



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA**

**Departamento de  
Eléctrica y Electrónica**

**Carrera: Ingeniería Electromecánica**



**ESPE**

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

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



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# OBJETIVO GENERAL

Rediseñar y Optimizar el Sistema Eléctrico de Emergencia de la ESPE – Sangolquí con un horizonte de 15 años, mediante el levantamiento de planos y diagramas unifilares del SEP y SEE.



# 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 subestaciones 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).



# JUSTIFICACIÓN

Mediante el rediseño del sistema eléctrico de emergencia del Campus se solventara 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.



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# IMPORTANCIA

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.



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# DEFINICIONES



## Sistema Eléctrico de Potencia

- Conjunto de Centrales Generadoras
- Líneas de Transmisión,
- Sistema Distribución

## Rediseño

- Innovación
- Bajo reglas y Normas

## Sistema Eléctrico de Emergencia

- Suspensión de energía
- Total o parcial

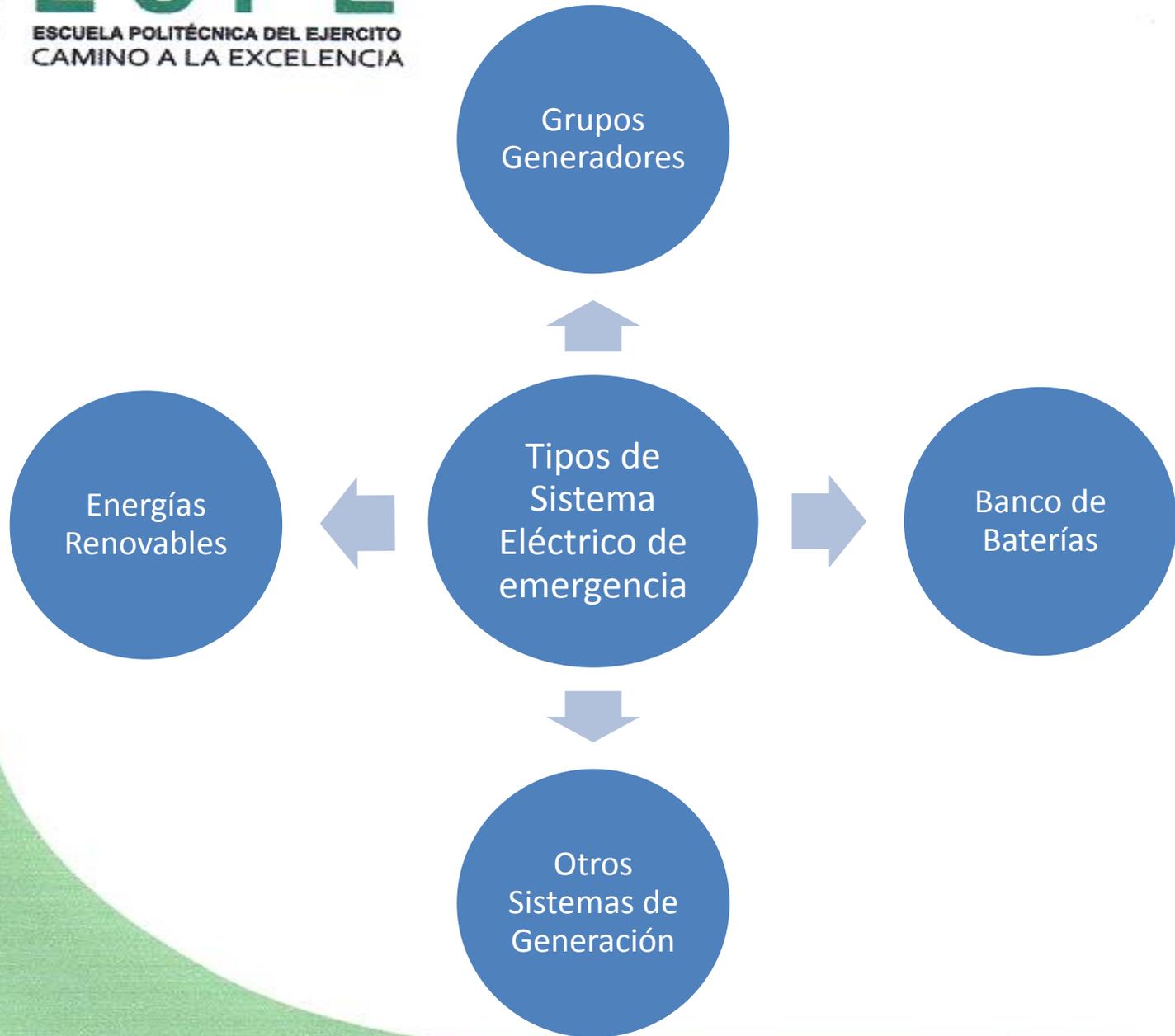


**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# TIPOS DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE EMERGENCIA



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

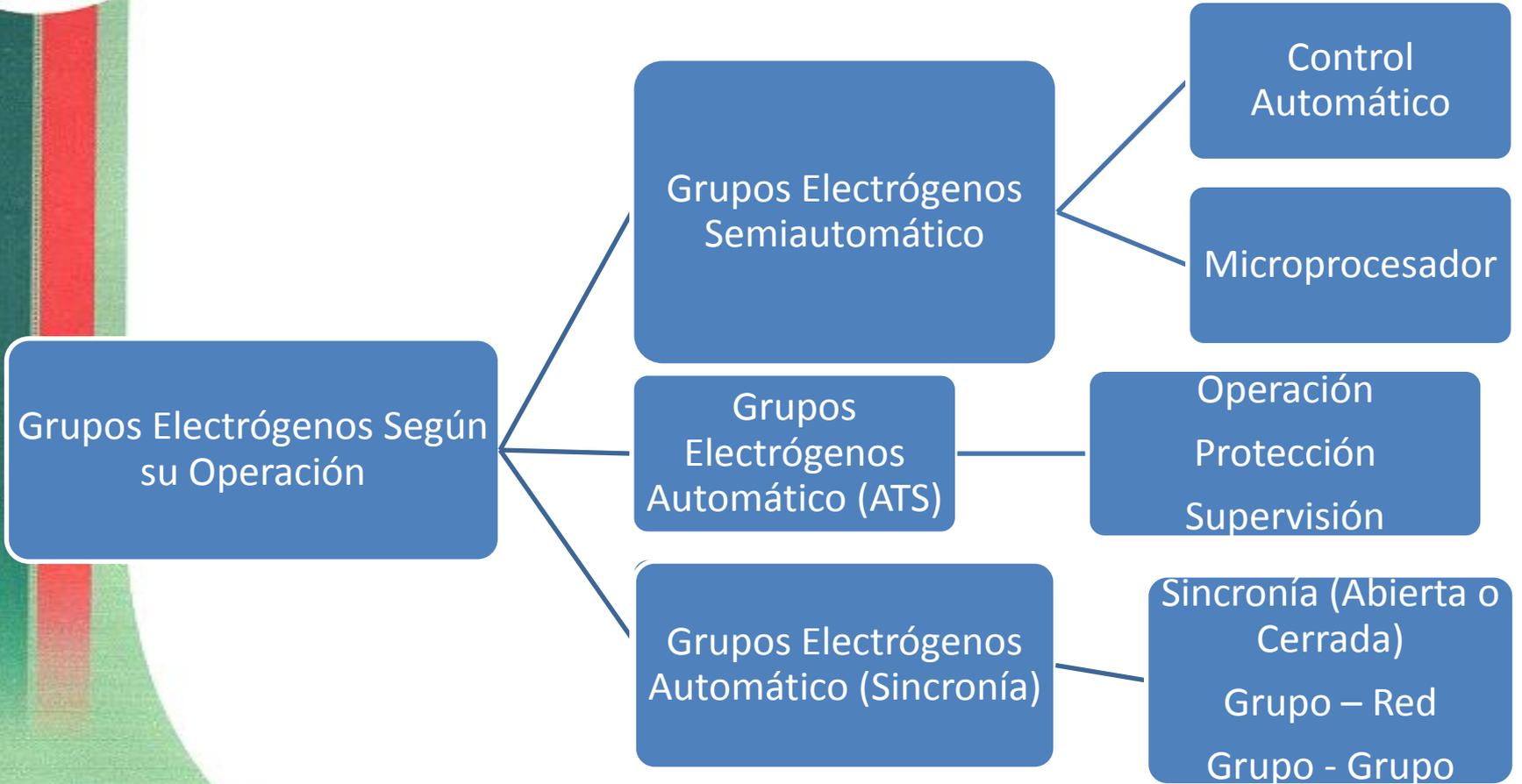
# GRUPOS ELECTRÓGENOS





# TIPOS DE GRUPOS ELECTRÓGENOS

- Generadores Portátiles
- Generadores de Reserva Permanente:  
Proporcionan Energía Automática a  
circuitos Selectos o Todo el Sistema.





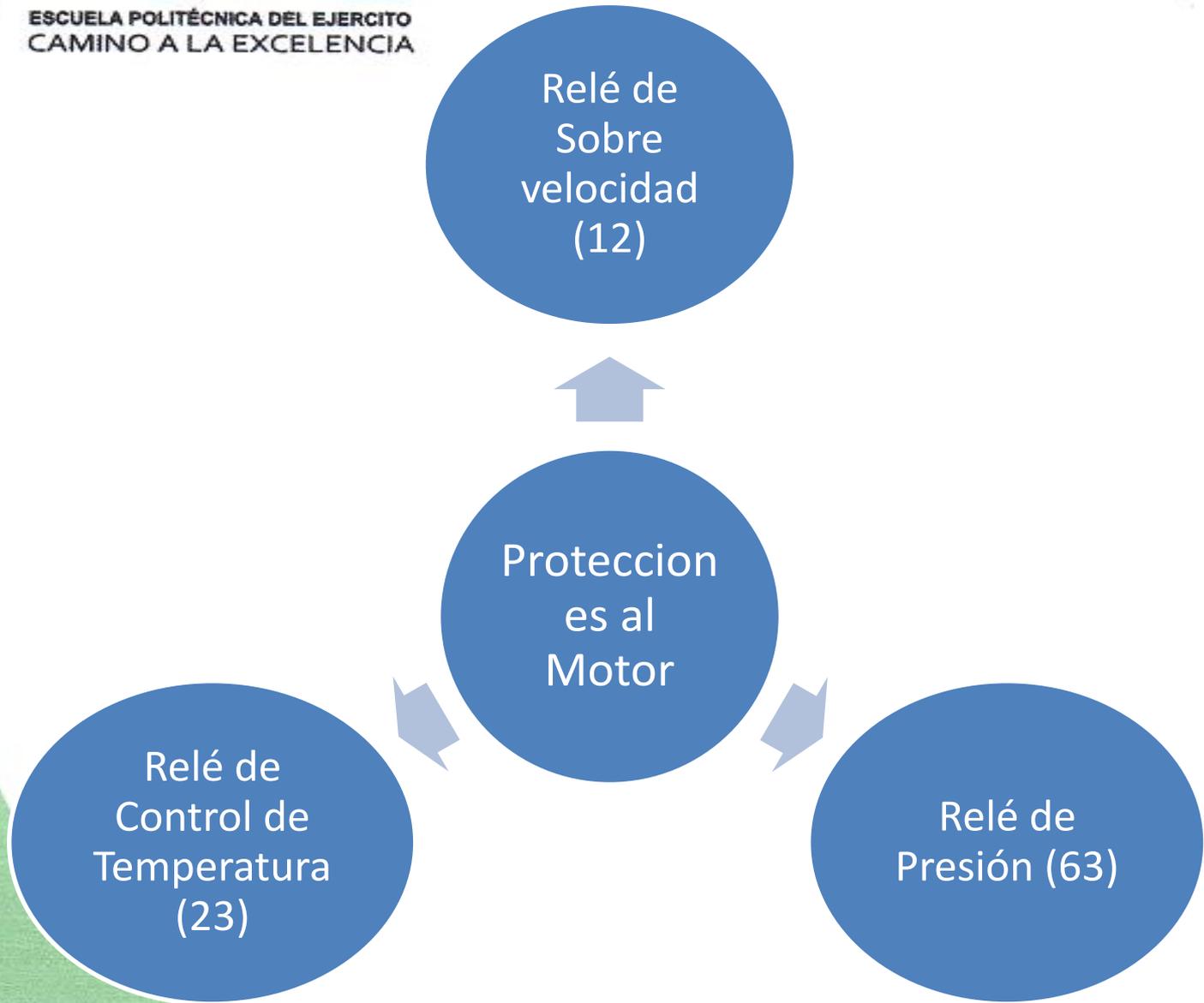
**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

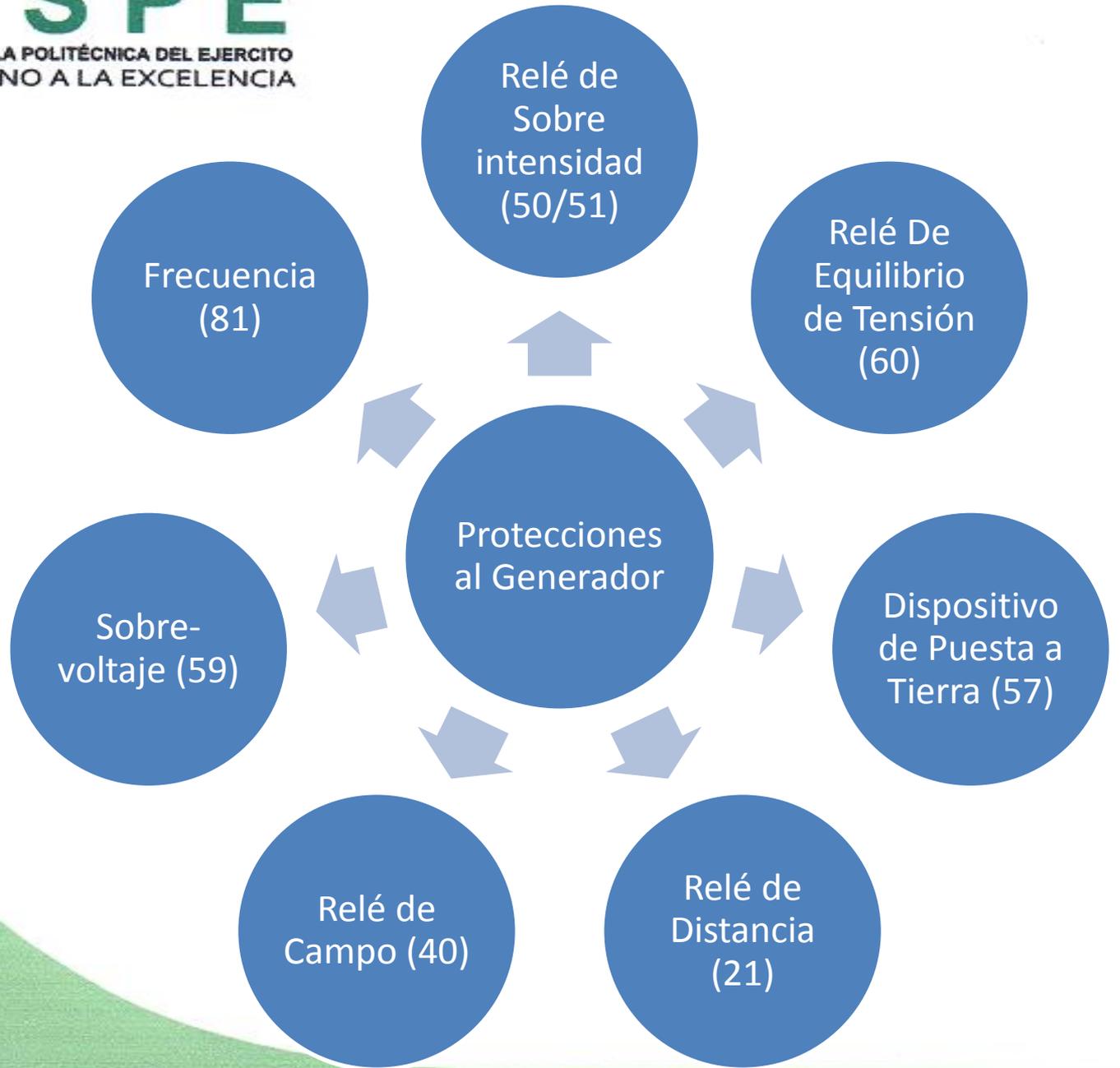
# Protecciones en un Grupo Electrónico

- ✓ Protecciones al Motor
- ✓ Protecciones al Generador



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA





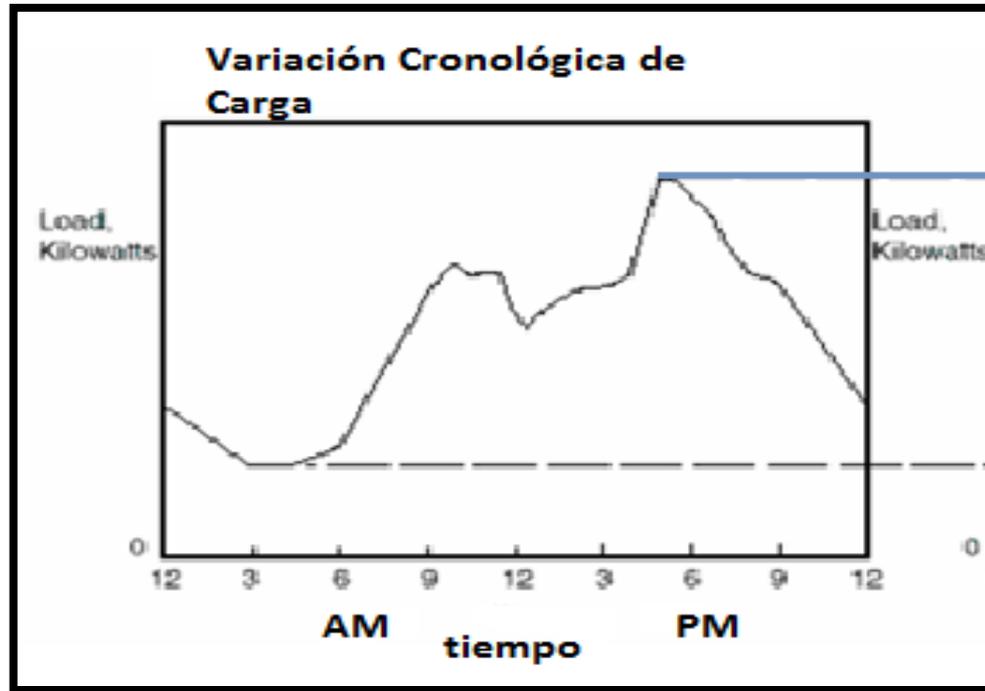


# FACTORES QUE INTERVIENEN EN UN GRUPO ELECTRÓGENO

- Variaciones de carga en función al tiempo
- Generador en función del rendimiento del motor
- Características de los equipos.



# Variaciones de carga en función al tiempo.





# Generador en Función del Rendimiento del Motor.

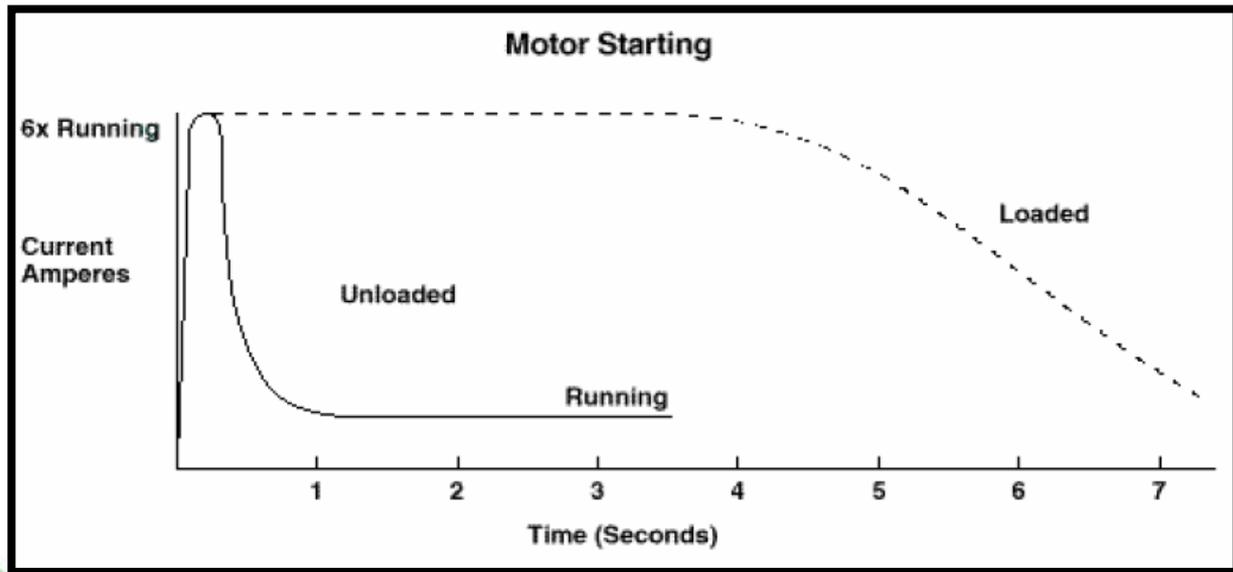
Los rendimientos del motor y del generador están relacionados por las siguientes fórmulas:

—



# Consideraciones de los Equipos

## Carga de arranque del motor



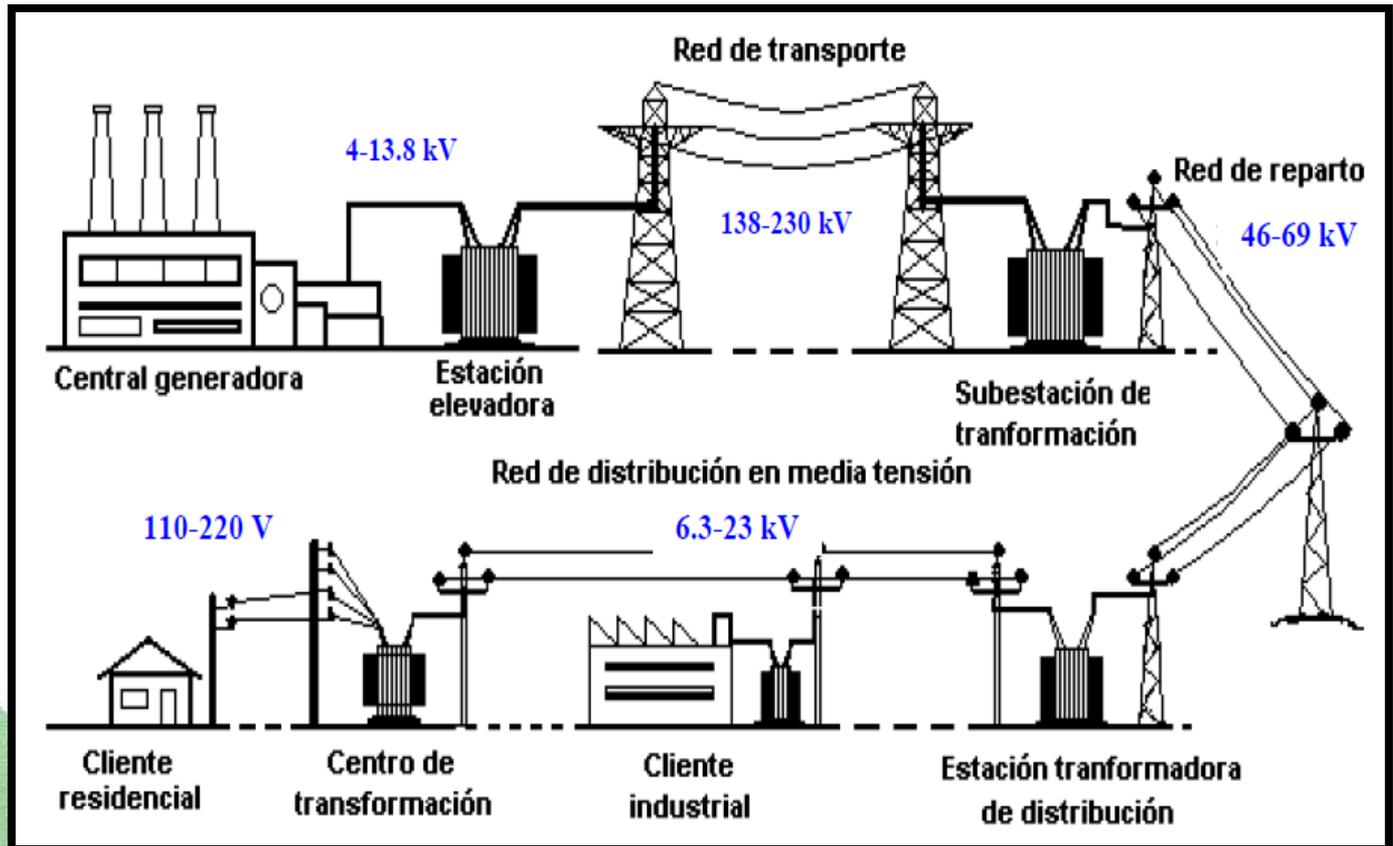


## **Tiempos de Funcionamiento de los Grupos Electrógenos en el Sistema de Transferencia Automática.**

- Tiempo de Espera.
- Tiempo de Arranque.
- Tiempo de  
Precalentamiento.
- Tiempo de Recierre.
- Tiempo de Retransferencia.
- Tiempo de Enfriamiento.



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





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

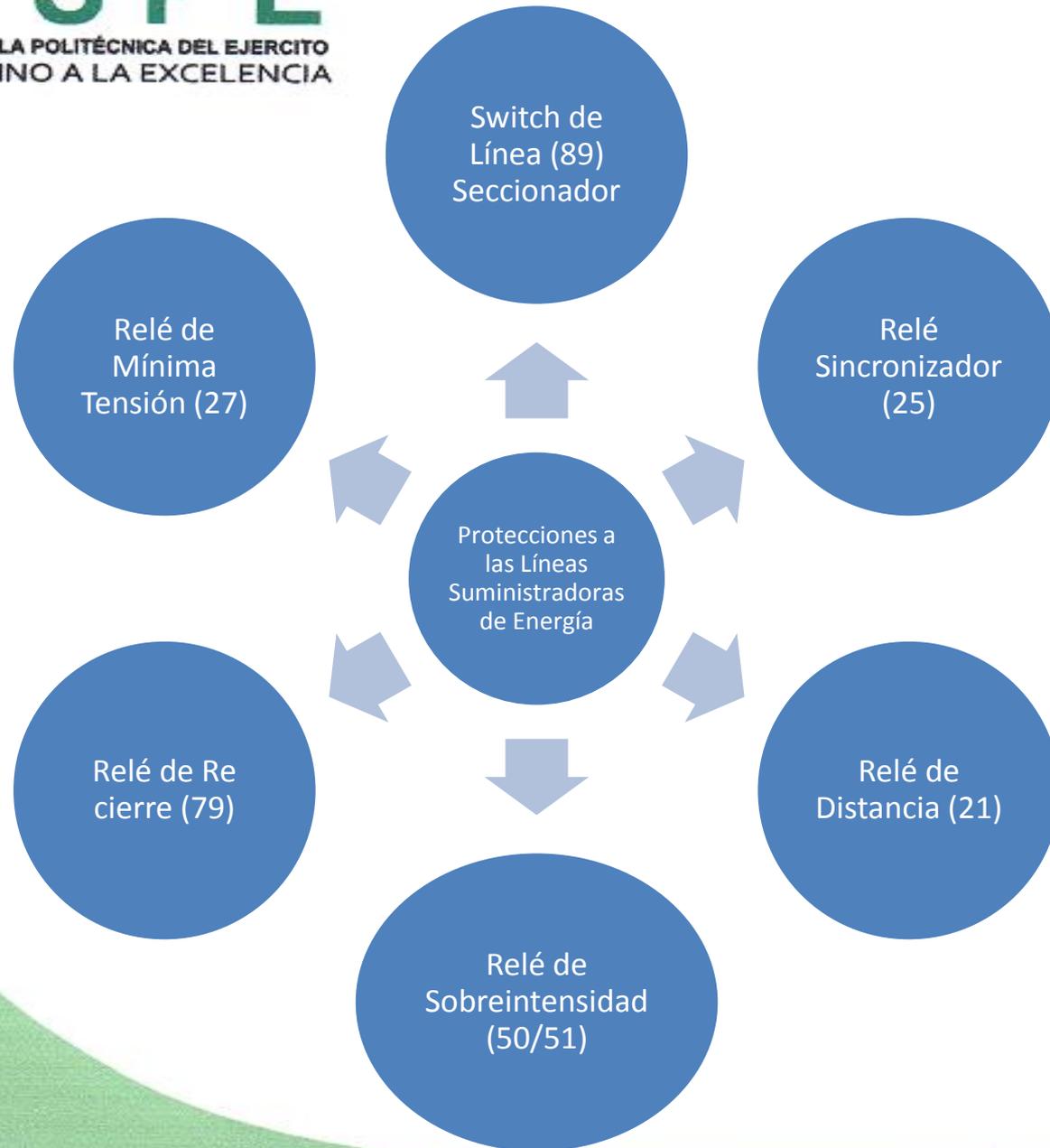
- **Subestación N° 27 C SAN RAFAEL (23kV):** Cuenta con un transformador de 33 (MVA), 46/23 (kV)
- **Subestación N° 26 ALANGASÍ (23kV):** Cuenta con un transformador de 33 (MVA), 138/23 (kV)



**ESPE**

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# Protecciones a las Líneas Suministradoras de Energía.





# Mantenimiento de las Protecciones.

## Mantenimiento Mínimo

- Inspección Visual
- Medir Señales Corriente Alterna (bobina)
- Pruebas de Disparo
- Comprobación banderas.

## Mantenimiento Preventivo

- Limpieza polvo, oxidación, humedad
- Ajuste de Conexiones
- Simulación de Fallas

## Mantenimiento Correctivo

- Realizado por personas calificadas en laboratorios.



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## Factores que intervienen en el Suministro de Energía Eléctrica

- **Transferencia Automática en la Acometida.**
- **Cuadro General de Protección.**
- **Centros de Transformación**



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

- Tiempo de Espera de Falla.
- Tiempo de cambio de Posición de los Interruptores de Potencia
- Tiempo de Recierre.
- Tiempo de Retransferencia.
- Tiempo de des-energización.



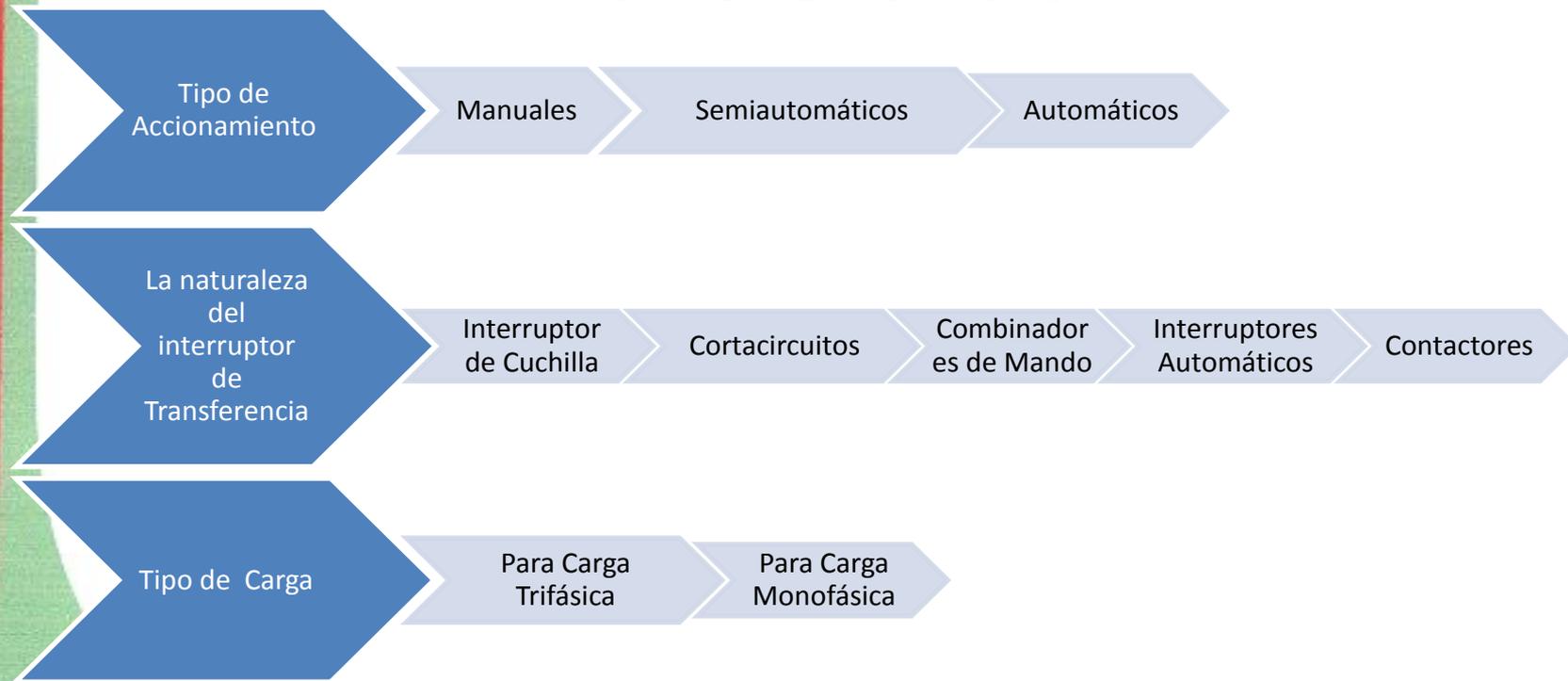
# Sistema de Transferencia Automática

Transferir la energía eléctrica de la fuente normal a la fuente auxiliar. 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



# Clasificación de los Sistemas de Transferencia.

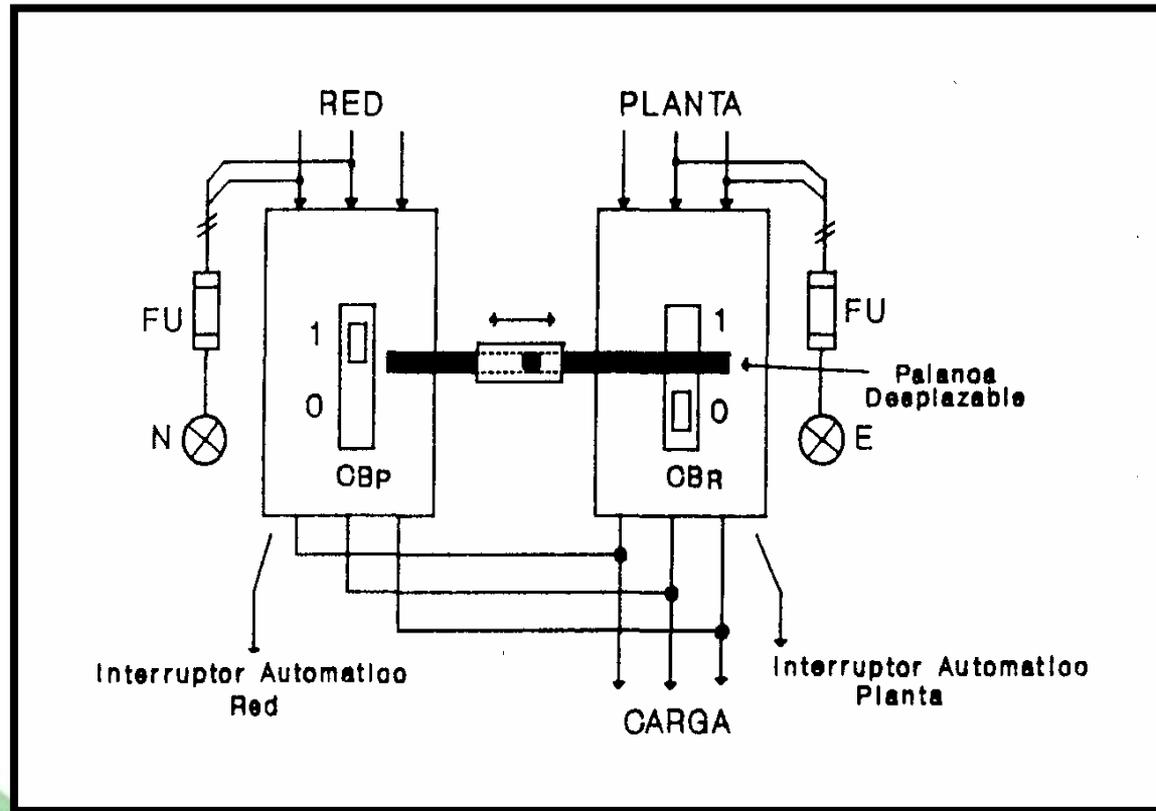




# ESPE

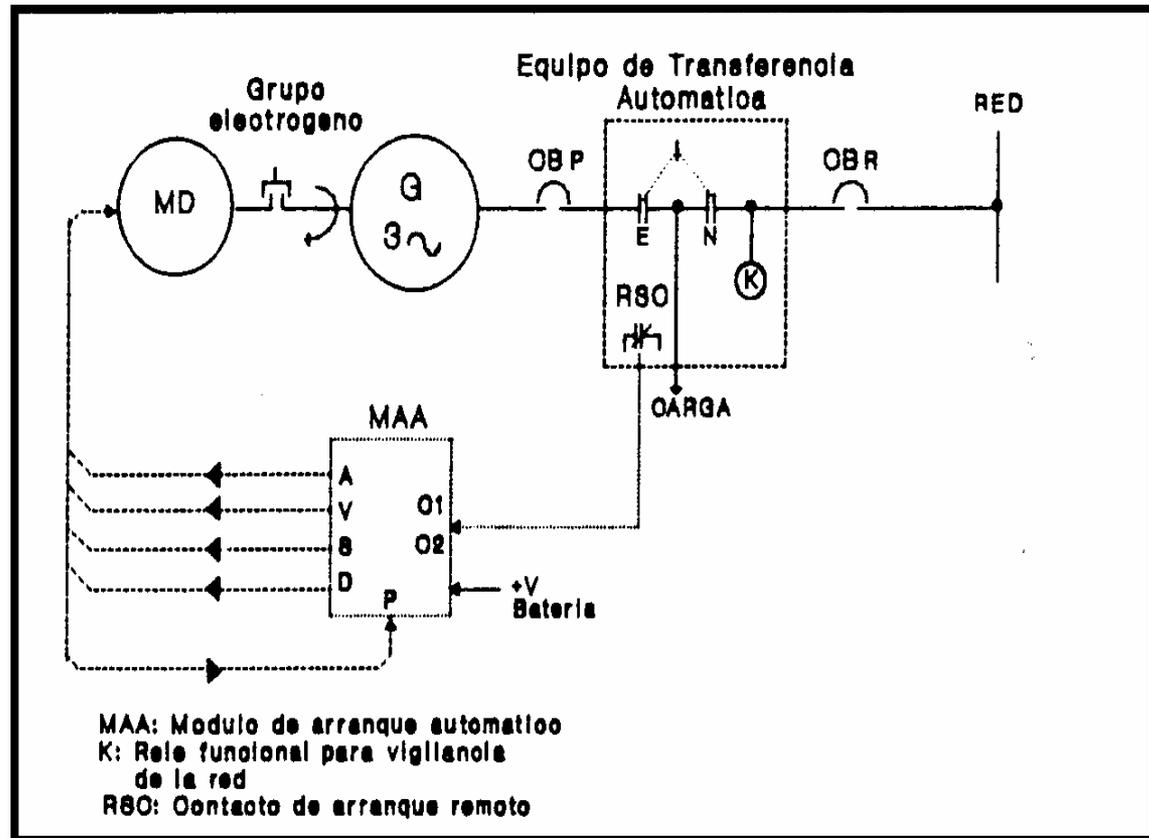
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## Transferencia Manual.





# Transferencias Automáticas.





## **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

## **Circuitos de Control Electrónicos**

En muchos casos son circuitos híbridos que incorporan dispositivos electromecánicos como relés electromagnéticos, conmutadores manuales, entre otros



# Modo de Funcionamiento de los Equipos de Transferencia

- Tiempo de Espera ( de 0 a 5 seg. “generadores” de 5 a 10 seg. “Líneas”)
- Tiempo de Arranque (de 3 a 5 seg.)
- Tiempo de Cambio de Posición de Interruptores (de 20 a 30 seg.)
- Tiempo de Pre calentamiento (de 10 a 60 seg)
- Tiempo de Recierre (de 0 a 60 seg. Preferible max)
- Tiempo de Retranferencia (de 0 a 30 s. “generadores” y 30 a 60 s. Líneas)
- Tiempo de Enfriamiento (de 2 a 6 min.)



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# Sincronización de las Operaciones del Sistema de Transferencia

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



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## **CARACTERÍSTICAS DEL DIAGRAMA UNIFILAR**

- 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.



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

- 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
- Evaluando las facilidades o disponibilidades, se elige el tipo de sistema de emergencia a implementar ya sea por otra subestación o por grupos electrógenos.
- Potencia de trabajo
- Capacidad máxima de carga a soportar



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# FACTORES TÉCNICOS.

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



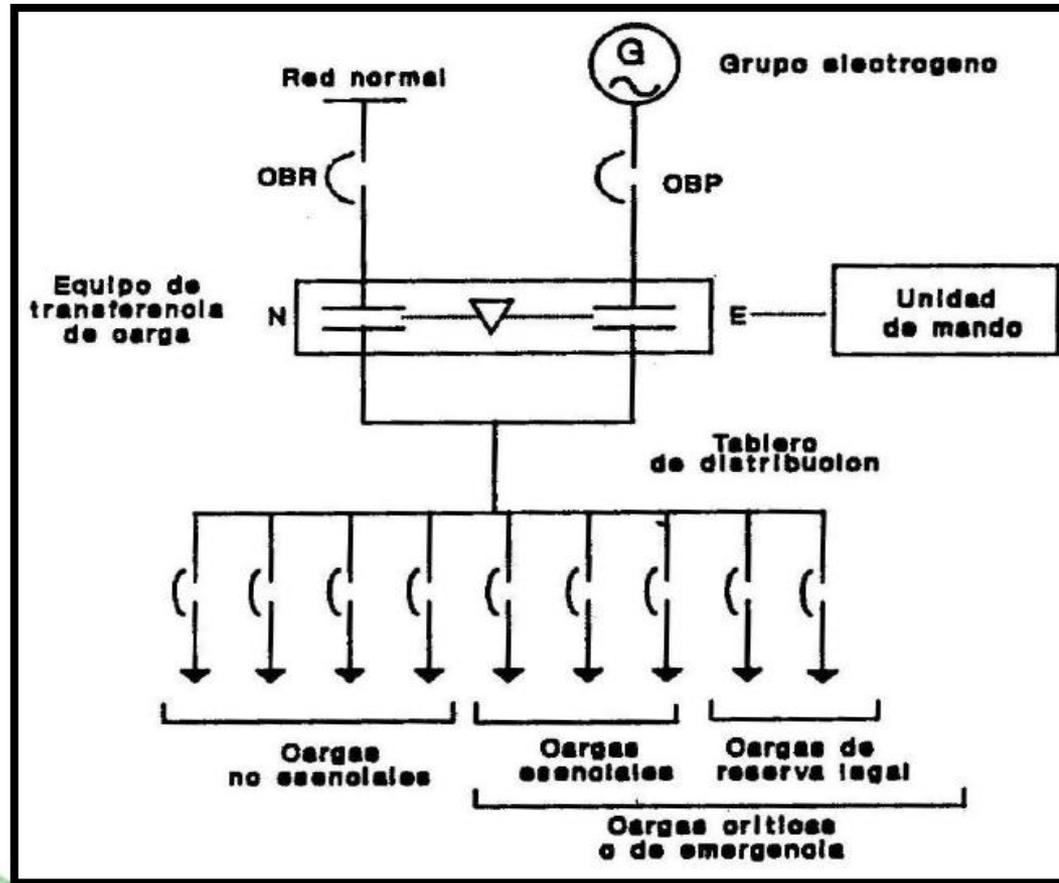
**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# SECCIONAMIENTO DE CARGA PARA EL SUMINISTRO DE EMERGENCIA ELÉCTRICA.

- A plena carga
- Carga crítica o de emergencia

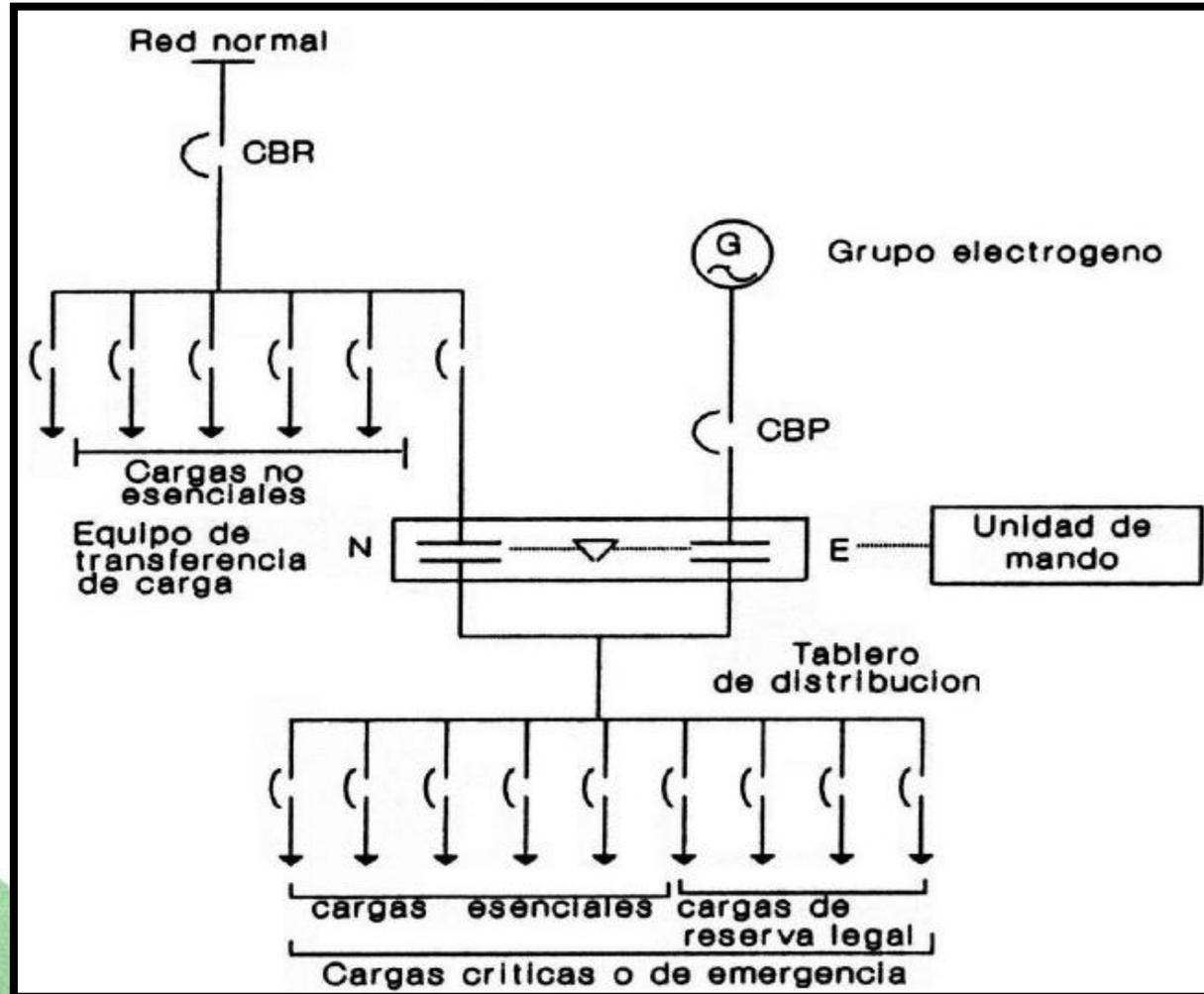


# A plena carga





# Carga Critica





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

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



## **RECOPILACION DE LA INFORMACION EXISTENTE**

- 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.



# LEVANTAMIENTO DE PLANOS Y DIAGRAMAS UNIFILARES EN MEDIA TENSIÓN.

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

PLANO MT 



## Punto de Alimentación de la Red Primaria

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



# LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE LAS CÁMARAS DE TRANSFORMACIÓN

Cámara de Transformación.	kVA	Voltaje Nominal (Prim. / Secu.)	Dependencias
CT1 (Plano Nº 6)	160	22.8 KV / 210-121 V	Cajero automático Prevención Alumbrado exterior Estacionamientos Paso peatonal Parque Cívico Policlínico Centro de Información
CT2 (Plano Nº 15)	350	22.8 KV / 210-121 V	Biblioteca Edificio Administrativo
CT3 (Plano Nº 67)	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



# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

CT4 (Plano N° 81)	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)
CT5 (Plano N° 168)	75	22.8 KV / 210 -121 V	Coliseo Educ. Física Fisioterapia Bombas Estadio Talleres Reflectores canchas Alumbrado exterior



# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

CT6 (Plano Nº 181)	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.
CT7 (Plano Nº 222)	160	22.8 KV / 208-120 V	Lab. Mecánica Bombas de Agua (invernadero)
CT8 (Plano Nº 234)	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
CT9 (Plano Nº 236)	100	22.8 KV / 208-120 V	Galpones CICTE Garita Posterior

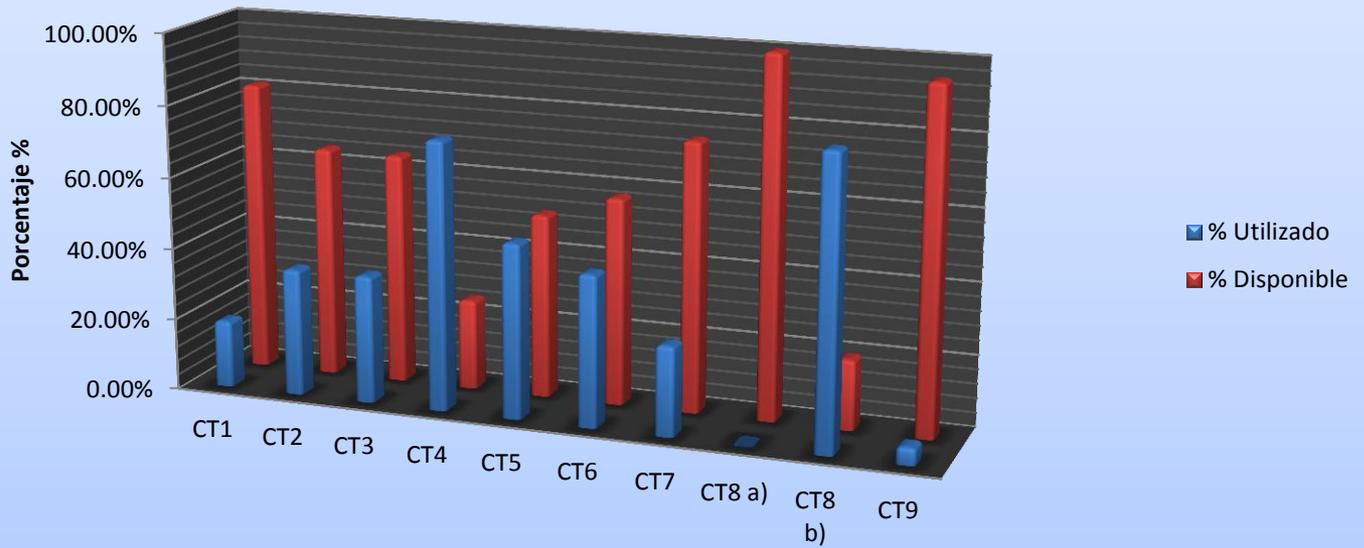


## DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA Y UTILIZADA DE LAS CÁMARAS DE TRANSFORMACIÓN.

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) b)40.23	b) b) 80.46 %	b) b) 19.54 %
CT9	100.0 KVA	4.89	4.89 %	95.11%
<b>TOTAL:</b>	<b>1832.5 KVA</b>	<b>741.984</b>	<b>36.603 %</b>	<b>63.396 %</b>



# DISPONIBILIDAD DE POTENCIA



Cámaras de Transformación

PLANOS CÁMARAS



# OBTENCIÓN DE CURVAS DE CARGA.

CÁMARAS DE TRANSFORMACIÓN	TIEMPO DE MEDICIÓN DE DATOS EN DÍAS	IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN POR DEPENDENCIA
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	Su dependencia son un porcentaje relativamente 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.



## ACOMETIDA

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
Suma de fases (VA)	91.154	741.984	324.628	kVA



# TRANSFORMADORES

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
Cámara de Transformación 4	64.82	299.3	143.6	kVA
Cámara de Transformación 5	0.00	36.54	14.10	kVA
Cámara de Transformación 6	19.95	126.8	57.18	kVA
Cámara de Transformación 7	0.00	40.02	6.30	kVA
Cámara de Transformac 8 a	2.024	40.234	21.50	kVA
Cámara de Transformación 9	0	4.84	0.189	kVA

PLANO POTENCIA INST Y UTILI



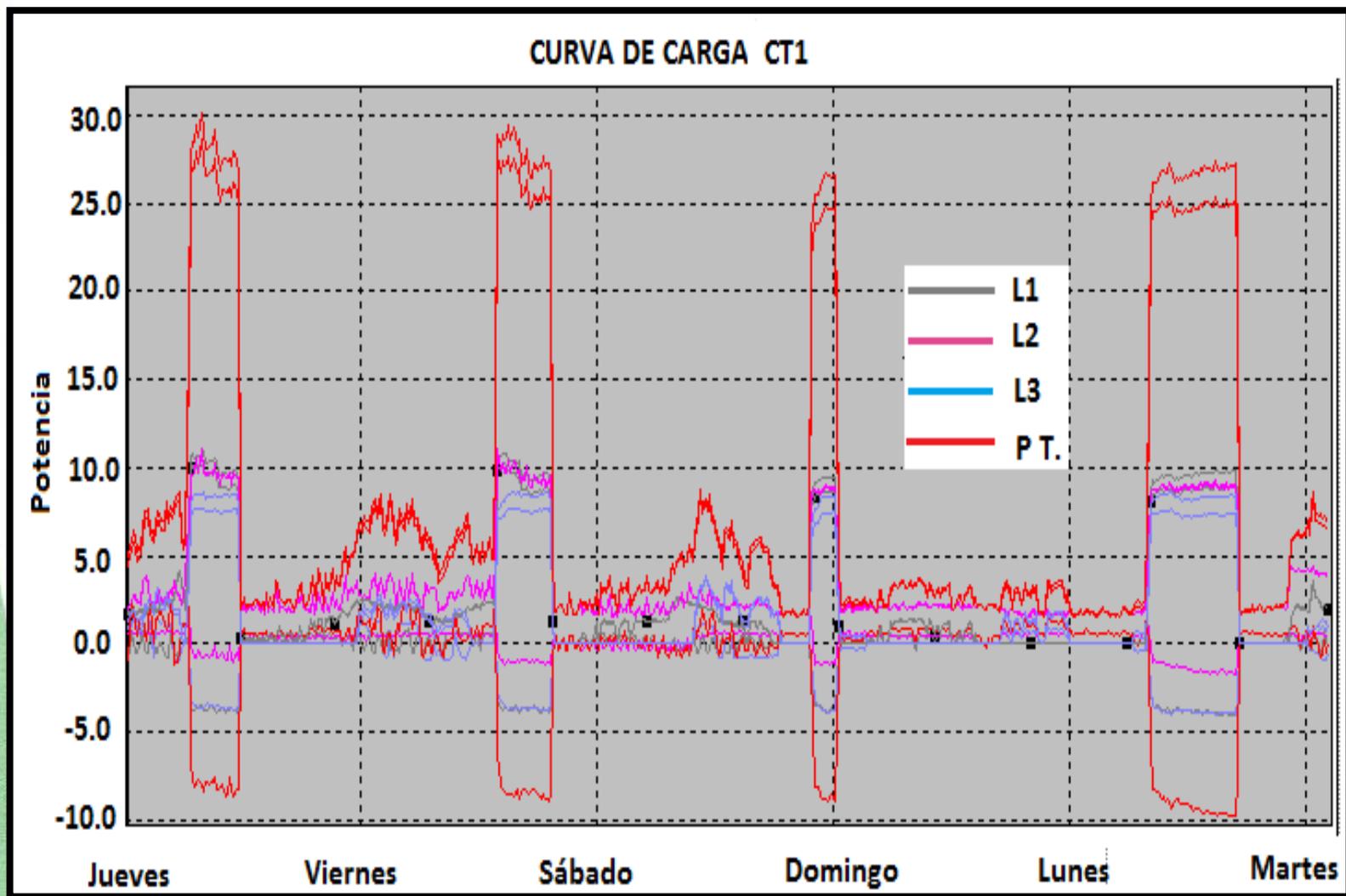
**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# Curvas de Carga de cada una de las Cámaras de Transformación



# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

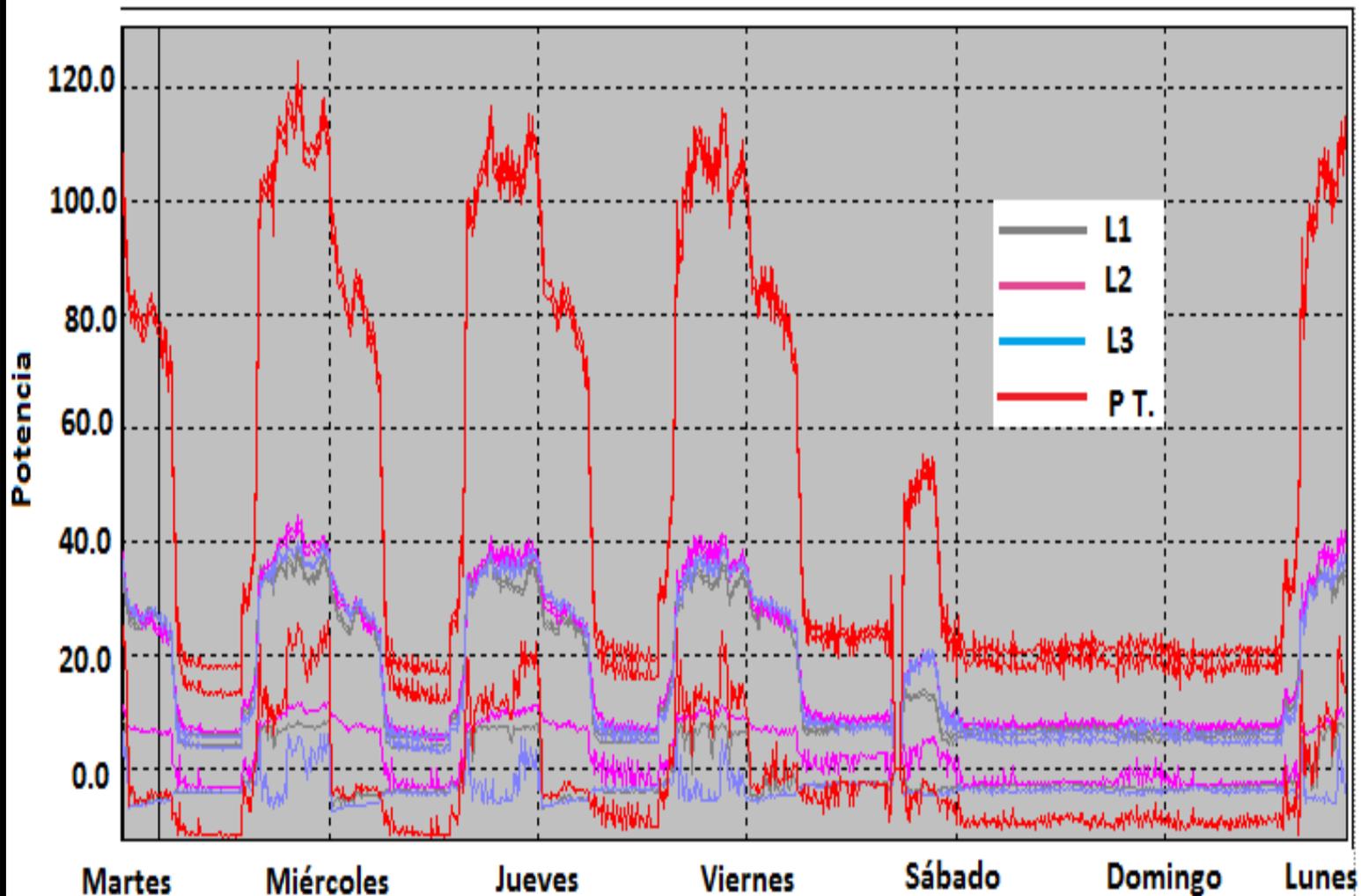




# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

### CURVA DE CARGA CT2

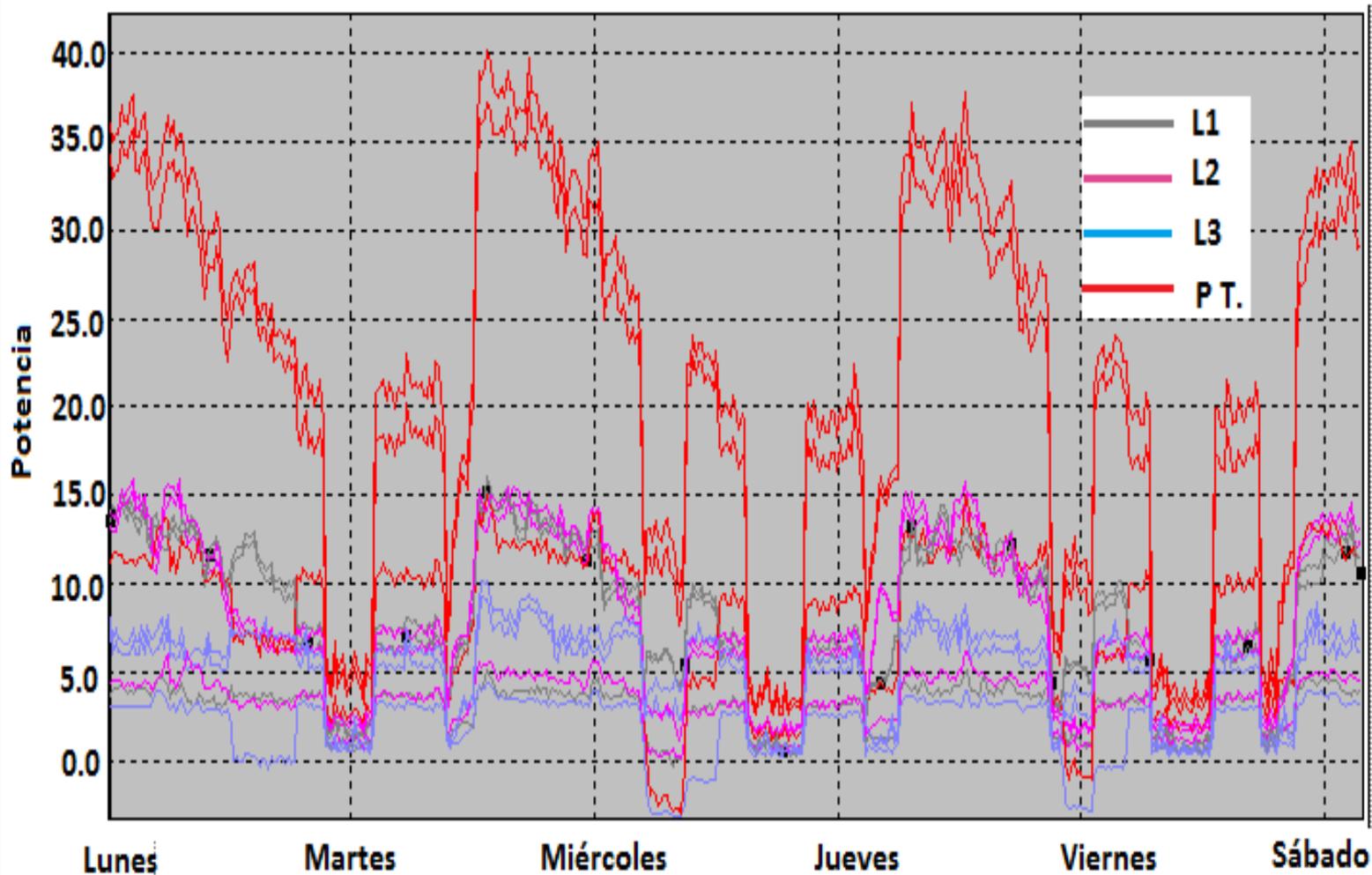




# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## CURVA DE CARGA CT3

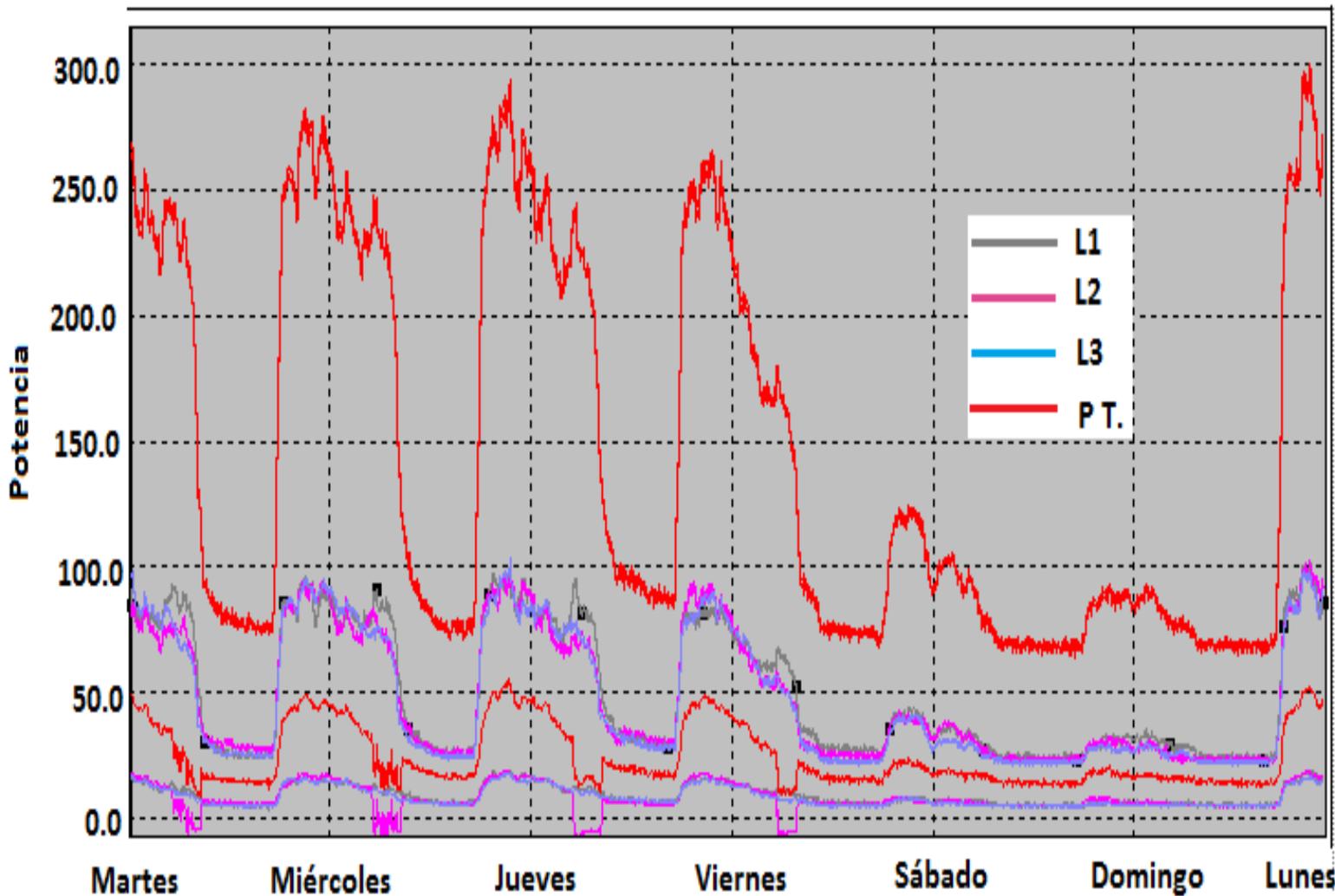




# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

### CURVA DE CARGA CT4

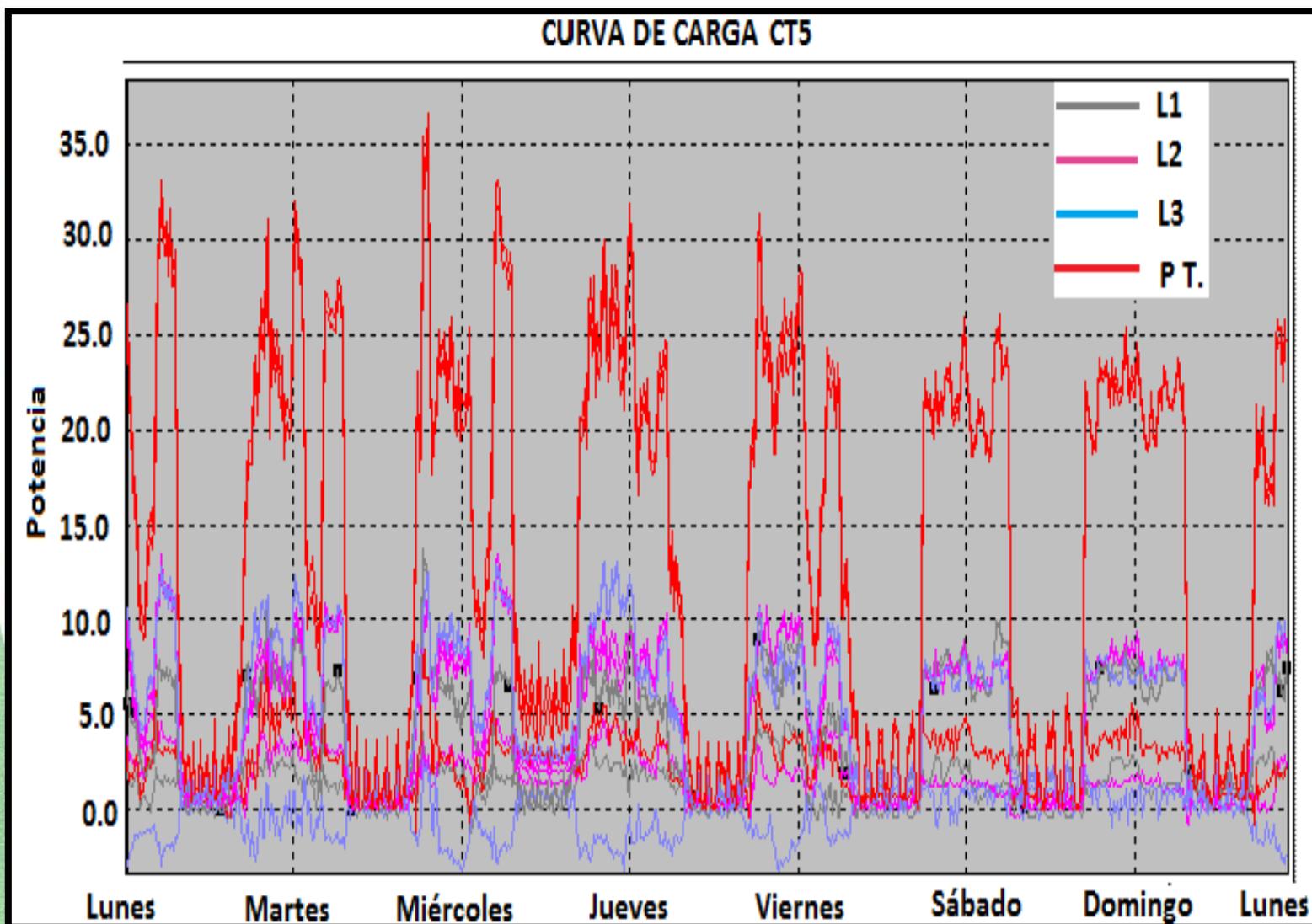




# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## CURVA DE CARGA CT5

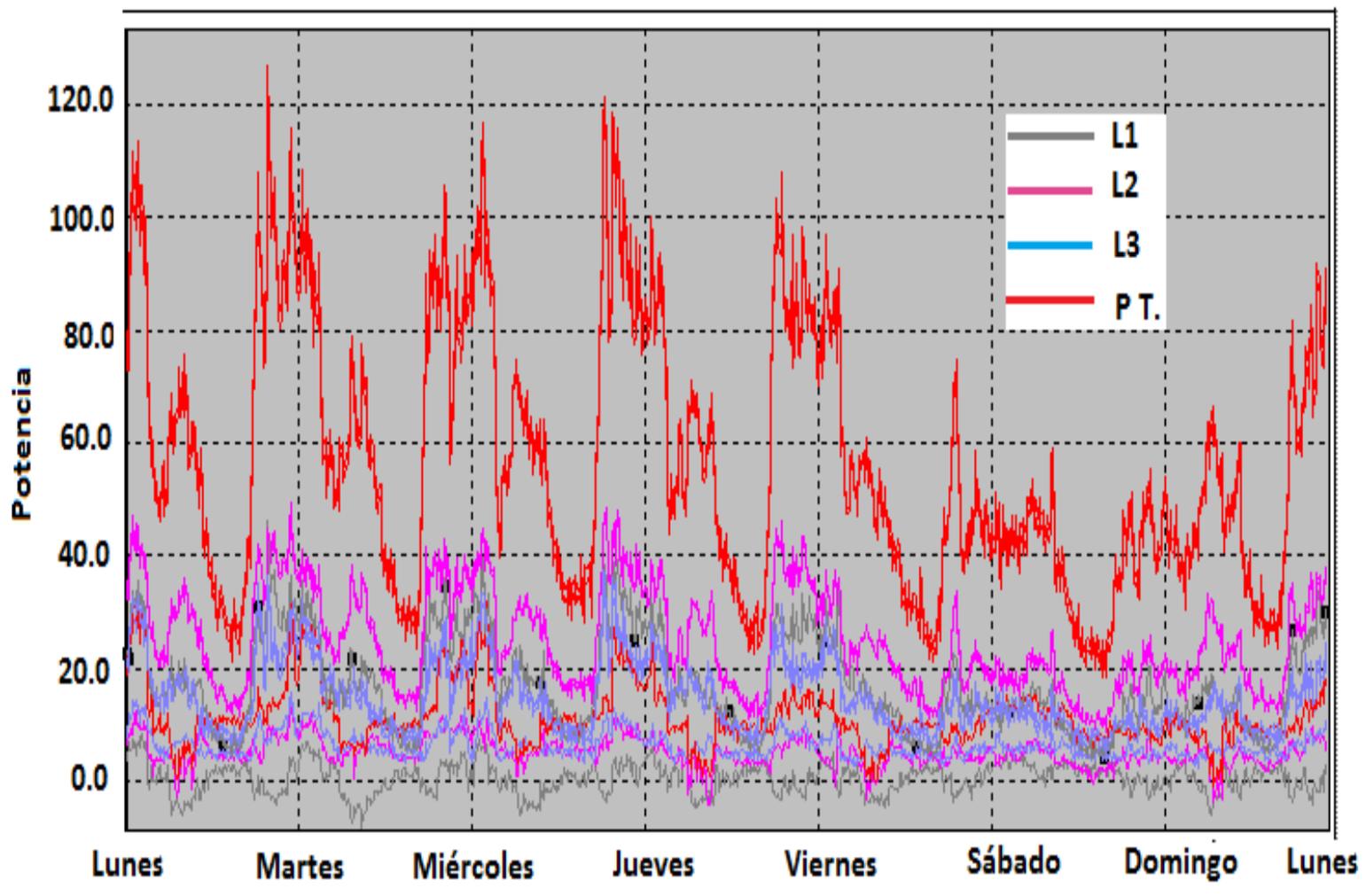




# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

### CURVA DE CARGA CT6

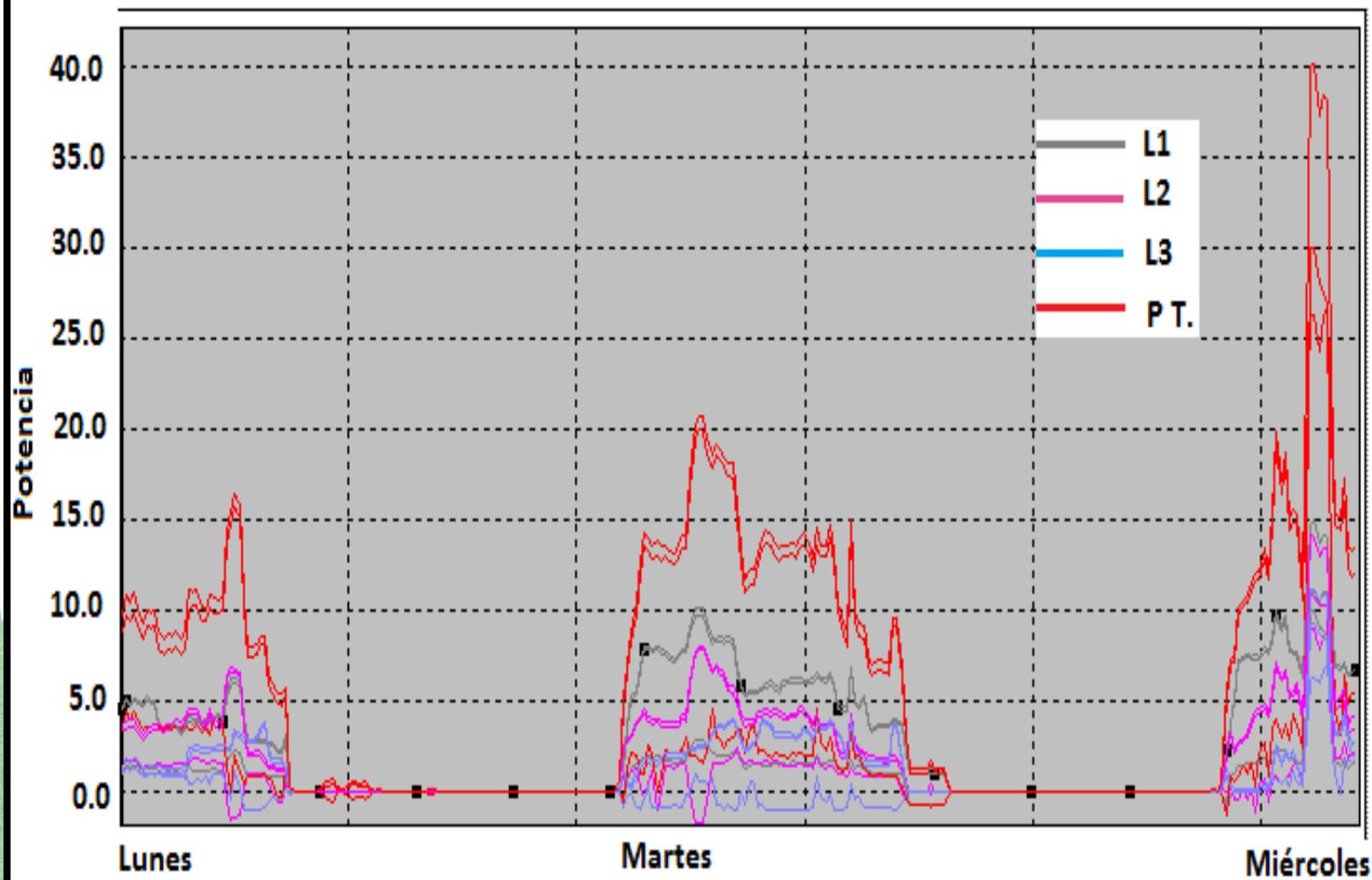




# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

### CURVA DE CARGA CT7

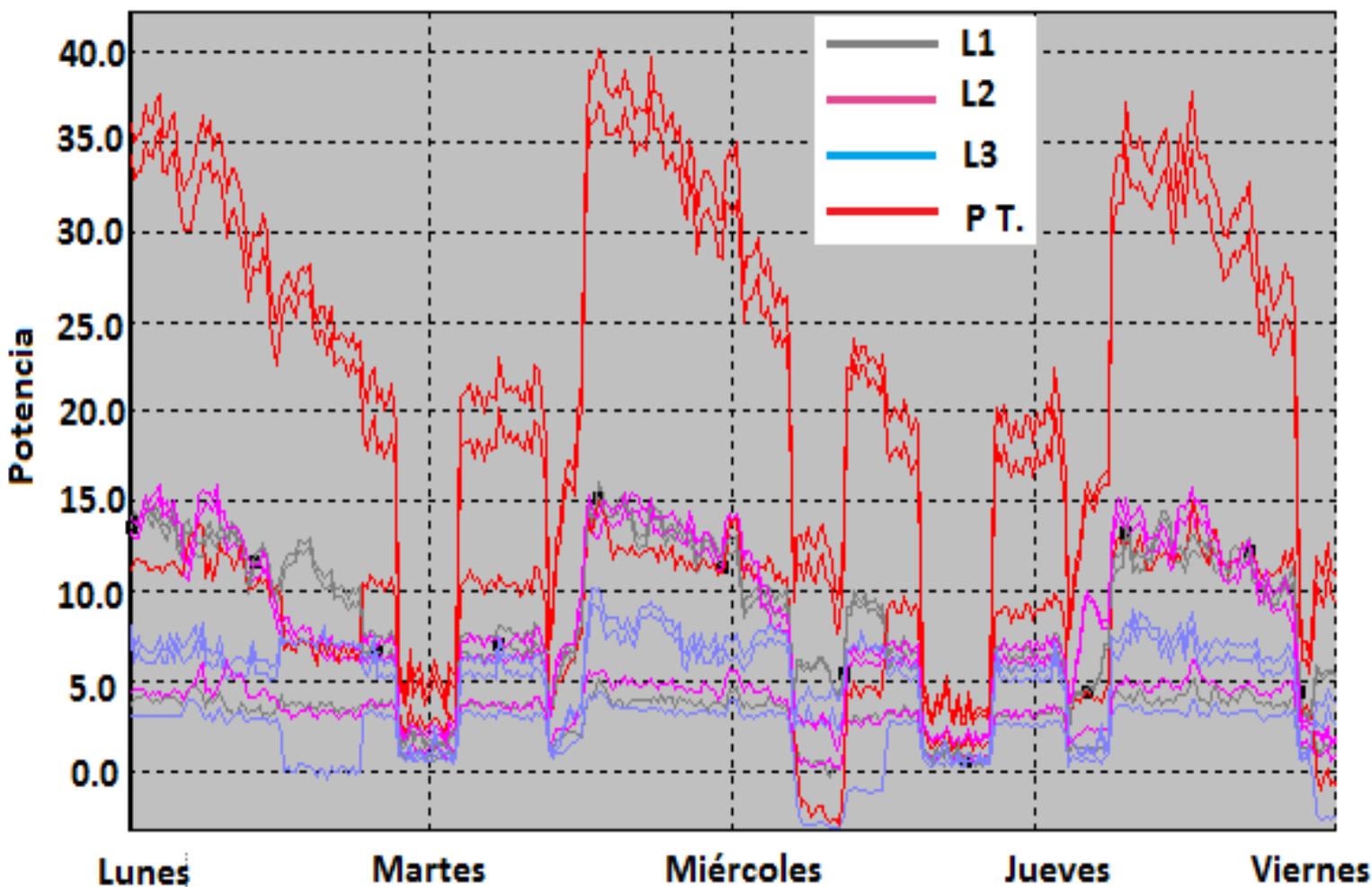




# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

### CURVA DE CARGA CT8

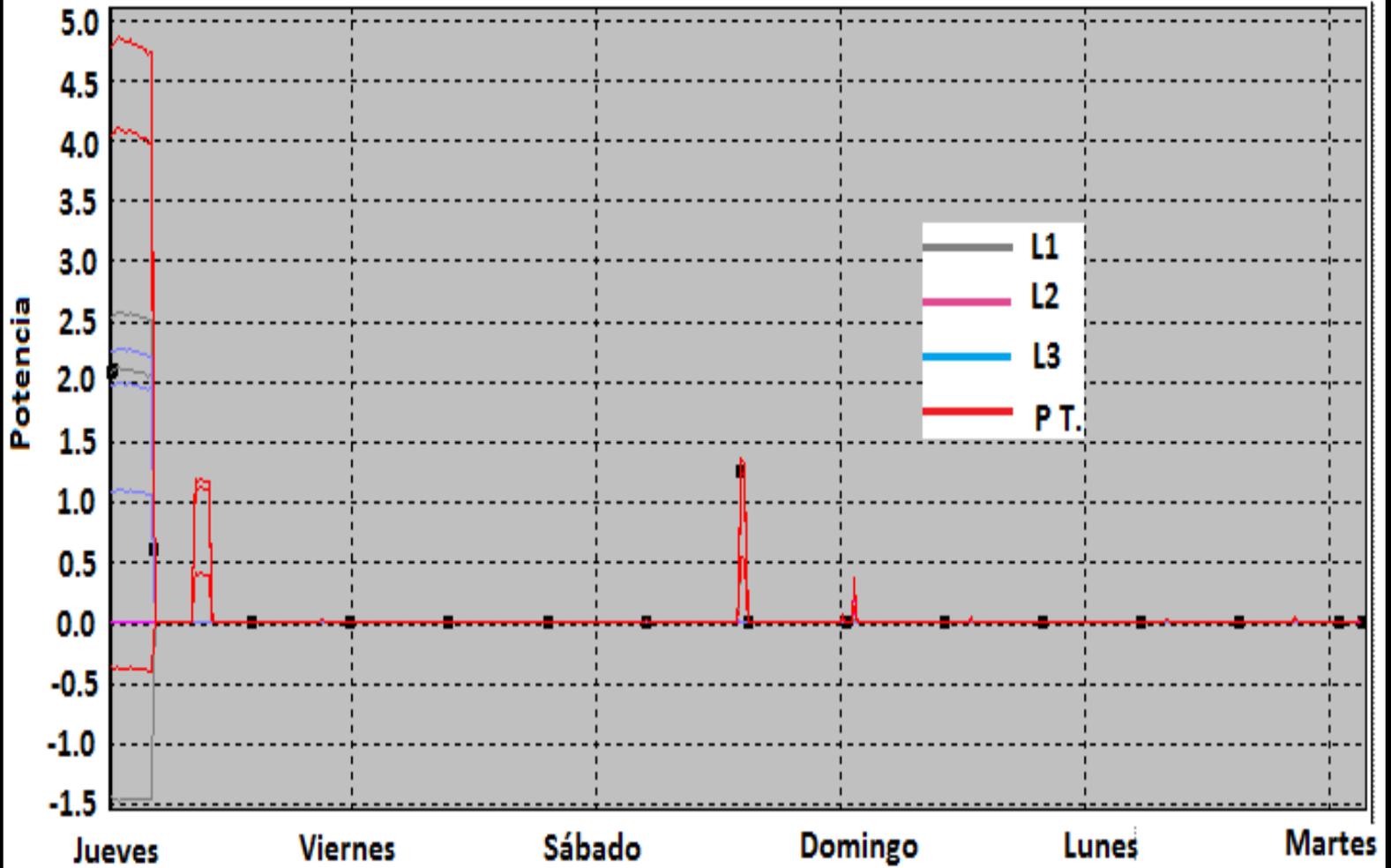




# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## CURVA DE CARGA CT9





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# **RECOPILOCIÓN DE DATOS DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA.**



# Generadores

	GENERADOR 1 (No existe plan)	GENERADOR 2 (Plano Nº241) Anexo 7	GENERADOR 3 (Plano Nº243) Anexo 7	GENERADOR 4 (Plano Nº241) Anexo 7
Marca	Caterpillar	Kohler	Wilson	Cummins
Modelo	-	500ROZD4-GF-60	P150A	C110
Potencia	438 KVA	631 KVA	165 KVA	140 KVA
Voltaje	208-220 V	220-110 V	220-110 V	208 V
Corriente	-	1400 A	433 A	
Revoluciones	-	1800 RPM	1800 RPM	1800 RPM
Baterías	-	N150 (12/24V) 250 min	N150 (12/24V) 250 min	N150 (12/24V) 280 min
Cargador de Baterías		Cargador Automático LOVATO. (12V-6A) y (24V-5A)	UPS Salicru Max 12V – 4.2 A	Cargador Automático LOVATO. (12V-6A) y (24V-5A)
Factor de potencia	0.8	0.8	0.8	0.8
Horas de uso*	-	264	1062	15
Año de instalación	-	2000	1995	2011
Dependencia	-	-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
Observación.	-Inhabilitado por daño en el governor del generador. -Desmantelado el TTA	Habilitado con funcionamiento normal	Habilitado con funcionamiento normal	Habilitado con funcionamiento normal



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

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

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

### **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.



## 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
- Temporizador Time Delay ICM 425
- 3 Relay CAMSCO MK 3P-1
- 7 Fusibles de 32 A.



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

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



## **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.



## 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

DMC



## Curvas de la Demanda Máxima Coincidente por Ramales

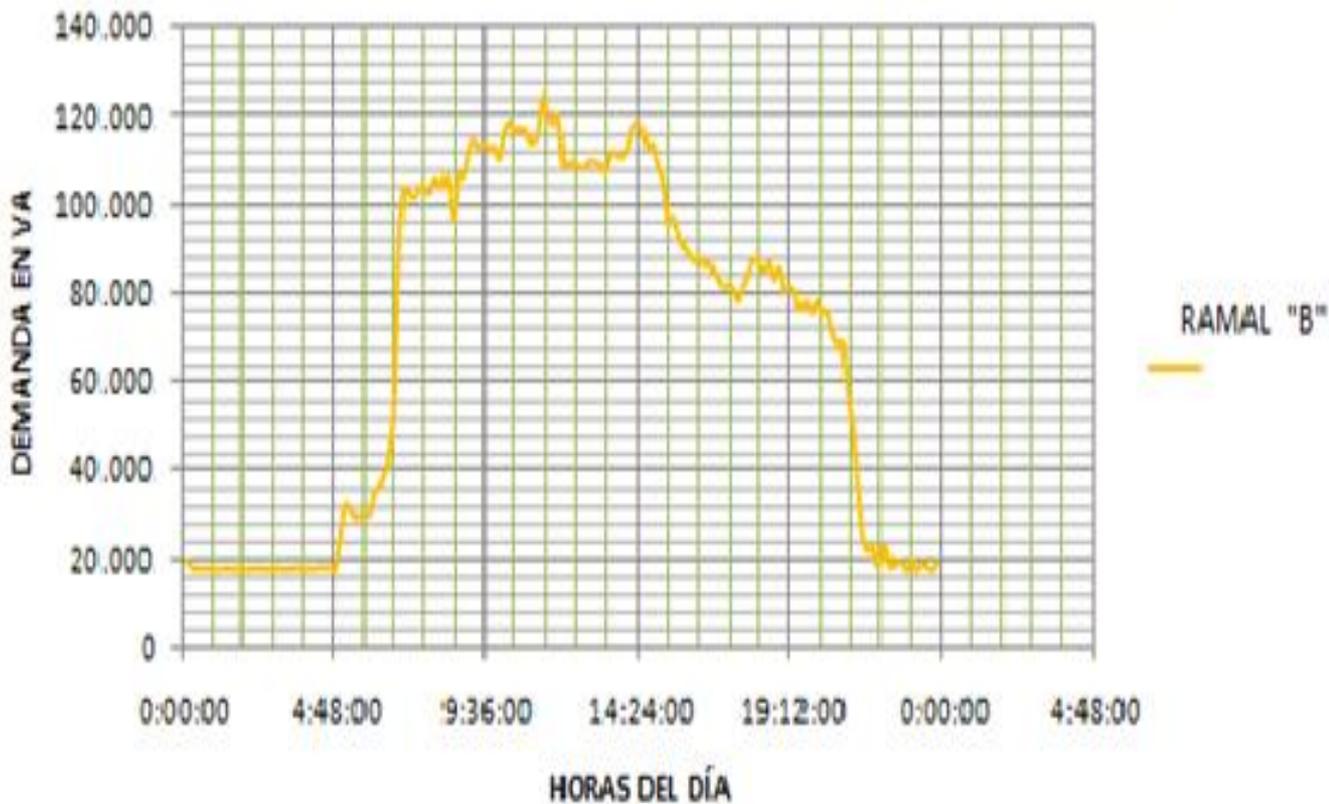




# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE RAMAL B



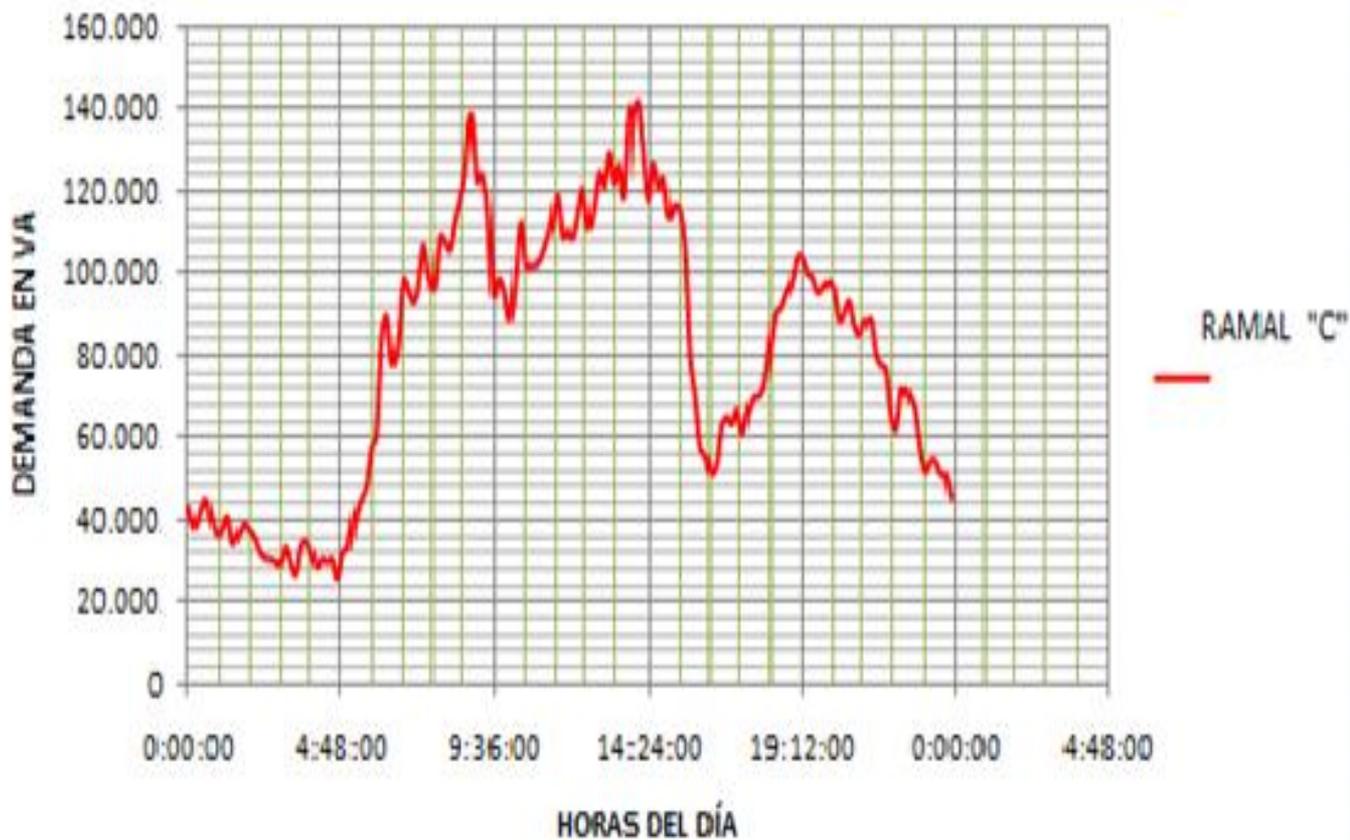
VALORES



# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE RAMAL C

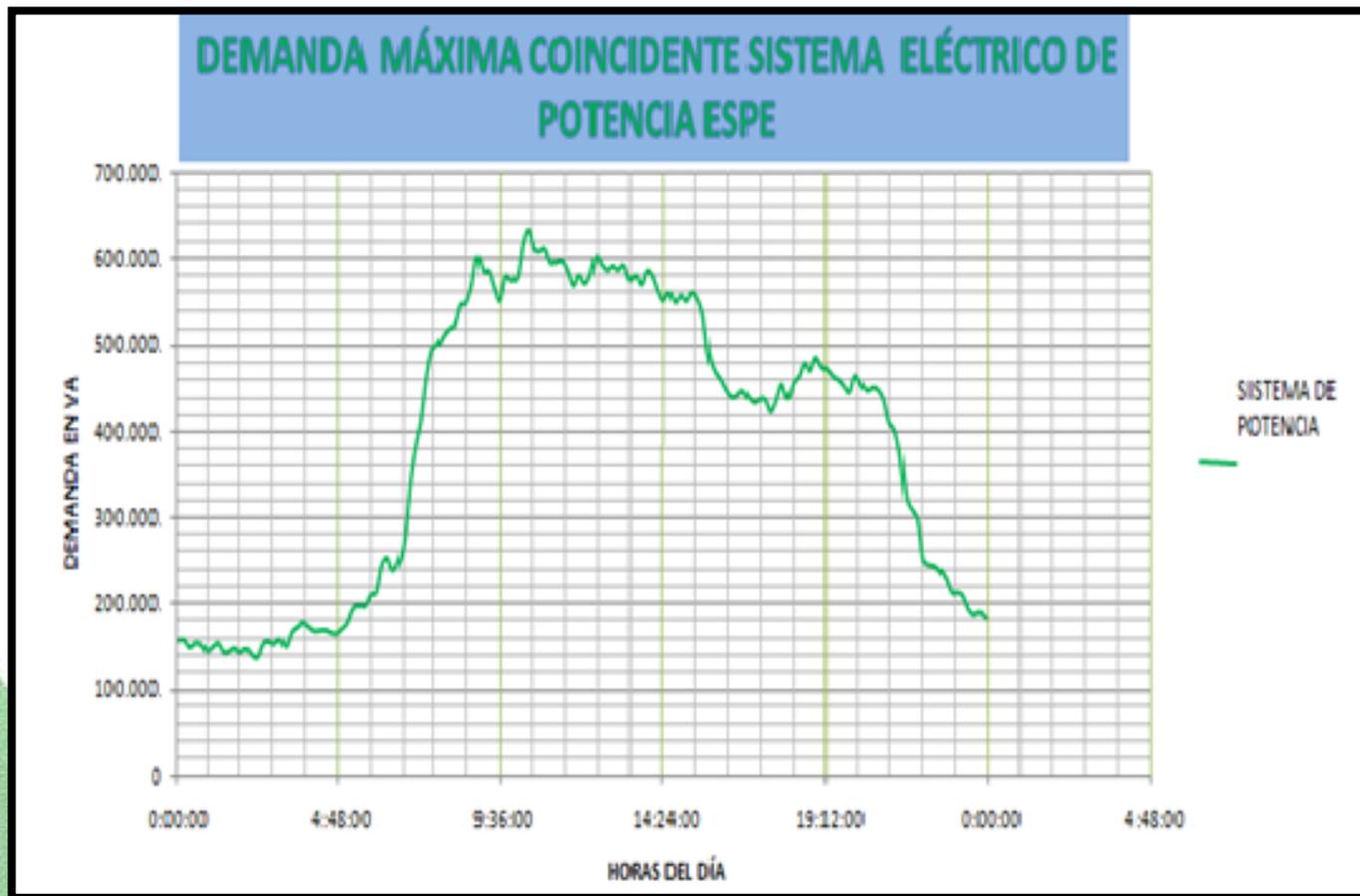


VALORES



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# Curva de la Demanda Máxima Coincidente del SEP





## Valores de la Demanda Máxima Coincidente

DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE DE LA ESPE - SANGOLQUÍ			
Ramal	Hora del día	Demanda Máxima Coincidente	Unidades
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

RA

RB

RC



# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

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

### **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.

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



# Seccionamiento de Dependencias en el Campus

Seccionamiento de Dependencias por Cámaras de Transformación			
Grupos	Cámaras de Transfor.	kVA	Dependencias que No Funcionarán Durante la Emergencia
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>



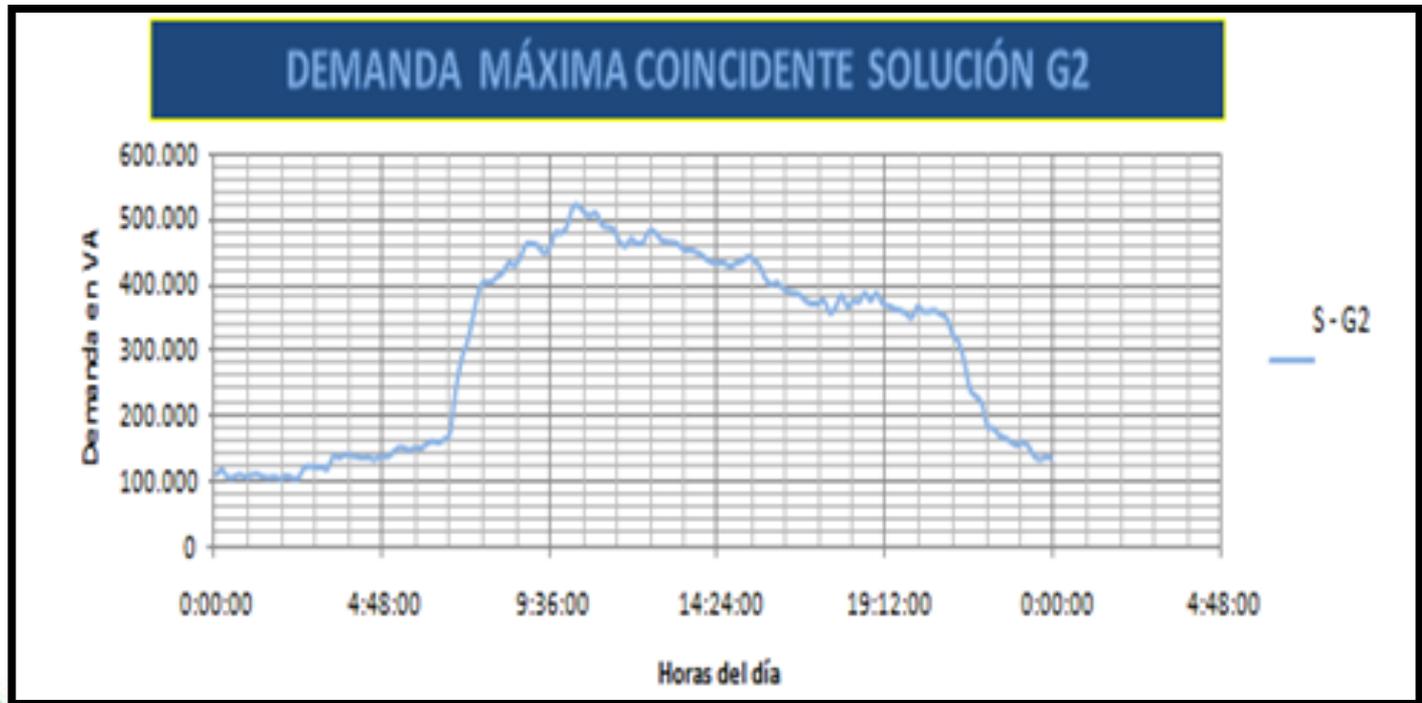
# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

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>



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

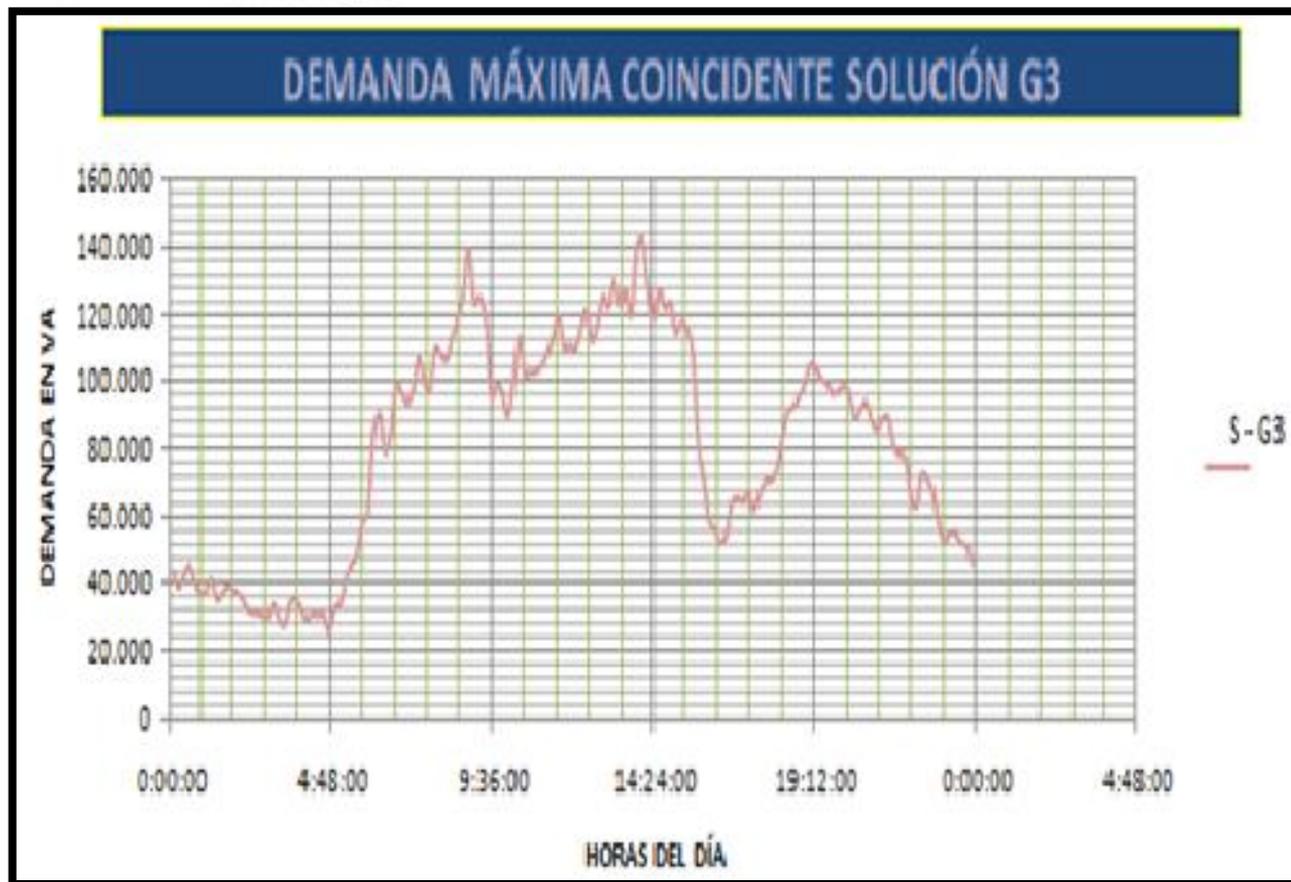


Demanda Máxima Coincidente Primer Grupo  
con G2 631(kVA)



# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA



Demanda Máxima Coincidente Segundo Grupo  
con G3 165 (kVA)



## Valores de la Demanda

### DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE SOLUCIÓN A MEDIANO PLAZO

Solución con Generadores	Hora del día	Demanda Máxima Coincidente	Unidades
Primer Grupo - G2	10:25:00	519,74	kVA
Segundo Grupo - G3	14:05:00	142,155	kVA



## Valores con Porcentaje de Distorsión Armónica

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



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## **Solución 1 a Mediano Plazo con (G2-G4) y (G3).**

PLANO SOLUCIÓN 1 



Empresa Eléctrica Quito  
22,8 KV

S/E San Rafael  
46 /22.8 KV

160 KVA

350 KVA

112 KVA

60 KVA

G3  
165 KVA

163,4 kVA

G2  
631 KVA

597,7 kVA

G2  
145 KVA

400 KVA

75 KVA

125 y 50 KVA

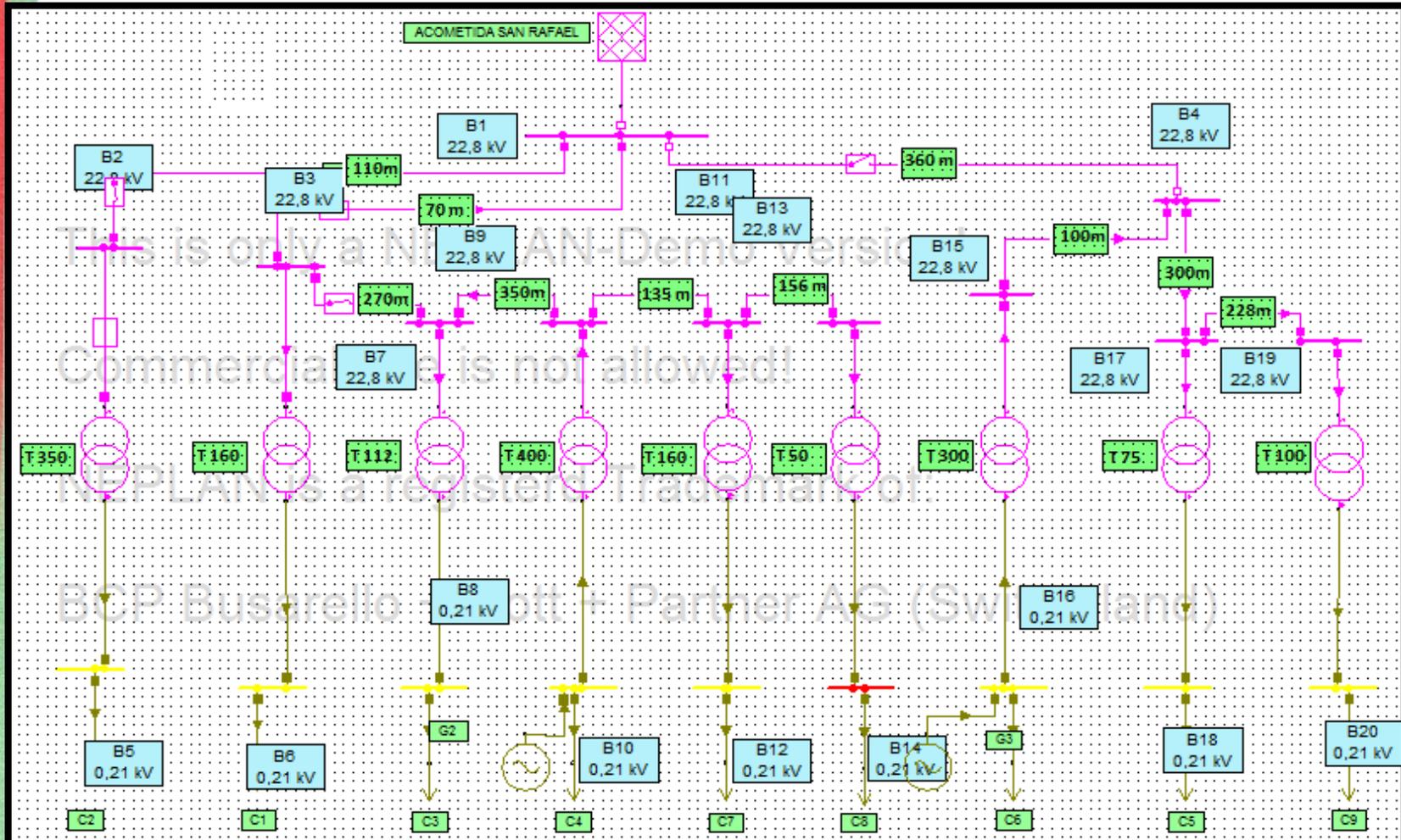
160 KVA

100 KVA

Solución 1  
A mediano plazo



## Simulación de Flujos de Carga para la Solución 1





# Resultados flujos de potencia NEPLAN en barras

N° de Barras	Voltaje en KV	u	Ángulo °	P Carga	Q		P		Q Gener.
		% V		MW	Carga	MVAR	Gener.	MW	MVAR
B1	22,462	98,52	-1,3	0,121	0,52	0	0	0	
B10	0,21	100	0	0,295	0,126	0,552	0,207	0,207	
B11	22,464	98,53	-1,3	0,065	0,028	0	0	0	
B12	0,206	98,14	-1,4	0,027	0,012	0	0	0	
B13	22,464	98,53	-1,3	0,038	0,016	0	0	0	
B14	0,201	95,6	-2,4	0,038	0,016	0	0	0	
B15	22,783	99,93	-0,3	0,039	0,017	0	0	0	
B16	0,21	100	0	0,125	0,053	0,165	0,047	0,047	
B17	22,783	99,93	-0,3	0,039	0,017	0	0	0	
B18	0,206	98,14	-0,9	0,035	0,015	0	0	0	
B19	22,783	99,93	-0,3	0,004	0,002	0	0	0	
B2	22,462	98,52	-1,3	0,121	0,052	0	0	0	
B20	0,209	99,73	-0,3	0,004	0,002	0	0	0	
B3	22,463	98,52	-1,3	0,15	0,532	0	0	0	
B4	22,783	99,93	-0,3	0,39	0,17	0	0	0	
B5	0,205	97,56	-2	0,121	0,052	0	0	0	
B6	0,206	98,12	-1,4	0,029	0,012	0	0	0	
B7	22,463	98,52	-1,3	0,188	0,548	0	0	0	
B8	0,204	97,28	-1,9	0,038	0,016	0	0	0	
B9	22,464	98,53	-1,3	0,338	0,576	0	0	0	



# 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	EEQ.	ACOMETIDA SAN RAFAEL	0	0	0	0		
B1	Línea	110 m	0,122	0,049	0,003	-23,3	0	-0,0049
B1	Línea	360 m	0	0	0	0	0	0
B1	Línea	70 m	-0,122	-0,049	0,003	156,7	0	-0,0031
B10	Transform.	T 400	0,257	0,081	0,741	-17,5	0,002	0,007
B10	Carga	C4	0,295	0,126	0,882	-23,1		
B10	Generador	G2	-0,552	-0,207	1,421	159,4		
B11	Línea	156 m	0,039	0,012	0,001	-18,3	0	-0,007
B11	Línea	135 m	-0,066	-0,028	0,002	155,8	0	-0,006
B11	Transform.	T 160	0,027	0,016	0,001	-31,8	0,0001	0,004
B12	Transform.	T 160	-0,027	-0,012	0,083	154,7	0,0001	0,004
B12	Carga	C7	0,027	0,012	0,083	-25,3		
B13	Línea	156 m	-0,039	-0,019	0,001	152,8	0	-0,007
B13	Transform.	T 50	0,039	0,019	0,001	-27,2	0,0008	0,0029
B14	Transform.	T 50	-0,038	-0,016	0,119	154,8	0,0008	0,0029
B14	Carga	C8	0,038	0,016	0,119	-25,2		
B15	Línea	100 m	0,039	-0,006	0,001	8,2	0	-0,0046



# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

B16	Carga	C6	0,125	0,053	0,373	-23		
B17	Línea	300 m	-0,039	-0,013	0,001	161,9	0	-0,0139
B17	Transform.	T 75	0,035	0,018	0,001	-27,6	0,0005	0,0033
B17	Línea	228 m	0,004	-0,006	0	54	0	-0,0106
B18	Transform.	T 75	-0,035	-0,015	0,107	155,9	0,0005	0,0033
B18	Carga	C5	0,035	0,015	0,107	-24,1		
B19	Transform.	T 100	0,004	0,005	0	-51,6	0	0,003
B19	Línea	228 m	-0,004	-0,005	0	128,4	0	-0,0106
B2	Transform.	T 350	0,122	0,054	0,003	-25,3	0,0005	0,002
B2	Línea	110 m	-0,122	-0,054	0,003	154,7	0	-0,0049
B20	Transform.	T 100	-0,004	-0,002	0,012	153,1	0	0,003
B20	Carga	C9	0,004	0,002	0,012	-26,9		
B3	Transform.	160 m	0,029	0,016	0,001	-30,1	0,0001	0,004
B3	Línea	70 m	0,122	0,046	0,003	-22	0	-0,0031
B3	Línea	270 m	-0,151	-0,062	0,004	156,4	0	-0,0122
B4	Línea	360 m	0	0	0	0	0	0
B4	Línea	100 m	-0,039	0,001	0,001	-178,5	0	-0,0046
B4	Línea	360 m	0,039	-0,001	0,001	1,5	0	-0,0139
B5	Carga	C2	0,121	0,052	0,371	-25,3		
B5	Transform.	T 350	-0,121	-0,052	0,371	154,7	0,0005	0,002
B6	Carga	C1	0,029	0,012	0,088	-23,9		
B6	Transform.	T 160	-0,029	-0,012	0,088	156,1	0,0001	0,004
B7	Línea	270 m	0,151	0,05	0,004	-19,6	0	-0,0122
B7	Transform.	T 112,5	0,038	0,02	0,001	-28,7	0,0003	0,0039
B7	Línea	380 m	-0,189	-0,07	0,005	158,5	0	-0,0171
B8	Transform.	T 112	-0,038	-0,016	0,117	155,2	0,0003	0,0039
B8	Carga	C3	0,038	0,016	0,117	-24,8		
B9	Línea	380 m	0,189	0,052	0,005	-16,8	0	-0,0171
B9	Transform.	T 400	-0,255	-0,074	0,007	162,5	0,002	0,007



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

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



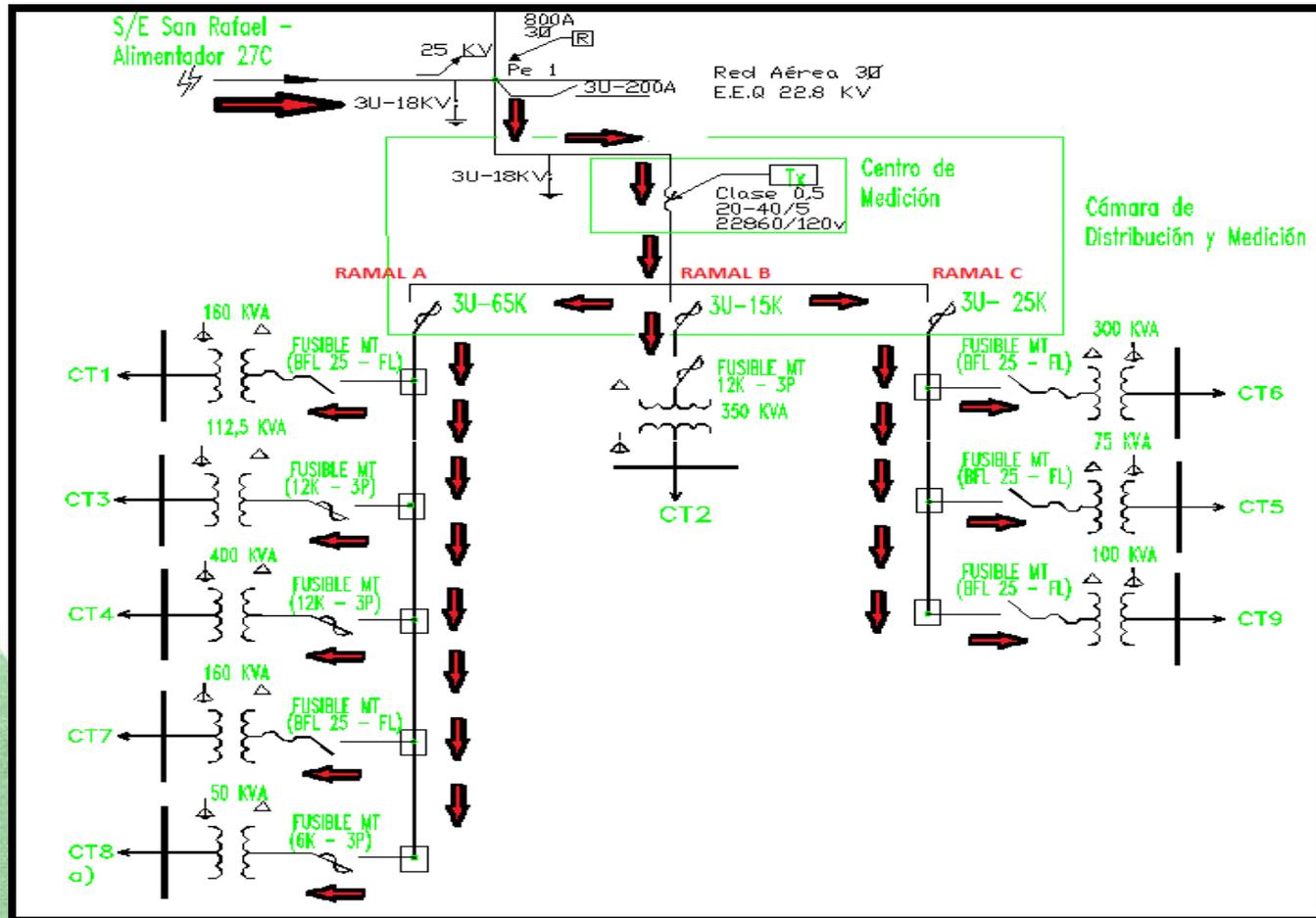
# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

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

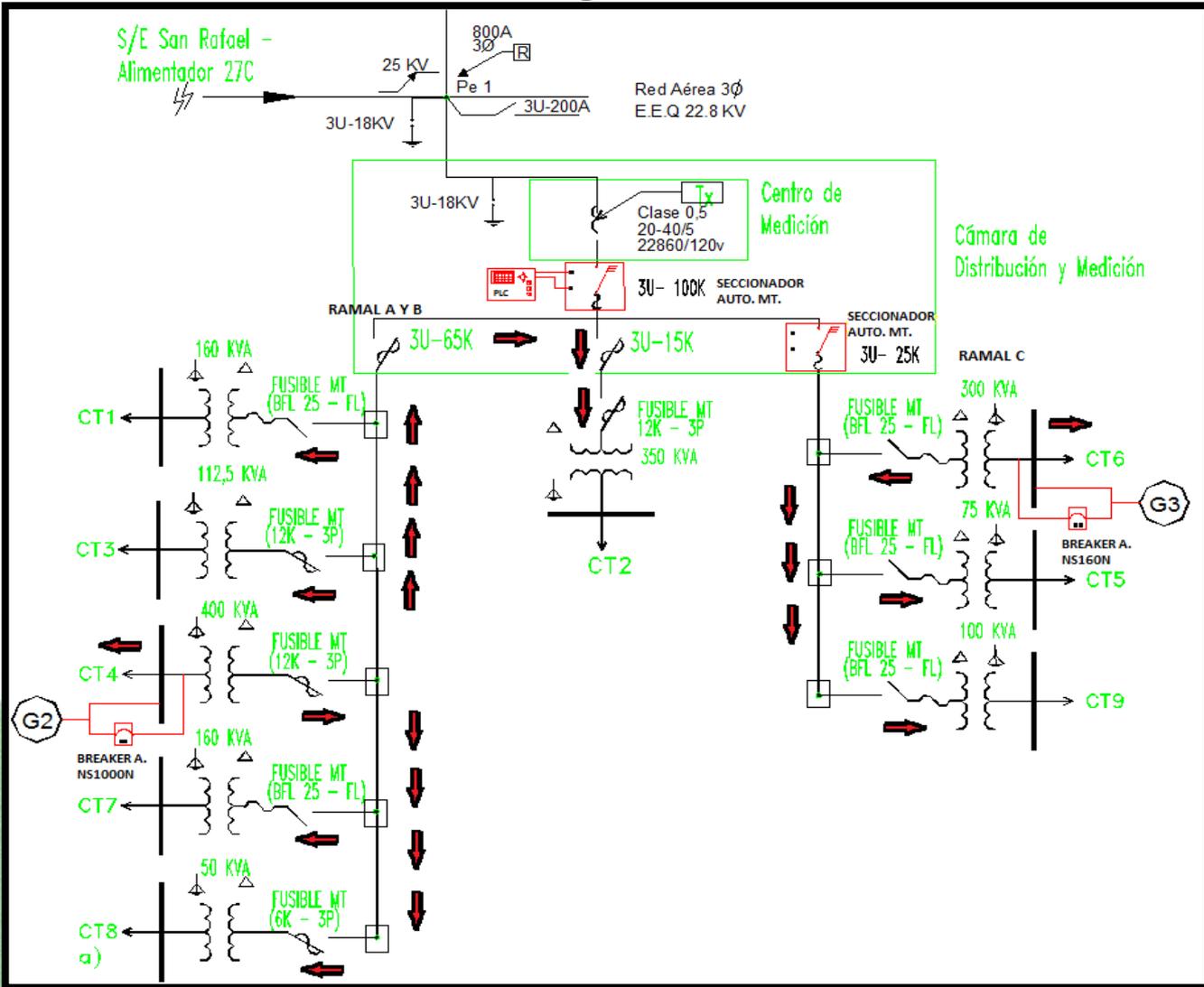


## Funcionamiento del Sistema Eléctrico de Emergencia Solución 1 a Mediano Plazo. Modo de energía normal



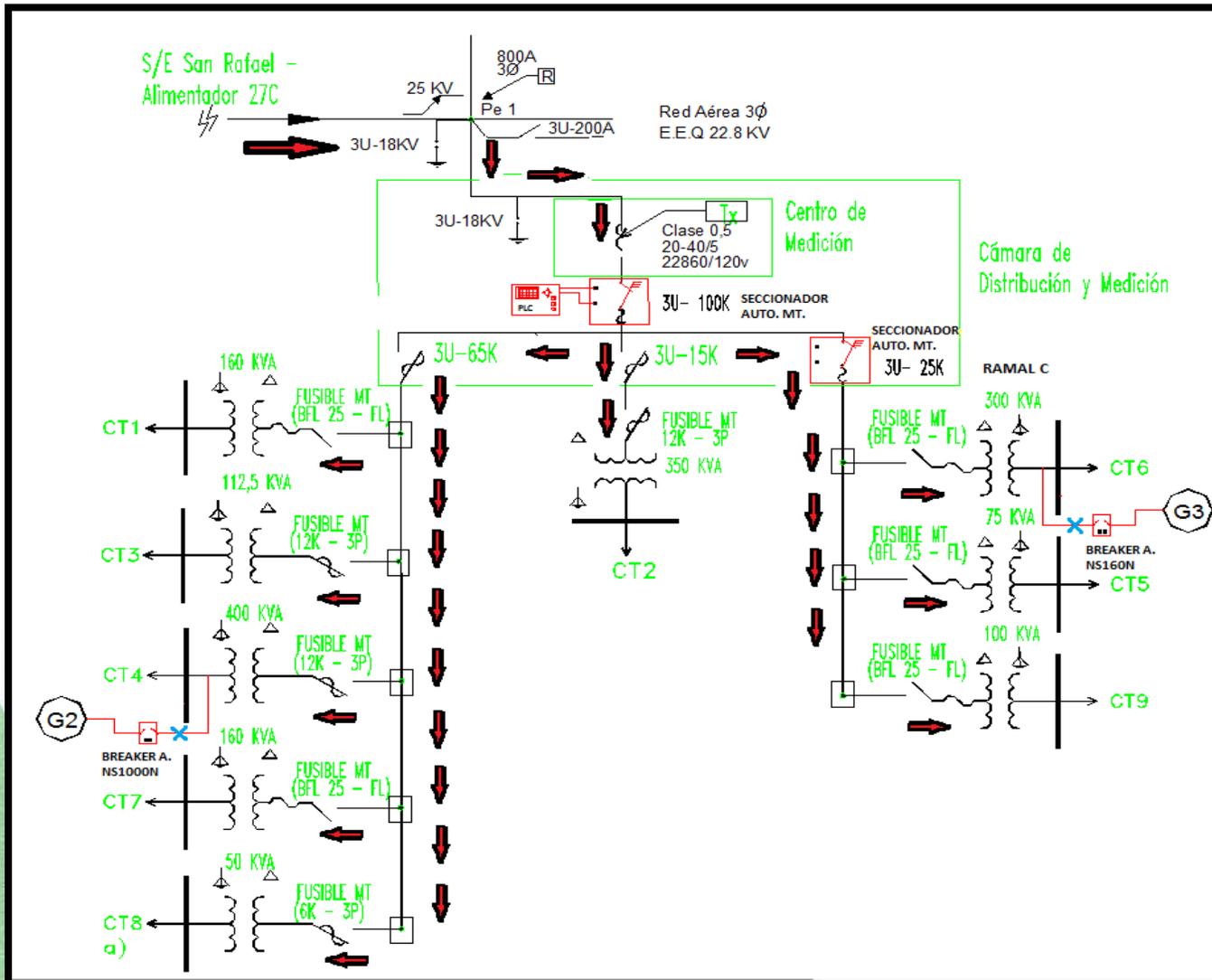


## Ocurre el corte de energía





## La energía de la EEQSA San Rafael regresa





## Tiempos para la Solución 1

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



# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

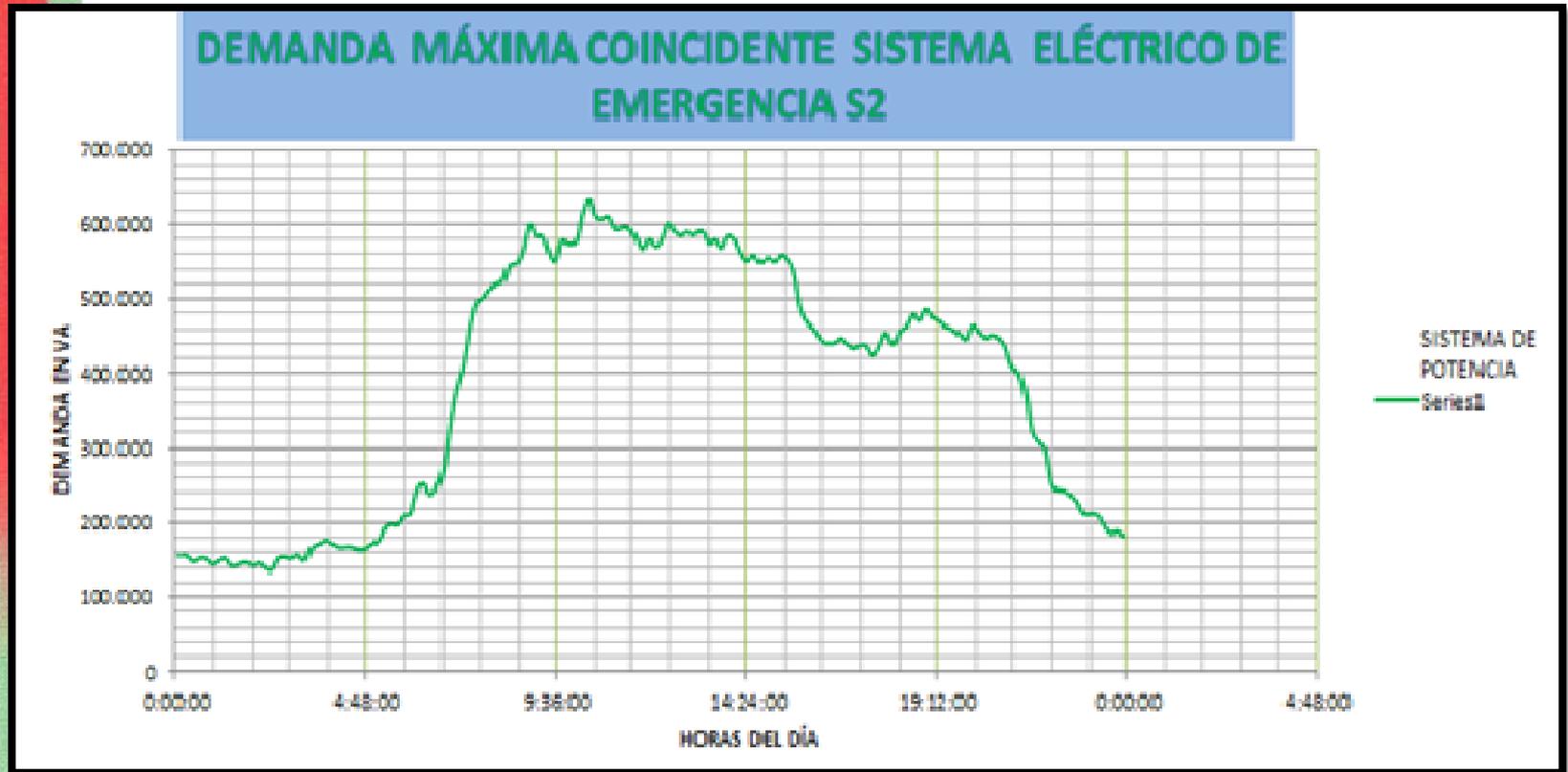
## Solución a Largo Plazo Solución 2

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).

En base a los estudios realizados, no existe seccionamiento de carga puesto que en caso de emergencia eléctrica la Subestación Alangasí



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



Demanda Máxima Coincidente Del Sistema Eléctrico de Emergencia para la Solución 2



## Valores de la Demanda

### DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE SOLUCION 2 A LARGO PLAZO

Solución con Subestación Alangasí	Hora del día	Demanda Máxima Coincidente	Unidades
Total del SEP	10:25:00	632,554	kVA



## Valores con Proyección de Carga

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



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## **Solución 2 a Largo Plazo con Subestación de Emergencia**

PLANO SOLUCIÓN 2



S/E San Rafael  
46 /22.8 KV

Empresa Eléctrica Quito  
22.8 KV

S/E Alangasi  
138 / 22.8 KV  
AI 2012

948,9 kVA

160 KVA

60 KVA

350 KVA

112 KVA

Biblioteca  
Alejandro  
Segura

CESPE

75 KVA

400 KVA

100 KVA

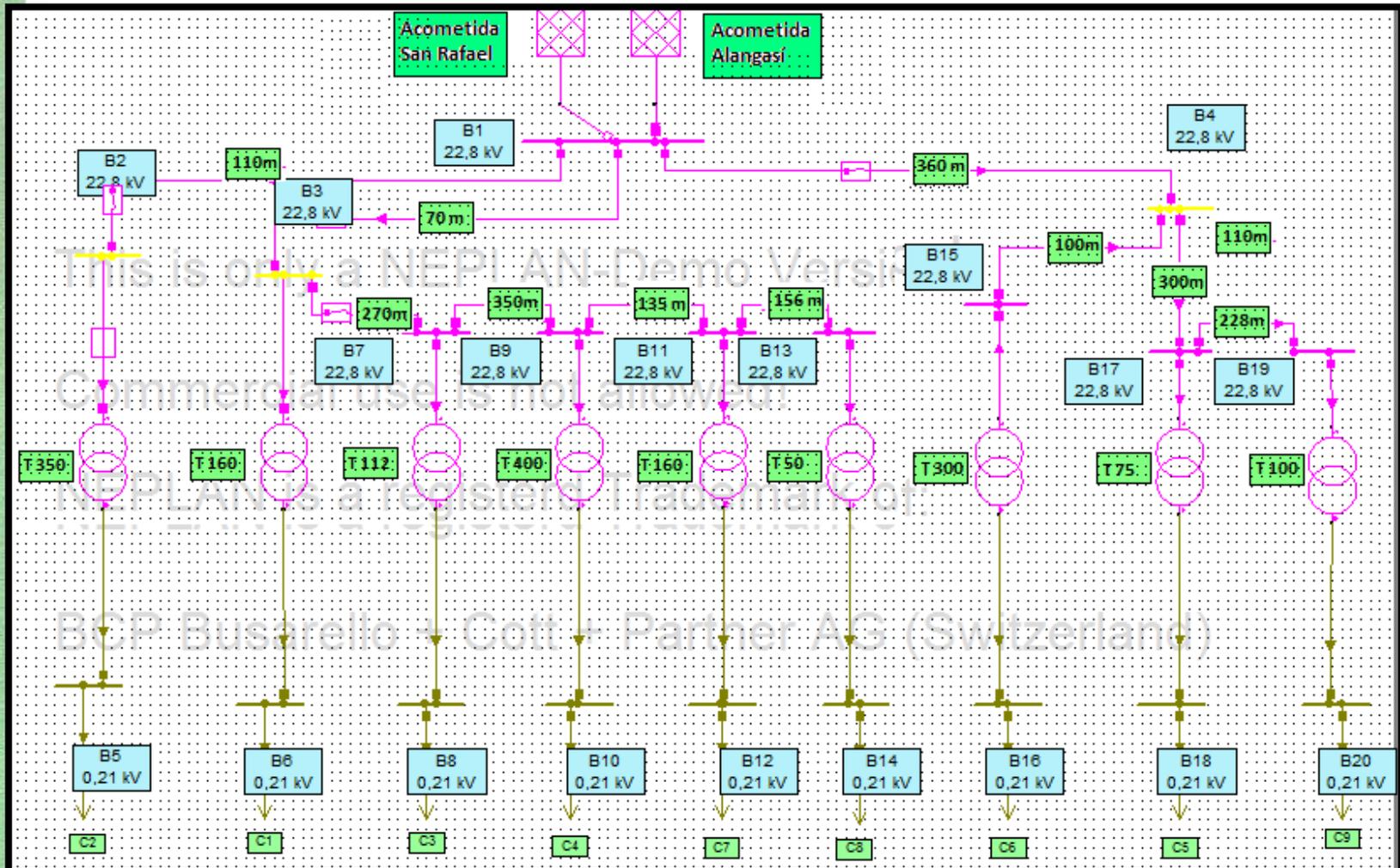
125 y 50 KVA

160 KVA

Solución 2  
A largo plazo



# Simulación de Flujos de Carga para la Solución 2





## 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



# 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		
B10	Carga	C4	0,295	0,055	0,838	-11,9		
B10	Transform.	T 400	-0,295	-0,055	0,838	168,1	0,003	0,0169
B11	Línea	156 m	0,039	0,019	0,001	-26	0	0
B11	Transform.	T 160	0,027	0,034	0,001	-51,5	0,0002	0,0041
B11	Línea	135 m	-0,066	-0,053	0,002	141,2	0	0
B12	Carga	C7	0,027	0,03	0,112	-48		
B12	Transform.	T 160	-0,027	-0,03	0,112	132	0,0002	0,0041
B13	Transform.	T 50	0,039	0,019	0,001	-26	0,0008	0,0029
B13	Línea	156 m	-0,039	-0,019	0,001	154	0	0
B14	Carga	C8	0,038	0,016	0,117	-23,9		
B14	Transform.	T 50	-0,038	-0,016	0,117	156,1	0,0008	0,0029
B15	Línea	100 m	-0,126	-0,041	0,003	162	0	0



# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

B15	Transform.	T 300	0,126	0,041	0,003	-18	0,0007	0,0089
B16	Carga	C6	0,125	0,032	0,358	-15,1		
B16	Transform.	T 300	-0,125	-0,032	0,358	164,9	0,0007	0,0089
B17	Transform.	T 75	0,035	0,013	0,001	-20,4	0,0004	0,0032
B17	Línea	300 m	-0,039	-0,017	0,001	156,4	0	0
B17	Línea	228 m	0,004	0,004	0	-45	0	0
B18	Carga	C5	0,035	0,01	0,102	-16,7		
B18	Transform.	T 75	-0,035	-0,01	0,102	163,3	0,0004	0,0032
B19	Transform.	T 100	0,004	0,004	0	-45	0	0,003
B19	Línea	228 m	-0,004	-0,004	0	135	0	0
B2	Transform.	T 350	0,029	0,011	0,001	-21	0	0,0081
B2	Línea	110 m	-0,029	-0,011	0,001	159	0	0
B20	Carga	C9	0,004	0,001	0,011	-14,1		
B20	Transform.	T 100	-0,004	-0,001	0,011	165,9	0	0,003
B3	Transform.	T 160	0,122	0,031	0,003	-14,3	0,0015	0,0053
B3	Línea	70 m	-0,525	-0,175	0,014	161,5	0	0
B3	Línea	270 m	0,402	0,144	0,011	-19,7	0,0001	0
B4	Línea	100 m	0,126	0,041	0,003	-18	0	0
B4	Línea	360 m	-0,165	-0,058	0,004	160,6	0	0
B4	Línea	300 m	0,039	0,017	0,001	-23,6	0	0
B5	Carga	C2	0,029	0,003	0,08	-6,1		
B5	Transform.	T 350	-0,029	-0,003	0,08	173,9	0	0,0081
B6	Carga	C1	0,121	0,026	0,345	-12,6		
B6	Transform.	T 160	-0,121	-0,026	0,345	167,4	0,0015	0,0053
B7	Transform.	T 112	0,038	0,019	0,001	-26,3	0,0003	0,0039
B7	Línea	270 m	-0,402	-0,144	0,011	160,3	0,0001	0
B7	Línea	380 m	0,364	0,125	0,01	-18,9	0,0001	0
B8	Transform.	112,5 m	-0,038	-0,015	0,114	157,8	0,0003	0,0039
B8	Carga	C3	0,038	0,015	0,114	-22,2		
B9	Línea	380 m	-0,364	-0,125	0,01	161,1	0,0001	0
B9	Transform.	T 400	0,298	0,072	0,008	-13,6	0,003	0,0169
B9	Línea	135 m	0,066	0,053	0,002	-38,8	0	0



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

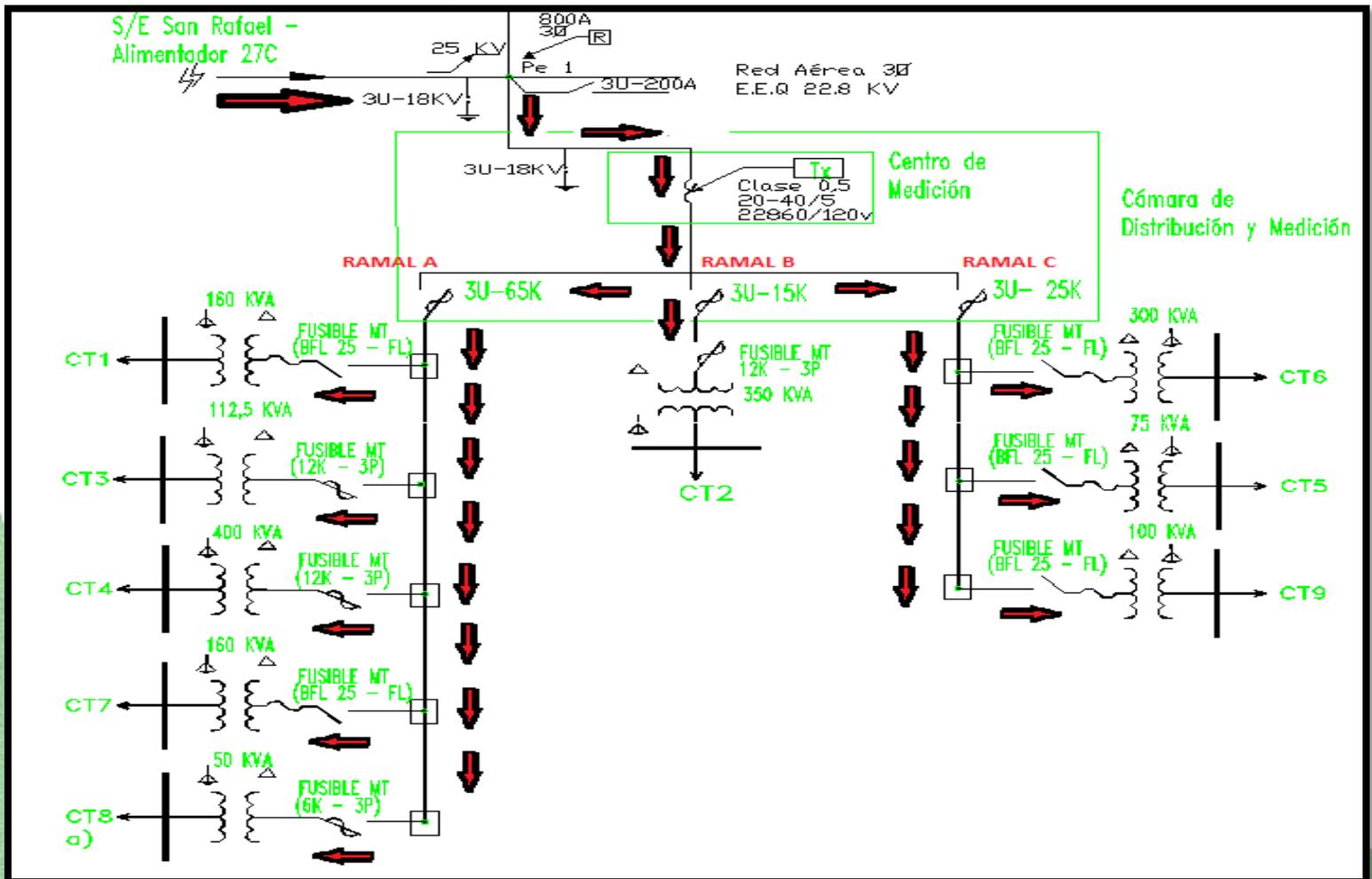
Elementos y Equipos en la Solución 2			
Elemento o Equipo	Características Técnicas	Existente en el Campus	Adicional en el Campus
CT1	160 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X	
CT2	350 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X	
CT3	112,5 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X	
CT4	400 kVA 22.8 kV / 210-121 V	X	
CT5	75 kVA 22.8 kV / 210-121 V	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 RGAM 20	Módulo Controlador RGAM 20, 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

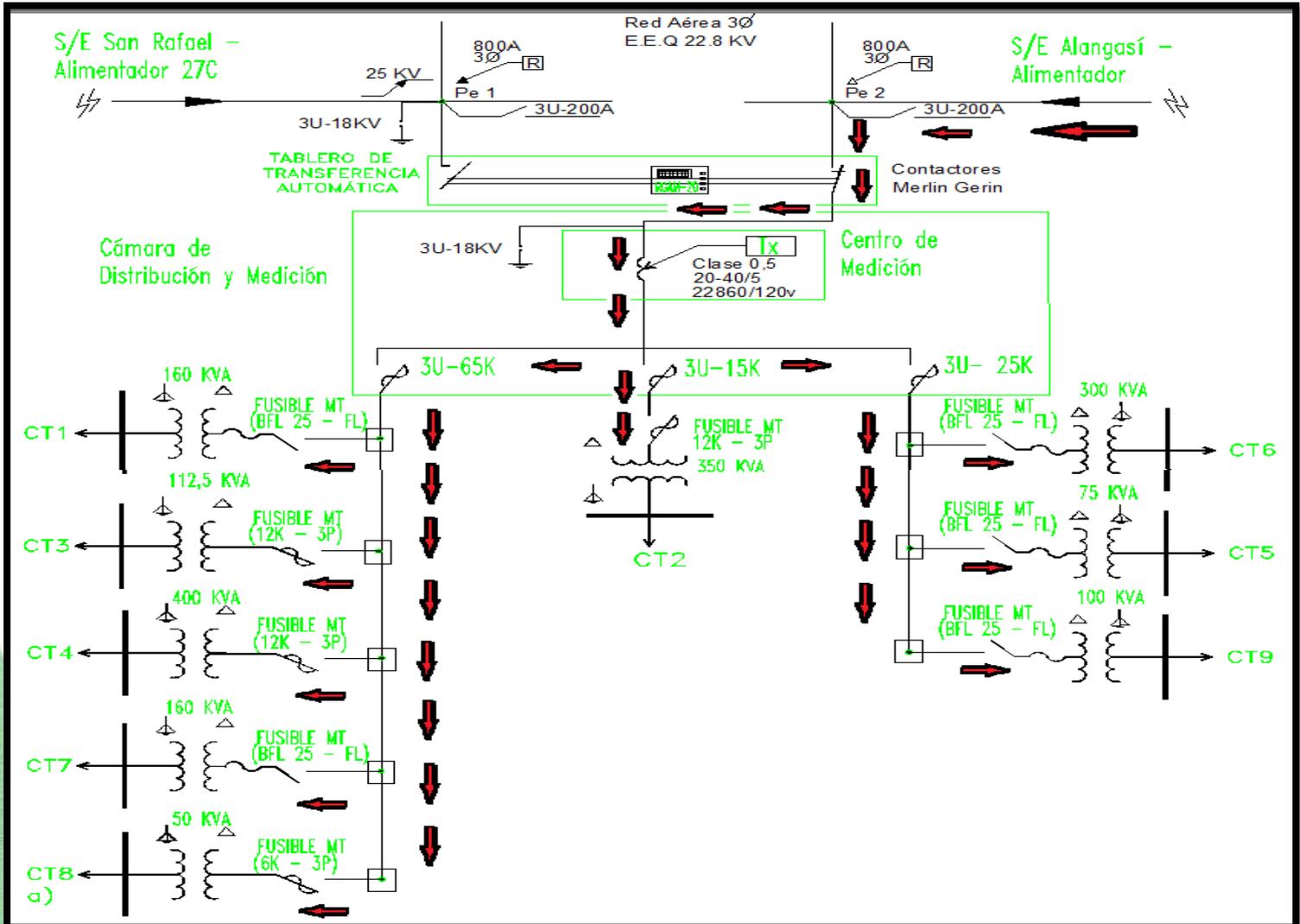


## Funcionamiento del Sistema Eléctrico de Emergencia Solución 2 a Largo Plazo. Modo de energía normal





## Ocurre el corte de energía

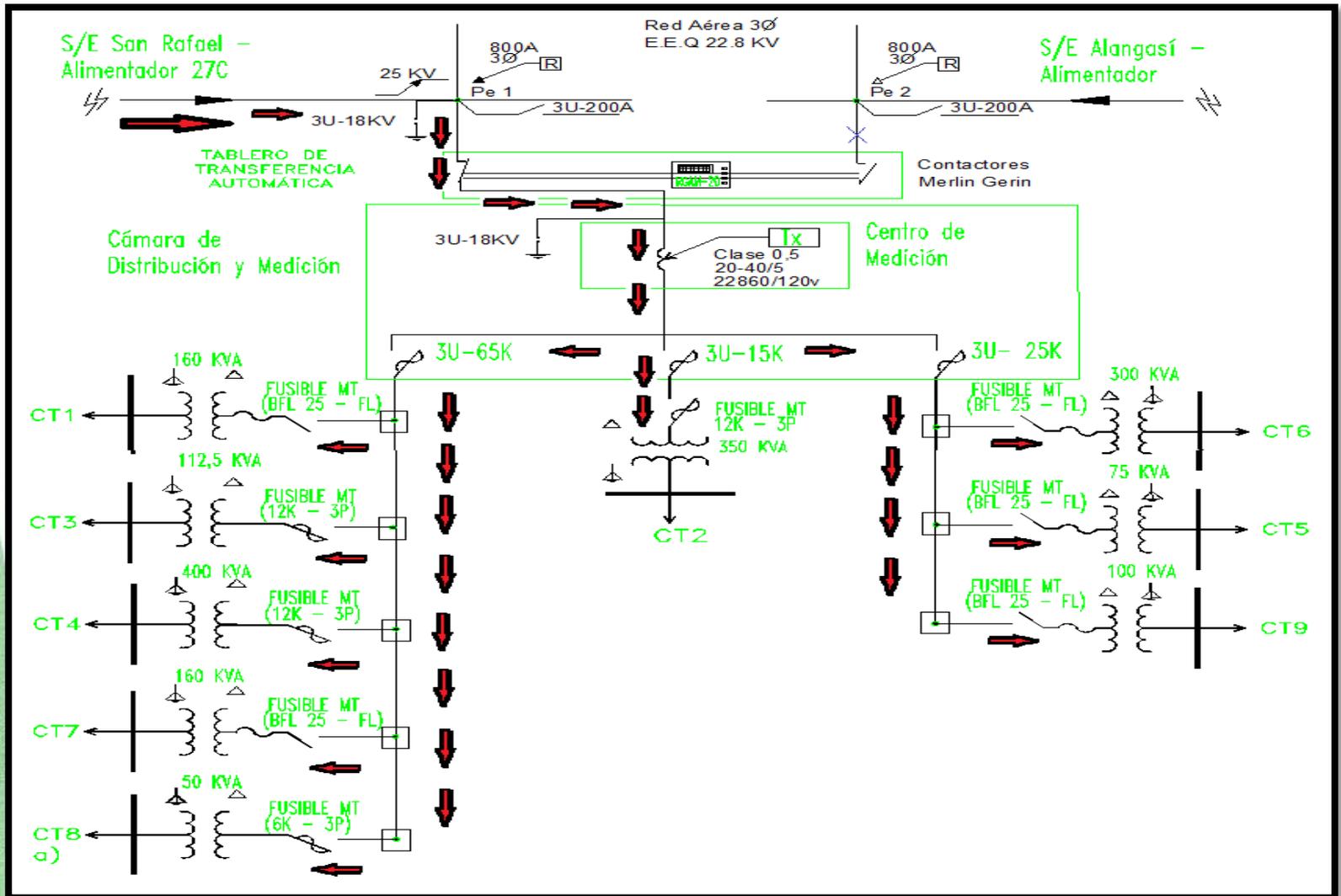




# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## La energía de la Subestación San Rafael regresa





# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## Tiempos para la Solución 2

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

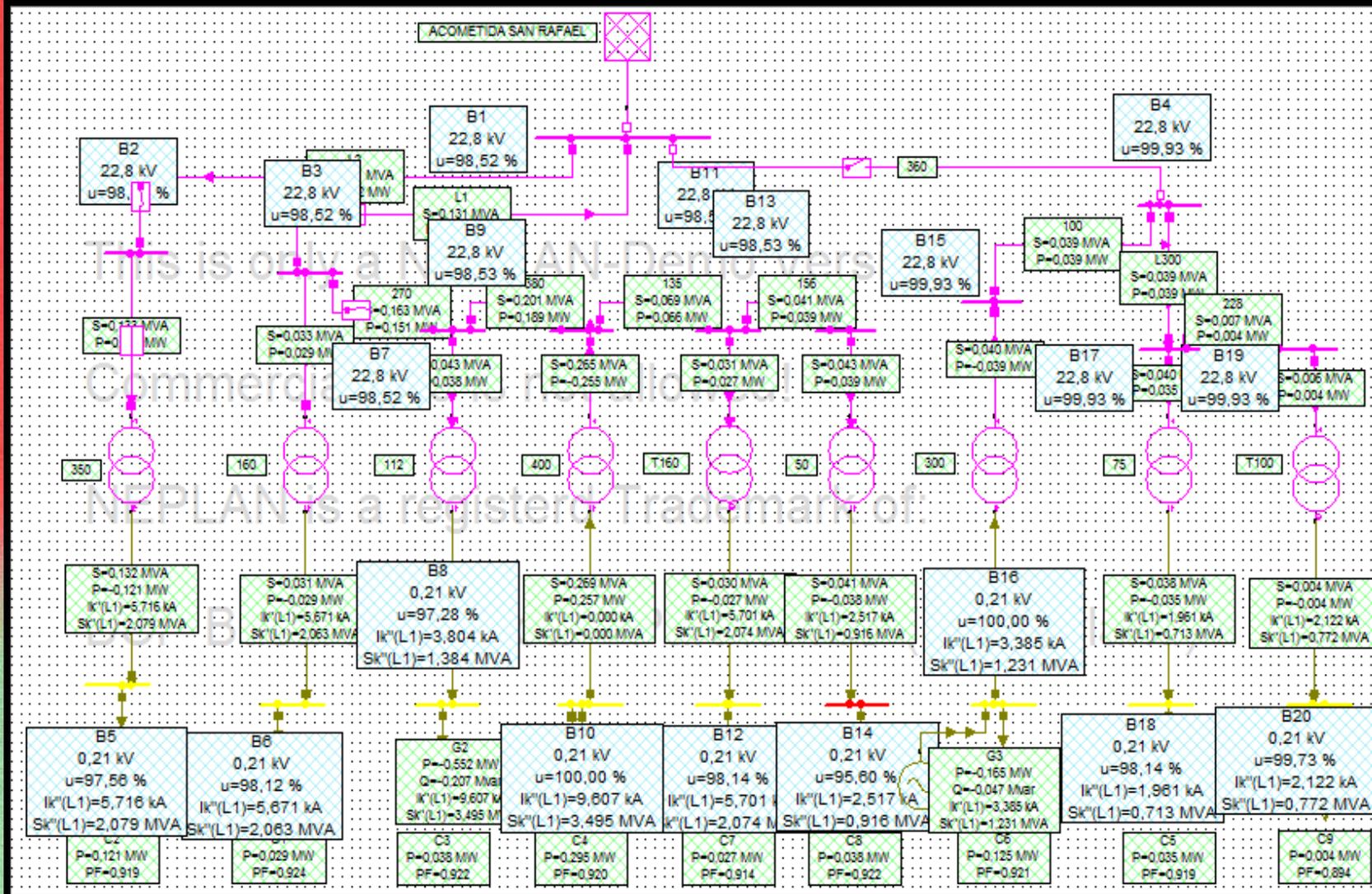


**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# **SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO PARA LAS SOLUCIONES**

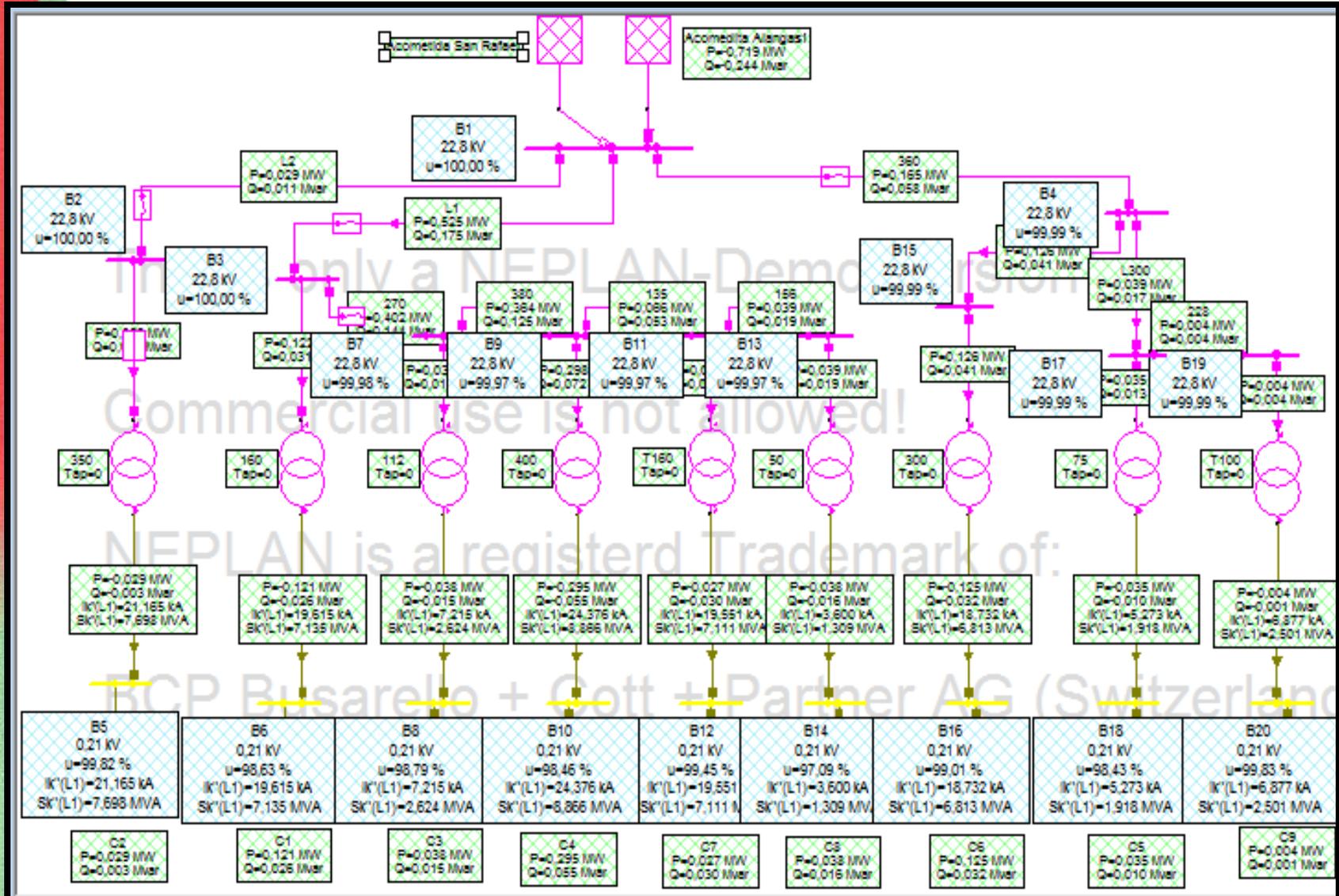


## SOLUCIÓN 1 A MEDIANO PLAZO EN BT





## SOLUCIÓN 2 A LARGO PLAZO EN BT





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# COMPROBACIÓN CON EL CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.

Corriente de Corto Circuito en Barras



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

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



## Cuadro Comparativo de Corrientes de Corto Circuito Calculada y Mediante Software Neplan para la Solución 2

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



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# ANÁLISIS TÉCNICO



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

- 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)



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

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

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



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# ANÁLISIS ECONÓMICO



## Presupuesto Económico Solución 1 a Mediano Plazo.

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 – 1000A en G2	U	1	10.000	10.000
Breaker NS160N	En baja Tensión 220V – 160A 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



# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

1) EQUIPOS Y MATERIALES	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO (dólares)	PRECIO TOTAL (dólares)
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>



## Presupuesto Económico Solución 2 a Largo Plazo.

<b>1) EQUIPOS Y MATERIALES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO (dólares)</b>	<b>PRECIO TOTAL (dólares)</b>
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>



## FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO

Los costos y el tiempo de duración del sistema determinan la factibilidad de las soluciones planteadas.

- La Solución 1 a mediano plazo, tiene un tiempo de 3 a 4 años sin incrementación de cargas dentro del campus politécnico con un precio de **(\$ 51.348,4)**.
- Para la Solución 2 a Largo plazo, con un tiempo relativo a 15 años con una proyección de incremento de carga del 50% obtiene un precio de **(\$ 104.753)**, el cual es aceptable para el tiempo de duración planteado.



Empresa Eléctrica Quito  
22,8 KV

S/E San Rafael  
46 /22.8 KV

160 KVA

350 KVA

112 KVA

60 KVA

G3  
165 KVA

163,4 kVA

G2  
631 KVA

597,7 kVA

G2  
145 KVA

400 KVA

75 KVA

125 y 50 KVA

160 KVA

100 KVA

Solución 1  
A mediano plazo



S/E San Rafael  
46 /22.8 KV

Empresa Eléctrica Quito  
22.8 KV

S/E Alangasi  
138 / 22.8 KV  
AI 2012

948,9 kVA

160 KVA

60 KVA

350 KVA

Biblioteca  
Alejandro  
Segura

CEspe

112 KVA

75 KVA

400 KVA

100 KVA

125 y 50 KVA

160 KVA

Solución 2  
A largo plazo



## 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.
- 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.



## CONCLUSIONES:

- 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.



## CONCLUSIONES:

- 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.



## 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.
- 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.



## **RECOMENDACIONES:**

- 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.
- 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.



## RECOMENDACIONES:

- 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.
- 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.



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

**GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN!!**