección IP54
- ◆ Interfaz de comunicación RS232 para configuración, control remoto y supervisión.

### b) Esquema Eléctrico de Conexión LOVATO RGAM 20<sup>22</sup>

En la **figura 3.12** se muestra el respectivo esquema de conexión para grupos electrógenos trifásicos con alternador carga-batería pre-excitado del LOVATO RGAM 20.

---

<sup>17</sup> DARCO, Módulos de Transferencia Automática y Control de Grupos Electrógenos, Lovato Electric, 2010

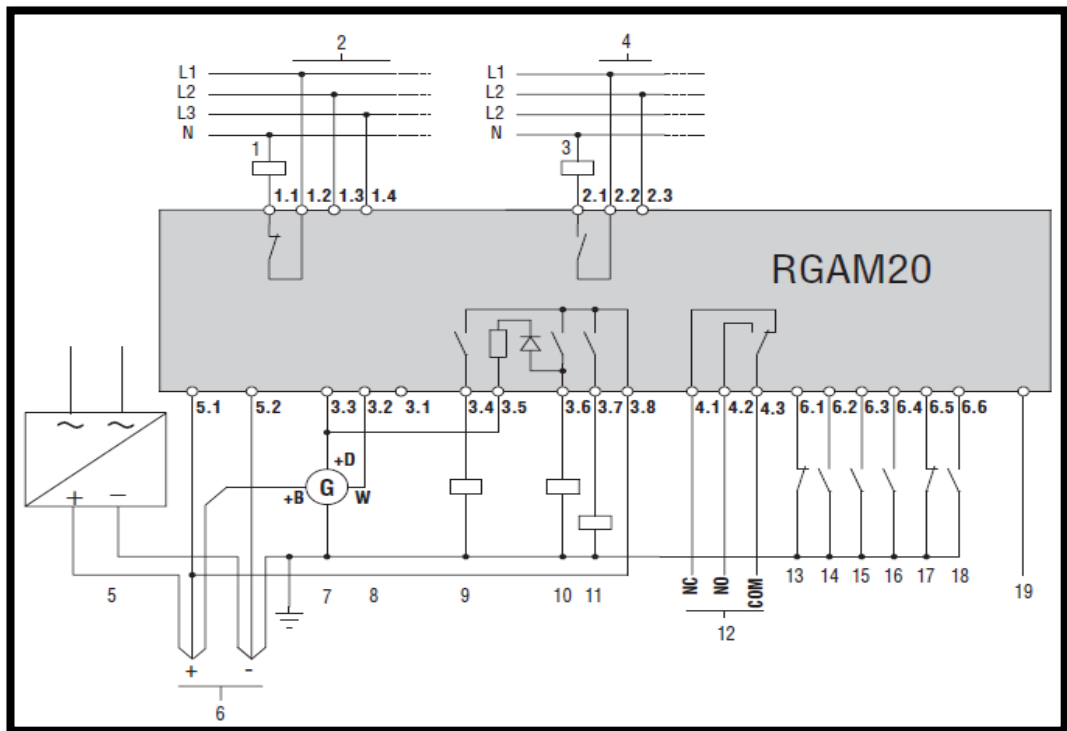


Figura 3.12: Esquema de Conexiones RGAM 20

Los puntos de conexión del esquema eléctrico LOVATO RGAM-20 se especifican a continuación:

- 1.- Interruptor de red
- 2.- Red
- 3.- Interruptor generador
- 4.- Generador
- 5.- Carga-batería
- 6.- Batería
- 7.- Alternadores tipo Bosch, Marelli, Lucas...
- 8.- Entrada velocidad "W"
- 9.- Decelerador (Reductor de Velocidad)
- 10.- Electroválvula combustible
- 11.- Encendido
- 12.- Alarma global: COM - NO - NC
- 13.- Presión aceite



- 14.- Temperatura motor
- 15.- Nivel combustible
- 16.- Sobrecarga generador
- 17.- Parada emergencia
- 18.- Encendido remoto
- 19.- Interfaz RS232

Los datos del controlador RGAM-20 Lovato con las diferentes conexiones y datos técnicos se encuentran en el **(Anexo 9)**.

## ii. Contactores Merlin Gerin.

Los contactores CT "con mando manual y automático" modulares permiten mandar circuitos monofásicos, trifásicos y tetrafásicos hasta 63 A. Los CT "con mando manual" constan de un selector manual de 3 posiciones:

- ◆ marcha automática,
- ◆ marcha forzada o permanente,
- ◆ parada



Figura 3.13: Contactores Merlin Gerin.

### **a) Características Técnicas:**

Circuito de potencia:	250 V 1P y 2P
Tensión de empleo:	400 V 3P y 4P
Frecuencia:	50-60 Hz
Circuito de mando:	24 V: -10 % +10 %
Tensión de empleo:	230/240 V: -15% +6 %
Frecuencia bobina:	60 Hz
Temperatura de utilización:	-5 °C a +60 °C
Tropicalización: ejecución 2 95% a 55°C)	(humedad relativa:
Conforme con la norma:	EN 61.095, CEI 1095
Homologación:	NF USE
Funcionamiento silencioso:	(< 20 dB) para el conjunto de la gama
Con cable flexible:	2 x 2,5 mm
Con cable rígido:	2 x 1,5 mm
Con cable flexible:	2 x 2,5 mm para 16 y 25 A 2 x 10 mm para 40 y 63 A
Con cable rígido:	25 mm para 40 A y 63 A

### **b) Curvas de Funcionamiento del STR 25DE**

Para el funcionamiento correcto de los contactores Melin Gerin se toma en cuenta los diferentes factores como  **$I_o$ ,  $I_r$  y  $I$** ; en base a tablas

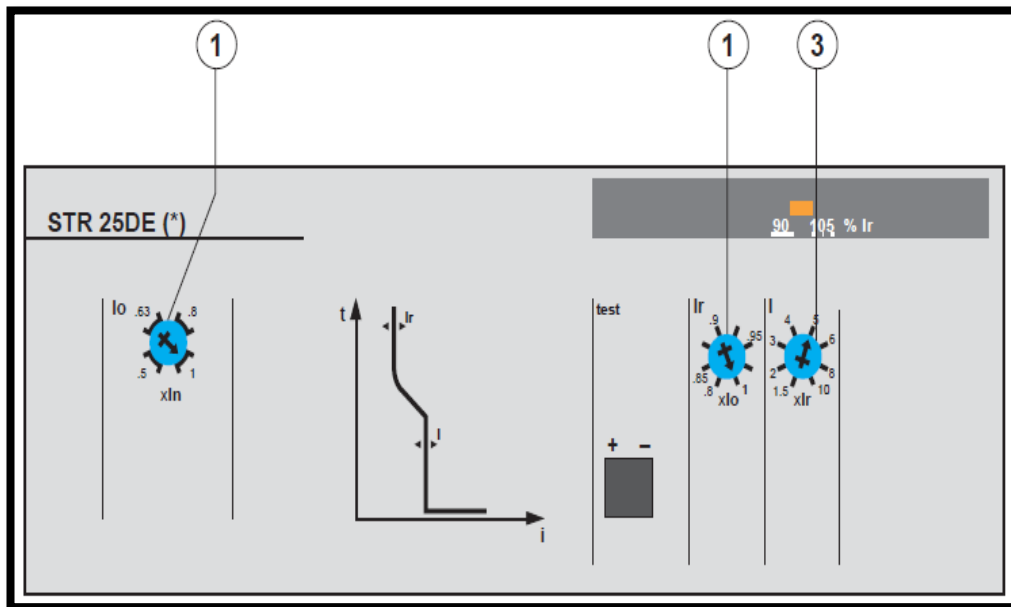


Figura 3.14: Escenario de la Curva de funcionamiento STR 25DE.

Mediante la **tabla 3.11 y 3.11**, podemos elegir los parámetros adecuados para la actuación eficaz de los contactores Merlin Gerin.

Tabla 3.11. Contactor C1001N<sup>23</sup>

Contactor C1001 N/H/L In=1000 A								
Io / Ir	1	0.975	0.95	0.925	0.9	0.875	0.85	0.8
0.5	500	488	475	463	450	438	425	400
0.63	630	614	599	583	567	551	536	504
0.8	800	780	760	740	720	700	680	640
1	1000	975	950	925	900	875	850	800

<sup>23</sup>Low voltage switchgear Compact Merlin Gerin, Grupo Schneider, Guía de Exploración 2010.

Tabla 3.12. Contactor C1250N<sup>24</sup>

Contactor C1251 N/H/L In=1250 A								
$I_o$ $I_r$	1	0.975	0.95	0.925	0.9	0.875	0.85	0.8
0.5	625	609	594	578	563	547	531	500
0.63	788	768	748	728	709	689	669	630
0.8	1000	975	950	925	900	875	850	800
1	1250	1219	1188	1156	1125	1094	1063	1000

### iii. Breakers Motorizados de 400 A NS400.

Los Breakers Motorizados Merlin Gerin o de la marca ABB como se observa en la **figura 3.15** sirven como protección y mando de circuitos con corriente de cortocircuito elevada, para tales aplicaciones como son:

- ◆ Interruptor automático general de tablero de distribución.
- ◆ Cabecera de un grupo de salidas.
- ◆ Protección de las cargas alimentadas directamente desde un tablero de potencia (o tablero general baja tensión).

<sup>24</sup>Low voltage switchgear Compact Merlin Gerin, Grupo Scheneider, Guía de Exploración 2010.

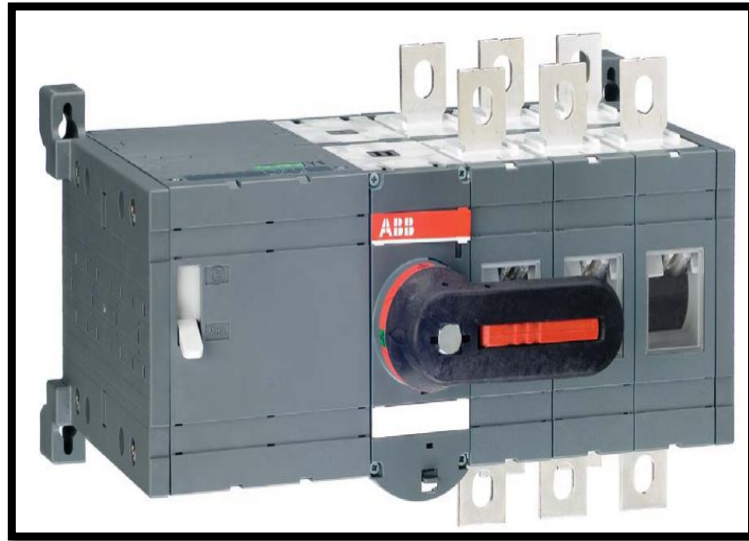


Figura 3.15: Breakers Motorizados de 400 A NS400.

**a) Características Técnicas:**

***a.1) El mando rotativo directo conserva:***

- ◆ El acceso a las regulaciones de la unidad de disparo y su lectura.
- ◆ El seccionamiento con corte plenamente aparente.
- ◆ La indicación de 3 posiciones O (OFF) I (ON), disparado (tripped).
- ◆ El acceso al botón de test de disparo ("pushtotrip").
- ◆ Enclavamiento del interruptor automático en posición O por 1 a 3 candados de Ø 5 a 8 mm (no incluidos).
- ◆ Adaptación: Fijación por tornillos en la misma ubicación y en lugar de la tapa del interruptor automático.

***a.2) Modelos:***

- ◆ Estándar: empuñadura negra.
- ◆ VDE: empuñadura roja y tapa amarilla para mando de máquinas herramientas.
- ◆ Variantes para Compact NS100.630

- ◆ Unos accesorios permiten transformar el mando rotativo directo estándar en los siguientes casos:
- ◆ Tableros eléctricos de CCM (centro control de motores) grado de protección: IP435

#### ***a.3) Mando rotativo prolongado:***

- ◆ Permite el mando desde el frontal del tablero eléctrico de un aparato instalado en fondo de tablero.
- ◆ Grado de protección: IP557.

#### ***a.4) Conserva:***

- ◆ El seccionamiento con corte plenamente aparente.
- ◆ La indicación de las 3 posiciones O (OFF), I (ON), disparado (tripped).  
El acceso a las regulaciones del unidad de disparo, puerta del tablero eléctrico abierta apertura de puerta imposible si el aparato está cerrado;
- ◆ Enclavamiento del interruptor automático en posición O por 1 a 3 candados de Ø 5 a 8 mm (no incluidos). Este enclavamiento prohíbe la apertura de la puerta del tablero eléctrico. Un conjunto a fijar sobre la puerta (empuñadura y tapa); este conjunto está siempre en la misma posición independiente de si el interruptor automático se haya instalado verticalmente o horizontalmente.

#### **iv. Módulo Controlador ATL20**

Es un módulo para el control y supervisión de transferencia manual o automático de contactores o interruptores motorizados (**figura 3.16**). Con puerto RS 323, voltaje 230-220, 240 VAC o 12-24-48 VDC.



Figura 3.16: Módulo de Control y Supervisión ATL 20

**a) Características Técnicas:**

Tensión de la batería VAC	12/24/48 VDC o 220/240
Rango de Funcionamiento	9 a 70 VDC o 187-264 VAC
Control de Tensión de Red	L1, L2 / N-L3
Control de Tensión del generador	L1, L2 / N
Tensión Nominal	690 VDC
Frecuencia	45 / 65 Hz
Display	2 Display de 3 Dígitos 7 Segmentos
LED'S	22
Entradas Digitales	8 digitales
Corriente de entradas	10 mA

Salidas por Relé

7 por relé

Capacidad Nominal a 250 VAC

8A AC1

Entrada Motor en Marcha

"0+" y "AC"

### b) Esquema Eléctrico de Conexiones ATL20

En el siguiente esquema de la **figura 3.17**, se muestra las conexiones que se debe realizar un módulo controlador ATL-20 para un los breakers motorizados implementados en el sistema de transferencia automática.

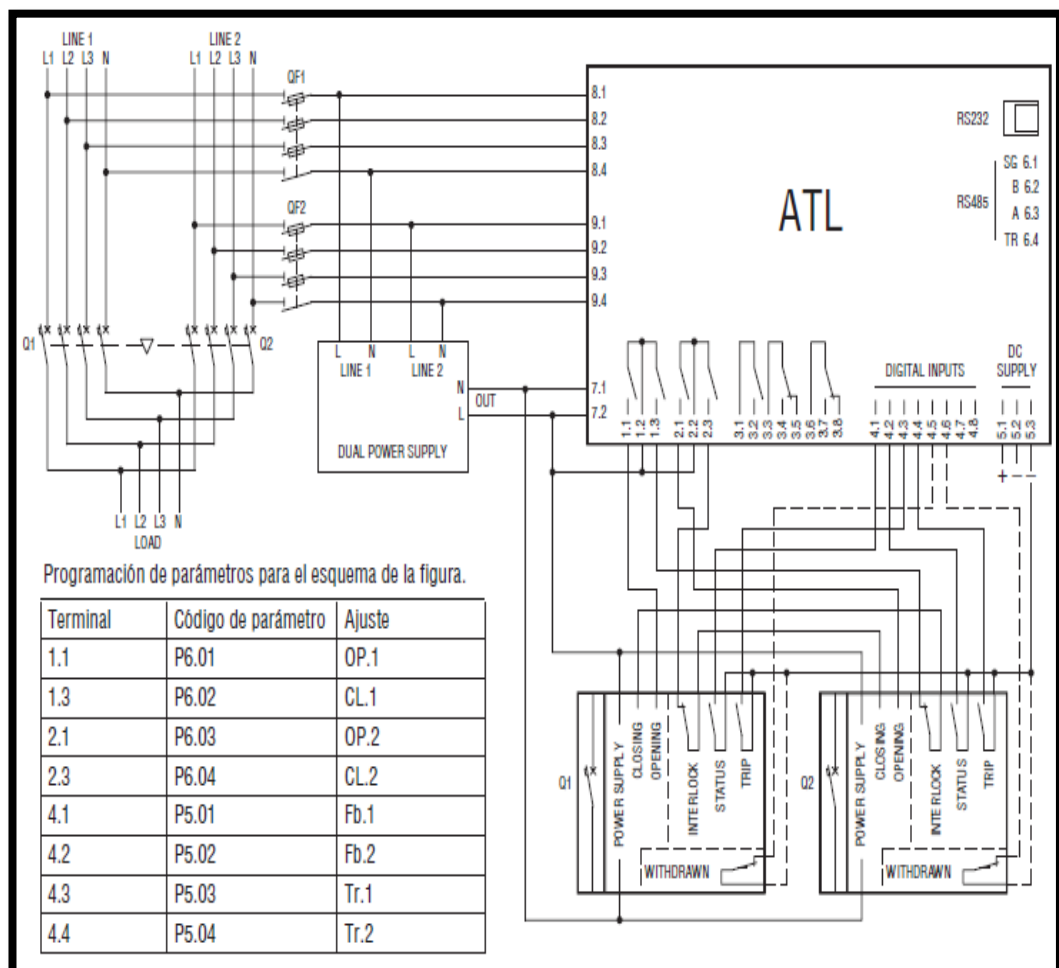


Figura 3.17: Esquema de Conexiones ATL-20 Breakers Motorizados

Los datos técnicos con las diferentes funciones que posee el controlador ATL-20 se encuentran en el **(Anexo 9)**



#### v. Relay's CAMSCO MK y MY

Los relays MK y MY son interruptores eléctricos dotados de uno o más contactos que sirven para abrir o cerrar determinados circuitos como se observa en la **figura 3.18**.

Estos relay está constituido básicamente por una bobina en cuyo interior se ha colocado un material férrico (núcleo) capaz de imantarse en presencia de un campo eléctrico.

Los relés de 8 pines con bobina de 110VAC son utilizados para las entradas del LOGO, señales que vienen desde los mandos de control. Los contactos son alimentados con 110 (VAC) para poder llevar las señales discretas hacia el LOGO.

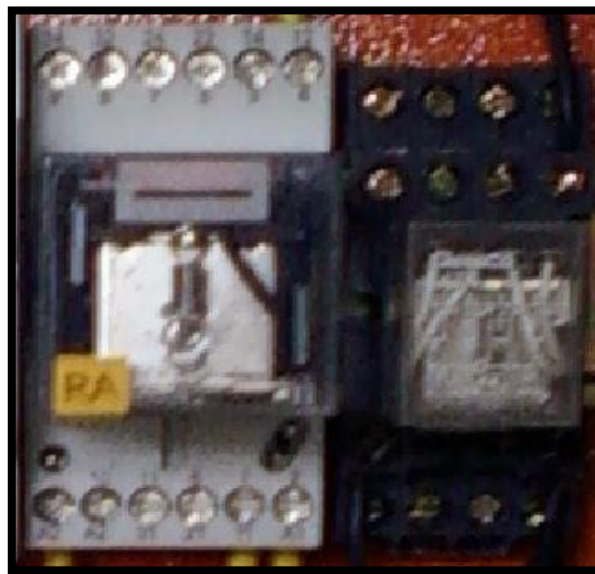


Figura 3.18: Relay's CAMSCO

#### a) Características Técnicas:

Fabrica:	Omron Electronics Inc-IA Div
Categoría:	Relays
Forma del Contacto:	3PDT (3 Form C)

Corriente:	10 A
Voltaje:	250VAC, 250VDC – Max
Tipo de bonina:	Non Latching
Corriente de Bobina:	56 mA
Voltaje de Bobina:	24VDC
Voltaje de Encendido:	(Max) 19.2 VDC
Voltaje de Apagado:	(Min) 3.6 VDC
Tipo de Montaje:	Socketable (toma)
Estilo de terminación:	Plug In, 11 Pin (Octal)
Tiempo de Operación:	20 ms en AC - 30 ms en DC
Tiempo de Liberación:	20 ms
Temperatura de Operación:	-10°C ~ 40°C
Resistencia:	430 OhmsLead

### **b) Curvas de Servicio de los Relay's MK**

Mediante las Curvas de la **figura. 3.19** se puede obtener la máxima capacidad de cambio de un relay y su respectivo servicio eléctrico de tiempo de vida útil

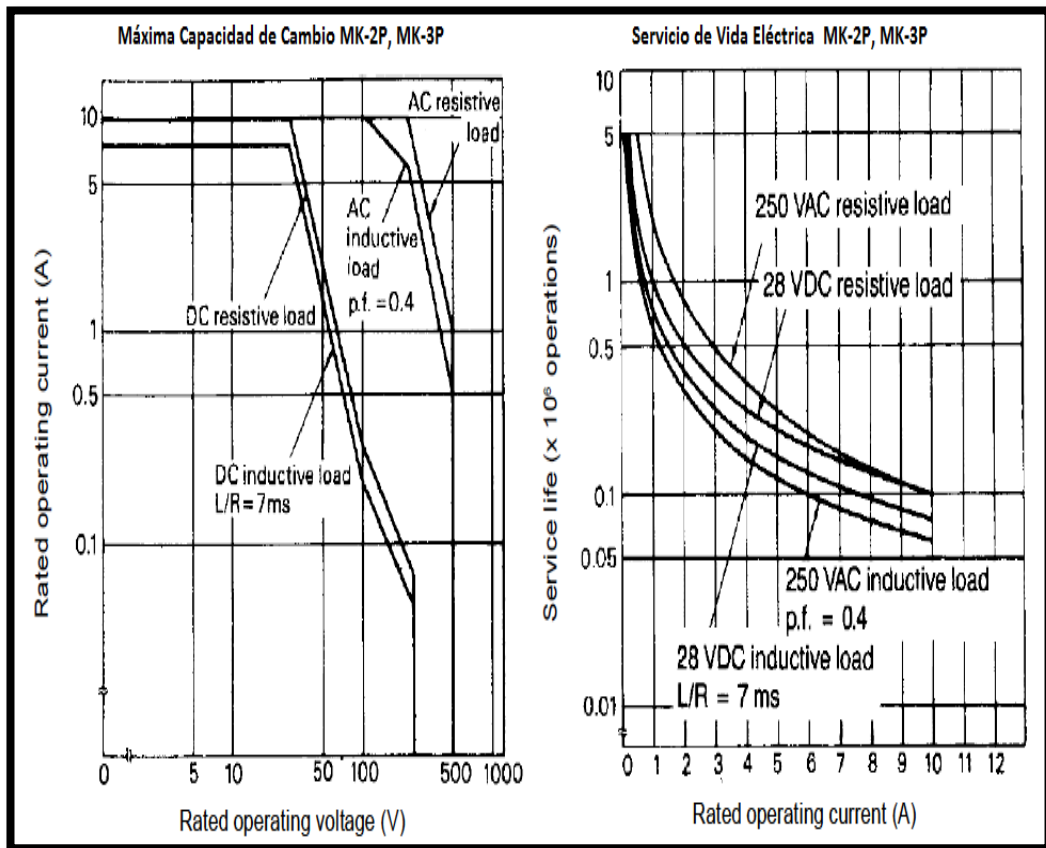


Figura 3.19: Curvas de Servicio MK-2P y MK-3P.

### c. Sistema de Transferencia Automática Cámara 3.

Dicho sistema de transferencia automática consta con los siguientes componentes:

- ◆ Tablero de Transferencia Automática (TTA) con PLC SIEMENS - LOGO 230RC
- ◆ 2 Contactores Telemecanic LC1 F4004
- ◆ 1 Temporizador Time Delay ICM 425
- ◆ 3 Relay CAMSCO MK 3P-1
- ◆ 7 Fusibles de 32 A.

**i. Tablero de Transferencia Automática (TTA) con PLC SIEMENS - LOGO 230RC**

Mediante el PLC LOGO 230 RC **figura 3.20**, se solucionan problemas cometidos en la técnica de instalaciones eléctricas para necesidades como: alumbrado de escaleras, luz exterior, alumbrado de escaparates, así como en la construcción de armarios de distribución de generación eléctrica TTA.

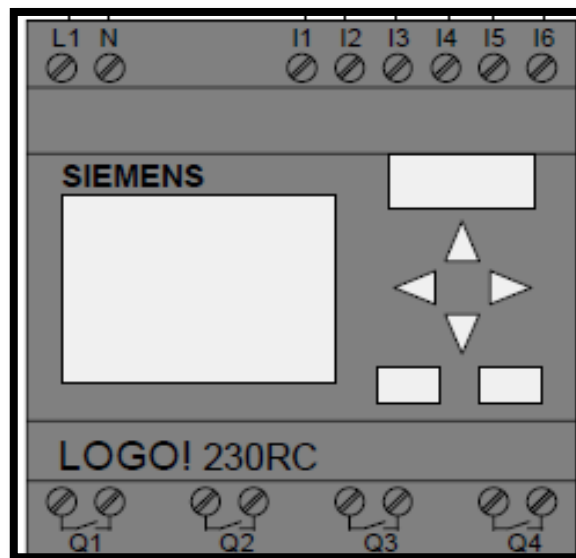


Figura 3.20: PLC LOGO 230RC.

**a) Características Generales de PLC Siemens – LOGO 230RC.**

- ◆ Entradas digitales: 8
- ◆ Voltajes de Alimentación: 115/240V AC/DC
- ◆ Rangos admisibles: 85 a 265V AC  
100 a 253V DC  
Max. 40V AC/ 30V DC  
Min. 79V AC/79V DC, 0.08mA

- ◆ Salidas digitales: 4 relays.
- ◆ Temperatura Ambiente: De 0 a 55 °C.
- ◆ Corriente Continua (por terminal): 10A por Carga Resistiva.  
3A por Carga Inductiva.
- ◆ Protecciones de Circuitos: Fusibles externos requeridos
- ◆ Frecuencias de Operación: 2 Hz para Carga Resistiva.  
0.5 Hz para Carga Inductiva.
- ◆ Energía de Consumo: 1.7 a 4.6W (115V AC)  
3.6 a 6.0W (240V AC)  
1.1 a 2.9W (115V DC)  
1.4 a 3.6W (240V DC)
- ◆ Tiempo de Ciclo: < 0.1 ms / Función.
- ◆ Tiempo Real de retención de datos: 80H (2 años con la batería del módulo).

## **b) Esquema Eléctrico para Conexiones del PLC LOGO 230RC**

La Estructura para la conexión del PLC LOGO 230RC se la detalla en la siguiente **figura 3.21**.

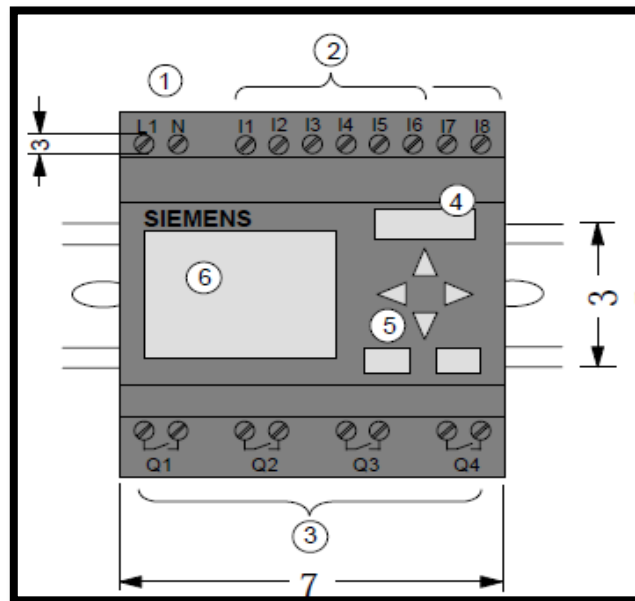


Figura 3.21: Esquema de Conexiones PLC LOGO 230RC

Las conexiones del esquema eléctrico PLC LOGO 230 rc, se especifican a continuación:

- 1.- Alimentación de Tensión.
- 2.- Entradas.
- 3.- Salidas.
- 4.- Receptáculo de módulo con revestimiento
- 5.- Panel de Manejo
- 6.- Display LCD.
- 7.- Conexiones de Interfases AS.

En la **figura. 3.22** se muestra las entradas de LOGO para (L) están combinadas en grupos de 4 entradas cada uno, para dichos grupos rige lo mismo que para las entradas individuales de un LOGO 230RC. Sólo son posibles fases diferentes entre los distintos bloques

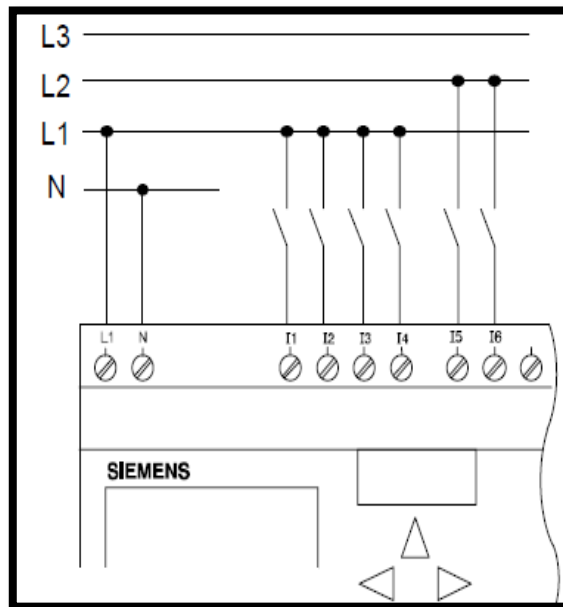


Figura 3.22: Conexiones Grupo de Líneas.

## ii. Contactores Telemecanic LC1 F4004

El contactor LC1 F4004 es un aparato mecánico de conexión controlado mediante electroimán y con funcionamiento todo o nada. Cuando la bobina del electroimán está bajo tensión, el contactor se cierra, estableciendo a través de los polos un circuito entre la red de alimentación y el receptor (generador).

Cuando se interrumpe la alimentación de la bobina, el circuito magnético se desmagnetiza y el contactor se abre por efecto de:

- ♦ Los resortes de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil,
- ♦ La fuerza de gravedad, en determinados aparatos (las partes móviles recuperan su posición de partida).

## ***Ventajas***

El contactor ofrece numerosas ventajas, entre las que destacan la posibilidad de:

- ◆ Interrumpir las corrientes monofásicas o polifásicas elevadas accionando un auxiliar de mando recorrido por una corriente de baja intensidad,
- ◆ Funcionar tanto en servicio intermitente como en continuo,
- ◆ Controlar a distancia de forma manual o automática, utilizando hilos de sección pequeña o acortando significativamente los cables de potencia,
- ◆ Aumentar los puestos de control y situarlos cerca del operario.
- ◆ Es muy robusto y fiable, ya que no incluye mecanismos delicados,
- ◆ Se adapta con rapidez y facilidad a la tensión de alimentación del circuito de control (cambio de bobina),
- ◆ Garantiza la seguridad del personal contra arranque sin esperados en caso de interrupción de corriente momentánea (mediante pulsadores de control),
- ◆ Facilita la distribución de los puestos de paro de emergencia y de los puestos esclavos, impidiendo que el generador se ponga en marcha sin que se hayan tomado todas las precauciones necesarias,
- ◆ Puede incluirse en equipos de automatismos (PLC LOGO) sencillos o complejos.

El tiempo de cierre “NA” se mide desde la puesta bajo tensión del circuito de alimentación de la bobina hasta la entrada en contacto de los contactos principales. El tiempo de apertura “NC” se mide desde el momento en que el circuito de la bobina está cortado hasta la separación de los contactos principales.





Figura 3.23: Contactores Telemecanique LC1 F4004

#### a) Características Técnicas

- ◆ Número de Polos: 4 Polos
- ◆ Máxima Corriente en AC: 500 Amp.
- ◆ Potencia: 157 kW
- ◆ Temperatura: 0 – 40 ° C
- ◆ Peso (Con batería instalada): 10.200 Kg.
- ◆ Velocidad de Acción: min= 0,01 m/s - max = 0,5 m/s

#### b) Mecanismos y Conexiones de los Contactores LC1 F4004

- ◆ Enclavamientos Mecánicos

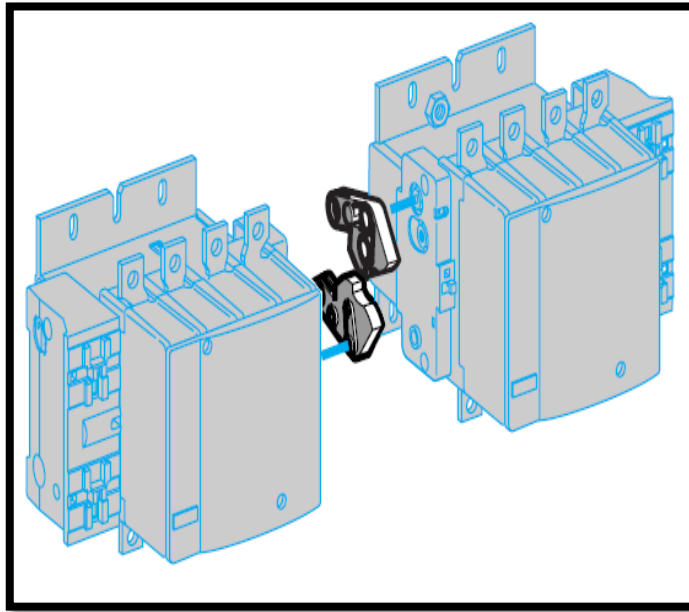


Figura 3.24: Mecanismo de Enclavamiento Mecánico.

♦ Conjunto de Conexiones de Potencia.

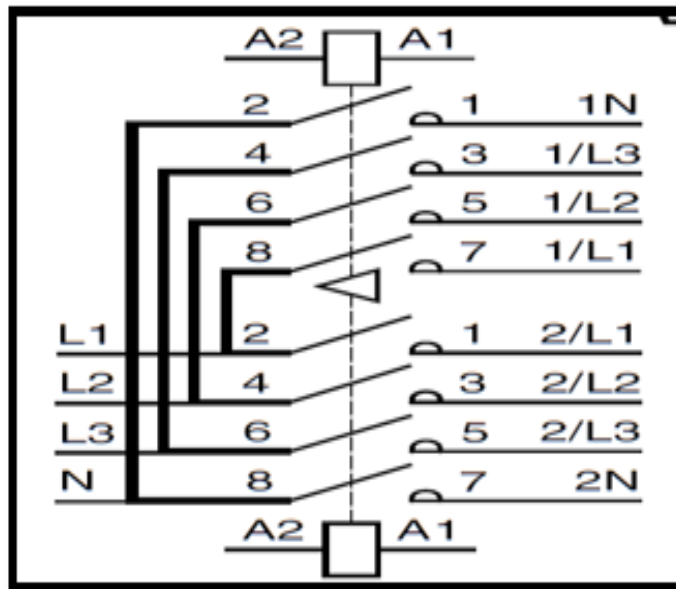


Figura 3.25: Polos Cambio de las partes de Contactador.

### iii. Temporizador Time Delay ICM 425

El temporizador Time Delay tiene la función de poner en funcionamiento el generador según los tiempos programados, el ICM 425 cuenta con las siguientes características:

Norma	IEEE587
Aplicaciones	Protección ante cortocircuitos, generadores, cámaras refrigerantes.
Contactador (Amps)	1.5
Voltaje de Control	18 to 240
Delay	Tiempos en Rangos Ajustables
Frecuencia	50/60Hz
Item	Time Delay
Monitorear	Voltajes de desbalance, Altos y Bajos Voltajes
Rango de temperatura (°F)	- 40 To 167
Time Delay	Ajustable 1.8 to 600 Sec.
Voltage	18 a 240

## CAPÍTULO 4

### REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA DE LA ESPE CAMPUS SANGOLQUÍ

#### 4.1 Análisis de la Demanda Máxima Coincidente del SEP

Para el análisis de la demanda máxima coincidente de la red de Media Tensión se lo ejecutará a partir de la información obtenida en el Campus Politécnico a través de los datos adquiridos por medio del analizador AEMC, con el fin de alcanzar un rediseño eficaz y efectivo del sistema eléctrico de emergencia del campus.

Con las mediciones realizadas en cada cámara de transformación, teniendo en cuenta la demanda máxima con la que trabajaba cada cámara dentro del campus, se procedió a elegir los datos necesarios para obtener un día específico donde mostrara el pico máximo de demanda existente en cada cámara como se observa en el **(Anexo 10)**.

Esto llevó a designar el **miércoles** como el día donde se presenta la mayor demanda existente en los laboratorios, bloques, residencias, talleres, unidades departamentales entre otros. El campus politécnico actualmente cuenta con 3 ramales que se distribuyen desde la acometida principal a las diferentes cámaras de transformación en media tensión como se muestra en la siguiente **tabla 4.1** y el diagrama unifilar del **(Anexo 6, plano N° 239)**.

Tabla 4.1. Distribución de Cámaras de Transformación por Ramales

RAMAL	DISTRIBUCIÓN DE CÁMARAS DE TRANSFORMACIÓN
Ramal "A"	CT1 – CT3 – CT4 – CT7 – CT8
Ramal "B"	CT2
Ramal "C"	CT5 – CT6 – CT9

#### 4.1.1 Curvas de la Demanda Máxima Coincidente por Ramales

Se procederá a obtener las curvas de la demanda máxima coincidente por cada ramal dentro del campus, los datos obtenidos durante las 24 horas del día miércoles en cada cámara de transformación se los puede observar en el **(ANEXO 10)**

Con el análisis de los datos de cada cámara de transformación para los diferentes ramales se pudo obtener las curvas de las demandas máximas coincidentes en cada ramal las cuales se muestran a continuación.



Figura 4.1: Demanda Máxima Coincidente Ramal "A"

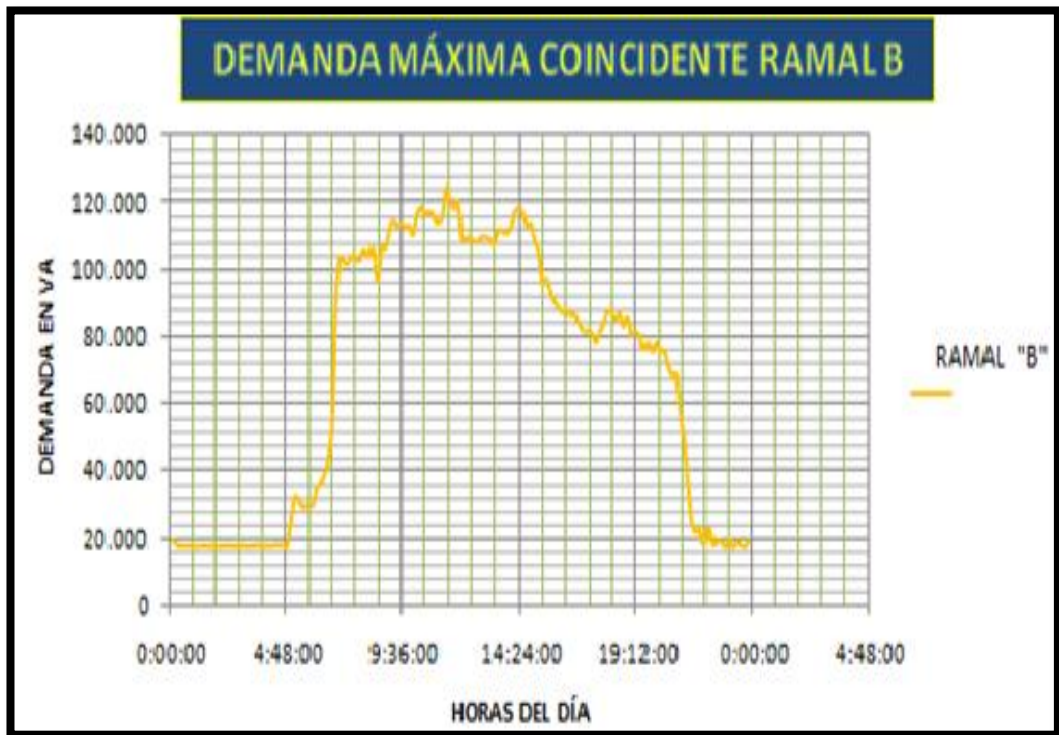


Figura 4.2: Demanda Máxima Coincidente Ramal "B"

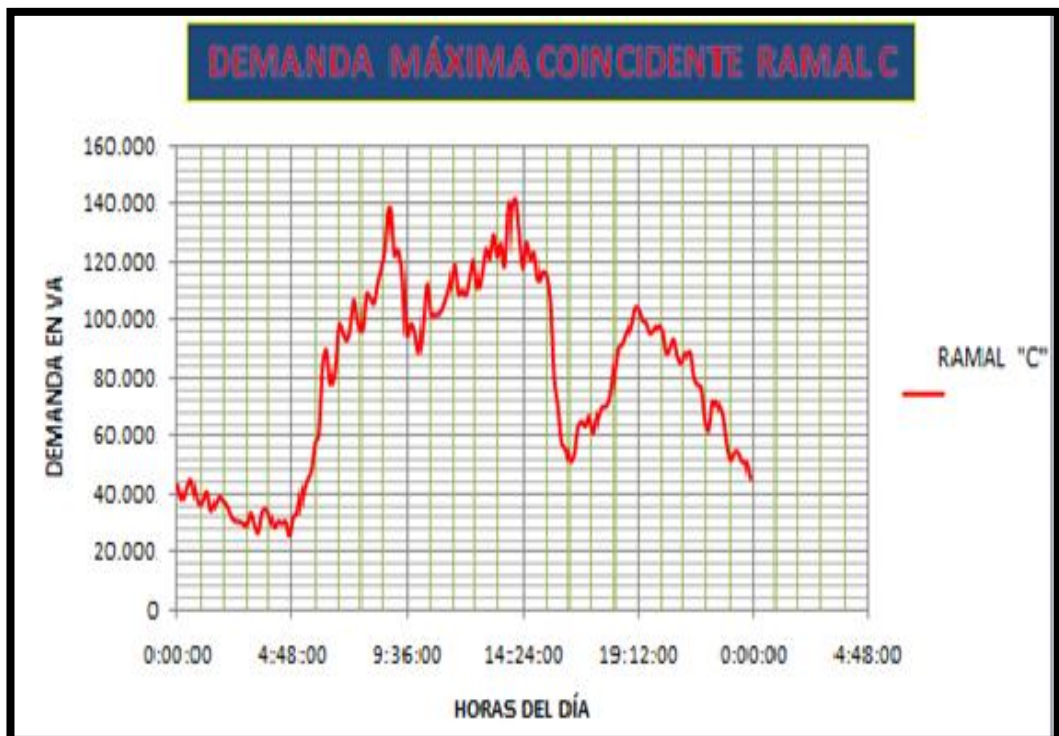


Figura 4.3: Demanda Máxima Coincidente Ramal "C"

#### 4.1.2 Curva de la Demanda Máxima Coincidente del SEP.

Para conseguir la curva de la demanda máxima coincidente que maneja todo el sistema eléctrico de potencia del campus, se realizó la sumatoria de los ramales en las diferentes horas del día miércoles, cuyos datos se pueden observar en el **(Anexo 10)**, con lo cual se obtuvo la curva general de la demanda máxima coincidente que existe en el campus politécnico, la cual se puede ver en la **figura 4.4**.

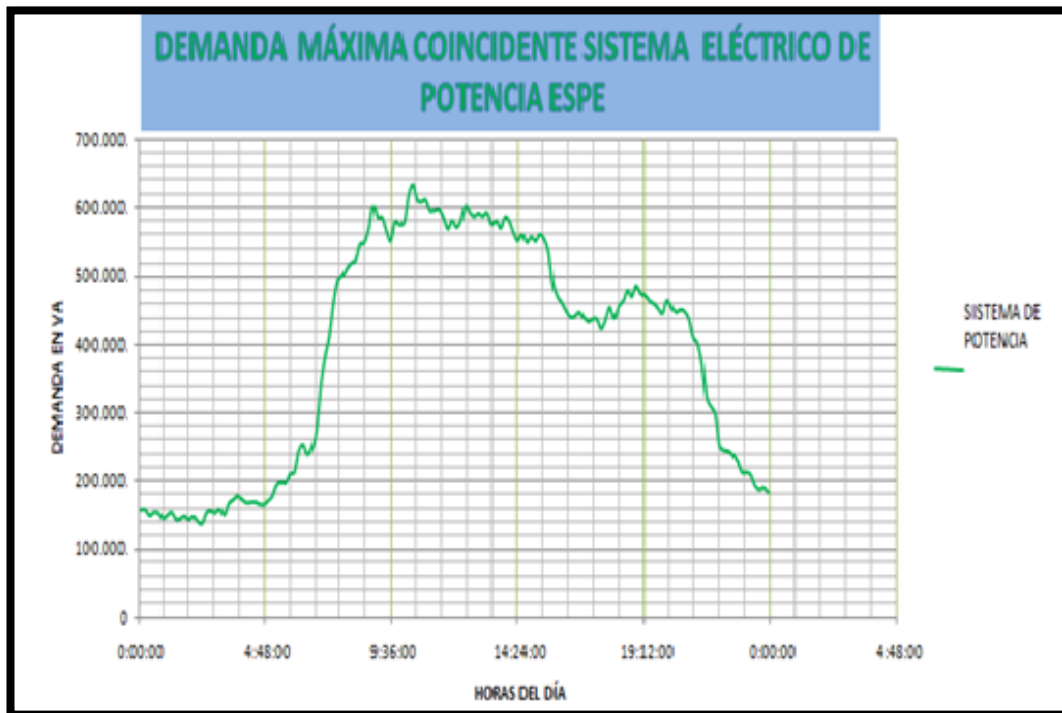


Figura 4.4: Demanda Máxima Coincidente Del SEP.

#### 4.1.3 Valores de la Demanda Máxima Coincidente

Los valores de la demanda máxima coincidente y las horas en las que se produjeron, tanto en los ramales como en el SEP del campus; se presentan en la siguiente **Tabla 4.2**

Tabla 4.2. Valores de la Demanda Máxima Coincidente.

<b>DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE DE LA ESPE - SANGOLQUÍ</b>			
<b>Ramal</b>	<b>Hora del día</b>	<b>Demanda Máxima Coincidente</b>	<b>Unidades</b>
Ramal A	10:15:00	401,407	kVA
Ramal B	11:25:00	124,078	kVA
Ramal C	14:05:00	142,155	kVA
Total SEP	10:25:00	632,554	kVA

Para las alternativas de solución se realizará un análisis por ramales según los datos obtenidos a las horas señaladas en las cámaras de transformación del SEP.

#### **4.2 Alternativas de Solución para el Rediseño del Sistema Eléctrico de Emergencia Campus Sangolquí**

Después de haber realizado un análisis de la situación actual del sistema eléctrico de la ESPE – Sangolquí y logrado obtener las demandas máximas coincidentes de las cámaras de transformación en cada ramal, basados en el paradigma actual de consumo de energía eléctrica dentro del campus politécnico, se plantean las siguientes alternativas de solución para el suministro de energía eléctrica de emergencia.

##### **4.2.1 Solución a Mediano Plazo Solución 1.**

Transferencia Automática de Energía en Media Tensión y Baja Tensión; en caso de corte del suministro eléctrico de energía, el sistema de energía eléctrica de emergencia se ha dividido en dos grupos de cámaras de transformación según el análisis del área de influencia de cada una.



#### **4.2.1.1 Seccionamiento de Carga por Cámaras de Transformación**

Para el seccionamiento de carga se ha unido el ramal “1” y “2” conformando el primer grupo y el ramal “3” siendo el segundo grupo, donde las cámaras CT1, CT2, CT3, CT4, CT7 y CT8 formarán el primero y el segundo estará conformado por las cámaras CT5, CT6 y CT9, como se puede observar en el **(Anexo 11)**.

El generador 2 de 631 (kVA) ubicado en la cámara de transformación 4, proveerá de flujo energético de emergencia a las barras de la cámara 4 y hará uso del transformador 4 como transformador elevador, con el fin de elevar el voltaje del generador hasta los niveles suministrados por la EEQSA; de 22,8 (kVA) y de esta manera abastecer de flujo eléctrico a las demás cámaras de transformación del primer grupo. En cuanto al generador 3 de 165 (kVA) ubicado en la cámara de transformación 6 suministrará de flujo eléctrico a las barras de la cámara 6 y de la misma manera que lo anterior se utilizará el transformador 6 como transformador elevador, elevando la energía a 22,8 (kVA) y de esta manera abastecer de flujo eléctrico a las demás cámaras de transformación del segundo grupo.

##### **a. Seccionamiento de Dependencias en el Campus.**

Con el propósito de que exista mejor rendimiento y no poner en riesgo el buen funcionamiento en la solución 1 del sistema eléctrico de emergencia a mediano plazo, se procede a seccionar dependencias que posean menor importancia como se indica en la siguiente **tabla 4.3** con el fin de disminuir la demanda máxima en el momento que exista una emergencia.

Tabla 4.3. Seccionamiento de Dependencias.

<b>Seccionamiento de Dependencias por Cámaras de Transformación</b>			
<b>Grupos</b>	<b>Cámaras de Transformación</b>	<b>kVA</b>	<b>Dependencias que No Funcionarán Durante la Emergencia</b>
Primero	CT1	160	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estacionamiento.</li> <li>- Garita Principal (prevención).</li> <li>- Parque Cívico.</li> <li>- Alumbrado Exterior.</li> </ul>
Primero	CT2	350	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biblioteca: (Ascensor, tomas bloques de computadoras, Auditorio).</li> <li>- Edificio Administrativo: (Ascensor, Aire Acondicionado).</li> </ul>
Primero	CT3	112,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bombas Centrífugas.</li> <li>- Bombas Electro-sumergibles.</li> </ul>
Primero	CT4	400	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado Público.</li> <li>- Bar.</li> <li>- Aula 2000 – 2001.</li> <li>- Hornos Metalurgia.</li> </ul>
Segundo	CT5	75	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Talleres.</li> <li>- Iluminación Avenida.</li> <li>- Reflectores Canchas.</li> </ul>
Segundo	CT6	300	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impresora KBA Planeta (Imprenta).</li> <li>- Alumbrado Exterior.</li> <li>- Lavandería.</li> <li>- Máquinas Imprenta.</li> <li>- Iluminación en Pisos.</li> </ul>
Primero	CT7	160	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bomba de Agua Invernadero.</li> <li>- Mecánica: (Soldadoras, Tornos, Máquinas CNC, Fresadoras, Esmeril, Rectificadora).</li> </ul>
Primero	CT8 a)	50	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bomba de Gasolina.</li> </ul>
Segundo	CT9	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Garita Posterior.</li> <li>- En Galpones CICTE: (Grúas Automáticas, Tomas Especiales 220v, Cajas de Breakers Lámparas de Sodio)</li> </ul>

El seccionamiento en caso de emergencia eléctrica tendrá que ser en forma manual por parte de los encargados de mantenimiento eléctrico, ya que cada breaker con los que cuenta al momento dichas dependencias no son automáticos como se puede observar en el **(Anexo 11)** plano N° 248 donde se destaca las dependencias que abarca el sistema de emergencia y el seccionamiento de las mismas.

Debido al seccionamiento realizado para las dependencias que no estarán funcionando durante el sistema de emergencia de la solución 1, se reducirá del (15 al 20%) de la demanda máxima utilizada y así existirá mayor confiabilidad en los generadores involucrados.

#### **4.2.1.2 Análisis de las Curvas de la Demanda Máxima Coincidente por grupos**

Para la solución descrita se tomó en cuenta los valores de la demanda máxima coincidente que existe en los diferentes grupos de las cámaras de transformación, uniendo los ramales “1” y “2” para ser abastecidos por el generador 2 y formando el primer grupo y el ramal “3” suministrado por el generador 3 que formará el segundo grupo. Las curvas de las demandas máximas coincidentes para la solución a mediano plazo se las puede observar en las **figuras 4.5 y 4.6**.

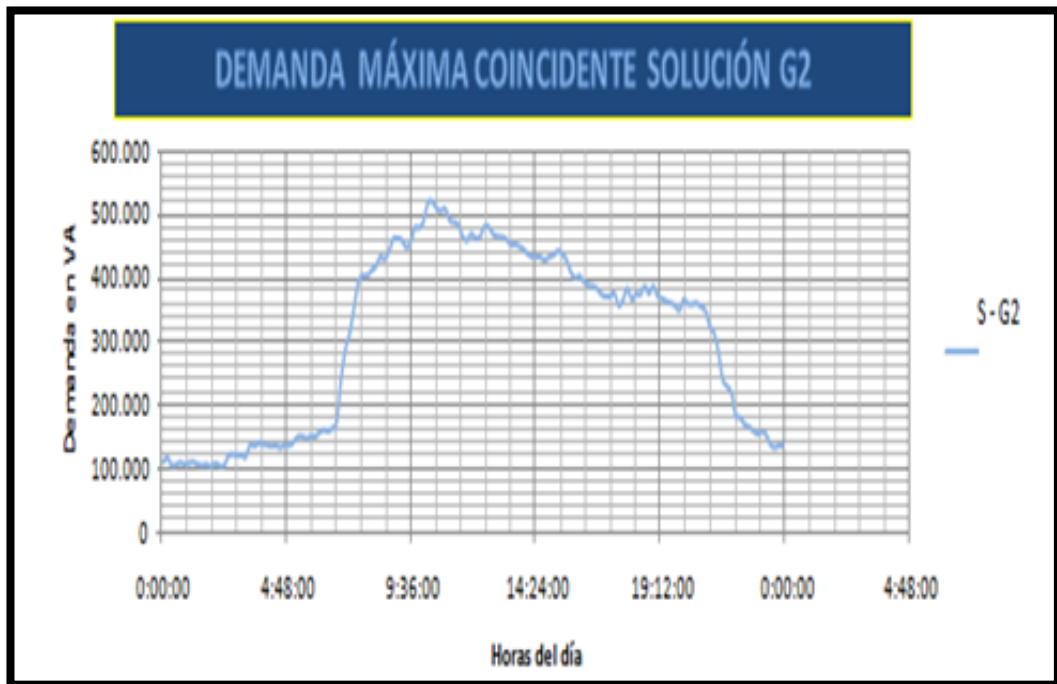


Figura 4.5: Demanda Máxima Coincidente Primer Grupo con G2 631 (kVA)

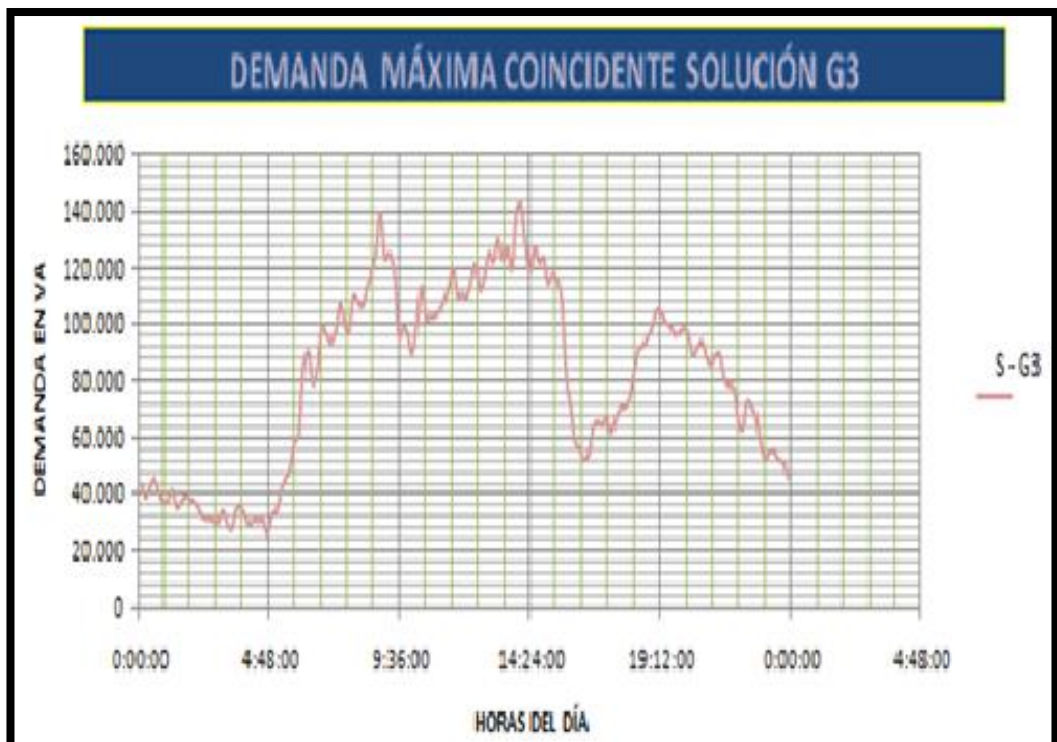


Figura 4.6: Demanda Máxima Coincidente Segundo Grupo con G3 165 (kVA).

#### 4.2.1.3 Valores de la Demanda

Los valores de la demanda máxima coincidente de la solución a mediano plazo con los diferentes generadores involucrados, a las horas en las que se produjeron y en los diferentes grupos conformados se presentan en la siguiente **Tabla 4.4**.

Tabla 4.4. Demanda Máxima Coincidente Solución Mediano Plazo

<b>DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE SOLUCIÓN A MEDIANO PLAZO</b>			
<b>Solución con Generadores</b>	<b>Hora del día</b>	<b>Demanda Máxima Coincidente</b>	<b>Unidades</b>
Primer Grupo - G2	10:25:00	519,74	kVA
Segundo Grupo - G3	14:05:00	142,155	kVA

A partir de estos datos obtenidos, damos valores con un porcentaje de distorsión armónica según el analizador de calidad energética con los datos tomados en las cámaras de transformación del campus.

##### a. Valores con Porcentaje de Distorsión Armónica.

El factor de carga que se incrementa a partir de la potencia máxima coincidente utilizada en cada circuito estudiado, tomando en cuenta las medidas obtenidas con el analizador de energía, del porcentaje de Distorsión Armónica en cada cámara de transformación y el tipo de carga que poseen, se consiguió un porcentaje equivalente entre las cámaras de transformación del 15% más del valor actual que se consiguió en la demanda máxima coincidente para la solución1.

Tabla 4.5. Demanda Máxima con Porcentaje de Distorsión Armónica

<b>DEMANDA MÁXIMA A MEDIANO PLAZO</b>			
<b>Solución con Generadores</b>	<b>Demanda Máxima Coincidente</b>	<b>Porcentaje de Distorsión Armónica</b>	<b>Total</b>
Primer Grupo - G2	519,74 kVA	15 %	597,701 kVA
Segundo Grupo - G3	142,155 kVA	15 %	163,48 kVA

Con lo cual establecemos la demanda máxima con porcentaje de Distorsión Armónica para la Solución a Mediano Plazo por medio de la **tabla 4.5.**

Donde se puede observar que la máxima demanda, con el 15% de distorsión armónica en el generador 2, se produce a las 10:25 de la mañana con un valor de 597.701 (kVA), lo cual permite que el generador 2 de 631 (kVA) sea suficiente para que actúe como sistema de emergencia para el primer grupo.

De igual manera la demanda máxima con el 15% de distorsión armónica en el generador 3, se produce a las 14:05 de la tarde con un valor de 163.48 (kVA), con lo cual el generador 3 con una capacidad de 165(kVA) funcione al límite como el sistema eléctrico de emergencia para el segundo grupo.

En la **figura. 4.7** se puede observar cómo funciona la solución 1 dentro del campus politécnico con sus respectivos grupos de emergencia eléctrica y las cámaras de transformación que abarca cada uno de ellos.



Figura 4.7: Solución 1 a Mediano Plazo con (G2-G4) y (G3).

Con la finalidad de obtener una mayor confiabilidad en la solución 1 del sistema eléctrico de emergencia del campus de debe tomar muy en cuenta el **Seccionamiento de Dependencias** en forma manual por parte del personal de mantenimiento eléctrico, en especial en el generador 3 ya que trabajaría al límite y esto ocasionará problemas.

#### **4.2.1.4 Simulación de Flujos de Carga para la Solución 1**

En la actualidad existen Software's especializados para el estudio eléctrico que ofrecen productos comerciales que permiten, realizar análisis de flujos de carga, cálculo de corrientes de cortocircuito, coordinación de protecciones, estabilidad de voltaje, análisis de armónicos, entre otras aplicaciones. En nuestro medio, los de uso más difundido son: NEPLAN, Dig Silent, Etap y PowerWorld.

Para el presente estudio se ha empleado NEPLAN, por la facilidad de adquisición del software y por los resultados que despliega en cuanto se refiere a flujos de carga y corrientes de cortocircuito.

Para la solución planteada, el Flujo de Potencia constituye una fotografía del Sistema Eléctrico de emergencia antes descrito, que permite conocer su estado bajo determinadas condiciones de: topología, generación y carga.

Los resultados principales que se obtienen del flujo de potencia son: magnitud y ángulo de fase del voltaje de cada barra del sistema ( $V, \theta$ ), potencia activa y reactiva que fluye por cada elemento del sistema ( $P, Q$ ). Los resultados secundarios son aportes de voltaje ( $\% u$ ), pérdidas PL y cargabilidad de los elementos ( $\% P_{max}$ ).

En la siguiente **figura 4.8** se muestra el esquema del sistema eléctrico de emergencia para la solución 1 a mediano plazo de la ESPE, en él se detalla los generadores de alimentación y los centros de transformación a

con sus respectivas cargas su máxima demanda durante el período de emergencia.

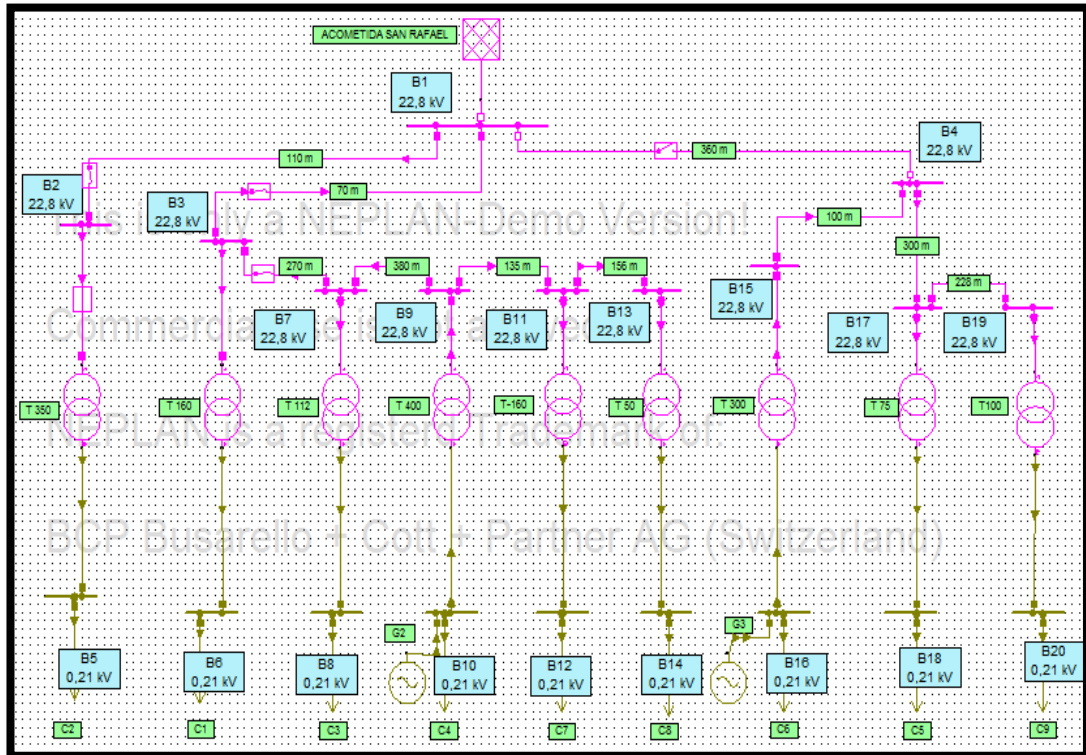


Figura 4.8: Esquema del sistema eléctrico de Emergencia, Solución 1 a Mediano Plazo.

- Los resultados obtenidos en las barras son los siguientes:

Tabla 4.6. Resultados flujos de potencia NEPLAN en barras

N° de Barras	Voltaje en KV	u % V	Ángulo °	P Carga MW	Q Carga MVAR	P Gener. MW	Q Gener. MVAR
B1	22,462	98,52	-1,3	0,121	0,52	0	0
B10	0,21	100	0	0,295	0,126	0,552	0,207
B11	22,464	98,53	-1,3	0,065	0,028	0	0
B12	0,206	98,14	-1,4	0,027	0,012	0	0
B13	22,464	98,53	-1,3	0,038	0,016	0	0
B14	0,201	95,6	-2,4	0,038	0,016	0	0
B15	22,783	99,93	-0,3	0,039	0,017	0	0
B16	0,21	100	0	0,125	0,053	0,165	0,047
B17	22,783	99,93	-0,3	0,039	0,017	0	0



<b>B18</b>	0,206	98,14	-0,9	0,035	0,015	0	0
<b>B19</b>	22,783	99,93	-0,3	0,004	0,002	0	0
<b>B2</b>	22,462	98,52	-1,3	0,121	0,052	0	0
<b>B20</b>	0,209	99,73	-0,3	0,004	0,002	0	0
<b>B3</b>	22,463	98,52	-1,3	0,15	0,532	0	0
<b>B4</b>	22,783	99,93	-0,3	0,39	0,17	0	0
<b>B5</b>	0,205	97,56	-2	0,121	0,052	0	0
<b>B6</b>	0,206	98,12	-1,4	0,029	0,012	0	0
<b>B7</b>	22,463	98,52	-1,3	0,188	0,548	0	0
<b>B8</b>	0,204	97,28	-1,9	0,038	0,016	0	0
<b>B9</b>	22,464	98,53	-1,3	0,338	0,576	0	0

– Los resultados obtenidos en cada elemento del sistema son:

Tabla 4.7. Resultados flujos de potencia NEPLAN en elementos

N° de Barra	Tipo	Elemento	P Carga MW	Q Carga MVAR	I kA	Ángulo °	P Pérdida MW	Q Pérdida MVAR
<b>B1</b>	EEQ.	ACOMETIDA SAN RAFAEL	0	0	0	0		
<b>B1</b>	Línea	110 m	0,122	0,049	0,003	-23,3	0	-0,0049
<b>B1</b>	Línea	360 m	0	0	0	0	0	0
<b>B1</b>	Línea	70 m	-0,122	-0,049	0,003	156,7	0	-0,0031
<b>B10</b>	Transform.	T 400	0,257	0,081	0,741	-17,5	0,002	0,007
<b>B10</b>	Carga	C4	0,295	0,126	0,882	-23,1		
<b>B10</b>	Generador	G2	-0,552	-0,207	1,421	159,4		
<b>B11</b>	Línea	156 m	0,039	0,012	0,001	-18,3	0	-0,007
<b>B11</b>	Línea	135 m	-0,066	-0,028	0,002	155,8	0	-0,006
<b>B11</b>	Transform.	T 160	0,027	0,016	0,001	-31,8	0,0001	0,004
<b>B12</b>	Transform.	T 160	-0,027	-0,012	0,083	154,7	0,0001	0,004
<b>B12</b>	Carga	C7	0,027	0,012	0,083	-25,3		
<b>B13</b>	Línea	156 m	-0,039	-0,019	0,001	152,8	0	-0,007
<b>B13</b>	Transform.	T 50	0,039	0,019	0,001	-27,2	0,0008	0,0029
<b>B14</b>	Transform.	T 50	-0,038	-0,016	0,119	154,8	0,0008	0,0029
<b>B14</b>	Carga	C8	0,038	0,016	0,119	-25,2		
<b>B15</b>	Línea	100 m	0,039	-0,006	0,001	8,2	0	-0,0046
<b>B15</b>	Transform.	T 300	-0,039	0,006	0,001	-171,8	0,0001	0,0002
<b>B16</b>	Generador	G3	-0,165	-0,047	0,471	163,9		
<b>B16</b>	Transform.	T 300	0,04	-0,006	0,11	8,2	0,0001	0,0002
<b>B16</b>	Carga	C6	0,125	0,053	0,373	-23		

<b>B17</b>	Línea	300 m	-0,039	-0,013	0,001	161,9	0	-0,0139
<b>B17</b>	Transform.	T 75	0,035	0,018	0,001	-27,6	0,0005	0,0033
<b>B17</b>	Línea	228 m	0,004	-0,006	0	54	0	-0,0106
<b>B18</b>	Transform.	T 75	-0,035	-0,015	0,107	155,9	0,0005	0,0033
<b>B18</b>	Carga	C5	0,035	0,015	0,107	-24,1		
<b>B19</b>	Transform.	T 100	0,004	0,005	0	-51,6	0	0,003
<b>B19</b>	Línea	228 m	-0,004	-0,005	0	128,4	0	-0,0106
<b>B2</b>	Transform.	T 350	0,122	0,054	0,003	-25,3	0,0005	0,002
<b>B2</b>	Línea	110 m	-0,122	-0,054	0,003	154,7	0	-0,0049
<b>B20</b>	Transform.	T 100	-0,004	-0,002	0,012	153,1	0	0,003
<b>B20</b>	Carga	C9	0,004	0,002	0,012	-26,9		
<b>B3</b>	Transform.	160 m	0,029	0,016	0,001	-30,1	0,0001	0,004
<b>B3</b>	Línea	70 m	0,122	0,046	0,003	-22	0	-0,0031
<b>B3</b>	Línea	270 m	-0,151	-0,062	0,004	156,4	0	-0,0122
<b>B4</b>	Línea	360 m	0	0	0	0	0	0
<b>B4</b>	Línea	100 m	-0,039	0,001	0,001	-178,5	0	-0,0046
<b>B4</b>	Línea	360 m	0,039	-0,001	0,001	1,5	0	-0,0139
<b>B5</b>	Carga	C2	0,121	0,052	0,371	-25,3		
<b>B5</b>	Transform.	T 350	-0,121	-0,052	0,371	154,7	0,0005	0,002
<b>B6</b>	Carga	C1	0,029	0,012	0,088	-23,9		
<b>B6</b>	Transform.	T 160	-0,029	-0,012	0,088	156,1	0,0001	0,004
<b>B7</b>	Línea	270 m	0,151	0,05	0,004	-19,6	0	-0,0122
<b>B7</b>	Transform.	T 112,5	0,038	0,02	0,001	-28,7	0,0003	0,0039
<b>B7</b>	Línea	380 m	-0,189	-0,07	0,005	158,5	0	-0,0171
<b>B8</b>	Transform.	T 112	-0,038	-0,016	0,117	155,2	0,0003	0,0039
<b>B8</b>	Carga	C3	0,038	0,016	0,117	-24,8		
<b>B9</b>	Línea	380 m	0,189	0,052	0,005	-16,8	0	-0,0171
<b>B9</b>	Transform.	T 400	-0,255	-0,074	0,007	162,5	0,002	0,007
<b>B9</b>	Línea	135 m	0,066	0,022	0,002	-19,6	0	-0,006

Mediante la simulación de flujos de carga en Neplan para la solución 1, se observó que los elementos conectados funcionan adecuadamente, excepto en la barra N°14 que tiene un bajo voltaje pero es aceptable; porque sólo funcionaría en caso de emergencia. Las pérdidas técnicas del sistema de potencia en las líneas y trafos están en condiciones muy eficientes, es decir, son bajas, menor al 1.5% de los rangos normalizados permitidos por el CONELEC.

#### 4.2.1.5 Elementos y Equipos que Intervienen en la Solución 1 a mediano plazo.

Los equipos y elementos que intervienen en la solución 1 a mediano plazo están especificados en la **Tabla 4.8** donde podemos apreciar todos aquellos elementos con los que cuenta la ESPE y el equipo adicional que intervendría en caso de emergencia eléctrica en el campus.

Tabla 4.8. Elementos y Equipos que intervienen en la Solución 1 a Mediano Plazo.

Elementos y Equipos en la Solución 1				
Elemento o Equipo	Características Técnicas	Existente en el Campus	Adicional en el Campus	Tipo de Grupo
CT1	160 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X		Grupo 1
CT2	350 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X		Grupo 1
CT3	112,5 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X		Grupo 1
CT4	400 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X		Grupo 1
CT5	75 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X		Grupo 2
CT6	300 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X		Grupo 2
CT7	100 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X		Grupo 1
CT8	50 kVA 22.8 kV / 400-220 V	X		Grupo 1
CT9	100 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X		Grupo 2
Generador 2	631 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X		Grupo 1
Generador 3	165 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X		Grupo 2
Seccionadores Ramal 1 y 2 del SEP	12K-15K-65K-3H y BAYONETA	X		Grupo 1
Seccionadores Ramal 3 del SEP	12K-25K y BAYONETA	X		Grupo 2
TTA 2 RGAM 20 y ATL 20	Módulos Controladores RGAM 20 y ATL 20 y Relays y Fusibles.	X		Grupo 1
Contactores del TTA 2	Contactores Merlin Gerin y Breakers Motorizados	X		Grupo 1

TTA 3 PLC 1	PLC SIEMENS LOGO 230RC , Temporizadores, Relays y Fusibles	X		Grupo 2
Contactores del TTA 3	Contactores Telemecanic LC1 F4004	X		Grupo 2
TTA PLC2	PLC Siemens Logo 12/24 con módulo de Ampliación DM8 que dote de señales de apertura y cierre. Con Software de Programación, Relays de enclavamiento, Temporizadores y Fusibles		X	Grupo 1 y 2
Seccionador Automático de Media Tensión	ABB de interruptor Grid G.		X	Grupo 1 y 2
Conductor PLC2 – Breaker Automático de Baja Tensión	1200 metros de conductor N° 14 para las señales del control PLC – Breaker Automático de Baja Tensión		X	Grupo 1 y 2
Interruptores Automático de Baja Tensión	NS1000N de 1000A Merlin Gerin		X	Grupo 1
Conductor en Media Tensión	15 metros de conductor N°2 XLPE de 25 kV		X	Grupo 1
Conductor en Baja Tensión	135 metros de conductor N° 3/0		X	Grupo 1
Seccionador Automático de Media Tensión	ABB de interruptor Grid G. de 25K - 3U		X	Grupo 2
Interruptores Automático de Baja Tensión	NS160N de 160 A Merlin Gerin		X	Grupo 2
Conductor en Media Tensión	5 metros de conductor N°2 XLPE de 25 kV		X	Grupo 2
Conductor en Baja Tensión	105 metros de conductor N° 1/0		X	Grupo 2

#### **4.2.1.6 Funcionamiento del Sistema Eléctrico de Emergencia Solución1 a Mediano Plazo.**

La Solución1 a mediano plazo consiste en la Transferencia Automática de Energía en Media Tensión y Baja Tensión, es decir en caso de corte del suministro eléctrico de energía, el sistema de energía eléctrica de emergencia se ha dividido en dos grupos de cámaras de transformación según el análisis del área de influencia de cada una.

Los pasos para el funcionamiento del sistema de emergencia se describen a continuación.

##### **a) Modo de energía normal:**

Bajo circunstancias normales como se muestra en la **figura 4.9**, la energía de la EEQSA se encuentra disponible desde la Subestación San Rafael, el PLC Siemens Logo 12/24 con módulo de Ampliación DM8 de la Acometida y los Tableros de Transferencia Automática (TTA) del Generado 2 y 3 sensan tensión de línea normal y conecta la energía a la carga a través del contactor de potencia. Un cargador de baterías incorporado mantiene las baterías de arranque de los generadores cargadas.

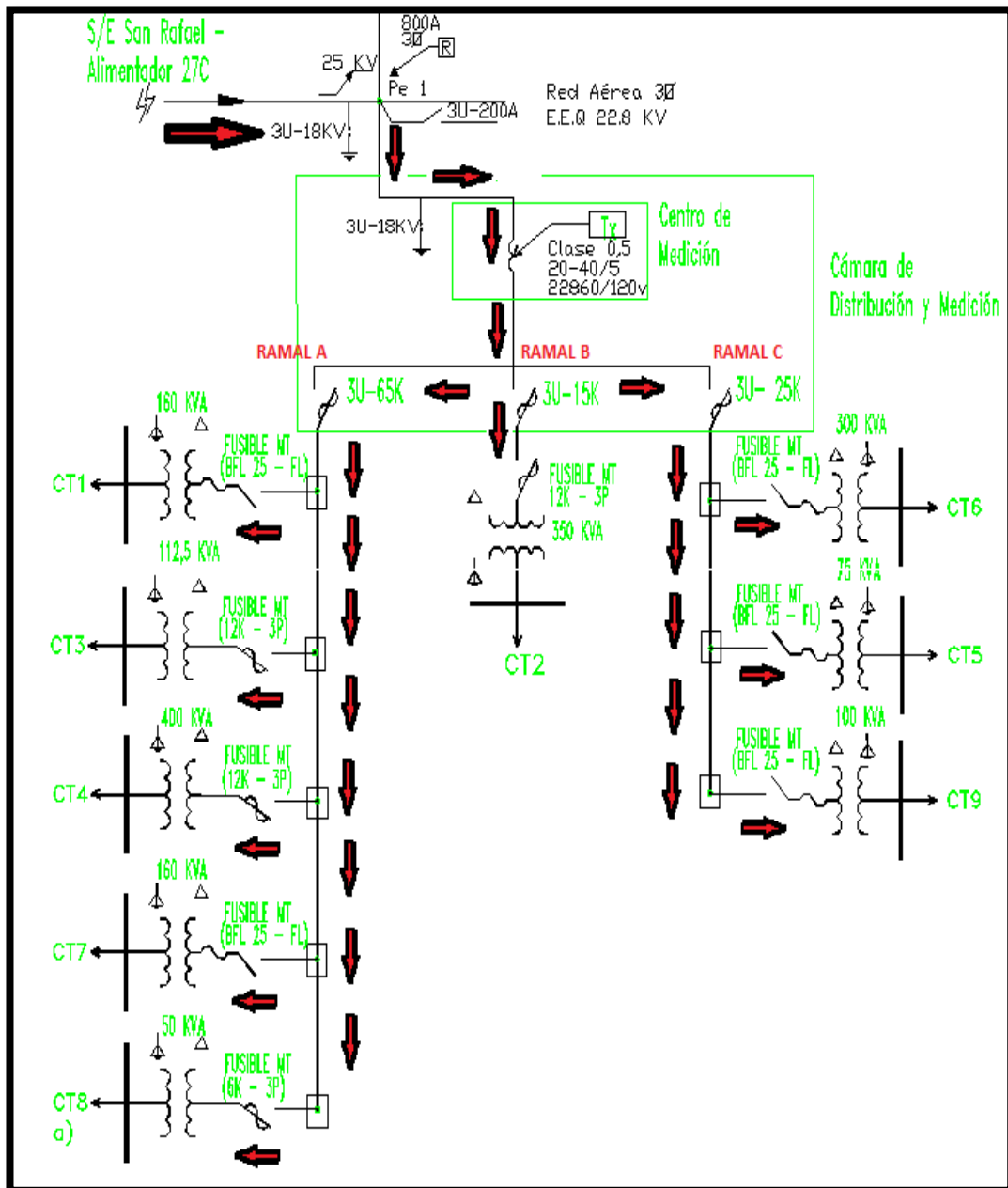


Figura 4.9: Modo de Energía Normal.

**b) Ocurre el corte de energía:**

Cuando el voltaje de las líneas de la EEQSA cae a menos del valor de referencia, o falla por completo, el PLC Siemens Logo 12/24 con módulo de Ampliación DM8 ubicado en la Acometida dará una señal directa para que el seccionador automático de media tensión ABB de interruptor Grid

G. que alimenta las líneas de los “3” ramales y el seccionador automático de 25K ABB de interruptor Grid G. que alimenta el ramal “3” comiencen su apertura y al mismo tiempo dotará de la misma señal para que los sistemas de control de los generadores iniciará automáticamente su secuencia de arranque de los grupos electrógenos “2” de 631 (kVA) y “3” de 165 (kVA), para alimentar las barras de las cámaras CT4 y CT6 a través de los controladores (RGAM-20, ATL-20) y del (PLC Siemens 230RC) respectivamente, luego conmutar la carga a la energía suministrada por los mismos.

Inmediatamente después de unos minutos el RGAM-20 suministrará de una señal al interruptor (breaker) automático de NS1000N, ubicado en los devanados de baja del transformador “4” con el fin de iniciar así su fase de cierre y a través del transformador “4” se eleve a la energía en media tensión proporcionando de esta manera 22,8 (kV) para que las demás cámaras de transformación CT1, CT2, CT3, CT7 y CT8 se encuentren alimentadas y todas aquellas dependencias se provean de energía suficiente.

Al igual que el controlador anterior el PLC Siemens 230RC dará una señal al interruptor (breaker) automático de NS160N, ubicado en los devanados de baja del transformador “6”, cerrándolo y con ayuda del transformador “6” y se eleve a la energía a media tensión dando 22,8 (kV) para que las cámaras CT5 y CT9 se encuentren con suministro eléctrico.

### **Notas Importantes:**

En consecuencia el PLC Siemens Logo 12/24 con módulo de Ampliación DM8 monitorea constantemente la fuente de energía de la EEQSA y los controladores RGAM-20 y PLC 230RC la de los generadores (cada 1 seg.) estando en contacto continuo; los cuales

envían señales entre sí en caso de falla eléctrica. Dichas señales se cancelan si la energía de la EEQSA regresara antes de completarse la demora de arranque. Una vez iniciada la secuencia de arranque de los generadores “2” y “3”, ésta no se detendrá, aun cuando la energía de la EEQSA se normalizara.

Si el corte de energía persiste, la señal de arranque es recibida, los motores arrancan y alcanzan un régimen constante de operación, los TTA de los generadores “2” y “3” sensan que la energía disponible por el generador sea la correcta y espera otro tiempo pre-programado, antes de transferir la energía de los generadores a la carga a través de los contactores de potencia y los interruptores (breaker) automáticos, como se muestra en el plano N° 247 del **(Anexo 11)**

Si por alguna causa algún motor de los generadores no arrancó en el primer intento, realiza un segundo, un tercero, ó la cantidad de pulsos de arranque programados desde los controladores; con un intervalo de espera entre cada pulso. Si fallase en todos los intentos de arranque, en la placa de control se enciende una señal luminosa que indica “Falla de Arranque”, ésta permanecerá encendida hasta que el generador sea puesto en marcha nuevamente.



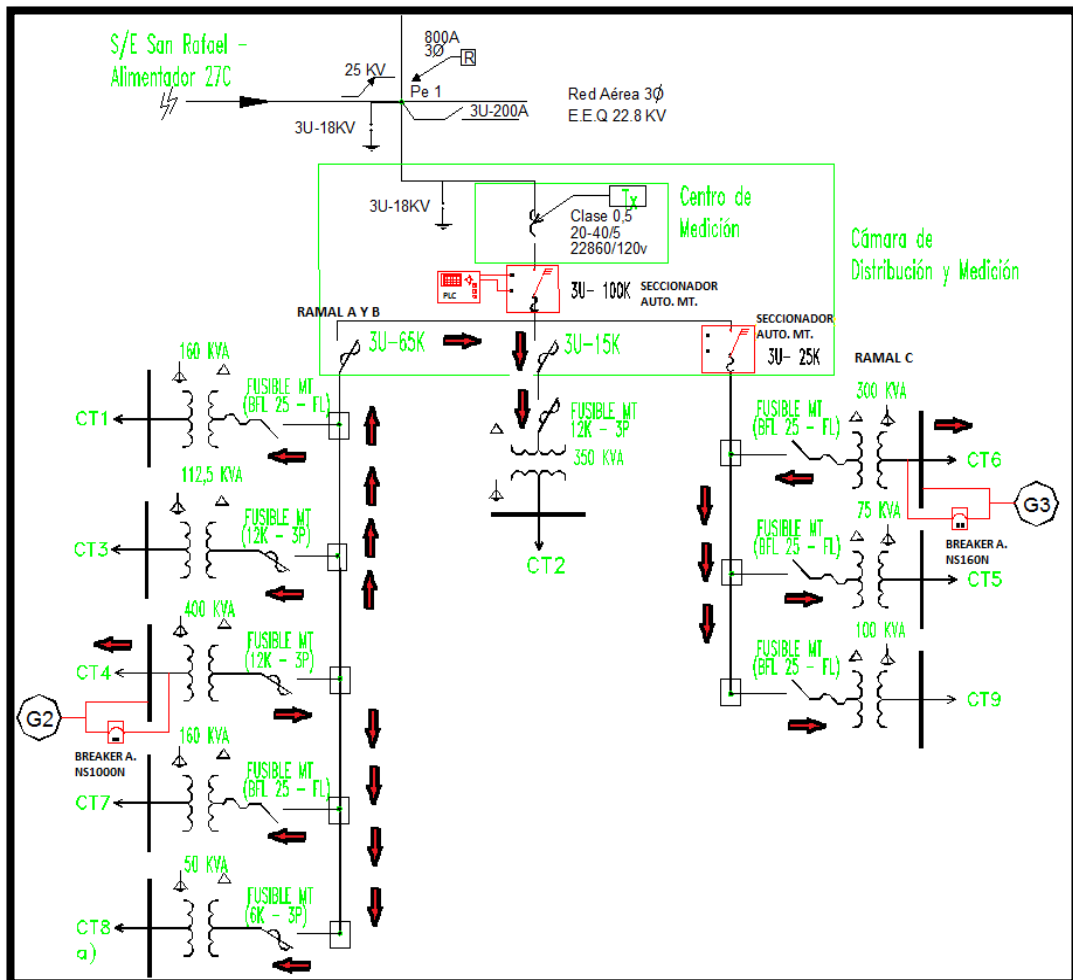


Figura 4.10: Cuando Ocurre el Corte de Energía.

**c) La energía de la EEQSA San Rafael regresa:**

Quando la energía de la EEQSA regresa como se muestra en la **figura 4.11**, el PLC Siemens Logo 12/24 con módulo de Ampliación DM8 sensa y verifica que el voltaje sea el adecuado. Después de chequear esto, envía una señal al RGAM-20 y al PLC Siemens 230RC iniciando el proceso de apagado de los motores de los generadores. Durante un tiempo programado, los controles de los TTA de los grupos electrógenos mantiene la carga conectada al generador, pasado éste lapso, envía primero una señal a los interruptores (breakers) automáticos de NS1000N y de NS160N A que están en los devanados de los transformadores 4 y 6

respectivamente para que se abran y una señal al PLC Siemens Logo 12/24 para que cierre los seccionadores automáticos de media tensión, con lo cual los contactores de potencia MERLIN GERIN y TELEMECHANIC F4004 transfieran la carga a la EEQSA desde la Subestación San Rafael y así desconectar los generadores.

En éste momento, los generadores están fuera de línea y trabajarán un tiempo programado, para enfriarse adecuadamente.

Después del ciclo de enfriamiento, los TTA RGAM-20 y PLC Siemens 230RC envían el pulso de apagado al motor de los generadores. Los tiempos con los que se maneja la solución 1 se muestran en la **Tabla 4.9**.

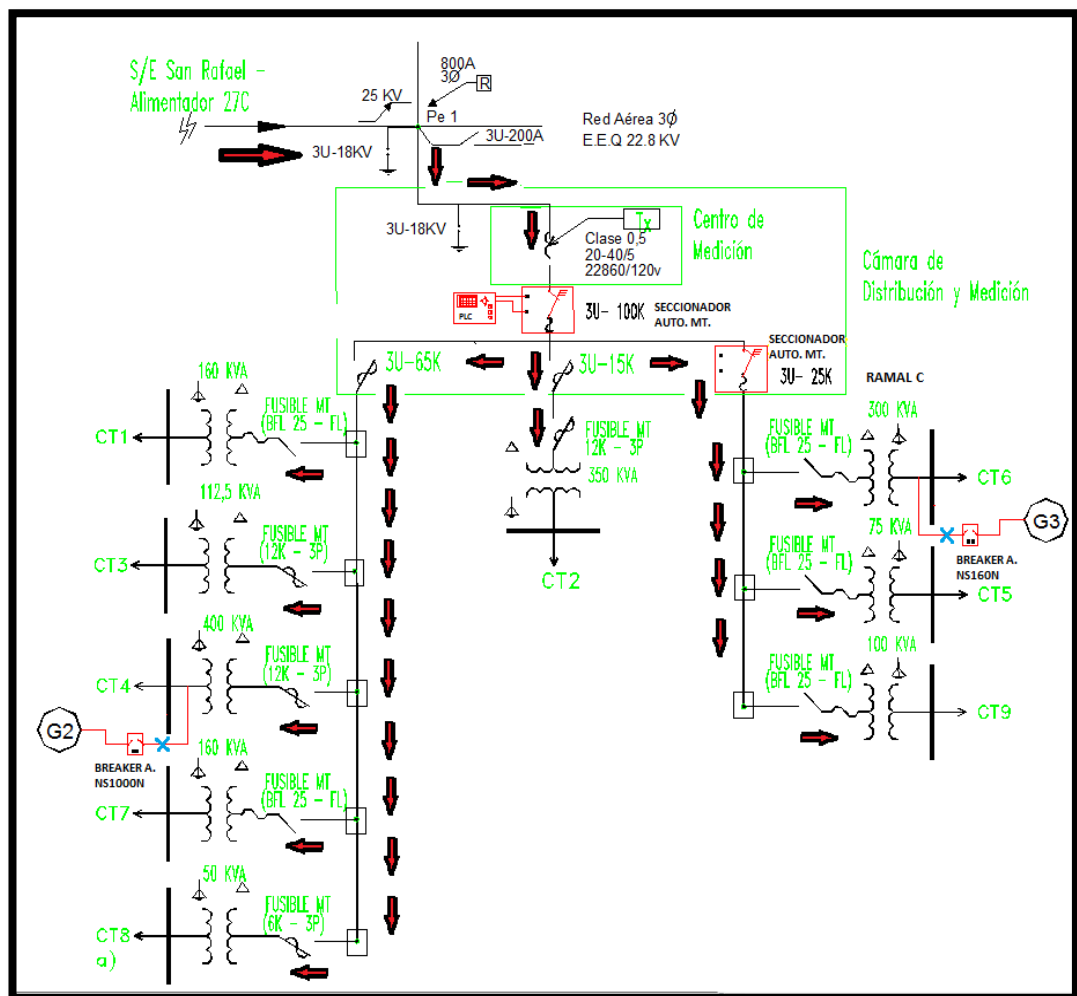


Figura 4.11 La energía de la EEQSA San Rafael regresa.

Tabla 4.9. Tiempos para la Solución 1.

<b>TIEMPOS PARA LA SOLUCIÓN 1 A MEDIANO PLAZO</b>	
<b>Función Realizada durante el Sistema de Emergencia Eléctrica.</b>	<b>Tiempos en (seg)</b>
Tiempo de Espera de la Falla	<b>10 s</b>
Tiempo de Arranque de los Generadores “2” y “3”	<b>30 s</b>
Tiempo de Precaentamiento de los Generadores “2” y “3”	<b>120 s</b>
Tiempo de Recierre	<b>60 s</b>
Tiempo de Retransferencia a las Barras del CT4 y CT6	<b>120 s</b>
Tiempo de Retransferencia a los devanados de baja de los T4 y T6	<b>60 s</b>
Tiempo de Des-energización	<b>10 s</b>
Tiempo de Enfriamiento	<b>180 s</b>

#### **4.2.1.7 Esquema General de Conexión del Sistema de Emergencia Solución 1**

Los esquemas de conexión con los que cuenta el sistema de emergencia eléctrica para la solución 1 a mediano plazo, se encuentran en el **(ANEXO 11)** especificando la alimentación por parte de los grupos electrógenos y el diagrama unifilar del sistema en emergencia.

#### **4.2.1.8 Tiempo de Validez.**

Para la Solución 1 a Mediano Plazo mediante el análisis respectivo de carga la demanda máxima con la que cuenta en campus es de 597,701 (kVA) para el primer grupo que está alimentado con el generador de 631 (kVA) y de 163,48 (kVA) para el segundo grupo que está suministrado de energía con el generador de 165 (kVA). Puesto que los generadores funcionarían al límite de sus capacidades en caso de emergencia eléctrica y en vista de que no se puede incrementar la demanda del campus por capacidad de los grupos electrógenos, el tiempo de validez de la solución propuesta a mediano plazo es de 3 años.

## **4.2.2 Solución a Largo Plazo Solución 2.**

La Solución 2 a largo plazo, trata de la Transferencia Automática de Energía en Media Tensión, es decir en caso de corte del suministro eléctrico de energía por parte de la Subestación San Rafael N° 27C de 23 (kV), el sistema de energía eléctrica será transferida a por la Subestación Alangasí N° 26 de 23 (kV).

### **4.2.2.1 Seccionamiento de Carga.**

En base a los estudios realizados, no existe seccionamiento de carga puesto que en caso de emergencia eléctrica la Subestación Alangasí que es alimentada por la Interconexión con Colombia desde Jamondino a 230 (kV) pasando por Santa Rosa, proveerá de energía eléctrica suficiente para alimentar todas las cámaras de transformación con las que cuenta el campus Politécnico por medio de un Tablero de Transferencia Automática que será ubicado en la acometida de la ESPE.

Con lo cual el campus estará alimentado a 22,8 (kV) para el funcionamiento normal de todas las dependencias existentes.

### **4.2.2.2 Análisis de las Curvas de la Demanda Máxima Coincidente del Campus Politécnico.**

En solución 2 a largo plazo descrita, se tomó en cuenta los valores de la demanda máxima coincidente que existe en las nueve cámaras de transformación. Las curvas de las demandas máximas coincidentes para la solución a largo plazo se puede observar en la **figura 4.12**.

Para obtener la Curva de la demanda máxima coincidente del campus se utilizó el cálculo de la sumatoria de los ramales existentes.

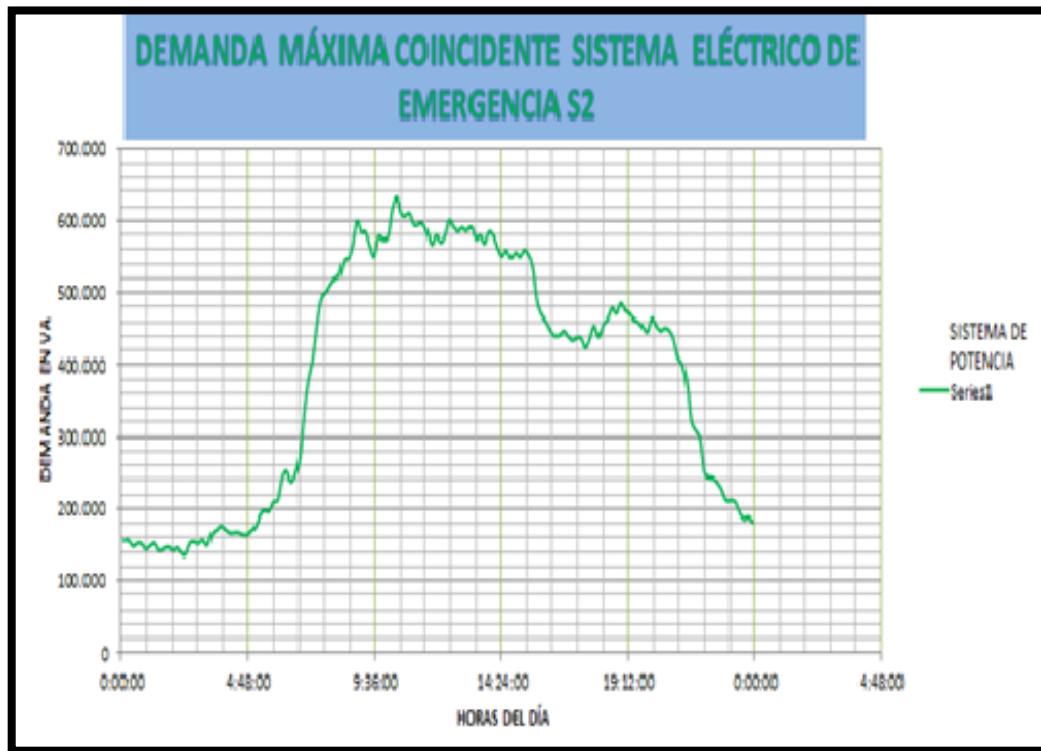


Figura. 4.12: Demanda Máxima Coincidente Del Sistema Eléctrico de Emergencia para la Solución 2.

#### 4.2.2.3 Valores de la Demanda

Los valores de la demanda máxima coincidente de la solución a largo plazo con las diferentes cámaras de transformación involucradas, a la hora en que se produjo, se presentan en la siguiente **Tabla 4.10**

Tabla 4.10. Demanda Máxima Coincidente Solución a Largo Plazo.

<b>DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE SOLUCION 2 A LARGO PLAZO</b>			
<b>Solución con Subestación Alangasí</b>	<b>Hora del día</b>	<b>Demanda Máxima Coincidente</b>	<b>Unidades</b>
Total del SEP	10:25:00	632,554	kVA

A partir de estos datos obtenidos, damos valores con un porcentaje de crecimiento de carga dentro del campus.

**a. Valores con Proyección de Carga.**

El factor de carga que se incrementa a partir de la potencia máxima coincidente utilizada en el campus, tomando en cuenta las medidas obtenidas con el analizador de energía, es debido al crecimiento que existe en el campus por construcción de nuevas dependencias como: Laboratorios, Aulas u Oficinas, con lo cual el porcentaje de incremento en la demanda coincidente es de un 50% para la solución a largo plazo, este incremento se basa en los porcentajes de proyección que toman en cuenta el departamento de construcción y distribución de la EEQSA.

Tabla 4.11. Demanda Máxima con Porcentaje de Proyección de Carga.

<b>DEMANDA MÁXIMA A LARGO PLAZO</b>			
<b>Solución Subestación Alangasí</b>	<b>Demanda Máxima Coincidente</b>	<b>Porcentaje de Proyección de Carga</b>	<b>Total</b>
Total del SEP	632.554 kVA	50 %	949,816kVA

En la **figura. 4.13** se puede observar cómo funciona la solución “2” a largo plazo dentro del campus politécnico con su sistema de transferencia automática desde la Subestación San Rafael a la Subestación Alangasí mediante la transferencia automática en media tensión.



Figura 4.13: Solución 2 a Largo Plazo con Subestación de Emergencia.

#### 4.2.2.4 Simulación de Flujos de Carga para la Solución 2

Para la solución planteada a largo plazo con la Subestación Alangasí, el Flujo de Potencia constituye una fotografía del Sistema Eléctrico de Emergencia antes descrito.

Los resultados principales que se obtienen del flujo de potencia son: magnitud y ángulo de fase del voltaje de cada barra del sistema ( $V, \theta$ ), potencia activa y reactiva que fluye por cada elemento del sistema ( $P, Q$ ). Los resultados secundarios son los aportes de voltaje ( $\% u$ ), pérdidas PL y cargabilidad de los elementos ( $\% P_{max}$ ).





Tabla 4.12. Resultados flujos de potencia NEPLAN en barras

N° de Barras	Voltaje en KV	u % V	Ángulo °	P Carga MW	Q Carga MVAR	P Gener. MW	Q Gener. MVAR
B1	22,8	100	0	0,712	0,674	0,719	0,244
B10	0,207	98,46	-1,3	0,295	0,055	0	0
B11	22,793	99,97	0	0,065	0,046	0	0
B12	0,209	99,45	0	0,027	0,03	0	0
B13	22,793	99,97	0	0,038	0,016	0	0
B14	0,204	97,09	-1	0,038	0,016	0	0
B15	22,798	99,99	0	0,125	0,032	0	0
B16	0,208	99,01	-0,8	0,125	0,032	0	0
B17	22,798	99,99	0	0,039	0,002	0	0
B18	0,207	98,43	-0,7	0,035	0,01	0	0
B19	22,798	99,99	0	0,004	0,001	0	0
B2	22,8	100	0	0,029	0,003	0	0
B20	0,21	99,83	-0,1	0,004	0,001	0	0
B3	22,799	100	0	0,519	0,637	0	0
B4	22,799	99,99	0	0,164	0,034	0	0
B5	0,21	99,82	-0,2	0,029	0,003	0	0
B6	0,207	98,63	-0,4	0,121	0,026	0	0
B7	22,797	99,98	0	0,398	0,611	0	0
B8	0,207	98,79	-0,6	0,038	0,015	0	0
B9	22,793	99,97	0	0,36	0,596	0	0

- Los resultados obtenidos en cada elemento del sistema son:

Tabla 4.13. Resultados flujos de potencia NEPLAN en elementos

N° de Barra	Tipo	Elemento	P Carga MW	Q Carga MVAR	I kA	Ángulo °	P Pérdida MW	Q Pérdida MVAR
B1	Acometida	Acometida San Rafael	0	0	0	0		
B1	Línea	360 m	0,165	0,058	0,004	-19,4	0	0
B1	Línea	110 m	0,029	0,011	0,001	-21	0	0
B1	Línea	70 m	0,525	0,175	0,014	-18,5	0	0
B1	Acometida	Acometida Alangasí	-0,719	-0,24	0,019	161,2		

<b>B10</b>	Carga	C4	0,295	0,055	0,838	-11,9		
<b>B10</b>	Transform.	T 400	-0,295	-0,055	0,838	168,1	0,003	0,0169
<b>B11</b>	Línea	156 m	0,039	0,019	0,001	-26	0	0
<b>B11</b>	Transform.	T 160	0,027	0,034	0,001	-51,5	0,0002	0,0041
<b>B11</b>	Línea	135 m	-0,066	-0,053	0,002	141,2	0	0
<b>B12</b>	Carga	C7	0,027	0,03	0,112	-48		
<b>B12</b>	Transform.	T 160	-0,027	-0,03	0,112	132	0,0002	0,0041
<b>B13</b>	Transform.	T 50	0,039	0,019	0,001	-26	0,0008	0,0029
<b>B13</b>	Línea	156 m	-0,039	-0,019	0,001	154	0	0
<b>B14</b>	Carga	C8	0,038	0,016	0,117	-23,9		
<b>B14</b>	Transform.	T 50	-0,038	-0,016	0,117	156,1	0,0008	0,0029
<b>B15</b>	Línea	100 m	-0,126	-0,041	0,003	162	0	0
<b>B15</b>	Transform.	T 300	0,126	0,041	0,003	-18	0,0007	0,0089
<b>B16</b>	Carga	C6	0,125	0,032	0,358	-15,1		
<b>B16</b>	Transform.	T 300	-0,125	-0,032	0,358	164,9	0,0007	0,0089
<b>B17</b>	Transform.	T 75	0,035	0,013	0,001	-20,4	0,0004	0,0032
<b>B17</b>	Línea	300 m	-0,039	-0,017	0,001	156,4	0	0
<b>B17</b>	Línea	228 m	0,004	0,004	0	-45	0	0
<b>B18</b>	Carga	C5	0,035	0,01	0,102	-16,7		
<b>B18</b>	Transform.	T 75	-0,035	-0,01	0,102	163,3	0,0004	0,0032
<b>B19</b>	Transform.	T 100	0,004	0,004	0	-45	0	0,003
<b>B19</b>	Línea	228 m	-0,004	-0,004	0	135	0	0
<b>B2</b>	Transform.	T 350	0,029	0,011	0,001	-21	0	0,0081
<b>B2</b>	Línea	110 m	-0,029	-0,011	0,001	159	0	0
<b>B20</b>	Carga	C9	0,004	0,001	0,011	-14,1		
<b>B20</b>	Transform.	T 100	-0,004	-0,001	0,011	165,9	0	0,003
<b>B3</b>	Transform.	T 160	0,122	0,031	0,003	-14,3	0,0015	0,0053
<b>B3</b>	Línea	70 m	-0,525	-0,175	0,014	161,5	0	0
<b>B3</b>	Línea	270 m	0,402	0,144	0,011	-19,7	0,0001	0
<b>B4</b>	Línea	100 m	0,126	0,041	0,003	-18	0	0
<b>B4</b>	Línea	360 m	-0,165	-0,058	0,004	160,6	0	0
<b>B4</b>	Línea	300 m	0,039	0,017	0,001	-23,6	0	0
<b>B5</b>	Carga	C2	0,029	0,003	0,08	-6,1		
<b>B5</b>	Transform.	T 350	-0,029	-0,003	0,08	173,9	0	0,0081
<b>B6</b>	Carga	C1	0,121	0,026	0,345	-12,6		
<b>B6</b>	Transform.	T 160	-0,121	-0,026	0,345	167,4	0,0015	0,0053
<b>B7</b>	Transform.	T 112	0,038	0,019	0,001	-26,3	0,0003	0,0039
<b>B7</b>	Línea	270 m	-0,402	-0,144	0,011	160,3	0,0001	0
<b>B7</b>	Línea	380 m	0,364	0,125	0,01	-18,9	0,0001	0
<b>B8</b>	Transform.	112,5 m	-0,038	-0,015	0,114	157,8	0,0003	0,0039

<b>B8</b>	Carga	C3	0,038	0,015	0,114	-22,2		
<b>B9</b>	Línea	380 m	-0,364	-0,125	0,01	161,1	0,0001	0
<b>B9</b>	Transform.	T 400	0,298	0,072	0,008	-13,6	0,003	0,0169
<b>B9</b>	Línea	135 m	0,066	0,053	0,002	-38,8	0	0

Mediante la simulación de flujos de carga en Neplan para la solución 2 a largo plazo, se observó que los elementos conectados funcionan adecuadamente cuando el sistema es alimentado en caso de emergencia por la Subestación Alangasí a través de la transferencia automática en Media Tensión dotando de energía eléctrica suficiente para todas las dependencias que existe en el campus politécnico. En cuanto a las pérdidas técnicas del sistema de potencia en las líneas y trafos se encuentran en condiciones muy eficientes, es decir, son bajas, menor al 1.5% de los rangos permitidos por el CONELEC.

#### 4.2.2.5 Elementos y Equipos que Intervienen en la Solución 2 a Largo plazo.

Los equipos y elementos que intervienen en la solución 2 a Largo plazo están especificados en la **Tabla 4.14**, donde podemos apreciar todos aquellos elementos con los que cuenta la ESPE y el equipo adicional.

Tabla 4.14. Elementos y Equipos que intervienen en la Solución 2 a Largo Plazo.

Elementos y Equipos en la Solución 2			
Elemento o Equipo	Características Técnicas	Existente en el Campus	Adicional en el Campus
CT1	160 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X	
CT2	350 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X	
CT3	112,5 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X	
CT4	400 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X	
CT5	75 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X	
CT6	300 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X	
CT7	100 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X	
CT8	50 kVA 22.8 kV / 400-220 V	X	
CT9	100 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X	

Seccionadores Ramal 1 del SEP	12K-65K-3H y BAYONETA	X	
Seccionadores Ramal 2 del SEP	12K-15K	X	
Seccionadores Ramal 3 del SEP	12K-25K y BAYONETA	X	
TTA Acometida LOVATO o PLC	Módulo Controlador LOVATO o PLC, Con Software de Programación, Relays y Fusibles.	X	X
Interruptor Automático reconectador de Potencia Media Tensión	Interruptor de Potencia (52) Reconectador Siemens 3AH3, 800 A de 22,8 kV a 1,5 MVA		X
Contactores de Media Tensión	Contactores a 22,8 kV y 1,5 MVA		X
Conductor en Media Tensión	300 metros de conductor N°2 XLPE de 25 kV		X

#### 4.2.2.6 Funcionamiento del Sistema Eléctrico de Emergencia Solución 2 a Largo Plazo.

La Solución 2 a largo plazo consiste en la Transferencia Automática de Energía en Media Tensión, es decir en caso de corte del suministro eléctrico de energía por parte de la Subestación San Rafael el sistema de energía eléctrica en emergencia será alimentado por la Subestación Alangasí, a través de un tablero de transferencia automática en Media Tensión, con lo cual el campus politécnico en su totalidad quedará energizado con 22,8 (kV) para el funcionamiento normal de las dependencia dentro de la ESPE.

##### a) Modo de energía normal:

En circunstancias normales como se muestra en la **figura 4.15**, cuando la energía de la EEQSA se encuentra disponible desde la Subestación San Rafael, el Tablero de Transferencia Automática (TTA)

sensa la tensión de línea normal y conecta la energía a la carga a través de un contactor de potencia.

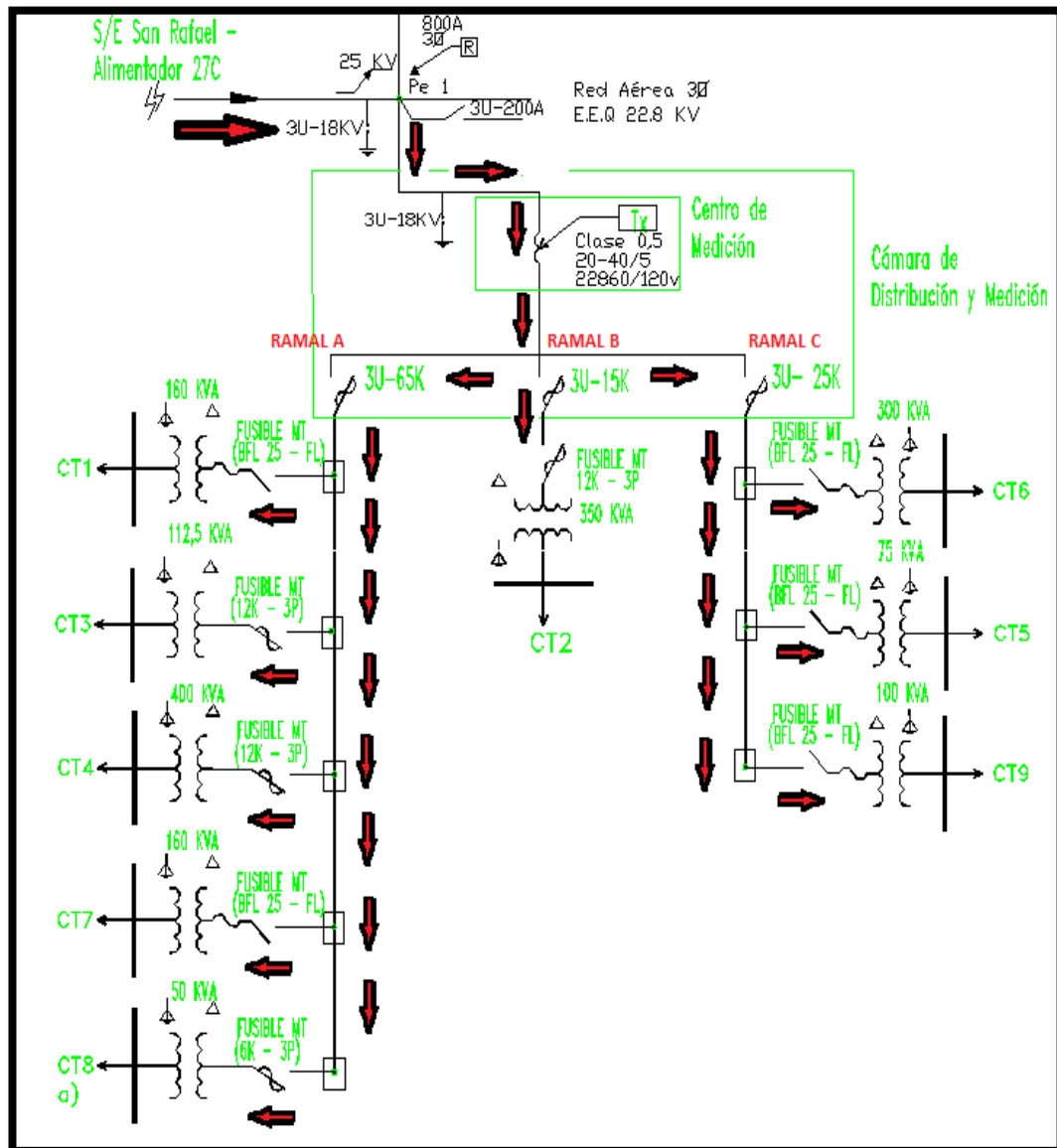


Figura 4.15: Modo de Energía Normal.

**b) Ocurre el corte de energía:**

Cuando el voltaje de las líneas de la EEQSA desde la Subestación San Rafael cae a menos del valor de referencia, o falla por completo, el controlador LOVATO ó PLC del Tablero de Transferencia Automática ubicado en la Acometida analizará y dará una señal a los Interruptores de

Potencia (52) reconectadores, el uno que se encuentra conectado a la red de la Subestación San Rafael para que se abra y el otro Interruptor de Potencia (52) Siemens 3AH3(52), que está conectado a la red de la Subestación Alangasí para que se cierre respectivamente, y luego conmutar la carga a la energía suministrada.

Al pasar unos segundos dotará de otra señal a los contactores Merlin Gerin del TTA para que realicen el cambio de posición aquí el contactor de San Rafael cambia a la posición OFF y el contactor de Alangasí cambia a la posición ON y así se complete la transferencia de carga del campus a la Subestación Alangasí.

El controlador LOVATO monitorea constantemente la fuente de energía de la Subestación San Rafael (cada 1 seg.), estando en contacto continuo; cuando sense el controlador LOVATO, que la energía de la Subestación San Rafael es inaceptable, espera un tiempo pre-programado; y después envía una señal para realizar la transferencia a la Subestación Alangasí. Ésta señal se cancela si la energía de la San Rafael regresara antes de completarse el proceso de transferencia.

Si el corte de energía persiste, la señal del proceso de transferencia es recibida, los interruptores de potencia se abren y se cierran respectivamente, el LOVATO sensa que la energía disponible de la Subestación Alangasí sea la correcta y espera otro tiempo pre-programado, antes de transferir la energía del alimentador Alangasí a través de los contactores de potencia, como se muestra en el Plano N° 250 del **(Anexo 12)**.

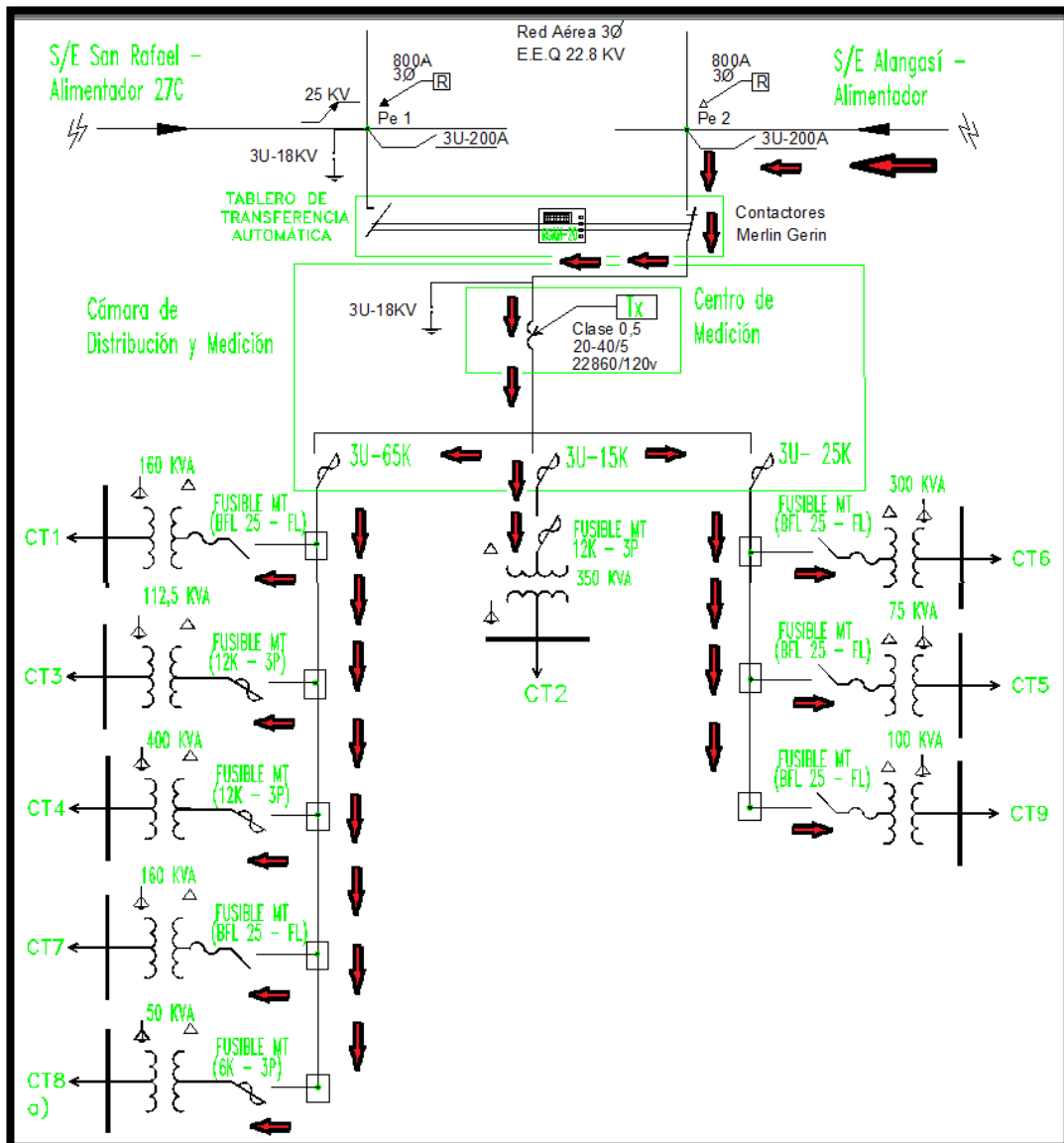


Figura 4.16: Ocurre el Corte de Energía.

**c) La energía de la Subestación San Rafael regresa:**

Cuando la energía de la Subestación San Rafael regresa como se observa en la **figura 4.17**, el controlador LOVATO sensa y verifica que el voltaje por parte de San Rafael sea el adecuado. Después de chequear esto, envía una señal a los Interruptores de potencia Siemens 3AH3 (52) tanto del conectado a la Subestación Alangasí para que abra y al interruptor de potencia de la Subestación San Rafael para que se cierre.

Durante un tiempo programado desde el controlador LOVATO, se envía una señal a los contactores de potencia Merlin Gerin cambiando la posición y así se transfieren la carga desde la Subestación Alangasí a la Subestación San Rafael. Los tiempos con los que cuenta el sistema de emergencia para la solución 2 a largo plazo se encuentra en la **tabla 4.15**.

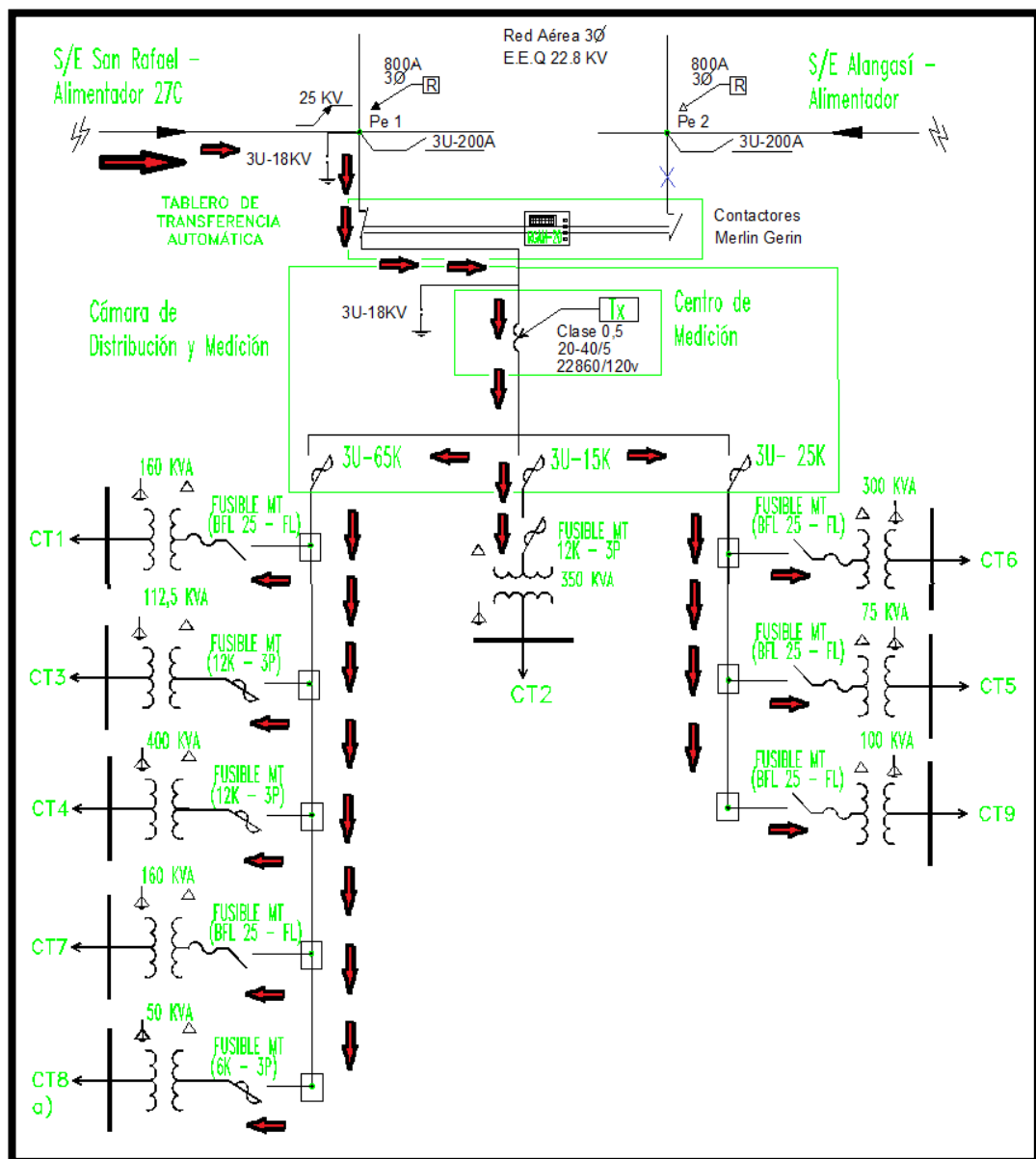


Figura. 4.17: La energía de la Subestación San Rafael regresa:



Tabla 4.15. Tiempos para la Solución 2

<b>TIEMPOS PARA LA SOLUCIÓN 2 A LARGO PLAZO</b>	
<b>Función Realizada durante el Sistema de Emergencia Eléctrica.</b>	<b>Tiempos en (seg)</b>
Tiempo de Espera de la Falla	<b>10 s</b>
Tiempo de Cambio de Posición de Interruptores de Potencia (52)	<b>30 s</b>
Tiempo de Recierre	<b>50 s</b>
Tiempo de Retransferencia a la Subestación Alangasí	<b>60 s</b>
Tiempo de Des-energización	<b>10 s</b>

#### **4.2.2.7 Esquema General de Conexión del Sistema de Emergencia Solución 2**

Los esquemas de conexión con los que cuenta el sistema de emergencia eléctrica para la solución 2 a largo plazo, se encuentran en el **(ANEXO 12)** especificando la alimentación por parte de los grupos electrógenos y el diagrama unifilar del sistema en emergencia en caso de esta solución.

#### **4.2.2.8 Tiempo de Validez.**

Para la Solución 2 a largo plazo mediante el análisis respectivo de carga, la demanda máxima coincidente con la que cuenta en campus es de 632,554 (kVA) y aplicando un factor de proyección de la demanda del 50% proporcionado por el departamento de construcción y distribución de la EEQSA, se obtiene que la demanda máxima coincidente es de 949,816 (kVA); con lo cual en caso de falla su alimentación sea por parte de la Sub estación Alangasí el tiempo de validez de la solución propuesta a largo plazo es de 15 años. Con lo cual se puede aseverar que dicha solución estará vigente en el lapsus de tiempo propuesto.

### 4.3 SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO PARA LAS SOLUCIONES.

Mediante el software NEPLAN se llega a comprobar los cálculos de corrientes de corto circuito realizadas en las barras de las cámaras de transformación que intervienen en las soluciones de emergencia eléctrica de la ESPE – Sangolquí.

#### 4.3.1 Icc en la Solución 1.

##### 4.3.1.1 Resultados en las barras de Media Tensión S-1.

Los resultados obtenidos en la **Tabla 4.16**, son de las “3” barras principales que alimentan a los diferentes ramales del campus, donde se puede observar los principales valores obtenidos de voltaje, corriente tipo de falla entre otros.

Tabla 4.16. Resultado fallas de cortocircuito en barras de MT en S-1

<b>Localización de la Falla</b>	<b>N° de Barras</b>	<b>Voltaje KV</b>	<b>Icc KA</b>	<b>Ángulo °</b>	<b>I pico KA</b>	<b>Tipo de Falla</b>
<b>Ramal 1</b>	B3	22,8	0,068	-79,59	0,151	Falla Trifásica
<b>Ramal 2</b>	B2	22,8	0,068	-79,58	0,151	Falla Trifásica
<b>Ramal 3</b>	B4	22,8	0,027	-80,45	0,062	Falla Trifásica

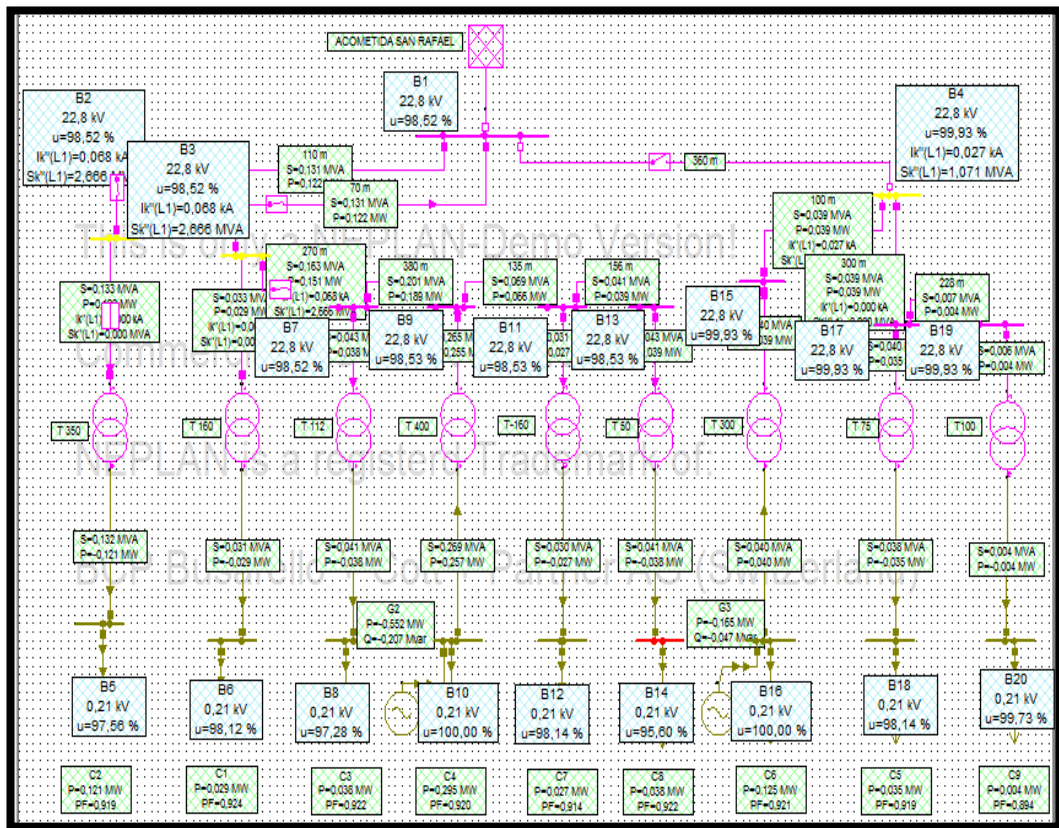


Figura 4.18: Esquema Sistema eléctrico, fallas de cortocircuito en barras de MT en S-1

#### 4.3.1.2 Resultados en las barras de Baja Tensión S-1.

Tabla 4.17. Resultado fallas de cortocircuito en barras de BT en S-1

Localización de la Falla	N° de Barras	Voltaje KV	Icc KA	Ángulo °	I pico KA	Tipo de Falla
CT1	B6	0,21	5,671	-71,96	11,139	Falla Trifásica
CT2	B5	0,21	5,716	-78,65	12,583	Falla Trifásica
CT3	B8	0,21	3,804	-72,88	7,58	Falla Trifásica
CT4	B10	0,21	9,607	-81,47	22,349	Falla Trifásica
CT5	B18	0,21	1,961	-72,21	3,867	Falla Trifásica
CT6	B16	0,21	3,385	-81,47	7,873	Falla Trifásica
CT7	B12	0,21	5,701	-71,37	11,098	Falla Trifásica
CT8 a	B14	0,21	2,517	-64,07	4,443	Falla Trifásica
CT9	B20	0,21	2,122	-75,79	4,438	Falla Trifásica

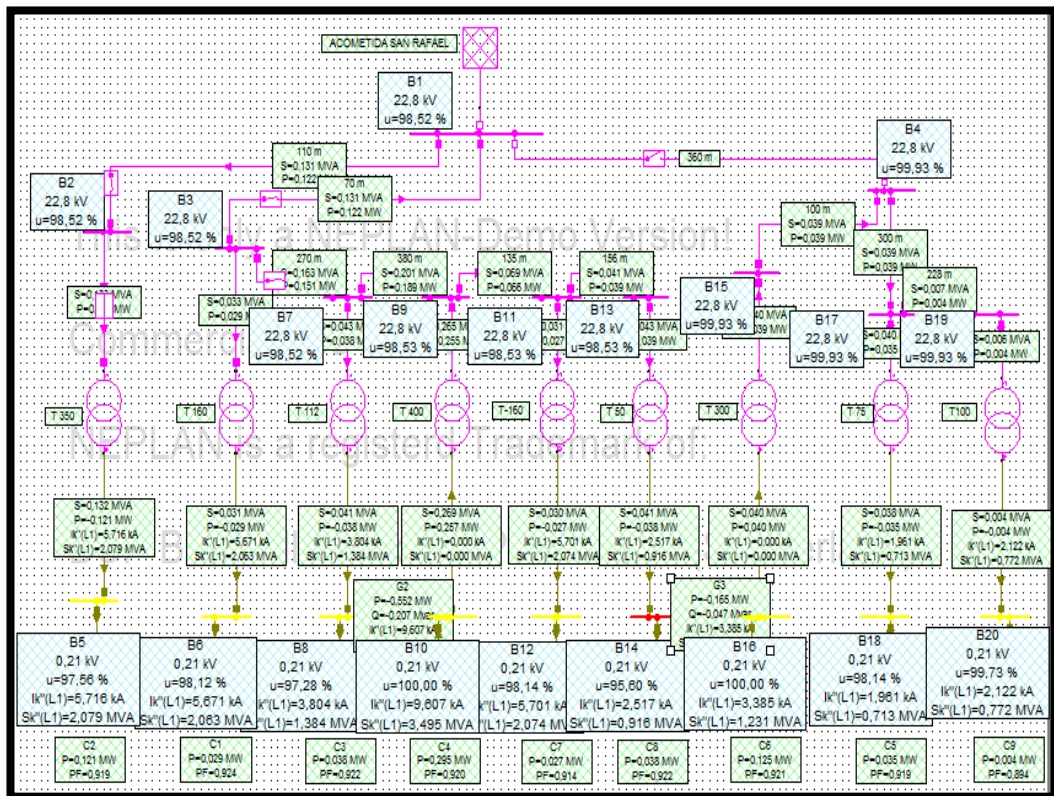


Figura 4.19: Esquema Sistema eléctrico, fallas de cortocircuito en barras de BT en S-1

### 4.3.2 Icc en la Solución 2.

#### 4.3.2.1 Resultados en las barras de Media Tensión S-2.

Los resultados obtenidos son de las “3” barras principales que alimentan a los diferentes ramales del campus en cortocircuito se observa en la **Tabla 4.18**.

Tabla 4.18. Resultado fallas de cortocircuito en barras de MT en S-2.

Localización de la Falla	N° de Barras	Voltaje KV	Icc KA	Ángulo °	I pico KA	Tipo de Falla
Ramal 1	B3	22,8	0,836	-89,88	2,356	Falla Trifásica
Ramal 2	B2	22,8	0,836	-89,8	2,352	Falla Trifásica
Ramal 3	B4	22,8	0,836	-89,36	2,325	Falla Trifásica

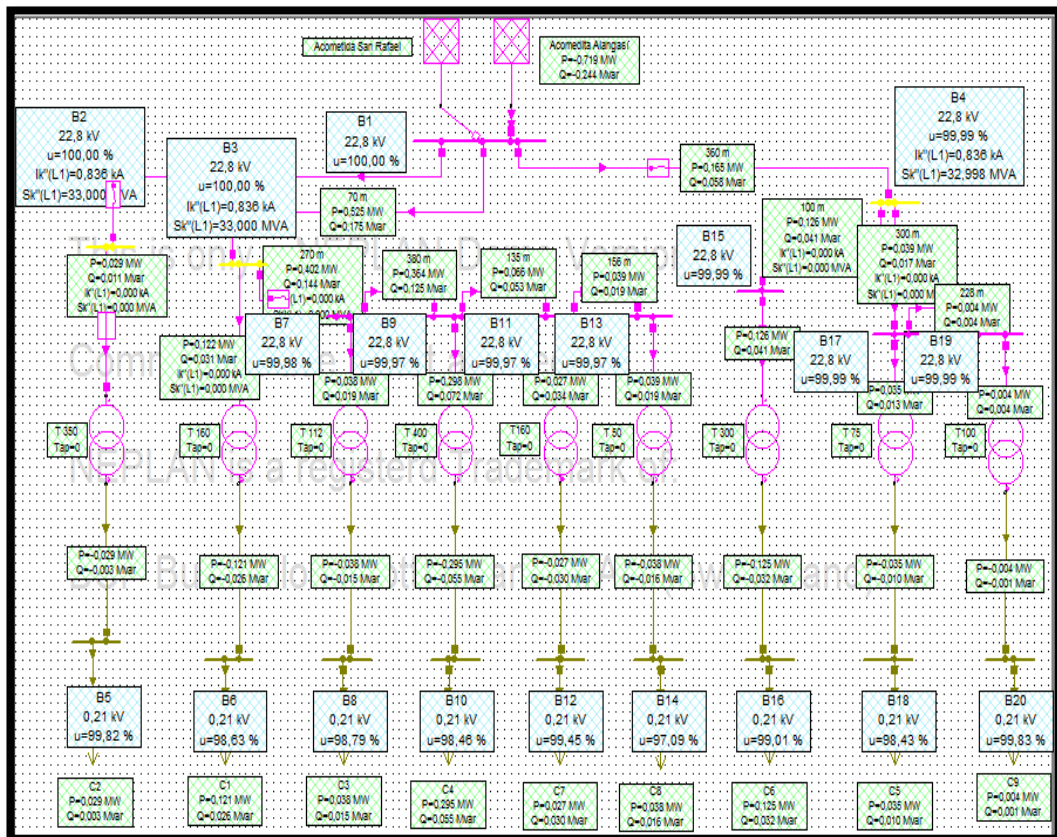


Figura 4.20: Esquema Sistema eléctrico, fallas de cortocircuito en barras de MT en S-2.

#### 4.3.2.2 Resultados en las barras de Baja Tensión S-2.

Tabla 4.19. Resultado fallas de cortocircuito en barras de BT en S-2.

Localización de la Falla	N° de Barras	Voltaje KV	Icc KA	Ángulo °	I pico KA	Tipo de Falla
CT1	B6	0,21	19,615	-51,82	30,864	Falla Trifásica
CT2	B5	0,21	21,165	-74,53	43,318	Falla Trifásica
CT3	B8	0,21	7,215	-67,57	13,306	Falla Trifásica
CT4	B10	0,21	24,376	-74,08	49,516	Falla Trifásica
CT5	B18	0,21	5,273	-58,32	8,754	Falla Trifásica
CT6	B16	0,21	18,732	-73,89	37,933	Falla Trifásica
CT7	B12	0,21	19,551	-51,58	30,712	Falla Trifásica
CT8 a	B14	0,21	3,6	-57,45	5,928	Falla Trifásica
CT9	B20	0,21	6,877	-65,85	12,403	Falla Trifásica

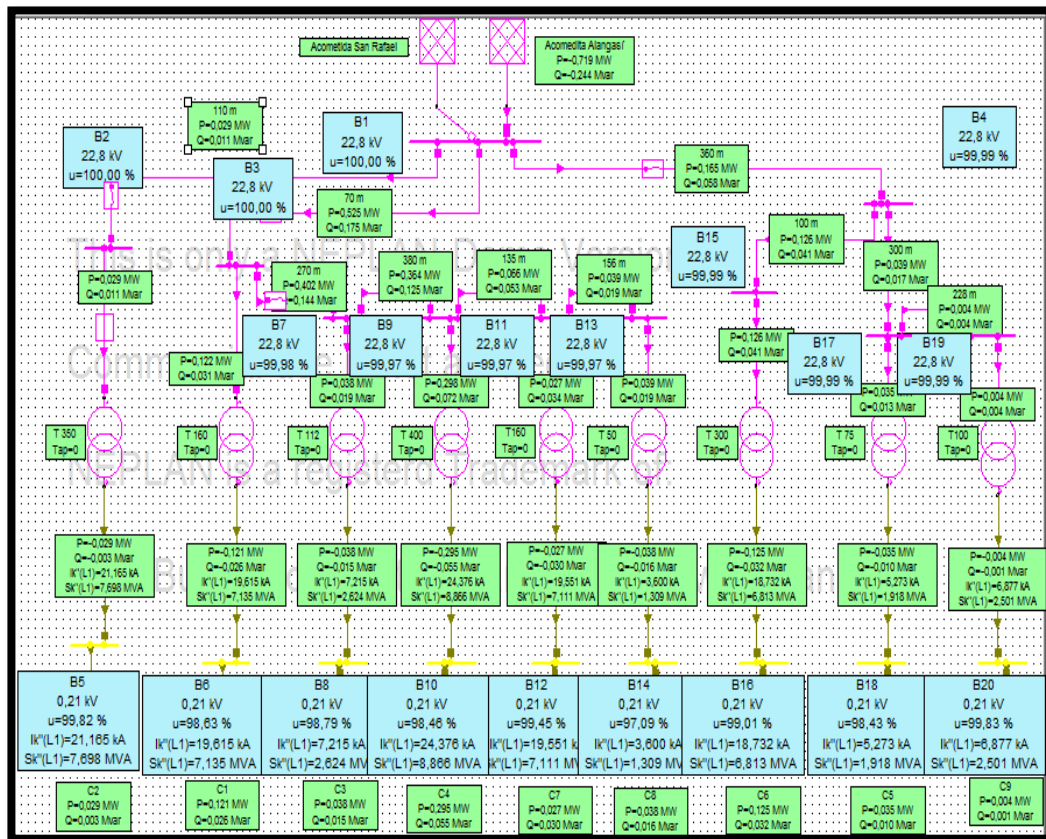


Figura 4.21: Esquema Sistema eléctrico, fallas de cortocircuito en barras de BT en S-2

#### 4.4 CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.

##### 4.4.1 Corriente de Corto Circuito en Barras.

Con el fin de comprobar que los elementos que intervienen en la soluciones del sistema eléctrico de emergencia del campus politécnico se encuentren bien dimensionados para no ocasionar problemas de acuerdo a lo requerido actualmente por la carga. Se realizó el cálculo de las corrientes de cortocircuito empleando el método de los MVA y utilizando las tablas de conductores de Cablec CA y del Libro Transmission and Distribution que se encuentran en el **(Anexo 13)**, mediante lo cual se pudo constatar que la principal fuente de cortocircuito es el transformador. Para utilizar este método, cada elemento en el circuito se convierte a un valor en MVA y la red se reduce tratando cada valor como una admitancia.

El ejemplo tomado es para la solución 2, con el transformador N°2 de 350 (kVA) bajo los datos siguientes:

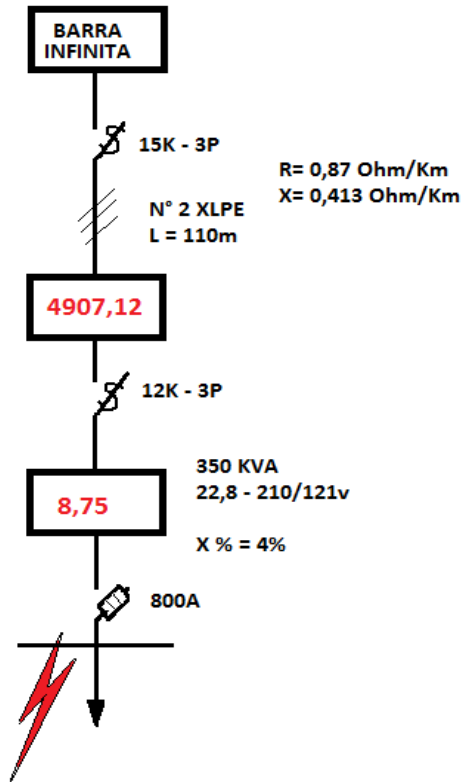


Figura 4.22: Diagrama MVA

$$R = 0.87 \frac{\Omega}{Km} * 0.11Km = 0.0957 \Omega$$

$$X_L = 0.413 \frac{\Omega}{Km} * 0.11Km = 0.045 \Omega$$

$$S = \frac{V^2}{Z} \quad \text{Ecu. 4.1}$$

$$MVAs = \frac{22800^2}{(\sqrt{0.0957^2 + 0.04543^2})}$$

$$MVAs = 4907,12 \text{ MVA}$$

$$\text{Transf. 350 (kVA)} \quad X = 4 \%$$

$$MVAtrafo = \frac{MVA}{Z} \quad \text{Ecu.4.2}$$

$$MVAtrafo = \frac{0,35}{0,04}$$

$$MVAtrafo = 8,75 \text{ MVA}$$

$$S = \frac{MVA_s * MVA_{trafo}}{MVA_s + MVA_{trafo}} \quad \text{Ecu. 4.3}$$

$$S = \frac{4907.12 \text{ MVA} * 8.75 \text{ MVA}}{4907.12 \text{ MVA} + 8.75 \text{ MVA}}$$

$$S = 8.73 \text{ (MVA)}$$

$$I_{cc} = \frac{S}{\sqrt{3} * 210} \quad \text{Ecu. 4.4}$$

$$I_{cc} = \frac{8.73 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 210} = 0,024001 \text{ (MA)}$$

$$I_{cc} = 24.001 \text{ (kA)}$$

Tabla 4.20. Cuadro Comparativo de Corrientes de Corto Circuito Calculada y Mediante Software Neplan para la Solución 1.

<b>Transformador</b>	<b>Impedancia (%)</b>	<b>Icc Calculada</b>	<b>Icc Neplan</b>
<b>CT1 - 160 kVA</b>	2,1	5,032	5,671
<b>CT2 - 350 kVA</b>	4	4,98	5,716
<b>CT3 - 112,5 kVA</b>	4,26	3,45	3,804
<b>CT4 - 400 kVA</b>	4	8,58	9,607
<b>CT5 - 75 kVA</b>	3,99	1,75	1,961
<b>CT6 - 300 kVA</b>	4	3,04	3,385
<b>CT7 - 160 kVA</b>	2,1	5,34	5,701
<b>CT8 - 50 kVA</b>	3,96	2,039	2,517
<b>CT9 - 100 kVA</b>	4	1,86	2,122

Tabla 4.21. Cuadro Comparativo de Corrientes de Corto Circuito Calculada y Mediante Software Neplan para la Solución 2.

<b>Transformador</b>	<b>Impedancia (%)</b>	<b>Icc Calculada</b>	<b>Icc Neplan</b>
<b>CT1 - 160 kVA</b>	2,1	20,90	19,615
<b>CT2 - 350 kVA</b>	4	24,01	21,165
<b>CT3 - 112,5 kVA</b>	4,26	7,248	7,215
<b>CT4 - 400 kVA</b>	4	27,3	24,376
<b>CT5 - 75 kVA</b>	3,99	5,135	5,273
<b>CT6 - 300 kVA</b>	4	20,59	18,732
<b>CT7 - 160 kVA</b>	2,1	20,85	19,551
<b>CT8 - 50 kVA</b>	3,96	3,461	3,6
<b>CT9 - 100 kVA</b>	4	6,867	6,877



## CAPÍTULO 5

### ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO

#### 5.1 ANÁLISIS DE TÉCNICO

##### 5.1.1 Análisis Técnico de los Equipos que Intervienen en la Solución 1 a Mediano Plazo.

Para la solución 1 a mediano plazo como se muestran en el **(Anexo 11)**, los equipos que intervienen en caso de emergencia eléctrica dentro del campus politécnico son:

- ◆ PLC Siemens Logo 12/24 con módulo de Ampliación DM8.
- ◆ 2 Seccionadores Automáticos ABB de Media Tensión.
- ◆ 2 Interruptores (Breaker) Automáticos Merlin Gerin de Baja Tensión (NS1000N y NS160N)

Las descripciones, características técnicas, así como el funcionamiento de los equipos con los cuales actuará la solución 1 a mediano plazo se describen a continuación.

##### 5.1.1.1 PLC Logo Siemens 12/24 Rc (Relé Lógico Programable Siemens Logo 12/24 Rc) Con Modulo De Ampliación Dm8 12/24.

Este es un dispositivo lógico universal de Siemens el cual puede ser empleado en diferentes tipos de operaciones debido a que esta unidad y los módulos de ampliación de entradas y salidas permiten una adaptación muy flexible y precisa a cada aplicación especial, ofreciendo soluciones que abarcan desde una pequeña instalación doméstica hasta labores complejas industriales.

Un equipo LOGO<sup>25</sup> puede ampliar el número de entradas y salidas únicamente con módulos de ampliación de la misma clase de tensión ver **(Anexo 14)**.

Mediante una codificación mecánica (clavijas en la carcasa del PLC) se impide que se puedan conectar entre sí dispositivos de una clase de tensión diferente, este conjunto se lo puede apreciar en la **figura 5.1**.



Figura 5.1: Controlador lógico Siemens LOGO 12-24 RC con Módulo de Ampliación.

#### a. Características Del PLC Logo

Todos los módulos LOGO Basic disponen de las siguientes conexiones para crear el programa, independientemente del número de módulos que se conecten:

- ◆ Entradas digitales I1 hasta I24
- ◆ Entradas analógicas AI1 hasta AI8
- ◆ Salidas digitales Q1 hasta Q16
- ◆ Salidas analógicas AQ1 y AQ2

---

<sup>25</sup> Manual del Usuario, Siemens – Logo, Versión 2003,

- ◆ Marcas digitales M1 hasta M24, M8: marcas de arranque
- ◆ Marcas analógicas AM1 hasta AM6
- ◆ Bits de registro de desplazamiento S1 hasta S8
- ◆ 4 teclas de cursor
- ◆ 16 salidas no conectadas X1 hasta X16

**b. Estructura de Conexión del PLC LOGO 12/24 rc**

El equipo de control LOGO 12/24 rc tiene su módulo de ampliación que está constituido por diferentes tipos de elementos, en la **figura 5.2** se puede observar cómo se encuentran distribuidos estos elementos para la conexión y también como está constituido el módulo de ampliación para este dispositivo.

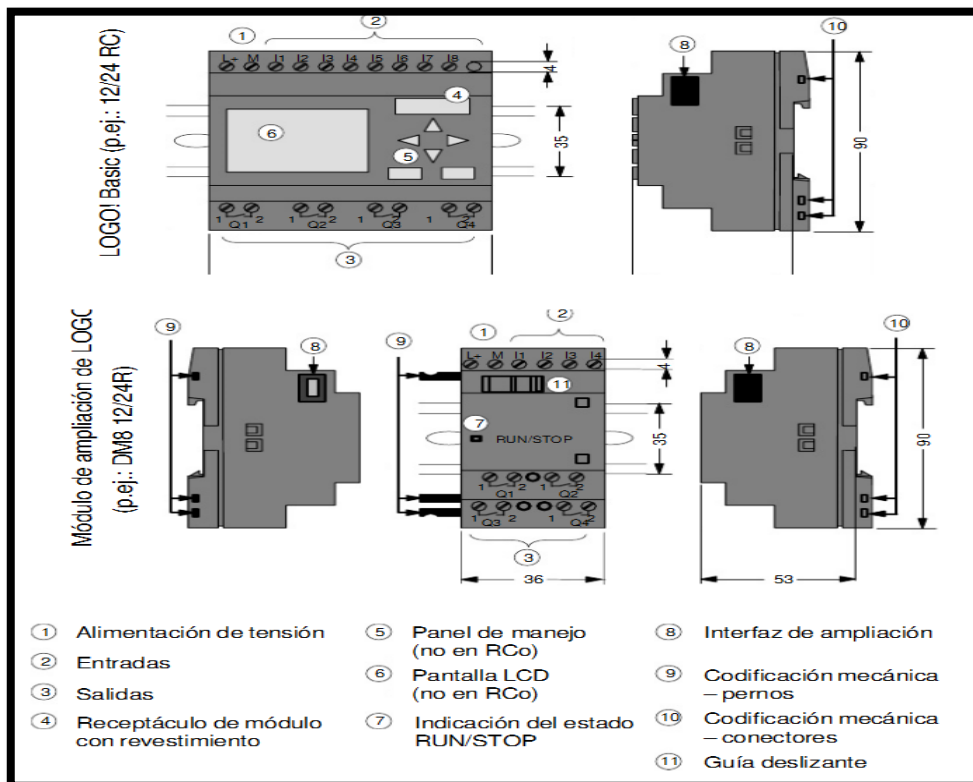


Figura 5.2: PLC LOGO 12/24 rc con Módulo de Ampliación DM8

**c. Características Técnicas de PLC Logo 12/24 rc con Ampliación DM8**

Cada modelo de los controladores lógicos en este caso de los LOGOS y sus respectivos módulos de ampliación, tiene sus propias características técnicas de funcionamiento, en nuestro caso el operador lógico a utilizar, se muestra la tabla de las características técnicas en la **tabla 5.1**, que corresponde a la unidad de control LOGO 12-24 y su bloque de ampliación DM8.

Tabla 5.1. Datos Técnicos del PLC Logo 12/24 rc y su módulo de expansión DM8.

<b>Características</b>	<b>Logo 12/24 RC</b>	<b>Logo 12/24 RC – DM8</b>
Fuente de Alimentación	si	si
Tensión de Entrada	12/24 Vcc	12/24 Vcc
Rango Admisible	10,8...28,8 Vcc	10,8...28,8 Vcc
Proyección Contra Inversión De Polaridad	Si	Si
Consumo de Corriente		
12 Vcc,	30....140 mA	30....140 mA
24 Vcc	20.....75 mA	20.....75 mA
Compensación de Fallas de Tensión		
12 Vcc	tip 2 ms	tip 2 ms
24 Vcc	tip 5 ms	tip 5 ms
Potencia Disipada		
12 Vcc	0,3.....1,7 W	0,3.....1,7 W
24 Vcc	0,4.....1,8 W	0,4.....1,8 W
Precisión del reloj del tiempo real	Max 2 s/día	
Entradas Digitales	Si	Si
Señal 0	< 5 Vcc	< 5 Vcc
Señal 1	> 8 Vcc	> 8 Vcc
Intensidad de entrada para		

Señal 0	< 1.0 mA (I 1..I6)	< 1.0 mA
Señal 1	< 0.05 mA (I 7..I8) > 1.5 mA (I 1..I6) < 0.1 mA (I 7..I8)	> 1,5 mA
Cambio de 0 a 1	Tip 1,5 ms <1.0 ms (I5, I6)	Tip 1,5 ms
Cambio de 1 a 0	Tip 300 ms (I7,I8) Tip 1,5 ms <1.0 ms (I5, I6) Tip 300 ms (I7,I8)	Tip 1,5 ms Tip 1,5 ms
Longitud del Conductor (sin Blindaje)	100m	100m

Para crear la operación del PLC Siemens Logo 12/24 RC, este posee dos probabilidades para la elaboración del mismo, la primera de ellas es hacerlo desde el panel de manejo que se encuentra en el dispositivo y la segunda posibilidad es realizarlo mediante la ayuda de un software de programación.

El software compatible con este dispositivo es **Logo SoftComfort V5**, este es un programa muy versátil ya que permite crear, modificar, simular, probar, guardar e imprimir programas y establecer de esta manera los sistemas de automatización de acuerdo a la necesidad requerida para la solución 1 del Sistema de Emergencia de ESPE.

#### 5.1.1.2 Seccionadores Automáticos ABB de Media Tensión.

Este tipo de seccionador automático para la solución planteada resulta uno de los componentes de automatización más poderosos, que comprenden un mecanismo de swicheo y control integrado como se

muestra en la **figura 5.3**, a la vez la funcionalidad de las comunicaciones en un sólo paquete. Para la presente solución a mediano plazo se necesitará de dos seccionadores automáticos el uno de 80K que estará ubicado en la acometida, el otro de 25K ubicado en el ramal “3”.



Figura 5.3: Seccionador Automático.

Estos equipos en el paquete estándar proveen un kit de tramos de cable aislados. La configuración del seccionador automático es sencilla y se realiza a través de un menú desde el panel de control (PLC) del operador ubicado en la acometida.

En el caso de los seccionadores, que son dispositivos de apertura del circuito y usado en conjunto con un equipo de protección de recierre automático del lado de la fuente, automáticamente, aísla los tramos de línea con falla de los sistemas eléctricos de distribución<sup>26</sup>; la lógica integral de detección de corriente provee un rápido aislamiento de la falla abriendo y cerrando cuando lo requiera, reduciendo así los daños. El

---

<sup>26</sup>[es.scribd.com/doc/49799607/5/Seccionalizador](https://es.scribd.com/doc/49799607/5/Seccionalizador)

seccionador bajo carga o seccionalizador, monitorea constantemente la corriente de línea, sin que sea necesario instalar elementos adicionales de medición. Estos datos pueden ser luego utilizados para la planificación futura y para la optimización de las redes existentes para el sistema eléctrico de emergencia, y de éste modo, reducir las pérdidas en el sistema de distribución.<sup>27</sup>

#### **a. Funcionamiento del Seccionador Automático de Media Tensión**

Los seccionadores y/o cuchillas de puesta a tierra para la solución 1 pueden ser operados en forma tripolar mediante un mecanismo con motor o manual. En caso que se utilice solo un mecanismo mediante una señal por parte de un PLC SIEMENS LOGO 12/24 RC para la operación de los tres polos, los polos son interconectados mediante barras de acoplamiento ajustable, el mecanismo de operación también contiene contactos auxiliares para indicar la posición de abierto o cerrado.

Dicho seccionador dispondrá de un switch que permita la elección del modo de operación; este switch tendrá 3 posiciones: “local, bloqueado, remoto”, con contactos auxiliares que indiquen la posición; en la posición “local” el mando eléctrico a distancia será inoperable; en la posición “remota”, el mando eléctrico local será inoperable, en la posición “bloqueado” deben quedar bloqueadas las operaciones eléctricas, locales y remotas.

---

<sup>27</sup>Diego Alejandro Muñoz Restrepo - Hamilton Johns Alvarez. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

## **b. Características Técnicas de los Seccionadores Automáticos de media Tensión.**

Las características de los seccionadores según su voltaje se muestran en la **tabla 5.2**, así los datos técnicos de su funcionamiento dependiendo de su voltaje se muestra más claro en el **(Anexo 15)**.

Tabla 5.2. Rangos de Seccionador ABB de Media Tensión

<b>Clase Nominal</b>	15 kV	25 kV	35 kV
<b>Tensión Nominal (KV)</b>	14.4	21	34.5
<b>Tensión Máxima (KV)</b>	17	29	38

### **5.1.1.3 Interruptores (Breaker) Automáticos NS160N y NS1000N**

Los aparatos Compact de Merlin Gerin que se utilizará en la solución 1 a mediano plazo proveen un elevado nivel de selectividad en instalaciones eléctricas ver **(Anexo 16)**.

La integración del interruptor automático o del interruptor en carga, a un sistema de supervisión motorizado, necesita de la instalación de un módulo de comunicación ubicado detrás de la unidad de control.

Una conexión por bus permite, según el tipo de unidad de control utilizada en el sistema, realizar una correcta coordinación del interruptor automático bajos los siguientes puntos:



- ◆ La identificación del aparato.
- ◆ La señalización de los estados del aparato.
- ◆ La operación que realice aparato.

**a. Comunicación de los Interruptores Automáticos.**

Los Interruptores (breaker) Automáticos de Compact NS, se integran totalmente en el sistema Digipact. Hay otros protocolos de comunicación disponibles: Jbus, Profibus.

Contactos auxiliares para Compact NS100 ó NS800N (**figura 5.4**), son contactos inversores con punto común, permiten el envío a distancia de los estados de funcionamiento de un interruptor automático, utilizados para señalización, enclavamientos eléctricos, gestión de circuitos prioritarios.



Figura 5.4: Interruptores Automáticos NS1000N – NS160N

## b. Funcionamiento de los Interruptores Automáticos

Los aparatos Compact proveen un elevado nivel de selectividad en instalaciones eléctricas, ocurrido un desperfecto, sólo debería disparar el interruptor ubicado inmediatamente aguas arriba de la falla. Se garantiza en este caso la continuidad de servicio para el resto de los alimentadores.

## c. Características Técnicas Interruptores Automáticos

Para la solución 1 a mediano plazo se utiliza interruptores (breaker) automáticos de 3 polos con una tensión de empleo de 220(V) a 60(Hz), los dos bajo la normativa IEC 60947-.2 los tipos a emplearse son el NS160N TM125D y el NS1000N de la marca MERLIN GERIN con sus respectivos datos técnicos que se muestran a continuación en la siguiente **tabla 5.3.**

Tabla 5.3. Datos técnicos de los Interruptores Automáticos.

<b>Datos Técnicos Merlin Gerin</b>				
<b>Interruptores Automáticos.</b>	<b>Regulación unidad de Disparo (A)</b>		<b>Capacidad de Ruptura Icu (A)</b>	
	Térmico	Magnético	220 /240 V	440 V
<b>NS 160 N</b>	100 - 125	1000	85	35
	Largo Ret. Ir	Instantá. Im	220 /240 V	440 V
<b>NS 1000 N</b>	400-1000	1,5A 10lr	50	50

Las conexiones del diagrama unifilar de los diferentes equipos que intervienen en la solución 1 a mediano plazo se muestran en el **(Anexo 11)** plano N° 247, los cuales funcionarían según lo determinado en el capítulo anterior.

### **5.1.2 Análisis Técnico de los Equipos que Intervienen en la Solución 2 a Largo Plazo.**

Para la solución 2 a largo plazo como se observa en el **(Anexo 12)** los equipos que intervienen en caso de que exista una emergencia eléctrica son:

- ◆ PLC ó Controlador LOVATO
- ◆ Interruptor Automático de Potencia (reconectador) de Media Tensión 3AH3.
- ◆ Contactores de Media Tensión ABB.

Las descripciones, características técnicas, así como el funcionamiento de los equipos con los cuales actuará la solución 2 se describen a continuación y en los anexos respectivos.

#### **5.1.2.1 TTA CONTROLADOR LOVATO**

Para la Solución 2 a largo plazo se utilizará un PLC o un controlador **LOVATO** que es un aparato simple y esencial consta de un panel frontal claro e intuitivo que facilita el uso del mismo, este controlador utilizará el mismo principio que actualmente lo realiza el RGAM-20 que se encuentra en funcionamiento en caso de emergencia en el generador 2. Dicho controlador puede ser reutilizado para realizar la transferencia automática en media tensión con la programación adecuada, ya que dispone de numerosas funciones de control que generalmente se encuentran en aparatos más sofisticados tecnológicamente. También se utilizará el mismo cargador el cual abastece de energía actualmente al RGAM - 20

Los datos, características técnicas y esquema de conexiones del controlador o PLC que se utilice se encuentran en el levantamiento de equipos del sistema de emergencia del Capítulo 3 y en el **(Anexo 9)**.

#### **5.1.2.2 Interruptor Automático de Potencia al Vacío SIEMENS 3AH3 de 7.2 KV a 36 KV.**

Los interruptores automáticos de potencia para la solución a largo plazo deben tener características similares, al existente conectado a la subestación San Rafael que es de 23 (kV) – 800(A). Para el interruptor automático que estará conectado a la Subestación Alangasí se designó el Siemens 3AH3, el cual tiene que maniobrar todas las corrientes dentro del margen de sus valores asignados: desde pequeñas corrientes de carga inductivas y capacitivas hasta altas corrientes de cortocircuito, controlando, al mismo tiempo, todas las condiciones de defecto en la red<sup>28</sup>. **(Ver Anexo 17)**.



Figura 5.5: Interruptor de Potencia al Vacío SIEMENS 3AH3

---

<sup>28</sup>Interruptores de potencia al vacío 3AH3, Equipos de media tensión, Datos de selección y pedido Catálogo HG 11.03 · 2010

En la **figura 5.5** el interruptor de potencia al vacío 3AH3 es libre de mantenimiento a lo largo de toda su vida útil, es extremadamente potente y domina hasta 10.000 ciclos de maniobra. Este interruptor de potencia se utiliza para altas corrientes de carga de hasta 6300 (A) y altas corrientes de cortocircuito de hasta 72 (kA). Abarca la gama de media tensión común de 7,2 (kV) a 36 (kV).<sup>29</sup>

**a. Estructura de números de pedido**

Los interruptores de potencia al vacío 3AH3 constan de una parte primaria y una parte secundaria; los datos necesarios para cada parte forman el número de pedido compuesto por 16 caracteres como se muestra en la **figura 5.6**. La parte primaria comprende los datos eléctricos generales de los polos del interruptor; la parte secundaria abarca todos los dispositivos auxiliares necesarios para el accionamiento y mando del interruptor.

---

<sup>29</sup>Interruptores de potencia al vacío 3AH3

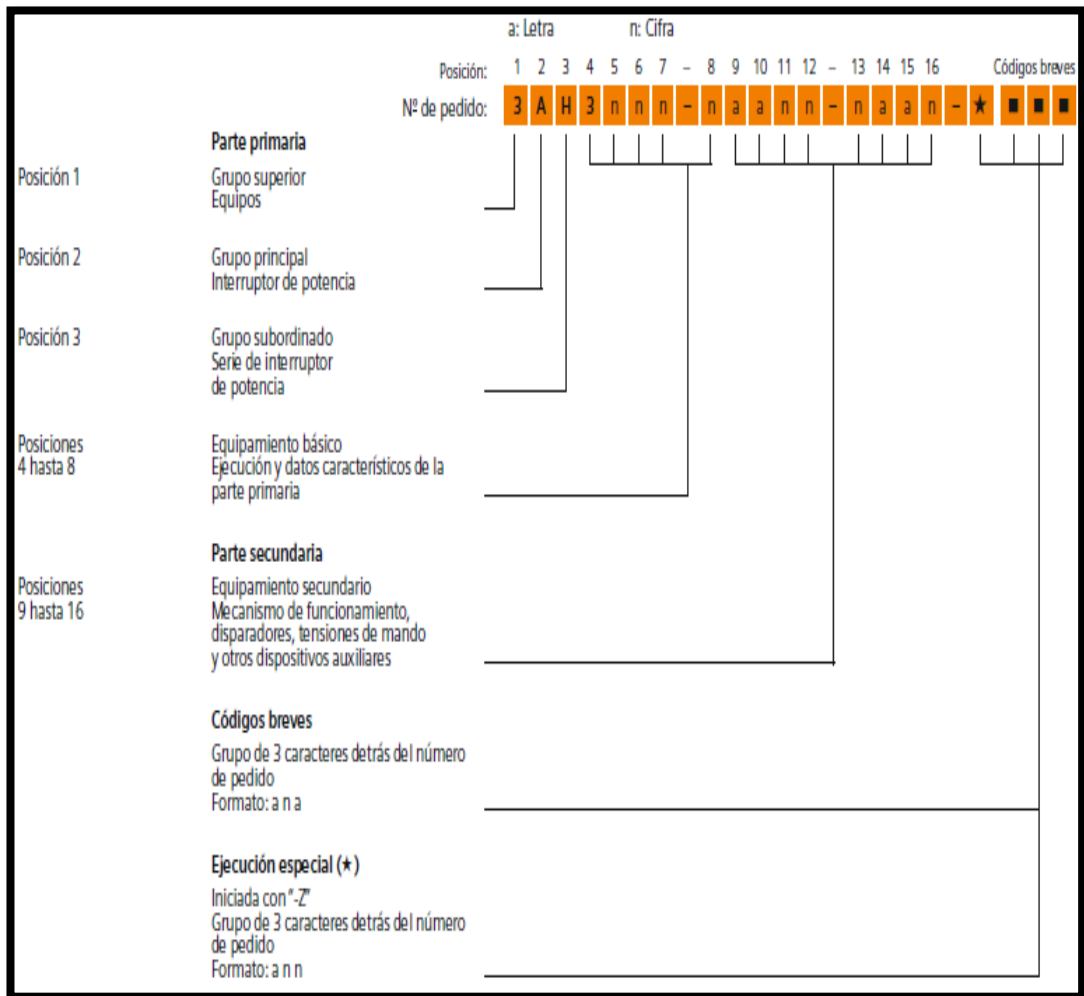


Figura 5.6: Características de los Interruptores de Potencia.

**b. Características Técnicas del Interruptor Automático de Potencia.**

En la **figura.5.7** se observa las características técnicas que utilizará el interruptor de potencia 3AH3 a 24 KV, el cual se asemeja al interruptor de potencia existente.

24 kV 50/60 Hz		Posición: 1 2 3 4 5 6 7 - 8 9 10 11 12 - 13 14 15 16																Códigos breves									
		Nº de pedido:																									
Tensión asignada	Tensión soportada asignada de impulso tipo rayo	Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial	Corriente asignada de corte en cortocircuito con componente c.c. 36 %	Corriente asignada de cierre en cortocircuito (a 50/60 Hz)	Distancia entre centros de polos	Corriente asignada en servicio continuo	1	2	3	4	5	6	7	-	8	9	10	11	12	-	13	14	15	16	1	2	3
$U_r$	$U_p$	$U_d$	$I_{sc}$	$I_{ma}$	mm	$I_r$																					
kV	kV	kV	kA	kA		A																					
24	125	50	40	100/104	275	2500	3	A	H	3	2	6	6	-	6												
	110	50	50	125/130	275	3150	3	A	H	3	2	6	7	-	7												
	125	50	50	125/130	300	4000	3	A	H	3	3	6	7	-	8												

Figura 5.7: Interruptor de Potencia 3AH3 a 24 KV

### 5.1.2.3 Contactores ABB en Vacío VSC con actuador magnético

Para la Solución 2 a largo plazo los Contactores de media tensión VSC, son aparatos preparados para operar en C.A. normalmente utilizados en aplicaciones que requieren un alto número de horas de operación. El Contactor VSC presenta un actuador magnético, utilizado y apreciado en interruptores automáticos y contactores en el amplio panorama de la media tensión los cuales se solicitan mediante pedido al fabricante, dependiendo de las características necesarias.

Están disponibles en versión fija con las siguientes funciones: Mando Simple con enclavamientos eléctricos o Mando Doble con enclavamientos mecánicos. Los Contactores VSC se utilizan ampliamente en el sector industrial, de servicio de emergencia, aplicaciones marítimas, y más como se puede apreciar los ejemplos en media tensión en el (**Anexo 18**).



Figura 5.8: Contactores ABB en Vacío VSC.

**a. Funcionamiento de los Contactores ABB en vacío VSC.**

Gracias a la técnica de corte en vacío, los contactores VSC son capaces de operar en ambientes difíciles cambiando de posición según lo requerido en el sistema de operación en el que se encuentre. Son aptos para control y protección de motores, transformadores, transferencias automáticas, bancos de compensación de reactiva, sistemas de interrupción. Equipados con los convenientes fusibles y protecciones internas, pueden utilizarse en circuitos con niveles de falla de hasta 1500(MVA).

Toda operación de apertura y de cierre de los contactores crea un campo magnético igual al generado por los imanes permanentes con la ventaja que mantiene constante la intensidad del campo mismo, en el curso del servicio, independientemente del número de maniobras efectuadas durante un cambio de estado de ON a OFF y viceversa.

La energía necesaria para la maniobra no la suministra directamente la alimentación auxiliar, sino que está siempre “almacenada” en el condensador que funciona como acumulador de energía, por lo tanto la



maniobrase efectúa siempre con velocidad y tiempos constantes, independientemente de la diferencia de la tensión de alimentación del valor nominal.

La alimentación auxiliar tiene como único objetivo mantener cargado el condensador, por lo tanto la absorción es mínima. La potencia necesaria es inferior a 5 W. Después de una maniobra, para restaurar el valor nominal de energía en el condensador, se verifica una punta de 15 W durante algunos milisegundos.

#### **b. Características Técnicas de los Contactores ABB.**

Las principales características técnicas que maneja este tipo de contactores se muestra en la siguiente **Tabla 5.4**

Tabla 5.4. Datos y Características Técnicas de los Contactores ABB.

<b>Datos Técnicos de los Contactores ABB</b>	
Tensión	23 KV
Potencia	1.5 MVA
Temperatura ambiente:	- 5 °C ... +40 °C
Humedad relativa	< 95% (sin condensación)
Valor de la corriente cortada	≤ 0,5 A
Ausencia de mantenimiento	Si
Idoneidad para la instalación en cabinas de transferencia	Si
Elevado número de maniobras	Si
Gran durabilidad eléctrica y mecánica	Si
Mando a distancia	Si

Las conexiones del diagrama unifilar de los equipos que intervienen en la solución 2 a largo plazo se muestran en el **(Anexo 12)** plano N° 250,

los cuales funcionarían según lo determinado en el capítulo anterior para la solución 2 a mediano plazo.

### 5.1.3 Periodicidad en el Mantenimiento de las Protecciones.

Para un mejor funcionamiento del sistema eléctrico en emergencia, las protecciones que intervienen en cada solución deben estar expuestas a diversos factores que alargan o disminuyen la vida útil de los mismos.

Tabla 5.5 Factores que Determinan la Periodicidad en el Mantenimiento de las Protecciones.

<b>Variables</b>	<b>Factores que Alargan el Periodo de Vida Útil</b>	<b>Factores que Acortan el Periodo de Vida Útil.</b>
Tipo de Relé	Simple (pocos elementos)	Complejo (gran cantidad de elementos)
Medio Ambiente	Atmósfera limpia, aire acondicionado	Atmósfera contaminada, temperatura extrema, polvo en exceso y humedad.
Corriente	Operación con corriente nominal de 5 A secundarios o menor	Operación frecuente con sobrecarga (mayores de 5 <sup>a</sup> secundarios)
Voltaje de Control	Operación con voltaje nominal de 110 Vdc (tolerancia +- 5%)	Operación con voltajes mayores en 10% el nominal
Tiempo de Servicio	De 5 a 15 años en operación y su historial indica relativamente pocos defectos	- Relés de diseño reciente cuyo comportamiento se desconoce. - Relés con 20 o más años en servicio.
Índice de fallas	Fallas poco Frecuentes	Fallas Frecuentes
Magnitud de Falla	Moderada	Severa

## 5.2 Análisis Económico.

Para el presente estudio realizado se presenta los presupuestos económicos para las soluciones planteadas tanto a mediano como a largo plazo del sistema eléctrico de emergencia de la ESPE – Sangolquí.

### 5.2.1 Presupuesto Económico Solución 1 a Mediano Plazo.

Los valores de los equipos a utilizar para la Solución 1 se encuentran especificados en la **Tabla 5.6**.

Tabla 5.6. Presupuesto Económico Solución 1.

1) EQUIPOS Y MATERIALES	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO (dólares)	PRECIO TOTAL (dólares)
PLC (control)	Siemens LOGO 12/24 – Módulo de Ampliación DM8	U	1	400	400
Seccionador Automático MT	En Media Tensión 23 KV – 100 K en la Acometida	U	1	14.200	14.200
Seccionador Automático MT	En Media Tensión 23 KV – 25 K en el Ramal 3	U	1	11.800	11.800
Breaker NS1000N	En baja Tensión 220V – 1000 <sup>a</sup> en G2	U	1	10.000	10.000
Breaker NS160N	En baja Tensión 220V – 160 <sup>a</sup> en G3	U	1	930	930
Conductor MT	Cond. N° 2 XLPE 25 KV	m	20	19.15	383
Conductor BT	Cond. N° 3/0 TTU en G2	m	135	11,25	1.518,75
Conductor BT	Cond. N° 1/0 TTU en G3	m	105	8.73	916.65
Conductor Mando de Señales	Cond. N° 14 señales entre controladores.	M	1000	0,6	600
Protecciones Extras	Según lo requerido	U	-	1.000	1.000

2) MANO DE OBRA	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO (dólares)	PRECIO TOTAL (dólares)
Instalación del Controlador	Supervisor y Operarios	U	-	3.500	3.500
Mano de Obra	Supervisor y Operarios	U	-	5.000	5.000
Imprevistos	-	U	-	1.100	1.100
<b>TOTAL 1 y 2 en Dólares</b>					<b>\$51.348,4</b>

### 5.2.2 Presupuesto Económico Solución 2 a Largo Plazo.

Los valores de los equipos a utilizar para la Solución 2 a largo plazo se encuentran especificados en la **Tabla 5.7.**

Tabla 5.7. Presupuesto Económico Solución 2

1) EQUIPOS Y MATERIALES	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO (dólares)	PRECIO TOTAL (dólares)
Interruptor Automático de Potencia.	Interruptor de Potencia (52) Reconectador Siemens 3AH3, 800 A de 22,8Kv a 1,5 MVA	U	1	27.790	27.790
Contactores de Media Tensión.	Contactores a 22,8Kv y 1,5 MVA	U	2	25.000	50.000
Conductor MT	Cond. N° 2 XLPE 25 KV	m	300	19,15	5.745
Conductor Mando de Señales	Cond. N° 14 señales entre controladores.	M	30	0.6	18
Protecciones Extras	-	U	-	1.500	1.500
Controlador LOVATO	Módulo de Control LOVATO Red - Red	U	-	6.200	6.200

2) MANO DE OBRA	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO (dólares)	PRECIO TOTAL (dólares)
Instalación del Controlador	Supervisor y Operarios	U	-	6.500	6.500
Mano de Obra	Supervisor y Operarios	U	-	5.500	5.500
Imprevistos	-	U	-	1.500	1.500
<b>TOTAL 1 y 2 en Dólares</b>					<b>\$ 104.753</b>

### 5.3 FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO.

Los costos y el tiempo de duración del sistema determinan la factibilidad de las soluciones planteadas en el análisis técnico – económico del suministro eléctrico de emergencia de la ESPE. Con lo siguiente:

- ♦ La pérdida del flujo eléctrico se reduce debido al rediseño en el sistema de emergencia de la ESPE, en el cual se plantea dos soluciones para que el campus politécnico quede abastecido por un flujo de energía eléctrica al momento de un corte en emergencia por parte de la EEQSA desde la Subestación San Rafael, dando como resultado la optimización del sistema eléctrico de emergencia de la ESPE.
- ♦ La Solución 1 a mediano plazo como se observa en la **figura 5.9**, tiene un tiempo de 3 a 4 años sin incrementación de cargas dentro del campus politécnico con un precio de **(\$ 51.348,4)**



Figura 5.9: Solución 1 a Mediano Plazo.

- Para la Solución 2 a Largo plazo como se observa en la **figura 5.10**, con un tiempo relativo a 15 años y una proyección de incremento de carga del 50% obtiene un precio de (**\$ 104.753**), el cual es aceptable para el tiempo de duración planteado.



Figura 5.10: Solución 2 a Largo Plazo.

- ♦ El mantenimiento del sistema eléctrico de emergencia resulta una propuesta factible ya que dado el tiempo de vida de las redes de media y baja tensión con las que cuenta el campus en caso de emergencia, resulta primordial realizar los respectivos mantenimientos bajo cierto cronograma de tiempo, dicho mantenimiento se realizará en los equipos e instalaciones que operan en emergencia. Todo esto ya que implican aspectos importantes para dar a los usuarios del sistema como son edificios, residencias, laboratorios, aulas y demás dependencias una óptima operación así como un servicio seguro y confiable en el momento que exista una falla o emergencia eléctrica.

#### **5.4 FINANCIAMIENTO DE LA INVERSIÓN.**

La implementación y la información de las alternativas de solución planteadas del sistema eléctrico de emergencia, se encuentra a cargo del departamento de Desarrollo Físico de la Escuela Politécnica del Ejército, el cual pondrán a disposición el presente estudio para fines que crean pertinentes y convenientes para la Institución.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- ♦ Para el presente trabajo se desarrolló una base de datos de las condiciones actuales de carga del sistema eléctrico de la ESPE, tomando en cuenta las protecciones instaladas, calibre, trayectoria y longitud de conductores, equipos instalados, entre otros.
- ♦ Se ha realizado el rediseño de los diagramas unifilares de media y baja tensión en las cámaras de transformación del sistema eléctrico de potencia con los que cuenta el campus.
- ♦ Mediante los resultados conseguidos en base a las mediciones con el Analizador Trifásico de Energía Eléctrica, fue posible realizar el estudio de la demanda máxima que tiene cada una de las nueve cámaras de transformación con las que cuenta el campus politécnico, obteniendo resultados de carga para las soluciones planteadas para el sistema eléctrico de emergencia.
- ♦ En base a los datos obtenidos por el analizador de energía, se designó el día miércoles como el día donde se presenta la mayor demanda en las diferentes dependencias y de esta manera se logró conseguir la demanda máxima coincidente para las alternativas de solución.
- ♦ Para la Solución 1 a mediano plazo se planteó la división de la carga en dos grupos, donde el generador “2” de 631 (kVA),



suministrará energía a una carga de 597,701 (kVA) para el primer grupo (CT1, CT2, CT3, CT4, CT7 y CT8). De la misma manera el generador “3” de 154 (kVA) abastecerá con flujo eléctrico en caso de emergencia a una carga de 163,48 (kVA) para el segundo grupo (CT5, CT6 y CT9).

- ◆ En la Solución 2 a largo plazo, se proyectó la demanda máxima coincidente del campus en 949,816 (kVA), puesto que dicha carga será alimentada en caso de emergencia a través de una transferencia automática, pasando desde la Subestación San Rafael a la Subestación Alangasí. Quedando las dependencias de la ESPE alimentadas de un flujo eléctrico continuo en caso de emergencia.
  
- ◆ Por medio del software NEPLAN versión 5.2.4, se simuló y confirmó los cálculos de corrientes de cortocircuito, la estabilidad del voltaje en barras y las pérdidas técnicas del sistema que puede darse en caso de emergencia para las soluciones planteadas.
  
- ◆ En cuanto a la parte factible del estudio realizado, se llega a la conclusión que mediante el análisis técnico - económico y por condiciones de normativas del medio ambiente la Solución 2 a largo plazo es la más viable a implementarse para el sistema de emergencia eléctrica, ya que los costos son relativamente aceptables para la duración a largo plazo y con lo cual no afectará al medio ambiente como se produce en la solución 1, la cual utiliza generadores que originan contaminación ambiental como gases tóxicos y ruido durante su funcionamiento.

- ♦ En el presente trabajo concede información organizada y actualizada de la ESPE - Sangolquí, que contribuirá a la localización y solución a los problemas del flujo eléctrico en caso de emergencia.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- ♦ Se recomienda crear un área de mantenimiento eléctrico en el departamento de desarrollo físico, con el personal adecuado y capacitado, el cual debe mantener organizada y actualizada la información referente a planos y diagramas eléctricos instalados ó en construcción dentro del campus politécnico.
- ♦ Para un correcto funcionamiento del Sistema de Emergencia es indispensable una adecuada instalación y programación de los tableros de transferencia, así como de los equipos de protección en las diferentes soluciones planteadas.
- ♦ En la implementación de los tableros de Transferencia Automática tanto para la solución 1 como la solución 2, es recomendable que estén acondicionados satisfactoriamente con el fin de que sus controladores en red normal ó en emergencia, actúen inmediatamente se presente una anomalía sostenida; protegiendo en forma instantánea el circuito de carga.
- ♦ Es recomendable la adecuada selección de los equipos de protección y control según los parámetros planteados en las soluciones.

- ◆ Es aconsejable tomar en cuenta que las barras de la cámara N° 8 en la solución 1 tiene una variación de voltaje, dicha variación es aceptable; solo en caso de emergencia eléctrica, puesto que trabajaría en este estado por algunas horas.
  
- ◆ El crecimiento de carga debe ser planificado e implementado con un estudio previo de la disponibilidad de potencia y de las características del circuito a utilizar, puesto que el sistema de emergencia para la solución 1 no abastecería y existirían daños eléctricos en los equipos.
  
- ◆ En caso de crecimiento de la demanda del campus por la implementación de edificios, laboratorios u oficinas; es recomendable utilizar las cámaras de transformación CT1, CT3, CT7, CT8 y CT9 ya que cuentan con la capacidad suficiente para soportar el incremento de carga.
  
- ◆ La señalización para las diferentes cámaras de transformación, como de los breakers, cajas de maniobra, seccionadores, tableros de transferencia automática y sistemas de emergencia deben ser los correctos en caso de que se requiera realizar mantenimiento en cualquiera de ellos.
  
- ◆ Es recomendable realizar un mantenimiento a los equipos de transferencia automáticos y motorizados, ya que corren un gran riesgo; puesto que los interruptores limitantes que interfieren en los sistemas de emergencia señalados pueden sufrir daños, y si estos no operan correctamente, en el caso de la solución 1 los generadores quedarían funcionando sin nada que los desconecte y

terminarían quemándose. En la solución 2 podría existir gran cortocircuito.

- ✦ Al momento de implementar una de las soluciones propuestas es necesario correr el flujo eléctrico mediante el software Neplan, en caso de existir cambios en las soluciones.
- ✦ Revisar periódicamente las características dieléctricas del aceite de los transformadores y realizar pruebas eléctricas a sus devanados y del aislamiento con el fin de evitar problemas en caso de emergencia.
- ✦ Poner a disposición del personal del Departamento de Desarrollo Físico el presente estudio, para sustentar el crecimiento organizado y confiable de la institución.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR Arcos, Marco - “Rediseño del Sistema Eléctrico Interno y Diseño de la Cámara de Transformación a 13.8 KV de la ESPE Latacunga” - Tesis 621.3A283r.
- DARCO, Módulos de Transferencia Automática y Control de Grupos Electrónicos, Lovato Electric, 2010
- ENRÍQUEZ Harper, Gilberto - “Elementos de Diseño de las Instalaciones Eléctricas Industriales” - Segunda Edición - Limusa Noriega Editores - 2002.
- ENRÍQUEZ Harper, Gilberto - “Fundamentos de las Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión” - Segunda edición - Limusa Noriega Editores - 2002.
- ENRÍQUEZ Harper, Gilberto - “Manual de Aplicación del Reglamento de Instalaciones Eléctricas” - Tercera edición - Limusa Noriega Editores - 2003.
- GARCÍA Trasancos, José - “Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión” - Tercera edición - Thomson-Paraninfo - 2003.
- GRUPOS ELECTRÓGENOS GUÍA DE SELECCIÓN E INSTALACIÓN, “Caterpillar”, U.S.A.
- Interruptores de potencia al vacío 3AH3, Equipos de media tensión, Datos de selección y pedido Catálogo HG 11.03 · 2010
- Interruptores de potencia al vacío 3AH3
- JÁCOME – ROBAYO, Rediseño Del Sistema Eléctrico De La Escuela Politécnica Del Ejército Campus Sangolquí, ESPEL – Electromecánica, 2008.
- KOHLER POWER SYSTEMS, “Manual De Instalación De Grupos Electrónicos”, U.S.A
- KOHLER POWER SYSTEMS, “Industrial Generator Sets (20-2000KW)”, California

- Low voltage switchgear Compact Merlin Gerin, Grupo Scheneider, Guía de Exploración 2010.
- RAMÍREZ Vásquez, José - “Manual Autodidáctico de Líneas Subterráneas” - Primera Edición - Ediciones CEAC - 1986.
- ROLDÁN Vilorio, José - “Seguridad en las Instalaciones Eléctricas” - Segunda edición - Thomson-Paraninfo - 2003.
- TAÍPE M. “Estudio del Suministro de Energía Eléctrica de Emergencia para la ESPEL”, ESPE-Latacunga 2007.
- TRANSMISSION AND DISTRIBUTION – “Manual y tablas de conductores de media y baja tensión”- 2005.
- SERIE DE ENTRENAMIENTO SOBRE GRUPOS ELECTRÓGENOS, “CumminsEngineCompany”, U.S.A
- SIEMENS - “Manual de Baja Tensión” - Segunda Edición - Publicis MCD Verlag - 2000.

➤ **PÁGINAS WEB:**

- [www.abb.com/ProductGuide/Alphabetical.aspx](http://www.abb.com/ProductGuide/Alphabetical.aspx)
- [www.aemc.com/products/Spanish%20PDFs/2130.77-SP.pdf](http://www.aemc.com/products/Spanish%20PDFs/2130.77-SP.pdf)
- [www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=110](http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=110)
- [www.alternatordesign.com/Perkins\\_series.html](http://www.alternatordesign.com/Perkins_series.html)
- [www.caclec.com.co](http://www.caclec.com.co)
- [www.catalogomerlengerin.com](http://www.catalogomerlengerin.com)
- [www.cec.cubaindustria.cu/contenido/jornada%20VI/2\\_6.pdf](http://www.cec.cubaindustria.cu/contenido/jornada%20VI/2_6.pdf)
- [www.compac\\_merlengerin.com/sites/corporate/en/products-services/electrical-distribution](http://www.compac_merlengerin.com/sites/corporate/en/products-services/electrical-distribution)
- [www.conelec.gov.ec/normativa\\_detalle.php](http://www.conelec.gov.ec/normativa_detalle.php)
- [www.cram-sa.com.ar/gruposelectrogenos/tablero-transferencia-automatica-tta.html](http://www.cram-sa.com.ar/gruposelectrogenos/tablero-transferencia-automatica-tta.html)

- [www.desenchufados.net/tag/pia](http://www.desenchufados.net/tag/pia)
- [www.eeq.com.ec/laEmpresa/normaDocumentos.php](http://www.eeq.com.ec/laEmpresa/normaDocumentos.php)
- [www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_electrica\\_y\\_electronica/sistema\\_distribucion\\_energia\\_electrica](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electrica_y_electronica/sistema_distribucion_energia_electrica)
- [www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_electrica\\_y\\_electronica/sistema\\_distribucion\\_energia\\_electrica/default2.asp](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electrica_y_electronica/sistema_distribucion_energia_electrica/default2.asp)
- [www.ffii.nova.es/puntoinformcyt/Archivos/nce/MT\\_2\\_13\\_40\(2-0\).pdf](http://www.ffii.nova.es/puntoinformcyt/Archivos/nce/MT_2_13_40(2-0).pdf)
- [www.haesa.com.mx/cabmed.html](http://www.haesa.com.mx/cabmed.html)
- [www.hbse.cl/Documentos/5001.pdf](http://www.hbse.cl/Documentos/5001.pdf)
- [www.iberapa.es/productos/3/cutouts/pdf/CU.01.03A-E.pdf](http://www.iberapa.es/productos/3/cutouts/pdf/CU.01.03A-E.pdf)
- [www.library.abb.com](http://www.library.abb.com)
- [www.luhfser.com](http://www.luhfser.com)
- [www.marioatencia.wordpress.com/2011/03/05/centrales-electricas/](http://www.marioatencia.wordpress.com/2011/03/05/centrales-electricas/)
- [www.o-digital.com/wholesale-products/2226/2232-1/Magnetic-Pick-up-Sensor](http://www.o-digital.com/wholesale-products/2226/2232-1/Magnetic-Pick-up-Sensor)
- [www.pymesdelara.com.ve/insel/producto.htm](http://www.pymesdelara.com.ve/insel/producto.htm)
- [www.ruelsa.com/notas/cortocircuito/ccE0bibliografia.html](http://www.ruelsa.com/notas/cortocircuito/ccE0bibliografia.html)
- [www.schneider\\_electric.com.mx/opencms/opencms/SchneiderElectric/modules/DisplayProductosMGF.jsp?FileName=2MerlinGerin](http://www.schneider_electric.com.mx/opencms/opencms/SchneiderElectric/modules/DisplayProductosMGF.jsp?FileName=2MerlinGerin)
- [www.scielo.cl/scielo.php](http://www.scielo.cl/scielo.php)
- [www.scribd.com/doc/3933725/REDES-DE-MEDIA-TENSION-SUBTERRANEA](http://www.scribd.com/doc/3933725/REDES-DE-MEDIA-TENSION-SUBTERRANEA)
- [www.spanish.alibaba.com/product-gs/xlpe-cable-219240976.html](http://www.spanish.alibaba.com/product-gs/xlpe-cable-219240976.html)
- [www.statefarm.convertlanguage.com/statefarm/enes/24](http://www.statefarm.convertlanguage.com/statefarm/enes/24)
- [www.statefarm.convertlanguage.com/statefarm/enes/24](http://www.statefarm.convertlanguage.com/statefarm/enes/24)
- [www.suomitec.com/Suomitec/armonicos.htm](http://www.suomitec.com/Suomitec/armonicos.htm)
- [www.syse.com.mx/servicios.shtml](http://www.syse.com.mx/servicios.shtml)
- [www.tuveras.com/fdp/fdp.htm](http://www.tuveras.com/fdp/fdp.htm)
- [www.tuveras.com/reglamentos/rebtic/rebtic/itc\\_bt.htm](http://www.tuveras.com/reglamentos/rebtic/rebtic/itc_bt.htm)
- [www.usuarios.lycos.es/jota325/index.htm](http://www.usuarios.lycos.es/jota325/index.htm)
- [www.viakon.com.mx/Products.aspx](http://www.viakon.com.mx/Products.aspx)

- [www.voltimum.es/find/page-191-10-20/collec-/aislamiento-xlpe.html](http://www.voltimum.es/find/page-191-10-20/collec-/aislamiento-xlpe.html)
- [www.voltimum.es/news/1094/ss/page.jsp](http://www.voltimum.es/news/1094/ss/page.jsp)
- [www.waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando%20la%20Operacion%20y%20el%20Mantenimiento/Distorsion%20Armonica.pdf](http://www.waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando%20la%20Operacion%20y%20el%20Mantenimiento/Distorsion%20Armonica.pdf)
- [www.wikipedia.com/grupoeletrógeno.23](http://www.wikipedia.com/grupoeletrógeno.23)
- [www.wikipedia.com/gruposelectrogenos/pu](http://www.wikipedia.com/gruposelectrogenos/pu)