



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**

**UNIDAD DE POSGRADOS**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO  
DE MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO:**

**“Autonomía eléctrica del campus “General Guillermo Rodríguez Lara” de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Extensión Latacunga, en base a la eficiencia y eficacia de fuentes alternativas de emergencia. Propuesta de un sistema de energía eléctrica alternativa”.**

**Autor: Ing. Mena Lasluisa Pablo Orlando**

**Tutor: MSc. Iván Casals Blet**

**LATACUNGA – ECUADOR  
Diciembre - 2013**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

---

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de investigación de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; **“Autonomía eléctrica del campus “General Guillermo Rodríguez Lara” de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Extensión Latacunga, en base a la eficiencia y eficacia de fuentes alternativas de emergencia. Propuesta de un sistema de energía eléctrica alternativa”**. Por cuanto, el maestrante: Mena Lasluisa Pablo Orlando, con el título de tesis: Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 04 Diciembre - 2013.

Para constancia firman:

Lic. Msc. Nelson Corrales.  
PRESIDENTE

Msc. Giovanna Parra.  
MIEMBRO

Phd. Vicente Córdova.  
PROFESIONAL EXTERNO

MSc. Gabriel Hernández.  
OPOSITOR

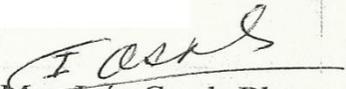
## AVAL DEL TUTOR DE TESIS

Latacunga. Diciembre del 2013

En mi calidad de Tutor de Tesis presentado por el Ing. Mena Lasluisa Pablo Orlando. Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es. **“Autonomía eléctrica del campus “General Guillermo Rodríguez Lara” de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Extensión Latacunga, en base a la eficiencia y eficacia de fuentes alternativas de emergencia. Propuesta de un sistema de energía eléctrica alternativa”**.

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos necesarios suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente



Msc. Iván Casals Blet.  
TUTOR DE TESIS

Dr. Secundino Barrero Ramírez  
Asesor de tesis

## RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS

### DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado; **“Autonomía eléctrica del campus “General Guillermo Rodríguez Lara” de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Extensión Latacunga, en base a la eficiencia y eficacia de fuentes alternativas de emergencia. Propuesta de un sistema de energía eléctrica alternativa”**. Ha sido desarrollado con base a una investigación, exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de página, en las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente, este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración me responsabilizo, del contenido, veracidad, y alcance científico de proyecto de grado, en mención

Latacunga, Diciembre del 2013

Pablo Orlando Mena Lasluisa  
1703805596

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, en su programa de Postgrados, y su forma de realizarlos, porque permiten a profesionales alcanzar un anhelo de vida. A los docentes Cubanos por su dedicación abierta y sincera, y al personal administrativo de la Universidad, por su amabilidad, y esfuerzo para resolver los problemas de su ámbito.

## **DEDICATORIA**

A la Fuente por ser principio y fin de todo, a mi familia, esposa, e hijos, por paliar el tiempo que no puede, estar con ellos, Al Pueblo de dónde vengo, y al cual sirvo.

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **UNIDAD DE POSGRADOS**

### **MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO: “Autonomía eléctrica del campus “General Guillermo Rodríguez Lara” de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Extensión Latacunga, en base a la eficiencia y eficacia de fuentes alternativas de emergencia. Propuesta de un sistema de energía eléctrica alternativa”.**

**Autor: Ing. Mena Lasluisa Pablo Orlando**

**Tutor: MSc. Iván Casals Blet**

### **RESUMEN**

Con el objetivo de proponer un sistema de emergencia que garantice la autonomía eléctrica en el campus “General Guillermo Rodríguez Lara” de la ESPE – Latacunga que se encuentra en su primera fase de construcción, se realiza un diagnóstico de la demanda eléctrica, a través de la investigación de campo y documental en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Quito, considerando la similitud de la infraestructura e identidad institucional. La revisión bibliográfica puso en evidencia el arte de los trabajos realizados con este fin a nivel mundial nacional y local. La metodología permitió definir el costo de falla, en la provincia de Cotopaxi y el FMIKred y el TTIKred, de la Empresa eléctrica local, así como las características técnicas de los alimentadores de distribución de la empresa eléctrica Provincial Cotopaxi en el nodo de entrega, necesarios para dilucidar entre las alternativas estudiadas la más adecuada. Con la demanda eléctrica por similitud obtenida del campus, se analiza la doble alimentación desde la empresa local a 13.8 Kv, generación a diesel para todo el campus y para cargas especiales, y fuentes de continua. Finalmente se propone en casos de cortes de energía eléctrica un sistema de generación ininterrumpida formada por UPS y un grupo a diesel.

**DESCRIPTORES:** Autonomía eléctrica, Sistema de emergencia, Demanda eléctrica.

# **COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY POSGRADUATE UNIT**

## **MASTERY IN ENERGIES MANAGEMENT**

**TITLE: “Electrical autonomy of the “Guillermo Rodríguez Lara” campus of the Army Forces University – ESPE – Latacunga, based on efficiency and efficacy of emergency alternative source. Proposal of an alternative electrical system.**

**Autor: Ing. Mena Lasluisa Pablo Orlando**

**Tutor: MSc. Iván Casals Blet**

### **ABSTRACT**

With the purpose of setting up an emergency system that guarantees the electric autonomy in the “Guillermo Rodríguez Lara” campus of ESPE – Latacunga which is in its first phase of construction, a diagnostic of the electric demand is made by means of a field searching and through documental search in the Army Forces University – ESPE – Quito keeping in mind the similarity of infrastructure and institutional identity. The bibliographic revision gives evidence about the art of the works made with this purpose all around the world, in the country and in the local area. The methodology allowed defining the cost of failure, in the Cotopaxi province and the FMIK net and the TTIK net of the Cotopaxi Electrical enterprise as well as the technical features of the distribution feeders of the same company on the delivery node which is necessary to elucidate among the studied choices the most suitable one. With the similar electrical demand gotten of the campus a double feeding is analyzed in the local enterprise to 13.8 Kv, using diesel generation to the whole campus and for especial loads and direct current. Finally, in case of shorts it is proposed a continuous generation system composed by UPS and a diesel group.

**DESCRIPTORS:** Electrical autonomy, Emergency System, Electrical demand.

## INDICE GENERAL

<b>CONTENIDOS</b>	<b>Páginas.</b>
<b>PORTADA</b>	<b>i</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO</b>	<b>ii</b>
<b>AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS</b>	<b>iii</b>
<b>AUTORIA</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>viii</b>
<b>INDICE GENERAL</b>	<b>x</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>xiii</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b>	<b>xiv</b>
<b>INDICE DE TABLA</b>	<b>xv</b>

INDICE GENERAL:	Páginas
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación del Problema	5
1.3 Semejanza	5
1.4 Justificación y significación	5
1.5 Problema	6
1.6 Objeto de la investigación	6
1.7 Variables	6
1.8 Objetivo General	6
1.9 Objetivos Específicos	6
1.10 Hipótesis	7
1.11 Alcance	7
1.12 Tareas	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
.2.1 Importancia del sistema de emergencia	9
2.1.1 Definición de generación de emergencia	10
2.1.2 Razones para las plantas de emergencia	10
2.1.3 Sistemas de emergencia por continuidad y definiciones necesarias	12
2.1.3.1 Definiciones necesarias	12
2.1.3.1.1. Eficiencia	12
2.1.3.1.2 Eficacia	12
2.1.3.1.3 Confiabilidad	12
2.1.3.1.4 Fiabilidad	12
2.2 Sistemas de emergencia como fuente de energía	12
2.2.1 Banco de baterías	13
2.2.1.1 Características de un banco de baterías	15
2.2.1.2 Capacidad de las baterías	15
2.2.1.3 Tiempo de respaldo	16
2.2.2 Grupo Electrónico de arranque automático	16
2.2.2.1 Partes de un grupo Electrónico y protecciones: Características	19
2.2.2.2 Normas y condiciones de diseño	23
2.2.2.3 Condiciones técnicas de motores para generadores de emergencia	26
2.2.2.4 Los costos, por instalación, mantenimiento y operación	27
2.2.2.5 Operación y mantenimiento de un grupo electrónico	28

2.2.3	Características del sistema eléctrico de la ESPE – Quito	29
2.2.3.1	Características Generales y técnicas	30
2.2.3.2	Características de los centros de transformación	31
2.2.3.3	Costos del Grupo de la ESPE – Quito	33
2.2.4.	Sistema Eléctrico de Potencia de Ecuador	36
2.2.4.1	Características técnicas del S.E.P del Ecuador	37
2.2.4.2	Características del sistema Eléctrico de Cotopaxi	39
2.2.5.	Curva de carga y sus características	41
2.2.5.1	Parámetros de la curva de carga	42
2.2.5.2	Pasos para obtener la demanda, para un grupo de emergencia	42
2.2.5.3	Zonas de la vida útil de un equipo	43
2.3	Análisis económico	44
2.3.1	Que es el VAN y el TIR	45
2.3.2	Costo de falla o de interrupción	46
2.4	Indicadores de calidad del servicio: FMIKred y TTIKred	47
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		49
3.1	Descripción del área de estudio	49
3.1.1	Servicio eléctrico en el área	50
3.2	Metodología	51
3.2.1	Problema	51
3.2.2	Objetivos	52
3.2.3	Propósito objetivo 3	53
3.2.4	Propósito objetivo 2	54
3.2.5	Propósito objetivo	55
3.3	Recopilación y análisis de los datos del alimentador L1 – S/E Salcedo	56
3.3.1	Características, S / E Salcedo	56
3.3.2	Características del alimentador L1 - Norte Oriente; S / E Salcedo	58
3.4	Recopilación y análisis de los datos del alimentador L3 – S/E San Rafael	61
3.4.1	Características, S / E San Rafael	61
3.4.2	Las características del alimentador L3/ Niagara	64
3.5	Curva de carga y datos de la demanda campus ESPE – Latacunga	66
3.5.1	Curva de demanda ESPE – Matriz	67
3.5.2	Curva de demanda ESPE – Latacunga	68
3.5.3	Curva de demanda por transformador de la ESPE – Latacunga	69
3.6	Recolección y datos de las cargas especiales ESPE – L	75

3.7. Consideraciones para el análisis económico	77
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	78
4.1 Análisis técnico del objetivo 1	78
4.2 Análisis técnico del objetivo 2	81
4.3 Análisis técnico del objetivo 3	84
4.3.1 Grupo electrógeno de emergencia para toda la carga de la ESPE – L	86
4.3.2 Grupos de emergencia para las cargas especiales	88
4.4 Análisis económico de las alternativas de emergencia	89
4.4.1 Costo económico del tablero de transferencia, objetivo 1	90
4.4.2 Costo económico de UPS, objetivo 2	91
4.4.3 Costo económico del grupo diesel para toda la ESPE - L, objetivo 3	92
4.4.3.1 Costo económico de diesel cargas especiales ESPE - L, objetivo 3	93
4.4.3.2 Resumen de los casos investigados	94
4.5 Conclusiones de los resultados	95
4.6 Recomendación de los resultados	95
CAPÍTULO V: LA PROPUESTA	96
5.1. Título	96
5.2. Objetivo	96
5.3 Estructura de la Propuesta	96
5.3.1. Validación técnica – propuesta	97
5.3.1.1. Dimensionamiento UPS	97
5.3.1.2. Dimensionamiento Generador	98
5.3.1.3. Protección del Generador	98
5.3.1.4. Dimensionamiento conductor	98
5.3.1.6 Costo Económico	99
5.3.1.5 Diagrama del UPS y Generador	99
CONCLUSIONES GENERALES	100
RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXOS	104

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>Paginas</b>
Figura No 1. Campus “General Guillermo Rodríguez Lara”	2
Figura No 2. Uso de banco de baterías	13
Figura No 3. UPS y las baterías	14
Figura No 4. Diagrama de un UPS y su carga	15
Figura No 5. Composición interna de una batería	15
Figura No 6. Diagrama esquemático básico de un grupo electrógeno	17
Figura No 7. Generador sincrónico, base del grupo electrógeno	18
Figura No 8. Diagrama del grupo de emergencia en un SEP	18
Figura No 9. Grupo electrógeno y sus componentes y protecciones	19
Figura No 10. Costos de Grupo electrógeno	28
Figura No 11. Campus de la ESPE – Quito su sistema eléctrico de potencia	30
Figura No 12. Sistema radial, anillado y en red del Ecuador	36
Figura No 13. Diagrama unifilar S.N.I Ecuador	37
Figura No 14. Diagrama unifilar de la Empresa Eléctrica Cotopaxi	40
Figura No 15. Topología de alimentadores L1 y L3	40
Figura No 16. Curva carga de ESPE – Quito: Demanda máxima	42
Figura No 17. Curva de la bañera o de vida útil, de un equipo	43
Figura No 18. Alimentación al campus de la ESPE – L	50
Figura No 19. Curva de carga de la S/ E Salcedo; 2013	57
Figura No 20. Curva de carga de la S/ E Salcedo; 2024	58
Figura No 21. Curva de carga del alimentador L1 de S/E Salcedo 2013	59
Figura No 22. Curva de carga del alimentador L1 de S/E Salcedo 2024	60
Figura No 23. Curva de carga de la S/ E San Rafael 2013	62
Figura No 24. Curva de carga de la S/ E San Rafael 2024	63
Figura No 25. Curva de carga del alimentador L3 de S/E San Rafael 2013	65
Figura No 26. Curva de carga del alimentador L3 de S/E San Rafael 2024	66
Figura No 27. Curva de Carga de la ESPE – Quito	68
Figura No 28. Curva de demanda de ESPE – Latacunga	69
Figura No 29. Fluke 435	70
Figura No 30. Demandas de cargas especiales ESPE Extensión Latacunga	76
Figura No 31. Alimentación ESPE –L	79
Figura No 32. UPS, para alimentación al Data Center de la ESPE –L	82
Figura No 33. Alimentación emergencia ESPE –L	84
Figura No 34. Alimentación emergencia aulas y postgrados ESPE – L	87

Figura No 35. Alimentación emergencia cocina, comedor ESPE – L	88
Figura No 36. Propuesta de Emergencia para la ESPE – L	97

## INDICE CUADROS

Cuadro No 1. Objetivos y actividades	8
Cuadro No 2. Centros de transformación ESPE – Quito	33
Cuadro No 3. Generadores de emergencia de la ESPE – Quito	33
Cuadro No 4. Características técnicas y costos de grupos diesel ESPE- Quito	34
Cuadro No 5. Costos instalación y energía de grupos diesel ESPE- Quito	35
Cuadro No 6. Criterios del Van y TIR	46
Cuadro No 7. FMIK y TTIK máximos admitidos por CONELEC	47
Cuadro No 8. Árbol de problemas	51
Cuadro No 9. Árbol de objetivos	52
Cuadro No 10. Matriz de planificación objetivo 3	53
Cuadro No 11. Matriz de planificación objetivo 2	54
Cuadro No 12. Matriz de planificación objetivo 1	55
Cuadro No 13. Demanda por centros de transformación ESPE – Quito	66
Cuadro No 14. Demanda Centros de transformación ESPE – L por Diseño	68
Cuadro No 15. Características del Fluke 435	70
Cuadro No 16. Demanda por cada centro transformación: ESPE – QUITO	71
Cuadro No 17. Equivalencias entre los centros de carga: Quito y Latacunga	72
Cuadro No 18. Centros de transformación: ESPE – Latacunga	72
Cuadro No 19. Demanda por centro de transformación: ESPE – Latacunga	73
Cuadro No 20. Características de cargas especiales de la ESPE – Latacunga	74
Cuadro No 21. Capacidad de S / E que alimenta y alimentaría, a la ESPE–L	79
Cuadro No 22. Alimentadores que alimenta y alimentaría, a la ESPE – L	80
Cuadro No 23. FMIK y TTIK aplicados al alimentador L1 – Salcedo	82
Cuadro No 24. FMIK y TTIK aplicados al alimentador L3–San Rafael	82
Cuadro No 25. Capacidad de grupos electrógenos de emergencia	84
Cuadro No 26. Capacidad de grupo electrógeno carga especial 1	85
Cuadro No 27. Capacidad de grupo electrógeno carga especial 2	85
Cuadro No 28. Análisis económico del tablero de transferencia	88
Cuadro No 29. Análisis económico de los UPS y Diesel	89
Cuadro No 30. Análisis económico del grupo diesel para toda la ESPE – L	90
Cuadro No 31. Análisis económico de diesel para: Aulas y Cocina, comedor	91

Cuadro No 32. Alternativas técnico económico y PROPUESTA	92
--	----

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla No 1. Proyección alumnos nuevo Campus ESPE - Latacunga. 2010	4
Tabla No 2. Costos de instalación de un grupo electrógeno - 2012	27
Tabla No 3. Costos referenciales de operación y mantenimiento - 2012	28
Tabla No 4. Generación del Ecuador -2013	38
Tabla No 5. MVA de transformación del Ecuador -2012	38
Tabla No 6. Líneas de Transmisión del Ecuador - 2012	39
Tabla No 7. Generación de Cotopaxi - 2013	39
Tabla No 8. MVA en transformación de Cotopaxi - 2013	41
Tabla No 9. Líneas de Subtransmisión de Cotopaxi - 2013	41
Tabla No 10. Costo de falla o de interrupción, como referencia - 2012	46
Tabla No 11. FMIK y TTIK de alimentadores de ESPE – L - 2013	47
Tabla No 12. Datos de carga de la S/ E Salcedo 2013	57
Tabla No13. Datos de carga de la S/ E Salcedo 2024	58
Tabla No 14. Datos de carga del alimentador L1 de S/E Salcedo 2013	59
Tabla No15. Datos de carga del alimentador L1 de S/E Salcedo 2024	60
Tabla No 16. Datos de carga de la S/ E San Rafael 2013	62
Tabla No 17. Datos de carga de la S/ E San Rafael 2024	63
Tabla No 18. Datos de carga del alimentador L3 de S/E San Rafael 2013	64
Tabla No 19. Datos de carga del alimentador L3 de S/E San Rafael 2024	65
Tabla No 20. Datos para la curva de carga de la ESPE – Quito - 2013	67
Tabla No 21. Cuadro de demanda de la ESPE – Latacunga – Calculada - 2013	70
Tabla No 22. Datos para cargas especiales de la ESPE – Latacunga - 2013	76
Tabla No 23. Tablas de conductores de cobre - 2012	99

## INTRODUCCIÓN:

El proyecto de Investigación tiene las siguientes características:

Localización:

- Provincia: Cotopaxi
- Cantón: Latacunga
- Parroquia: Belisario Quevedo, Hacienda San Martín
- Campus "General Guillermo Rodríguez Lara" de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Extensión Latacunga
- Sus coordenadas son de latitud S1°1'50" y longitud W78° 37'5".

Motivación y alcance:

- El campus "General Guillermo Rodríguez Lara" de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Extensión Latacunga, en sus cuarenta y cinco hectáreas, da acogida a la fecha a las carreras de: Ingeniería Comercial, Ingeniería en Finanzas, Ingeniería en Software, y Pre politécnico Cero, con un número de alumnos de 1340; y, a posterior dará cabida a las carreras de: Electromecánica, Automotriz, Mecatrónica, Electrónica y Control, Petroquímica, Hotelería y Turismo, e Idiomas; con infraestructura y laboratorios de punta, acorde a la Imagen Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Matriz, que en su conjunto al 2024 se calcula tendrá siete mil cuatrocientos cincuenta y dos estudiantes.
- En la actualidad el campus (fotografía 1.1) es alimentada de energía eléctrica desde la S / E Salcedo de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A, mediante un alimentador 3/0 AWG, a 13.8 KV, en conjunto con otros usuarios. El número de interrupciones del servicio eléctrico acumulado a julio del 2013 es de 5.14 (FMIKred) al año, lo permitido es de 4<sup>1</sup>. Estas salidas del servicio eléctrico afectan a la imagen institucional de Excelencia, expresado y ratificado en la Misión de la Universidad<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup>(CONELEC, Regulación 004, 2010) pág. 64.

<sup>2</sup>(ESPE, 2012)

- La investigación permitirá visualizar técnicamente la eficiencia y eficacia del servicio eléctrico en el punto de entrega a la Universidad; y, presentar una fuente alternativa de energía eléctrica para garantizar la autonomía eléctrica del campus “Guillermo Rodríguez Lara” de la universidad de la Fuerzas Armadas – ESPE - Extensión Latacunga; frente a fallas eventuales en la red de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.

Esta investigación está desarrollada y organizada en los siguientes capítulos:



Figura No 1. Campus “General Guillermo Rodríguez Lara”

En el capítulo I, se conceptualiza el problema de la necesidad que por Imagen Institucional y la excelencia en la Educación, es necesario tener continuidad en el servicio de energía eléctrica. En el capítulo II, se acoge los conocimientos a nivel mundial y local del Marco teórico, necesarios para sustentar la autonomía eléctrica del campus “General Guillermo Rodríguez Lara”.

En el capítulo III, se explica y aplica la metodología seguida para obtener los resultados que se desea para sustentar esta investigación que aclare la hipótesis planteada.

En el capítulo IV, se analiza e interpreta los resultados obtenidos de los datos de campo y de sistemas similares con la ESPE – Quito.

En el capítulo V, se da una propuesta alternativa técnica y económica sustentada para garantizar una autonomía eléctrica del campus, terminando el presente trabajo con conclusiones Generales y las recomendaciones del caso.

## CAPITULO I: EL PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del problema:

A la fecha, el suministro de energía eléctrica al nuevo campus “General Guillermo Rodríguez Lara” de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Extensión Latacunga, es entregado por la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, ELEPCO S.A, con una sola acometida, que es compartida con otros usuarios mediante un conductor 3 x 3/0 AWG, de una capacidad de 4.0 MVA, a 13.8 KV, con un factor de carga del 99 %. La demanda del nuevo campus a un horizonte de 15 años, es de 1 MW. <sup>3</sup>

Por las carreras que oferta y que ofertará a futuro, existen cargas especiales (centro de datos, biotecnología, etc.); y, servicios esenciales (comedor, residencia universitaria, servicios sanitarios), que para garantizar la efectividad en la educación universitaria en sus concepciones de: entrega del producto educativo a los alumnos con excelencia, el mantener siempre operable sus laboratorios e infraestructura administrativa; es fundamental, la continuidad del servicio eléctrico para que las labores de: docencia, investigación y vinculación no sean interrumpidas por falta de energía eléctrica; si bien, a que costo será analizada..

La continuidad en el servicio servirá para:

Para cumplir la:

- Misión  
“Formar académicos, profesionales e investigadores de excelencia, creativos, humanistas; con capacidad de liderazgo, pensamiento crítico y alta conciencia ciudadana. Generar, aplicar y difundir el conocimiento; y, proporcionar e implementar alternativas de solución a los problemas del país, acordes con el plan Nacional de Desarrollo”<sup>4</sup>.

Y la:

---

<sup>3</sup> E

**No hay ninguna fuente en el documento actual.**(Orbea Carlos, 2011)empresa eléctrica Provincial Cotopaxi: ELEPCO S.A.

<sup>4</sup> Tríptico de la ESPE

- Visión

ESPE - 2016

Líder en la gestión del conocimiento y de la tecnología en el Sistema Nacional de Educación Superior, con prestigio Internacional y referente de práctica de valores éticos, cívicos y de servicio a la sociedad.

- Y uno de los principios filosóficos de:

La búsqueda permanente de la excelencia a través de la práctica de la cultura de la calidad en todos sus actos.

El campus General “Rodríguez Lara” de la ESPE – extensión Latacunga, requiere el suministro ininterrumpido de energía eléctrica” para satisfacer los requerimientos de alumnos, (Tabla No 1.)<sup>5</sup> que está previsto en sus instalaciones a un futuro cercano en las carreras de: Ingenierías Electromecánica, Automotriz, Mecatrónica, Sistemas, Finanzas, Petroquímica, Hotelería y Turismo; y, a futuro por ser semejante a la ESPE – Matriz, Ingenierías: Civil, Biotecnología, Postgrados; etc., con los laboratorios de punta que cuentan cada una de estas carreras, y los proyectos que se desarrollarán.

<b>AÑO</b>	<b>ALUMNOS (PREGRADO)</b>	<b>ALUMNOS (POSGRADO)</b>	<b>TOTAL</b>
2011	2,518		
2012	2,543	156	2,699
2013	2,772	157	2,929
2014	3,022	167	3,188
2015	3,293	177	3,470
2016	3,590	187	3,777
2017	3,913	199	4,112
2018	4,265	210	4,476
2019	4,649	223	4,872
2020	5,067	236	5,304
2021	5,524	251	5,774
2022	6,021	266	6,286
2023	6,562	282	6,844
2024	7,153	299	7,452

Tabla No 1. Proyección de alumnos del nuevo Campus ESPE - Latacunga. 2010

No existen temas relacionados, en la forma y fondo planteado en esta tesis.

<sup>5</sup> Orbea Carlos; Implementación de la infraestructura física para el nuevo campus de la ESPE – Extinción Latacunga; ESPE; Latacunga; 2011; pág. 12.

## **1.2 Formulación del Problema:**

Por facilismo; y, tradición técnica mundial y del medio para garantizar la eficacia en la continuidad del suministro eléctrico a sistema de potencia, ha sido poner un generador a diesel de emergencia, sin importar su eficiencia. El sistema Nacional Interconectado (S.N.I) de nuestro País, a la fecha con proyectos como la presa Masar, y la topología de la red de alta tensión, con su anillo a 230 KV y a futuro cercano, la red de 500 KV, ha dado garantía de fiabilidad en el suministro eléctrico al país, en casi 100 %.

Esta nueva realidad conlleva a cuestionar la instalación de los grupos de emergencia tradicionales a diesel, que para su eficacia en necesaria erogar grandes recurso que no siempre lleva a una eficiencia tolerable.

## **1.3 Semejanza:**

Por imagen institucional y al ser el nuevo Campus una extensión de la ESPE – Quito, se le dotará de similar infraestructura de la matriz. Por tanto, sus requerimientos de energía eléctrica, serán semejantes a esta identidad institucional, que nos permitirá tomar los datos del campus de la matriz como referencia para el estudio de: eficiencia y eficacia de las alternativas de generación eléctrica de emergencia para el sistema de potencia del Campus “General Guillermo Rodríguez Lara”.

Por lo expuesto se describirá las características del campus de la ESPE – Quito, para su conocimiento y ubicación del tema de investigación de esta Tesis.

## **1.4 Justificación y significación:**

Esta investigación de eficiencia y eficacia sustituirá tecnología propia aplicable al medio, en concordancia al “Buen Vivir” de la Constitución, que a través de la Ley de educación superior, ordena que las Universidades fiscales sean a su momento sustentables en sus propios recursos, lo cual implica que el presupuesto debe ser manejado con eficiencia y eficacia.

El ejemplo que dé la ESPE en el nuevo campus “General Guillermo Rodríguez Lara” ayudará al cambio mental de la población: para ser más eficientes y eficaces en la

utilización de la energía eléctrica, además de generar conocimiento y divulgarlo a la comunidad.

### **1.5 Problema:**

Limitada autonomía en el suministro de energía eléctrica en el campus “General Guillermo Rodríguez Lara” de la ESPE – Latacunga, por parte de la Empresa Eléctrica provincial Cotopaxi.

### **1.6 Objeto de la investigación:**

1. Una fuente eléctrica de emergencia para el campus General “Rodríguez Lara” de la ESPE – extensión Latacunga

### **1.7 Variables:**

1. Explotación de una fuente eléctrica de emergencia para el campus General “Guillermo Rodríguez Lara”
2. Eficiencia y eficacia del sistema eléctrico de emergencia del campus General “Guillermo Rodríguez Lara”

### **1.8 Objetivo General:**

1. Proponer un sistema eléctrico de emergencia para el Campus General Guillermo Rodríguez Lara de la ESPE - Latacunga, que garantice una autonomía en el suministro de energía eléctrica.

### **1.9 Objetivos Específicos:**

- Estado del arte de sistemas de generación eléctrica en emergencia, para universidades.
- Evaluar una barra con transferencia automática desde dos subestaciones diferentes de ELEPCO S.A. Para el campus “General Guillermo Rodríguez Lara”
- Evaluar la utilización de sistemas de bancos de baterías para las cargas especiales en el campus “General Guillermo Rodríguez Lara”
- Evaluar la utilización de un sistema de emergencia a diesel para la carga total o solo para las cargas especiales.

- Proponer un sistema de emergencias acorde las evaluaciones realizadas de las diferentes fuentes de energía

#### **1.10 Hipótesis:**

Un sistema mixto de generación eléctrica de emergencia, será la alternativa más confiable y eficiente para mejorar la fiabilidad del sistema eléctrico de potencia en el campus "General Rodríguez Lara" de Latacunga.

#### **1.11 Alcance:**

Levantar indicadores referenciales de confiabilidad y fiabilidad de los grupos generadores de emergencia a diesel (1.2 MVA) de la ESPE – Quito en sus 28 años de vida. Estos datos servirán de referencia para sustentar la implementación o no, de un generador de 1.2 MVA en el Campus General Guillermo Rodríguez Lara de Latacunga.

De no ser eficiente y eficaz la implementación del generador de 1.2 MVA instalado en la ESPE - Matriz, se propondrá alternativas de solución, para el caso de falla en el suministro eléctrico.

#### **1.12 Tareas:**

Las tareas han sido, evidenciadas mediante la metodología del marco lógico, que se expone en el (cuadro No 1.).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
ARBOL DE OBJETIVOS: MARCO LÓGICO			
Tesis de Maestría			
REALIZADO POR:	Pablo Mena L		
FIN	MANTENIMIENTO DE IMAGEN DE EXCELENCIA INSTITUCIONAL		
FINES	RECUPERACIÓN DE EFICIENCIA Y EFICACIA ACADÉMICA		RECUPERACIÓN DEL HABITAT ANTROPOGÉNICO DE LA ESPE
	ENTREGA OPURTUNA DE PRODUCTOS ACADEMICOS Y DE INVESTIGACIÓN	INCREMENTO DE LA CALIDAD DE LA ENSEÑANZA	BAJA CONTAMINACIÓN DE LOS AMBIENTES INSTITUCIONALES
	DECREMENTO DE COSTOS DE REINICIALIZACIÓN Y REPOSICIÓN	CUMPLIMIENTO DE LOS PLANES ANALITICOS	FIABILIDAD ALTA DEL SISTEMA SUMINISTRO DE AGUA Y EVACUACIÓN DE DESECHOS
	BAJO RIESGO DE FALLA DE EQUIPOS Y PROCESOS SENSIBLES	BAJA INTERRUPTIÓN EN LA CONTINUIDAD DEL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE	FIABILIDAD ALTA DEL SUMINISTRO DE SERVICIOS BASICOS
PROPOSITO	AUTONOMIA ENERGÉTICA EN EL CAMPUS DE LA ESPE - LATACUNGA		
OBJETIVOS	EVALUAR UNA BARRA DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA PARA LA ESPE	EVALUAR UN SISTEMA DE EMERGENCIA UTILIZANDO UN GRUPO ELECTROGENO	EVALUAR EL DISEÑO DE SISTEMAS DE BANCOS DE BATERIAS PARA CARGAS SENCIBLES
COMPONENTES	EVALUAR UNA BARRA CON TRANSFERENCIA AUTOMATICA DESDE DOS SUBESTACIONES DIFERENTES DE ELEPCO S.A.	EVALUAR ELECTROGENOS GRUPOS DE EMERGENCIA	EVALUAR SISTEMAS DE CONTINUA COMO EMERGENCIA
ACTIVIDADES	DIALOGO CON ELEPCO S.A PARA LA LINEA EXCLUSIVA DESDE LA S / E SALCEDO PARA LA ESPE	LEVANTAMIENTO DE DEMANDA DEL SISTEMA ESPE - L	UBICACIÓN DE CARGAS SENCIBLES
	FACTIBILIDAD DE SERVICIO CON ELEPCO S.A. PARA UNA LINEA ALTERNATIVA, DE SUMINISTRO DESDE LA S/E SAN RAFAEL	DETERMINACIÓN DEL GRUPO DE EMERGENCIA REQUERIDO	DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE CONTINUA REQUERIDO
	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA FACTIBILIDAD DE SERVICIO DESDE LAS DOS LINEAS - ANÁLISIS ECONOMICO	EFICIENCIA Y ANÁLISIS ECONOMICO DEL GRUPO ELECTROGENO ESCOGIDO	EFICIENCIA Y ANÁLISIS ECONOMICO DEL SISTEMA DE CONTINUA ESCOGIDO
	VALIDACIÓN DE RESULTADOS	VALIDACIÓN DE RESULTADOS	VALIDACIÓN DE RESULTADOS
AUDITORIA ELÉCTRICA			

Cuadro No1. Objetivos y actividades

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Importancia del sistema de emergencia:

Los buques en la segunda guerra mundial (1938 – 1944), fueron los primeros en utilizar grupos electrógenos para reemplazar a los motores de vapor cuando salían fuera de servicio; luego, fueron los sectores productivos y de servicios modernos; que por su utilización de utilitarios para fuerza, medida, control y protección electromecánicos y luego electrónicos - Informáticos, necesitan de energía de respaldo para operar dentro de lo previsto frente a fallas de la empresa local, que por imprevistos o trabajos no programados no daban fiabilidad en el suministro, que es reemplazado por los grupos electrógenos a diesel o gasolina, las turbinas a gas, y últimamente las baterías (en comunicaciones a partir de 1920) de ciclo profundo y otras tecnologías como el volante de almacenamiento de energía o las pilas de combustible.

Un sistema eléctrico de potencia moderno, debe satisfacer los requerimientos de carga y energía, no sólo desde un punto de vista económico, sino también garantizando determinados niveles de calidad y seguridad. La calidad de servicio se mide, usualmente en términos de valores aceptables de frecuencia y voltaje; y, la seguridad de acuerdo a la capacidad de ofrecer un suministro eléctrico ininterrumpido bajo determinados niveles de confiabilidad<sup>6</sup>.

En nuestro país, la calidad y servicio en el suministro eléctrico en los sistemas de distribución, está regulada por el CONELEC, mediante la resolución 004 / 2012, que obliga a las Empresas Eléctricas del país a realizar continuas inversiones para sostener un servicio público de calidad, definido en la Constitución de la República y la Ley Orgánica del Sector Eléctrico.

Es sello de la ESPE, es la excelencia, por Imagen institucional, que implica la formación integral del estudiante en la Gestión de la Calidad, en su conceptualización de: conocimientos, habilidades y valores; y, Como Institución que pertenece al Estado, en sus fines de: Docencia, Investigación y Vinculación.

---

<sup>6</sup>(Melo, 2010)

Para cumplir la excelencia en la educación es necesario, garantizar la fiabilidad en el suministro eléctrico por medio de la Empresa local o por otros medios técnicos – económicos factibles de generación eléctrica. Este es el objeto de este trabajo y en función de ello, el arte de la ciencia a nivel mundial, nacional y local, será expuesto en este capítulo.

#### 2.1.1 Definición de generación de emergencia:

Son fuentes de generación eléctrica que permiten mantener la fiabilidad y confiabilidad en el suministro de energía eléctrica a un sistema eléctrico de potencia cuando por fallas en el suministro local se suspende el fluido de energía eléctrica.

#### 2.1.2 Razones para las Plantas de emergencia<sup>7</sup>:

- A tres de cada 10 empresas les toma más de un día recuperarse de las interrupciones causadas por una falla en la energía eléctrica. Al 10% les toma más de una semana.
- Se calcula que en promedio los costos de las caídas de sistema ascienden a \$1,000 USD por hora y que pueden llegar a \$50,000 USD, dependiendo del giro de la empresa.
- Después de una falla eléctrica, puede tomar hasta 48 horas reconfigurar una red. En algunos casos, una interrupción de apenas 0.5 segundos detiene un proceso industrial que tarda hasta 6 horas en restablecerse con normalidad.
- Las interrupciones del suministro eléctrico provocan irremediables pérdidas de información en procesos de adquisición de datos, ya sean digitales o analógicos, cuando no se cuenta con sistemas de protección.
- Puede tomar días, semanas o hasta meses recuperar la información perdida. A veces, algunos datos pueden perderse para siempre. Por ejemplo, en aplicaciones gráficas trabajos completos o pequeños cambios nunca pueden ser recuperados.
- La pérdida de participación de mercado y de clientes; así como daños a la reputación de la compañía, no están cubiertos por la garantía de los equipos de cómputo.

---

<sup>7</sup>(Caterpillar, 2011)

- Las reclamaciones de garantía y solicitudes de servicio pueden llevar mucho tiempo.
- Regulaciones locales en nuestro país, es la LOSE<sup>8</sup>, (CONELEC, regulación 004/) que manda y ordena las condiciones del producto Kwh, que la empresa local debe cumplir en cuanto a la calidad del servicio eléctrico en los puntos de entrega.
- Las cargas especiales que un sistema productivo requieren de un servicio ininterrumpido por su aporte fundamental en la producción; y,
  - La seguridad de la vida humana.
  - La seguridad de los bienes.
  - La viabilidad económica de un proceso de producción.
- Para limitar el riesgo, existen varias soluciones.<sup>9</sup>
  - División de la instalación de manera que se utilicen varias fuentes diferentes en vez de una sola.
  - Subdivisión de la instalación en circuitos prioritarios y no prioritarios; donde, si fuera necesario, otra fuente disponible puede obtener energía de la suministrada a los circuitos prioritarios.
  - Deslastrado, según convenga, de modo que pueda utilizarse una energía nominal reducida disponible para suministrar potencia auxiliar.
  - Selección de un montaje de toma de tierra adecuado en pro de la continuidad del servicio; por ejemplo, sistemas informáticos.
  - Selectividad de dispositivos de protección (disparo selectivo) para limitar las consecuencias de un defecto en una parte de la instalación.
  - Debe observarse que el único modo de garantizar la disponibilidad de la alimentación respecto a los cortes en la instalación es: proporcionar además de las medidas indicadas anteriormente, una fuente alterna autónoma al menos para las cargas fundamentales.

---

<sup>8</sup>(CONELEC, Ley de régimen del sector eléctrico, 1996)

<sup>9</sup>(schneider, 2012)

### 2.1.3 Sistemas de emergencia por continuidad y definiciones necesarias:

Grupo 0. Por la naturaleza de su finalidad no toleran interrupciones en su alimentación de la energía eléctrica.

Grupo 1. No toleran interrupciones superiores a 0,20 segundos y variaciones de frecuencia no mayores a  $\pm 0,5\%$ .

Grupo 2. No toleran interrupciones superiores a 15 segundos.

Grupo 3. Toleran interrupciones superiores a las indicadas pero en ningún caso superiores a 15 minutos.

#### 2.1.3.1 Definiciones necesarias:

##### 2.1.3.1.1. Eficiencia:

- Capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles, es conseguir el fin con los recursos menos posibles.

##### 2.1.3.1.2 Eficacia:

- Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera, esto es lograr la meta prevista.

##### 2.1.3.1.3 Confiabilidad:

- Está relacionada con mantenimiento y es la calidad del mismo para cumplir los requerimientos del usuario y del fabricante.

##### 2.1.3.1.4 Fiabilidad:

- Está relacionada con la operación, y es la capacidad de estar siempre listos.

### 2.2 Sistemas de emergencia como fuente de energía:

1. Banco de baterías, para cargas puntuales que pueden ser especiales.
2. Grupo electrógeno de arranque automático.
3. Empresa local, que por su topología puede, suministrar energía desde dos fuentes fiables.

En los establecimientos: sanitarios, grandes hoteles, locales de espectáculos de gran capacidad, estacionamientos de viajeros, estacionamientos subterráneos, aeropuertos, establecimientos comerciales y centros universitarios con gran afluencia de público, las fuentes de energía de emergencia, deberán poder suministrar, además de los alumbrados ( una hora para señalización y emergencia y de dos horas para remplazo), la potencia necesaria para atender servicios urgentes e indispensables; el tiempo dependerá, de la calidad del servicio o producto; así como, de la relación costo beneficio.

### 2.2.1 Banco de baterías:

Este sistema se emplea para cargas especiales (Centro de datos, laboratorios de investigación, cargas especiales) y su aplicación es de costo económico y de seguridad de la información y de la vida (Figura No 2.).

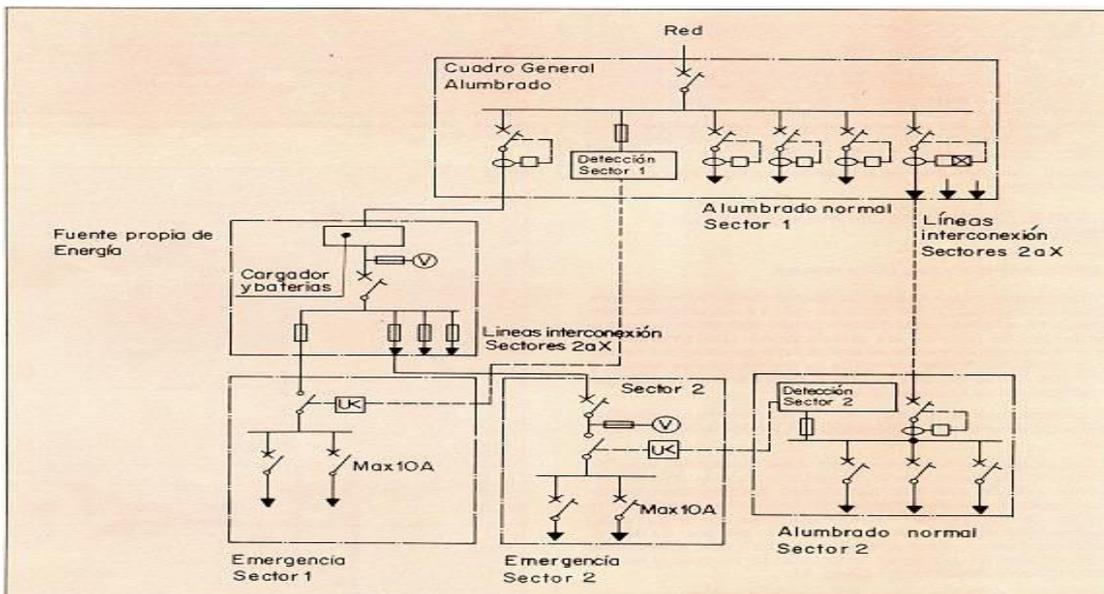


Figura No 2. Uso de banco de baterías<sup>10</sup>.

Por la topología y la extensión de un campo universitario, será necesario, evaluar la posibilidad de colocar bancos de baterías aislados y por carga. El tiempo, costo y utilidad frente a lo que se perdería, será el parámetro de definición.

<sup>10</sup>(Mestre, 2003)

Si se instala un equipo centralizado único, deberá disponerse un detector de mínima tensión y un elemento de conexión por cada área de entrada en servicio independiente con el control necesario.

Dentro de este sistema, se puede considerar los UPS, que se define como un sistema de fuerza ininterrumpible y es un equipo cuya función principal es evitar una interrupción de la energía en la carga a proteger, en base a un banco de baterías<sup>11</sup>.

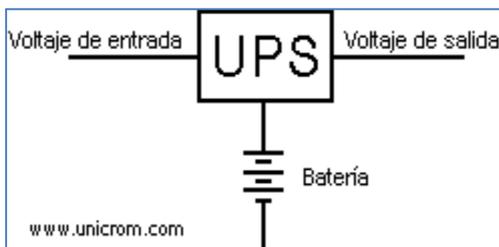


Figura No 3. UPS y las baterías.

Los nombre más comunes, con los cuales se les conoce son:

- **UPS:** Sistema de fuerza ininterrumpible
- **No Break:** Sin interrupción
- **SFI:** Sistema de Fuerza Ininterrumpible
- **SAI:** Sistema de Alimentación Ininterrumpible

Los UPS, trabajan en red o apagados pero listos:

---

<sup>11</sup> (Estrada & Vidales, 2002)

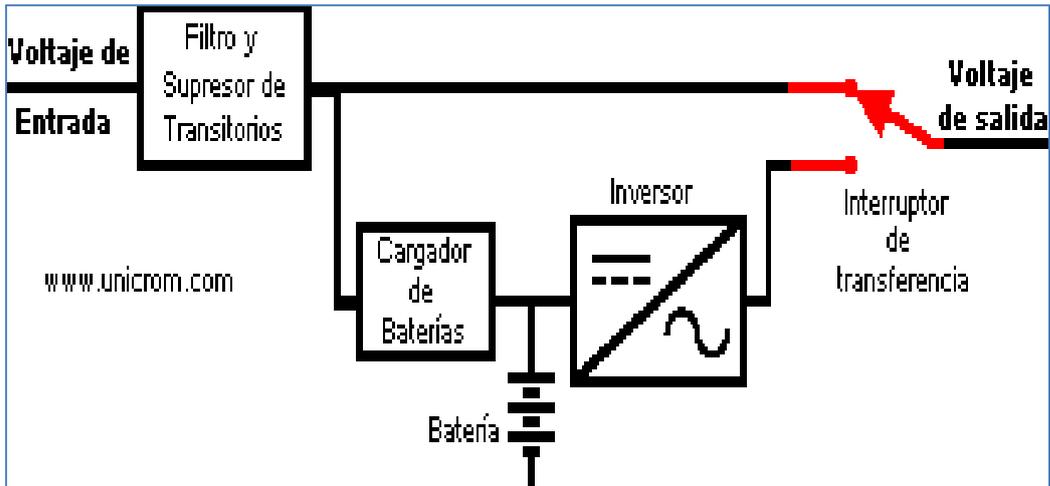


Figura No 4. Diagrama de un UPS y su carga.

### 2.2.1.1 Características de un banco de baterías:

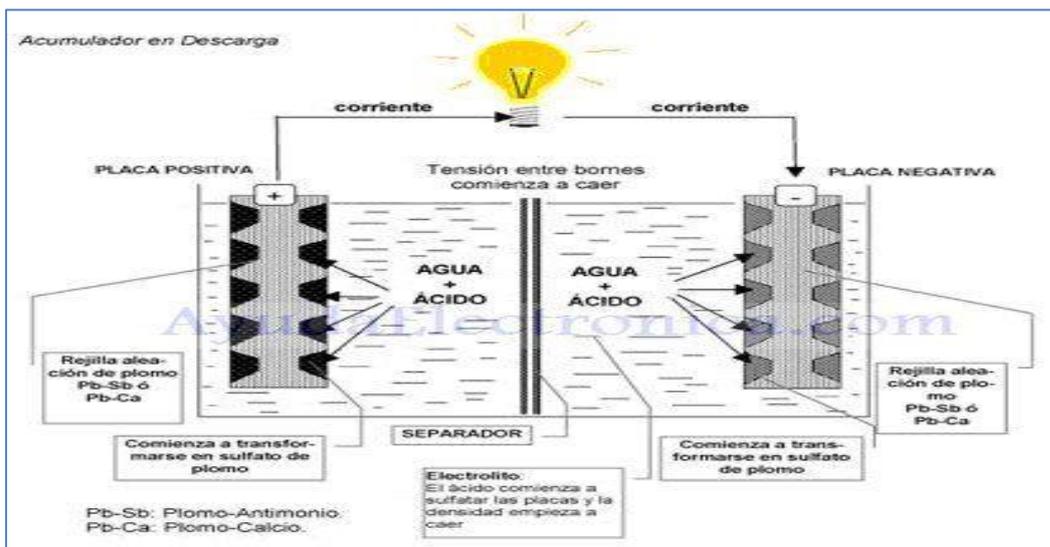


Figura No 5. Composición interna de una batería:

- El banco de baterías o acumulador es un dispositivo capaz de transformar una energía potencial química en energía eléctrica y viceversa.
- Se compone esencialmente de dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se producen las reacciones químicas debidas a la carga o descarga.

- Cumple la misión de fiabilidad, es decir alimentar el consumo previsto durante los períodos en los que no hay energía de la red primaria; que puede ser, la empresa eléctrica local, generación renovables etc. además de:
  - Tensión nominal por celda: 1,2 V/celda.
  - Temperatura nominal: 20°C a 25°C.
  - Rango de tensión de flotación a 25°C: 1,40 a 1,45 V/celda.
  - Rango de tensión de carga rápida a 25°C: 1,43 a 1,56 V/celda.
  - Tensión final de descarga: 1,0 V/celda como mínimo.

#### 2.2.1.2 Capacidad de las baterías:

- Se debe determinar en base al ciclo de descarga de la batería más 20 por ciento de capacidad disponible para aplicación a futuro una secuencia de operación lógica de eventos de descarga, establecida de acuerdo a cálculos y una tensión al final de la descarga de 1,0 a 1,1 V/celda. Se establece esta tensión para mejor aprovechamiento de la capacidad de las baterías.
- La capacidad nominal de la batería es expresada en Amperes-hora (Ah) referida a un régimen de descarga de 5h, a 20°C y un voltaje final por celda de 1,0 (V). No debe haber disminución de capacidad por temperatura ambiente de 20°C hasta 25°C.

#### 2.2.1.3 Tiempo de respaldo:

- De acuerdo con el sistema a alimentar es:
  - Protección del sistema eléctrico: 8 h de respaldo.
  - Alumbrado de emergencia: 1,5 h de respaldo.

#### 2.2.2 Grupo Electrónico de arranque automático:

El sistema con un grupo electrónico con arranque automático entra en operación a falta de tensión en la red o cuando baja a un 70% de la tensión nominal. Su conceptualización básica se explica en la (figuraNo 6.).

Los equipos de medida, control y protección en la conmutación red – grupo, demoran de 5 a 20 segundos, tomando en consideración que los tiempos se componen de:

- Tiempo de detección: Toma en cuenta la posibilidad de restablecimiento del servicio por parte de la empresa suministradora.
- Tiempo de arranque: El grupo debe estar a la temperatura adecuada que requiere el motor para el arranque, no frío. En estas condiciones el tiempo puede ser de 2 a 3 segundos.
- Tiempo de conmutación. Depende del sistema de transferencia automática, las cargas a transferir, y si son especiales.

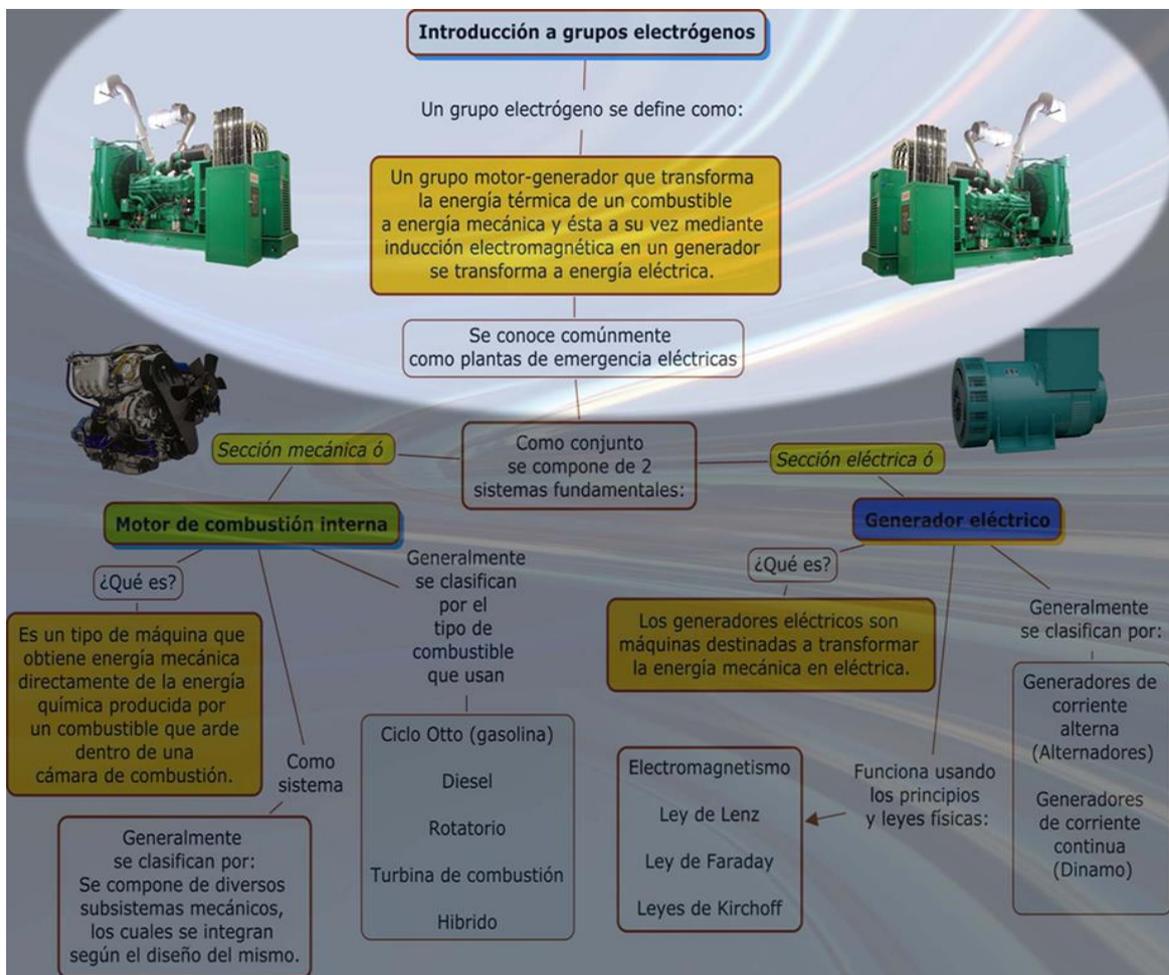


Figura No 6. Diagrama esquemático básico de un grupo electrógeno<sup>12</sup>.

<sup>12</sup>(electrogeneros, 2010)

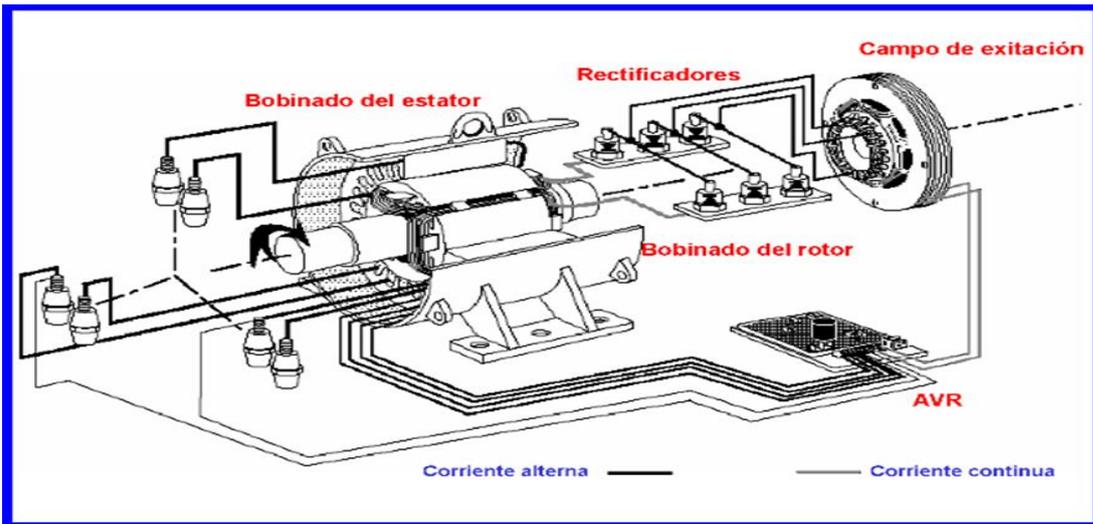


Figura No 7. Generador síncrono, base del grupo electrógeno<sup>13</sup>.

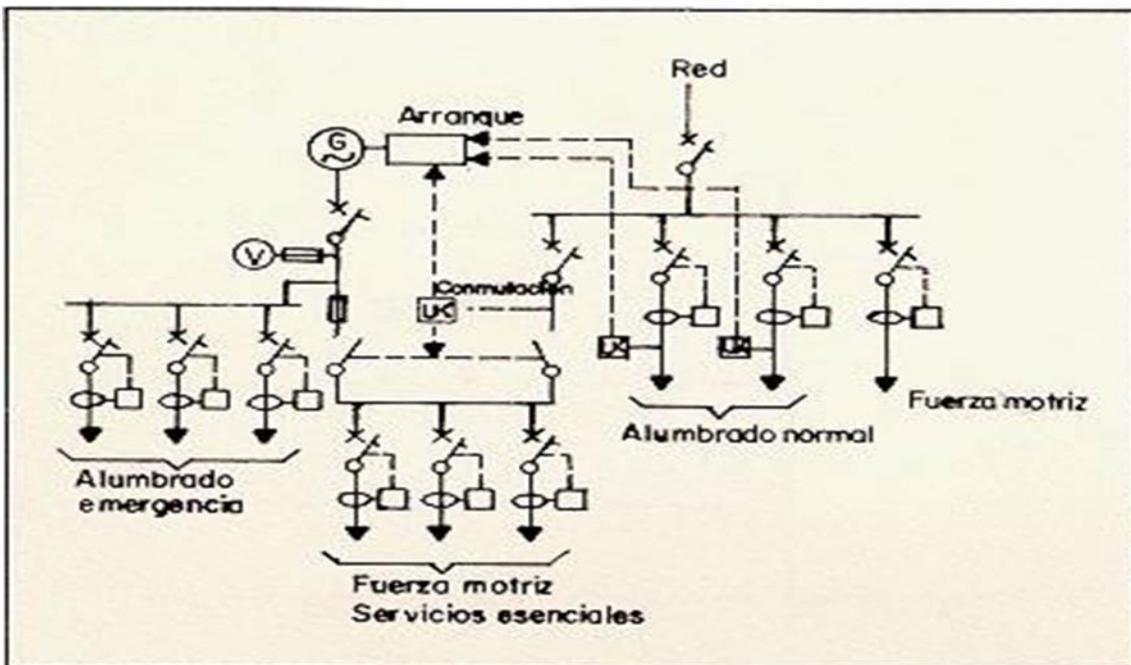


Figura No 8. Diagrama del grupo de emergencia en un SEP.

El grupo electrógeno, está formado además de: el generador + Motor + auxiliares + tablero de transferencia automática, que en su conjunto, hacen factible que el grupo sirva como emergencia de un sistema eléctrico de potencia, en el (Figura No 9.) se visualiza lo indicado.

<sup>13</sup> (Telergia, 2005)

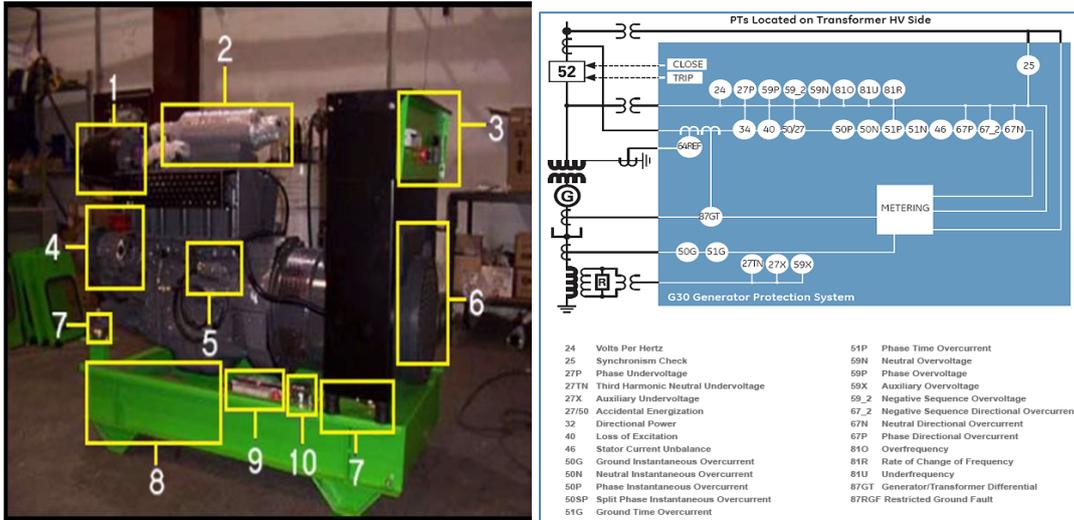


Figura No 9. Grupo electrógeno y sus componentes y protecciones<sup>14</sup>.

### 2.2.2.1 Partes de un grupo Electrógeno y protecciones: Características:

1. Filtro de Aire
2. Silenciador y Sistema de Escape. El silenciador y el sistema de escape se encargan de reducir los ruidos producidos por el motor.
3. Sistema de Control: Controla la operación del grupo y provee protección contra fallas en el funcionamiento.
4. Motor Diesel, seleccionado por su fiabilidad y es diseñado específicamente para accionar grupos electrógenos, la potencia útil que se quiera suministrar la proporcionará el motor.
5. Sistema de Refrigeración del motor, puede ser por medio de agua, de aceite, o aire. El sistema por aire consiste de un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo. El sistema por agua/aceite consta de un radiador, un ventilador interior para enfriar sus propios componentes”.

<sup>14</sup>(S.A, 2012)

6. Alternador. La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra: salpicaduras, autoexcitado, autorregulado y sin escobillas, acoplado con presión al motor; aunque, se puede acoplar alternadores con escobillas para aquellos grupos electrógenos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia forzado a regímenes mayores”.
7. Aislamiento de la Vibración. El grupo electrógeno está dotado de tacos anti-vibraciones, los cuales son diseñados para poder reducir las vibraciones transmitidas por el Grupo Motor-Alternador.
8. Este aislador es colocado entre la base del motor del alternador, del cuadro de mando y la bancada”.
9. Bancada, el motor y el alternador (elementos principales) se encuentran acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia.
10. El sistema eléctrico del motor, es de 12 ó 24 voltios CC. Con el negativo a masa y dependiendo del tamaño o especificación del grupo este puede contener uno o dos motores de arranque, con un alternador para cargar la ácido/plomo; sin embargo, se pueden instalar otros tipos de baterías si así se especifica (baterías libres de mantenimiento).
11. El sistema de combustible de inyección, el cual tiene que ser capaz de entregar un suministro de combustible limpio y continuo; y, debe estar respaldado por un depósito de combustible de acuerdo a la potencia del grupo. Además se sugiere tener un depósito de uso diario y uno de mayor capacidad para evitar paros por falta de combustible. La capacidad mínima que debe tener es de 8 horas de funcionamiento continuo a plena carga.
12. Las protecciones eléctricas, dependiendo de su potencia aparente, serán implementadas de acuerdo al (Figura No 9.); y, deben tener las características siguientes: equipos y ajustes:
  - Fiabilidad: Capacidad de operar correctamente cuando es necesario y evitar la operación incorrecta del sistema.

- Velocidad: Deben operar lo más rápido posible, cuando ello es necesario.
- Selectividad: Capacidad de un relé de discriminar entre una falta en la sección protegida y condiciones normales o faltas en cualquier otra parte del circuito.
- Simplicidad: Aumenta la fiabilidad ya que disminuye el número de elementos que pueden fallar.
- Economía: Máxima protección al mínimo costo.
- Robustez: Capacidad de soportar durante años las condiciones ambientales y de trabajo al que el sistema es sometido.
- Relé diferencial (87).
- Relés complementarios de dependiendo de su potencia; (50/51), 32R, 40, 59, 49, 46, 50G y 81.
- Protección de sobreintensidad (50/51)
  - Se recomienda ajustar la unidad de inducción en el entorno del 115% de la intensidad nominal del grupo diesel.
  - Por otro lado, para la selección del dial de tiempos, se debe tener en cuenta los puntos térmicos de daño del generador definido por la norma IEEE C37.102.
- Protección de falta a tierra instantáneo (50G)
  - Para evitar disparos intempestivos en el caso de arranque de motores o de conexión de transformadores como consecuencia del error de medida de los T.I., se recomienda ajustarlo relativamente alto, de tal forma que la protección de faltas a tierra se haga con el 59N.
- Protección de sobretensión (59).
  - Considerando el posible rango de ajuste de la tensión del generador diesel y teniendo en cuenta los transitorios de tensión durante la desconexión de cargas, se recomienda el ajuste a un 115% de la tensión nominal con un tiempo de 5 s.
- Protección diferencial (87G)
  - El relé se ajustará por encima del error de los T.I. para la máxima intensidad de operación normal prevista para evitar disparos intempestivos en la operación normal de la instalación.

- Protección de inversión de potencia (32R).
  - De acuerdo con la norma IEEE 242, se recomienda ajustar el relé de inversión de potencia a un valor del orden de un quinto del valor de motorización, con una temporización inferior a 30 s.
- Pérdida de excitación (40)
  - El ajuste de la protección de pérdida de excitación (en VAR) se fija a partir del máximo factor de potencia capacitivo (en adelanto) para el cual está diseñada la máquina.
- Protección de subfrecuencia (81)
  - Se ajustará a 45 Hz con un tiempo de tres segundos para permitir la recuperación de frecuencia tras el escalón de carga.
- Protección de faltas a tierra (59N)
  - La presente protección únicamente está activa en caso de pruebas por lo tanto se recomienda el ajuste para cubrir faltas a tierra en al menos el 85% del devanado del generador. Para evitar disparos intempestivos, se recomienda temporizar el disparo.
- Protección de sobreintensidad frenado por tensión (51V)
  - De acuerdo con la norma IEEE 242, se recomienda el ajuste de la unidad de inducción a un valor igual o superior al 150% de la intensidad nominal del generador.
  - Por otro lado, para la selección del dial de tiempos, se debe tener en cuenta que la protección debe coordinar con los puntos térmicos de daño del generador definidos por la norma IEEE C37.102
- Protección de secuencia negativa (46)
  - Los generadores pueden soportar una componente de secuencia negativa del 8-10% ING. Por lo tanto, se debe ajustar la protección para que dispare con un umbral inferior al 8% y con una curva de tiempo inverso equivalente al  $I_2t$  del generador.

#### 2.2.2.2 Normas y condiciones de diseño:

Tanto el conjunto motor-generador como los accesorios estarán diseñados, fabricados y probados de conformidad con las más altas normas de fabricación. Como mínimo, éstas deben satisfacer las secciones relacionadas con los códigos, normas y requisitos de las siguientes organizaciones.

- “National Electric Manufacturers Association”. (NEMA).
- “Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc”. (IEEE).
- “American National Standards Institute”. (ANSI).
- “National Fire Protections Association”. (NFPA).
- “National Eléctrica Code” (CEN).
- Condiciones básicas de diseño<sup>15</sup>
  - Datos básicos eléctricos (KW, KVA, kV, Hz)
  - Datos básicos mecánicos (HP, BMEP, rpm)
  - Potencia nominal continua (KW) y potencia nominal de corta duración (KW) durante dos horas en un periodo de 24 horas
  - Lista de carga según los escalones previstos de la secuencia de carga
  - Características de funcionamiento de las cargas (permanente y transitoria)
  - Características del sistema de excitación: tiempo de recuperación de la tensión en los escalones de carga
  - Características del regulador de velocidad: tiempo de recuperación de la frecuencia en los escalones de carga
  - Condiciones de falta entre fases: disparo de protecciones
  - Condiciones de falta fase-tierra: dimensionar una resistencia en el neutro para limitar la falta a 5 A. En la operación aislada de la red se da alarma.
- Criterios de capacidad y operación:

---

<sup>15</sup>(Iturbe, 2005)

- El grupo Diesel deberá estar dimensionado para suministrar la demanda por pérdida de tensión exterior en parada de emergencia y condiciones de accidente
- La potencia nominal continua deberá ser superior a la máxima demanda permanente requerida en los dos casos anteriores
- La máquina deberá ser capaz de alcanzar la velocidad nominal en un orden de tiempo de 10 segundos después de recibir la señal automáticamente de arranque
- La máquina deberá ser capaz de arrancar y acelerar los motores de la secuencia de carga especificada
- Deberá ser capaz de arrancar y acelerar el mayor motor después de la desconexión del mismo con el grupo Diesel plenamente cargado
- El grupo Diesel debe seguir operando aislado de la red con falta a tierra
- La máxima caída de tensión transitoria durante la conexión de los escalones de carga debe ser inferior del 25% de  $U_n$ .
- La máxima caída transitoria de tensión no debe causar la caída de los contactores
- La máxima caída de frecuencia durante el periodo dinámico de los motores debe ser inferior al 5% de 60 Hz
- El paso a modo isla del regulador de tensión (modo isócrono) cuando previamente opera en paralelo con la red (modo "droop") debe ser automático
- A partir de los 10 segundos deberá aceptar la conexión de los escalones de carga en intervalos de 5 segundos
- El par máximo de los motores debe ser superior al 200% del valor nominal para evitar la desconexión de los mismos al caer la tensión.
- Ante el disparo de la carga más grande, la velocidad del grupo Diesel no debe superar el 115% de su valor de la nominal
- El rotor, la excitación en el rotor (si procede) y el volante de inercia se diseñan para una sobrevelocidad del 25%.
- Para evitar sobredimensionamiento del generador Diesel, los equipos que requieran mantener la frecuencia y tensión en un estrecho margen, p.e. la instrumentación y el control, se alimentarán mediante UPS

- Para compensar una parte de la caída de tensión en el sistema eléctrico, se ajustará la tensión en terminales del alternador un 5% por encima del valor nominal de los motores
- Definición de secuencia de cargas:
  - Identificar los motores y las cargas estáticas
  - Agrupar las cargas en escalones teniendo en cuenta el tiempo máximo de conexión por la operación
  - Obtener las características de las cargas:
    - Cargas estáticas: KW,  $\cos \phi$
    - Motores: demanda en régimen permanente (KW,  $\cos \phi$ ,  $\eta$ ) y en arranque (larranque,  $\cos \phi$  arranque, tiempo - arranque)
  - La evolución de la demanda se puede representar en KW/kVA en función del tiempo.
  - El efecto de la caída de tensión provocada por la conexión de transformadores (corriente inrush) no es apreciable y puede no ser considerado.
  - Si la potencia demandada en los distintos escalones no fuese aceptable, se debe modificar la conexión de algunas cargas siempre que se cumplan las condiciones de tiempo máximo de conexión por los requerimientos de refrigeración.
- Sistemas de regulación
  - La función principal de este sistema es detectar el cambio de la tensión y variar la excitación para mantener la tensión en el valor de consigna.
  - Desde el punto de vista del grupo Diesel la caída transitoria máxima de tensión depende principalmente de las reactancias del alternador y del tiempo de respuesta de la excitación, y en menor medida de la capacidad de sobreexcitación y de la caída de la velocidad/frecuencia en los escalones de carga.
  - Parámetros Valores límite de operación
    - Variación de la tensión en régimen permanente  $\pm 1\% U_n$
    - Máxima caída de tensión transitoria 25%

- Tiempo de restablecimiento de la tensión al 90% de  $U_n \leq 2$  s
- Se debe controlar la máxima tensión (desconexión del 100% de la carga) en menos de 3 segundos
- 115%  $U_n$
- Regulador de velocidad. La evolución transitoria de la frecuencia depende principalmente de las características mecánicas del grupo Diesel (tipo de motor, presión media efectiva, tipo de regulador de velocidad) y de las características de las cargas. Orientativamente, se indica la respuesta a valores de cargas dinámicas en base a la caída máxima admisible de frecuencia. A mayor presión media efectiva (BMEP), para obtener la misma caída de frecuencia, se puede conectar menor carga.
- Parámetros Valores límite de operación
- Caída transitoria máxima de frecuencia  $\pm 5\%$
- Tiempo de recuperación hasta el 98% de frecuencia  $\leq 2$  s
- Regulación de estatismo  $0 \div 5\%$
- Margen de regulación permanente de frecuencia  $\leq 0,5\%$
- Máxima frecuencia (desconexión del 100% de las cargas)  $\leq 15\%$

#### 2.2.2.3 Condiciones técnicas de los motores para generadores de emergencia:

El arranque exitoso de un motor de un generador requiere que el motor desarrolle suficiente torque para manejar la carga y para que los voltajes del sistema se mantengan encima de los límites críticos. La mayoría de los motores se comportan como una carga de impedancia constante durante el arranque, de cualquier manera el torque de arranque es proporcional al cuadrado del voltaje terminal. Si el voltaje terminal de un motor durante la parada es 80% de su valor nominal, el torque de arranque es 64% de su torque de rotor bloqueado nominal. Por consiguiente, el propósito de un estudio del arranque del motor es encontrar un declive máximo de voltaje que el sistema y el motor puedan resistir. Puesto que el factor de potencia de arranque de motores es bajo (típicamente de 20% a 50%) y las corrientes del rotor bloqueado son altas (típicamente de 500% a 700%), la demanda de la potencia de arranque de motores es principalmente reactiva y puede ser tan alto como diez veces la demanda de potencia reactiva de la carga completa del motor. Dependiendo del tamaño del motor con respecto al equipo generador, el arranque del motor puede

representarle una pequeña o una gran perturbación al generador. En los casos extremos, arrancar un motor muy grande puede ser casi tan severo como una condición de cortocircuito para el generador. Bajo una condición de cortocircuito, los Saltos de reactancia del generador bajan desde su valor de estado firme ( $X_d$ ) al valor subtransciente ( $X_d'$ ) y entonces cambian a valores transcientes ( $X_d''$ ) y gradualmente regresa a su valor de estado firme ( $X_d$ ). Por consiguiente, para un modelo correcto de aceleración del motor en un generador, el modelo del generador debe incluir su campo y bobina amortiguadora, a fin de que el comportamiento de los subtranscientes y transcientes sea el modelo exacto. Adicional a esto, el modelo del rotor utilizado para el motor debe incluir el efecto de velocidad en la reactancia y resistencia del rotor. Esto significa que un programa de estabilidad transciente que puede incluir el efecto de excitación del generador y sistemas de gobernador, debe ser usado para los estudios de aceleración de motor

#### 2.2.2.4 Los costos, por instalación, mantenimiento y operación:

Los grupos electrógenos, y de acuerdo a referencias internacionales, están dados por las (Tablas No 2. Y Tabla No 3) y (figura No 10.):

Nombre - KW	MAN: 150 - 150	Cummins 300	Caterpillar 800	Caterpillar 3000	Wartesila - 5000
Potencia Instalada	100	300	800	3000	5000
Constos / Kw	Costos / Kw				
Paquetes de generador	260	230	269	400	450
Recuperador de calor	205	179	89	65	40
Interconexión Eléctrica	260	90	40	22	12
Total del equipo	725	499	398	487	502
Trabajo y materiales	359	400	379	216	200
Total de Capital	1084	899	777	703	702
Proyecto y construcción	235	158	121	95	95
Ingeniería y pagos	129	81	45	41	41
Contingencia de proyecto	43	34	28	25	25
Finaciamiento del proyecto (intereses)	24	25	31	55	55
<b>COSTO TOTAL DE LA PLANTA</b>	<b>1515</b>	<b>1197</b>	<b>1002</b>	<b>919</b>	<b>918</b>

Tabla No 2. Costos de instalación de un grupo electrógeno<sup>16</sup>: 2012

<b>Costo referenciales un Generador a diesel - 4 Mw</b>	
Costes de lubricante	0.00144 USD/kWh
Costes de repuestos	0.00252 USD/kWh
Costes de operación y mantenimiento	0.00202 USD/kWh
<b>Total costes de mantenimiento</b>	<b>0.00598 USD/kWh</b>
Costes de combustible	0.03255 USD/kWh
<b>Total costes de operación</b>	<b>0.03853 USD/kWh</b>
Supuesto un coste de 2.800.000 USD para una planta de estas características, y su depreciación en 10 años	
Costes de la inversión	0.00972 USD/kWh
<b>Costes totales de operación, incluyendo la amortización de la planta</b>	<b>0.04825 USD/kWh</b>

<sup>16</sup>(González , 2004);

Consto de Mantenimiento de un generador a diesel de 3 Mw:
0.005 - 0.010 \$/kwh

Tabla No 3. Costos referenciales de operación y mantenimiento. 2012

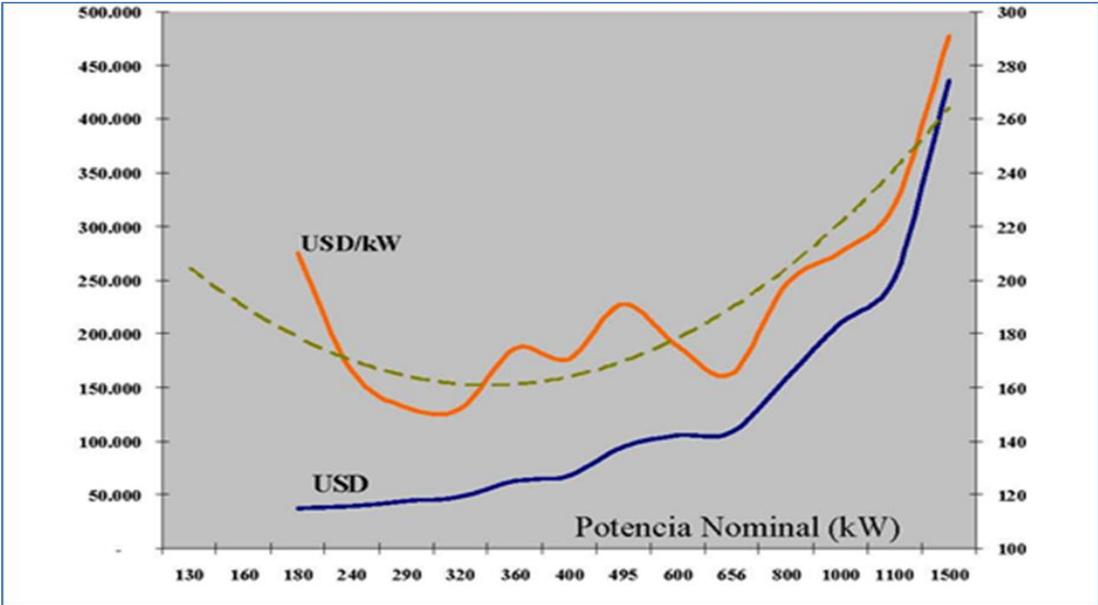


Figura No 10. Costos de Grupo electrógeno.<sup>17</sup>, página 132

2.2.2.5 Operación y mantenimiento de un grupo electrógeno:

Para evaluar la posibilidad de un grupo electrógeno en un S.E.P, es necesario valorar los costos de la operación y mantenimiento del equipo en su conjunto, lo cual, implica definir lo que se entiende por fiabilidad y confiabilidad del mismo.

- Fiabilidad: es cuando un equipo, es eficaz
- Confiabilidad: es cuando un equipo es eficiente y eficaz

Por lo definido hablar de operación es hablar de procesos; es saber, que es la curva de la vida útil de un equipo, y su zona de explotación más rentable; que implica, definir costos de producción del servicio o producto, más la rentabilidad adecuado, en relación al precio del servicio o producto en el mercado.

<sup>17</sup>(Giandrandi, 2011)

La Ley Orgánica del Sector Eléctrico del Ecuador, define a la energía eléctrica, como un bien social, por lo que no tiene lucro.

Esta realidad hace que la operación y sus costos involucrados sean regidas en Ecuador por la TARIFA, que incluye un subsidio al combustible para la generación térmica. A la fecha en el mercado local el galón de diesel tiene un costo subsidiado de un dólar, pero de acuerdo al plan maestro de electrificación del Ecuador, los costos serán de 3,10/galón<sup>18</sup>.

Los costos de operación de motores a diesel modernos están por los 40 – 60 %, lo cual implica que, sumado al rendimiento de un generador del 90%, el rendimiento de un generador a diesel es de:

$$0.50 * 0.9 = 45 \%$$

El factor de utilización de un grupo a diesel es del, 90 %, para que sea eficiente y eficaz.

El mantenimiento está relacionado con la confiabilidad y tiene como finalidad garantizar la vida útil del equipo durante su periodo de explotación rentable; por tanto, los factores de mantenimiento tienen que ver con el deterioro del equipo en materiales y de procesos.

### 2.2.3 Características del sistema eléctrico de la ESPE – Quito:

Al ser las instalaciones eléctricas del Campus de la Escuela Politécnica de Ejército – Quito un referente para este trabajo, se describe los parámetros más relevantes de sus instalaciones:

---

<sup>18</sup>(CONELEC, Plan Maestro de Electrificación del Ecuador, 2013 - 2022)

### 2.2.3.1 Características Generales y técnicas:

Está ubicada en el valle de Los Chillos en Sangolqui, a una distancia de 22 kilómetros al Sur Este de Quito, capital de la República del Ecuador, en una altitud de 2.510 m.s.n.m. Con una temperatura promedio de 15°C.

Por la LOES<sup>19</sup>, la ESPE – Quito, tiene su campo de acción, en Docencia, Vinculación e Investigación en Tecnología, Pregrado, y Maestría, para una población de quince mil estudiantes, en las modalidades de: presencial y a distancia, en tres jornadas.

El Sistema Eléctrico de Potencia de la ESPE – Quito, está conformado por una red de Alta tensión a 22.8 KV y siete centros de transformación de carga instalada de 3.9 MVA, un demanda máxima anual – diciembre de 730 KVA, y de transformación de 1832.5 KVA. La medición es en Alta Tensión y es única.

La topología del sistema fue diseñado para un horizonte de quince años desde su instalación 1985, a la fecha que tiene la siguiente estructura Eléctrica.



Figura No 11. Campus de la ESPE – Quito y su sistema eléctrico de potencia.<sup>20</sup>,

<sup>19</sup>(Ecuador R. o., 2010)

2.2.3.2 Características de los centros de transformación:

<b>Cámara de Transformación</b>	<b>KVA</b>	<b>Dependencias</b>
<b>CT1</b>	160	Cajero automático
		Prevención
		Alumbrado exterior
		Estacionamientos
		Paso peatonal
		Parque Cívico
		Policlínico
		Centro de Información
<b>CT2</b>	350	Biblioteca
		Edificio Administrativo
<b>CT3</b>	112.5	CEINCI
		Laboratorio de Física
		Laboratorio de resistencia de materiales
		Alumbrado exterior
		Laboratorio de Química
		Laboratorio de Microbiología
		Laboratorio de Pavimentos
		Laboratorio de Suelos
		Topografía
		Cuarto Oscuro
<b>CT4</b>	400	MED
		Bloque A y B
		Bar, Salón 2000 y 2001
		Banco
		Aulas Idiomas
		Bombas de Agua
		Laboratorio de Electrónica

<sup>20</sup>(Nieto & Stalin, 2012); página 101

		Hornos Metalurgia
		Laboratorio de Geográfica
		Postgrados
		Alumbrado exterior
		Bloque H y G
		Departamento de UTI's (DATACENTER)
<b>CT5</b>	75	Coliseo
		Educación. Física
		Fisioterapia
		Bombas Estadio
		Talleres
		Reflectores canchas
		Alumbrado exterior
<b>CT6</b>	300	Fogón
		Comedor
		Cocina
		Cuarto Frio
		Material Bélico
		Bloque Residencia C y D
		Coro de Música
		Club Cerámica
		Alumbrado Exterior
		Impresora KBA Planeta
		Lavandería
		Imprenta
		Oficina de Departamento. Desarrollo Físico
		Bodega de Alimentos
		Oficina de Comedor
		Bloque Residencia A y B
		Pensionado.
<b>CT7</b>	160	Laboratorio de Mecánica
		Bombas de Agua (invernadero)
<b>CT8</b>	175	(En la actualidad funciona solo el de 50 KVA)

		Brazos Robóticos
		Bomba de Gasolina
<b>CT9</b>	100	Galpones CICTE
		Garita Posterior
<b>TOTAL</b>	<b>1,832.50</b>	

Cuadro No 2. Centros de transformación ESPE - Quito<sup>21</sup>.

En caso de falla del sistema Eléctrico normal, el grupo de emergencia está conformado por<sup>22</sup>

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO - QUITO				
CARACTERISTICAS - GENERADORES				
	Marca	Modelo	Potencia: KVA	Voltaje
GENERADOR 1	Caterpillar	No visible	438.00	208-220 V
GENERADOR 2	Kohler[1]	500ROZD4-G	631.00	220-110 V
GENERADOR 3	Wilson	P150A	165.00	220-110 V
GENERADOR 4	Cummins	C110	140.00	208 V
<b>TOTAL:</b>			<b>1,374.00</b>	

Cuadro No 3. Generadores de emergencia de la ESPE – Quito.

#### 2.2.3.3 Costos del Grupo de la ESPE - Quito:

Para un análisis de los costos de Instalación, Operación y Mantenimiento de los grupos que están en operación y mantenimiento a la fecha en la Matriz, se tomó las siguientes consideraciones.

- Las potencias nominales de los grupos
- Factor de potencia 0,8
- Años de operación,
- Costos de Operación y Mantenimiento, (Tabla No 2.) y costo \$ / KW, (Tabla No 3.)

<sup>21</sup>(Nieto & Stalin, 2012) ; página 57

<sup>22</sup>(Nieto & Stalin, 2012) página 67

- Costo de Falla, caso industrial, (Tabla No 7.)
- Horas de falla promedio, en los años de operación, hasta la presente fecha.

GRUPO ELECTROGENO KOHLER			GRUPO ELECTROGENO WILSON			GRUPO ELECTROGENO CUMMINS		
ESPE - QUITO			ESPE - EXTENSIÓN QUITO			ESPE - EXTENSIÓN QUITO		
CARACTERISTICAS TECNICAS			CARACTERISTICAS TECNICAS			CARACTERISTICAS TECNICAS		
S - KVA - Grupo Electrógeno	A	631.00	S - KVA - Grupo Electrógeno	A	165.00	S - KVA - Grupo Electrógeno	A	140.00
Factor de Potencia	B	0.80	Factor de Potencia	B	0.80	Factor de Potencia	B	0.80
Costo \$ / KW	C	170.00	Costo \$ / KW	C	230.00	Costo \$ / KW	C	260.00
Obra civil + Equipos Complementarios	D	25%	Obra civil + Equipos Complementarios	D	25%	Obra civil + Equipos Complementarios	D	25%
Años de depreciación	E	25.00	Años de depreciación	E	25.00	Años de depreciación	E	25.00
Demanda promedio	F	140.00	Demanda promedio	F	40.00	Demanda promedio	F	20.00
TTIKred	G	26.00	TTIKred	G	18.77	TTIKred	G	15.00
TTIKred - LEY	H	8.00	TTIKred - LEY	H	8.00	TTIKred - LEY	H	8.00
Costo de falla	I	1.07	Costo de falla	I	1.07	Costo de falla	I	1.07
Anos de operación	J	13	Anos de operación	J	18	Anos de operación	J	1
Costos de Operación	H	0.03255	Costos de Operación	H	0.03255	Costos de Operación	H	0.03255
Costos de Mantenimiento	K	0.00598	Costos de Mantenimiento	K	0.00598	Costos de Mantenimiento	K	0.00598

Cuadro No 4. Características técnicas y costos de grupos diesel de la ESPE- Quito.

GRUPOS ELECTROGENOS DE EMERGENCIA - Cargas Especiales

ESPE - QUITO

ANÁLISIS ECONOMICO

Costo Instalación									Costo Energía						
Ord.	Equipo	Ubicación	S KVA	P - KW	Costo - Total \$ / KW	Costo Total	Depreciación	Depreciación a la fecha	Demanda	Energía	Costo Op. + Mant	Costo de falla	Costo falla a la fecha	Costo de falla - por LEY	Costo d falla - po LEY a l fecha
			A	A * B	C+ C*D	(C + C*D)*(A*B)	((C +C*D)*(A*B)) /E	((C +C*D)*(A*B)) /E)*J	F	F*G	F*G*(H+K)*J	(F*G) *I	(F*G) *I*J	(F*H) *I	(F*G) *I*
1	Grupo	Aulas y Postgrados	631.00	504.80	212.50	107,270.00	4,290.80	55,780.40	140.00	3,640.00	1,823.24	3,894.80	50,632.40	1,198.40	15579.
2	Grupo	Cocina + Comedor + Residencia	165.00	132.00	287.50	37,950.00	1,518.00	27,324.00	40.00	750.80	520.71	803.36	14,460.41	342.40	6163.
3	Grupo	Centro de Datos	140.00	112.00	325.00	36,400.00	1,456.00	1,456.00	20.00	300.00	11.56	321.00	321.00	171.20	171.
Costo Total a la Fecha									84,560.40		2,355.51		65,413.81		21,913.6
									86,915.91		Versus				

Cuadro No 5. Costos instalación y energía de grupos diesel de la ESPE- Quito

## 2.2.4. Sistema Eléctrico de Potencia de Ecuador:

Para una mejor visión del sistema nacional eléctrico del Ecuador, (figura No 12.) y su topología de red, se indica sus características técnicas para evaluar su fiabilidad y confiabilidad en el suministro eléctrico al área de nuestra investigación.

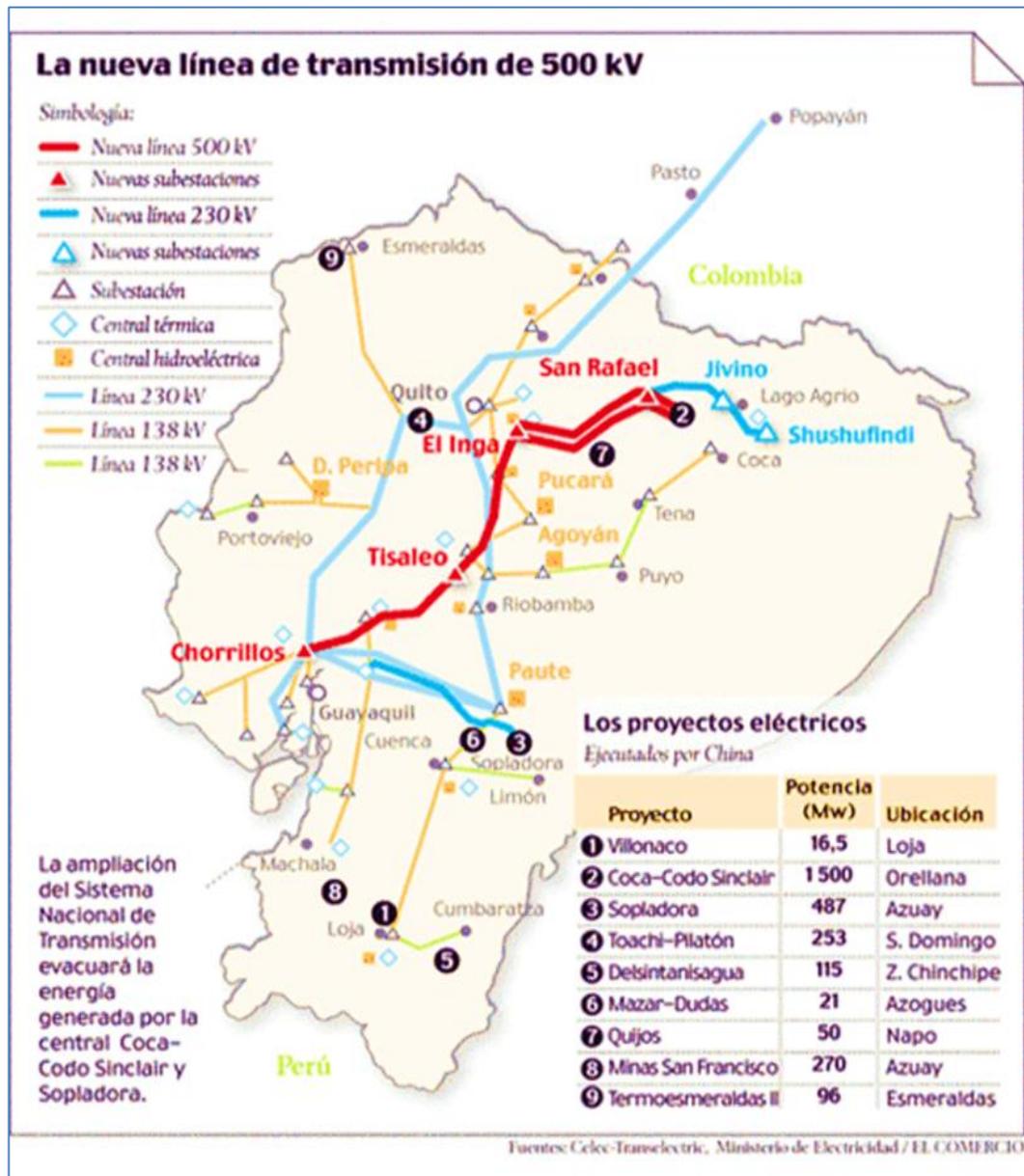


Figura No 12. Sistema radial, anillado y en red del Ecuador<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> (CONELEC, Plan Maestro de Electrificación del Ecuador, 2013 - 2022): página 257

;

### 2.2.4.1 Características técnicas del S.E.P del Ecuador:

- El País cuenta con un sistema nacional interconectado que maneja voltajes de 13.8 KV, a nivel de Generación y Distribución
- 69 KV, a nivel de subtransmisión
- 138 KV, a nivel de transmisión, sistema radial
- 230 KV, a nivel de anillo, y transmisión
- Interconexión con Colombia, mediante doble circuito a 138 KV, y 230 KV.
- Interconexión con el Perú, a 230 KV.
- Generación hidráulica y térmica forman el parque de generación.

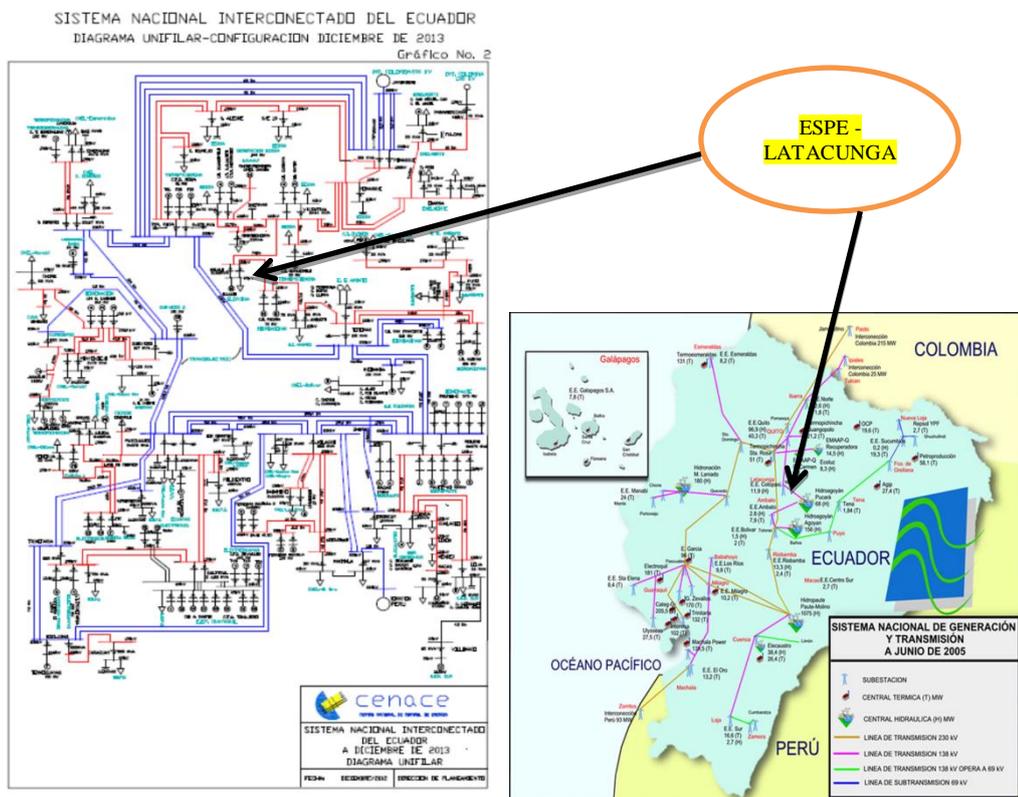


Figura No 13. Diagrama unifilar S.N.I Ecuador<sup>24</sup>.

<sup>24</sup>(CONELEC, Plan Maestro de Electrificación del Ecuador, 2013 - 2022); página 222 - 252

POTENCIA NOMINAL Y EFECTIVA			
SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO			
SISTEMA	Tipo de central	Potencia nominal Mw	Potencia efectiva
S.N.I	Hidraulica	2,238.30	2,211.54
	Termica MCI	625.48	558.09
	Termica a gas	976.74	897.50
	Termica a vapor	446	443.00
	Teermica a vapor *	101.3	93.40
	Total		4,387.82
No incorporado	Eolica	2.4	2.40
	Fotovoltaica	0.02	0.02
	Hidraulica	4.11	3.65
	Térmica MCI	634.08	464.40
	Termica a gas	102.25	76.40
	Termica a vapor	12	11.00
Total		754.86	557.87
Total General		5,142.68	4,761.40

Tabla No 4. Generación del Ecuador <sup>25</sup>. 2013

MVA DE TRANSFORMACIÓN					
SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO					
Año	138 / 69	230 / 138	230 / 69	500 / 230	Total
2012	307.00	392.00			699.00
2013	486.00	750.00			1,236.00
2014	66.00	634.00	951.00		1,651.00
2015				2,500.00	2,500.00
2016			717.00		717.00
2017		392.00	225.00		617.00
2018		225.00			225.00
2019					
2020					
2021					
Total General	859.00	2,393.00	1,893.00	2,500.00	7,645.00

Tabla No 5. MVA de transformación del Ecuador.2012

<sup>25</sup>(CONELEC, Plan Maestro de Electrificación del Ecuador, 2013 - 2022): pág. 200

SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO				
LINEAS DE TRANSMISIÓN - Km				
Año	138 Kv	230 Kv	500 Kv	Total
2012	83.00	323.00		406.00
2013	276.00	123.00		399.00
2014	6.00	305.00	370.00	681.00
2015		190.00	180.00	370.00
2016		20.00		20.00
2017	55.00	2.00		57.00
2018	34.00	100.00		134.00
2019				
2020				
2021				
Total General	454.00	1,063.00	550.00	2,067.00

Tabla No 6. Líneas de Transmisión del Ecuador.2012

#### 2.2.4.2 Características del sistema Eléctrico de Cotopaxi:

La provincia de Cotopaxi, está servida por la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, S.A., que mediante el diagrama unifilar (figura No 14.) tiene las siguientes características técnicas.

POTENCIA NOMINAL Y EFECTIVA		
SISTEMA ELÉCTRICO COTOPAXI		
Tipo de central	Año	Potencia nominal Mw
Illuchi 1	1,955	5.24
Illuchi 2	1,980	6.50
El Estado	1,999	2.13
Catazacón	1,999	1.00
Angamarca	1,999	0.38
		15.24

Tabla No 7. Generación de Cotopaxi. 2013

Fuente Elepco S.A<sup>26</sup>

<sup>26</sup> Datos: Departamento de Mantenimiento de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi

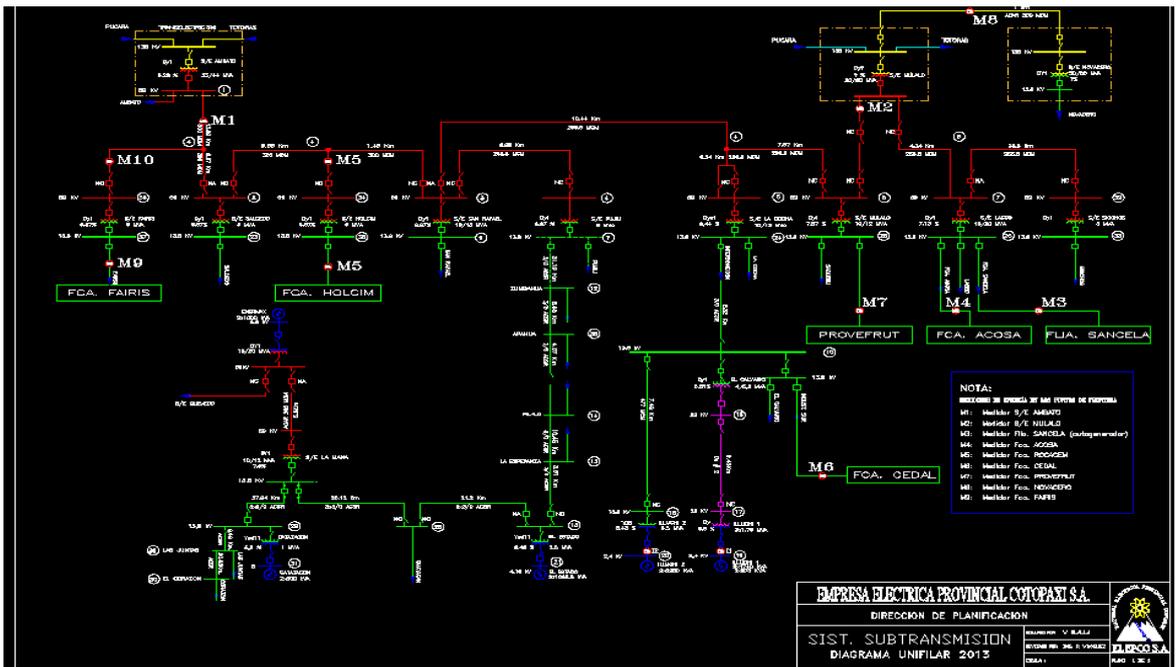


Figura No 14. Diagrama unifilar de la Empresa Eléctrica Cotopaxi.<sup>27</sup>

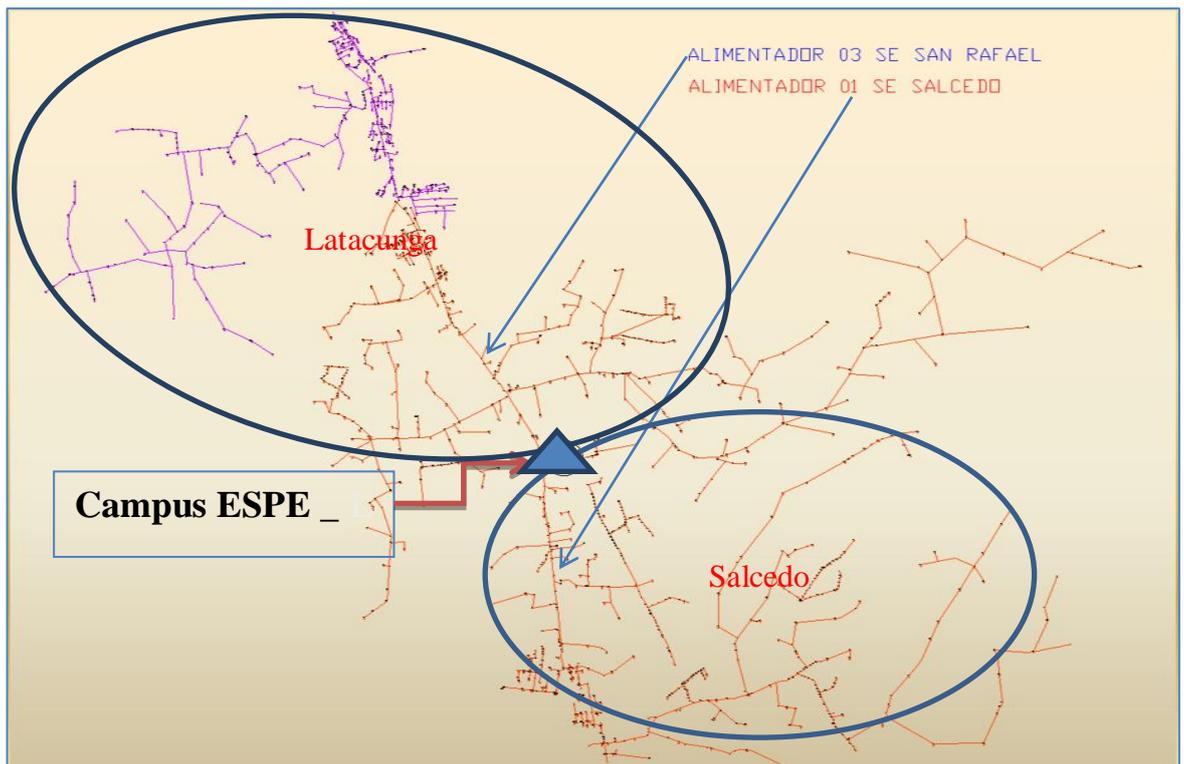


Figura No 15. Topología de los alimentadores L1 y L3 que alimentan a la ESPE – L.

<sup>27</sup> Datos; Departamento de mantenimiento de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi.

MVA TRANSFORMACIÓN		
SISTEMA ELÉCTRICO COTOPAXI		
Subestación	Relación de transf.	Capacidad - MVA
S/E Salcedo	69.0/13.8	12.50
S/E Pujili	69.0/13.8	6.00
S/E San Rafael	69.0/13.8	13.50
S/E El Calvario (T1)	23.0/13.8	5.20
S/E El Calvario (T2)	23.0/6.3	5.25
Illuchi 1	2.4/22.0	5.25
Illuchi 2	2.4/13.8	6.50
S/E La Cocha	69.0/13.8	12.50
S/E Lasso V. (T1)	69.0/13.8	12.50
S/E Lasso N. (T2)	69.0/13.9	20.00
S/E Mulaló	69.0/13.8	12.50
S/E Sigchos	4.16/13.8	5.00
S/E El Estado	0.44/13.8	2.50
S/E Catazacón	4.16/13.8 1	0.38
S/E Angamarca	-	0.80
<b>Total</b>		<b>120.38</b>

Tabla No 8. MVA en transformación de Cotopaxi. 2013

Fuente Elepco S.A

SISTEMA ELÉCTRICO COTOPAXI			
LINEAS DE SUBTRANSMISIÓN - Km			
Tramo	Voltaje	Conductor	Longitud
	(Kv)	Calibre Tipo	(Km)
S/E Ambato - S/E Salcedo	69	300 MCM	28.00
S/E Salcedo - Derv San Juan	69	300 MCM	5.79
Derv San Juan - S/E Rocacem	69	300 MCM	0.80
Derv San Juan - S/E San Rafael	69	300 MCM	1.21
S/E San Rafael - S/E El Calvario	13.8	3/0 AWG	2.00
S/E San Rafael - S/E El Estado	13.8	3/0 AWG	84.60
Illuchi 1 - S/E El Calvario	22	2 AWG	9.00
Illuchi 2 - S/E El Calvario	13.8	477 MCM	7.65
S/E San Rafael - Derv Laigua	69	266.8 MCM	9.00
Derv Laigua - S/E La Cocha	69	266.8 MCM	6.00
Derv Laigua - S/E Mulaló	69	266.8 MCM	9.01
S/E Mulaló - S7E Lasso	69	266.8 MCM	6.50
S/E Lasso - S/E Sigchos	69	266.8 MCM	33.90
<b>Total</b>			<b>203.46</b>

Tabla No 9. Líneas de Subtransmisión de Cotopaxi.2013

Fuente Elepco S.A

#### 2.2.5. Curva de carga y sus características:

En una representación gráfica de la potencia y energía eléctrica consumida por un consumidor, en un periodo de tiempo determinado, la curva de carga

individualiza al usuario y permite obtener la demanda máxima, para luego calcular la de diseño necesario para dimensionar la capacidad del generador de emergencia.

#### 2.2.5.1 Parámetros de la curva de carga:

- Factor de carga,
- Factor de demanda
- Factor de Utilización
- Factor de reserva
- Demanda; Máxima; Media y Mínima

Para trazar la curva de carga representativa de los siete días de la semana, se escoge un día típico, que normalmente es el día miércoles.



Figura No 16. Curva de carga de la ESPE – Quito: Demanda máxima 632,55 KVA a las 10H25 – Día típico Miércoles<sup>28</sup>

#### 2.2.5.2 Pasos para obtener la demanda, para un grupo de emergencia:

- Obtener la demanda máxima del sistema eléctrico de potencia por la curva de carga si es una empresa ya en funcionamiento, o por la demanda máxima unitaria<sup>29</sup>.

<sup>28</sup>(Nieto & Stalin, 2012);

- Calcular la demanda de diseño o de futuro, que es la demanda máxima calculada de la curva de carga más los incrementos de carga futuras.
- Incrementar en un 30 % la demanda de diseño, por armónicos e imprevistos.
- Para cargas puntuales, se sigue el mismo procedimiento, pero solo para las cargas especiales que se requiera dotarle un sistema de emergencia.
- Obtener la curva de la vida útil del equipo, para definir la zona de explotación y otros parámetros. (figura No 17.)

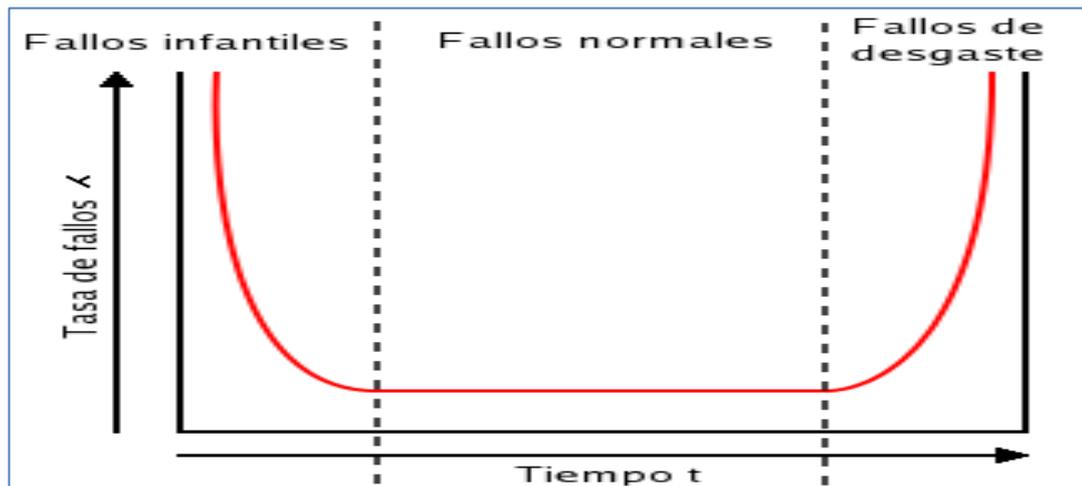


Figura No 17. Curva de la bañera o de vida útil, de un equipo.

#### 2.2.5.3 Zonas de la vida útil de un equipo:

1. Fallos infantiles: Son de operación, por lo tanto de procesos, que implica mala calibración de los equipos de Control, Medida y Protección, bien sea en fábrica, o en sitio; por imagen, a través del control de calidad el mantenimiento es preventivo de inspección visual y su costo es bajo.
2. Fallos normales o de explotación: El equipo luego de haberse “asentado”, esto es, los materiales han llegado a los esfuerzos para los cuales han sido diseñados y los equipos de control,

<sup>29</sup>(Quito, 1995); Sección A – 11, pag.5

media y protección han sido recalibrados, el equipo puede ser sometido a la explotación para la cual ha sido diseñado.

- El tipo de mantenimiento es de carácter: predictivo y preventivo, los fallos son por mala operación o manejo de procesos de producción:
  - El mantenimiento es mínimo, si es llevado técnicamente, caso contrario puede dar inicio al mantenimiento correctivo.
3. Fallos de desgaste o de material: Por fatiga del material en esta zona el equipo comienza por diseño, una etapa de mantenimiento correctivo. Cuyo costo está definido por la utilidad del equipo y nuevas versiones del mismo mejoradas. El mantenimiento, en esta zona es a nuevo.

### 2.3 Análisis económico:

Como premisas iniciales en el análisis económico, de una institución pública (caso ESPE – Latacunga)<sup>30</sup>, es que son instituciones sin fines de lucro; por lo que, la depreciación es por el número de años, definido en un reglamento estatal más el gasto en operación y mantenimiento que harán la diferencia estos costos, deben ser relacionados con el costo de falla.

$$\text{Costo anual} = (\text{Pb} / \text{n. Vida útil}) + (\text{Op} + \text{Mt}) \cdot (1 + \text{R})^n$$

Pb = Precio del bien

n.(Vida útil) = Número de años que el bien va a ser explotado.

Op. = Gastos por operación

Mt = Gastos por mantenimiento

R = Incremento por año de los insumos y materiales en la operación y mantenimiento.

Lo antes dicho y aceptando que, una solución técnica por más justificable que sea se tiene que analizar su conveniencia económica a valor presente. Por lo

---

<sup>30</sup>(Ecuador C. N., 2008) Capítulo VII, sección Educación.

cual se analizó, el presupuesto de cada solución por el Valor Actual Neto (VAN), y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

### 2.3.1 Que es el VAN y el TIR<sup>31</sup>:

El **valor actual neto**, también conocido como valor actualizado neto o valor presente neto, cuyo acrónimo es VAN, es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual; es decir, actualizar mediante una tasa, todos los *flujos de caja* futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

El método de valor presente es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos de inversión. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo 0 de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial; entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

El tipo de interés es  $k$ . Si el proyecto no tiene riesgo, se tomará como referencia el tipo de la renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico. En otros casos, se utilizará el costo de oportunidad.

Cuando el VAN toma un valor igual a 0,  $k$  pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno). La TIR es la rentabilidad que nos está proporcionando el proyecto.

La fórmula de cálculo es:

---

<sup>31</sup>(Wikipedia, 2013)

- $$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$
  - $V_t$  Representa los flujos de caja en cada periodo t.
  - $I_0$  Es el valor del desembolso inicial de la inversión.
  - $n$  Es el número de períodos considerado.

CRITERIOS DEL VAN - RELACIÓN PROYECTOS		
Valor	Significado	Decisión a tomar
VAN > 0	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto puede aceptarse
VAN < 0	La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto debería rechazarse
VAN = 0	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	<u>Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores. CASO ESPE - L POR SER INSTITUCIÓN EDUCATIVA.</u> <sup>32</sup>

Cuadro No 6. Criterios del Van y TIR.

### 2.3.2 Costo de falla o de interrupción:

El costo de falla, es el valor que el usuario está dispuesto a pagar para tener en su punto de entrega una fiabilidad en el suministro de energía eléctrica que le convenga a sus intereses. Para el costo de falla, (Tabla No 10.) se ha puesto como referencia a un país desarrollado, uno en vías de desarrollo y el nuestro.

Costos de falla:

Sector	Ecuador <sup>33</sup>	Dinamarca	Tiempo
Industrial	1,07 \$ / Kwh	24,06 \$ / Kwh	1,21 \$ / Kwh
Comercial	4,37 \$ / Kwh	9,25 \$ / Kwh	0,75 \$ / Kwh
Residencial	0,097 \$ / Kwh	7,19 \$ / Kwh	0,70 \$ / Kwh
Alumbrado	0,0029 \$ / Kwh		

Tabla No 10. Costo de falla o de interrupción, como referencia<sup>34</sup> 2012

<sup>32</sup> (Ecuador C. N., 2008): Capítulo VII, sección Educación.

<sup>33</sup> (Flores, Soria, 2009); Pág. 61:

<sup>34</sup> (Cisterna, Orellana, 2008): Pág. 56

## 2.4 Indicadores de calidad del servicio: FMIKred y TTIKred:

Estos indicadores permiten calcular las interrupciones y el número de horas involucradas en los alimentadores de una empresa eléctrica.

Los Indicadores de Interrupciones FMIK (número de veces que los KVA promedio instalados en el alimentador sufrieron una interrupción de servicio) y el TTIK (Tiempo total que dichos KVA permanecieron sin servicio), que el CONELEC, exige se cumplan las Empresa Electricas del País. Los dos índices se refieren a un año<sup>35</sup>.

INDICADORES DE CALIDAD DE SERVICIO		
A CUMPLIR POR LAS EMPRESA ELÉCTRICAS DEL ECUADOR		
Indicadores		Límite máximo anual
FMIKred	Numero de interupciones / Año	4
TTIKred	Horas sin reconección / Año	8

Cuadr No 7. FMIK y TTIK máximos admitidos por CONELEC.

INDICADORES DE CALIDAD DE SERVICIO				
ELEPCO S.A: PARA EL CAMPUS " ESPE - Latacunga"				
		Indicadores		
S / E	Alimentador	FMIK	TTIK	Observación
Salcedo	Norte Oriente - L1	5.14	5.01	Año 2103
San Rafael	Niagara - L3	5.11	7.62	Año 2013
Todas	ELEPCO S.A	5.46	5.27	Año 2013

Tabla No 11. FMIK y TTIK de alimentadores de ESPE – L.

Las formulas tomados para el cálculo de estos indicadores se tomo del CONELEC<sup>36</sup>

$$FMIKred = \sum_{i=1}^n \left( \frac{KVAfs * Fal}{KVA inst} \right)$$

<sup>35</sup> CONELEC: Calidad del servicio en el sistema de distribución, ELEPCO S.A.

<sup>36</sup> CONELEC: Regulación 004 /01 Calidad del servicio,

$$FMIK_{red} = \frac{\text{Suma de KVA instalados alimentador} * \text{No de interrupciones}}{\text{KVA instalados de la red}}$$

$$TTIK_{red} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{KVA_{fs} * T_{al}}{KVA_{inst}} \right)$$

$$TTIK_{red} = \frac{\text{Suma de KVA instalados alimentador} * \text{duración de cada interrupciones}}{\text{KVA instalados de la red}}$$

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

1. Son los materiales y métodos usados en la investigación.
2. Área de estudio y la descripción de la investigación de la incidencia de la fiabilidad en el S.E.P del campus “General Guillermo Rodríguez Lara”
3. Métodos usados para el análisis de las alternativas de emergencia y los impactos económicos asociados a cada sistema de emergencia evaluado

### 3.1 Descripción del área de estudio:

La ESPE Extensión Latacunga se encuentra edificando en la Hacienda San Martín, parroquia Belisario Quevedo del cantón Latacunga.

Limitada:

- Al norte por terrenos del señor FELIPE SALGUERO Y OTROS.
- Al sur con propiedad de los Herederos de la familia TERÁN.
- Al este con la quebrada denominada El Forastero
- Al oeste con la calle que desde Belisario Quevedo conduce al predio denominado El Forastero, donde se construirá la Sede.

El sector circundante inmediato está dedicado a la producción agropecuaria, el mediano a la producción florícola y a múltiples actividades para autoconsumo.

La población estudiantil a satisfacer es de 7.000 a 10.000 alumnos (cuadro 1.1), a un futuro cercano, en las carreras de Ingenierías: Electromecánica, Automotriz, Mecatrónica, Sistemas, Finanzas, Petroquímica, Hotelería y Turismo; y, a futuro por ser semejante a la ESPE – Matriz: Ingeniería Civil, Biotecnología, Postgrados, etc. con los laboratorios de punta de cada carrera.

### 3.1.1 Servicio eléctrico en el área:

El suministro eléctrico es entregado por la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, ELEPCO S.A, con una acometida L1 – Norte Oriente, que es compartida con otros usuarios, con un conductor 3 x 3/0 AWG, de 4 MVA, a 13.8 KV. La demanda del nuevo campus a un horizonte de 15 años es de 1 MW.

La acometida sale desde la subestación Salcedo, de 12.5 MVA / OFA, a 13,8 KV: que mediante cuatro alimentadores, abastece al sistema del cantón salcedo. Por diseño un alimentador exclusivo, tendrá el campus desde esta subestación.

- Norte Oriente de Salcedo – Alimenta al Campus
- Centro de Salcedo: Sur y Occidente de salcedo

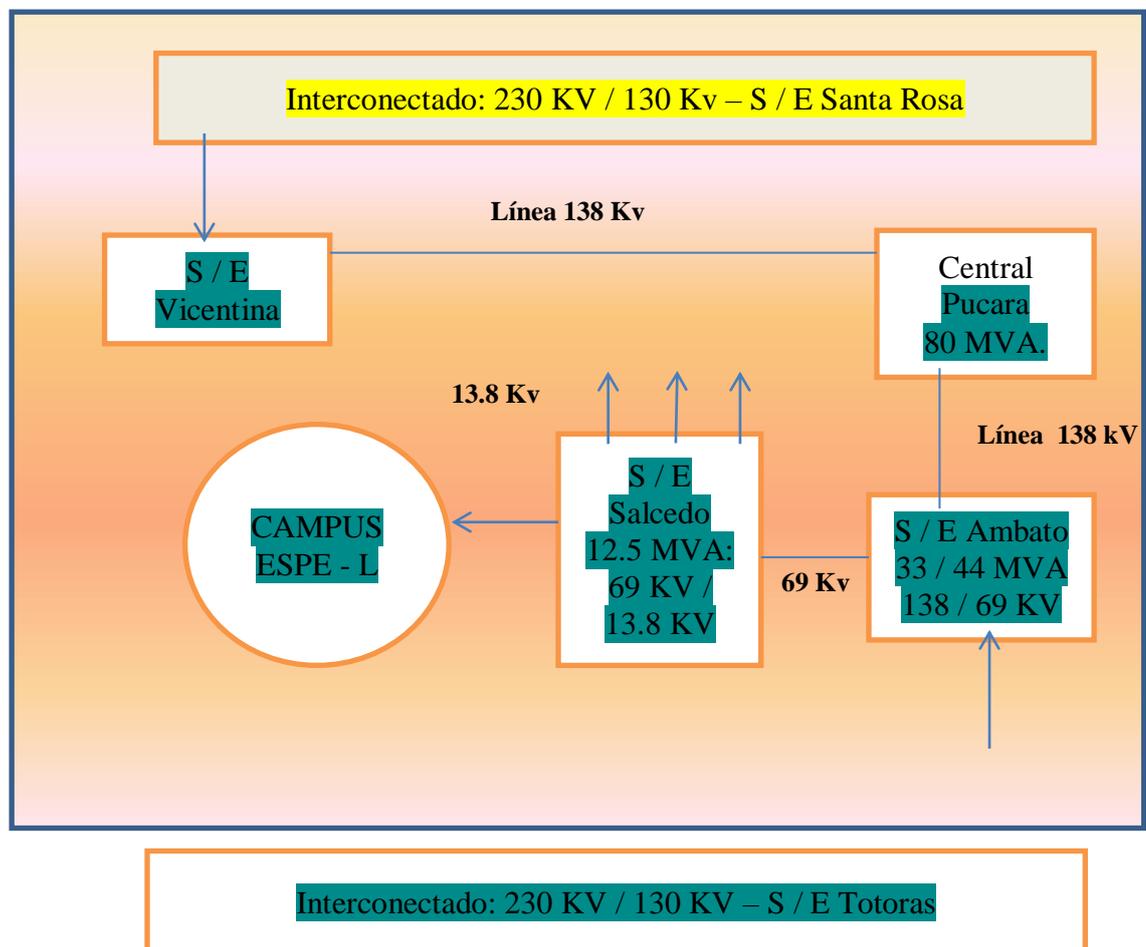


Figura No 18. Alimentación al campus de la ESPE – L.

### 3.2 Metodología:

Para cumplir el objetivo de proponer una alternativa de emergencia para el campus de la ESPE- Latacunga, se empleó el Método del Marco Lógico.

#### 3.2.1 Problema. (Cuadro No 8.)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
ARBOL DE PROBLEMAS: MARCO LOGICO				
Tesis de Maestría				
REALIZADO POR:	Pablo Mena L			
EFFECTO FINAL		DETERIORO DE LA IMAGEN DE EXCELENCIA INSTITUCIONAL		
EFECTOS	PERDIDA DE EFICIENCIA Y EFICACIA ACADÉMICA			DEGRADACION DEL HABITAT ANTROPOGÉNICO DE LA ESPE
	RETRASO EN OBTENCIÓN DE PRODUCTOS ACADEMICOS Y DE INVESTIGACIÓN	DETERIORO DE LA CALIDAD DE LA ENSEÑANZA		CONTAMINACIÓN DE LOS AMBIENTES INSTITUCIONALES
	INCREMENTO DE COSTOS DE REINICIALIZACIÓN Y REPOSICIÓN	INCUMPLIMIENTO DE LOS PLANES ANALITICOS		COLAPSO DEL SISTEMA SUMINISTRO DE AGUA Y EVACUACIÓN DE DESECHOS
	ALTO RIESGO DE FALLA DE EQUIPOS Y PROCESOS SENSIBLES	INTERRUPCIÓN EN LA CONTINUIDAD DEL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE		INTERRUPCION DEL SUMINISTRO DE SERVICIOS BASICOS
PROBLEMA	LIMITADA AUTONOMIA ENERGÉTICA EN EL CAMPUS DE LA ESPE - LATACUNGA			
CAUSAS	CONFIABILIDAD EN LA OFERTA DE ENERGIA DE LA ELEPCO MENOR AL 100%	DEPENDENCIA DE UNA SOLA FUENTE DE ENERGIA		AUSENCIA DE UN SISTEMA DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA
	PROBABILIDAD DE FALLAS ALTA EN EL SISTEMA	FALTA DE INTEGRACIÓN DE FUENTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA AL SUMINISTRO		AUSENCIA DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PARA CARGAS SENSIBLES
	ACCESO A LINEA DE USO POR MULTIPLES USUARIOS	DESCONOCIMIENTO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO LOCAL		
	NO HAY UNA RED EXCLUSIVA PARA LA ESPE			
LÍNEA BASE	AUDITORIA ELÉCTRICA			

Cuadro No 8. Árbol de problemas.

Fuente: Pablo Mena investigador

### 3.2.2 Objetivos. (Cuadro No 9.)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
ARBOL DE OBJETIVOS: MARCO LÓGICO				
Tesis de Maestría				
REALIZADO POR:	Pablo Mena L			
FIN	MANTENIMIENTO DE IMAGEN DE EXCELENCIA INSTITUCIONAL			
FINES	RECUPERACIÓN DE EFICIENCIA Y EFICACIA ACADÉMICA	↑		RECUPERACIÓN DEL HABITAT ANTROPOGÉNICO DE LA ESPE
	ENTREGA OPURTUNA DE PRODUCTOS ACADEMICOS Y DE INVESTIGACIÓN	↑		BAJA CONTAMINACIÓN DE LOS AMBIENTES INSTITUCIONALES
	DECREMTO DE COSTOS DE REINICIALIZACIÓN Y REPOSICIÓN	↑		FIABILIDAD ALTA DEL SISTEMA SUMINISTRO DE AGUA Y EVACUACIÓN DE DESECHOS
	BAJO RIESGO DE FALLA DE EQUIPOS Y PROCESOS SENSIBLES	↑		FIABILIDAD ALTA DEL SUMINISTRO DE SERVICIOS BASICOS
PROPOSITO	AUTONOMIA ENERGÉTICA EN EL CAMPUS DE LA ESPE - LATACUNGA			
OBJETIVOS	EVALUAR UNA BARRA DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA PARA LA ESPE	EVALUAR UN SISTEMA DE EMERGENCIA UTILIZANDO UN GRUPO ELECTROGENO	EVALUAR SISTEMAS DE BANCOS DE BATERIAS PARA CARGAS SENCIBLES	
COMPONENTES	EVALUAR UNA BARRA CON TRANSFERENCIA AUTOMATICA DESDE DOS SUBESTACIONES DIFERENTES DE ELEPCO S.A.	EVALUAR GRUPOS DE ELECTROGENOS DE EMERGENCIA	EVALUAR SISTEMAS DE CONTINUA COMO EMERGENCIA	
ACTIVIDADES	DIALOGO CON ELEPCO S.A PARA LA LINEA EXCLUSIVA DESDE LA S / E SALCEDO PARA LA ESPE	LEVANTAMIENTO DE DEMANDA SISTEMA ESPE - L	UBICACIÓN DE CARGAS SENCIBLES	
	FACTIBILIDAD DE SERVICIO CON ELEPCO S.A. PARA UNA LINEA ALTERNATIVA, DE SUMINISTRO DESDE LA S/E SAN RAFAEL	DETERMINACIÓN DEL GRUPO DE EMERGENCIA REQUERIDO	DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE CONTINUA REQUERIDO	
	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA FACTIBILIDAD DE SERVICIO DESDE LAS DOS LINEAS - ANÁLISIS ECONÓMICO	EFICIENCIA Y ANÁLISIS ECONÓMICO DEL GRUPO ELECTROGENO ESCOGIDO	EFICIENCIA Y ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE CONTINUA ESCOGIDO	
AUDITORIA ELÉCTRICA				

Cuadro No 9. Árbol de objetivos.

Fuente: Pablo Mena investigador

### 3.2.3 Propósito objetivo 3. (Cuadro No 10.)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
PLANIFICACIÓN : MARCO LOGICO				
Tesis de Maestría				
REALIZADO POR:	Pablo Mena L			
		INDICADORES VERIFICABLES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN	MANTENIMIENTO DE IMAGEN DE EXCELENCIA INSTITUCIONAL	Perdidas de horas clase/ Horas semestre	Hojas de cumplimiento plan analítico	No existencia de hojas de cumplimiento
FINES	RECUPERACIÓN DE EFICIENCIA Y EFICACIA	Horas dadas /Horas planificadas	Hojas de cumplimiento de	No existencia de hojas de
	ENTREGA OPORTUNA DE PRODUCTOS ACADÉMICOS Y DE INVESTIGACIÓN	Un producto académico por docente en cada	Estadísticas de Coordinador académico del area	No se tiene estadísticas
	DECREMENTO DE COSTOS DE REINICIALIZACIÓN Y REPOSICIÓN	Costo de falla anual	TTIKred del alimentador	No existe TTIKred
	BAJO RIESGO DE FALLA DE EQUIPOS Y PROCESOS SENSIBLES	Numero de fallas en este año en relación al año pasado.	TTIKred del alimentador L1	No existe TTIKred
PROPOSITO	AUTONOMIA ENERGÉTICA EN EL CAMPUS DE LA ESPE - LATACUNGA	Horas de laborables perdidas por falla electrica / año	Estadísticas de mantenimiento	Indicador mayor que uno
OBJETIVOS	EVALUAR UNA BARRA DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA PARA LA	Barra de transferencia instalada	Visita a la subestación de llegada de energía	Costo elevado de la barra de transferencia.
COMPONENTES	EVALUAR UNA BARRA CON TRANSFERENCIA AUTOMATICA DESDE DOS SUBESTACIONES DIFERENTES DE ELEPCO S.A.	Evaluar una barra con transferencia automática	Estudio de barra de transferencia automática	Estdio no aprobado por las autoridades
ACTIVIDADES	DIALOGO CON ELEPCO S.A PARA LA LINEA EXCLUSIVA DESDE LA S / E SALCEDO PARA LA ESPE	Datos de las subestaciones	Curvas de carga	Autoridades no autorizan reuniones tecnicas
	FACTIBILIDAD DE SERVICIO CON ELEPCO S.A. PARA UNA LINEA ALTERNATIVA, DE SUMINISTRO DESDE LA S/E SAN RAFAEL	Datos de los alimentadores, L1 y L3 respectivamente	Curvas de carga	Autoridades no autorizan reuniones tecnicas
	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA FACTIBILIDAD DE SERVICIO DESDE LAS DOS LINEAS - ANÁLISIS ECONÓMICO	Análisis de las curvas, y validación.	Demandas validadas	Datos no concuerdan

Cuadro No 10. Matriz de planificación objetivo 3.

Fuente: Pablo Mena investigador

### 3.2.4 Propósito objetivo 2. (Cuadro No 11.)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
PLANIFICACIÓN : MARCO LOGICO				
Tesis de Maestría				
REALIZADO POR:	Pablo Mena L			
		INDICADORES VERIFICABLES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN	MANTENIMIENTO DE IMAGEN DE EXCELENCIA INSTITUCIONAL	Perdidas de horas clase/ Horas semestre	Hojas de cumplimiento plan analítico	No existencia de hojas de cumplimiento
FINES	INCREMENTO DE LA CALIDAD DE LA ENSEÑANZA	Certificación del CEASSES	Estadísticas del CEASSES	No acreditados
	CUMPLIMIENTO DE LOS PLANES ANALITICOS	100 % de cumplimiento del	Estadísticas del coordinador de	< al 100 % el cumplimiento del
	BAJA INTERRUPCIÓN EN EL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE	Horas de clases perdidas por falla eléctrica / Numero de horas de clases	Estadísticas de mantenimiento	Indicador mayor a uno
PROPOSITO	AUTONOMIA ENERGÉTICA EN EL CAMPUS DE LA ESPE - LATACUNGA	Horas laborables perdidas por falla eléctrica / año anterior	Estadísticas de mantenimiento	Indicador mayor que uno
OBJETIVOS	EVALUAR UN SISTEMA DE EMERGENCIA UTILIZANDO UN GRUPO ELECTROGENO	Demanda de carga / capacidad del grupo electrogeno	Grupo electrogeno emergencia	Regulaciones del Municipio rígidas
COMPONENTES	EVALUAR GRUPOS ELECTROGENOS DE EMERGENCIA	Demanda de diseño / Capacidad de grupo electrogeno	Grupo electrogeno de emergencia	Curvas no validadas
ACTIVIDADES	LEVANTAMIENTO DEMANDA SISTEMA ESPEL	Demanda de diseño / Demanda real	Validada	Demanda no real
	DETERMINACIÓN DEL GRUPO DE EMERGENCIA REQUERIDO	Resultados validados / Resultados medidos	Curvas de carga	Datos no validados
	EFICIENCIA Y ANÁLISIS ECONÓMICO DEL GRUPO ELECTROGENO ESCOGIDO	Día típico	Datos validados - día típico	Datos no validados
AUDITORIA ELÉCTRICA				

Cuadro No 11. Matriz de planificación objetivo 2.

Fuente: Pablo Mena investigador

### 3.2.5 Propósito objetivo. (Cuadro No 12.)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
PLANIFICACIÓN : MARCO LOGICO				
Tesis de Maestría				
REALIZADO POR:	Pablo Mena L			
		INDICADORES VERIFICABLES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN	MANTENIMIENTO DE IMAGEN DE EXCELENCIA INSTITUCIONAL	Perdidas de horas clase/ Horas semestre	Hojas de cumplimiento plan analítico	No existencia de hojas de cumplimiento
FINES	RECUPERACIÓN DEL HABITAT ANTROPOGÉNICO DE LA ESPE	Mediciones de CO2	Datos obtenidos	No medición
	BAJA CONTAMINACIÓN DE LOS AMBIENTES INSTITUCIONALES	índice de CO2 presente año / año anterior	Datos Obtenidos	Indicador mayor a uno
	FIABILIDAD ALTA DEL SISTEMA SUMINISTRO DE AGUA Y EVACUACIÓN DE DESECHOS	Falta de suministro de agua en un periodo académico / año anterior	Estadísticas de la ESPE	Indicador mayor que uno
PROPOSITO	AUTONOMIA ENERGÉTICA EN EL CAMPUS DE LA ESPE - LATACUNGA	Horas de laborables perdidas por falla eléctrica / año anterior	Estadísticas de mantenimiento	Indicador mayor que uno
OBJETIVOS	EVALUAR SISTEMAS DE BANCOS DE BATERIAS PARA CARGAS SENCIBLES	Diseño en planos	Planos aprobados por la ESPE	No aprobación de planos
COMPONENTES	UBICACIÓN DE CARGAS SENCIBLES	Programas conseguidos	Programas funcionando	Programas caros
ACTIVIDADES	UBICACIÓN DE CARGAS SENCIBLES	Ubicación en planos	Verificación en sitio	No existencia de cargas sencibles
	DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE CONTINUA REQUERIDO	Ubicación en planos	Verificación en sitio	No existencia de cargas sencibles
	EFICIENCIA Y ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE CONTINUA ESCOGIDO	Costo de falla / Costo equipo	Datos validados - día típico	Datos no validados
AUDITORIA ELÉCTRICA				

Cuadro No 12. Matriz de planificación objetivo 1.

Fuente: Pablo Mena investigador

### 3.3 Recopilación y análisis de los datos del alimentador L1 – S/E Salcedo:

Para cumplir la investigación en su fase primera, se levantó las características técnicas de la S / E Salcedo, de la cual a la fecha sale el alimentador L1, que suministra de energía al campus “General Guillermo Rodríguez Lara” la ESPE – Latacunga, objeto de nuestro estudio.

Para validar las características técnicas de la S / Salcedo y del alimentador L1 / Norte Oriente, se recopiló datos de operación de una año atrás en la Empresa Eléctrica (Elepco S.A), y para el día típico “Miércoles” se tomó las referencias de la empresa en su despacho y del sistema eléctrico Ecuatoriano.

#### 3.3.1 Características, S / E Salcedo:

- La subestación Salcedo, es a 13.8 KV, y tiene cuatro alimentadores,
- El transformador es de 10 / 12.5 MVA – FOA; de 69 KV / 13.8 KV.
- Esta S/E se cuelga de la línea de 69 KV que une la S/E Ambato con la S/E San Rafael. La S / E Ambato, a través de la S / E Totoras se interconecta con el anillo de 230 KV, a cuyo nodo llegan las Centrales; de San Francisco con 230 MVA; Agoyán con 156 MVA, y la central Pucará con 70 MVA, y a través del doble circuito a 230 KV, el parque térmico del Guayas y la Central Paute con 1075 MVA<sup>37</sup>. De este nodo, se alimenta el campus “General Guillermo Rodríguez Lara” - la ESPE – Latacunga.
- La demanda actual y su relación a la capacidad nominal de la S / E, se refleja en el (figura No 19.)
- Para una demanda (tabla No 12.) con un crecimiento al de 3%<sup>38</sup> (aceptada por la Empresa), y su relación con la capacidad con el transformador.

---

<sup>37</sup>(CONELEC, Plan Maestro de Electrificación del Ecuador, 2013 - 2022)

<sup>38</sup> Demanda para planificación aceptada por ELEPCO S.A

Curva de Carga S / E Salcedo		
DÍA - TÍPICO: S / E y Alimentador		
Fecha: 26 de junio del 2013 - día típico		
S / E Salcedo		
Hora	Demanda S / E	Cap Trafo. FA
0:00	6,692.87	12,500.00
1:00	5,447.08	12,500.00
2:00	4,986.81	12,500.00
3:00	4,698.67	12,500.00
4:00	4,534.64	12,500.00
5:00	4,629.63	12,500.00
6:00	4,700.94	12,500.00
7:00	5,199.00	12,500.00
8:00	6,716.62	12,500.00
9:00	6,276.02	12,500.00
10:00	6,363.42	12,500.00
10:15	6,623.42	12,500.00
10:25	6,293.42	12,500.00
11:00	6,822.13	12,500.00
12:00	6,971.63	12,500.00
13:00	7,076.97	12,500.00
14:00	7,110.49	12,500.00
15:00	6,638.52	12,500.00
16:00	6,786.81	12,500.00
17:00	6,989.92	12,500.00
18:00	6,793.89	12,500.00
18:30	6,890.10	12,500.00
19:00	6,682.07	12,500.00
19:30	6,656.55	12,500.00
20:00	6,968.31	12,500.00
21:00	9,064.47	12,500.00
22:00	9,131.29	12,500.00
23:00	7,947.38	12,500.00

Tabla No 12. Datos de carga de la S/ E Salcedo; 2013.

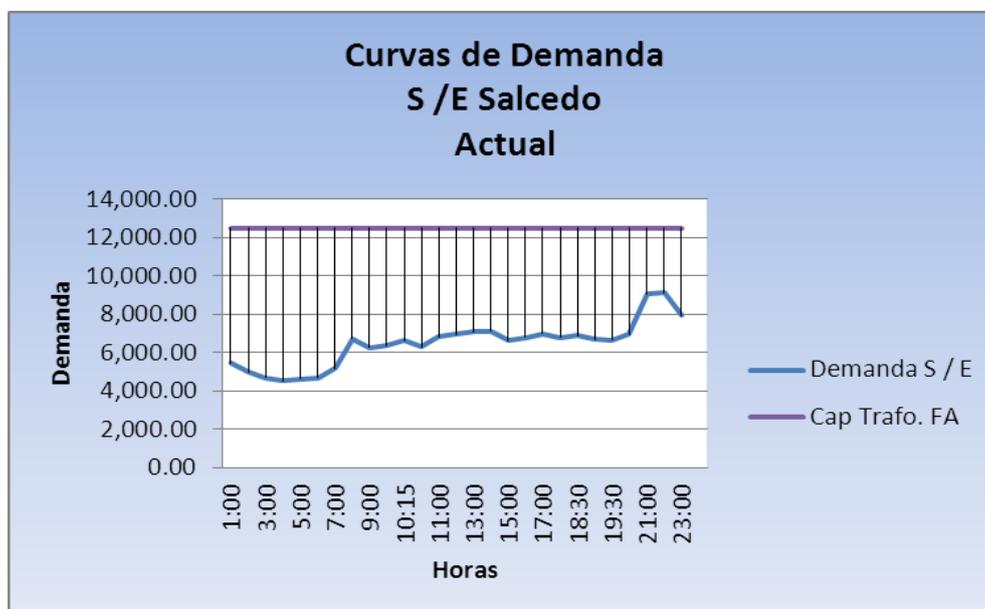


Figura No 19. Curva de carga de la S/ E Salcedo; 2013.

S / E Salcedo		
Hora	Demanda S/E - F	Capacidad Trafo FOA
0:00	8,994.66	12,500.00
1:00	7,320.41	12,500.00
2:00	6,701.86	12,500.00
3:00	6,314.61	12,500.00
4:00	6,094.18	12,500.00
5:00	6,221.84	12,500.00
6:00	6,317.67	12,500.00
7:00	6,987.03	12,500.00
8:00	9,026.57	12,500.00
9:00	8,434.45	12,500.00
10:00	8,457.83	12,500.00
11:00	9,168.38	12,500.00
12:00	9,369.29	12,500.00
13:00	9,510.85	12,500.00
14:00	9,555.90	12,500.00
15:00	8,921.61	12,500.00
16:00	9,120.90	12,500.00
17:00	9,393.87	12,500.00
18:00	9,130.42	12,500.00
18:30	9,259.72	12,500.00
19:00	8,980.14	12,500.00
19:30	8,945.85	12,500.00
20:00	9,364.82	12,500.00
21:00	12,181.88	12,500.00
22:00	12,271.70	12,500.00
23:00	10,680.61	12,500.00

Tabla No13. Datos de carga de la S/ E Salcedo; 2024.



Figura No 20. Curva de carga de la S/ E Salcedo; 2024.

### 3.3.2 Características del alimentador L1 - Norte Oriente; S / E Salcedo:

- Tiene una longitud de 208 Km entre conductor monofásico y trifásico,
- Conductor, AWG 3 /0, capacidad nominal 6 MVA
- La capacidad del alimentador, para efectos de proyección, por la empresase acepta, 4 MVA.

- La demanda a proyección a 10 años, se indica en la (Tabla No 13.).
- La demanda proyectada de 3% anual, se obtuvieron los datos que se indican en la (Tabla. No 14.).

Curva de carga Alimentador L1 Salcedo - Actual		
DÍA - TÍPICO: Alimentador L1		
Fecha: 26 de junio del 2013 - día típico		
Hora	Alimentador L1 - Norte Oriente: Conductor 3 / 0 AWG	
	Demanda L1 - A	Capacidad
0:00	1,559.37	4,000.00
1:00	1,252.64	4,000.00
2:00	1,095.88	4,000.00
3:00	1,003.70	4,000.00
4:00	957.18	4,000.00
5:00	951.69	4,000.00
6:00	936.85	4,000.00
7:00	972.15	4,000.00
8:00	1,120.51	4,000.00
9:00	1,269.81	4,000.00
10:00	1,275.70	4,000.00
10:15	1,375.70	4,000.00
10:25	1,376.70	4,000.00
11:00	1,440.23	4,000.00
12:00	1,448.93	4,000.00
13:00	1,461.76	4,000.00
14:00	1,516.93	4,000.00
15:00	1,477.67	4,000.00
16:00	1,467.22	4,000.00
17:00	1,509.90	4,000.00
18:00	1,566.95	4,000.00
18:30	1,563.39	4,000.00
19:00	1,559.08	4,000.00
19:30	1,562.19	4,000.00
20:00	1,652.85	4,000.00
21:00	1,929.09	4,000.00
22:00	1,975.08	4,000.00
23:00	1,804.80	4,000.00

Tabla No 14. Datos de carga del alimentador L1 de S/E Salcedo.<sup>39</sup>2013.

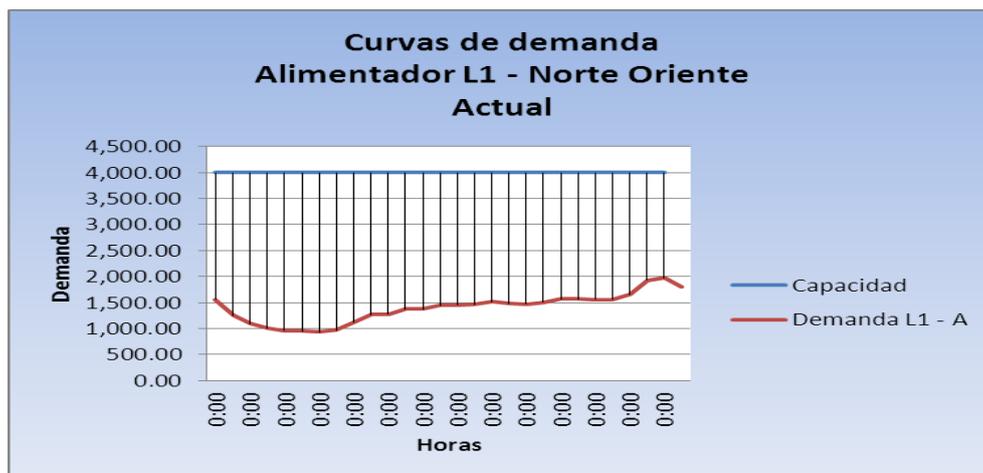


Figura No 21. Curva de carga del alimentador L1 de S/E Salcedo.<sup>40</sup>2013.

<sup>39</sup> Datos; Departamento técnico ELEPCO S.A. del Alimentador L1, de la S / E Salcedo

L1 - Norte Oriente S / E Salcedo		
Hora	Demanda L1 - F	Capacidad 3/0
0:00	2.540,05	4.000,00
1:00	2.040,43	4.000,00
2:00	1.785,08	4.000,00
3:00	1.634,92	4.000,00
4:00	1.559,14	4.000,00
5:00	1.550,20	4.000,00
6:00	1.526,03	4.000,00
7:00	1.583,53	4.000,00
8:00	1.825,19	4.000,00
9:00	2.068,38	4.000,00
10:00	2.077,98	4.000,00
11:00	2.345,99	4.000,00
12:00	2.360,16	4.000,00
13:00	2.381,05	4.000,00
14:00	2.470,93	4.000,00
15:00	2.406,96	4.000,00
16:00	2.389,94	4.000,00
17:00	2.459,47	4.000,00
18:00	2.552,40	4.000,00
18:30	2.546,60	4.000,00
19:00	2.539,58	4.000,00
19:30	2.544,64	4.000,00
20:00	2.692,32	4.000,00
21:00	3.142,29	4.000,00
22:00	3.217,20	4.000,00
23:00	2.939,83	4.000,00

Tabla No15. Datos de carga del alimentador L1 de S/E Salcedo.<sup>41</sup> 2024.



Figura No 22. Curva de carga del alimentador L1 de S/E Salcedo.<sup>42</sup> 2024.

<sup>40</sup> Datos; Departamento técnico ELEPCO S.A. del Alimentador L1, de la S / E Salcedo

<sup>41</sup> Datos; Departamento técnico ELEPCO S.A. del Alimentador L1, de la S / E Salcedo

<sup>42</sup> Datos; Departamento técnico ELEPCO S.A. del Alimentador L1, de la S / E Salcedo

### **3.4 Recopilación y análisis de los datos del alimentador L3 – S/E San Rafael:**

Con similar criterio al de la S / E Salcedo se levantó información de las características técnicas de la S / E San Rafael. Para analizar el alimentador L3 / Niagara, que llega hasta el campus, pero que a la fecha no es fuente de suministro para la ESPE – L, pero que puede ser una alternativa de doble entrada para la misma.

Para validar las características técnicas de la S / San Rafael y del alimentador L3/ Niagara, se recopiló datos de operación de un año atrás en la Empresa Eléctrica (Elepco S.A), y para el día típico “Miércoles” se tomó las referencias de la empresa en su despacho y del sistema eléctrico Ecuatoriano.

#### **3.4.1 Características, S / E San Rafael:**

- La subestación San Rafael, es a 13.8 KV, y tiene cuatro alimentadores,
- El transformador es de 10 / 12.5 MVA – FOA; de 69 KV / 13.8 KV.
- Esta S/E es la llegada de la línea de 69 KV que une la S/E Ambato con la S/E San Rafael (Latacunga). La S / E Ambato, a través de la S / E Totoras interconecta con el anillo de 230 KV. A la S/E Totoras llegan las Centrales de: San Francisco con 230 MVA, Agoyán con 156 MVA, y la central Pucará con 70 MVA, y a través del doble circuito a 230 KV el parque térmico del Guayas y la Central Paute con 1075 MVA. La S/E San Rafael en paralelo recibe a 69 KV desde la S/ E Mulalo, 69 KV / 138 KV que a través de la línea Pucará – Vicentina – Santa Rosa, se une al anillo a 230 KV<sup>43</sup>.
- La demanda actual y su relación a la capacidad nominal de la S / E se refleja en el (Tabla No 16.)
- Para una demanda futura con un crecimiento de 3%<sup>44</sup> (aceptada por la Empresa) y su relación con la capacidad con el transformador, se refleja (Tabla N0 17.).

---

<sup>43</sup> Departamento técnico, de ELEPCO S.A; Diagrama unifilar. y CONELEC; Plan Maestro de Electrificación: pag.252

<sup>44</sup> Demanda para planificación aceptada por ELEPCO S.A

<b>Curva de carga de la S / E San Rafael - Actual</b>		
<b>DÍA - TÍPICO: S / E</b>		
<b>Fecha: 26 de julio del 2013 - día típico</b>		
<b>Hora</b>	<b>Demanda S / E</b>	<b>Cap Trafo. FA</b>
0:00	4,221.53	12,500.00
1:00	4,108.88	12,500.00
2:00	3,794.46	12,500.00
3:00	3,612.89	12,500.00
4:00	3,985.78	12,500.00
5:00	4,661.41	12,500.00
6:00	5,738.68	12,500.00
7:00	5,740.03	12,500.00
8:00	5,703.42	12,500.00
9:00	6,204.39	12,500.00
10:00	6,374.20	12,500.00
10:15	6,354.20	12,500.00
10:30	6,284.20	12,500.00
11:00	6,202.23	12,500.00
12:00	6,228.18	12,500.00
13:00	5,442.49	12,500.00
14:00	5,592.33	12,500.00
15:00	5,471.82	12,500.00
16:00	5,562.45	12,500.00
17:00	5,319.00	12,500.00
18:00	5,634.29	12,500.00
18:30	6,140.62	12,500.00
19:00	7,137.00	12,500.00
19:30	7,590.82	12,500.00
20:00	7,422.04	12,500.00
21:00	6,578.49	12,500.00
22:00	5,439.02	12,500.00
23:00	4,671.50	12,500.00

Tabla No 16. Datos de carga de la S/ E San Rafael<sup>45</sup>, 2013.

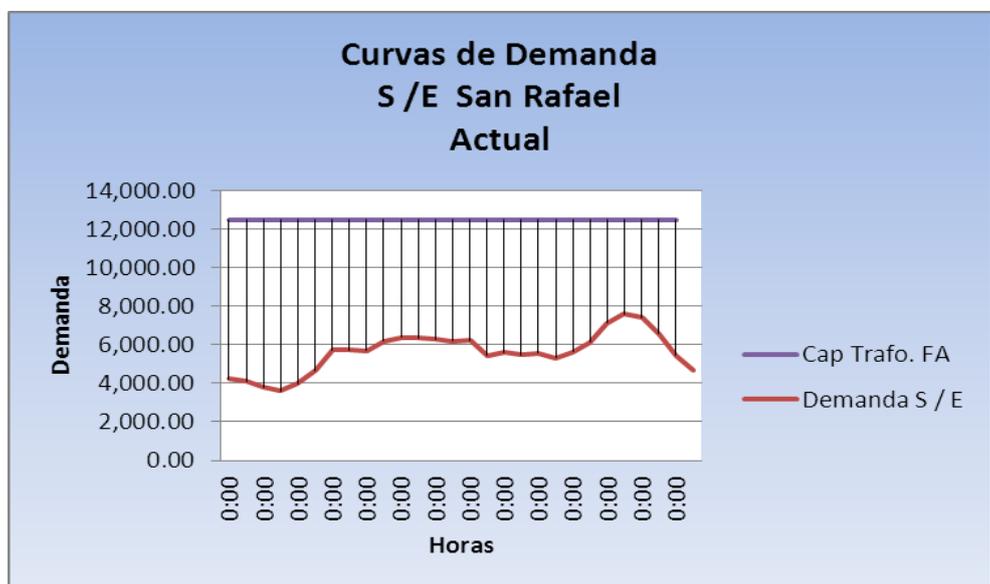


Figura No 23. Curva de carga de la S/ E San Rafael<sup>46</sup>, 2013.

<sup>45</sup> Datos Departamento de Mantenimiento de ELEPCO S.A.

<sup>46</sup> Datos Departamento de Mantenimiento de ELEPCO S.A.

S / E San Rafael		
Hora	Demanda S/E - F	Capacidad Trafo FOA
0:00	5.673,39	12.500,00
1:00	5.521,98	12.500,00
2:00	5.099,44	12.500,00
3:00	4.855,42	12.500,00
4:00	5.356,56	12.500,00
5:00	6.264,55	12.500,00
6:00	7.712,31	12.500,00
7:00	7.714,12	12.500,00
8:00	7.664,93	12.500,00
9:00	8.338,18	12.500,00
10:00	8.566,40	12.500,00
11:00	8.335,27	12.500,00
12:00	8.370,16	12.500,00
13:00	7.314,25	12.500,00
14:00	7.515,62	12.500,00
15:00	7.353,67	12.500,00
16:00	7.475,47	12.500,00
17:00	7.148,29	12.500,00
18:00	7.572,02	12.500,00
18:30	8.252,48	12.500,00
19:00	9.591,53	12.500,00
19:30	10.201,43	12.500,00
20:00	9.974,61	12.500,00
21:00	8.840,94	12.500,00
22:00	7.309,59	12.500,00
23:00	6.278,11	12.500,00

Tabla No 17. Datos de carga de la S/ E San Rafael<sup>47</sup>.2024.

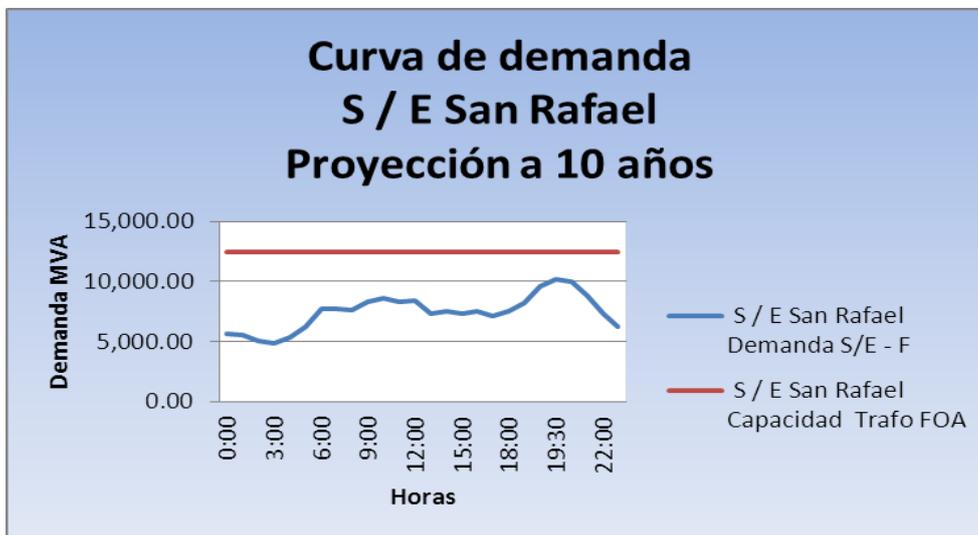


Figura No 24. Curva de carga de la S/ E San Rafael<sup>48</sup>.2024.

<sup>47</sup> Datos Departamento de Mantenimiento de ELEPCO S.A.

<sup>48</sup> Datos Departamento de Mantenimiento de ELEPCO S.A.

### 3.4.2 Las características del alimentador L3/ Niagara:

- Tiene una longitud de 46 Km entre conductor monofásico y trifásico,
- Conductor, AWG 3 /0, capacidad nominal 6 MVA
- La capacidad del alimentador para efectos de proyección por la empresa se acepta, 4 MVA.
- La demanda a proyección a 10 años, se indica en la (Tabla No 18.).
- La demanda proyectada de 3% anual, se obtuvieron los datos que se indican en la (Tabla No 19.).

<b>L3 - Niagara S / E San Rafael</b>		
<b>Hora</b>	<b>Demanda L3</b>	<b>Capacidad 3/0</b>
0:00	1,184.84	4,000.00
1:00	1,152.67	4,000.00
2:00	1,105.27	4,000.00
3:00	1,074.25	4,000.00
4:00	1,074.25	4,000.00
5:00	1,184.84	4,000.00
6:00	1,190.89	4,000.00
7:00	1,260.94	4,000.00
8:00	1,292.08	4,000.00
9:00	1,349.62	4,000.00
10:00	1,568.37	4,000.00
11:00	1,579.37	4,000.00
12:00	1,668.37	4,000.00
13:00	1,517.80	4,000.00
14:00	1,541.15	4,000.00
15:00	1,564.50	4,000.00
16:00	1,634.56	4,000.00
17:00	1,634.56	4,000.00
18:00	1,634.56	4,000.00
18:30	1,478.89	4,000.00
19:00	1,478.89	4,000.00
19:30	1,725.08	4,000.00
20:00	2,101.57	4,000.00
21:00	2,179.41	4,000.00
22:00	2,101.57	4,000.00
23:00	1,725.08	4,000.00

Tabla No 18. Datos de carga del alimentador L3 de S/E San Rafael.<sup>49</sup>2013.

<sup>49</sup> Datos: Departamento de mantenimiento de ELEPCO S.A.: del Alimentador L3 de la S / E San Rafael

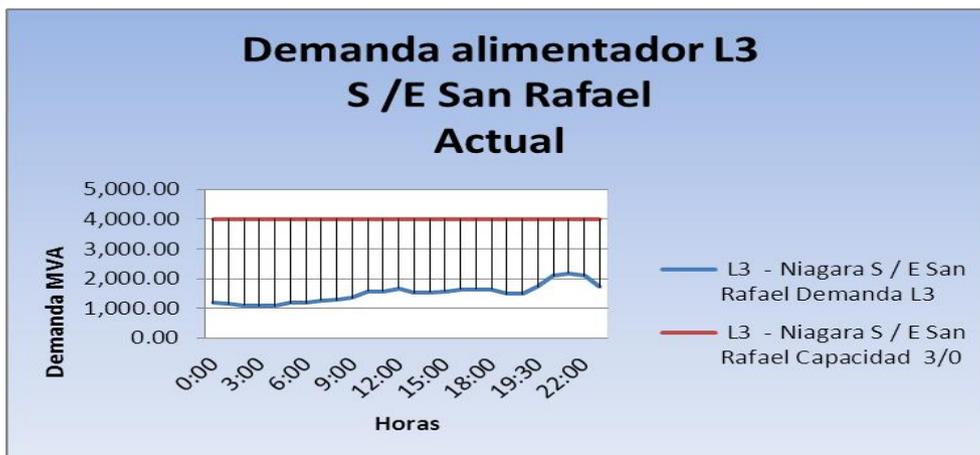


Figura No 25. Curva de carga del alimentador L3 de S/E San Rafael.<sup>50</sup> 2013.

<b>L3 - Niagara S / E San Rafael</b>		
<b>Hora</b>	<b>Demanda L3 - F</b>	<b>Capacidad 3/0</b>
0:00	1.929,98	4.000,00
1:00	1.877,57	4.000,00
2:00	1.800,37	4.000,00
3:00	1.749,84	4.000,00
4:00	1.749,84	4.000,00
5:00	1.929,98	4.000,00
6:00	1.939,84	4.000,00
7:00	2.053,95	4.000,00
8:00	2.104,66	4.000,00
9:00	2.198,39	4.000,00
10:00	2.554,71	4.000,00
11:00	2.472,34	4.000,00
12:00	2.510,38	4.000,00
13:00	2.548,41	4.000,00
14:00	2.662,52	4.000,00
15:00	2.662,52	4.000,00
16:00	2.662,52	4.000,00
17:00	2.408,95	4.000,00
18:00	2.408,95	4.000,00
18:30	2.809,97	4.000,00
19:00	3.423,24	4.000,00
19:30	3.550,03	4.000,00
20:00	3.423,24	4.000,00
21:00	2.809,97	4.000,00
22:00	1.915,89	4.000,00
23:00	1.982,94	4.000,00

Tabla No 19. Datos de carga del alimentador L3 de S/E San Rafael.<sup>51</sup>2024.

<sup>50</sup> Datos: Departamento de mantenimiento de ELEPCO S.A.: del Alimentador L3 de la S / E San Rafael

<sup>51</sup> Datos: Departamento de mantenimiento de ELEPCO S.A.: del Alimentador L3 de la S / E San Rafael

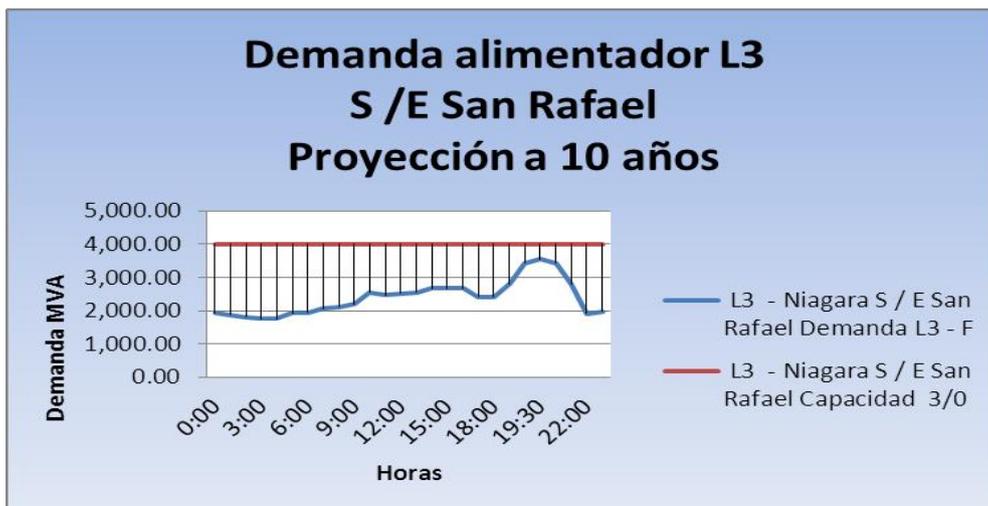


Figura No 26. Curva de carga del alimentador L3 de S/E San Rafael.<sup>52</sup>2024.

### 3.5 Curva de carga y datos de la demanda campus ESPE – Latacunga:

Por Identidad institucional, el conjunto de docencia, infraestructura y administrativa será similar entre la ESPE Extensión Latacunga y la ESPE – Quito – Matriz, por lo cual los datos de Latacunga, fueron calculados tomando como referencia la carga de la ESPE – Quito, que a la fecha de la investigación, tiene una demanda de 632.55 KVA, a las 10H25.

En los centros de transformación de la ESPE – Quito, la demanda instalada es de: 1.832.50 KVA, esta demanda será referencial para la demanda del campus - Latacunga

CENTRO DE CARGA		
CAMPUS " ESPE - QUITO "		
Centro de carga	Ubicación	Potencia (KVA)
CT1	Servicios Estacionamiento	160.00
CT2	Biblioteca y Administrativo	350.00
CT3	Laboratorios	112.50
CT4	Aulas + Postgrados	400.00
CT5	Talleres y exterior	75.00
CT6	Cocina + Comedor	300.00
CT7	Bombas de agua y reciclaje	160.00
CT8	Brazos roboticos + Mecánica	175.00
CT9	Galpones CICTE	100.00
Total		1,832.50

Cuadro No 13. Demanda por centros de transformación ESPE – Quito<sup>53</sup>.

<sup>52</sup> Datos: Departamento de mantenimiento de ELEPCO S.A.: del Alimentador L3 de la S / E San Rafael

<sup>53</sup>(Nieto & Stalin, 2012)

### 3.5.1 Curva de demanda ESPE – Matriz:

Para obtener la curva de demanda de la ESPE – Quito, a ser utilizada como referencia para la ESPE – Latacunga con el medidor de carga Fluke 435, se midió por siete días en los centros de transformación indicados y se obtuvieron los datos que en promedio por demanda coincidente, nos dieron la curva de carga, (figura No 27.).

Para relacionar la curva de carga de la ESPE – Quito (Tabla No 20.) y la de la ESPE – Latacunga, (Tabla No 21.), se obtuvo un factor de relación que es:

Factor de relación = Demanda real de ESPE – Quito / Sumatoria CTs.

Los valores de la curva de carga, de la ESPE – L es = Factor \* Demanda de los centros de transformación (1200 KVA, cuadro No 14.). Esta relación, es la que indica en el cuadro como Factor = B7 / D7

SISTEMA DE POTENCIA - ESPE - QUITO			
FACTORES PARA CURVA DE CARGA			
Horas	Demanda Kva	Factor = B7/D7	Sumatoria CTs - Capacidad Máxima
0:05:00	156.38	0.09	1,832.50
1:05:00	149.11	0.08	1,832.50
2:05:00	146.30	0.08	1,832.50
3:05:00	157.39	0.09	1,832.50
4:05:00	167.49	0.09	1,832.50
5:05:00	176.85	0.10	1,832.50
6:05:00	242.00	0.13	1,832.50
7:05:00	382.13	0.21	1,832.50
8:05:00	519.69	0.28	1,832.50
9:05:00	583.93	0.32	1,832.50
10:05:00	577.60	0.32	1,832.50
10:15:00	616.94	0.34	1,832.50
10:25:00	632.55	0.35	1,832.50
11:05:00	594.57	0.32	1,832.50
12:05:00	570.41	0.31	1,832.50
13:05:00	585.72	0.32	1,832.50
14:05:00	579.50	0.32	1,832.50
15:05:00	549.99	0.30	1,832.50
16:05:00	461.23	0.25	1,832.50
17:05:00	434.07	0.24	1,832.50
18:05:00	439.10	0.24	1,832.50
19:05:00	475.64	0.26	1,832.50
20:05:00	464.53	0.25	1,832.50
21:05:00	410.72	0.22	1,832.50
22:05:00	250.61	0.14	1,832.50
23:05:00	211.49	0.12	1,832.50
23:55:00	182.36	0.10	1,832.50

Tabla No 20. Datos para la curva de carga de la ESPE – Quito.

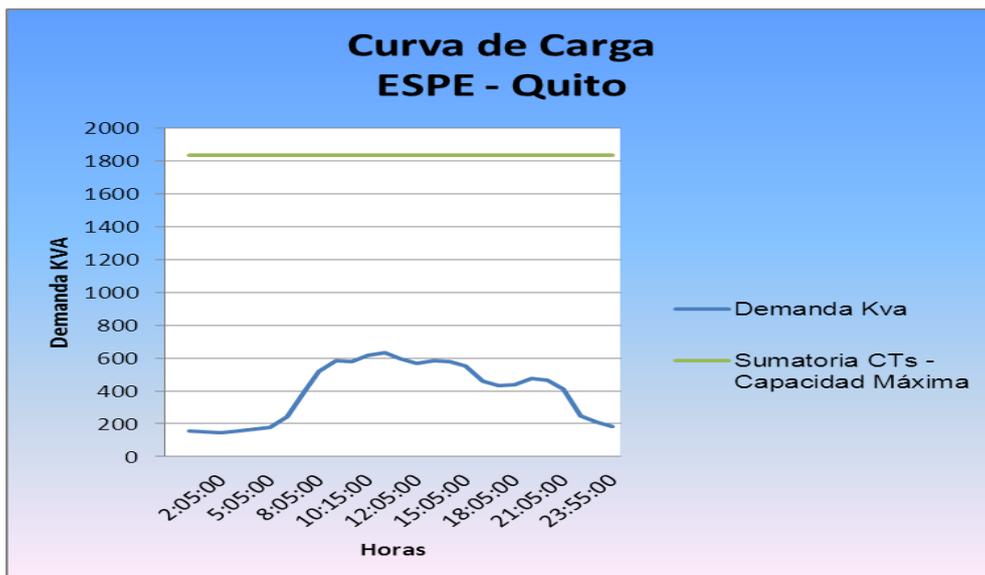


Figura No 27. Curva de Carga de la ESPE – Quito.

### 3.5.2 Curva de demanda ESPE – Latacunga:

Los valores de la curva de carga, de la ESPE – L es =  $(B7 / D7) * 1200$  KVA

CB7 / D7 = Factor de (Tabla No 20.) de la demanda de la ESPE Matriz. 1200 KVA la demanda en centros de transformación de la ESPE – Latacunga

El Campus “General Guillermo Rodríguez Lara” de la ESPE – Latacunga, con proyección a 10 años, por el número de alumnos proyectado para la sede.

CENTRO DE CARGA CAMPUS " GUENERAL GUILLERMO RODRIGUEZ LARA "		
Centro de carga	Ubicación	Potencia (KVA)
CT1	Edificio Administrativo	100.00
CT7	Biblioteca	75.00
CT2	Auditorio	75.00
CT9	Comedor - Cocina	30.00
CT8	Residencia Universitaria	150.00
CT3	Bloque de Aulas	200.00
CT6	Bloque de Aulas	300.00
CT5	Laboratorios	100.00
CT10	Talleres	50.00
CT4	Resiclaje y desechos	30.00
CT11	Area deportiva descubierta	30.00
CT12	Area deportiva cubierta	30.00
CT00	Servicios - estacionamiento	30.00
<b>Total</b>		<b>1,200.00</b>

Cuadro No 14. Demanda Centros de transformación ESPE – L por Diseño.

SISTEMA DE POTENCIA - ESPE - LATACUNGA			
CURVA DE CARGA			
Horas	Demanda Kva	Factor = ESPE - Quito	Sumatoria CTs - Capacidad Máxima
0:05:00	143.06	0.12	1,200.00
1:05:00	137.90	0.11	1,200.00
2:05:00	140.66	0.12	1,200.00
3:05:00	148.61	0.12	1,200.00
4:05:00	143.88	0.12	1,200.00
5:05:00	148.45	0.12	1,200.00
6:05:00	185.54	0.15	1,200.00
7:05:00	314.23	0.26	1,200.00
8:05:00	474.22	0.40	1,200.00
9:05:00	513.24	0.43	1,200.00
10:05:00	508.43	0.42	1,200.00
10:15:00	527.94	0.44	1,200.00
10:25:00	538.79	0.45	1,200.00
11:05:00	523.95	0.44	1,200.00
12:05:00	502.65	0.42	1,200.00
13:05:00	514.43	0.43	1,200.00
14:05:00	493.80	0.41	1,200.00
15:05:00	475.81	0.40	1,200.00
16:05:00	417.07	0.35	1,200.00
17:05:00	390.95	0.33	1,200.00
18:05:00	398.68	0.33	1,200.00
19:05:00	442.83	0.37	1,200.00
20:05:00	424.27	0.35	1,200.00
21:05:00	375.20	0.31	1,200.00
22:05:00	224.85	0.19	1,200.00
23:05:00	186.20	0.16	1,200.00
23:55:00	180.00	0.15	1,200.00

Tabla No 21. Cuadro de demanda de la ESPE – Latacunga - Calculada.

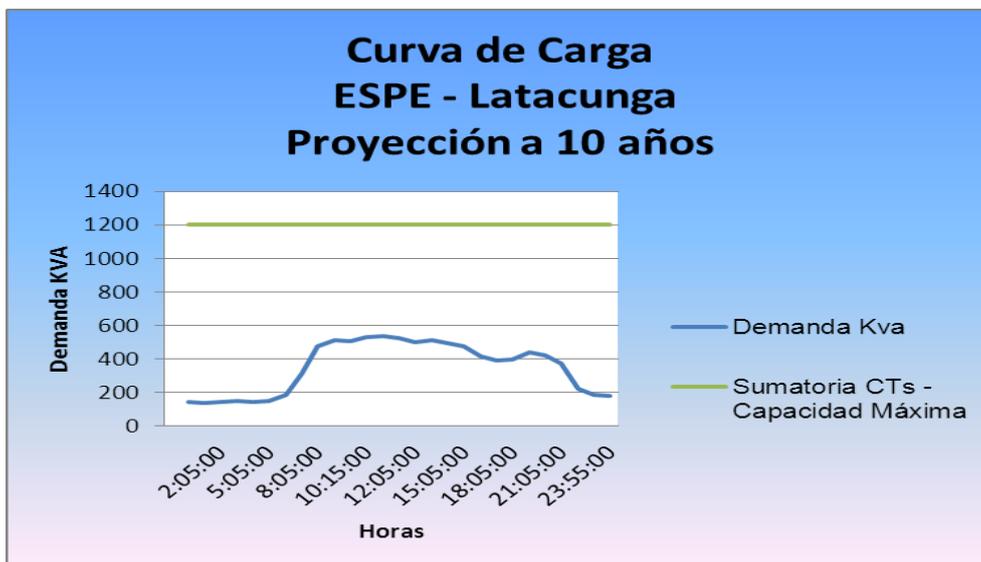


Figura No 28. Curva de demanda de ESPE – Latacunga.

### 3.5.3 Curva de demanda por transformador de la ESPE – Latacunga:

Con el mismo criterio y metodología se levantó los factores para las curvas de carga de los Centros de transformación de la ESPE – Quito; y, por relación simple se obtuvo las curvas de carga de cada centro de transformación diseñado para el Campus “General Guillermo Rodríguez Lara”, de la ESPE – Latacunga. Los datos se utilizaron para determinar la demanda de campus, con sus características propias.

La medición se realizó por siete días, cada cinco minutos de intervalo con el analizador “FLUKE 435”<sup>54</sup> (figura No 29.).

Las características del equipo “Fluke 435. Se indican en (cuadro No 15.)

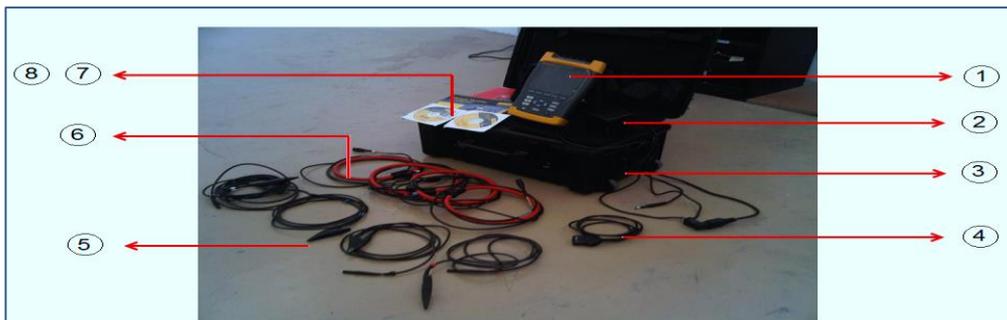


Figura No 29. Fluke 435.

1	Analizador de calidad de la energía eléctrica
2	Cargador de batería con adaptador/Adaptador de red.
3	Estuche rígido C430.
4	Cable de comunicación óptico USB
5	Cables de prueba, 2,5 m. con pinzas de cocodrilo, Juego de 5
6	Pinzas amperimétrica de CA 400 A (1 mV/A) y 40 A (10 mV/A) conmutable. Juego de 4 piezas i400s.
7, 8	Manual de iniciación + CD ROM con Manual de uso y Manual de iniciación (varios idiomas)

Cuadro No 15. Características del Fluke 435.

Con los factores obtenidos, se calculó la demanda para cada centro de transformación del campus “General Guillermo Rodríguez Lara” de la ESPE –

<sup>54</sup>ESPE – L: Medidor de Energía: Laboratorio de alto voltaje:

Extensión Latacunga, tomando las equivalencias en funciones administrativas y técnicas con la ESPE – Quito, (Tabla No 21.).

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE - QUITO																												
DEMANDA HORARIA POR CENTRO DE TRANSFORMACIÓN																												
Horas	CT1 - 160 KVA			CT2 - 350 KVA			CT3 - 112,50 KVA			CT4 - 400 KVA			CT5 - 75 KVA			CT6 - 300 KVA			CT7 - 160 KVA			CT8 - 175 KVA			CT9 - 100 KVA			Demanda Total
	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	
0:05:00	1,88	0,01	160	19,37	0,06	350	4,16	0,04	112,50	82,38	0,21	400	0,02	0,00	75	43,88	0,15	300	0,00	0,00	160	4,67	0,03	175	0,00	0,00	100	156,36
1:05:00	3,36	0,02	160	17,72	0,05	350	4,76	0,04	112,50	80,79	0,20	400	0,54	0,01	75	37,33	0,12	300	0,00	0,00	160	4,58	0,03	175	0,00	0,00	100	149,08
2:05:00	2,42	0,02	160	17,73	0,05	350	6,01	0,05	112,50	80,82	0,20	400	3,67	0,05	75	32,65	0,11	300	0,00	0,00	160	2,98	0,02	175	0,00	0,00	100	146,28
3:05:00	2,29	0,01	160	18,06	0,05	350	21,45	0,19	112,50	78,53	0,20	400	1,91	0,03	75	31,87	0,11	300	0,00	0,00	160	3,25	0,02	175	0,00	0,00	100	157,36
4:05:00	2,53	0,02	160	18,00	0,05	350	20,66	0,18	112,50	78,36	0,20	400	0,89	0,01	75	27,98	0,09	300	0,00	0,00	160	19,05	0,11	175	0,00	0,00	100	167,47
5:05:00	3,12	0,02	160	25,23	0,07	350	21,03	0,19	112,50	74,08	0,19	400	4,20	0,06	75	29,66	0,10	300	0,00	0,00	160	19,51	0,11	175	0,00	0,00	100	176,83
6:05:00	4,29	0,03	160	34,94	0,10	350	22,52	0,20	112,50	76,78	0,19	400	0,59	0,01	75	84,01	0,28	300	0,00	0,00	160	19,54	0,11	175	0,00	0,00	100	242,67
7:05:00	5,93	0,04	160	103,40	0,30	350	12,68	0,11	112,50	149,34	0,37	400	7,01	0,09	75	86,38	0,29	300	7,27	0,05	160	10,11	0,06	175	0,00	0,00	100	382,12
8:05:00	6,71	0,04	160	105,89	0,30	350	19,76	0,18	112,50	252,43	0,63	400	22,98	0,31	75	84,95	0,28	300	11,94	0,07	160	15,00	0,09	175	0,00	0,00	100	519,66
9:05:00	7,01	0,04	160	111,20	0,32	350	40,10	0,36	112,50	251,89	0,63	400	33,38	0,45	75	89,46	0,30	300	17,01	0,11	160	33,85	0,19	175	0,00	0,00	100	583,90
10:05:00	6,05	0,04	160	110,29	0,32	350	37,44	0,33	112,50	276,01	0,69	400	18,24	0,24	75	71,05	0,24	300	23,86	0,15	160	34,64	0,20	175	0,00	0,00	100	577,58
10:15:00	6,36	0,04	160	116,12	0,33	350	38,87	0,35	112,50	281,04	0,70	400	18,24	0,24	75	81,01	0,27	300	39,88	0,25	160	35,23	0,20	175	0,00	0,00	100	616,75
10:25:00	7,65	0,05	160	118,54	0,34	350	37,80	0,34	112,50	281,53	0,70	400	20,06	0,27	75	92,75	0,31	300	40,02	0,25	160	34,17	0,20	175	0,00	0,00	100	632,52
11:05:00	7,32	0,05	160	113,67	0,32	350	36,72	0,33	112,50	275,04	0,69	400	25,25	0,34	75	79,90	0,27	300	23,08	0,14	160	34,57	0,20	175	0,00	0,00	100	595,55
12:05:00	5,69	0,04	160	109,34	0,31	350	35,45	0,32	112,50	262,13	0,66	400	22,96	0,31	75	85,87	0,29	300	13,58	0,08	160	35,34	0,20	175	0,00	0,00	100	570,36
13:05:00	4,70	0,03	160	109,47	0,31	350	32,68	0,29	112,50	269,60	0,67	400	23,27	0,31	75	93,46	0,31	300	13,63	0,09	160	34,04	0,19	175	4,83	0,05	100	585,68
14:05:00	4,90	0,03	160	112,08	0,32	350	33,24	0,30	112,50	243,45	0,61	400	20,71	0,28	75	116,65	0,39	300	13,98	0,09	160	29,69	0,17	175	4,79	0,05	100	579,49
15:05:00	6,16	0,04	160	108,40	0,31	350	34,45	0,31	112,50	241,68	0,60	400	22,52	0,30	75	86,96	0,29	300	13,50	0,08	160	31,58	0,18	175	4,69	0,05	100	549,94
16:05:00	4,54	0,03	160	88,85	0,25	350	28,57	0,25	112,50	239,00	0,60	400	11,41	0,15	75	46,83	0,16	300	15,01	0,09	160	27,99	0,16	175	0,00	0,00	100	462,20
17:05:00	5,03	0,03	160	81,96	0,23	350	26,83	0,24	112,50	221,93	0,55	400	9,43	0,13	75	54,35	0,18	300	7,09	0,04	160	27,43	0,16	175	0,00	0,00	100	434,05
18:05:00	28,14	0,18	160	87,57	0,25	350	9,84	0,09	112,50	227,30	0,57	400	13,40	0,18	75	59,70	0,20	300	6,78	0,04	160	6,33	0,04	175	0,00	0,00	100	439,06
19:05:00	29,18	0,18	160	80,85	0,23	350	12,27	0,11	112,50	236,30	0,59	400	32,80	0,44	75	70,51	0,24	300	1,30	0,01	160	11,21	0,06	175	1,17	0,01	100	475,59
20:05:00	27,97	0,17	160	78,27	0,22	350	9,51	0,08	112,50	229,60	0,57	400	29,36	0,39	75	68,96	0,23	300	0,00	0,00	160	20,82	0,12	175	0,00	0,00	100	464,49
21:05:00	27,06	0,17	160	56,77	0,16	350	22,82	0,20	112,50	195,89	0,49	400	29,23	0,39	75	56,21	0,19	300	0,00	0,00	160	22,71	0,13	175	0,00	0,00	100	410,69
22:05:00	5,20	0,03	160	18,17	0,05	350	22,03	0,20	112,50	119,31	0,30	400	7,53	0,10	75	58,37	0,19	300	0,00	0,00	160	19,97	0,11	175	0,00	0,00	100	250,58
23:05:00	1,61	0,01	160	19,61	0,06	350	19,38	0,17	112,50	98,50	0,25	400	5,21	0,07	75	46,84	0,16	300	0,00	0,00	160	20,76	0,12	175	0,00	0,00	100	211,91
23:55:00	1,61	0,01	160	19,76	0,06	350	19,17	0,17	112,50	90,66	0,23	400	4,98	0,07	75	40,19	0,13	300	0,00	0,00	160	5,97	0,03	175	0,00	0,00	100	182,34

Notas;  
1.- Valor = Valor medido en KVA  
2.- Factor = Relación entre la demanda / Potencia aparente  
3.- S = Potencia aparente

Cuadro No 16. Demanda por cada centro de transformación: ESPE - QUITO

CENTRO DE CARGA			CENTRO DE CARGA	
CAMPUS " ESPE - QUITO "			CAMPUS " ESPE - LATACUNGA "	
Centro de carga	Ubicación	KVA	Equivalencia	KVA
CT1	Servicios Estacionamiento	160,00	CT00	30,00
CT2	Biblioteca y Administrativo	350,00	CT1 + CT7 + CT2	250,00
CT3	Laboratorios	112,50	CT5	100,00
CT4	Aulas + Postgrados	400,00	CT3 + CT6	500,00
CT5	Talleres y exterior	75,00	CT10 + CT11 + CT12	110,00
CT6	Cocina + Comedor	300,00	CT9 + CT8	180,00
CT7	Bombas de agua y reciclaje	160,00		30,00
CT8	Brazos roboticos + Mecánica	175,50	CT4	
CT9	Galpones CICTE	100,00		
Total		1.833,00		1.200,00

Cuadro No 17.Equivalencias entre los centros de carga: ESPE – Quito y Latacunga.

CENTRO DE CARGA - ESPECIALES		
CAMPUS " ESPE - LATACUNGA "		
Centro de carga	Ubicación	Potencia (KVA)
CT4	Aulas + Postgrados	500,00
CT6	Cocina + Comedor	180,00
CT7	Bombas de agua y reciclaje	30,00
Total		710,00

Cuadro No 18.Centros de transformación: ESPE – Latacunga.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA																												
DEMANDA HORARIA POR CENTRO DE TRANSFORMACIÓN																												
Horas	CT1 - 30 KVA			CT2 - 250 KVA			CT3 - 100 KVA			CT4 - 500 KVA			CT5 - 110 KVA			CT6 - 180 KVA			CT7 - 30 KVA			CT8 - 0 KVA			CT9 - 0 KVA			Demanda Total
	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	Valor	Factor	S	
0:05:00	0.35	0.01	30	9.69	0.06	175	3.70	0.04	100.00	102.98	0.21	500	0.02	0.00	110	26.33	0.15	180	0.00	0.00	30	0.00	0.03	0	0.00	0.00	0	143.06
1:05:00	0.63	0.02	30	8.86	0.05	175	4.23	0.04	100.00	100.99	0.20	500	0.79	0.01	110	22.40	0.12	180	0.00	0.00	30	0.00	0.03	0	0.00	0.00	0	137.90
2:05:00	0.45	0.02	30	8.87	0.05	175	5.34	0.05	100.00	101.03	0.20	500	5.38	0.05	110	19.59	0.11	180	0.00	0.00	30	0.00	0.02	0	0.00	0.00	0	140.66
3:05:00	0.43	0.01	30	9.03	0.05	175	19.07	0.19	100.00	98.16	0.20	500	2.80	0.03	110	19.12	0.11	180	0.00	0.00	30	0.00	0.02	0	0.00	0.00	0	148.61
4:05:00	0.47	0.02	30	9.00	0.05	175	18.36	0.18	100.00	97.95	0.20	500	1.31	0.01	110	16.79	0.09	180	0.00	0.00	30	0.00	0.11	0	0.00	0.00	0	143.88
5:05:00	0.59	0.02	30	12.62	0.07	175	18.69	0.19	100.00	92.60	0.19	500	6.16	0.06	110	17.80	0.10	180	0.00	0.00	30	0.00	0.11	0	0.00	0.00	0	148.45
6:05:00	0.80	0.03	30	17.47	0.10	175	20.02	0.20	100.00	95.98	0.19	500	0.87	0.01	110	50.41	0.28	180	0.00	0.00	30	0.00	0.11	0	0.00	0.00	0	185.54
7:05:00	1.11	0.04	30	51.70	0.30	175	11.27	0.11	100.00	186.68	0.37	500	10.28	0.09	110	51.83	0.29	180	1.36	0.05	30	0.00	0.06	0	0.00	0.00	0	314.23
8:05:00	1.26	0.04	30	52.95	0.30	175	17.56	0.18	100.00	315.54	0.63	500	33.70	0.31	110	50.97	0.28	180	2.24	0.07	30	0.00	0.09	0	0.00	0.00	0	474.22
9:05:00	1.31	0.04	30	55.60	0.32	175	35.64	0.36	100.00	314.86	0.63	500	48.96	0.45	110	53.68	0.30	180	3.19	0.11	30	0.00	0.19	0	0.00	0.00	0	513.24
10:05:00	1.13	0.04	30	55.15	0.32	175	33.28	0.33	100.00	345.01	0.69	500	26.75	0.24	110	42.63	0.24	180	4.47	0.15	30	0.00	0.20	0	0.00	0.00	0	508.43
10:15:00	1.19	0.04	30	58.06	0.33	175	34.55	0.35	100.00	351.30	0.70	500	26.75	0.24	110	48.61	0.27	180	7.48	0.25	30	0.00	0.20	0	0.00	0.00	0	527.94
10:25:00	1.43	0.05	30	59.27	0.34	175	33.60	0.34	100.00	351.91	0.70	500	29.42	0.27	110	55.65	0.31	180	7.50	0.25	30	0.00	0.20	0	0.00	0.00	0	538.79
11:05:00	1.37	0.05	30	56.84	0.32	175	32.64	0.33	100.00	343.80	0.69	500	37.03	0.34	110	47.94	0.27	180	4.33	0.14	30	0.00	0.20	0	0.00	0.00	0	523.95
12:05:00	1.07	0.04	30	54.67	0.31	175	31.51	0.32	100.00	327.66	0.66	500	33.67	0.31	110	51.52	0.29	180	2.55	0.08	30	0.00	0.20	0	0.00	0.00	0	502.65
13:05:00	0.88	0.03	30	54.74	0.31	175	29.05	0.29	100.00	337.00	0.67	500	34.13	0.31	110	56.08	0.31	180	2.56	0.09	30	0.00	0.19	0	0.00	0.05	0	514.43
14:05:00	0.92	0.03	30	56.04	0.32	175	29.55	0.30	100.00	304.31	0.61	500	30.37	0.28	110	69.99	0.39	180	2.62	0.09	30	0.00	0.17	0	0.00	0.05	0	493.80
15:05:00	1.16	0.04	30	54.20	0.31	175	30.62	0.31	100.00	302.10	0.60	500	33.03	0.30	110	52.18	0.29	180	2.53	0.08	30	0.00	0.18	0	0.00	0.05	0	475.81
16:05:00	0.85	0.03	30	44.43	0.25	175	25.40	0.25	100.00	298.75	0.60	500	16.73	0.15	110	28.10	0.16	180	2.81	0.09	30	0.00	0.16	0	0.00	0.00	0	417.07
17:05:00	0.94	0.03	30	40.98	0.23	175	23.85	0.24	100.00	277.41	0.55	500	13.83	0.13	110	32.61	0.18	180	1.33	0.04	30	0.00	0.16	0	0.00	0.00	0	390.95
18:05:00	5.28	0.18	30	43.79	0.25	175	8.75	0.09	100.00	284.13	0.57	500	19.65	0.18	110	35.82	0.20	180	1.27	0.04	30	0.00	0.04	0	0.00	0.00	0	398.68
19:05:00	5.47	0.18	30	40.43	0.23	175	10.91	0.11	100.00	295.38	0.59	500	48.11	0.44	110	42.31	0.24	180	0.24	0.01	30	0.00	0.06	0	0.00	0.01	0	442.83
20:05:00	5.24	0.17	30	39.14	0.22	175	8.45	0.08	100.00	287.00	0.57	500	43.06	0.39	110	41.38	0.23	180	0.00	0.00	30	0.00	0.12	0	0.00	0.00	0	424.27
21:05:00	5.07	0.17	30	28.39	0.16	175	20.28	0.20	100.00	244.86	0.49	500	42.87	0.39	110	33.73	0.19	180	0.00	0.00	30	0.00	0.13	0	0.00	0.00	0	375.20
22:05:00	0.98	0.03	30	9.09	0.05	175	19.58	0.20	100.00	149.14	0.30	500	11.04	0.10	110	35.02	0.19	180	0.00	0.00	30	0.00	0.11	0	0.00	0.00	0	224.85
23:05:00	0.30	0.01	30	9.81	0.06	175	17.23	0.17	100.00	123.13	0.25	500	7.64	0.07	110	28.10	0.16	180	0.00	0.00	30	0.00	0.12	0	0.00	0.00	0	186.20
23:55:00	0.30	0.01	30	9.88	0.06	175	17.04	0.17	100.00	113.33	0.23	500	7.30	0.07	110	24.11	0.13	180	0.00	0.00	30	0.00	0.03	0	0.00	0.00	0	171.96

Notas;

1.- Valor = Valor medido en KVA  
2.- Factor = Relación entre la demanda / Potencia aparente  
3.- S = Potencia aparente

Cuadro No 19. Demanda por cada centro de transformación: ESPE - Latacunga

Con la metodología aplicada, en el (cuadro No 19.) se visualiza, las demandas parciales para cada transformador; así como, la demanda total del campus "General Guillermo Rodríguez Lara" de la ESPE - Latacunga.

Estos datos fueron utilizados para el cálculo de la Capacidad de los generadores a diesel; así como, de los sistemas de transferencias necesarios, objeto de esta investigación.

### 3.6 Recolección y datos de las cargas especiales ESPE – L:

Las cargas de demanda horaria especiales del campus "General Guillermo Rodríguez Lara" de la ESPE – Latacunga, (Tabla No 22.), se calculó tomando los factores de la ESPE – Quito, con las siguientes consideraciones.

- El centro de transformación para las TIC está en aulas y Postgrados.<sup>55</sup>
- Las aulas de pregrado y de Postgrados trabajarán en jornadas diurnas y nocturnas los siete días a la semana.
- El campus está alejado de los centros poblados por lo cual la garantía de comedor y de dormitorios para los estudiantes, es vital.
- Interrupciones FMIK y el TTIK se tomaron de la (Tabla No 10 y Tabla No 11.).

CENTRO DE CARGA - ESPECIALES			
CAMPUS " ESPE - Latacunga"			
Centro de carga	Ubicación	Potencia (KVA)	Características
CT3 + CT6	Aulas + Postgrados	500.00	Trabajo de Domingo a Domingo de 7H00 a 23 H00: Imagen Institucional externa
CT9 + CT8	Cocina + Comedor + Residencia	180.00	Trabajo de 7H00 a 19H00 de lunes a domingo
CT4	Bombas de agua y reciclaje	30.00	El tanque de reserva es de 300 m <sup>3</sup> , para quince días, para seis cientos personas.
Centro de datos	Junto a edificio administrativo	12.50	Contiene datos vitales: Servicio ininterrumpido
Total		722.50	

Cuadro No 20. Características de las cargas especiales de la ESPE –L.

<sup>55</sup>(Nieto & Stalin, 2012)

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO				
CENTROS DE TRANSFORMACIÓN				
Demanda horaria para Cargas Especiales: ESPE - Latacunga				
Horas	Aulas	Comedor - Cocina	Demanda Especial	Demanda total
	CT3 + CT6 = 500 - KVA	CT9 + CT8 = 180 - KVA		
	Bloque de aulas + Bloque de aulas	Comedor + Cocina + Residencia universitaria	Cargas Especiales: B+C	Total sistema ESPE - L
0:05	102.98	26.33	129.30	143.06
1:05	100.99	22.40	123.39	137.90
2:05	101.03	19.59	120.62	140.66
3:05	98.16	19.12	117.28	148.61
4:05	97.95	16.79	114.74	143.88
5:05	92.60	17.80	110.40	148.45
6:05	95.98	50.41	146.38	185.54
7:05	186.68	51.83	238.50	314.23
8:05	315.54	50.97	366.51	474.22
9:05	314.86	53.68	368.54	513.24
10:05	345.01	42.63	387.64	508.43
10:15	351.30	48.61	399.91	527.94
10:25	351.91	55.65	407.56	538.79
11:05	343.80	47.94	391.74	523.95
12:05	327.66	51.52	379.18	502.65
13:05	337.00	56.08	393.08	514.43
14:05	304.31	69.99	374.30	493.80
15:05	302.10	52.18	354.28	475.81
16:05	298.75	28.10	326.85	417.07
17:05	277.41	32.61	310.02	390.95
18:05	284.13	35.82	319.95	398.68
19:05	295.38	42.31	337.68	442.83
20:05	287.00	41.38	328.38	424.27
21:05	244.86	33.73	278.59	375.20
22:05	149.14	35.02	184.16	224.85
23:05	123.13	28.10	151.23	186.20

Tabla No 22. Datos para cargas especiales de la ESPE - Latacunga<sup>56</sup>.

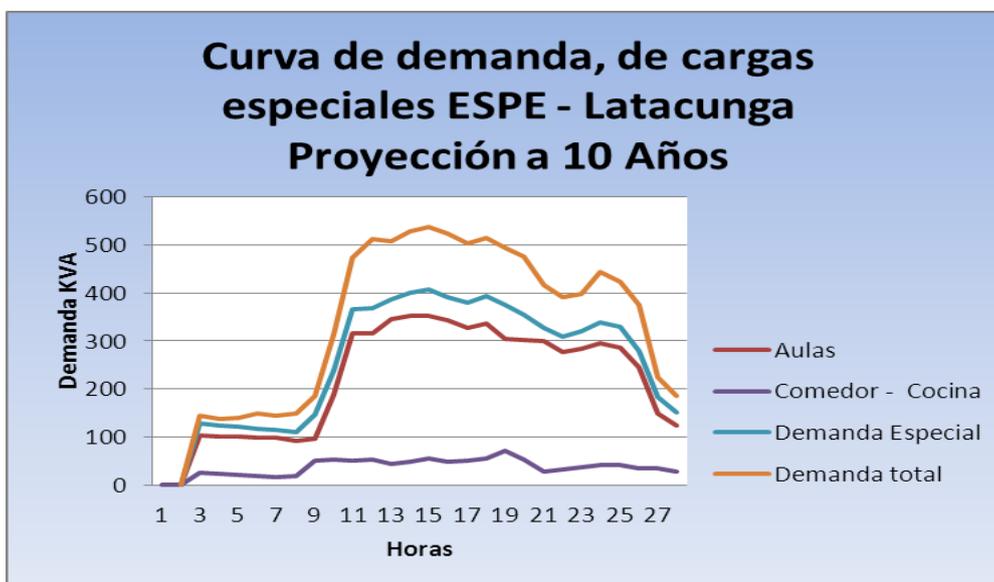


Figura No 30. Demandas de cargas especiales ESPE Extensión Latacunga.

<sup>56</sup> Experiencias del Autor

Estos datos fueron utilizados para el cálculo de la Capacidad de los generadores a diesel; así como, de los sistemas de transferencias necesarios, objeto de esta investigación.

### **3.7.Consideraciones para el análisis económico:**

- La ESPE – Latacunga, es una entidad del Estado, que por Ley no puede tener lucro, lo cual implica que el VAN = 0.
- Los flujos de caja son constantes por la depreciación simple en el periodo proyectado.
- Los incrementos en los costos de operación y mantenimiento por año, se tomó del valor que publica el Banco Central como interés comercial, que va del 13 – 15 %.
- El número de períodos proyectado es de diez años
- El análisis se realizó para cada objetivo específico planteado.
- Por ser el VAN = 0 para instituciones sin fines de lucro, lo cual significa que no puede haber ganancias pero tampoco pérdidas en la inversión y sus resultados sociales; que si bien no son tangibles y de acuerdo a la teoría económica, si son visibles como retorno social<sup>5758</sup>.

---

<sup>57</sup>(Mucodsi, Karan & Hernandez, Rodriguez , 2005)

<sup>58</sup>(Orbea Carlos, 2011); pág. 14.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La aplicación de los materiales y métodos del capítulo anterior en las instalaciones e infraestructura del campus de la ESPE – Extensión Latacunga, para cumplir el propósito de esta tesis que es la “AUTONOMÍA ENERGETICA” de la misma, se realizó la aplicación necesaria en los objetivos específicos de esta trabajo y que son.

1. Evaluar una barra con transferencia automática desde dos subestaciones diferentes de ELEPCO S.A. para el campus “General Guillermo Rodríguez Lara”.
2. Evaluar la utilización de sistemas de bancos de baterías para las cargas especiales en el campus “General Guillermo Rodríguez Lara”
3. Evaluar la utilización de un sistema de emergencia a diesel, para la carga total o solo para las cargas especiales.

### 4.1 Análisis técnico del objetivo 1:

- “Evaluar una barra con transferencia automática desde dos subestaciones diferentes de ELEPCO S.A. para el campus “General Guillermo Rodríguez Lara”

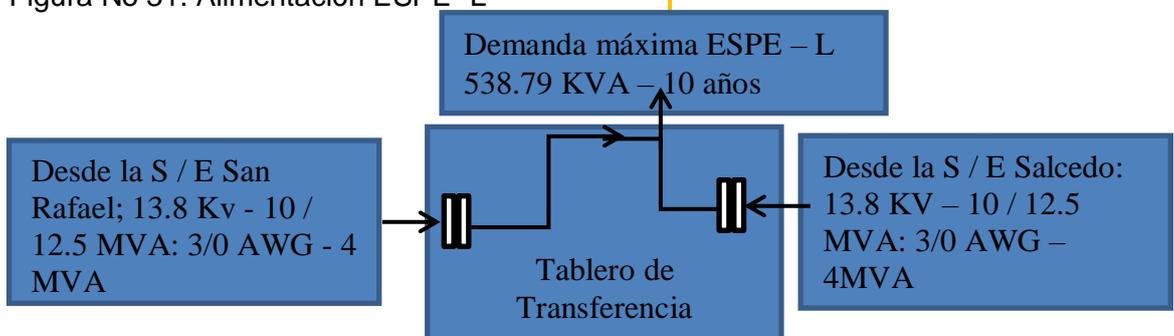
La (figura No 31.) se explica por sí sola, que le justifica los gráficos conjuntos de datos técnicos de las subestaciones, conductores y la demanda máxima de la ESPE, para un horizonte de diez años, con un crecimiento de 3 %<sup>59</sup> anual, en potencia y energía.

---

<sup>59</sup> Dato: Departamento de mantenimiento de ELEPCO S.A.



Figura No 31. Alimentación ESPE -L<sup>60</sup>



En el (cuadro No 21.) se analiza la fiabilidad desde las subestaciones San Rafael y Salcedo, en el suministro de la energía eléctrica para al ESPE - L.

- La S / E Salcedo a la cual está conectado la ESPE – L a la fecha, la demanda máxima es de 12.557 KVA a las 21H00, La ESPE – L tendría un problema. En el resto de horas puede ser alimentada desde cualquiera de las Subestaciones, mediante transferencia automática.

<sup>60</sup> Maqueta del Campus de la ESPE – Extensión Latacunga

Hora	S / E San Rafael	S / E Salcedo	Capacidad Trafo	ESPE - L	S / E San Rafael + ESPE - L	S / E Salcedo + ESPE - L	Diferencia: D-F	Diferencia: D-G
	Demanda	Demanda	FOA	Demanda ESPE - L				
0:00	5,673.39	8,994.66	12,500.00	143.06	5,816.45	9,137.72	6,683.55	3,362.28
1:00	5,521.98	7,320.41	12,500.00	137.90	5,659.88	7,458.31	6,840.12	5,041.69
2:00	5,099.44	6,701.86	12,500.00	140.66	5,240.09	6,842.52	7,259.91	5,657.48
3:00	4,855.42	6,314.61	12,500.00	148.61	5,004.03	6,463.23	7,495.97	6,036.77
4:00	5,356.56	6,094.18	12,500.00	143.88	5,500.44	6,238.06	6,999.56	6,261.94
5:00	6,264.55	6,221.84	12,500.00	148.45	6,413.00	6,370.29	6,087.00	6,129.71
6:00	7,712.31	6,317.67	12,500.00	185.54	7,897.85	6,503.21	4,602.15	5,996.79
7:00	7,714.12	6,987.03	12,500.00	314.23	8,028.35	7,301.26	4,471.65	5,198.74
8:00	7,664.93	9,026.57	12,500.00	474.22	8,139.14	9,500.79	4,360.86	2,999.21
9:00	8,338.18	8,434.45	12,500.00	513.24	8,851.42	8,947.70	3,648.58	3,552.30
10:00	8,566.40	8,551.90	12,500.00	508.43	9,074.82	9,060.33	3,425.18	3,439.67
10:15	8,539.52	8,901.32	12,500.00	527.94	9,067.46	9,429.26	3,432.54	3,070.74
10:25	8,445.44	8,457.83	12,500.00	538.79	8,984.24	8,996.62	3,515.76	3,503.38
11:00	8,335.27	9,168.38	12,500.00	523.95	8,859.22	9,692.33	3,640.78	2,807.67
12:00	8,370.16	9,369.29	12,500.00	502.65	8,872.81	9,871.94	3,627.19	2,628.06
13:00	7,314.25	9,510.85	12,500.00	514.43	7,828.67	10,025.28	4,671.33	2,474.72
14:00	7,515.62	9,555.90	12,500.00	493.80	8,009.42	10,049.71	4,490.58	2,450.29
15:00	7,353.67	8,921.61	12,500.00	475.81	7,829.48	9,397.42	4,670.52	3,102.58
16:00	7,475.47	9,120.90	12,500.00	417.07	7,892.54	9,537.97	4,607.46	2,962.03
17:00	7,148.29	9,393.87	12,500.00	390.95	7,539.24	9,784.82	4,960.76	2,715.18
18:00	7,572.02	9,130.42	12,500.00	398.68	7,970.70	9,529.10	4,529.30	2,970.90
19:00	9,591.53	8,980.14	12,500.00	442.83	10,034.36	9,422.97	2,465.64	3,077.03
20:00	9,974.61	9,364.82	12,500.00	424.27	10,398.88	9,789.09	2,101.12	2,710.91
21:00	8,840.94	12,181.88	12,500.00	375.20	9,216.15	12,557.09	3,283.85	-57.09
22:00	7,309.59	12,271.70	12,500.00	224.85	7,534.44	12,496.54	4,965.56	3.46
23:00	6,278.11	10,680.61	12,500.00	186.20	6,464.31	10,866.81	6,035.69	1,633.19
La capacidad del transformador de la S / E San Rafael que es de 12.500,00 KVA, es suficiente para absorber la demanda de la ESPE - L								
La capacidad del transformador de la S / E Sancedo que es de 12.500,00 KVA, es insuficiente a las 21H00 , el resto de tiempo no hay problema								

Cuadro No 21. Capacidad de las S / E que alimenta y alimentaría, a la ESPE – L.

En el (cuadro No 22.) se analiza la fiabilidad desde el alimentador, L1 – Norte Oriente de la S / E Salcedo y el alimentador L3 – Niagara de la S / E San Rafael, en el suministro de la energía eléctrica para al ESPE - L.



información que se puede perder. El tiempo de servicio ininterrumpido es de dos horas.

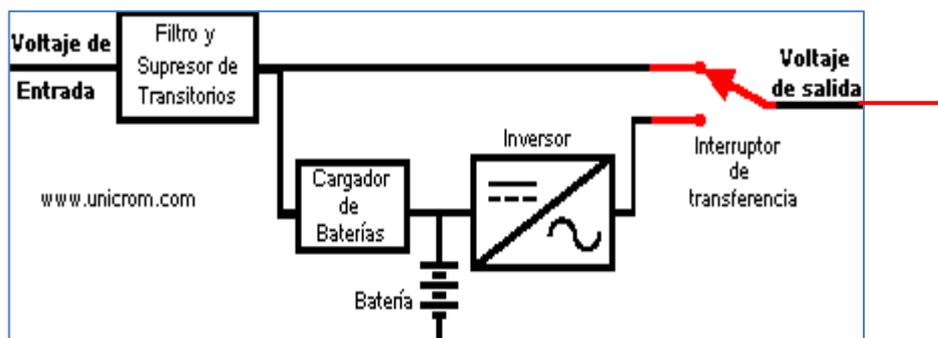


Figura No 32. UPS, para alimentación al Data Center de la ESPE -L<sup>61</sup>.

Por similitud al Data center de la ESPE – Quito y de los estudios realizados en esta tesis y los realizados por la Institución,<sup>62</sup> para garantizar la fiabilidad del mismo. La alimentación de emergencia por UPS del Data center de la ESPE – L, tiene las siguientes características

- Un UPS de hasta 20 KW, independiente, que sirvan de respaldo mutuo para garantizar el 100 % de fiabilidad, como se indica en el (figura No 32).
- Tiempo de descarga, dos horas al 100%,

<sup>61</sup> Maqueta del Campus de la ESPE – Extensión Latacunga

<sup>62</sup> Especificaciones técnicas de data center de la ESPE - L

Las cargas especiales restantes como: Comedor, Biblioteca, Sistema de agua no es necesario, al aplicar los indicadores de FMIK y TTIK a los alimentadores L1 de Salcedo y al L3 de San Rafael, ver (cuadro No 23 y cuadro No 24.):

Sistema	FMIK red L1 – Salcedo- 5,2	TTIK red L1 <sup>63</sup> –Salcedo- 12,03		Análisis
Comedor	Sale 5,2 veces al año	2,3 por cada salida	Horas	Los alimentos congelados duran > de cuatro horas.
Biblioteca	Sale 5,2 veces al año	2,3 por cada salida	Horas	La luz de emergencia, permitirá la evacuación.
Aulas y Posgrados	Sale 5,2 veces al año	2,3 por cada salida	Horas	La luz de emergencia permitirá la evacuación.
Suministro de Agua	Sale 5,2 veces al año	2,3 por cada salida	Horas	El tanque de reserva es de 300 m <sup>3</sup> de agua para seiscientas personas, para quince días. El pico máximo detectado es de 2.204 (2004 fijos + 200 ambulantes <sup>64</sup> ) personas, que implica 4.08 días.

Cuadro No 23. FMIK y TTIK aplicados al alimentador L1 – Salcedo.

Sistema	FMIK red L3 – Rafael- 3.82	TTIK red L1 <sup>65</sup> –Rafael- 1.72		Análisis
Comedor	Sale 3.82 veces al año	0.45 por cada salida	Horas	Los alimentos congelados duran > de cuatro horas.
Biblioteca	Sale 3.82 veces al año	0.45 por cada	Horas	La luz de emergencia permitirá la evacuación.

<sup>63</sup> Dato: Departamento de mantenimiento de ELEPCO S.A.

<sup>64</sup> Datos del departamento de desarrollo físico de la ESPE - L

<sup>65</sup> Dato de la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A.

		salida	
Aulas y Posgrados	Sale 3.82 veces al año	0.45 Horas por cada salida	La luz de emergencia permitirá la evacuación.
Suministro de Agua	Sale 3.82 veces al año	0.45 Horas por cada salida	El tanque de reserva es de 300 m <sup>3</sup> de agua para seiscientas personas, para quince días. El pico máximo detectado es de 2204 (2004 fijos + 200 ambulantes <sup>66</sup> ) personas, que implica 4.08 días.

Cuadro No 24. FMIK y TTIK aplicados al alimentador L3–San Rafael.

En los dos casos por el tiempo de falla no justifica sistema de banco de UPS, en el resto de cargas.

#### 4.3 Análisis técnico del objetivo 3:

- “Evaluar la utilización de un sistema de emergencia a diesel para la carga total o solo para las cargas especiales”

##### 4.3.1 Grupo electrógeno de emergencia para toda la carga de la ESPE – L:

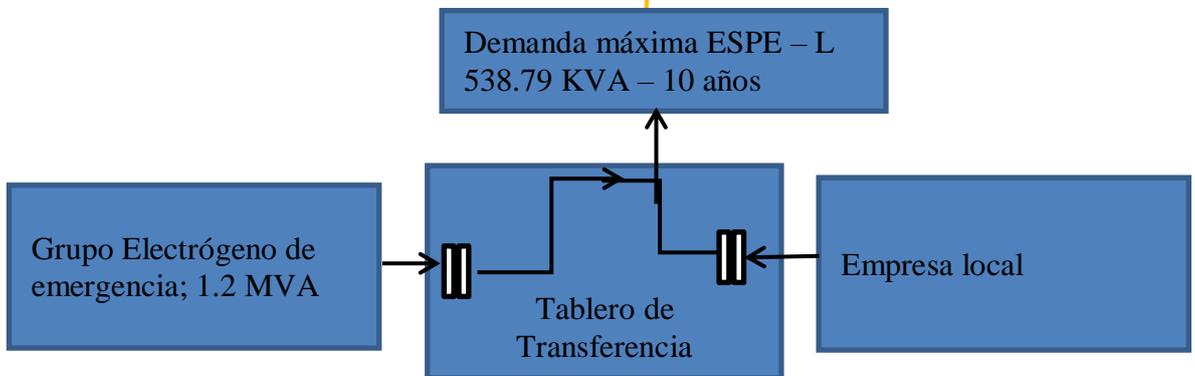
La demanda máxima necesaria para el diseño para un horizonte de diez años para la ESPE – L es de:538,79 KVA a las 10H25, para una capacidad de transformación de 1.200 KVA<sup>67</sup>. La curva de carga (Tabla No 21.), refleja las demandas máximas (538,79 KVA), media (259,88 KVA) y mínima (143,66 KVA).

<sup>66</sup> Datos del departamento de desarrollo físico de la ESPE - L

<sup>67</sup> Diseño del Campus de la ESPE – Extensión Latacunga



Figura No 33. Alimentación emergencia ESPE -L<sup>68</sup>



De los datos obtenidos la capacidad del "Grupo Electrónico" para emergencia para veinte años incluido los armónicos debido a las cargas no lineales por los laboratorios de punta que se prevé tendrá la Institución, es de 724,09 KVA, que sumados el 50 % de armónicos por efectos de las cargas de potencia y las no lineales, da el (cuadro No 25.)

GRUPO ELECTROGENO DE EMERGENCIA - Total					
ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA					
CARACTERISTICAS TÉCNICAS					
Fp =	0.8				
P - Máxima demanda KW	S - Máxima demanda KVA	Proyección años	% Armónicos	Total - KVA	Capacidad de grupo electrógeno - KVA
431.03	538.79	0	50%	808.18	de 1000
579.27	724.09	10	50%	1,086.13	de 1200

Cuadro No 25. Capacidad de grupos electrógenos de emergencia.

<sup>68</sup> Maqueta del Campus de la ESPE – Extensión Latacunga

Esta alternativa abastece en emergencia el 100 %de acuerdo a la proyección de veinte años; la diferencia será el costo de mantenimiento y regulaciones técnicas del CONELEC y CENACE<sup>69</sup> (Por regulación un grupo en operación normal si es mayor de 1 MVA debe pedir autorización al CENACE para entrar el línea – Dependes del costo de oferta del Kwh).

#### 4.3.2 Grupos de emergencia para las cargas especiales:

Con la aplicación de la metodología anterior se calcula para las cargas especiales definidas y con las características referidas para la ESPE - Latacunga.

Se tomó en primer lugar el bloque de aulas por imagen institucional que implica un generador de emergencia de = 472, 92 KVA, que con el 50 % de armónicos de un grupo electrógeno de = 800 KVA. (Cuadro No 26.)

En segundo lugar se tomó, el bloque de cocina + comedor y residencia, por imagen institucional, que implica un generador de emergencia de = 94,06 KVA, que con el 50 % de armónicos de un grupo electrógeno de = 150 KVA. (cuadro No 27.)

GRUPO ELECTROGENO DE EMERGENCIA - Aulas					
ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA					
CARACTERISTICAS TECNICAS					
Fp =	0.8				
P - Máxima demanda . KW	S - Máxima demanda - KVA	Proyección años	% Armónicos	Total - KVA	Capacidad de grupo electrógeno - KVA
281.52	351.90	0	50%	527.85	de 600
378.34	472.92	10	50%	709.39	de 800

Cuadro No 26. Capacidad de grupo electrógeno carga especial 1.

<sup>69</sup>(CONELEC, Regulación 004, 2010)

GRUPO ELECTROGENO DE EMERGENCIA - Cocina +Comedor + Residencia					
ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA					
CARACTERISTICAS TECNICAS					
Fp =	0.8				
P - Máxima demanda . KW	S - Máxima demanda - KVA	Proyección años	% Armónicos	Total - KVA	Capacidad de grupo electrógeno - KVA
55.99	69.99	0	50%	104.98	de 100
75.25	94.06	10	50%	141.09	de 150

Cuadro No 27. Capacidad de grupo electrógeno carga especial 2.

Los dos grupos abastecen en emergencia, el 100 % al sector definido, el resto de carga de la ESPE – L quedará fuera de servicio. El data center, podría ser incluido, en el grupo electrógeno de aulas y postgrados.



Figura No 34. Alimentación emergencia aulas y postgrados ESPE – L.

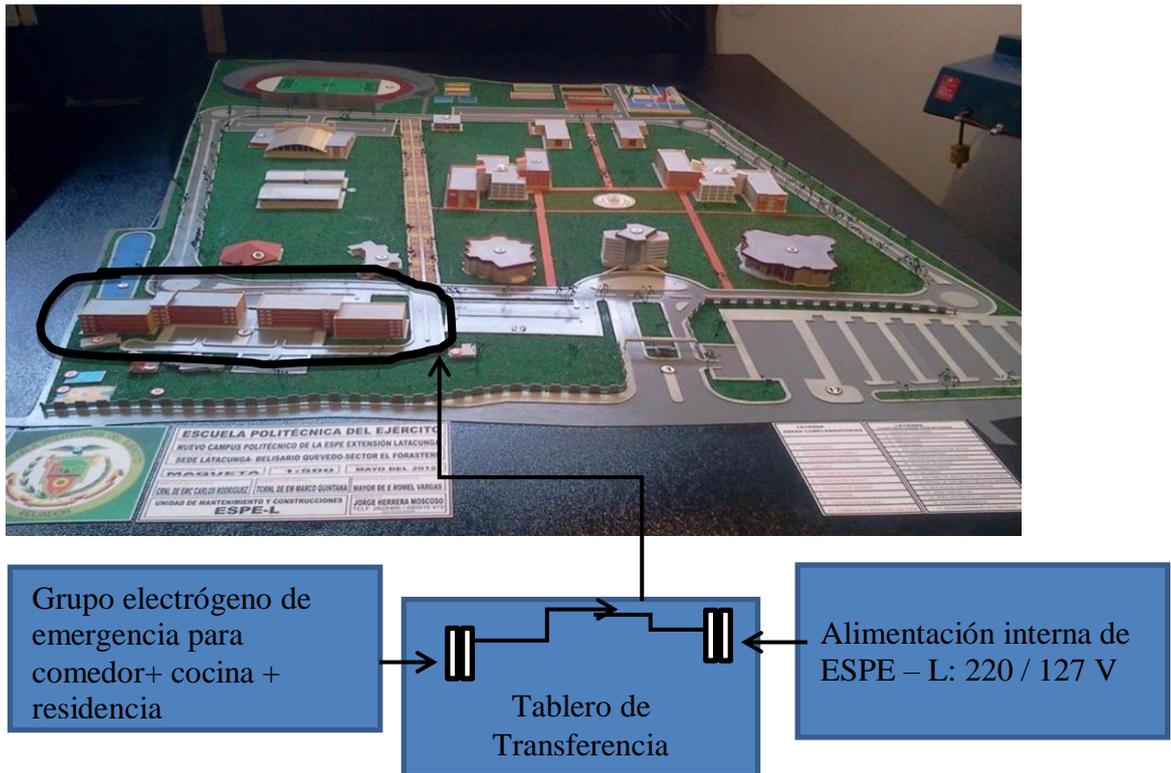


Figura No 35. Alimentación emergencia para cocina, comedor, residencia ESPE – L.

#### 4.4 Análisis económico de las alternativas de emergencia:

Para el análisis económico de las alternativas técnicas analizadas para cada objetivo en la parte precedente de este capítulo se tomó en consideración lo siguiente.

1. La Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE – Extensión Latacunga es una entidad de servicio público, sin fines de lucro.
2. La depreciación es lineal para los años de vida útil del equipo garantizada por el fabricante.
3. Los costos de: Equipos auxiliares y mantenimiento, operación y obra civil, es un 25 % del costo del equipo<sup>70</sup>.

<sup>70</sup>(Giandrandi, 2011) pág. 132

4. Los costos del equipo a diesel se tomó de la curva;<sup>71</sup>
5. Los índices de interrupciones FMIKred y del número de horas fuera de servicio TTIKred del sistema son datos de la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A. (ELEPCO S.A.), y los exigidos a las empresas por el CONELEC.
6. La depreciación es a diez años (10); así como la proyección de la demanda, que tiene un valor de crecimiento de 3 % anual (ELEPCO S.A).
7. El factor de potencia se tomó igual a 0.8
8. Costo de falla.
9. Para la evaluación económica con estas consideraciones se realizó también para los tres objetivos y en los cuadros 4.8; 4.9; 4.10; 4.11. se indican los resultados. El cuadro 4.12, se resumen la investigación y se resalta la propuesta.
10. Se resalta el efecto comparativo anual entre: Costo de falla y el costo de depreciación y el de pérdida por demanda.

---

<sup>71</sup>(Giandrandi, 2011); pág. 133

4.4.1 Costo económico del tablero de transferencia, objetivo 1.

TABLERO DE TRANSFERENCIA DE EMERGENCIA														
ESPE - EXTENSIÓN LATAKUNGA														
ANÁLISIS ECONÓMICO														
Orden	Equipo	Ubicación	S - KVA	P - KW	Costo Total Equipo	Depreciación	Costo por demanda	Costo Depreciación + Demanda	Energía	Costo de falla	Costo de falla - por LEY			
			A	A*B	C	(C+ C*D)/E	F*I*J	(C+C*D)/E + F*I*J	F	F*G	(F*G)*K	(F*H)*K		
1	Tablero de transferencia toda la ESPE-L	UFA - ESPE - L	1,200.00	960.00	150,000.00	7,500.00	16,303.37	23,803.37	357.53	1,791.23	1,916.61	3,060.46		

TABLERO DE TRANSFERENCIA		
ESPE - EXTENSIÓN LATAKUNGA		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
S - KVA - Tablero de Transferencia	A	1,200.00
Factor de Potencia	B	0.80
Costo \$ / KW	C	150,000.00
Obra civil + Equipos Complementarios	D	25%
Años de depreciación	E	20.00
Demanda promedio	F	357.53
TTIKred	G	5.01
TTIKred - futuro	H	8.00
Costo por demanda	I	3.80
Numero de meses año	J	12.00
Costo de falla	K	1.07

Cuadro No 28. Análisis económico del tablero de transferencia.

4.4.2 Costo económico de UPS, objetivo 2.

UPS DE EMERGENCIA												
ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA												
ANÁLISIS ECONÓMICO												
Orden	Equipo	Ubicación	S KVA	P - KW	Costo Total \$ / KW	Costo Total	Depreciación	Demanda	Energía	Costo de falla - actual	Costo de falla - por LEY	
			A	A * B	C+ C*D	(C + C*D)*(A*B)	((C +C*D)*(A*B)) /E	F	F*G	(F*G) *I	(F*H)*I	
1	UPS - CENTRO DE DATOS	EDIFICIO ADMINISTRATIVO	12,50	10,00	3.500,00	35.000,00	1.750,00	16,32	81,76	87,49	139,70	
2	Grupo Electrógeno	EDIFICIO ADMINISTRATIVO	150,00	120,00	375,00	45.000,00	2.250,00	20,89	104,66	111,99	178,82	
UPS DE CENTRO DE DATOS					GRUPO ELECTROGENO - UPS							
ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA					ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA							
CARACTERISTICAS TECNICAS					CARACTERISTICAS TECNICAS							
S - KVA - Grupo Electrónico		A	12,50			S - KVA - Grupo Electrónico		A	150,00			
Factor de Potencia		B	0,80			Factor de Potencia		B	0,80			
Costo \$ / KW		C	2.800,00			Costo \$ / KW		C	300,00			
Obra civil + Equipos Complementarios		D	25%			Obra civil + Equipos Complementarios		D	25%			
Años de depreciación		E	20,00			Años de depreciación		E	20,00			
Demanda promedio		F	16,32			Demanda promedio		F	20,89			
TTIKred actual		G	5,01			TTIKred actual		G	5,01			
TTIKred LEY		H	8,00			TTIKred LEY		H	8,00			
Costo de falla		I	1,07			Costo de falla		I	1,07			

Cuadro No 29. Análisis económico de los UPS y Diesel

4.4.3 Costo económico del grupo diesel para toda la ESPE - L, objetivo 3.

GRUPO ELECTROGENO TOTAL DE EMERGENCIA												
ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA												
ANÁLISIS ECONÓMICO												
Orden	Equipo	Ubicación	S - KVA	P - KW	Costo - Total \$ / KW	Costo Total	Depreciación	Demanda	Energía	Costo de falla	Costo de falla -por LEY	
			A	A * B	C+ C*D	$(C + C*D)*(A*B)$	$\frac{((C + C*D)*(A*B))}{E}$	F	F*G	(F*G) *I	(F*H) *I	
1	Grupo Electrógeno total	ESPE - L	1,200.00	960.00	337.50	324,000.00	12,960.00	212.19	1,063.07	1,137.49	1,816.35	

GRUPO DIESEL TODA LA ESPE -L		
ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
s - KVA - Grupo Electrógeno	A	1,200.00
Factor de Potencia	B	0.80
Costo \$ / KW	C	270.00
Obra civil + Equipos Complementarios	D	25%
Años de depreciación	E	20.00
Demanda promedio	F	212.19
TTIKred	G	5.01
TTIKred - LEY	G	8.00
Costo de falla	H	1.07

Cuadro No 30. Análisis económico del grupo diesel para toda la ESPE – L.

4.4.3.1 Costo económico de diesel para cargas especiales ESPE - L, objetivo 3.

GRUPOS ELECTROGENOS DE EMERGENCIA - Cargas Especiales											
ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA											
ANÁLISIS ECONÓMICO											
Orden	Equipo	Ubicación	S - KVA	P - KW	Costo Total \$ / KW	Costo Total	Depreciación	Demanda	Energía	Costo de falla	Costo de falla - por LEY
			A	A * B	C+ C*D	(C + C*D)*(A*B)	((C + C*D)*(A*B)) / E	F	F*G	(F*G) *I	(F*H) *I
1	CT3 + CT6	Aulas y Postgrados	800.00	640.00	256.25	164,000.00	8,200.00	140.00	701.40	750.50	1,198.40
2	CT9 + CT8	Cocina + Comedor + Residencia	150.00	120.00	287.50	34,500.00	1,725.00	31.68	158.72	169.83	271.18
GRUPO ELECTROGENO 1						GRUPO ELECTROGENO 2					
ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA						ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA					
CARACTERISTICAS TECNICAS						CARACTERISTICAS TECNICAS					
S - KVA - Grupo Electrónico			A	800.00		S - KVA - Grupo Electrónico			A	150.00	
Factor de Potencia			B	0.80		Factor de Potencia			B	0.80	
Costo \$ / KW			C	205.00		Costo \$ / KW			C	230.00	
Obra civil + Equipos Complementarios			D	25%		Obra civil + Equipos Complementarios			D	25%	
Años de depreciación			E	20.00		Años de depreciación			E	20.00	
Demanda promedio			F	140.00		Demanda promedio			F	31.68	
TTIKred			G	5.01		TTIKred			G	5.01	
TTIKred - LEY			H	8.00		TTIKred - LEY			H	8.00	
Costo de falla			I	1.07		Costo de falla			I	1.07	

Cuadro No 31. Análisis económico de diesel para: Aulas y Cocina, comedor y residencia, ESPE – L.

#### 4.4.3.2 Resumen de los casos investigados

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE EMERGENCIA										
ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA										
CUADRO COMPARATIVO										
							Demanda máxima 20 años	724.09		
Objetivos Específicos	Equipo	Localización	Costo equipo	Depreciación anual	Costo falla . KKITred	Costo falla - Ley KKIT red	Justificación	Demanda 20 años	Demanda cubierta	Propuesta
			\$	\$	\$	\$		KVA		
Evaluar una barra con transferencia automática desde dos subestaciones diferentes de ELEPCO S.A. Para el campus "General Guillermo Rodríguez Lara".	Barra de transferencia	Para toda la ESPE - L	150,000	23,803.37	1,916.61	3,060.46	Costo por demanda, \$ 2.8/ KW: y solo 5 horas de salidas al año	724.09	100.00%	NO
Evaluar la utilización de sistemas de bancos de baterías para las cargas especiales en el campus "General Guillermo Rodríguez Lara"	UPS - 12.5 KVA	Centro de datos	35,000	1,750.00	87.49	139.70	Aseguramiento de la información	38.95	5.38%	SI
	Grupo diesel 150 KVA	Centro de datos	45,000	2,250.00	111.99	178.82	Aseguramiento de la información	38.95	5.38%	SI
Evaluar la utilización de un sistema de emergencia a diesel, para la carga total, o solo para las cargas especiales.	Grupo diesel total 1200 KVA	Para toda la ESPE - L	324,000	16,200.00	1,137.49	1,816.35	Inversión inicial+ mantenimiento + operación elevados y solo 5 horas de salidas al año	724.09	100.00%	NO
	CT3 + CT6 - 800KVA	Dos edificios de Aulas y Postgrados	164,000	8,200.00	750.50	1,198.40	Inversión inicial+ mantenimiento + operación elevados y solo 5 horas de salidas al año	472.92	65.31%	NO
	CT8 + CT9 - 150 KVA	Cocina+ Comedor+ Residencia	34,500	1,725.00	169.83	271.18	Inversión inicial+ mantenimiento + operación elevados y solo 5 horas de salidas al año	94.06	12.99%	NO

Cuadro No 32. Alternativas técnico económico y PROPUESTA.

#### 4.5 Conclusiones de los resultados:

Todas las alternativas técnicamente son adecuadas. El costo económico de inversión, depreciación, mantenimiento, operación es el limitante frente a las pérdidas que se tendría por el costo de falla de 1,07 por Kwh.

El aseguramiento eléctrico del centro de datos por la información vital que maneja, debe tener doble alimentación de energía ininterrumpida y de diesel, para riesgo cero.

#### 4.6 Recomendación de los resultados:

Asegurar el centro de datos por la información que maneja y para riesgo cero.

## CAPÍTULO V: LA PROPUESTA

### 5.1. Título:

Fuente eléctrica de emergencia para el campus “General Guillermo Rodríguez Lara” de la ESPE – extensión Latacunga

### 5.2. Objetivo:

Mejorar la eficiencia y eficacia en el suministro de energía eléctrica en el campus “General Rodríguez Lara” de la ESPE Extensión Latacunga

### 5.3 Estructura de la Propuesta.

De (cuadro No 32.) se visualiza la propuesta, para cumplir el propósito de esta investigación, que es mejorar la “AUTONOMÍA ENERGETICA” del campus “General Guillermo Rodríguez Lara” de la ESPE Extensión Latacunga. En base a:

- Diagrama esquemático: Permite ver la propuesta dentro del conjunto de las edificaciones del campus, su ubicación e importancia.
- Justificación técnica: Al ser un generador pequeño, así como el UPS, los cálculos realizados justifican su validez y operatividad.
- Costo económico: Por los bajos índices de FMIKred y el TTIKred, de la red local, y los exigidos por el CONELEC, a las empresas eléctricas del país, afloran cierta incertidumbre en la inversión, si bien en caso extremo se justificaría por la garantía de salvaguardar la base de datos de la TICs.

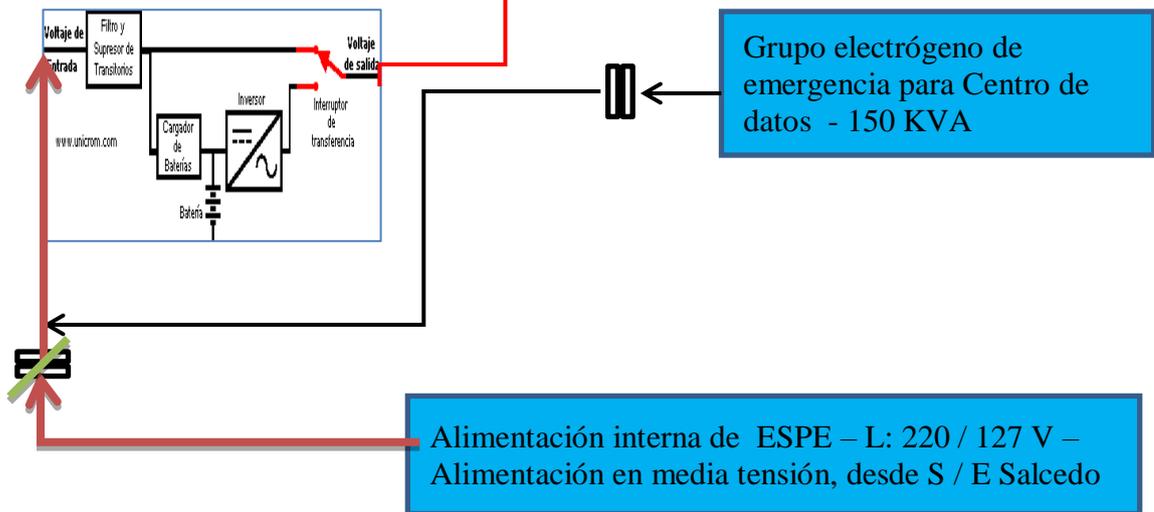


Figura No 36. Propuesta de Emergencia para la ESPE – L.

### 5.3.1. Validación técnica – propuesta<sup>72</sup>:

#### 5.3.1.1. Dimensionamiento UPS:

- Demanda máxima del UPS = 12,5 KVA
- Factor de crecimiento anual = 5%

<sup>72</sup>(Olson, 2008)

- Demanda en 10 años =  $(1 + 0,05)^{10} * 12,5 \text{ KVA} = 20,36 \text{ KVA}$

#### 5.3.1.2. Dimensionamiento Generador:

- Demanda máxima del Generador a 10 años = 20,36 KVA
- Factor de seguridad = 50 %
- Rendimiento generador a 2780 m.s.n.m = 70 %
- Capacidad generador =  $((1+0,5)*20,36)/0,7 = 43,36 \text{ KVA}$
- Para cubrir las cargas no lineales = 300 %
- Capacidad final Generador =  $(43,36)*3 = 130 \text{ KVA}$
- Generador Estandarizado = 150 KVA

#### 5.3.1.3. Protección del Generador:

- Corriente nominal =  $(150 \text{ KVA}) / (1,71*220) = 393,64 \text{ A}$
- Factor de sobrecarga = 25 %
- Corriente de sobrecarga =  $(393,64 \text{ A}) * 25 \% = 492,05 \text{ A}$
- Factor de corto circuito = 25 %
- Corriente corto circuito trifásico =  $((150 \text{ KVA}) / 25\%) / (1,71*220) = 1.594,89 \text{ A}$
- Capacidad Breaker = 500 A; trifásico; 220 V;
- Tiempo de sobrecarga = 30 Segundos
- Tiempo de despeje Corto circuito = 0,01 segundo
- Selección de curva = Extremadamente inversa, (cargas no lineales)

#### 5.3.1.4. Dimensionamiento conductor:

- Corriente nominal =  $(150 \text{ KVA}) / (1,71*220) = 393,64 \text{ A}$
- Factor de sobrecarga (por cargas no lineales) = 60 %
- Corriente de sobrecarga =  $(393,64 \text{ A}) * 60 \% = 629.82 \text{ A}$
- De cuadro 5.1 el conductor necesario = 2 (350 MCM) por fase.
- Temperatura de trabajo = 90 grados centígrados
- Cable subterráneo, en bandeja.

**PROPIEDADES DE LOS CONDUCTORES DE COBRE  
(BASADO EN UN 40% DE ESPACIO)**

CALIBRE DEL ALAMBRE A W G	½" 12.1 mm.	¾" 19.0 mm.	1" 25.4 mm.	1 ¼" 31.8 mm.	1 ½" 38.1 mm.	2" 50.8 mm.	2 ½" 62.9 mm.	3" 76.0 mm.	CAPACIDAD EN AMPERES
20	17	30	50						4
18	14	25	41						7
16	11	20	33	58					13
14	9	16	26	45	62				25
12	7	12	20	35	48				30
10	5	9	15	27	37	61			40
8		5	8	14	20	33			50
6			5	9	12	20			70
4				5	7	11			90
2				3	4	5			120
1/0					3	4	6	9	155
2/0						3	4	7	185
3/0						3	5	7	210
4/0						3	4	7	235
250 McM							3	4	270
300"							3	4	300
350"							3	4	325
500"							3	3	405

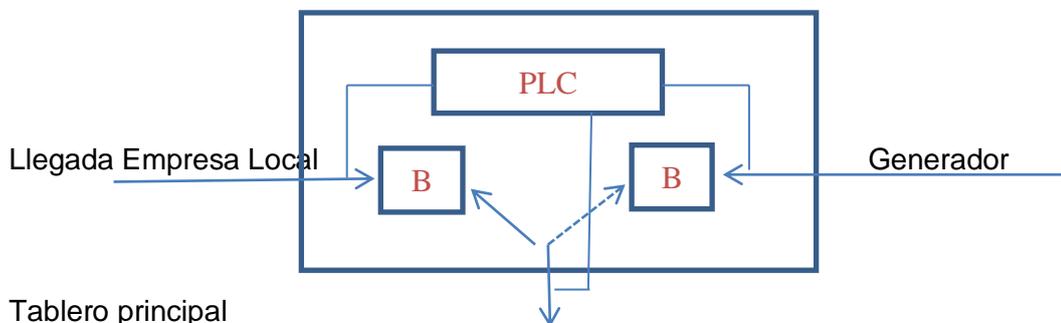
Tabla No 23. Tablas de conductores de cobre<sup>73</sup>.

5.3.1.6 Costo Económico:

Del (cuadro No 32.) se desprende un costo de; \$ 80.000,00 Ochenta mil dólares de inversión, que incluye:

Generador de 150 KVA; UPS de 12,5 KVA, Tablero de transferencia y accesorios.

5.3.1.5 Diagrama del UPS y Generador: Tablero:



Tablero principal

**CONCLUSIONES GENERALES.**

<sup>73</sup>(OLX, 2012)

Los grupos electrógenos, de la ESPE – Quito, no son eficientes, pero si eficaz a un alto precio. La fiabilidad del sistema Quito es del 99, 89 %, en promedio.

El Tablero con transferencia automática, es técnicamente viable, pero el costo de \$ 2,8 / KW, por demanda contratada y el costo por equipo, hace no viable el sistema de transferencia automática entre el alimentador Norte oriente (L1) de la S / E Salcedo y el Niagara (L3) de la S / E San Rafael, en el campus “General Guillermo Rodríguez Lara” de la Universidad de la Fuerzas Armadas. ESPE – Extensión Latacunga

Los TTIKred, y FMIKred, de los alimentadores Norte oriente y el Niagara están bajo lo exigido por el CONELEC, lo cual les da una fiabilidad de 99,94 % y 99,91 %, respectivamente.

El sistema con UPS - Banco de baterías, respaldado por un grupo electrógeno técnica y económicamente, es el más recomendable, por la información que protegería ante fallos externo e internos; pero aun, en este caso es cuestionable si hay personal técnicoa tiempo completo en el campus, por lo bajo que es el TTIKred del sistema de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi (5,27) y la topología del anillo interconectado de nuestro país.

El grupo electrógeno para toda la ESPE – L, es técnicamente viable, pero el costo por equipo e instalación, hace no viable el sistema frente a los costos por falla por tener el TTIKred (5,01) menor al exigido por el CONELEC (8,00).

Los grupos Electrógenos, para la aulas + posgrados y cocina + comedor + residencia, técnicamente son viables, pero los costos, económicos de inversión y de operación y mantenimiento, no les hace viable, por tener el TTIKred (5,01) menor al exigido por el CONELEC (8,00).

El alimentador único, en media tensión, desde la S / E Salcedo como está planteada en el diseño original, dará más fiabilidad al sistema por tener el TTIKred (5,01) menor al exigido por el CONELEC (8,00) y la implementación del

reforzamiento al anillo a 230 KV con la línea a 500 KV con el proyecto Coca Codo Sinclair de 1500 MW, ya en construcción.

La tarifa subsidiada y la fiabilidad del sistema eléctrico ecuatoriano alcanzado en estos últimos años, hacen que los grupos electrógenos no sean un Opción, los UPS, son opción media para las cargas especiales.

#### RECOMENDACIONES.

Por la carga del campus y el desarrollo del sector por el asentamiento de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Extensión Latacunga, en Belisario Quevedo, es adecuado gestionar ante Transelectric la construcción de una subestación de 138 KV / 69 KV / 13.8 KV. La línea de Pucará Vicentina a 138 KV pasa cerca del lugar.

El campus debe tener alimentación única a 13.8 KV para garantizar su fiabilidad, sugiriéndose su evaluación técnica económica.

## BIBLIOGRAFÍA:

- Caterpillar. (25 de marzo de 2011). *Caterpillar*. Recuperado el 23 de Julio de 2013, de [www.catelectricpowerinfo.com/](http://www.catelectricpowerinfo.com/)
- Cisterna, Orellana, M. (2008). *Metodología de calculo, de costo de falla intempestiva*. Santiago de Chile: Universidad Santiago de Chile.
- CONELEC. (1996). *Ley de régimen del sector eléctrico*. Quito: Registro oficial.
- CONELEC. (2010). *Regulación 004*. Quito: CONELEC.
- CONELEC. (2013 - 2022). *Plan Maestro de Electrificación del Ecuador*. Quito: CONELEC.
- CONELEC. (2013). *Pliego tarifario para empresas eléctricas*. Quito: CONELEC.
- Ecuador, C. N. (2008). *Constitución de la Republica del Ecuador*. Quito: Registro oficial .
- Ecuador, R. o. (24 de Octubre de 2010). *Ley Organica de Educación Superior*. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial N 298.
- electrogenos, G. (1 de 1 de 2010). *Características de grupos electrogenos*. Recuperado el 10 de Junio de 2013, de [http://www.google.com.ec/search?q=grupos+electrogenos+funcionamiento&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=Irf7UZmcNYu88wTn7YH4DQ&ved=0CAcQ\\_AUoAQ&biw=1440&bih=761#facrc=\\_&imgdii=\\_&imgrc=XgqhQhdKlcd8xM%3A%3BTIDTmskSOBBvGM%3Bhttp%253A%252F%252Fhtml.rincondelvago.com](http://www.google.com.ec/search?q=grupos+electrogenos+funcionamiento&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=Irf7UZmcNYu88wTn7YH4DQ&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1440&bih=761#facrc=_&imgdii=_&imgrc=XgqhQhdKlcd8xM%3A%3BTIDTmskSOBBvGM%3Bhttp%253A%252F%252Fhtml.rincondelvago.com)
- ESPE. (2012). *Misión* . Quito: ESPE.
- Estrada, & Vidales, M. A. (1 de 1 de 2002). *UPS off line*. Recuperado el 22 de julio de 2013, de [http://www.unicrom.com/Tut\\_TopologiasUPS1.asp](http://www.unicrom.com/Tut_TopologiasUPS1.asp)
- Flores, Soria, M. (2009). *Evaluación del Costo beneficio denenergía no servida en el sistema eléctrico Ecuatoriano*. Quito: Universidad Andina.
- Giandrani, L. (2011). *Aspectos técnicos economicos para la evaluación de cogeneración en base a grupos diesel*. Santiago de Chile: Universidad Catolica de Chile.
- González , F. (2004). *I seminario de energía eléctrica*. Puerto Ordaz: UNEXPO.
- Iturbe, R. (2005). *EL GENERADOR DIESEL COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN A LAS CARGAS DE SALVAGUARDIA EN UNA CENTRAL NUCLEAR*. Argentina: Grupos de empresarios.
- Melo, G. (25 de febrero de 2010). *El impacto de las fallas eléctricas en la Industria*. Recuperado el 17 de agosto de 2013, de <http://web.ing.puc.cl/~power/alumno%2000/impacto/cfalla.html>
- Mestre, J. (1 de Abril de 2003). *Alumbrados especiales*. Recuperado el 22 de Julio de 2013, de <http://www.siafa.com.ar/notas/nota173/alumbrados.htm#arriba>
- Mucodsi, Karan, M., & Hernadez, Rodriguez , A. (1 de 1 de 2005). *Análisis economico financiero de proyectos de investigación e inversiones en el campo social*. Recuperado el 24 de Octubre de 2013, de <http://www.ilustrados.com/tema/6819/Analisis-economico-financiero-proyectos-investigacion-inversiones.html>
- Nieto, J., & Stalin, S. (2012). *Rediseño y optimización del sistema eléctrico de emergencia de la ESPE Sangolqui horizonte 15 años*. Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

- Olson, G. (4 de Febrero de 2008). *Grupo electrógeno* . Recuperado el 22 de Noviembre de 2013, de <http://www.cumminspower.com/www/literature/technicalpapers/PT-6014-genset-ups-compatibility-es.pdf>
- OLX. (1 de 1 de 2012). *Tabla de conductores Eléctricos*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2013, de <http://hogar.yoreparo.com/electricidad/necesito-tabla-conductores-electricos-t229486.html>
- Orbea Carlos. (2011). *Implementación de la infraestructura física para el nuevo campus de la ESPE - Extensión Latacunga*. Latacunga: ESPE.
- Quito, E. E. (1995). *Normas para sistemas de distribución: guía de diseño*. Quito: Empresa Eléctrica Quito.
- S.A, P. E. (1 de 1 de 2012). *Protecciones para el generador*. Recuperado el 20 de Octubre de 2013, de <http://proteccioneselectricas.com/productoReleGenerador.php>
- schneider. (1 de 1 de 2012). Recuperado el 14 de Octubre de 2013, de [www.schneiderelectric.es/...electronica/...electronica/capitulo-n-generadores-c...](http://www.schneiderelectric.es/...electronica/...electronica/capitulo-n-generadores-c...)
- Telergia. (1 de 1 de 2005). *Informaciones útiles sobre Alternadores de Grupos Electrógenos FG Wilson*. Recuperado el 23 de Junio de 2013, de *Informaciones útiles sobre Alternadores de Grupos Electrógenos FG Wilson*.
- Wikipedia. (7 de Noviembre de 2013). *Valor actual neto*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2013, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Valor\\_actual\\_neto](http://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_neto)

## ANEXOS:

ESPE - QUITO								
CARACTERISTICAS TECNICAS								
GRUPO ELECTROGENO KOHLER			GRUPO ELECTROGENO WILSON			GRUPO ELECTROGENO CUMMINS		
Año Instalación	Año	2,000	Año Instalación	Año	1,995	Año Instalación	Año	2,011
Horas de Operación	Horas	430.00	Horas de Operación	Horas	1,382.00	Horas de Operación	Horas	25.00
Horas Operación por Falla - Sistema Quito	Horas	104.79	Horas Operación por Falla - Sistema Quito	Horas	336.79	Horas Operación por Falla - Sistema Quito	Horas	6.09
TTIKred	Horas	8.06	TTIKred	Horas	18.71	TTIKred	Horas	3.05
TTIKred - LEY	Horas	8.00	TTIKred - LEY	Horas	8.00	TTIKred - LEY	Horas	8.00
TTIKred por mes - Horas	Horas	0.67	TTIKred por mes - Horas	Horas	1.56	TTIKred por mes - Horas	Horas	0.25
Costo por Instalación y mantenimiento - Mes	\$	4,694.77	Costo por Instalación y mantenimiento - Mes	\$	2,320.39	Costo por Instalación y mantenimiento - Mes	\$	243.05
Fiabilidad del Sistema		99.91%			99.79%			99.97%

**CURVAS DE CARGA DE LA SUBESTACIÓN SALCEDO**

DÍA - TÍPICO: S / E y Alimentador

**Fecha: 26 de junio del 2013 - día típico**

S / E Salcedo					Alimentador L1 - Norte Oriente: Conductor 3 / 0 AWG			
Hora	Demanda S / E	Demanda S / E - F	Cap Trafo. FA	Disponible	Demanda L1 - A	Demanda L1 - F	Capacidad 3/0	Disponible
0:00	6,692.87	8,994.66	12,500.00	5,807.13	1,559.37	2,540.05	4,000.00	1,459.95
1:00	5,447.08	7,320.41	12,500.00	7,052.92	1,252.64	2,040.43	4,000.00	1,959.57
2:00	4,986.81	6,701.86	12,500.00	7,513.19	1,095.88	1,785.08	4,000.00	2,214.92
3:00	4,698.67	6,314.61	12,500.00	7,801.33	1,003.70	1,634.92	4,000.00	2,365.08
4:00	4,534.64	6,094.18	12,500.00	7,965.36	957.18	1,559.14	4,000.00	2,440.86
5:00	4,629.63	6,221.84	12,500.00	7,870.37	951.69	1,550.20	4,000.00	2,449.80
6:00	4,700.94	6,317.67	12,500.00	7,799.06	936.85	1,526.03	4,000.00	2,473.97
7:00	5,199.00	6,987.03	12,500.00	7,301.00	972.15	1,583.53	4,000.00	2,416.47
8:00	6,716.62	9,026.57	12,500.00	5,783.38	1,120.51	1,825.19	4,000.00	2,174.81
9:00	6,276.02	8,434.45	12,500.00	6,223.98	1,269.81	2,068.38	4,000.00	1,931.62
10:00	6,363.42	8,551.90	12,500.00	6,136.58	1,275.70	2,077.98	4,000.00	1,922.02
10:15	6,623.42	8,901.32	12,500.00	5,876.58	1,375.70	2,240.87	4,000.00	1,759.13
10:25	6,293.42	8,457.83	12,500.00	6,206.58	1,376.70	2,242.50	4,000.00	1,757.50
11:00	6,822.13	9,168.38	12,500.00	5,677.87	1,440.23	2,345.99	4,000.00	1,654.01
12:00	6,971.63	9,369.29	12,500.00	5,528.37	1,448.93	2,360.16	4,000.00	1,639.84
13:00	7,076.97	9,510.85	12,500.00	5,423.03	1,461.76	2,381.05	4,000.00	1,618.95
14:00	7,110.49	9,555.90	12,500.00	5,389.51	1,516.93	2,470.93	4,000.00	1,529.07
15:00	6,638.52	8,921.61	12,500.00	5,861.48	1,477.67	2,406.96	4,000.00	1,593.04
16:00	6,786.81	9,120.90	12,500.00	5,713.19	1,467.22	2,389.94	4,000.00	1,610.06
17:00	6,989.92	9,393.87	12,500.00	5,510.08	1,509.90	2,459.47	4,000.00	1,540.53
18:00	6,793.89	9,130.42	12,500.00	5,706.11	1,566.95	2,552.40	4,000.00	1,447.60
18:30	6,890.10	9,259.72	12,500.00	5,609.90	1,563.39	2,546.60	4,000.00	1,453.40
19:00	6,682.07	8,980.14	12,500.00	5,817.93	1,559.08	2,539.58	4,000.00	1,460.42
19:30	6,656.55	8,945.85	12,500.00	5,843.45	1,562.19	2,544.64	4,000.00	1,455.36
20:00	6,968.31	9,364.82	12,500.00	5,531.69	1,652.85	2,692.32	4,000.00	1,307.68
21:00	9,064.47	12,181.88	12,500.00	3,435.53	1,929.09	3,142.29	4,000.00	857.71
22:00	9,131.29	12,271.70	12,500.00	3,368.71	1,975.08	3,217.20	4,000.00	782.80
23:00	7,947.38	10,680.61	12,500.00	4,552.62	1,804.80	2,939.83	4,000.00	1,060.17

**CURVAS DE CARGA DE LA SUBESTACIÓN SAN RAFAEL**

DÍA - TÍPICO: S / E y Alimentador

**Fecha: 26 de julio del 2013 - día típico**

S / E San Rafael					Alimentador L3 - Niagara: Conductor 3 / 0 AWG			
Hora	Demanda S / E	Demanda S / E - F	Cap Trafo. FA	Disponible	Demanda L3 - A	Demanda L3 - F	Capacidad 3/0	Disponible
0:00	4,221.53	5,673.39	12,500.00	8,278.47	1,184.84	1,929.98	4,000.00	2,070.02
1:00	4,108.88	5,521.98	12,500.00	8,391.12	1,152.67	1,877.57	4,000.00	2,122.43
2:00	3,794.46	5,099.44	12,500.00	8,705.54	1,105.27	1,800.37	4,000.00	2,199.63
3:00	3,612.89	4,855.42	12,500.00	8,887.11	1,074.25	1,749.84	4,000.00	2,250.16
4:00	3,985.78	5,356.56	12,500.00	8,514.22	1,074.25	1,749.84	4,000.00	2,250.16
5:00	4,661.41	6,264.55	12,500.00	7,838.59	1,184.84	1,929.98	4,000.00	2,070.02
6:00	5,738.68	7,712.31	12,500.00	6,761.32	1,190.89	1,939.84	4,000.00	2,060.16
7:00	5,740.03	7,714.12	12,500.00	6,759.97	1,260.94	2,053.95	4,000.00	1,946.05
8:00	5,703.42	7,664.93	12,500.00	6,796.58	1,292.08	2,104.66	4,000.00	1,895.34
9:00	6,204.39	8,338.18	12,500.00	6,295.61	1,349.62	2,198.39	4,000.00	1,801.61
10:00	6,374.20	8,566.40	12,500.00	6,125.80	1,568.37	2,554.71	4,000.00	1,445.29
10:15	6,354.20	8,539.52	12,500.00	6,145.80	1,569.37	2,556.33	4,001.00	1,444.67
10:30	6,284.20	8,445.44	12,500.00	6,215.80	1,570.37	2,557.96	4,002.00	1,444.04
11:00	6,202.23	8,335.27	12,500.00	6,297.77	1,517.80	2,472.34	4,000.00	1,527.66
12:00	6,228.18	8,370.16	12,500.00	6,271.82	1,541.15	2,510.38	4,000.00	1,489.62
13:00	5,442.49	7,314.25	12,500.00	7,057.51	1,564.50	2,548.41	4,000.00	1,451.59
14:00	5,592.33	7,515.62	12,500.00	6,907.67	1,634.56	2,662.52	4,000.00	1,337.48
15:00	5,471.82	7,353.67	12,500.00	7,028.18	1,634.56	2,662.52	4,000.00	1,337.48
16:00	5,562.45	7,475.47	12,500.00	6,937.55	1,634.56	2,662.52	4,000.00	1,337.48
17:00	5,319.00	7,148.29	12,500.00	7,181.00	1,478.89	2,408.95	4,000.00	1,591.05
18:00	5,634.29	7,572.02	12,500.00	6,865.71	1,478.89	2,408.95	4,000.00	1,591.05
18:30	6,140.62	8,252.48	12,500.00	6,359.38	1,725.08	2,809.97	4,000.00	1,190.03
19:00	7,137.00	9,591.53	12,500.00	5,363.00	2,101.57	3,423.24	4,000.00	576.76
19:30	7,590.82	10,201.43	12,500.00	4,909.18	2,179.41	3,550.03	4,000.00	449.97
20:00	7,422.04	9,974.61	12,500.00	5,077.96	2,101.57	3,423.24	4,000.00	576.76
21:00	6,578.49	8,840.94	12,500.00	5,921.51	1,725.08	2,809.97	4,000.00	1,190.03
22:00	5,439.02	7,309.59	12,500.00	7,060.98	1,176.19	1,915.89	4,000.00	2,084.11
23:00	4,671.50	6,278.11	12,500.00	7,828.50	1,217.36	1,982.94	4,000.00	2,017.06