



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“Análisis y Rediseño de la subestación Eléctrica Machala, de la Actual Empresa Eléctrica CNEL El Oro”

**TESIS DE GRADO**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

**ESPECIALIZACIÓN POTENCIA**

Presentado por:

Julio Jonnathan Feijoó Ajila

Danny David Macías Villamar

Marcos Isaias Yaulema Suquilanda

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2009**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis profesores, compañeros y todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo por su invaluable ayuda.

## **DEDICATORIA**

**A MIS PADRES**

**A MIS HERMANOS**

## TRIBUNAL DE GRADUACION

---

Ing. Jorge Aragundi W.

**SUBDECANO DE LA FIEC**

**PRESIDENTE**

---

PhD. Cristóbal Mera G.

**DIRECTOR DEL TOPICO**

---

Ing. Gustavo Bermúdez F.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Jorge Flores M.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este tópico de graduación, nos corresponde exclusivamente: y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Exámenes de Títulos Profesionales de la Espol)

---

Jonnathan Feijoó A.

---

Danny Macías V.

---

Marco Yaulema S.

## RESUMEN

Actualmente, un buen y continuo servicio de energía eléctrica es indispensable para el común de abonados por el enorme uso de aparatos sensibles a cambios e interrupciones de energía. En industrias y edificios comerciales las interrupciones de corta y larga duración pueden ocasionar daños costosos a las empresas y esto conllevar al desprestigio de la empresa eléctrica proveedora.

Para garantizar un buen servicio al cliente, se debe primero analizar el estado actual del suministro, luego analizar los datos, analizar opciones y finalmente implementar las soluciones para mejorar este servicio a un costo razonable.

Se debe tomar en cuenta las normas y exigencias vigentes de calidad y servicio para conseguir una buena confiabilidad y correcta coordinación que evite operaciones innecesarias de los aparatos de protección que afecten a los clientes.

Finalmente se debe despejar fallas cuidando de afectar al menor número de abonados lo cual es la clave para un buen y continuo servicio.

## INDICE DE CAPITULOS

CAPITULO 1.....	2
CAPITULO 2.....	35
CAPITULO 3.....	111

## INDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>III</b>
<b>TRIBUNAL DE GRADUACION</b> .....	<b>IV</b>
<b>DECLARACION EXPRESA</b> .....	<b>V</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VI</b>
<b>INDICE DE CAPITULOS</b> .....	<b>VII</b>
<b>INDICE GENERAL</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ABREVIATURAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XV</b>
<b>INDICE DE GRAFICOS</b> .....	<b>XVIII</b>
<b>INDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>XXIV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>DESCRIPCION DEL SISTEMA</b> .....	<b>2</b>
1.1 Área de influencia de la Subestación Eléctrica Machala.....	3
1.2 Descripción de la Subestación Eléctrica Machala.....	3
1.3 Equipos instalados en la Subestación Eléctrica Machala.....	6
1.4 Alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala.....	11
1.5 Capacidad Térmica de los conductores de las alimentadoras.....	16



1.6 Transformador de Distribución.....	17
1.7 Capacitores y Reguladores de Voltaje.....	20
1.7.1 Capacitores en las alimentadoras.....	20
1.7.2 Reguladores de Voltaje en alimentadoras.....	21
1.8 Cargas en las alimentadoras.....	22

## **CAPITULO 2**

### **ANALISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DE LA SUBESTACIÓN**

#### **ELÉCTRICA MACHALA..... 35**

2.1 Calculo de Voltaje y Análisis de la variación de voltaje en la Subestación Machala.....	35
2.2 Balance en las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala.....	39
2.2.1 Factor de Utilización en las alimentadoras.....	39
2.2.2 Balance en las alimentadoras.....	40
2.3 Sistemas de Protecciones de la Subestación Eléctrica Machala.....	45
2.3.1 Protección de circuitos a 69 KV.....	45
2.3.2 Protección de los transformadores de la Subestación Eléctrica Machala.....	49
2.3.3 Protección de las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala.....	54
2.4 Información estadística de las interrupciones en las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala.....	60

2.5 Evaluación de la confiabilidad en el sistema de distribución.....	65
2.5.1 Cálculo de los parámetros de diseño del sistema.....	65
2.5.2 Índices de la confiabilidad orientados al consumidor y a la energía.....	68
2.5.3 Cálculo de los índices de la confiabilidad orientados al consumidor y a la energía.....	71
2.5.4 Comparación y análisis de la confiabilidad orientados al consumidor y la energía de las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala.....	79
2.6 Estudio de Cortocircuito.....	85
2.6.1 Impedancias de secuencia.....	85
2.6.2 Curvas de corrientes de cortocircuito en función de la distancia a la Subestación.....	87
2.6.3 Propuesta de Coordinación.....	89
2.7 Reglamento Vigente de la Calidad de Servicio Técnico	
CONELEC 004-01.....	94
2.7.1 Índices de la Calidad de Servicio Técnico CONELEC 004-01...	95
2.7.2 Límites admisibles de la Calidad de Servicio Técnico.....	96
2.7.3 Cálculo de los índices de la Calidad de Servicio Técnico en las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala.....	97

2.7.4 Comparación de los índices del a Calidad de Servicio Técnico entre las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala.....	108
---	-----

### **CAPITULO 3**

#### **REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA SUBESTACIÓN**

#### **ELÉCTRICA MACHALA..... 111**

3.1 Determinación de los parámetros de diseño de la Subestación Eléctrica Machala.....	111
3.2 Rediseño del sistema de protecciones basadas en la Calidad del Servicio de la Subestación Eléctrica Machala.....	112
3.3 Resultados del rediseño por alimentadora de la Subestación Eléctrica Machala.....	112
3.3.1 Presentación de los resultados de los índices de Confiabilidad.....	112
3.3.2 Presentación de los resultados de los costos de rediseño.....	115
3.4 Análisis de Resultados por alimentadora de la Subestación Eléctrica Machala.....	116
3.4.1 Análisis de los índices de confiabilidad por alimentadora.....	117
3.4.2 Análisis económico de los casos o alternativas Presentadas.....	121

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	126
<b>ANEXOS</b> .....	129
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	172

## ABREVIATURAS

### A

ANSI: American National Standards Institute.

ASAI: Índice de la disponibilidad promedio de servicio.

ASUI: Índice de indisponibilidad promedio del servicio.

### C

CONELLEC: Consejo Nacional de Electrificación.

CAIDI: Índice de la duración de la interrupción promedio del consumidor.

CNEL: Consejo Nacional de Electrificación

CT : Tiempo de despeje máximo.

### E

ENS: Índice de energía total no suplida.

### F

FMIK: Frecuencia media de interrupción por kVA nominal instalado.

FU: Factor de utilización

### G

G: General

**M**

MANT.: Mantenimiento

MT: Tiempo de Fusión Mínima.

**P**

PROGR. : Programada

PROM: Promedio

P: Puntual

**T**

TC: Transformadores de corriente.

TN: Tiempo de notificación.

TP: Transformador de potencial

TTIK: Frecuencia media de interrupción por kVA nominal instalado.

**S**

SAIDI: Índice de la duración de la interrupción promedio del sistema.

SAIFI: Índice de frecuencia de interrupción promedio del sistema.

S/E: Subestación eléctrica

**V**

VDC: Voltaje de Corriente Directa

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b> Información de Alimentadoras SE Machala.....	11
<b>Tabla 1.2</b> Información de los conductores de las alimentadoras.....	16
<b>Tabla 1.3</b> Número de Transformadores por Fase M. Vargas.....	18
<b>Tabla 1.4</b> Número de Transformadores Trifásicos M. Vargas.....	18
<b>Tabla 1.5</b> Número de Transformadores por Fase Unioro.....	18
<b>Tabla 1.6</b> Número de Transformadores por Fase Expreso2.....	19
<b>Tabla 1.7</b> Número de Transformadores por Fase Emproro.....	19
<b>Tabla 1.8</b> Número de Transformadores Trifásicos Emproro.....	19
<b>Tabla 1.9</b> Número de Transformadores por Alimentadora.....	20
<b>Tabla 1.10</b> Carga Máxima de Cada Alimentadora.....	22
<b>Tabla 2.1</b> Límites de regulación de Voltaje del CONELEC.....	35
<b>Tabla 2.2</b> Voltaje por fase al final de cada alimentadora.....	36
<b>Tabla 2.3</b> Factor de Utilización de las alimentadoras (1).....	40
<b>Tabla 2.4</b> Factor de Utilización de las alimentadoras (2).....	40
<b>Tabla 2.5</b> Settings de relés de protección de líneas de 69 KV.....	46
<b>Tabla 2.6</b> Settings de TPU 2000R del lado de 69 Kv y 13.2 KV.....	50
<b>Tabla 2.7</b> Settings de los relés de protección de las alimentadoras.....	55
<b>Tabla 2.8</b> Número de Interrupciones (solo alimentadoras).....	60
<b>Tabla 2.9</b> Número de Interrupciones (alimentadoras y transformadores)....	61
<b>Tabla 2.10</b> Tasa de falla y tiempo de restauración.....	67

<b>Tabla 2.11</b> Duración de las interrupciones.....	67
<b>Tabla 2.12</b> Numero de Consumidores por punto de Carga alimentadora Madero Vargas.....	71
<b>Tabla 2.13</b> Índices de Confiabilidad de alimentador Madero Vargas.....	72
<b>Tabla 2.14</b> Número de Consumidores Unioro.....	73
<b>Tabla 2.15</b> Índices de Confiabilidad de alimentador Unioro.....	73
<b>Tabla 2.16</b> Número de Consumidores Expreso2.....	74
<b>Tabla 2.17</b> Índices de Confiabilidad de alimentador Expreso2.....	75
<b>Tabla 2.18</b> Número de Consumidores Emproro.....	76
<b>Tabla 2.19</b> Índices de Confiabilidad de alimentador Emproro.....	77
<b>Tabla 2.20</b> Índices de Confiabilidad de Sistemas de Distribución de Canadá.....	81
<b>Tabla 2.21</b> Índices de Confiabilidad de Empresa Cooper.....	81
<b>Tabla 2.22</b> Impedancias de Secuencias para Conductor # 4/0 (1).....	84
<b>Tabla 2.23</b> Impedancias de Secuencias para Conductor # 4/0 (2).....	84
<b>Tabla 2.24</b> Impedancias de Secuencias para Conductor # 2.....	84
<b>Tabla 2.25</b> Impedancias de Secuencias equivalentes para los transformadores de potencia y el sistema de sub-transmisión.....	85
<b>Tabla 2.26</b> Estudio de coordinación de alimentadora Madero Vargas.....	90
<b>Tabla 2.27</b> Estudio de coordinación de alimentadora Unioro.....	91
<b>Tabla 2.28</b> Límites admisibles de FMIK y TTIK.....	96



<b>Tabla 2.29</b> Índices de FMIK y TTIK 2002 para alimentadoras.....	97
<b>Tabla 2.30</b> Índices de FMIK y TTIK 2003 para alimentadoras.....	98
<b>Tabla 2.31</b> Índices de FMIK y TTIK 2004 para alimentadoras.....	100
<b>Tabla 2.32</b> Índices de FMIK y TTIK 2005 para alimentadoras.....	101
<b>Tabla 2.33</b> Índices de FMIK y TTIK 2006 para alimentadoras.....	103
<b>Tabla 2.34</b> Índices de FMIK y TTIK 2007 para alimentadoras.....	104
<b>Tabla 2.35</b> Índices de FMIK y TTIK 2008 para alimentadoras.....	106
<b>Tabla 3.1</b> Resumen de Índices de Confiabilidad (Caso Base).....	112
<b>Tabla 3.2</b> Resumen de Índices de Confiabilidad (Caso Uno).....	113
<b>Tabla 3.3</b> Resumen de Índices de Confiabilidad (Caso Dos).....	114
<b>Tabla3.4</b> Análisis de Costos – Beneficios.....	116
<b>Tabla3.5</b> Reducción de Pérdidas en dólares.....	121
<b>Tabla3.6</b> Inversión para alimentadora Madero Vargas.....	122
<b>Tabla3.7</b> Inversión para alimentadora Unioro.....	122
<b>Tabla3.8</b> Inversión para alimentadora Expreso2.....	122
<b>Tabla3.9</b> Inversión para alimentadora Emproro.....	123
<b>Tabla3.10</b> Caso total.....	123
<b>Tabla3.11</b> Desglose de los costos (1).....	124
<b>Tabla3.12</b> Desglose de los costos (2).....	124
<b>Tabla3.13</b> Desglose de los costos (3).....	124

## INDICE DE GRAFICOS

<b>Gráfico 1.1</b> Diagrama de configuración de S/E Machala.....	5
<b>Gráfico 1.2</b> Diagrama unifilar de alimentadora Madero Vargas.....	12
<b>Gráfico 1.3</b> Diagrama unifilar de alimentadora Unioro.....	13
<b>Gráfico 1.4</b> Diagrama unifilar de alimentadora Expreso2.....	14
<b>Gráfico 1.5</b> Diagrama unifilar de alimentadora Emproro.....	15
<b>Gráfico 1.6</b> Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora M. Vargas.....	23
<b>Gráfico 1.7</b> Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora M. Vargas.....	23
<b>Gráfico 1.8</b> Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora M. Vargas.....	24
<b>Gráfico 1.9</b> Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora Unioro...	26
<b>Gráfico 1.10</b> Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora Unioro.....	26
<b>Gráfico 1.11</b> Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora Unioro.....	27
<b>Gráfico1.12</b> Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora Expreso2.....	29

<b>Gráfico 1.13</b> Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora	
Expreso2.....	29
<b>Gráfico 1.14</b> Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora	
Expreso2.....	30
<b>Gráfico 1.15</b> Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora	
Emproro.....	32
<b>Gráfico 1.16</b> Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora	
Emproro.....	32
<b>Gráfico 1.17</b> Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora	
Emproro.....	33
<b>Gráfico 2.1</b> Voltaje por fase del alimentador Madero Vargas.....	37
<b>Gráfico 2.2</b> Voltaje por fase del alimentador Unioro.....	37
<b>Gráfico 2.3</b> Voltaje por fase del alimentador Expreso2.....	38
<b>Gráfico 2.4</b> Voltaje por fase del alimentador Emproro.....	38
<b>Gráfico 2.5</b> Desbalance de corriente alimentador Madero Vargas.....	42
<b>Gráfico 2.6</b> Desbalance de corriente alimentador Unioro.....	42
<b>Gráfico 2.7</b> Desbalance de corriente alimentador Expreso2.....	43
<b>Gráfico 2.8</b> Desbalance de corriente alimentador Emproro.....	44
<b>Gráfico 2.9</b> Curva extremadamente inversa de relés DPU 2000R	
Entrada de línea de el Cambio (69 KV).....	47

<b>Gráfico 2.10</b> Coordinación de las líneas en la barra de 69 KV de la Subestación Machala.....	48
<b>Gráfico 2.11</b> Curva con ángulo 30° de TPU 2000R funcionando como Relé diferencial.....	51
<b>Gráfico 2.12</b> Curva Inversa de TPU 2000R funcionando como Relé de protección de sobre-corriente temporizado.....	52
<b>Gráfico 2.13</b> Curva Inversa de TPU 2000R funcionando como Relé de protección de sobre-corriente Instantáneo.....	53
<b>Gráfico 2.14</b> Curva muy Inversa de los reconectores Cooper de las alimentadoras Unioro y M. Vargas.....	56
<b>Gráfico 2.15</b> Curva Inversa del reconector GE de la alimentadora Expreso2.....	57
<b>Gráfico 2.16</b> Curva Muy Inversa del reconector ABB OVR 3 de la alimentadora Emproro.....	58
<b>Gráfico 2.17</b> Número de Interrupciones por alimentadora.....	61
<b>Gráfico 2.18</b> Número de Interrupciones de Alimentador y Transformador.....	62
<b>Gráfico 2.19</b> Número de Interrupciones 2007 (alimentadoras y transformadores).....	63
<b>Gráfico 2.20</b> Número de Interrupciones 2008 (alimentadoras y transformadores).....	63

<b>Gráfico 2.21</b> Número de Interrupciones por Año Alimentadoras.....	64
<b>Gráfico 2.22</b> Número de Interrupciones por año (alimentadoras y transformadores).....	64
<b>Gráfico 2.23</b> Índices de Confiabilidad alimentador Madero Vargas.....	72
<b>Gráfico 2.24</b> Índices de Confiabilidad Alimentador Unioro.....	74
<b>Gráfico 2.25</b> Índices de Confiabilidad Alimentador Expreso2.....	75
<b>Gráfico 2.26</b> Índices de Confiabilidad Alimentador Emproro.....	77
<b>Gráfico 2.27</b> Comparación de SAIFI para alimentadoras.....	78
<b>Gráfico 2.28</b> Comparación de SAIDI para alimentadoras.....	78
<b>Gráfico 2.29</b> Comparación de CAIDI para alimentadoras.....	79
<b>Gráfico 2.30</b> Comparación de ASAI para alimentadoras.....	79
<b>Gráfico 2.31</b> Comparación de ASUI para alimentadoras.....	80
<b>Gráfico 2.32</b> Comparación de ENS para alimentadoras.....	80
<b>Gráfico 2.33</b> Comparación de Índices de la CEA y COOPER con las alimentadoras.....	82
<b>Gráfico 2.34</b> Comparación del Índice ASAI de la CEA y COOPER con las alimentadoras.....	82
<b>Gráfico 2.35</b> Comparación del Índice ASUI de la CEA y COOPER con las alimentadoras.....	83
<b>Gráfico 2.36</b> Corriente de cortocircuito vs. Distancia – M. Vargas.....	85
<b>Gráfico 2.37</b> Corriente de cortocircuito vs. Distancia – Unioro.....	86
<b>Gráfico 2.38</b> Corriente de cortocircuito vs. Distancia – Emproro.....	87

<b>Gráfico 2.39</b>	Localización de los fusibles de protección y protegido.....	88
<b>Gráfico 2.40</b>	Índices FMIK 2002 para alimentadoras.....	97
<b>Gráfico 2.41</b>	Índices TTIK 2002 para alimentadoras.....	98
<b>Gráfico 2.42</b>	Índices FMIK 2003 para alimentadoras.....	99
<b>Gráfico 2.43</b>	Índices TTIK 2003 para alimentadoras.....	99
<b>Gráfico 2.44</b>	Índices FMIK 2004 para alimentadoras.....	100
<b>Gráfico 2.45</b>	Índices TTIK 2004 para alimentadoras.....	101
<b>Gráfico 2.46</b>	Índices FMIK 2005 para alimentadoras.....	102
<b>Gráfico 2.47</b>	Índices TTIK 2005 para alimentadoras.....	102
<b>Gráfico 2.48</b>	Índices FMIK 2006 para alimentadoras.....	103
<b>Gráfico 2.49</b>	Índices TTIK 2006 para alimentadoras.....	104
<b>Gráfico 2.50</b>	Índices FMIK 2007 para alimentadoras.....	105
<b>Gráfico 2.51</b>	Índices TTIK 2007 para alimentadoras.....	105
<b>Gráfico 2.52</b>	Índices TTIK 2008 para alimentadoras.....	106
<b>Gráfico 2.53</b>	Índices FMIK 2008 para alimentadoras.....	107
<b>Gráfico 2.54</b>	Comparación de Índices de Confiabilidad TTIK 2002-2008.....	108
<b>Gráfico 2.55</b>	Comparación de Índices de Confiabilidad FMIK 2002-2008.....	109
<b>Gráfico 2.56</b>	Comparación de Índices de Confiabilidad FMIK.....	110
<b>Gráfico 2.57</b>	Comparación de Índices de Confiabilidad TTIK.....	110

<b>Gráfico 3.1</b> Comparación de Índices de Confiabilidad alimentador Madero Vargas.....	117
<b>Gráfico 3.2</b> Comparación de Índices de Confiabilidad alimentador Uniro.....	117
<b>Gráfico 3.3</b> Comparación de Índices de Confiabilidad alimentador Expreso2.....	118
<b>Gráfico 3.4</b> Comparación de Índices de Confiabilidad alimentador Emproro.....	118
<b>Gráfico 3.5</b> Comparación de Índice de Confiabilidad ENS alimentador Madero Vargas.....	119
<b>Gráfico 3.6</b> Comparación de Índice de Confiabilidad ENS alimentador Uniro.....	119
<b>Gráfico 3.7</b> Comparación de Índice de Confiabilidad ENS alimentador Expreso2.....	120
<b>Gráfico 3.8</b> Comparación de Índice de Confiabilidad ENS alimentador Emproro.....	120

## **INDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A.** Área de Concesión de CNEL Regional El Oro

**ANEXO B.** Ubicación geográfica de la Subestación Machala

**ANEXO C.** Tabla de voltaje por fase al final de cada alimentador usando capacitores

**ANEXO C1.** Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Madero Vargas

**ANEXO C2.** Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Unioro

**ANEXO C3.** Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Expreso2

**ANEXO C4.** Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Emproro

**ANEXO D.** Curva de tiempo de despeje máximo de los fusibles tipo K

**ANEXO D1.** Curva de Tiempo de Fusión Mínima de los Fusibles tipo K

**ANEXO D2.** Coordinación entre Fusibles tipo K

**ANEXO D3.** Capacidad de los Fusibles tipo K

**ANEXO E.** Información de interrupciones de alimentadora Madero Vargas

**ANEXO E1.** Información de interrupciones de alimentadora Unioro

**ANEXO E2.** Información de interrupciones de alimentadora Expreso2

**ANEXO E3.** Información de interrupciones de alimentadora Emproro

**ANEXO F.** Curvas de coordinación entre fusibles de protección y fusible protegido de alimentadora Madero Vargas



- ANEXO F1.** Curvas de coordinación entre fusibles de protección y fusible protegido de alimentadora Emproro
- ANEXO F2.** Curvas de coordinación entre fusibles de protección y fusible protegido de alimentadora Unioro
- ANEXO G.** Diagrama Unifilar para Coordinación de Fusibles de alimentadora Emproro
- ANEXO G1.** Diagrama Unifilar para Coordinación de Fusibles de alimentadora Madero Vargas
- ANEXO G2.** Diagrama Unifilar para Coordinación de Fusibles de alimentadora Unioro
- ANEXO H.** Número de Consumidores de alimentadora Madero Vargas
- ANEXO H1.** Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Madero Vargas
- ANEXO H2.** Número de consumidores de alimentadora Unioro
- ANEXO H3.** Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Unioro
- ANEXO H4.** Número de consumidores de alimentadora Expreso2
- ANEXO H5.** Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Expreso2
- ANEXO H6.** Número de consumidores de alimentadora Emproro
- ANEXO H7.** Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Emproro
- ANEXO I.** Caso Uno – Madero Vargas
- ANEXO I1.** Caso Uno - Unioro
- ANEXO I2.** Caso Uno – Expreso2
- ANEXO I3.** Caso Uno - Emproro

**ANEXO J.** Caso Dos – Madero Vargas

**ANEXO J1.** Caso Dos – Unioro

**ANEXO J2.** Caso Dos – Expreso2

**ANEXO J3.** Caso Dos – Emproro

**ANEXO K.** Resultados del estudio de coordinación Alimentador Emproro

## **INTRODUCCION**

En el presente trabajo se espera aportar para al mejoramiento de energía suministrada basados en la calidad del servicio desde la subestación Machala hacia las cuatro alimentadoras de ésta, tomando en cuenta las normas, reglamentos y conocimientos adquiridos tanto en el tópico como en nuestros años de estudio.

Como se señaló anteriormente, la importancia de suministrar energía eléctrica de buena calidad y continuamente es vital para las empresas eléctricas. Algunos equipos como los electrónicos son muy sensibles a los cambios bruscos de energía y esto puede acarrear pérdidas y daños a los consumidores. En el caso de empresas con este tipo de aparatos electrónicos, una interrupción de larga o corta duración podría hacer perder producción, materia prima, dañar equipos costosos y en el peor de los casos ocasionar daños a personas. En los hogares ya casi todos los electrodomésticos tienen un componente electrónico, desde las computadoras hasta las lavadoras de ropa.

Se escogerá la mejor opción, tomando en cuenta las normas del sector eléctrico, así como la economía de la empresa eléctrica.

# **CAPITULO 1**

## **DESCRIPCION DEL SISTEMA**

La empresa eléctrica de la provincia de El Oro tiene 16 subestaciones a su cargo de las cuales una solo (subestación Avanzada), es de paso. La empresa eléctrica cuenta con 2 barras (EMELORO1 Y EMELORO2) de las cuales la primera se conecta con la subestación San Idelfonso y la segunda se conecta con la interconexión con Perú. Emeloro 1 y 2 transforman los 230Kv de la interconexión y los 130Kv de San Idelfonso a 69 Kv para así llevar este voltaje a sus subestaciones por medio de sus líneas. Emeloro 1 y 2 funcionan normalmente conectadas como una sola barra por un interruptor.

Todas las subestaciones que están a cargo de la empresa eléctrica Regional El Oro están conectadas en forma radial.

En este capítulo se presenta la descripción de los componentes primarios de distribución.

## **1.1 Área de Influencia de la Subestación Eléctrica Machala**

La subestación Machala de la empresa eléctrica Regional El Oro, se encuentra ubicada en la avenida Ferroviaria Km. 1½.

Sus coordenadas geográficas son: 618622, 9638537 (Ver Anexo B). Se conecta al resto del sistema de la provincia del Oro como se muestra en el Anexo A.

## **1.2 Descripción de la Subestación Eléctrica Machala**

La subestación Machala trabaja con una configuración de barra simple. Su barra de 69 Kv está conectada con las subestaciones El Cambio, Los Pinos y Machala Centro.

Dentro de la subestación esta se encuentran 2 transformadores de Potencia (Yorkshire Electric Transformer Co. LTD) de 10/12.5 MVA conectado en paralelo, que son los encargados de transformar los 69 Kv a 13.8 KV. De la barra de 13.8KV salen las alimentadoras (Unioro, M. Vargas, Expreso 2 y Emproro) que dan servicio eléctrico a gran parte de Machala y sus alrededores.

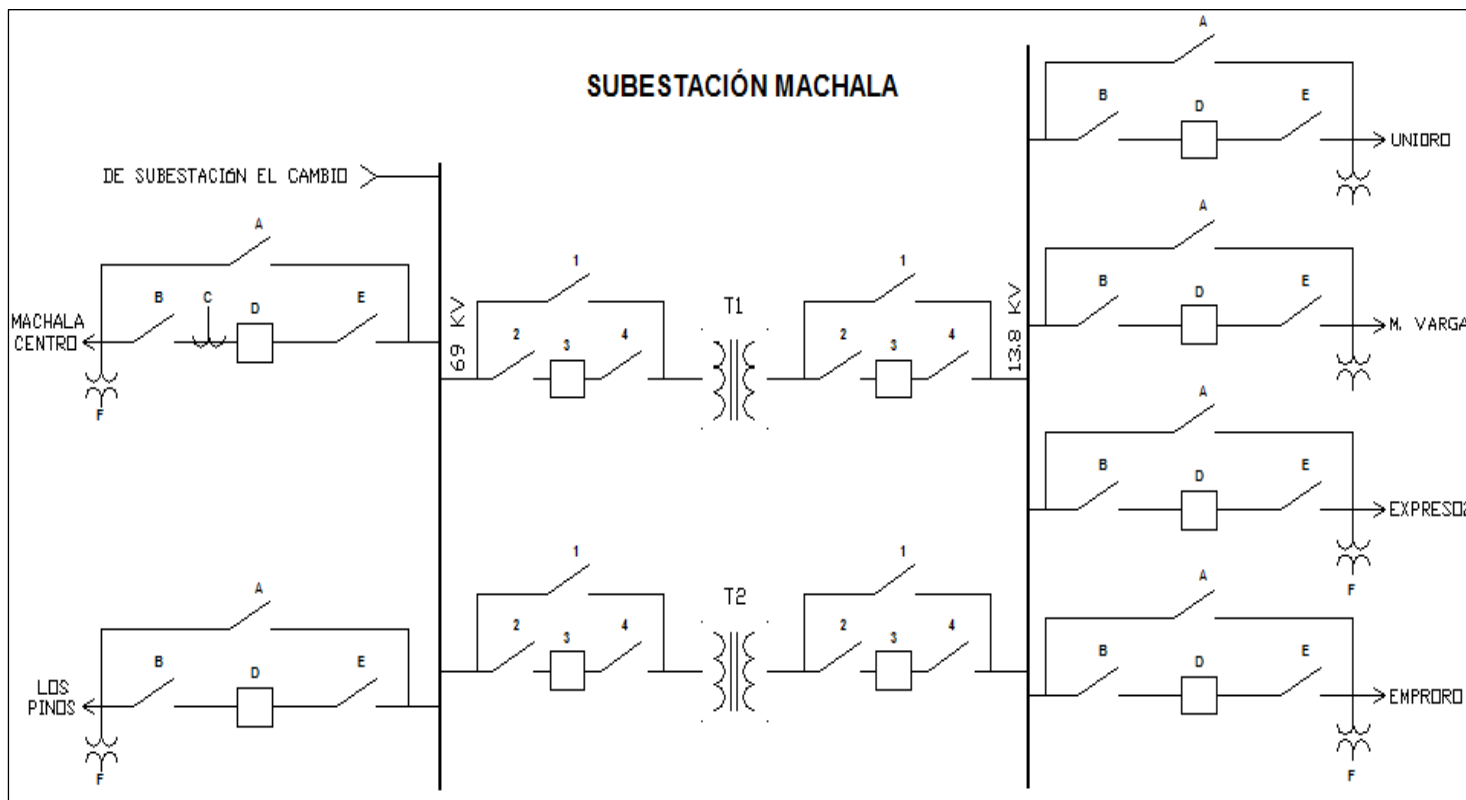
Los transformadores pueden entregar hasta 12.5 MVA con refrigeración de aire forzado tienen un TAP manual ubicado en posición 4 para elevar el nivel de voltaje en el secundario a un valor cercano a 13.8 KV. En el terciario de los transformadores no existe conectada carga alguna.

Se implementará la construcción de otra barra que solo sea de paso entre la subestación La Peana y Los Pinos en los patios de la subestación Machala. La construcción de esta, es parte del plan de Re-potenciación que tiene la Empresa Eléctrica Regional El Oro para mejorar y aliviar las líneas de 69 KV.

Como se puede observar en la grafica 1.1, la potencia entra a la barra de 69 KV en la subestación Machala por la línea transmisión a 69 KV que viene desde la subestación El Cambio y sale hacia las subestaciones Machala Centro y Los Pinos.

La alimentadora Expreso2 se conecta a dos unidades generadoras de 2MW, dando así 4MW entre las dos, en caso de necesitarse. La alimentadora tiene 2.43 Km de longitud desde la barra de 13.8 KV de la subestación Machala, hasta las unidades generadoras indicadas.

La configuración de la subestación se muestra a continuación junto con la explicación de cada uno de sus elementos en cada una de sus posiciones.



**Gráfico 1.1** Diagrama de configuración de S/E Machala

### 1.3 Equipos instalados en la Subestación Eléctrica Machala

Posición de 69 KV, alimentador Machala Centro:

**A, B, E:** cuchillas de bypass, salida, entrada, tripolares con contactos auxiliares para censar estado 125 VDC.

**C:** TC:

- 200:1, burden 20 VA, clase X
- 200:1, burden 20 VA, clase 10P20

**D:** Disyuntor de 69 Kv:

- Control: DPU 2000R (DNP 3.0)
- Contactos auxiliares para censar estado 125 VDC
- Bobinas de cierre y disparo de 125 VDC
- Motor de carga de 127 VAC

**F:** TP 69 Kv

- Relación  $67000/\sqrt{3} : 110$

Posición de 69 KV, alimentador Los pinos:

**A, B, E:** cuchillas de bypass, salida, entrada, tripolares con contactos auxiliares para censar estado 125 VDC.

**D:** Disyuntor de 69 Kv de gran volumen de aceite:



- Control: DPU 2000R (DNP 3.0)
- Contactos auxiliares para censar estado 125 VDC
- Bobinas de cierre y disparo de 125 VDC
- Motor de carga de 127 VAC
- TC 200:1

**F:** TP 69 Kv

- Relación  $67000/\sqrt{3} : 110$

### **Transformadores:**

Para la conexión en paralelo de los transformadores se deben considerar cinco aspectos importantes que son:

1. Igualdad de tensiones y relación de transformación.
2. Igualdad de desfase de los diagramas vectoriales (secundario respecto al primario).
3. Igualdad de secuencia.
4. Igualdad de tensiones de cortocircuito.
5. Una cierta relación de potencia.

**Transformador T1:**

- 10 MVA
- 67/13.2 KV
- Conexión Yy
- Relé Buchholz con contactos auxiliares 125 VDC

**Lado de 69 KV:**

**1, 2, 4:** cuchillas de bypass, entrada, salida, tripolares con contactos auxiliares para censar estado 125 VDC.

**3:** Disyuntor de gran volumen de aceite 69 KV:

- Control: TPU 2000 (DNP 3.0)
- Contactos auxiliares para censar estado de 125 VDC
- Bobinas de disparo y cierre: 125VDC
- Motor de carga: 127 VAC
- TC relación 100:1

**Lado de 13.8 KV:**

**1, 2, 4:** cuchillas de bypass, salida, entrada, tripolares con contactos auxiliares para censar estado 125 VDC.

**3:** Disyuntor de gran volumen de aceite 13.8 KV:

- Control: relé diferencial DDT

- Relé de sobre corriente CDG 46
- Contactos auxiliares para censar estado de 125 VDC
- Bobinas de disparo y cierre: 125VDC
- Motor de carga: 127 VAC
- TC 300:1

### **Transformador T2:**

Similar a T1.

### **Posición 13.8 Kv alimentador Emproro**

**A:** seccionadores porta fusibles de 200 A para bypass

**B, E:** seccionadores cuchillas de entrada, salida, mono polares sin contactos auxiliares.

**D:** Re conector (caja de control Cooper F5):

- DNP 3.0
- Contactos auxiliares para censar estado
- TC: 300/ 1

**F:** TP 13.8 Kv

- Relación 70 : 1
- Clase 0.5
- Burden 75 VA

La medición se la realiza con el medidor ION PML 7330.

**Posición 13.8 Kv alimentador Madero Vargas**

Similar al alimentador Emproro.

**Posición 13.8 Kv alimentador Unioro**

Similar al alimentador Emproro.

**Posición 13.8 Kv alimentador Expreso 2**

Similar al alimentador Emproro.

#### 1.4 Alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala

De la subestación Machala salen 4 alimentadoras (Madero Vargas, Unioro, Expreso 2 y Emproro), que alimentan a gran parte de la ciudad de Machala y sus alrededores.

La alimentadora Expreso 2 entró en funcionamiento en Diciembre del 2007 convirtiéndose así en la más nueva alimentadora de la subestación Machala. Expreso 2 ocasionalmente se conecta a la alimentadora Boyacá de la Subestación Machala-Centro para suplir la carga de ésta. Para esto se desconecta la alimentadora Boyacá de la Subestación Machala-Centro y se conecta a la alimentadora Expreso2. Los datos presentados y usados en nuestro estudio, incluye la información de la alimentadora Expreso2 únicamente.

A continuación se da la información básica de las alimentadoras:

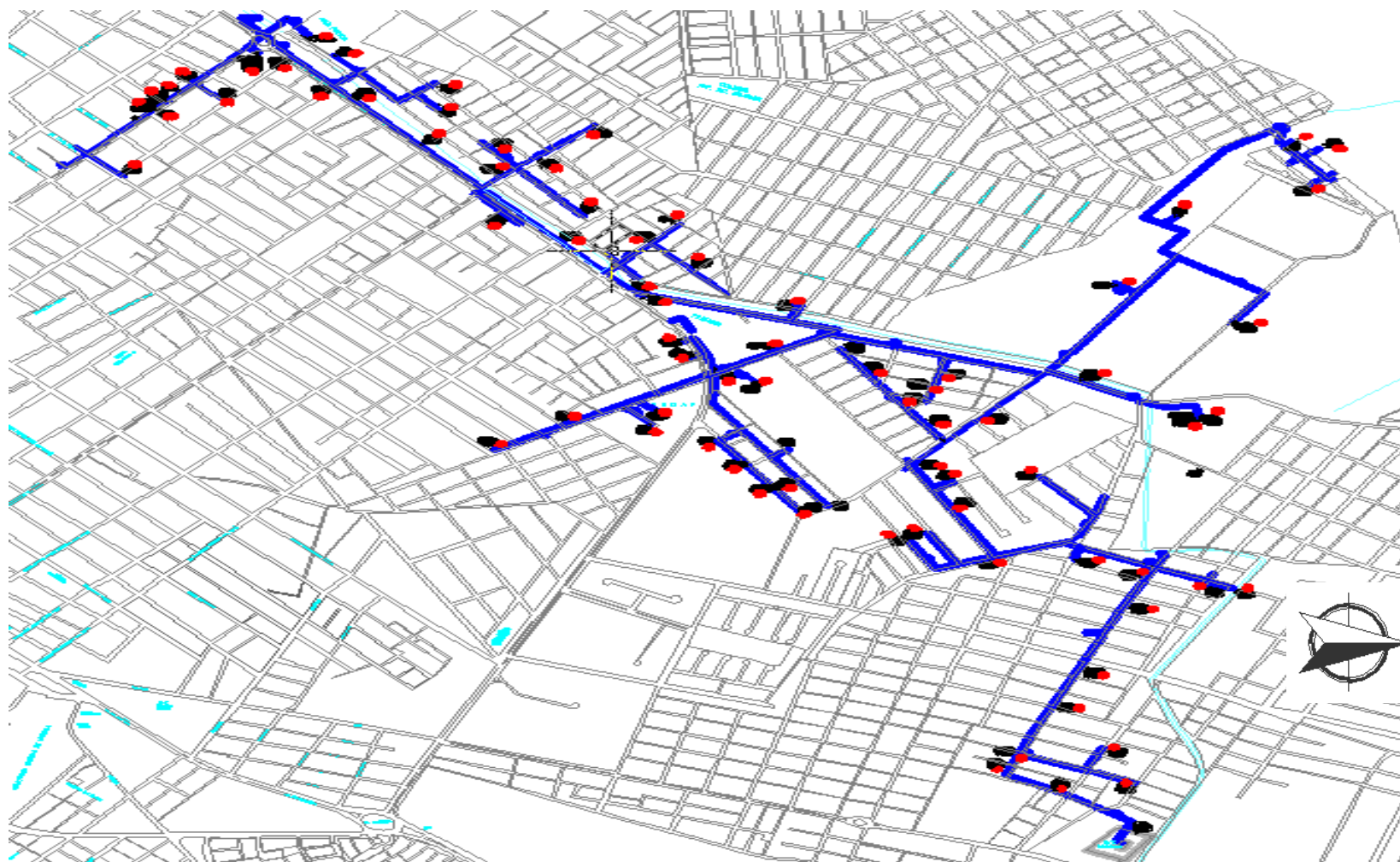
Código	Nombre de Alim.	Longitud de Alim. (Km)	Capacidad Instalada (KVA)
411	Madero Vargas	22.53	11400
412	Unioro	20.05	2950
413	Expreso 2	7	1485
414	Emproro	48.47	17802.5

**Tabla 1.1.** Información de Alimentadoras SE Machala

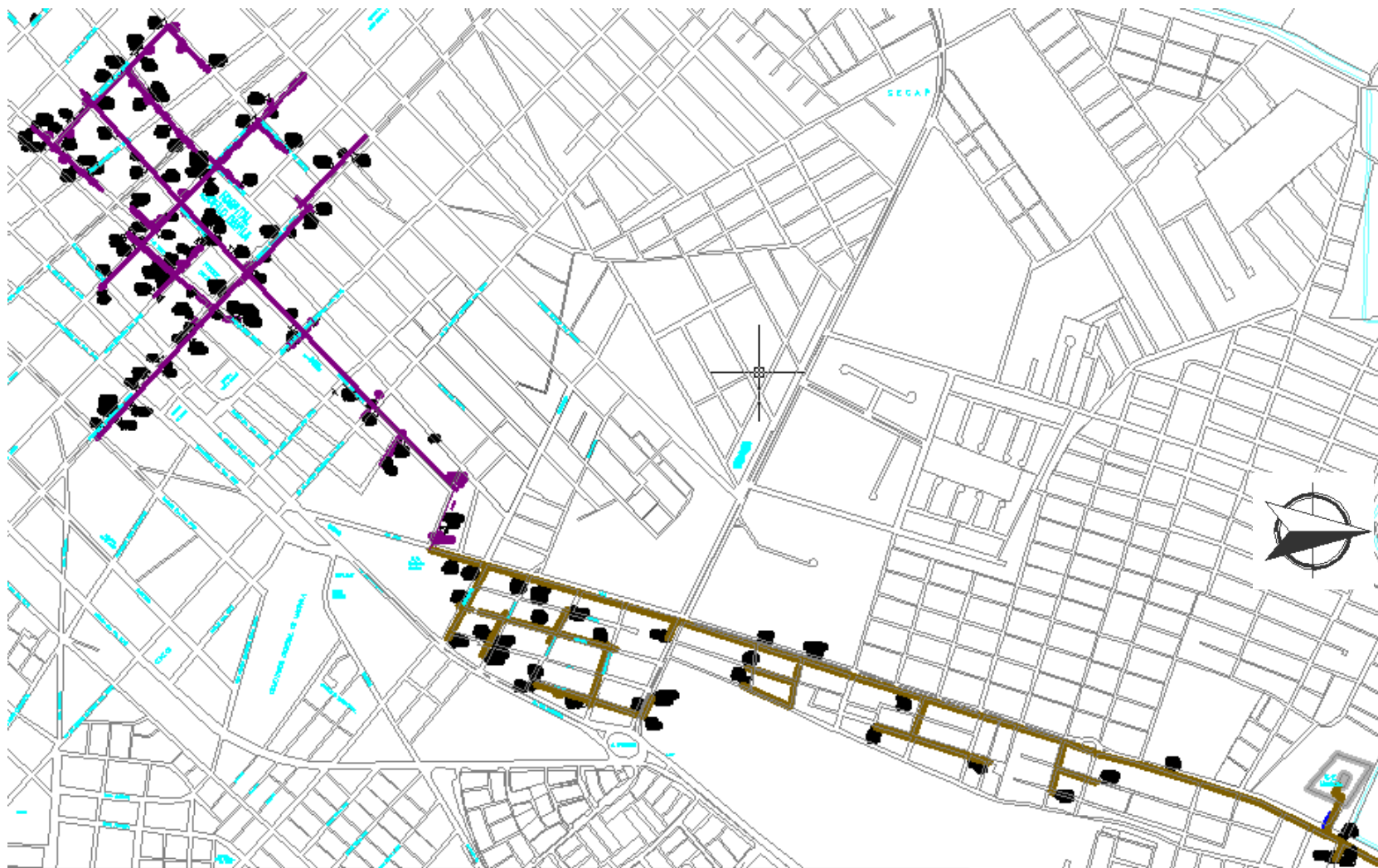
Ahora se presenta el recorrido físico de cada una de las alimentadoras.



**Gráfico 1.2** Diagrama unifilar de alimentadora Madero Vargas

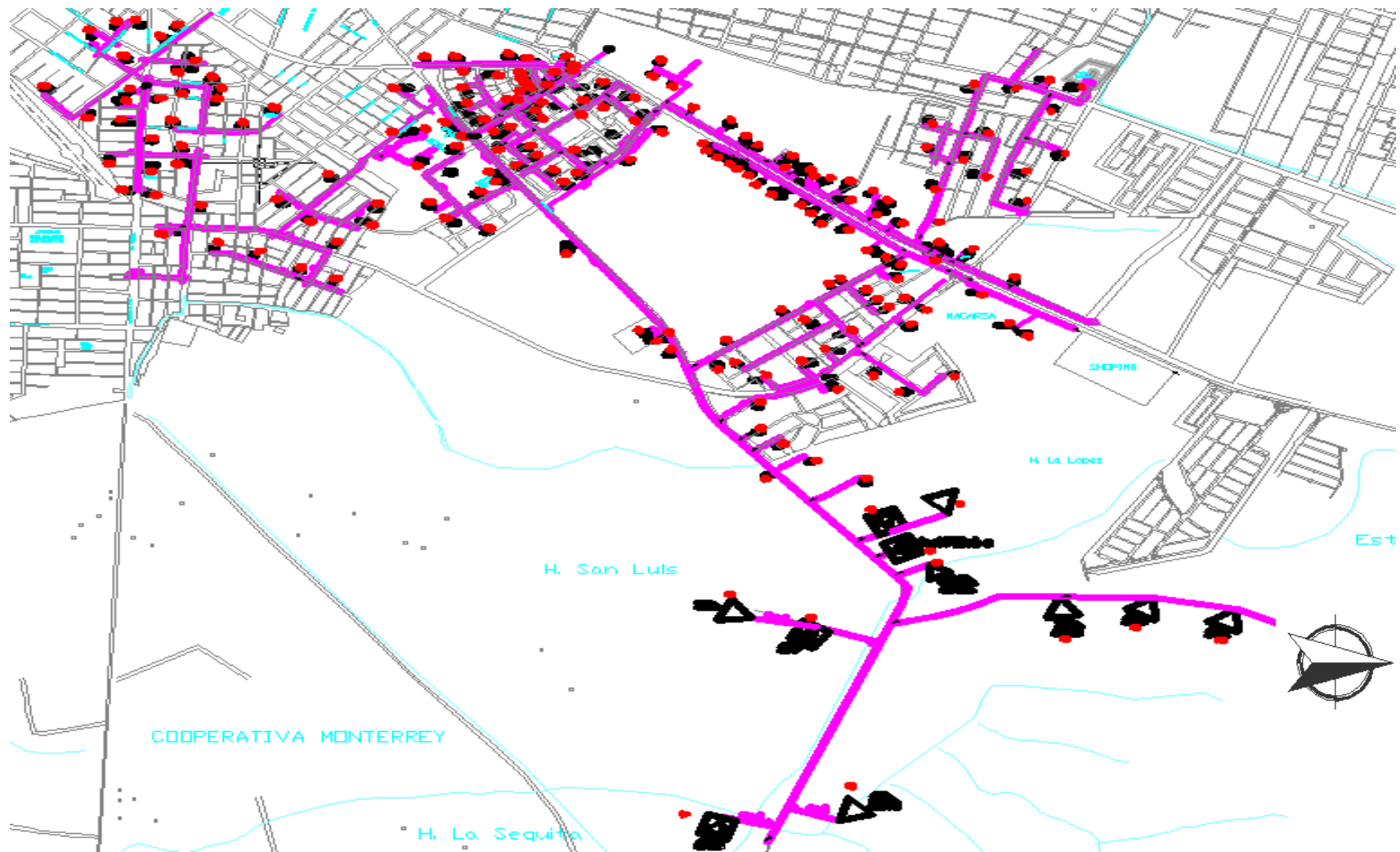


**Gráfico 1.3** Diagrama unifilar de alimentadora Unioro



**Gráfico 1.4** Diagrama unifilar de alimentadora Expreso2





**Gráfico 1.5** Diagrama unifilar de alimentadora Emprero

## 1.5 Capacidad Térmica de los conductores de las alimentadoras

Para elegir un buen conductor para nuestras alimentadoras, debemos considerar el efecto del recalentamiento en el mismo. Al calentarse el conductor éste se recuece, como resultado se enlarga produciendo así un inminente peligro de falla en el sistema.

El calentamiento del conductor es el resultado de sobrecargas en el conductor mas el calor del ambiente al cual es expuesto menos el calor que puede disiparse de éste ya sea por viento, lluvia, etc.

Los conductores usados en las alimentadoras son mostrados en la siguiente tabla:

FASES	TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE	NOMBRE	CAPACIDAD TERMICA (A)	
				Sin Viento	Con Viento
3φ	ACSR	4/0	Penguin	225	340
Neutro 3φ	ACSR	1/0	Raven	142	220
1φ	ACSR	2	Sparrow	108	160
Neutro 1φ	ACSR	4	Swan	78	123

**Tabla 1.2** Información de los conductores de las alimentadoras

## **1.6 Transformadores de Distribución**

En cada una de las alimentadoras podemos encontrar transformadores monofásicos que son los encargados de transformar los 13.8 KV a 120 y 240 V para el servicio residencial y comercial de los abonados de Machala. Se tienen bancos de transformadores conectados en estrella aterrizada delta abierta. En el caso de algunas industrias el servicio se presta trifásicamente 13.8 KV quedando así la instalación de transformadores a ellos. En algunos casos si las industrias así lo quisiera la empresa eléctrica brinda el servicio de instalación de los bancos de transformadores trifásicos para darles servicio.

A lo largo de las alimentadoras tenemos transformadores monofásicos de 10,15, 25, 37.5, 50 y 75 KVA, además algunos transformadores trifásicos ya sean estos privados o de la Empresa Eléctrica Regional El Oro.

Los transformadores son sujetados a los postes de las líneas de 13.8KV en bancos trifásicos o solo monofásicamente. Se utilizan dos tipos de transformadores de distribución, los autoprotegidos y los convencionales. Ambos tiene como medio aislante aceite.

Algunos transformadores son puestos en cuartos preparados para contenerlos, especialmente los que son de propiedad privada y esto

dificulta grandemente el recuento de estos. El número de transformadores de distribución cambia mucho a medida que se requiere conectar a la red nuevas cargas de nuevos abonados.

A continuación, se muestran las tablas que contienen el número de transformadores en cada una de las alimentadoras de la Subestación Machala:

	MADERO VARGAS						
	TRANSFORMADORES 1Ø						
CAPACIDAD (kVA)	5	10	15	25	37,5	50	75
FASE A	1	3	8	17	16	21	4
FASE B	1	2	5	2	1		
FASE C	1	1	5		1		

Tabla 1.3 Número de Transformadores por Fase M. Vargas

	MADERO VARGAS							
	TRANSFORMADORES 3Ø							
CAPACIDAD (kVA)	30	45	50	60	75	100	500	750
FASE A,B y C	6	1	1	2	3	2	1	2

Tabla 1.4 Número de Transformadores Trifásicos M. Vargas

	UNIORO					
	TRANSFORMADORES 1Ø					
CAPACIDAD (kVA)	10	15	25	37,5	50	75
FASE A	3	3	6	10	9	1
FASE B		1	1			1
FASE C		1				1

Tabla 1.5 Número de Transformadores por Fase Unioro

	EXPRESO 2					
	TRANSFORMADORES 1 Ø				TRANSFORMADORES 3Ø	
<b>CAPACIDAD (kVA)</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>37,5</b>	<b>50</b>	<b>30</b>	<b>75</b>
<b>FASE A</b>	4	4	3	2	2	1
<b>FASE B</b>	2	1				
<b>FASE C</b>	1					

Tabla 1.6 Número de Transformadores por Fase Expreso2

	EMPRORO							
	TRANSFORMADORES 1 Ø							
<b>CAPACIDAD (kVA)</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>37,5</b>	<b>50</b>	<b>75</b>
<b>FASE A</b>		9	7	27	4	24	27	2
<b>FASE B</b>	2	8	3	13	3	15	8	2
<b>FASE C</b>		2	3	14	1	15	8	

Tabla 1.7 Número de Transformadores por Fase Emproro

	EMPRORO							
	TRANSFORMADORES 3 Ø							
<b>CAPACIDAD (kVA)</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>112</b>	<b>150</b>	<b>225</b>	<b>300</b>	<b>200</b>	<b>1500</b>
<b>FASE A</b>	4	4	2	1	1	1	1	1
<b>FASE B</b>		3					1	
<b>FASE C</b>		2					1	

Tabla 1.8 Número de Transformadores Trifásicos Emproro

Finalmente, se presenta un resumen del número de transformadores por alimentadora junto a la capacidad instalada:

<b>Cód.</b>	<b>Alimentadora</b>	<b>Número de Transformadores</b>	<b>Capacidad Instalada (KVA)</b>
411	Madero Vargas	233	11400
412	Unioro	76	2950
413	Expreso 2	35	1485
414	Emproro	381	17802.5

**Tabla 1.9** Numero de Transformadores por Alimentadora

## **1.7 Capacitores y Reguladores de Voltaje**

Los bancos capacitivos y reguladores de Voltaje son métodos de regulación de voltaje los cuales son usados dependiendo del nivel de Voltaje que se requiera, flexibilidad del sistema y costos.

### **1.7.1 Capacitores**

La función principal de los bancos de capacitores es el de inyectar Potencia Reactiva al sistema para que esta no tenga que viajar desde el lugar de generación hasta la carga y nos produzcan perdidas y recalentamiento de la línea.

Entre otras funciones, los bancos capacitivos también nos ayudan a:

- Reducir la corriente de atraso
- Incrementar el voltaje en el punto de conexión al sistema.
- Mejorar la regulación de Voltaje
- Reducir pérdidas en el sistema

Para poder obtener los beneficios de instalar bancos de capacitores estos deben estar bien dimensionados y ubicados en el lugar adecuado.

Actualmente en nuestras alimentadoras tenemos un total de 2400 KVAR conectados a la subestación Machala.

En la alimentadora Unioro tenemos un banco de 600 KVAR ubicado en la circunvalación Norte entrando a la vía el limón. Existe otro banco de capacitores en esta misma alimentadora a la salida de la subestación Machala.

En la alimentadora M. Vargas existe un banco de capacitores de 600 KVAR también ubicado en la Marcel Laniado y Napoleón Mera.

Además se tiene un banco de capacitores de 1200 KVAR en la barra de 13,8 KV dentro de la subestación.

### 1.7.2 Reguladores de Voltaje en Alimentadoras

Las alimentadoras de nuestro análisis no poseen reguladores de voltaje.

### 1.8 Cargas

La carga de la subestación Machala se reparte a sus cuatro alimentadoras, a continuación se presenta una tabla con la capacidad instalada y sus máximos niveles de carga en MW.

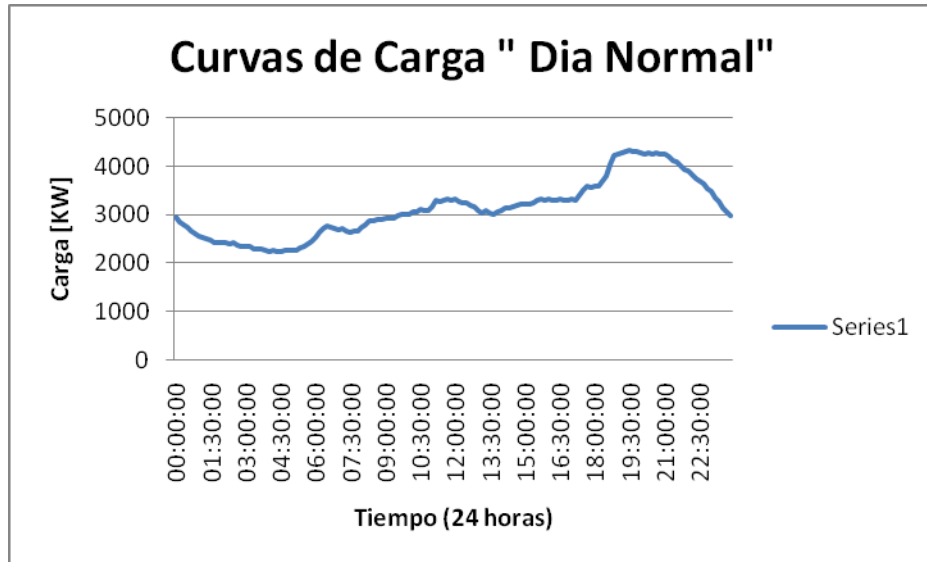
Cód.	Alimentadora	Capacidad Instalada (MVA)	Demanda Máxima (MW)
411	Madero Vargas	11.400	4.70951
412	Unioro	2.950	3.36975
413	Expreso 2	1.485	4.6688
414	Emproro	17.8025	3.522504

**Tabla 1.10** Carga Máxima de cada alimentadora

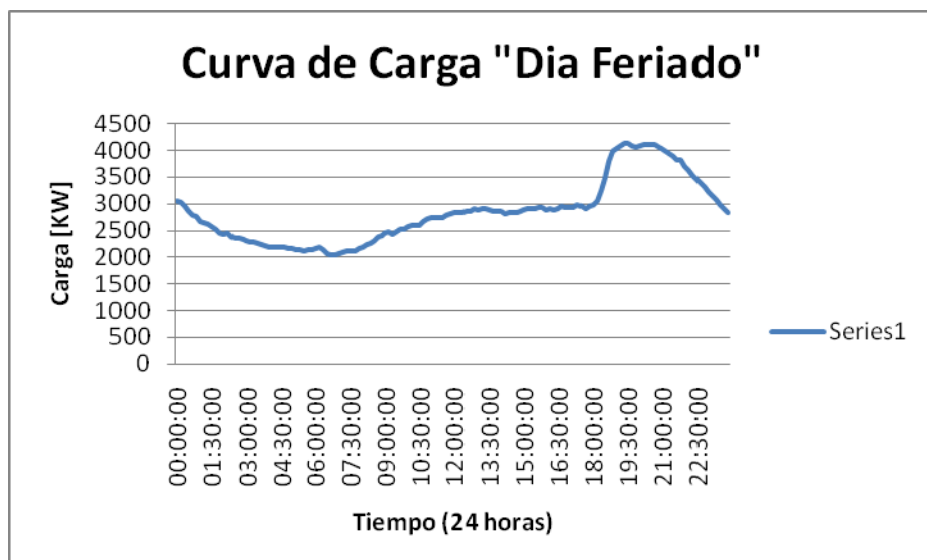
Ahora presentamos las Curvas de Carga Diaria en un día Normal (miércoles 6 de agosto 2008) y la Curva de Carga Diaria de un día Feriado (Domingo 10 de Agosto) para cada alimentadora:



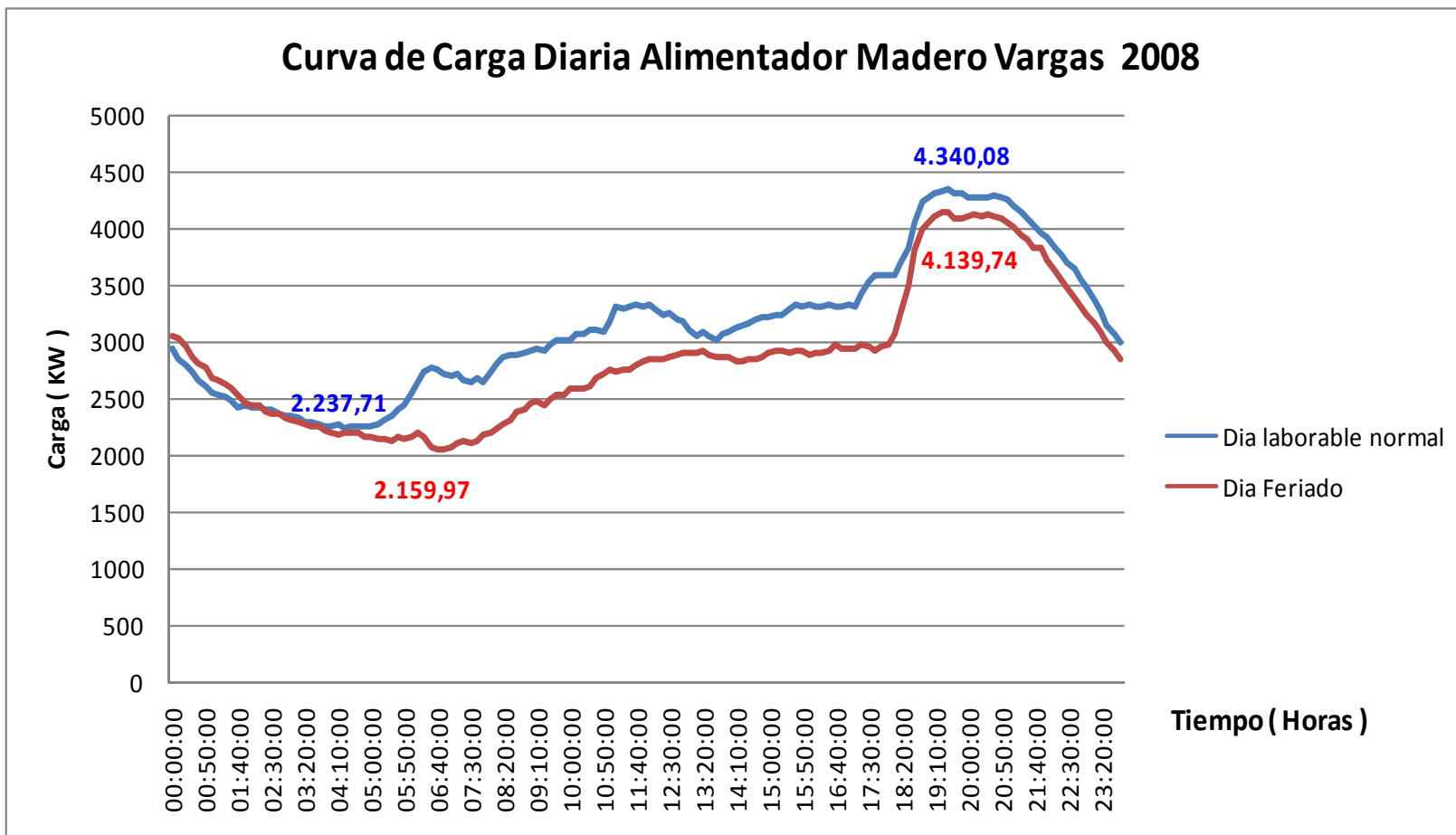
### Alimentadora Madero Vargas



**Gráfico 1.7** Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora M. Vargas



**Gráfico 1.7** Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora M. Vargas

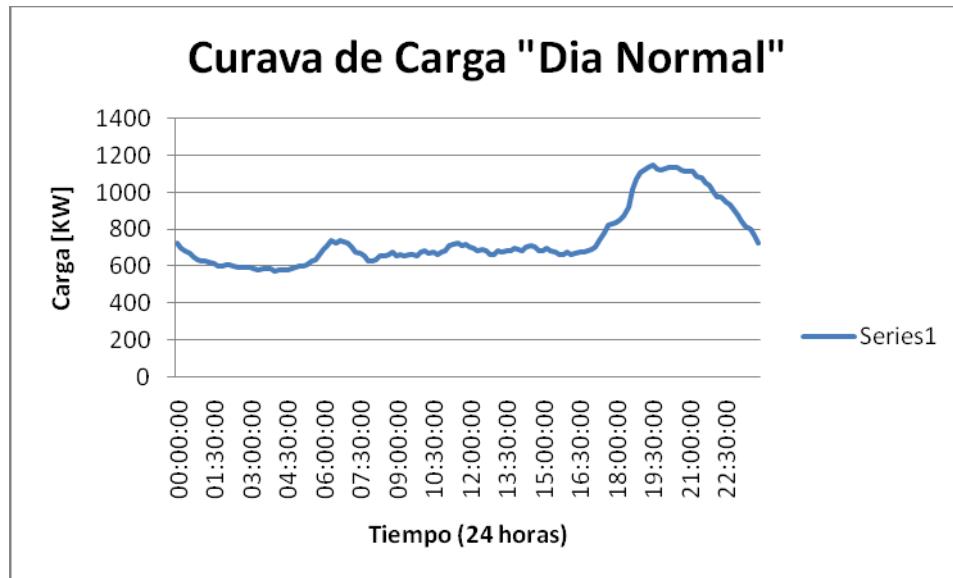


**Gráfico 1.8** Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora M. Vargas

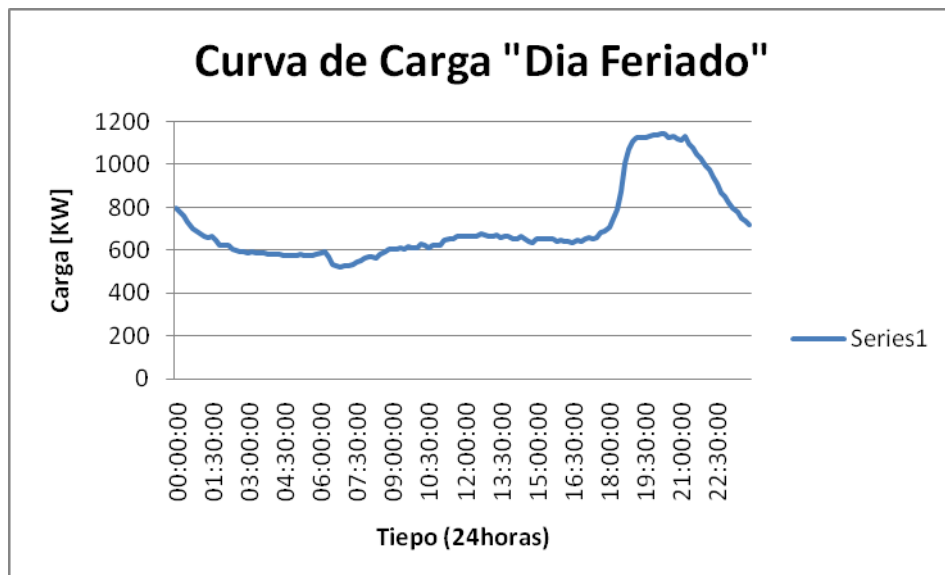
Esta alimentadora atraviesa toda Machala y alimenta a algunas clínicas, una escuela, un colegio, una iglesia pero la gran mayoría son residencias de clase media. Esa es la razón por la cual la carga aumenta a partir de las 20:00 hasta las 21:20 tanto un día normal como un día feriado cuando los dueños de la casa regresan de una jornada laboral.

Como es de esperarse en los días feriados la carga es menor debido a viajes de distracción a otras ciudades y centros recreacionales entre otros de los abonados.

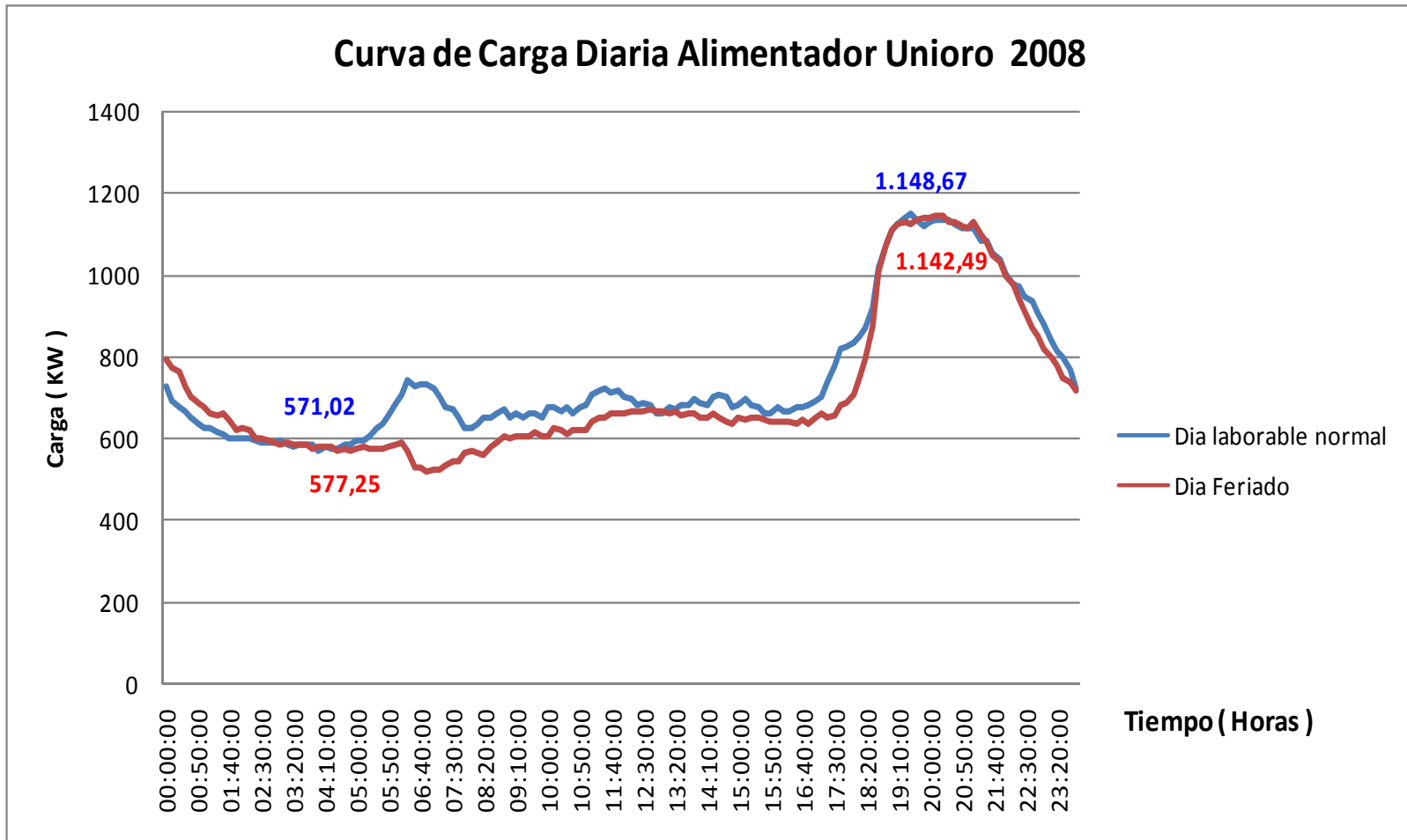
## Alimentadora Unioro



**Gráfico 1.9** Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora Unioro



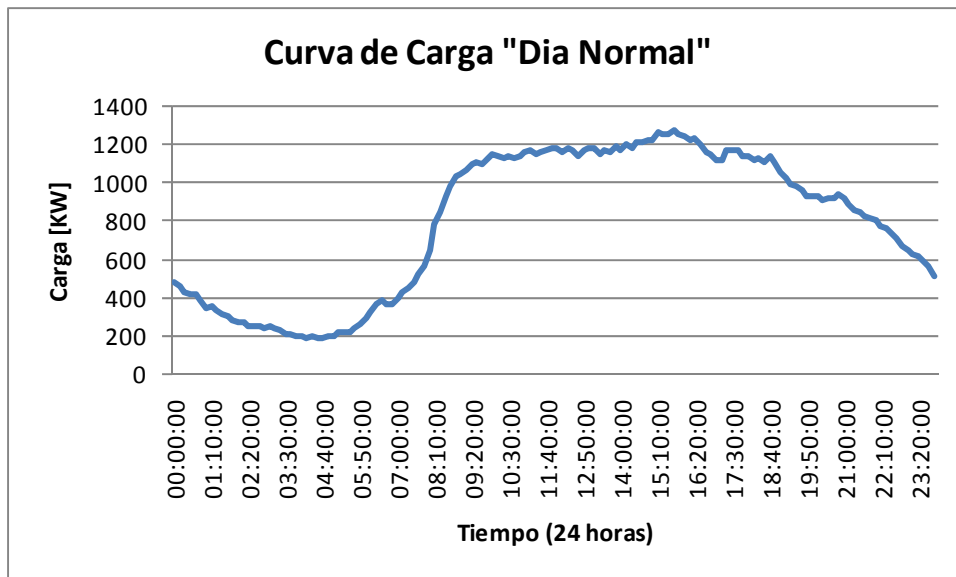
**Gráfico 1.10** Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora Unioro



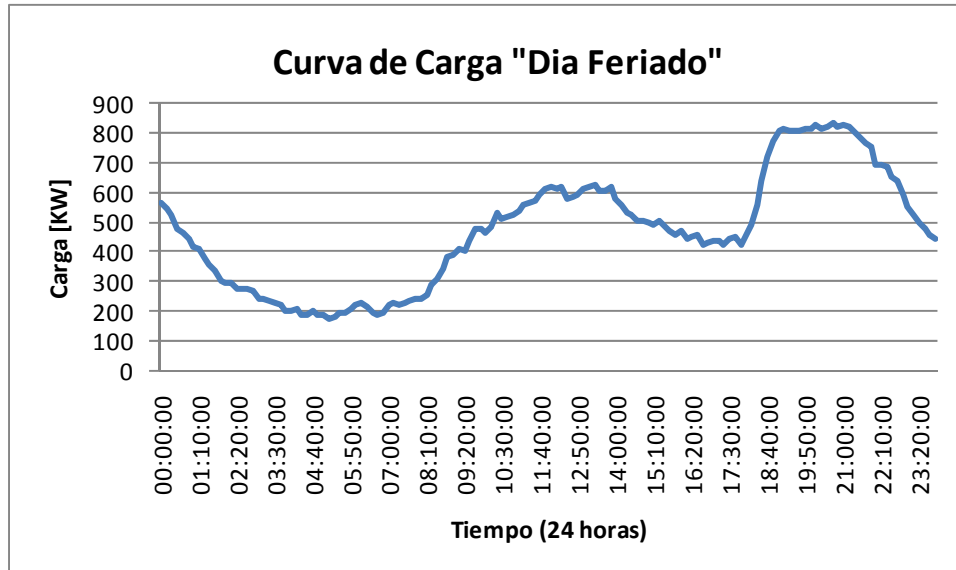
**Gráfico 1.11** Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora Unioro

Esta alimentadora da energía eléctrica a una de las ciudadelas de más alto estatus social en Machala, aquí las grandes casas con acometidas trifásicas y propios transformadores son comunes. Al igual que la alimentadora Madero Vargas la curva de la alimentadora Unioro sigue el mismo patrón característico mostrando el pico de consumo máximo de energía de las 18:40 a las 21:20.

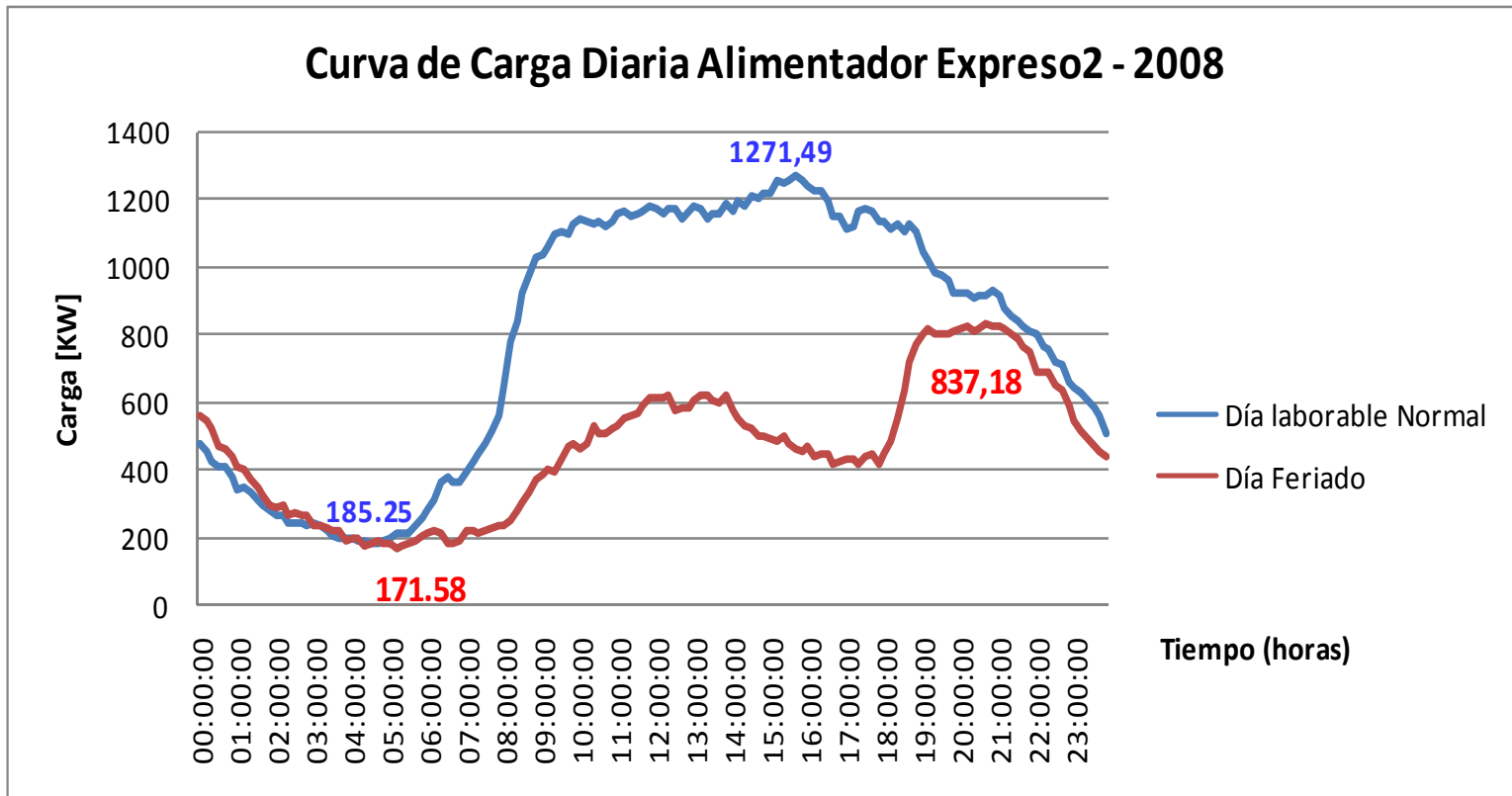
## Alimentadora Expreso 2



**Gráfico 1.12** Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora Expreso2



**Gráfico 1.13** Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora Expreso2



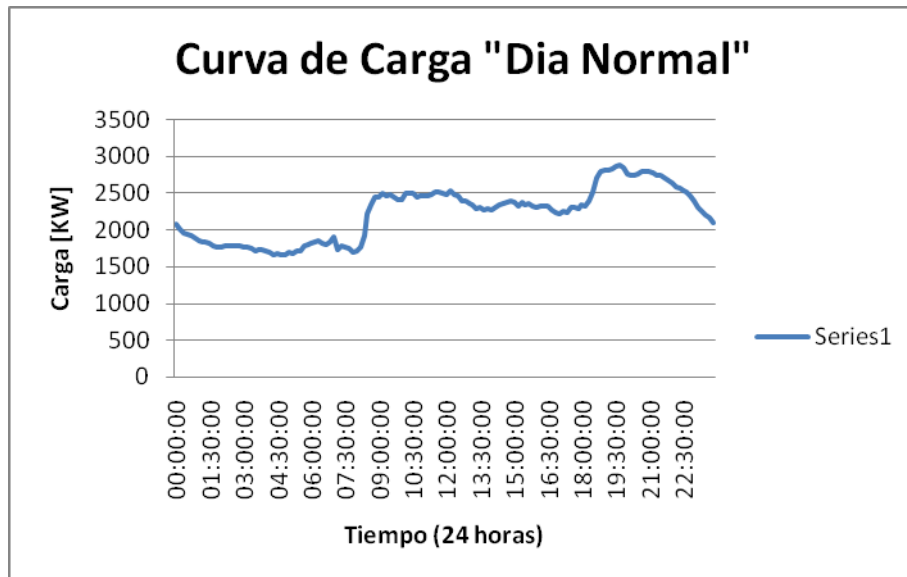
**Gráfico 1.14** Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora Expreso



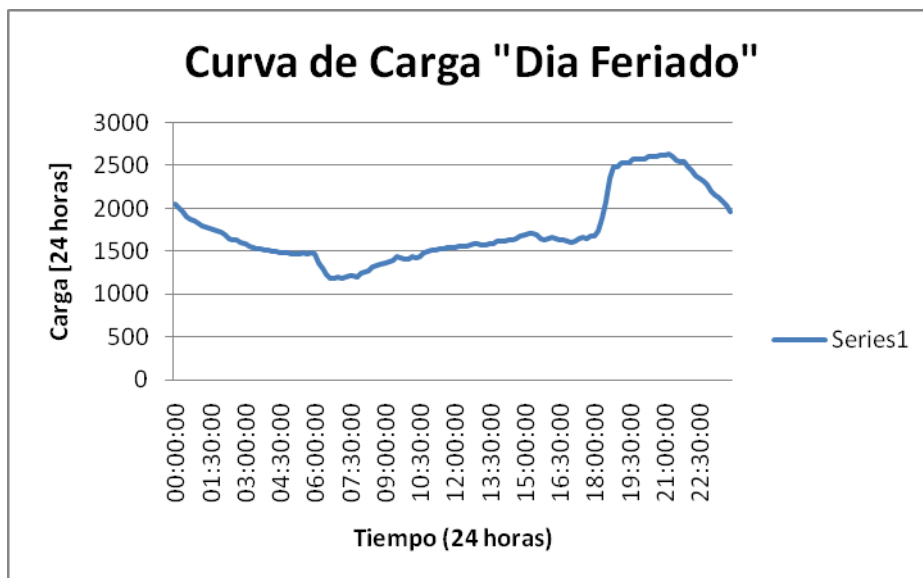
Actualmente la alimentadora Expreso2 está desconectada del circuito Boyacá, el cual parte de la subestación Machala centro. El área cubierta por esta alimentadora es predominantemente comercial pero con algunas residencias de clase media. Alimenta la Bahía Harry Álvarez y al Hospital Teófilo Dávila además de edificios, hoteles, pequeños negocios, restaurantes; todo ello como parte del centro de la ciudad.

Que la alimentadora sirva mayormente a una carga comercial, es la razón por la cual el pico de máximo consumo de energía se mantiene durante todo el día (día normal) y decae un poco durante días feriados mostrando una baja de 16:00 a 1800.

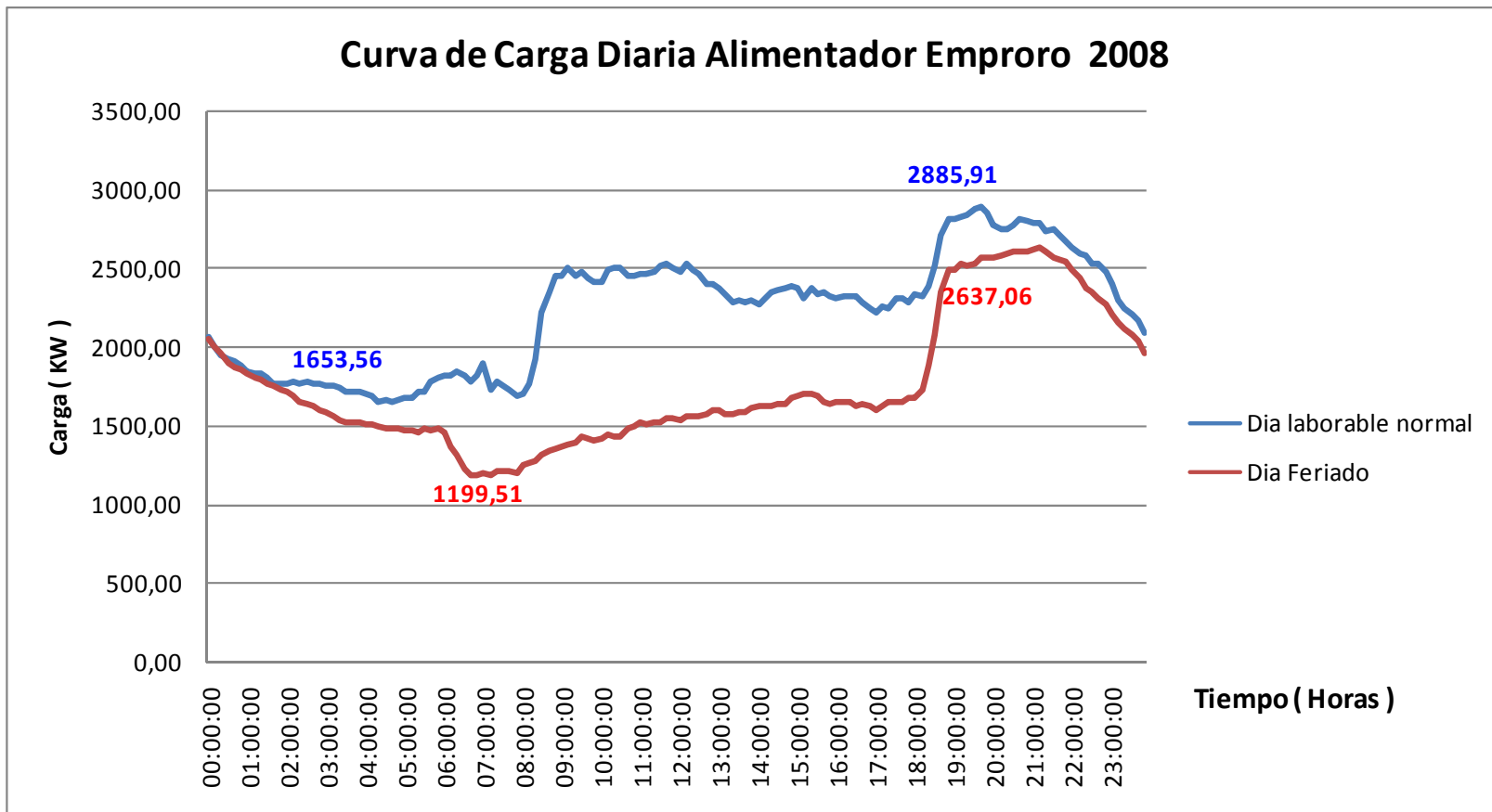
## Alimentadora Emproro



**Gráfico 1.15** Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora Emproro



**Gráfico 1.16** Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora Emproro



**Gráfico 1.17** Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora Emproro

La curva diaria característica de la alimentadora Emproro alimenta, a una embotelladora, a la ciudadela las Brisas, las Crucitas, a 11 importadoras de autos, patios de exhibición de autos, otros.

El comportamiento de esta curva nos demuestra que la carga es más comercial debido a la gran cantidad de negocios que prosperan en esta área.

# CAPITULO 2

## 2 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO ACTUAL DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA MACHALA

### 2.1 Calculo de voltaje y análisis de la variación de voltaje en la Subestación Machala

El cálculo de voltaje a lo largo de las alimentadoras ha sido realizado para determinar el nivel de voltaje que el usuario recibe. Estos datos fueron obtenidos del simulador SYNERGEE cargando previamente los datos de las alimentadoras. Además, se obtuvo las corrientes de carga en cada uno de los ramales de las alimentadoras para hacer la coordinación de los equipos de protección.

Según la regulación No 004/01 del CONELEC referente a la calidad del servicio para las empresas distribuidoras, los límites del nivel de voltaje son los siguientes:

Nivel de Voltaje	Limites
Alto Voltaje	+/- 7,0 %
Medio Voltaje	+/- 10,0 %
Bajo Voltaje Urbano	+/- 10,0 %
Bajo Voltaje Rural	+/- 13,0 %

**Tabla 2.1** Limites de regulación de Voltaje del CONELEC.

Cabe indicar que nuestras alimentadoras son consideradas netamente Urbanas.

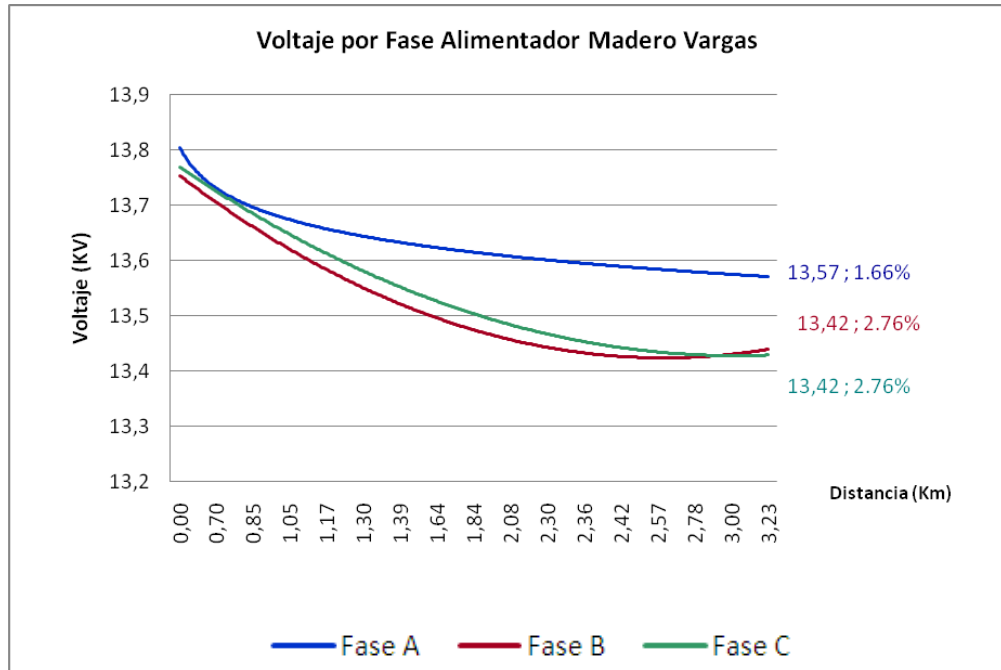
Primeramente, obtuvimos los voltajes a lo largo de las alimentadoras incluyendo los equipos que actualmente están instalados en las alimentadoras. Luego, con la ayuda del simulador se ubicaron bancos de capacitores en las alimentadoras y se graficaron los voltajes “Con Capacitores”. En los siguientes gráficos se muestran las curvas de voltaje por fase al final de cada alimentador, sin la instalación de bancos de capacitores. También se realizó la curva de voltaje por fase en cada alimentador, instalando bancos de capacitores (Ver Anexos C.1, C.2,C.3,C.4).obtenidos mediante el simulador SynerGEE.

### Gráficos de Voltaje “Sin Capacitores”

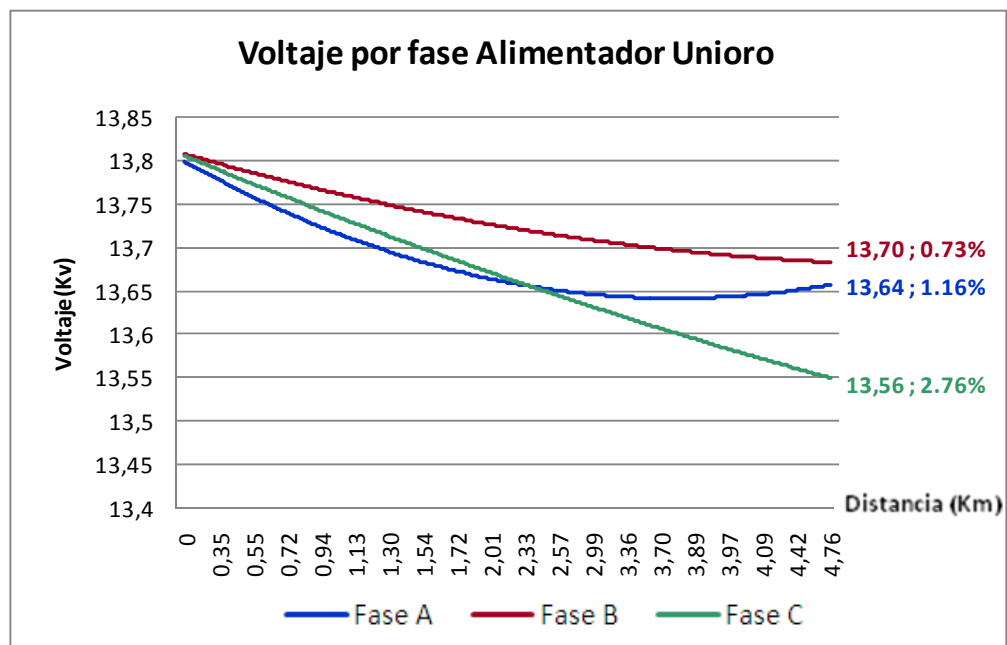
Voltaje por Fase al final de cada Alimentador				
Fases	Madero Vargas	Unioro	Expreso 2	Emproro
<b>A</b>	13,58	13,70	13,39	13.49
<b>B</b>	13,42	13,71	13,63	13.54
<b>C</b>	13,42	13,63	13,39	13.57

**Tabla 2.2** Voltaje por fase al final de cada alimentadora

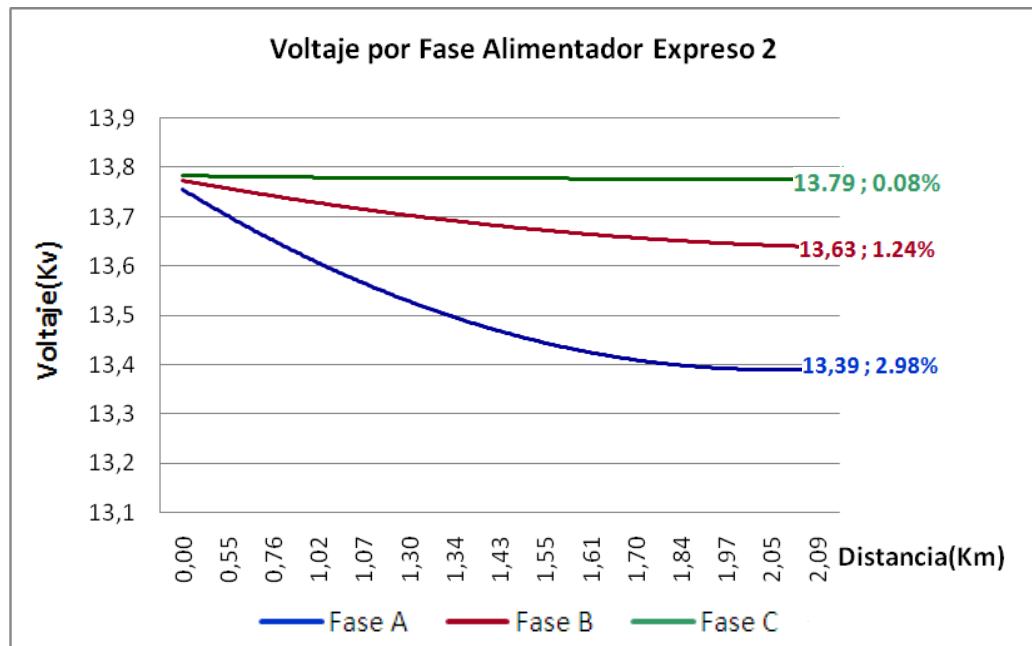
Como se puede observar los valores de los voltajes en las 4 alimentadoras esta dentro del rango permitido por el CONELEC, por lo que no fue necesario instalar más bancos de capacitores.



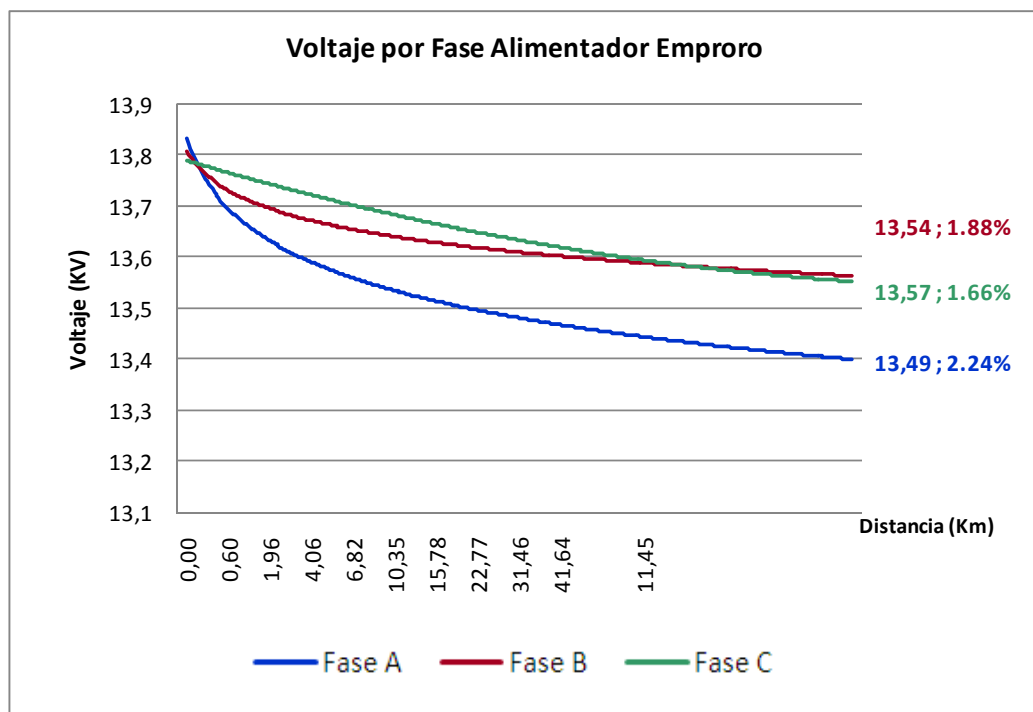
**Gráfico 2.1** Voltaje por fase del Alimentador Madero Vargas



**Gráfico 2.2** Voltaje por fase del Alimentador Unioro



**Gráfico 2.3** Voltaje por fase del alimentador Expreso2



**Gráfico 2.4** Voltaje por fase del alimentador Emproro



## 2.2 Balance en las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala

### 2.2.1 Factor de Utilización en las alimentadoras

Cada alimentador de la subestación tiene una capacidad nominal instalada, en que porcentaje está siendo utilizado, es lo que establece el factor de utilización.

El factor de utilización de un sistema es la relación entre la demanda máxima para la capacidad nominal instalada del sistema.

$$FU = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Capacidad Nominal}}$$

Fu= Factor de utilización

Para este tipo de estudio se realizó una medición de las corrientes y voltaje de las fases (A, B y C) de cada una de las alimentadoras y se realizó el producto de éstos valores de voltajes (KV) con sus respectivos valores de corrientes (A), de esta manera se obtiene un valor promedio aproximado de la potencia demandada (KVA) en cada alimentador en el periodo de máxima carga.

El resumen del factor de utilización por cada fase de cada alimentadora para la subestación en estudio se muestra en la siguiente tabla:

	Alimentador Madero Vargas			Alimentador Unioro		
	A	B	C	A	B	C
<b>V. Promedio (Kv)</b>	13,61	13,61	13,47	13,49	13,55	13,46
<b>I. Promedio. (A)</b>	184,12	163,85	172,79	44,87	51,91	45,36
<b>Cap. Nominal (KVA)</b>	3515,00	3692,50	4192,50	1125,00	837,50	950,00
<b>F. Utilización (%)</b>	71,29	60,37	55,51	53,81	84,00	64,25

**Tabla 2.3** Factor de Utilización de las alimentadoras (1)

	Alimentador Expreso 2			Alimentador Emproro		
	A	B	C	A	B	C
<b>V. Promedio (Kv)</b>	13,61	13,60	13,47	13,74	13,74	13,60
<b>I. Promedio. (A)</b>	91,56	76,04	86,97	120,04	124,42	117,82
<b>Cap. Nominal (KVA)</b>	2134,74	1722,74	1503,99	4398,98	2933,98	2576,48
<b>F. Utilización (%)</b>	58,38	60,05	77,87	37,50	58,25	62,19

**Tabla 2.4** Factor de Utilización de las alimentadoras (2)

### 2.2.2 Balance en las alimentadoras

El costo operativo de un sistema de distribución con carga desequilibrada es mayor en comparación a un sistema de distribución con carga equilibrada. Balancear un sistema de distribución consiste en distribuir adecuadamente las cargas en cada una de las fases del alimentador, con la finalidad de que opere de la manera más balanceada posible y así evitar el incremento de las pérdidas de potencia en el sistema.

La distribución de la carga se la realiza a través de las fases (A, B y C) de cada alimentador de la Subestación Eléctrica Machala.

El estudio de desbalance de corriente de la Subestación Eléctrica Machala se lo hizo para el año 2008.

Tomando en consideración la medición de corrientes en cada barra y en cada fase (A, B y C) de cada alimentadora, se calculó un promedio diario de la magnitud de corriente para cada barra y también la máxima desviación de una de las fases con respecto al promedio de las corrientes.

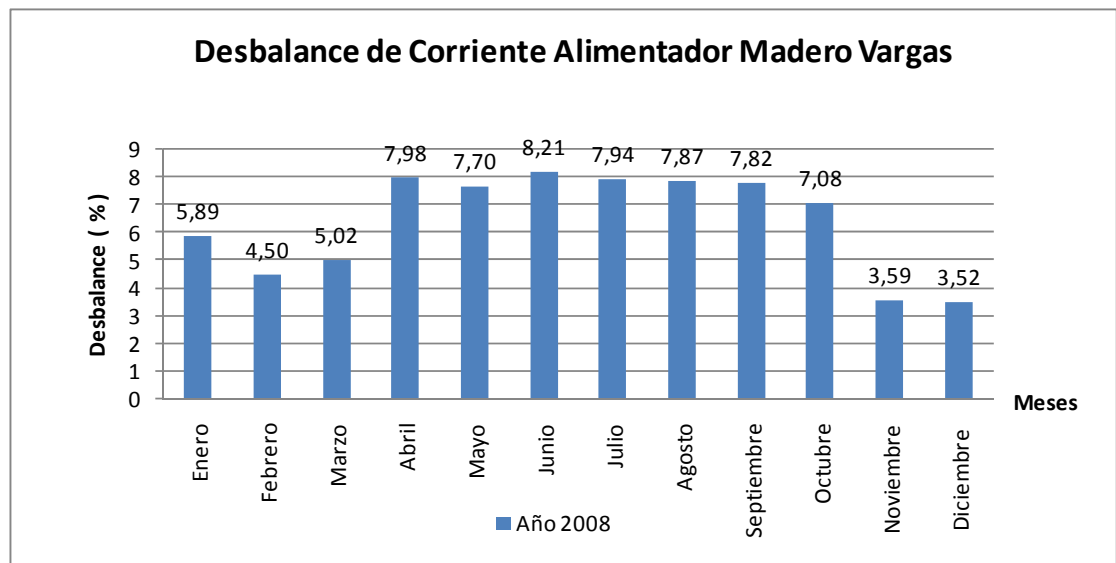
Para el cálculo mensual de desbalance de corriente, se aplicó la siguiente ecuación:

$$Desbalance = \frac{Max .Desv . - Pr om .}{Pr om .} * 100 \%$$

Max.Desv.= Máxima desviación de una de las tres fases con respecto al promedio de ellas.

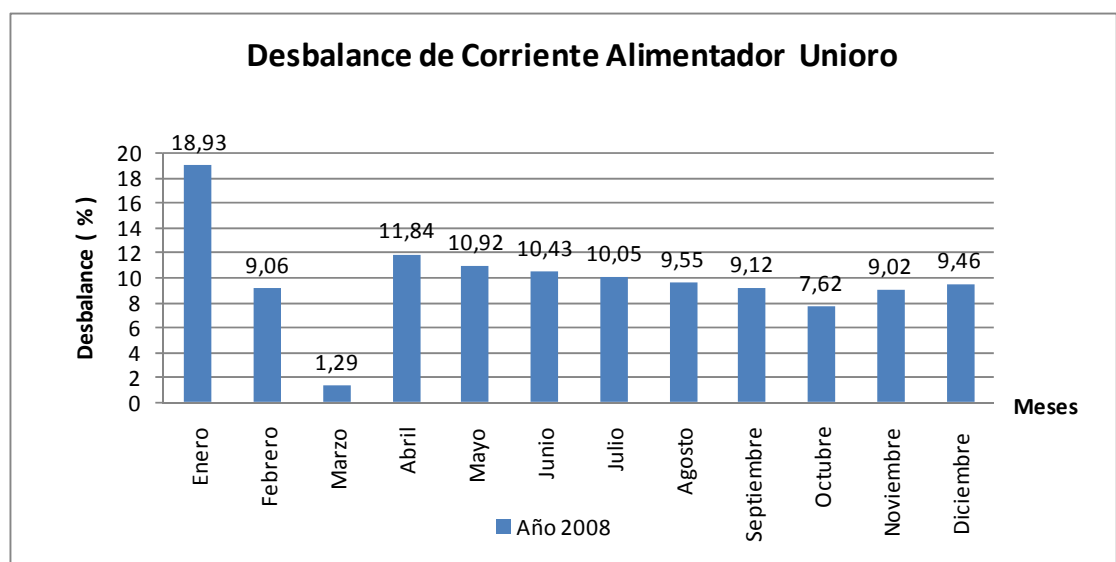
Prom.= Promedio de las tres fases.

A continuación se presenta el desbalance mensual para el año en estudio, 2008, para cada una de las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala.



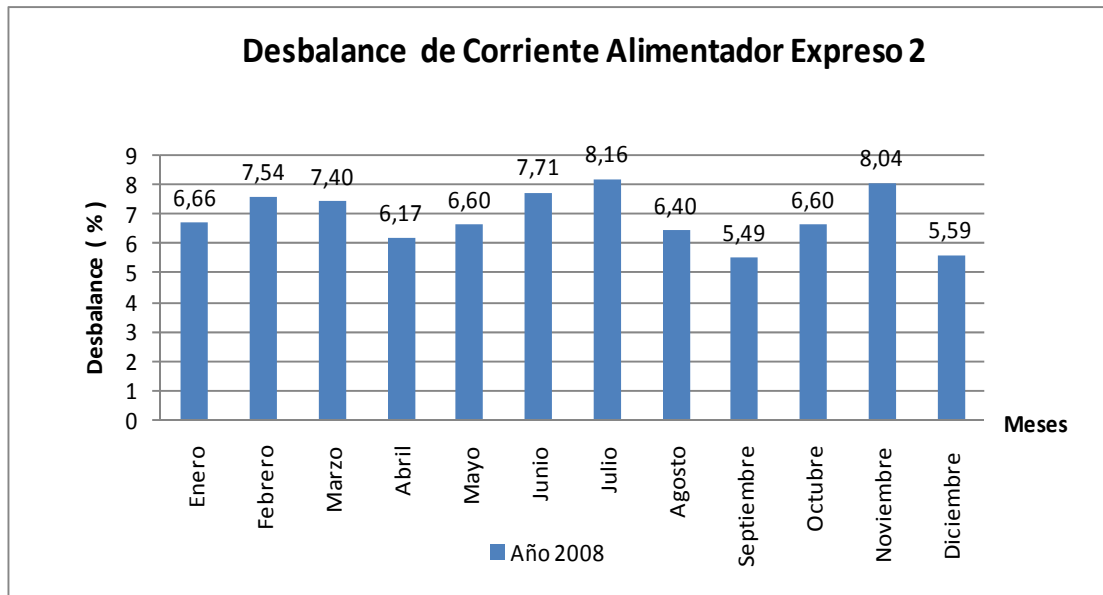
**Gráfico 2.5** Desbalance de corriente alimentador Madero Vargas

Como se puede apreciar en el gráfico 2.5 el mayor desbalance de corriente se dio en el mes de junio con un 8.21% y el menor desbalance de corriente ocurrió en el mes de Diciembre con un 3.52%.



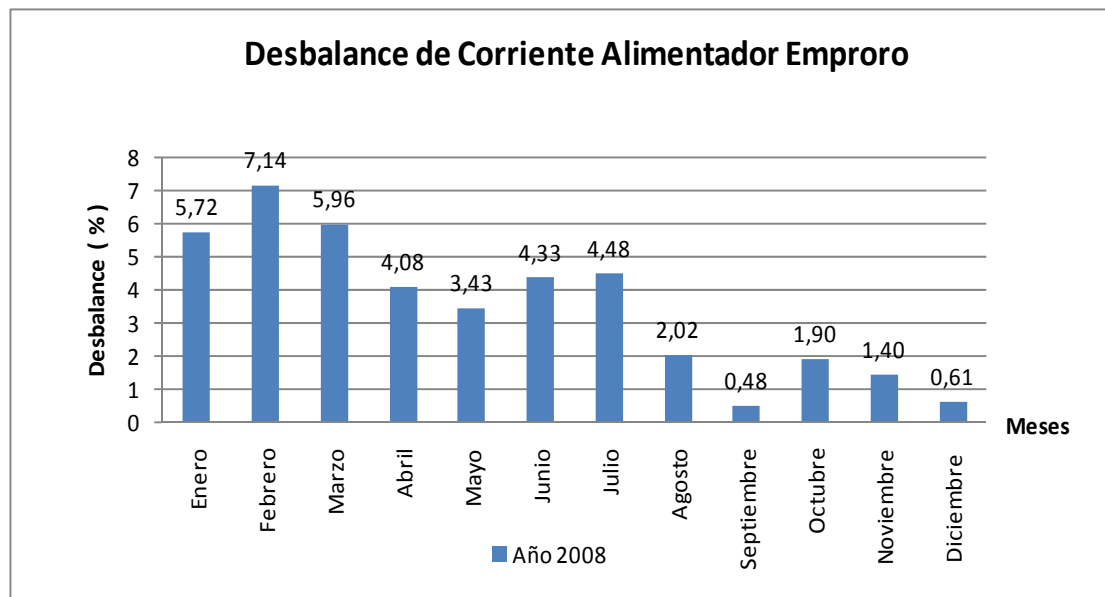
**Gráfico 2.6** Desbalance de corriente alimentador Uniro

Como se puede apreciar en el grafico 2.6 el mayor desbalance de corriente se dio en el mes de Enero con un 18.93% y el menor desbalance de corriente ocurrió en el mes de Marzo con un 1.29%.



**Gráfico 2.7** Desbalance de corriente alimentador Expreso2

Como se puede apreciar en el grafico 2.7 el mayor desbalance de corriente se dio en el mes de Julio con un 8.16% y el menor desbalance de corriente ocurrió en el mes de Septiembre con un 5.49%.



**Gráfico 2.8** Desbalance de corriente alimentador Emproro

Como se puede apreciar en el gráfico 2.8 el mayor desbalance de corriente se dio en el mes de Febrero con un 7.14% y el menor desbalance de corriente ocurrió en el mes de Septiembre con un 0.48%.

## **2.3 SISTEMA DE PROTECCIONES DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA MACHALA**

### **2.3.1 Protección de circuitos 69 KV**

La protección del circuito que lleva la energía a la barra de 69 KV de la Subestación Machala, es dada por un relé DPU 2000R ubicado en la subestación el Cambio. A la entrada de la subestación Machala no se tiene protección de relé, solamente unas cuchillas de interrupción.

Las líneas salen de la barra de 69KV van a la subestación Los Pinos y Machala Centro las mismas que están protegidos por 2 Relés DPU 2000R ubicados en la subestación Machala.

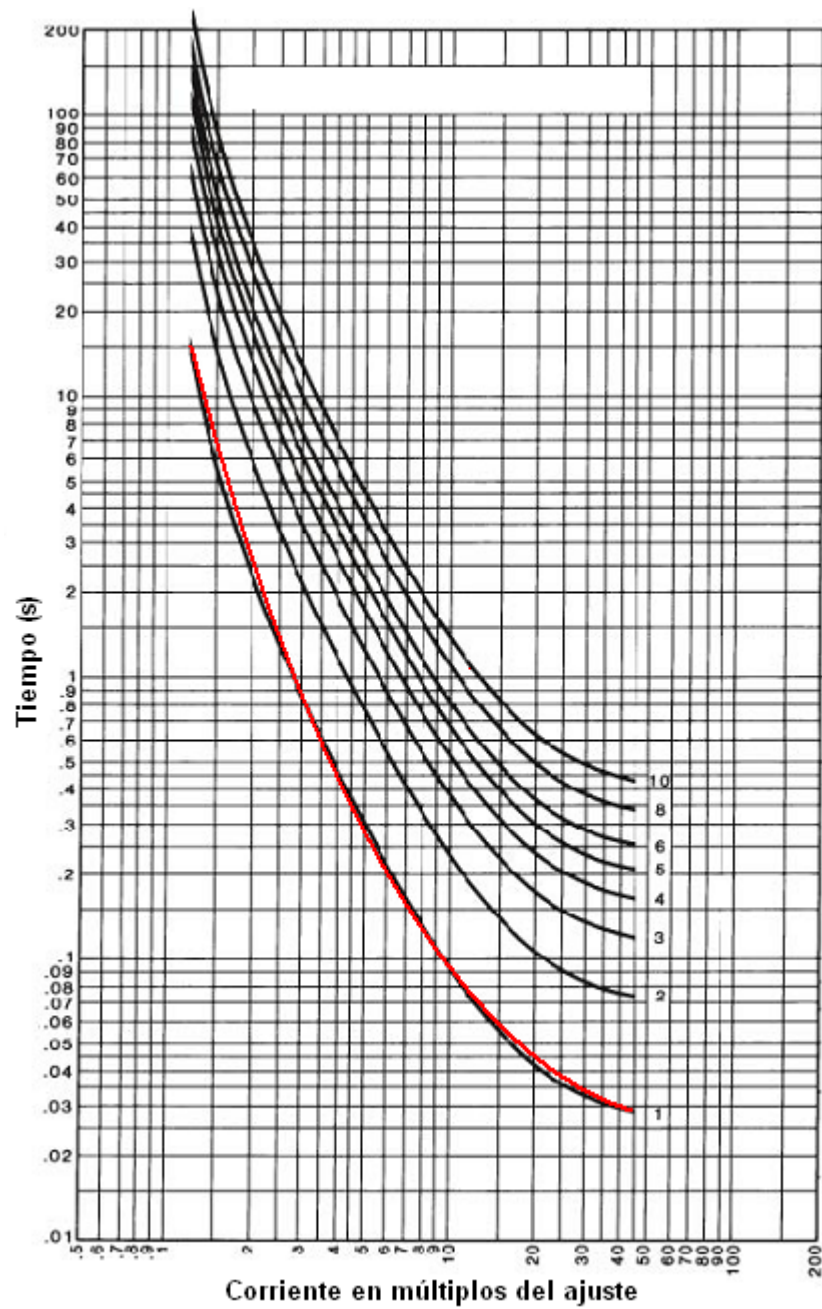
La protección de todos los circuitos de 69 KV se muestran en la siguiente tabla:

Tensión (kv)	Circuito	Dispositivo	Protección	Ajuste (A)	I tap	Dial	RTC	Característica
69 (Salida)	Los Pinos	Relé DPU 2000R	51-P	160	0.8	1	200/1	Ext. Inversa
			51-N	60	0.3	1		Ext. Inversa
			50-P	-	-	-		-
			50-N	-	-	-		-
	Machala Centro	Relé DPU 2000R	51-P	120	0.6	1	200/1	Ext. Inversa
			51-N	60	0.3	1		Ext. Inversa
			50-P	-	-	-		-
			50-N	-	-	-		-
69 (Entrada)	Cambio - Machala	Relé DPU 2000R	51-P	320	0.8	1	400/1	Ext. Inversa
			51-N	120	0.3	5.8		Ext. Inversa
			50-P	-	-	-		-
			50-N	-	-	-		-

**Tabla 2.5** Settings de relés de protección de líneas de 69 KV

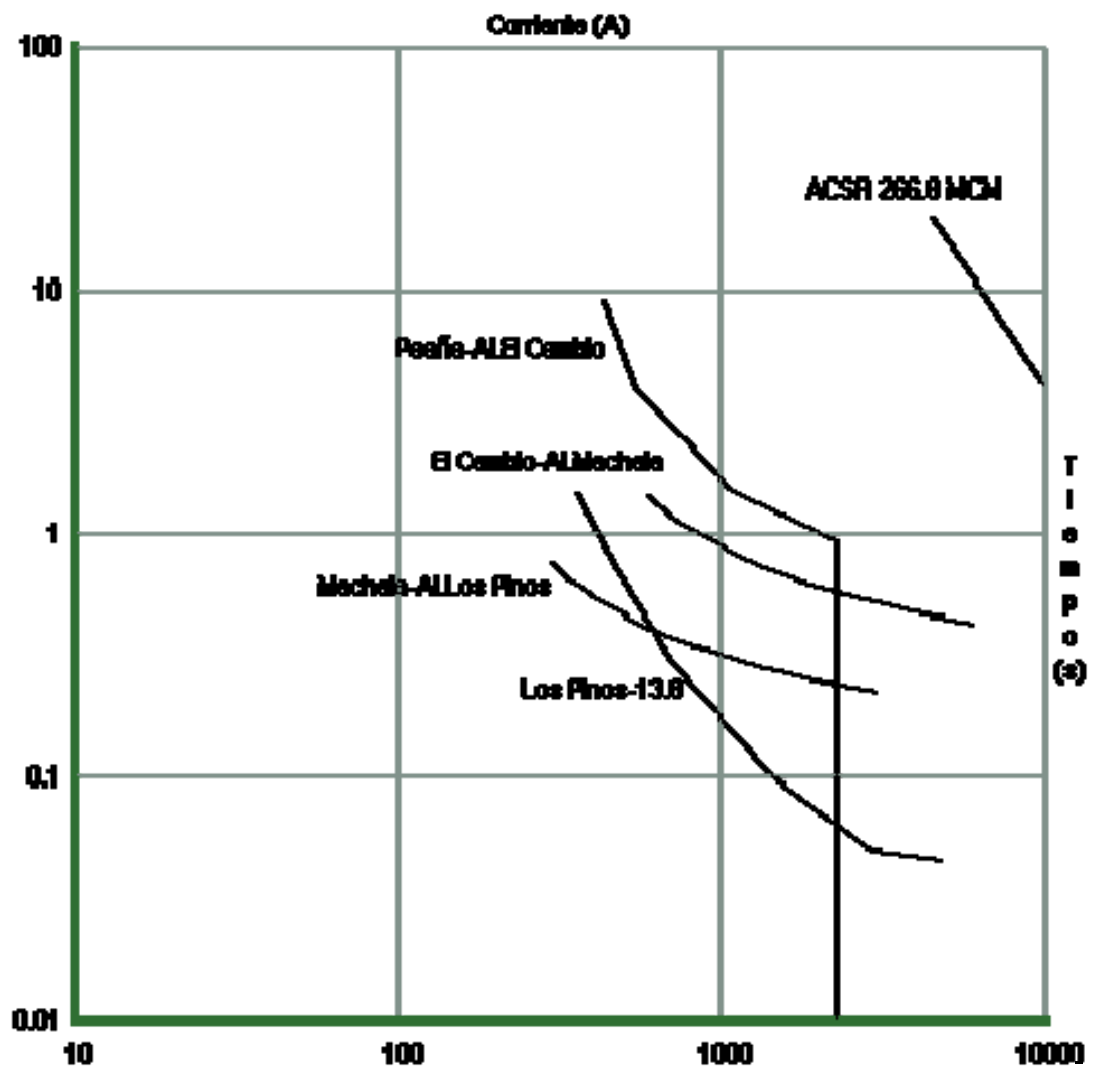


Ahora presentamos las curvas obtenidas de los relés de 69 KV.



**Gráfico 2.9** Curva extremadamente inversa de relés DPU 2000R Entrada de línea de el Cambio (69 KV)

Actualmente las protecciones de las líneas que llegan y salen a la barra de 69 de la subestación Machala son como se muestra a continuación.



**Gráfico 2.10** Coordinación de las líneas en la barra de 69 KV de la Subestación Machala

### **2.3.2 Protección de los transformadores de la Subestación Eléctrica Machala**

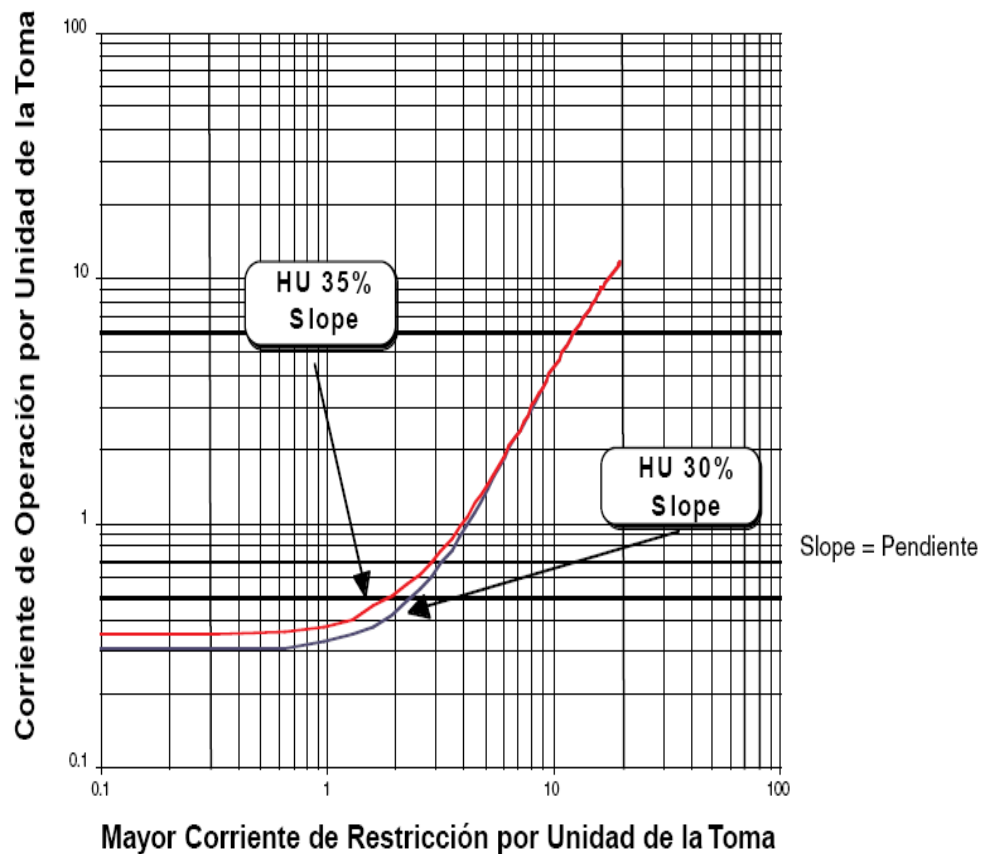
Para la protección de el transformador se usa un TPU 2000R que trabaja como un relé de diferencial (87) que abre los interruptores de potencia ubicados a los lados de los transformadores, tanto del lado de 69KV como el de 13.8KV. Además el TPU 2000R también es usado con la función de un relé de Sobre corriente Instantánea (50) y un relé de Sobre corriente Temporizada (51), los cuales abren solo los interruptores de potencia del lado del bobinado secundario (13.8KV).

A continuación presentamos una tabla con el setting del TPU 2000R:

TENSIÓN (Kv)	TRAFOS	DISPOSITIVO	PROTECCIÓN	AJUSTE (A)	I TAP	DIAL	RTC	CARACTERÍSTICA
69 13.8	T1  y  T2	Relé de diferencial (87)	87T-1	200	2	-	100/1	Percent Slope 30%
			87T-2	1000	4	-	250/1	Percent Slope 30%
			-			-	-	-
			-			-	-	-
13.8		Relé de sobre-corriente temporizado (51) e Instantáneo (50)	51-P	325	1.3	1	250/1	Inverso
			51-N	250	1	1		Inverso
			50-P	2500	10	-		Estándar
			50-N	2500	10	-		Estándar

**Tabla 2.6** Settings de TPU 2000R del lado de 69 Kv y 13.8 KV

Ahora presentamos las curvas de El dispositivo DPU funcionando como Relé Diferencial (87), Relé de Sobre-corriente Temporizado (51) y Relé Instantáneo (50).



**Gráfico 2.11** Curva con ángulo 30° de TPU 2000R funcionando como Relé diferencial

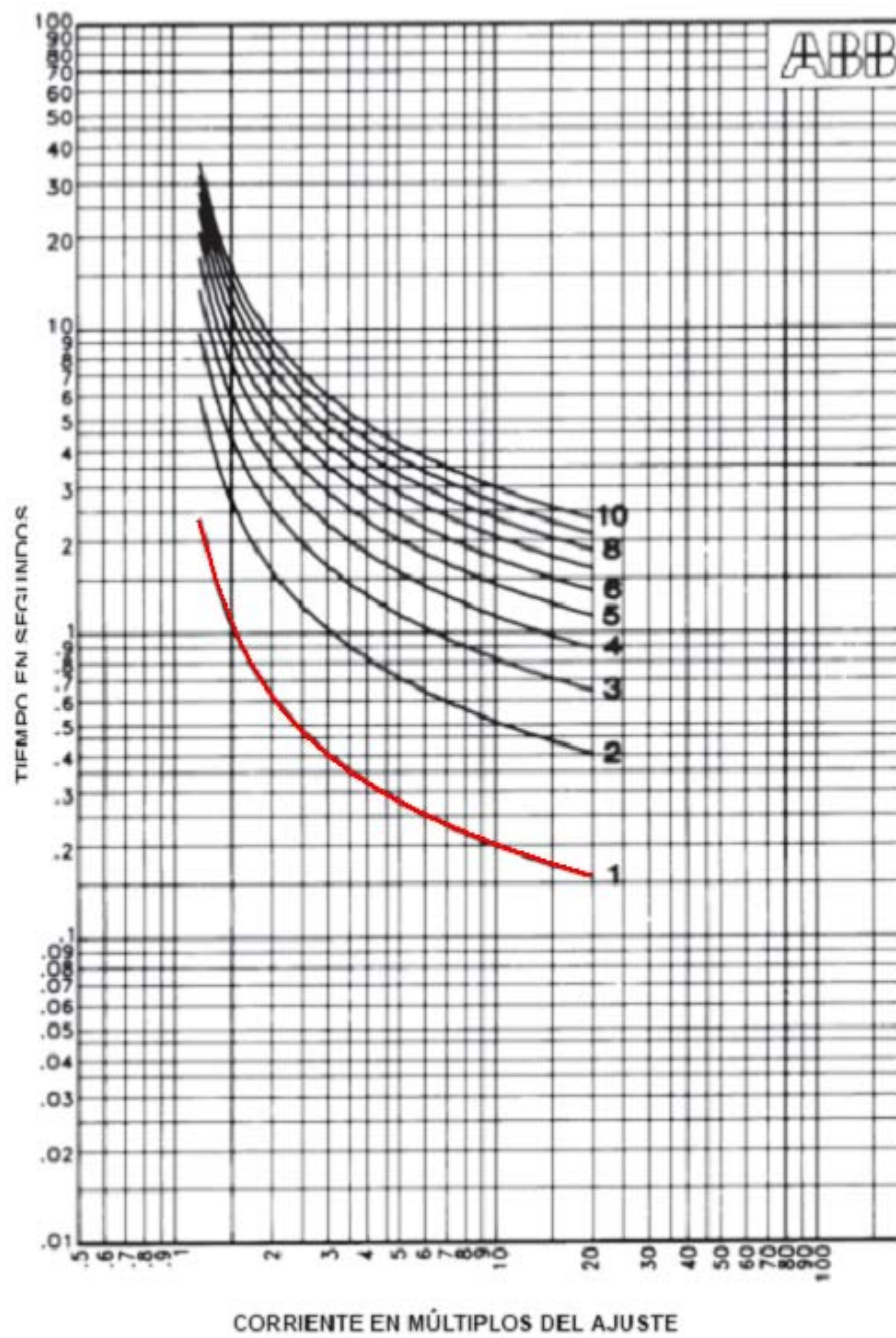
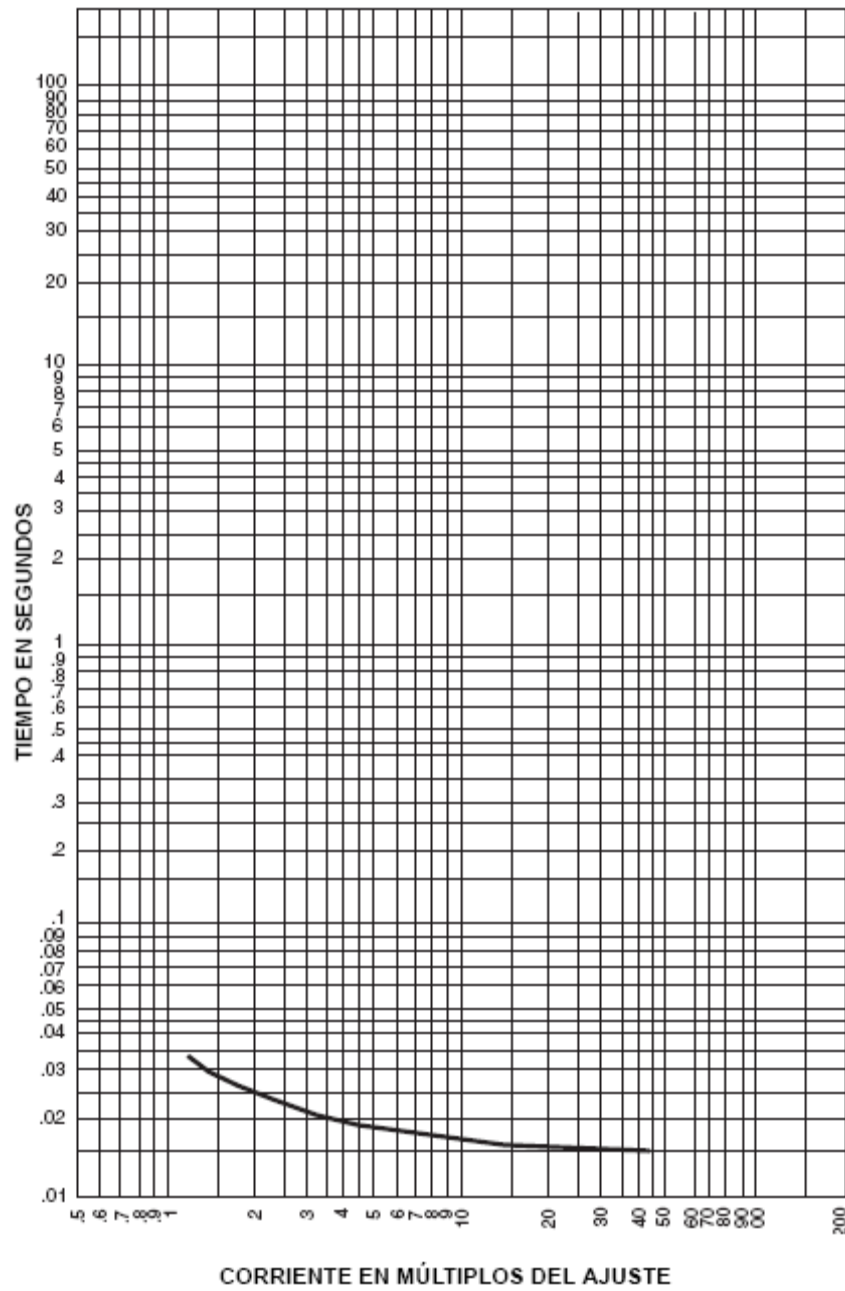


Figura 1-8. Curva Inversa

DWG. NO. 605854 Rev. 0

**Gráfico 2.12** Curva Inversa de TPU 2000R funcionando como Relé de protección de sobre-corriente temporizado



**Gráfico 2.13** Curva Inversa de TPU 2000R funcionando como Relé de protección de sobre-corriente Instantáneo

### **2.3.3 Protección de las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala**

Las alimentadoras Unioro y Madero Vargas, están protegidas por el re-conectador Cooper Vacuum form 5.

La alimentadora Expreso2, está protegida por un reconectador General Electric GEC CDG36EF5A5.

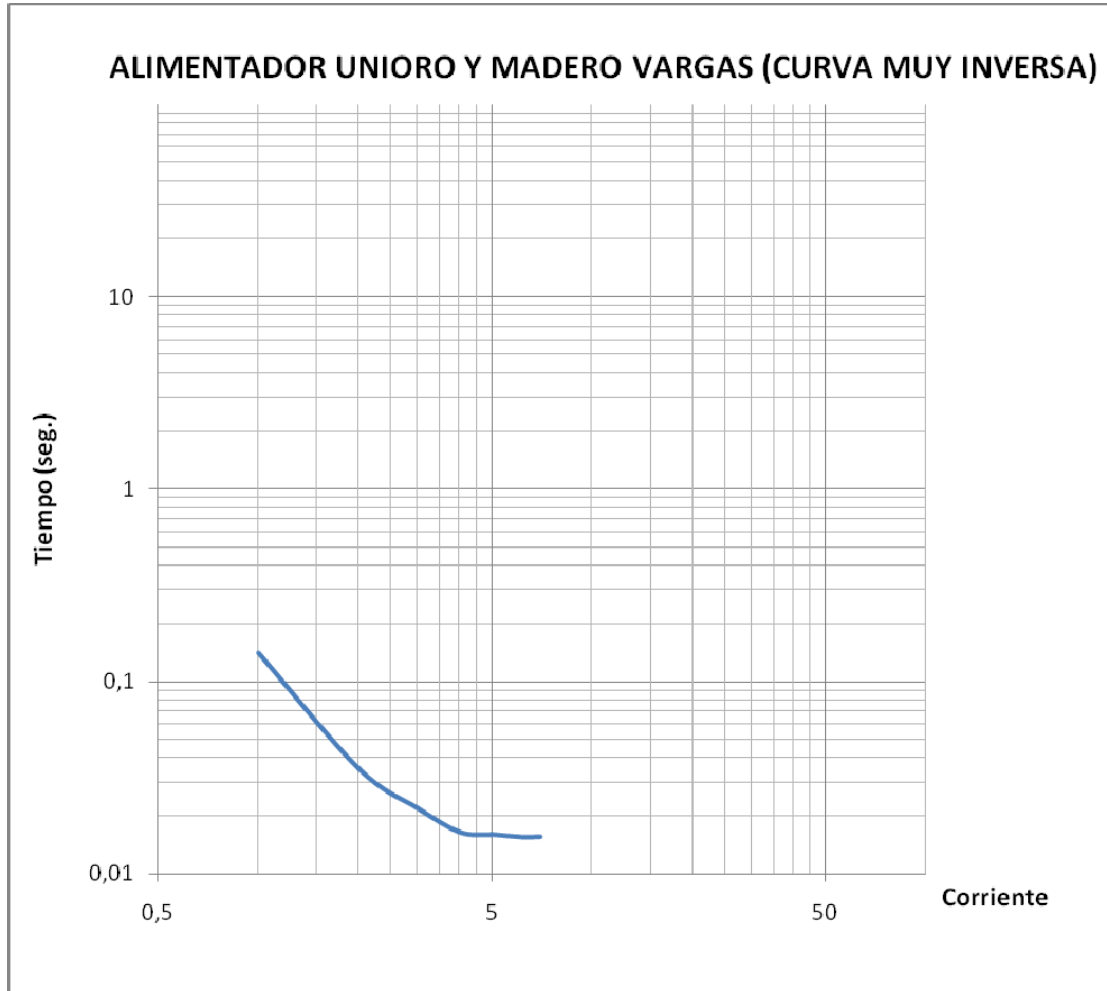
La alimentadora Emproro, está protegida por un Relé ABB de la serie OVR 3 setteado trifásicamente y no individualmente por fase.



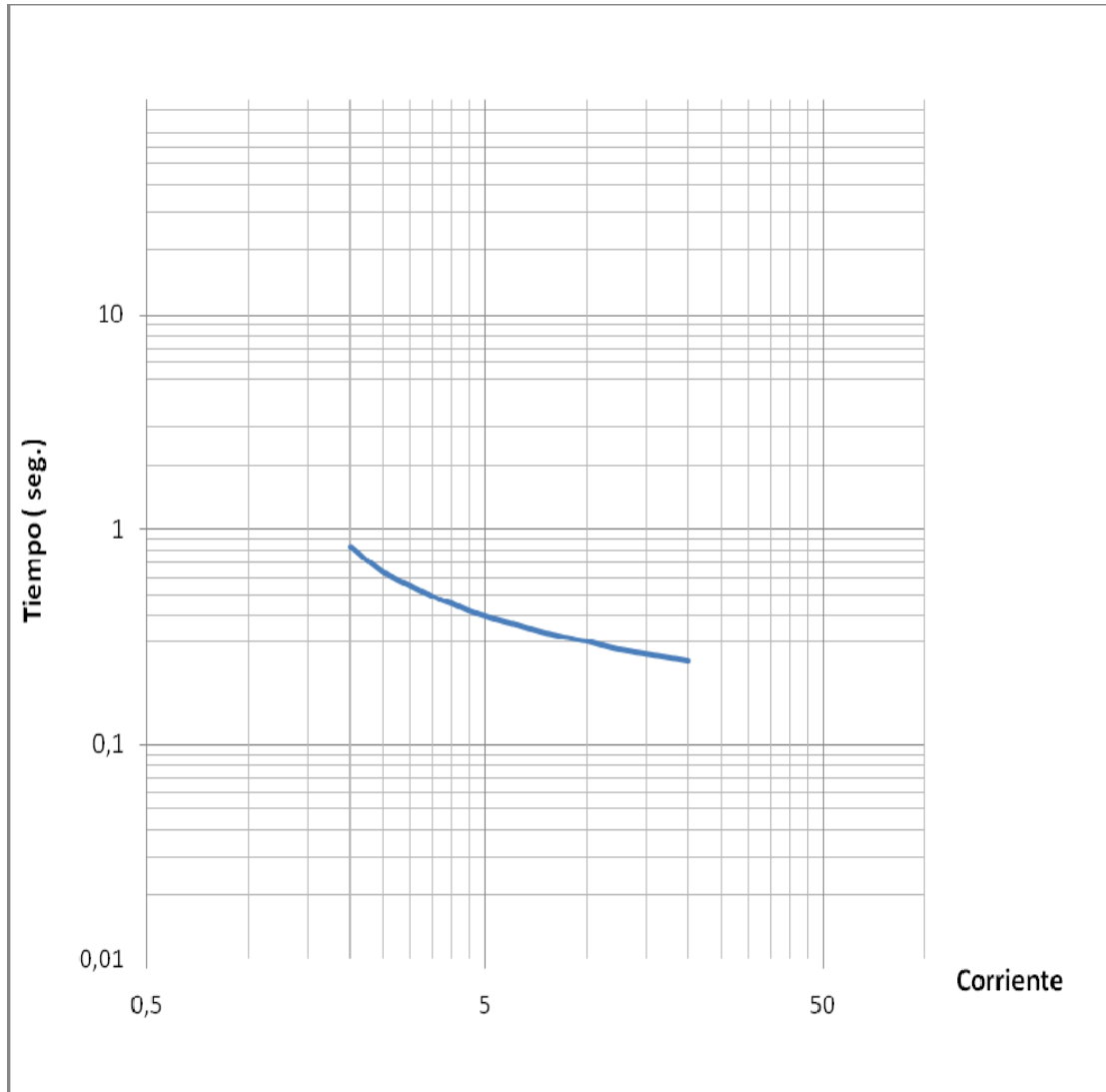
TENSIÓN (Kv)	CIRCUITO	DISPOSITIVO	PROTECCIÓN	AJUSTE (A)	TAP	I DIAL	RTC	CARACTERÍSTICA
13.8	Uniro	Reconectador Cooper form 5	51-P	240	-	0.7	300/1	Curva A en operación rápida
			51-N	80	-	0.8		
			-	-	-	-		
			-	-	-	-		
	Madero Vargas	Reconectador Cooper form 5	51-P	240	-	0.7	300/1	Curva A en operación rápida
			51-N	80	-	0.8		
			-	-	-	-		
			-	-	-	-		
	Expreso 2	Relé GEC CDG36EF5A5	51-P	200	1	0.5	300/1	Inversa
			51-N	50	0.5	0.5		Inversa
			-	-	-	-		-
			-	-	-	-		-
Emproro	ABB (OVR3) Reconectador	51-P	250	-	1	300/1	Muy Inversa	
		51-N	100	-	1			
		-	-	-	-			
		-	-	-	-			

**Tabla 2.7** Settings de los relés de protección de las alimentadoras

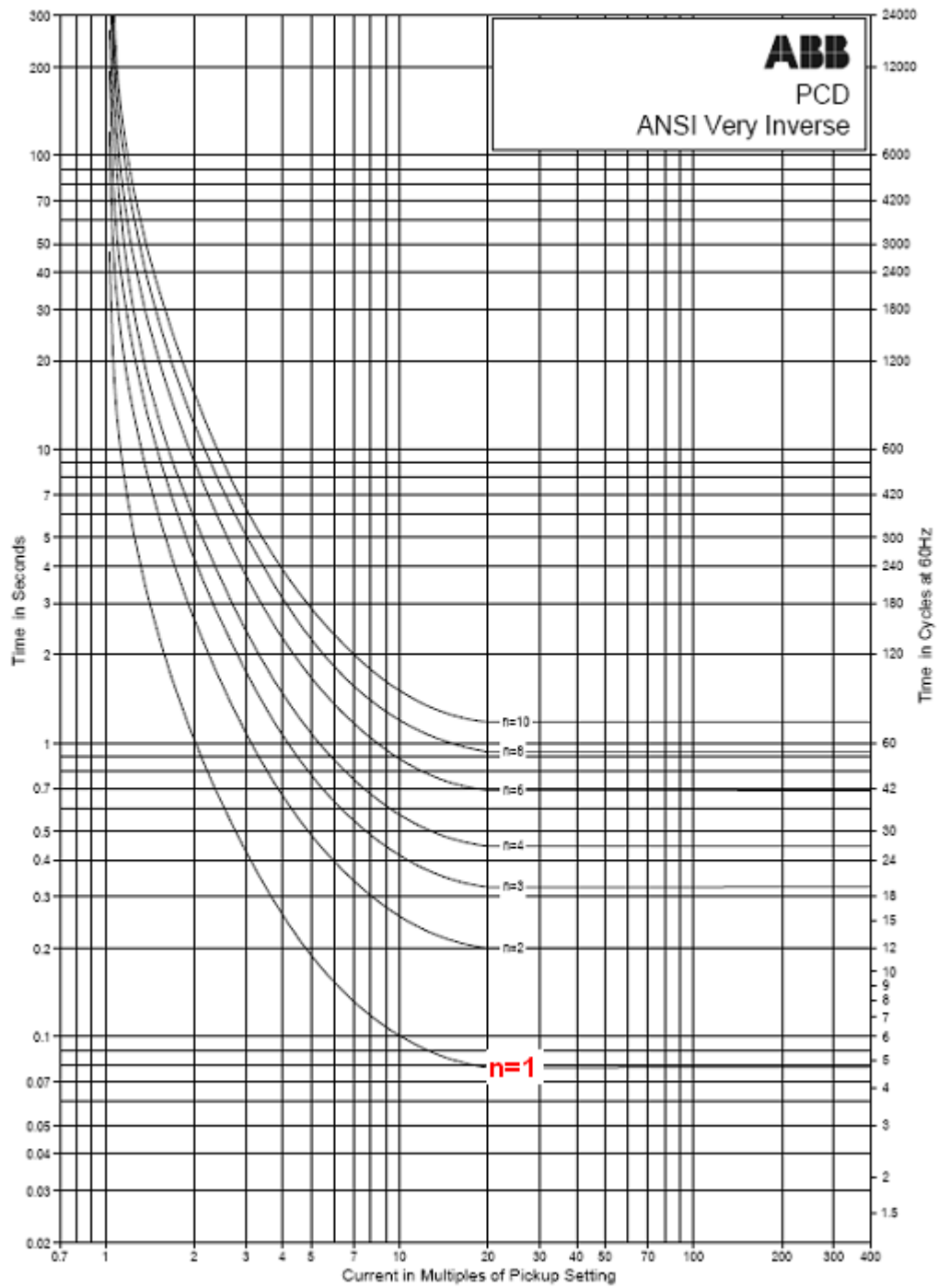
Ahora presentamos las curvas de cada uno de los relés de las alimentadoras.



**Gráfico 2.14** Curva muy Inversa de los reconectores Cooper de las Alimentadoras Unioro y Madero Vargas



**Gráfico 2.15** Curva Inversa del reconnector GE, del Alimentador Expreso2



**Gráfico 2.16** Curva Muy Inversa del reconector ABB OVR 3 del Alimentador Emproro

A lo largo de las alimentadoras y como protección de los transformadores convencionales es usado protección de fusible tipo k. Las capacidades de interrupción de los tira fusibles escogidos son de acuerdo al criterio y experiencia del ingeniero, así como la capacidad del transformador y carga del ramal al que se protege.

Comúnmente la capacidad de los elementos portafusiles es de 15 KV.

Como se mencionó antes no existe una coordinación en las protecciones a lo largo de las alimentadoras lo que no nos asegura una protección adecuada para los circuitos.

## 2.4 Información estadística de las interrupciones en las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala

Para clasificar las interrupciones nos hemos basados en la regulación del CONELEC 004-01, que trata sobre la Calidad de Servicio Técnico. Para nuestro estudio hemos tomado en cuenta las interrupciones mayores a 3 minutos.

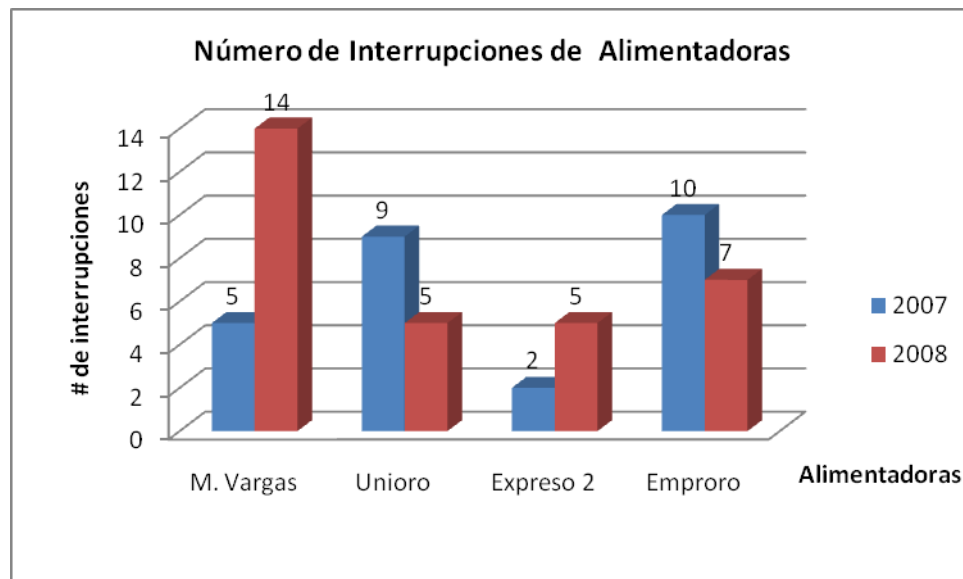
A continuación se muestra la información estadística de las interrupciones ocurridas en la Subestación Machala tomando en cuenta únicamente las fallas en las alimentadoras para los años 2007 y 2008. El registro de las interrupciones de cada alimentador se muestra en los Anexos E, E1, E2, E3.

<b>Alimentadoras</b>					
<b>Año</b>	<b>M. Vargas</b>	<b>Unioro</b>	<b>Expreso 2</b>	<b>Emproro</b>	<b>Total</b>
<b>2007</b>	5	9	2	10	26
<b>2008</b>	14	5	5	7	31

**Tabla 2.8** Número de Interrupciones (solo alimentadoras)

Como se puede apreciar en la tabla 2.8, las alimentadora con mayor número de fallas en el año 2007 y 2008 son: Emproro con 10 interrupciones y M. Vargas con 14 interrupciones respectivamente. Estas alimentadoras son las más extensa y por ende más propensas a fallar. También podemos observar que las alimentadoras con menores interrupciones han sido Expreso2 con 2 interrupciones en el 2007 y Unioro junto con Expreso2 con 5 interrupciones en el 2008. Estas alimentadoras son las más cortas y por ende menos propensas a fallar.

A continuación mostramos gráficamente el número de interrupciones solo por fallas de las alimentadoras.



**Gráfico 2.17** Número de Interrupciones por alimentadora

A continuación se muestra la información estadística de las interrupciones ocurridas en la Subestación Machala, tomando en cuenta las fallas en las alimentadoras y las fallas en los transformadores de distribución para los años 2007 y 2008.

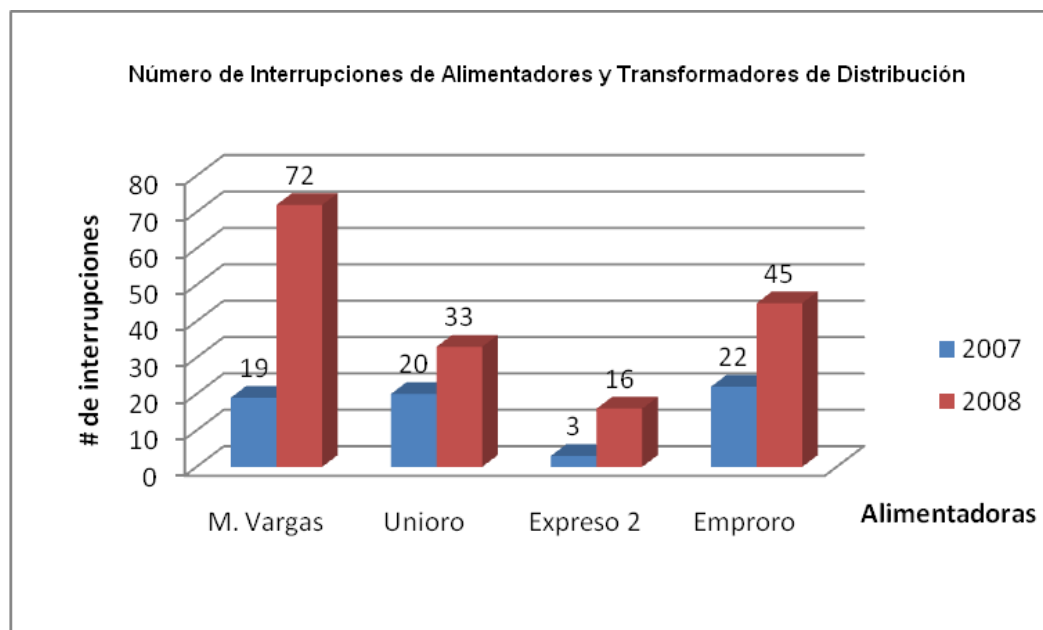
Alimentadoras					
Año	M. Vargas	Unioro	Expreso 2	Emproro	Total
2007	19	20	3	22	64
2008	72	33	16	45	166

**Tabla 2.9** Numero de Interrupciones (alimentadoras y transformadores)

Al tomar en cuenta las fallas ocasionadas por las alimentadoras y los transformadores de distribución se muestra que Emproro tiene el mayor número de interrupciones en el 2007 y M. Vargas en el 2008.

El menor número de interrupciones en los años 2007 y el 2008 son para expreso 2 con 3 y 16 interrupciones respectivamente.

En el siguiente grafico mostramos el número de interrupciones provocadas por transformadores de distribución y alimentadoras.

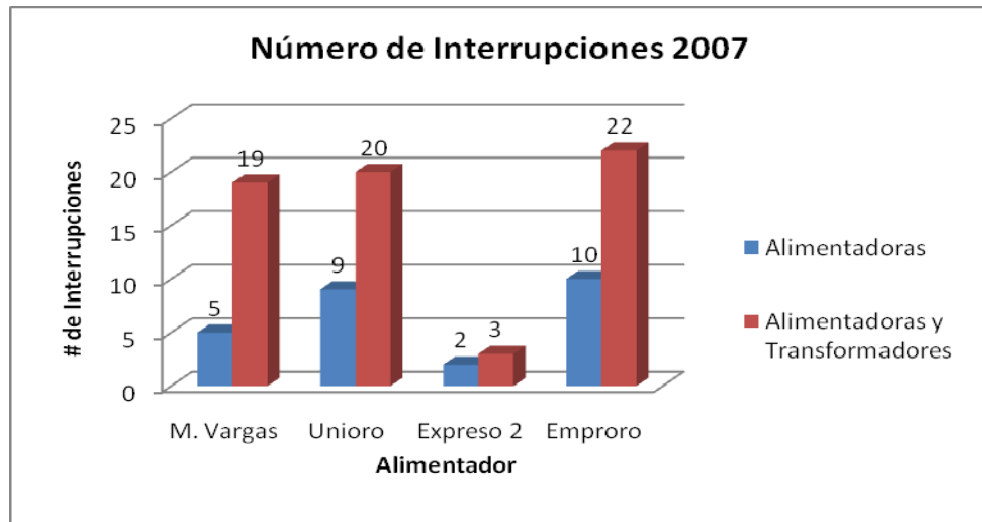


**Gráfico 2.18** Numero de Interrupciones de Alimentador y Transformadores de distribución.

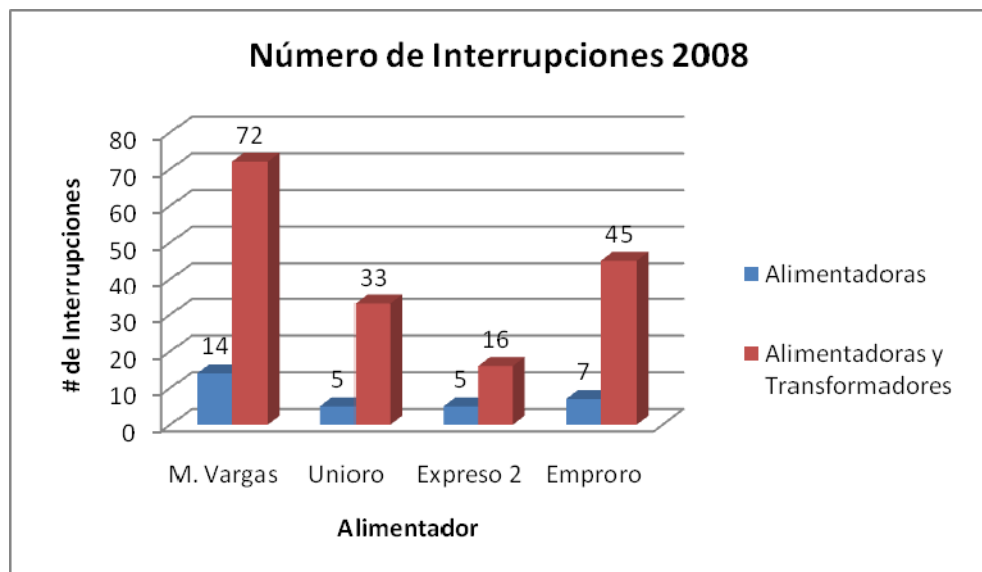
Luego de incluir la información de las fallas de los transformadores de distribución, se puede notar el incremento sustancial en el número de



interrupciones por año. Comparando el número de interrupciones para los años 2007 y 2008, tenemos lo siguiente:

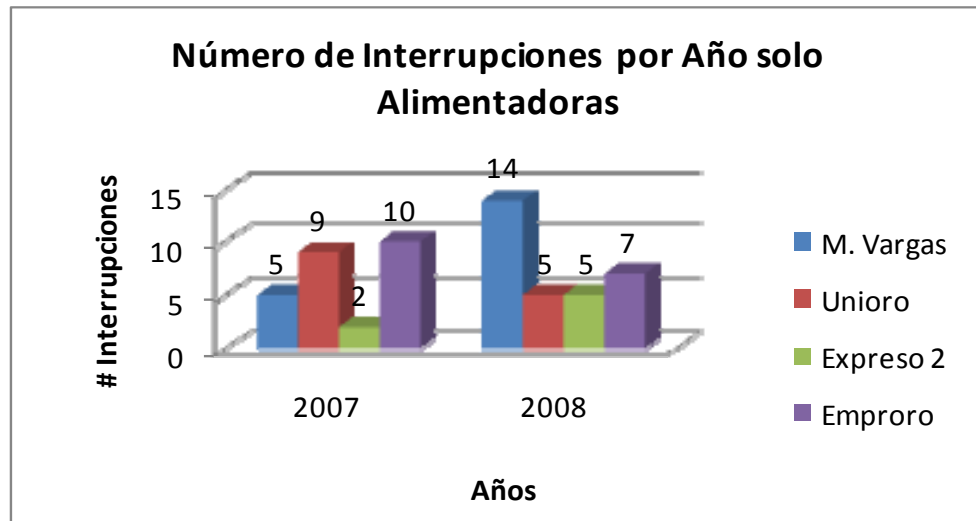


**Gráfico 2.19** Numero de Interrupciones 2007 (alimentadoras y transformadores de distribución)

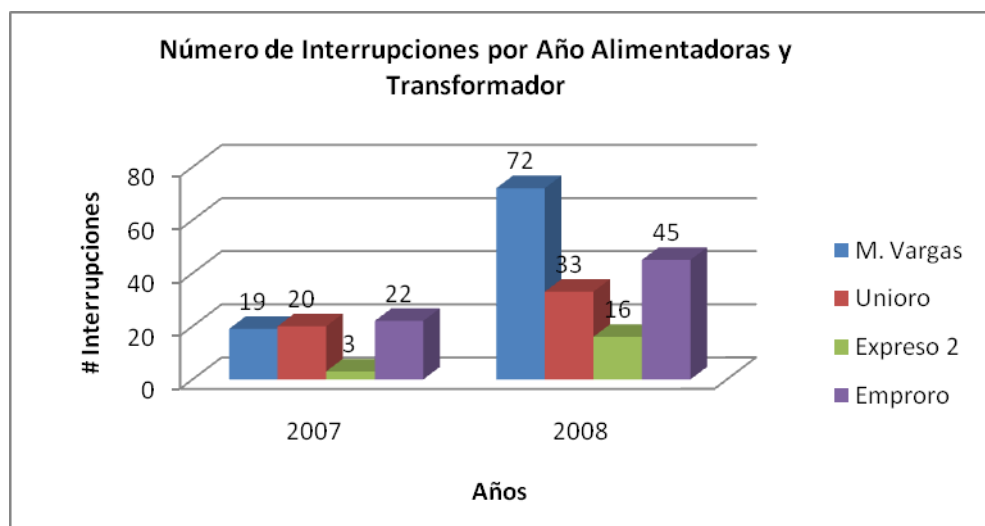


**Gráfico 2.20** Numero de Interrupciones 2008 (alimentadoras y transformadores de distribución)

Comparando ahora el número de interrupciones entre cada una de las alimentadoras, tenemos:



**Gráfico 2.21** Número de Interrupciones por Año Alimentadoras



**Gráfico 2.22** Número de Interrupciones por año (alimentadoras y transformadores de distribución)

## 2.5 Evaluación de la confiabilidad en el sistema de distribución

### 2.5.1 Cálculo de parámetros de diseño del sistema

Para empezar la evaluación de la confiabilidad de los sistemas de distribución es necesario realizar los cálculos de los parámetros que nos ayudaran en nuestros cálculos.

#### Tasa de Falla de un componente

Se define como:

$$\lambda = \frac{m}{n * T}$$

$\lambda$  = La tasa de falla estimada.

m = Número de fallas.

n = Número de unidades expuestas a la falla (población).

T = Periodo de tiempo que las unidades fueron expuestas a la falla

#### Indisponibilidad de un componente

Se define como:

$$\mu = \lambda * r$$

$\mu$  = Indisponibilidad del componente

$\lambda$  = La tasa de falla estimada.

r = Tiempo medio de reparación

El valor de  $\lambda$  para los transformadores de distribución para todas las alimentadoras de la subestación Machala es 0,130 (fallas por año) con un U (tiempo de reparación) de 0,180 horas.

### **Factor de escala de la tasa de falla de un componente con longitud**

Se define como:

$$b = \frac{m}{n * T}$$

b = Factor de escala de la tasa de falla (falla/Km año).

m = Número de fallas observadas.

n = Longitud total del componente expuesto a la falla.

T = Tiempo de la prueba.

### **Tasa de Falla de un componente con longitud**

Se define como:

$$\lambda = b * L$$

$\lambda$  = La tasa de falla estimada (falla/año).

b = Factor de escala de la tasa de falla.

L = Longitud de la alimentadora o un segmento de ella.

Finalmente las tasas de falla, tiempo medio de reparación y duración de las interrupciones son:

Alimentadoras	Troncal Principal		Ramal Monofásico	
	Tasa de Falla $\lambda$	Tiempo Medio de Reparación	Tasa de Falla $\lambda$	Tiempo Medio de Reparación
	(falla/Km-año)	(horas)	(falla/Km-año)	(horas)
<b>Madero Vargas</b>	0,425	0,769	0,131	1,38
<b>Unioro</b>	0,42	1,593	0,13	1,38
<b>Expreso2</b>	0,42	0,353	0,13	1,38
<b>Emproro</b>	0,152	1,159	0,13	1,38

**Tabla 2.10** Tasa de falla y tiempo de restauración

Alimentadoras	Duración de interrupciones (horas)
<b>Madero Vargas</b>	10,767
<b>Unioro</b>	7,97
<b>Expreso2</b>	1,76
<b>Emproro</b>	8,12

**Tabla 2.11** Duración de las interrupciones

## 2.5.2 Índices de la confiabilidad orientados al consumidor y a la energía

### Índice de Frecuencia de Interrupción Promedio del Sistema (SAIFI)

$$SAIFI = \frac{\text{Número Total de Consumidores Interrumpidos}}{\text{Número Total de Consumidores Servidos}}$$

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i * N_i}{\sum N_i}$$

$\lambda_i$  = Tasa de falla en el punto de carga  $i$ .

$N_i$  = Número de consumidores en el punto de carga  $i$ .

### Índice de la Duración Interrupción Promedio del Sistema (SAIDI)

$$SAIDI = \frac{\sum \text{De los Pr oductos de la duración de la int errup } * \# \text{consumidor es int p}}{\text{Número Total de Consumidor es}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum \mu_i N_i}{\sum N_i}$$

$\mu_i$  = Indisponibilidad en el punto de carga  $i$ .

$N_i$  = Número de consumidores en el punto de carga  $i$ .

### Índice de la Duración de la Interrupción Promedio de Consumidor (CAIDI)

$$CAIDI = \frac{\text{Suma de los Productos de la Duración de la Interrupción} \times \# \text{ de consumidor interrumpido}}{\text{Número Total de Consumidores interrumpidos}}$$

$$CAIDI = \frac{\sum \mu_i N_i}{\sum \lambda_i N_i} = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

$\lambda_i$  = Tasa de falla en el punto de carga  $i$ .

$\mu_i$  = Indisponibilidad en el punto de carga  $i$ .

$N_i$  = Número de consumidores en el punto de carga  $i$ .

### Índice de la Disponibilidad Promedio de Servicio (ASAI)

$$ASAI = \frac{\text{Consumidores} - \text{horas de servicio disponible}}{\text{Consumidores} - \text{horas demandados}}$$

$$ASAI = \frac{\sum N_i * 8760 - \sum \mu_i * N_i}{\sum N_i * 8760}$$

$\mu_i$  = Indisponibilidad en el punto de carga  $i$ .

$N_i$  = Número de consumidores en el punto de carga  $i$ .

**Índice de Indisponibilidad Promedio del Servicio (ASUI)**

$$ASUI = 1 - \frac{\text{Consumidores} - \text{horas de servicio disponible}}{\text{Consumidores} - \text{horas demandados}} = 1 - ASAI$$

**Índice o Indicador de la Confiabilidad orientados a la energía****Índice de Energía total no suplida (ENS)**

$$ENS = \sum Lai * Ui$$

Lai = Carga promedio conectada al punto de carga i.

Ui = Indisponibilidad del sistema en el punto i.



### 2.5.3 Cálculos de índices orientados al consumidor y a la energía

#### Alimentador Madero Vargas

Punto de Carga	No. de consumidores (Ne)
A	79
B	105
C	26
E	437
I	89
J	263
K	26
L	524
MB	219
N	167
O	248
P	227
Q	336
S	78
T	296
U	92
V	242
W	211
X	252
Y	178
Z	277
ZT	707
Total	5079

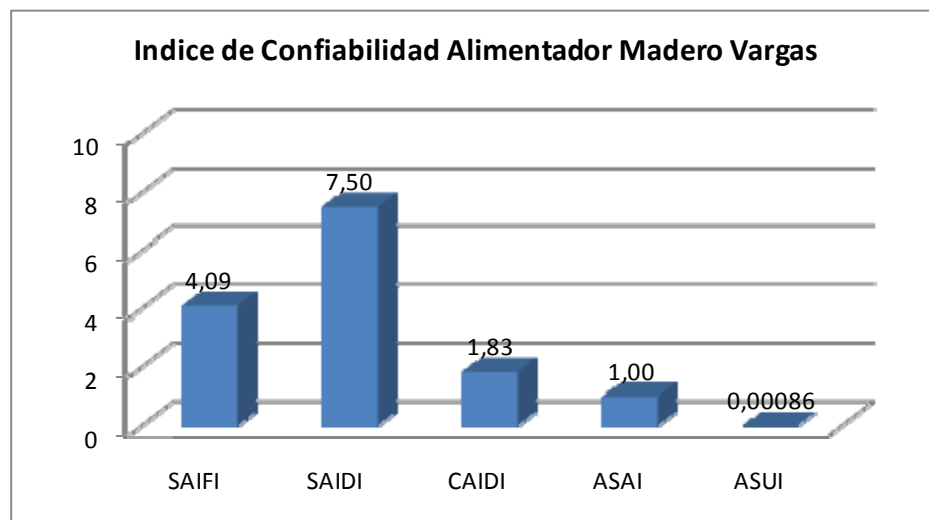
**Tabla 2.12** Número de Consumidores por punto de Carga alimentadora Madero Vargas

Se puede ver en la tabla 2.12 la concentración de abonador por ramales de una de las alimentadoras mas largas de la subestación Machala llamada Madero Vargas, con un total de 5079 consumidores. (Ver Anexo H)

De los datos de el numero de abonados y teniendo los valores de  $\lambda$ , U y r se pueden sacar los índices de la confiabilidad orientados al consumidor y a la energía para el Alimentador Madero Vargas, que presentamos a continuación en estas tablas. En el Anexo H1 se muestra el Diagrama de Confiabilidad utilizado para el cálculo de de estos índices.

Índices		
<b>SAIFI</b>	4,0933547	Int./Cons.-año
<b>SAIDI</b>	7,5041885	Hrs/cons.-año
<b>CAIDI</b>	1,8332613	Hrs./cons.-inter.
<b>ASAI</b>	0,9991434	-
<b>ASUI</b>	0,0008566	-
<b>ENS</b>	36590,4864719	Kwh/año

**Tabla 2.13** Índices de Confiabilidad de alimentador Madero Vargas



**Gráfico 2.23** Índices de Confiabilidad alimentador Madero Vargas

### Alimentador Unioro

Punto de Carga	No. de consumidores (Ne)
A	105
B	63
C	39
D	39
E	158
F	500
G	26
H	329
I	145
J	145
K	129
L	264
M	247
N1	234
N2	250
N3	197
Total	2872

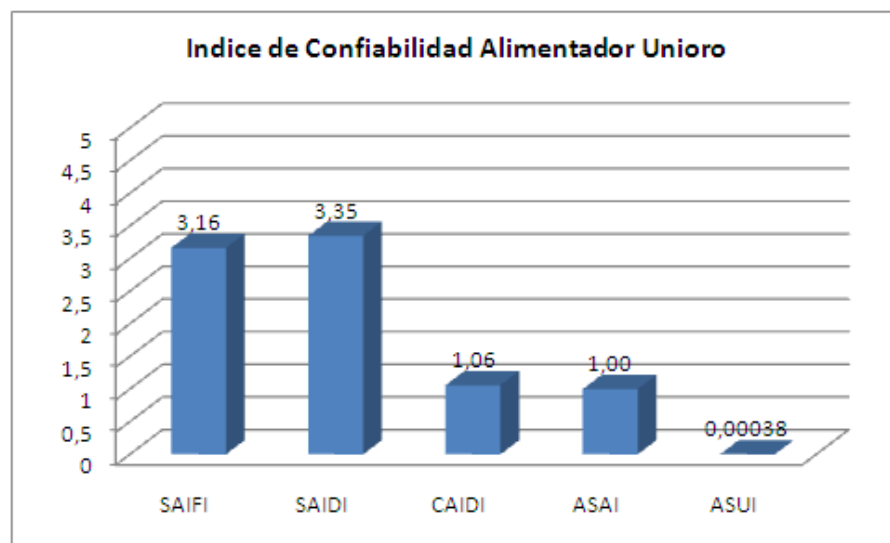
**Tabla 2.14** Número de Consumidores Unioro

En la tabla 2.14 se presenta el número de abonados por ramales de la alimentadora Unioro con un total de total de 2872 abonados. (Ver Anexo H2)

Ahora presentamos los datos de los índices de la confiabilidad orientados al consumidor y a la energía a partir de los datos antes mostrados, para la alimentadora Unioro. En el Anexo H3 se muestra el Diagrama de Confiabilidad utilizado para el cálculo de de estos índices.

Índices		
<b>SAIFI</b>	3,1613907	Int./cons.-año
<b>SAIDI</b>	3,3479550	Hrs/cons.-año
<b>CAIDI</b>	1,0590134	Hrs./cons.-inter.
<b>ASAI</b>	0,9996178	-
<b>ASUI</b>	0,0003822	-
<b>ENS</b>	9038,9896225	Kwh/año

**Tabla 2.15** Índices de Confiabilidad de alimentador Unioro



**Gráfico 2.24** Índices de Confiabilidad Alimentador Unioro

## Alimentador Expreso 2

Punto de Carga	No. de consumidores (Ne)
A	92
B	105
C	92
D	466
E	250
F	66
Total	1071

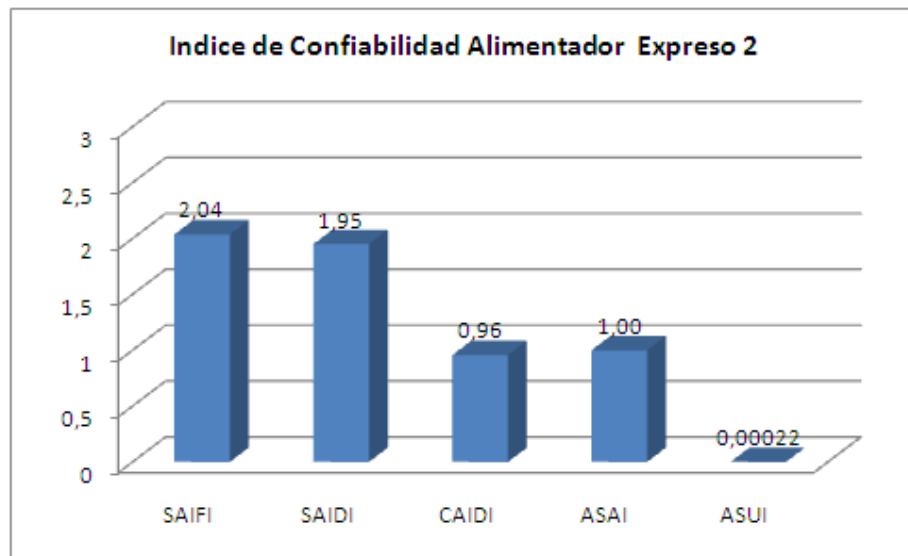
**Tabla 2.16** Numero de Consumidores Expreso2

Expreso2 es una de las más pequeñas alimentadoras con tan solo 1071 abonados. Al igual que en las alimentadoras anteriores, en la tabla 2.16 se muestran los abonados por ramal. (Ver Anexo H4)

A continuación se presentan los índices de la confiabilidad orientados al consumidor y a la energía de la alimentadora Expreso2. En el Anexo H5 se muestra el Diagrama de Confiabilidad utilizado para el cálculo de de estos índices.

Índices		
<b>SAIFI</b>	2,0364984	Int./Cons.-año
<b>SAIDI</b>	1,9495605	Hrs/cons.-año
<b>CAIDI</b>	0,9573101	Hrs./cons.-inter.
<b>ASAI</b>	0,9997774	-
<b>ASUI</b>	0,0002226	-
<b>ENS</b>	2237,1207151	Kwh/año

**2.17** Índices de Confiabilidad de alimentador Expreso2



**Gráfico 2.25** Índices de Confiabilidad Alimentador Expreso2

### Alimentador Emproro

Punto de Carga	No. de consumidores (Ne)
A	158
B	53
C	79
D	8
F	1
E	43
G	13
H	3
I	440
J	167
K	548
L	2
M	79
N	250
O	39
P	43
Q	16
R	1
S	185
T	42
U	75
V	89
Total	2333

**Tabla 2.18** Numero de Consumidores Emproro

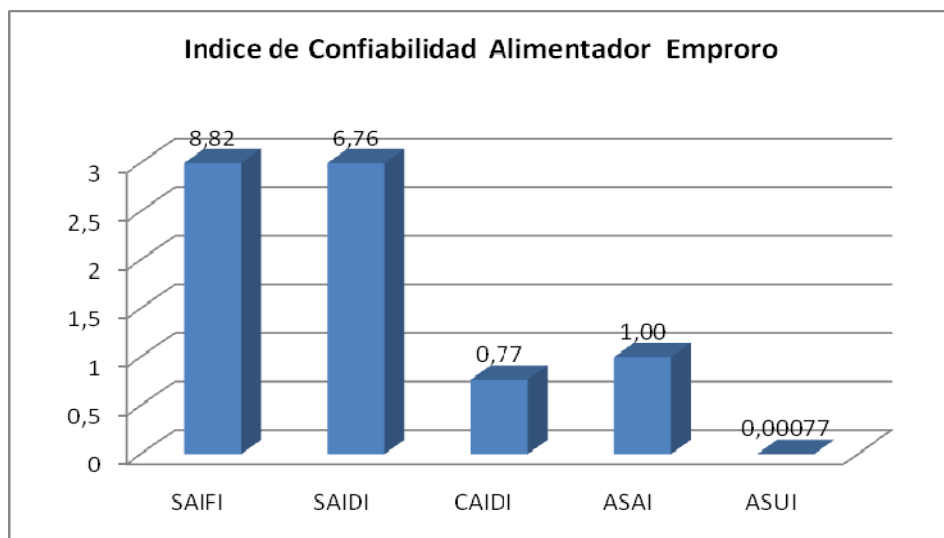
Emproro es una de las alimentadoras mas largas de la subestación Machala.

En la tabla 2.18 se muestra el número de abonados pro ramales y el número total de abonados de la alimentadora. (Ver Anexo H6)

A partir de los datos ya mostrados ahora presentamos los índices de la confiabilidad orientados al consumidor y a la energía para la alimentadora Emproro. En el Anexo H7 se muestra el Diagrama de Confiabilidad utilizado para el cálculo de de estos índices.

Índices		
<b>SAIFI</b>	8,817153	Int./Cons.-año
<b>SAIDI</b>	6,76367903	Hrs/cons.-año
<b>CAIDI</b>	0,76710465	Hrs./cons.-inter.
<b>ASAI</b>	0,99922789	-
<b>ASUI</b>	0,00077211	-
<b>ENS</b>	39278,7724	Kwh/año

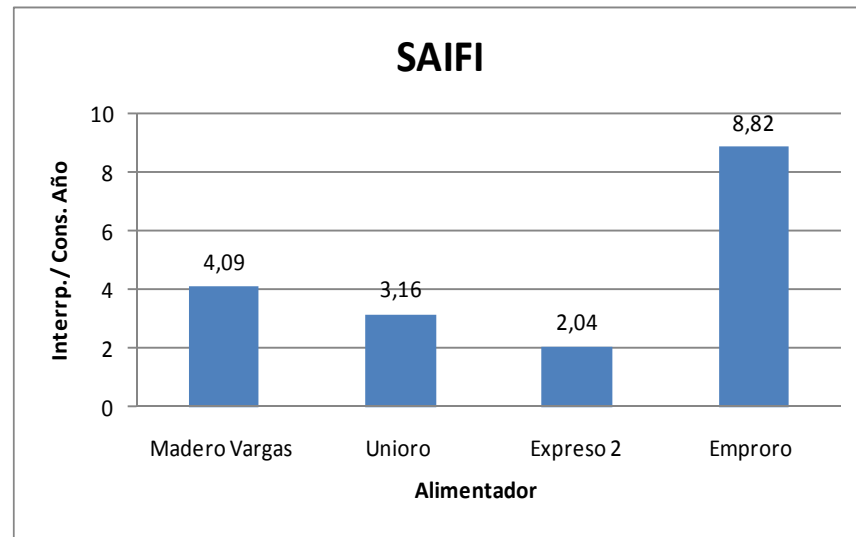
**Tabla 2.19** Índices de Confiabilidad de alimentador Emproro



**Gráfico 2.26** Índices de Confiabilidad Alimentador Emproro

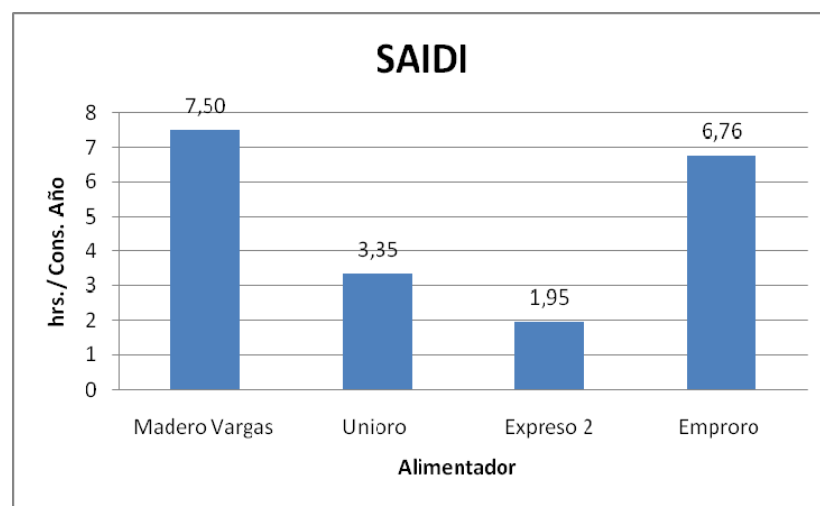


#### 2.5.4 Comparación y análisis de la confiabilidad orientados al consumidor y a la Energía de las alimentadoras de la Subestación Machala



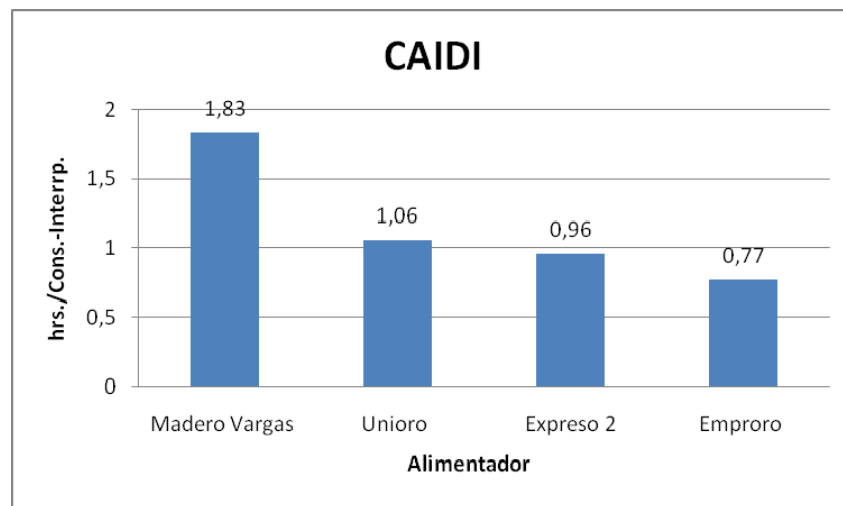
**Gráfico 2.27** Comparación de SAIFI para alimentadoras

Emproro es la alimentadora con un índice mayor SAIFI de 8.82 (interrupciones/año) comparada con Expreso 2 que tiene 2,04 (interrupciones/año).



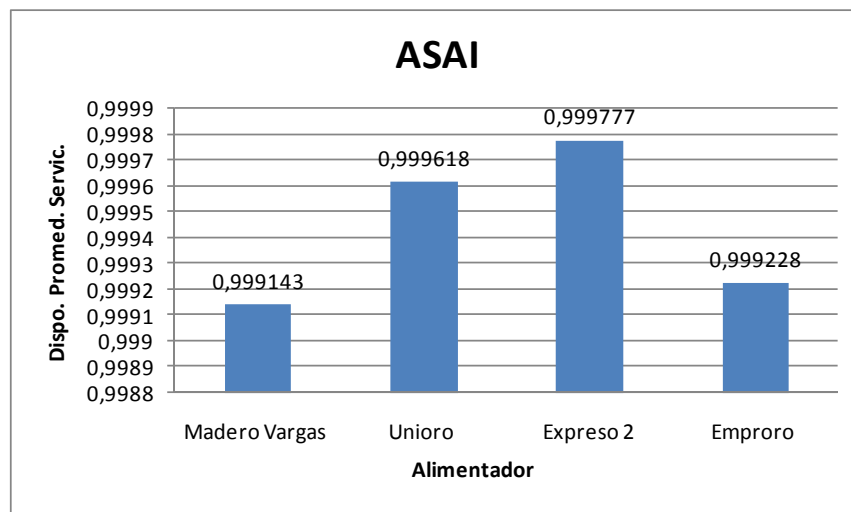
**Gráfico 2.28** Comparación de SAIDI para alimentadoras

Al igual que el SAIFI, el SAIDI muestra que las alimentadoras con mayor extensión son las más propensas a tener mayor número de fallas por año y por ende más tiempo de interrupción.



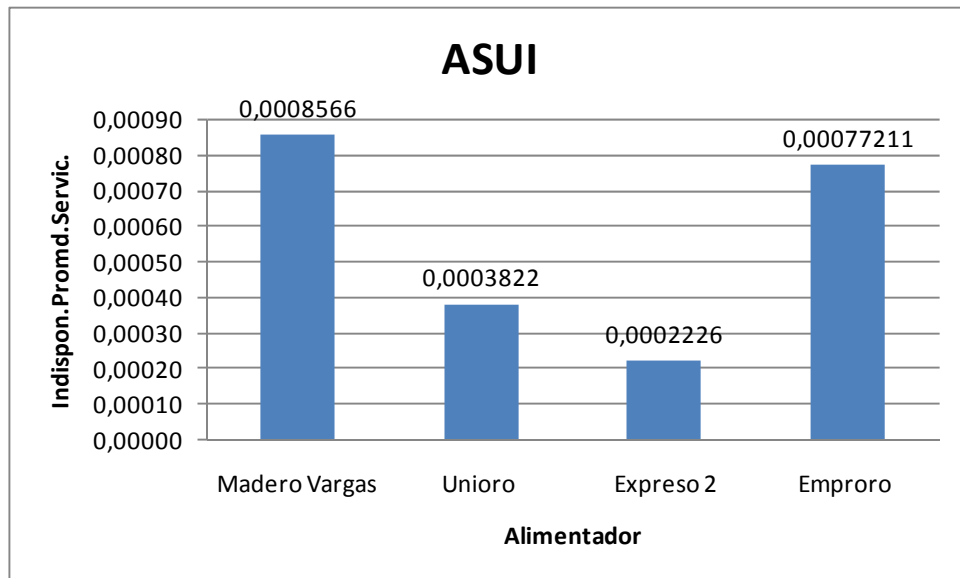
**Gráfico 2.29** Comparación de CAIDI para alimentadoras

El índice CAIDI nos muestra la duración de interrupción para cada abonado y como se puede apreciar que Madero Vargas tiene un valor de 1,83 (h/cons-Interrumpidos).



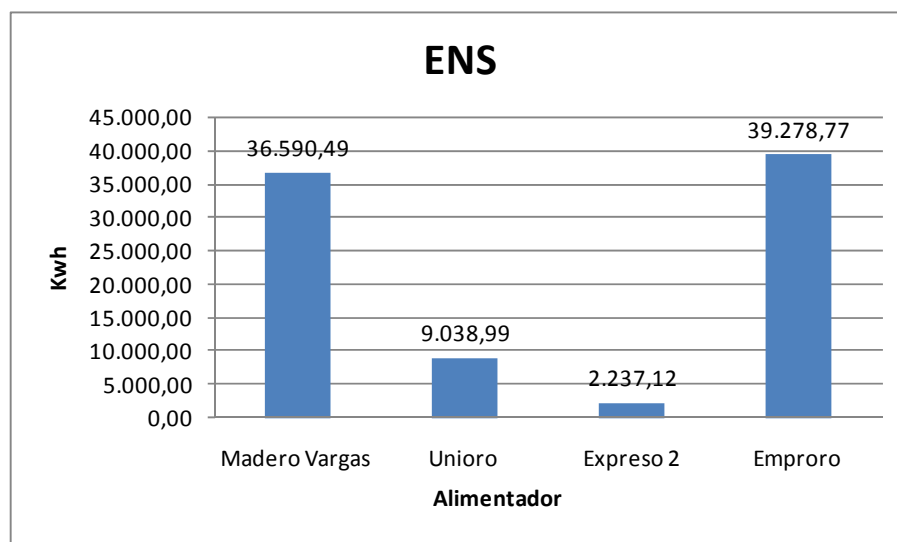
**Gráfico 2.30** Comparación de ASAI para alimentadoras

Expreso2 tiene el índice más alto de disponibilidad ASAI y el más pequeño es para Madero Vargas.



**Gráfico 2.31** Comparación de ASUI para alimentadoras

Debido a que el ASUI es el complemento del ASAI, ahora el mayor valor de indisponibilidad es para M. Vargas y el menor para Expreso2.



**Gráfico 2.32** Comparación de ENS para alimentadoras

El ENS (energía no suplida) es uno de los indicadores de más importancia para las empresas distribuidoras. Emproro y M. Vargas son las alimentadoras con mayor número de energía no suplida.

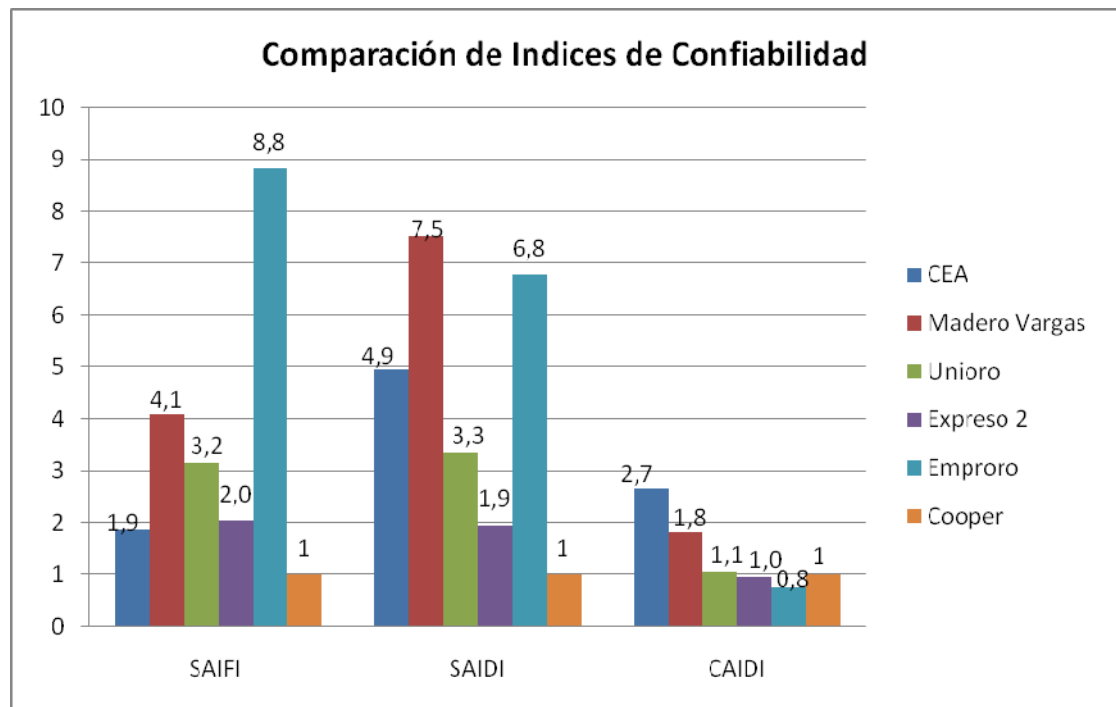
A continuación se muestran algunos valores típicos para sistemas de distribución urbanos tomados de la CEA (Canadian Electrical Association) y del proveedor de equipos marca COOPER:

Año	BC Hydro (Distribution)				CEA (Distribution)			
	SAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI (%)	SAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI (%)
F1997	0.88	2.35	2.64	99.973	1.74	2.39	1.38	99.973
F1998	0.70	1.60	2.28	99.982	1.70	3.21	1.87	99.963
F1999	1.02	3.61	3.54	99.959	1.69	2.82	1.67	99.968
F2000	0.65	1.80	2.78	99.979	1.93	3.80	1.97	99.957
F2001	0.73	1.98	2.72	99.977	1.77	2.83	1.60	99.968
F2002	0.86	2.94	3.43	99.966	1.86	3.19	1.71	99.964
F2003	0.89	3.18	3.59	99.964	1.74	3.55	2.03	99.960
F2004	1.21	3.50	2.89	99.960	1.89	5.69	3.01	99.935
F2005	1.06	3.57	3.35	99.959	1.56	3.49	2.24	99.960
F2006	1.25	3.27	2.61	99.963	1.74	4.33	2.49	99.951
F2007	2.29	10.49	4.58	99.880	2.11	7.35	3.49	99.916
F2008	1.45	5.01	3.44	99.943	1.86	4.94	2.66	99.944

**Tabla 2.20** Índices de Confiabilidad de Sistemas de Distribución de Canadá

Índice	Meta de Operación	Unidad
SAIFI	1	Int./cons-año
SAIDI	1	H/cons-año
CAIDI	1	H/cons-int
ASAI	99,989	%
ASUI	0,01100	%

**Tabla 2.21** Índices de Confiabilidad de Empresa Cooper

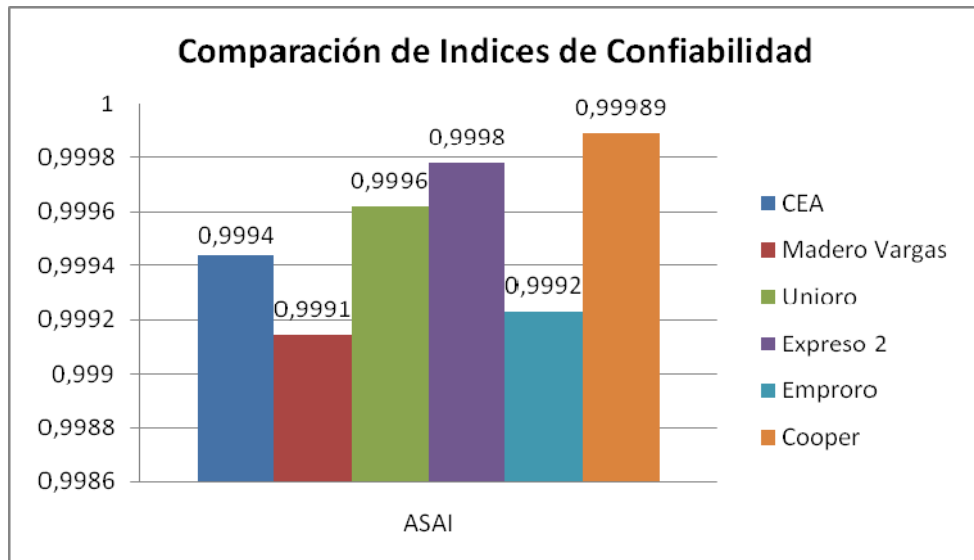


**Gráfico 2.33** Comparación de Índices de la CEA y COOPER con las alimentadoras

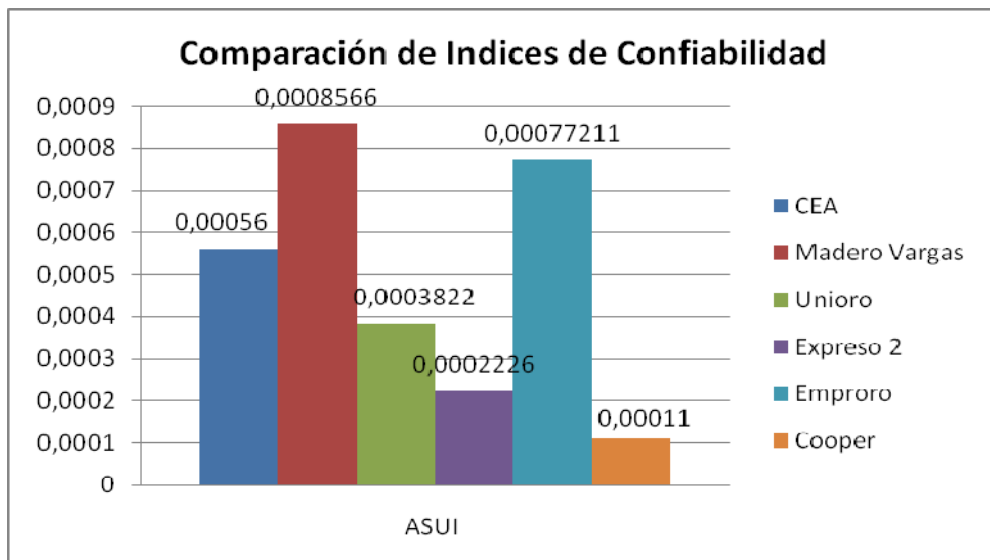
Luego de ver el gráfico 2.33 es claro que el SAIFI y SAIDI en las alimentadoras de la Subestación Machala están muy lejos de los índices internacionales de la Cooper pero no muy lejos de los índices de la CEA. Además los valores del SAIDI de las alimentadoras Uniro y Expreso2 son mejores que los de la CEA.

Con respecto a los índices CAIDI, se debe decir que la única alimentadora que cumple con los índices propuestos por la Cooper es Expreso 2 y muy cerca esta Uniro. Comparados con Canadá nuestros índices de CAIDI son mejores

A pesar que Canadá es un país desarrollado no debemos pensar que ellos han alcanzado la perfección ya que sus índices comparados a los que propone la Cooper aun son aun altos.



**Gráfico 2.34** Comparación del Índice ASAI de la CEA y COOPER con las alimentadoras



**Gráfico 2.35** Comparación del Índice ASUI de la CEA y COOPER con las alimentadoras

En los gráficos 2.34 y 2.35 se muestran el ASAI y el ASUI, de donde podemos darnos cuenta que Expreso 2 es la alimentadora que más se acerca al valor propuesto por la Cooper para los índices ASAI y ASUI. Comparados a los índices de la CEA tenemos que las alimentadoras Unioro y Expreso2 tienen mejores valores de ASAI y ASUI.

## 2.6 Estudio de Cortocircuito

### 2.6.1 Impedancias de Secuencias

Para realizar los cálculos de las corrientes de cortocircuito, se utilizaron las siguientes impedancias de secuencia correspondientes a: los conductores de las alimentadoras, los transformadores de potencia de la subestación y el circuito de sub-transmisión. Las tablas de las impedancias se muestran a continuación:

#### Circuitos Trifásicos

Tipo de Conductor	Secuencia	R [ $\Omega$ /Km]	X [ $\Omega$ /Km]
PENGUIN 4/0	Positiva	0,367930392	0,442950308
	Negativa	0,367930392	0,442950308
	Cero	0,757491531	1,571259808

**Tabla 2.22** Impedancias de Secuencias para Conductor # 4/0 (1)

### Circuitos de dos Fases

Tipo de Conductor	Secuencia	R [ $\Omega$ /Km]	X [ $\Omega$ /Km]
PENGUIN 4/0	Positiva	0,367930392	0,425531338
	Negativa	0,367930392	0,425531338
	Cero	0,757491531	1,588678777

**Tabla 2.23** Impedancias de Secuencias para Conductor # 4/0 (2)

### Circuitos Monofásicos

Tipo de Conductor	Secuencia	R [ $\Omega$ /Km]	X [ $\Omega$ /Km]
SPARROW 2	Positiva	1,050341827	0,435597433
	Negativa	1,050341827	0,435597433
	Cero	1,546437376	1,645620393

**Tabla 2.24** Impedancias de Secuencias para Conductor # 2

	R1 [ $\Omega$ ]	X1 [ $\Omega$ ]	R2 [ $\Omega$ ]	X2 [ $\Omega$ ]	R0 [ $\Omega$ ]	X0 [ $\Omega$ ]
<b>Z trafo. equivalente</b>	0,02175	0,3589	0,02175	0,3589	0,02175	0,3589
<b>Z sub-transmisión</b>	0,1006	0,4574	0,1005	0,4576	0,1664	0,6883

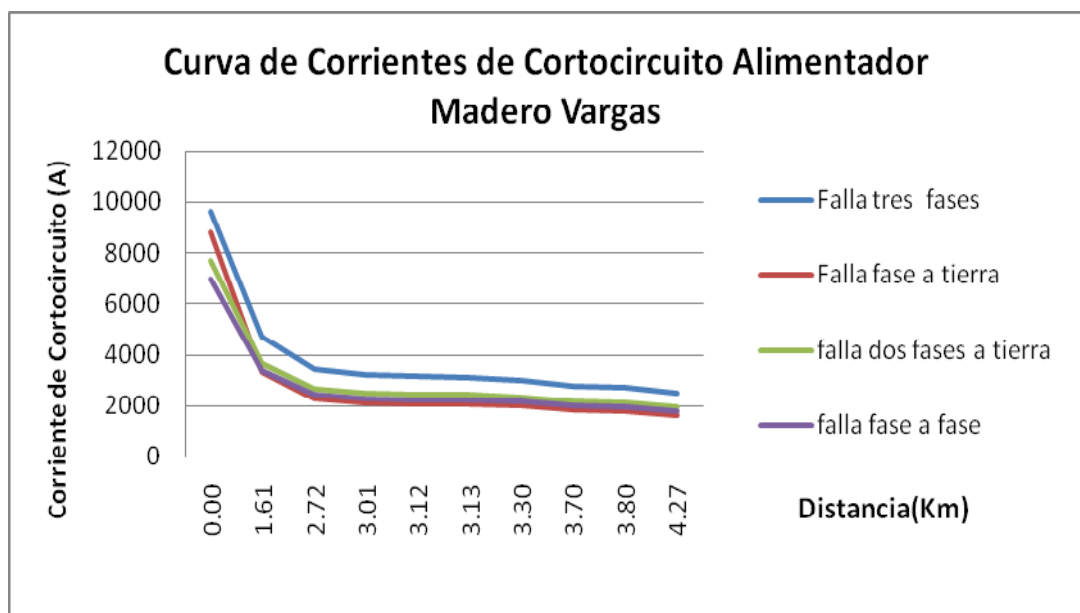
**Tabla 2.25** Impedancias de Secuencias equivalentes para los transformadores de potencia y el sistema de sub-transmisión



## 2.6.2 Curvas de Corrientes de cortocircuito en función de la distancia a la Subestación

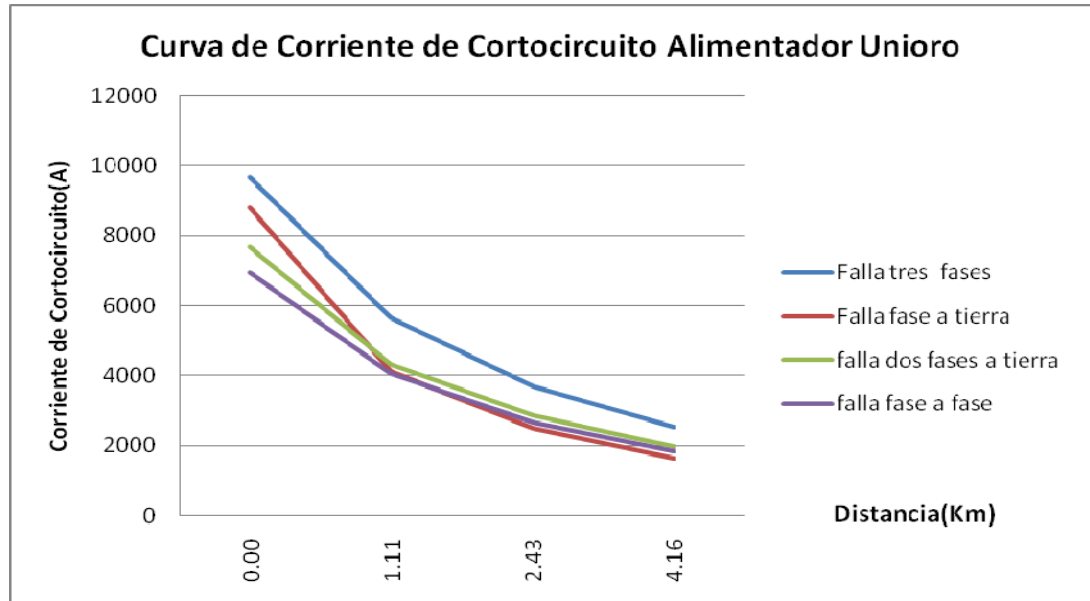
Una vez obtenidas las impedancias de secuencia del circuito, calculamos las corrientes de cortocircuito a lo largo de las alimentadoras. A continuación se muestran los gráficos de dichas corrientes:

### Curva de Corriente de cortocircuito Alimentador Madero Vargas



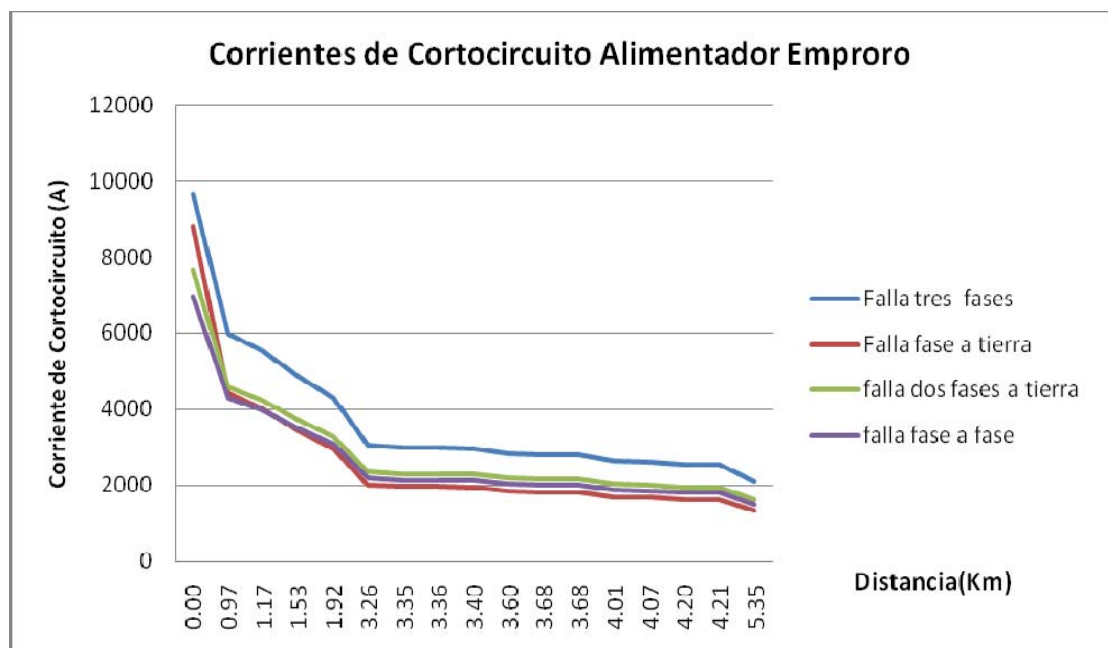
**Gráfico 2.36** Corriente de cortocircuito vs. Distancia – Madero. Vargas

### Curva de Corriente de cortocircuito Alimentador Unioro



**Gráfico 2.37** Corriente de cortocircuito vs. Distancia – Unioro

### Curva de Corriente de cortocircuito Alimentador Emproro



**Gráfico 2.38** Corriente de cortocircuito vs. Distancia – Emproro

### 2.6.3 Propuesta de Coordinación

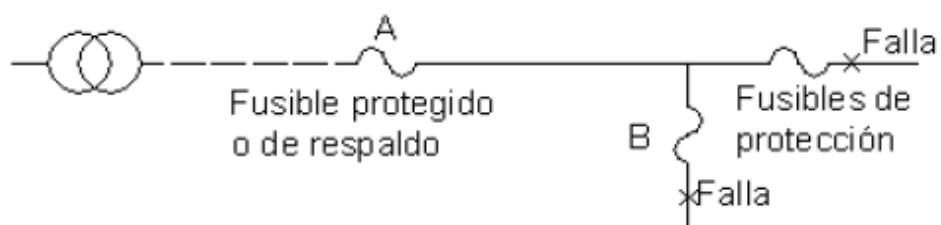
#### Coordinación de dispositivos de protección

Actualmente la subestación eléctrica Machala no cuenta con un análisis de coordinación de sus elementos de protección.

Una vez que se realizó el estudio de Corto Circuito para cada alimentador, estos valores son utilizados para el análisis de coordinación entre fusible protector y fusible protegido en las alimentadoras. En los Anexos G, G1, G2, se puede apreciar los puntos de cortocircuito y la ubicación de los fusibles protectores y protegidos aplicados en cada ramal de las alimentadoras.

#### Principios de coordinación

Cuando dos o más dispositivos de protección son aplicados en un sistema, el dispositivo más cercano a la falla del lado de alimentación es el dispositivo protector, y el siguiente más cercano del lado de la alimentación es el dispositivo "respaldo" o protegido.



**Gráfico 2.39** Localización de los fusibles de protección y protegido

El requerimiento indispensable para una adecuada coordinación consiste en que el dispositivo protector debe operar y despejar la sobre-corriente antes que el dispositivo de respaldo se funda (fusible) u opere al bloqueo (restaurador).

### **Reglas de aplicación de una coordinación**

Una regla esencial para aplicación de fusibles establece que el tiempo de despeje máximo del fusible de protección (Ver Anexo D) no excederá el 75% del tiempo de fusión mínimo del fusible protegido (Ver Anexo D1), lo que asegura que el fusible de protección despejará la falla antes de que el fusible protegido se dañe.

El factor del 75% compensa los efectos de las variables de operación.

$$\frac{\text{Tiempo de despeje máx del fusible protector}}{\text{Tiempo de fusión mín del fusible protegido}} \times 100 < 75 \%$$

Otra regla sostiene que la corriente de carga en el punto de aplicación no debe exceder la capacidad de corriente continua del fusible.

La tabla del Anexo D3, lista las corrientes de régimen continuo que los fusibles H, N, T y K transportarán sin sobrecalentarse cuando son instalados en cortacircuitos de tamaño apropiado.

En las siguientes tablas se muestra el estudio de coordinación para cada alimentador de la subestación eléctrica Machala y en los Anexos F, F1, F2 se aprecia las curvas de coordinación entre fusibles de protección y fusible protegido en cada alimentador.

## Resultados del estudio de coordinación Alimentador Madero Vargas

Puntos C.C.	Fusible Protegido	Fusible Protector	Corriente Max. de Falla (A)	Tiempo de despeje Max. Del fusible protector (CT) (seg)	Tiempo de fusión mínima del fusible protegido (MT) (seg)	Porcentaje CT/MT (%)	Coordinación
W	65K	6K	1984.2	0.019	0.071	26.76	Coordinación
X	100K	6K	2496.6	0.019	0.041	46.34	Coordinación
S	50K	6K	1299.3	0.02	0.04	50.00	Coordinación
V	40K	6K	1102.1	0.02	0.03	66.67	Coordinación
U	40K	6K	1166.9	0.019	0.028	67.86	Coordinación
R	100K	8K	3018.6	0.02	0.029	68.97	Coordinación
Q	50K	6K	1449.9	0.02	0.045	44.44	Coordinación
P	40K	6K	1214.4	0.019	0.028	67.86	Coordinación
N	140K	6K	3135.6	0.02	0.061	32.79	Coordinación
M	100K	6K	2722.8	0.02	0.035	57.14	Coordinación
K	140K	12K	3447.8	0.023	0.05	46.00	Coordinación
J	80K	6K	2022.4	0.02	0.038	52.63	Coordinación
I	80K	6K	2271.8	0.02	0.031	64.52	Coordinación
G	80K	6K	2289.4	0.02	0.03	66.67	Coordinación
H	100K	6K	2382.6	0.02	0.048	41.67	Coordinación
D	140K	10K	4721.7	0.02	0.03	66.67	Coordinación
C	100K	6K	2602.3	0.02	0.04	50.00	Coordinación
E	100K	6K	2959.7	0.02	0.032	62.50	Coordinación
F	100K	6K	2959.7	0.02	0.031	64.52	Coordinación
B	140K	6K	3716.7	0.02	0.048	41.67	Coordinación
A	140K	6K	3955.5	0.02	0.075	26.67	Coordinación

**Tabla 2.26** Estudio de coordinación del alimentador Madero Vargas

## Resultados del estudio de coordinación Alimentador Unioro

Puntos C.C.	Fusible Protegido	Fusible Protector	Corriente Max. de Falla (A)	Tiempo de despeje max. del fusible protector (CT) (seg)	tiempo de fusion minima del fusible protegido (MT) (seg)	Porcentaje CT/MT (%)	Coordinación
K	40K	6K	1101.5	0.02	0.033	60.61	Coordinación
L	40K	6K	1204.2	0.02	0.028	71.43	Coordinación
I	50K	6K	1328.2	0.02	0.035	57.14	Coordinación
H	50K	6K	1470.6	0.02	0.045	44.44	Coordinación
G	65K	6K	1586.0	0.02	0.038	52.63	Coordinación
E	100K	6K	2621.2	0.02	0.041	48.78	Coordinación
D	140K	6K	3707.2	0.02	0.05	40.00	Coordinación
C	80K	6K	2246.8	0.02	0.032	62.50	Coordinación
A	200K	6K	5522.8	0.02	0.05	40.00	Coordinación

**Tabla 2.27** Estudio de coordinación del alimentador Unioro

Los resultados de la coordinación para el alimentador Emproro, se muestran en el ANEXO K.

## **2.7 Reglamento vigente de la Calidad de Servicio Técnico CONELEC 004-01**

### **Índices del sistema basados en la potencia instalada**

Según la regulación No. CONELEC – 004/01 para el cálculo de los índices de calidad basados en la potencia instalada, en Ecuador, se consideran todas las interrupciones del sistema con duración mayor a tres 3 minutos, incluyendo las de origen externo, debidas a fallas en transmisión. No se consideran las interrupciones con duración igual o menor a tres 3 minutos.

Se consideran las interrupciones de un consumidor en particular solo si la falla afecta a otros consumidores.

No se considera para el cálculo de los índices basados en la potencia instalada las interrupciones debidas a suspensiones generales del servicio, racionamientos, desconexiones de carga por baja frecuencia establecidas por el CENACE; y, otras causadas por eventos de fuerza mayor o caso fortuito

Se tomará en cuenta las suspensiones generales del servicio producidas por la Empresa Distribuidora.



### 2.7.1 Índices de la Calidad de Servicio Técnico – CONELEC 004-01

Los índices de calidad se calculan para toda la red de distribución y para cada alimentador primario de medio voltaje, de acuerdo a las siguientes expresiones:

- a) Frecuencia Media de Interrupción por kVA nominal instalado (FMIK):

En un período determinado, representa la cantidad de veces que el kVA promedio sufrió una interrupción de servicio.

$$FMIK_{Aj} = \frac{\sum_i KVA_{iAj} f_{s_{iAj}}}{KVA_{instAj}}$$

- b) Tiempo Total de Interrupción por kVA nominal instalado (TTIK):

En un período determinado, representa el tiempo medio en que el kVA promedio no tuvo servicio.

$$TTIK_{Aj} = \frac{\sum_i KVA_{iAj} f_{s_{iAj}} * T_{fs_{iAj}}}{KVA_{instAj}}$$

**Donde:**

**FMIK:** Frecuencia Media de Interrupción por kVA nominal instalado, expresada en fallas por kVA.

**TTIK:** Tiempo Total de Interrupción por kVA nominal instalado, expresado en horas por kVA.

**kVAfsi:** Cantidad de kVA nominales fuera de servicio en cada una de las interrupciones “i”.

**KVAinst:** Cantidad de kVA nominales instalados.

**Tfsi:** Tiempo fuera de servicio, para la interrupción “i”.

**Aj:** Alimentador primario de medio voltaje “j”.

### 2.7.2 Límites admisibles para la Calidad de Servicio Técnico

Los valores límites admisibles, para los índices de calidad del servicio técnico, son los siguientes:

Indices	Lim FMIK	Lim TTIK
Red	4.0	8.0
Alimentador Urbano	5.0	10.0
Alimentador Rural	6.0	18.0

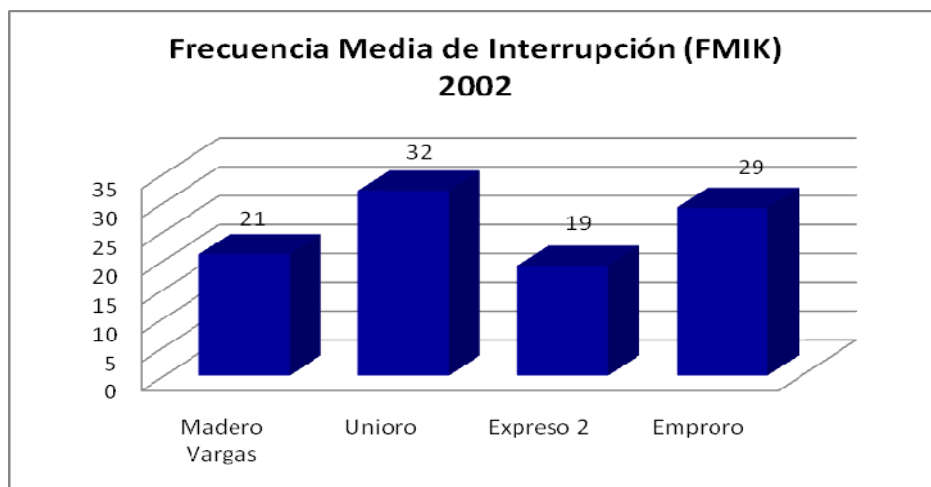
**Tabla 2.28** Límites admisibles de FMIK y TTIK

### 2.7.3 Cálculo de los índices de la Calidad de Servicio Técnico en las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala

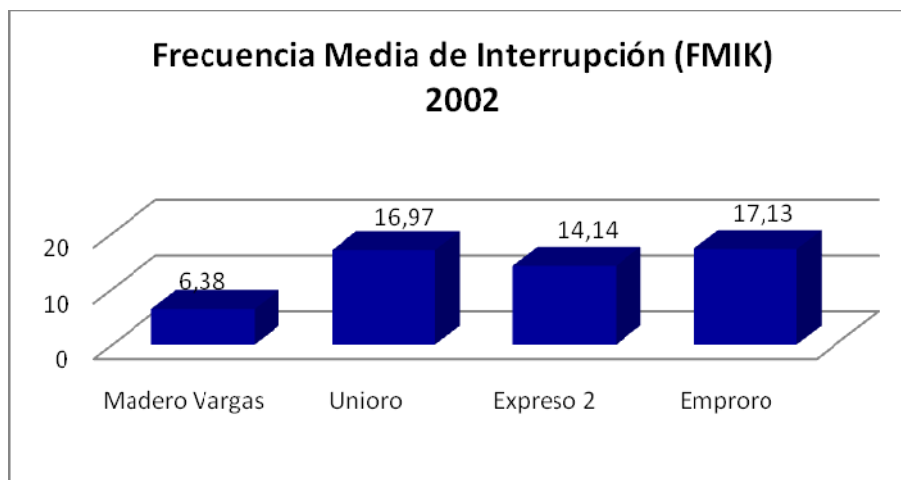
#### Índices 2002

Alimentador	Código Alim.	Tipo	Cantidad	KVA	Índices Actual	
			Trafos	Instalados	FMIK	TTIK
Madero Vargas	0411	U	229	9.383,5	21	6,38
Unioro	0412	U	186	8.802,5	32	16,97
Expreso 2	0413	U	47	1.565,5	19	14,14
Emproro	0414	U	207	8.399,0	29	17,13

**Tabla 2.29** Índices de FMIK y TTIK 2002 para alimentadoras



**Gráfico 2.40** Índices FMIK 2002 para alimentadoras



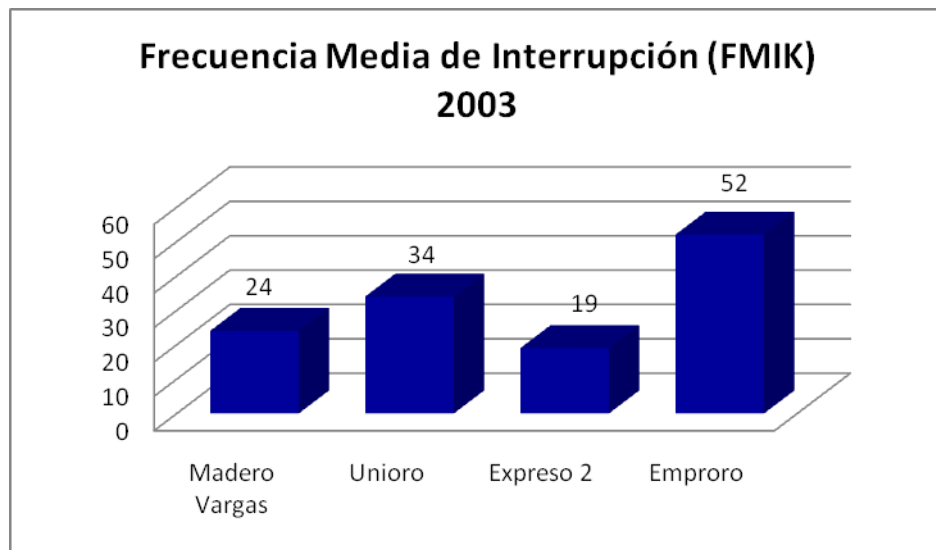
**Gráfico 2.41** Índices TTIK 2002 para alimentadoras

Los gráficos 2.40 y 2.41 nos muestra que los índices FMIF y TTIK en las 4 alimentadoras estaban totalmente fuera del rango actual propuesto por el CONELEC en el 2002.

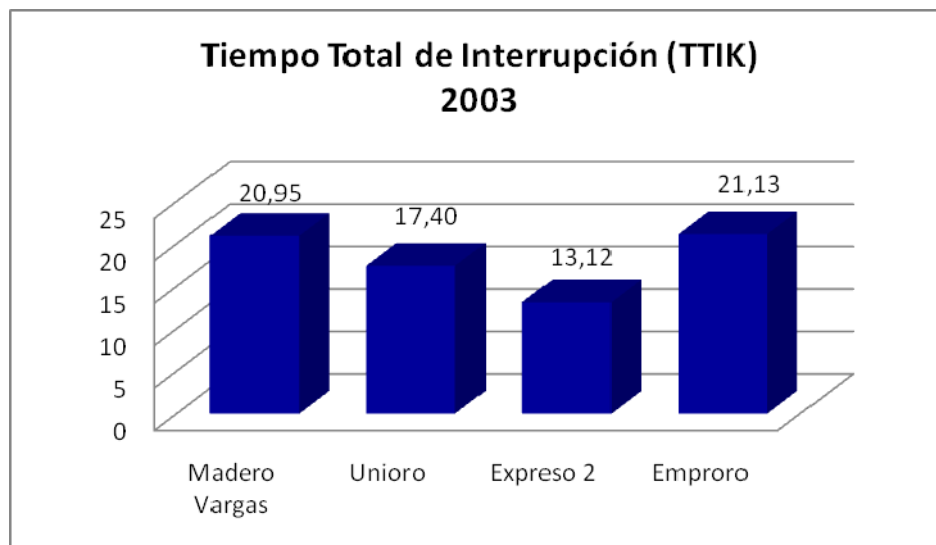
### Índices 2003

Alimentador	Cod. Alim.	Cantidad	KVA	Indices Actual	
		Trafos	Instalados	FMIK	TTIK
Madero Vargas	0411	229	9383,5	24	20,95
Unioro	0412	186	8802,5	34	17,4
Expreso 2	0413	47	1565,5	19	13,11
Emproro	0414	207	8399	52	21,13

**Tabla 2.30** Índices de FMIK y TTIK 2003 para alimentadoras



**Gráfico 2.42** Índices FMIK 2003 para alimentadoras



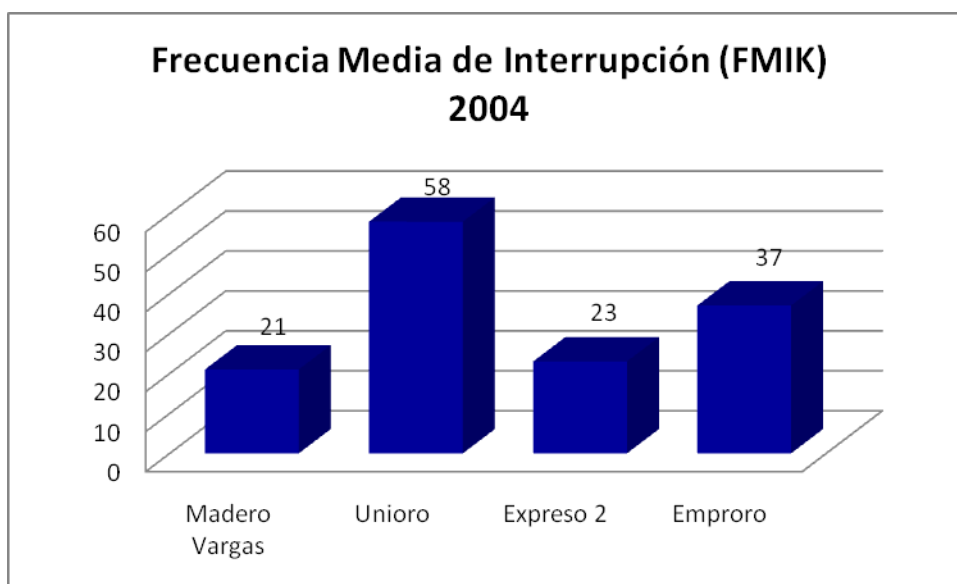
**Gráfico 2.43** Índices TTIK 2003 para alimentadoras

En el gráfico 2.42 y 2.43 nos muestra al igual que el año 2002, que los índices FMIK y TTIK de las 4 alimentadoras en el 2003 estaban también fuera del rango actual propuesto por el CONELEC.

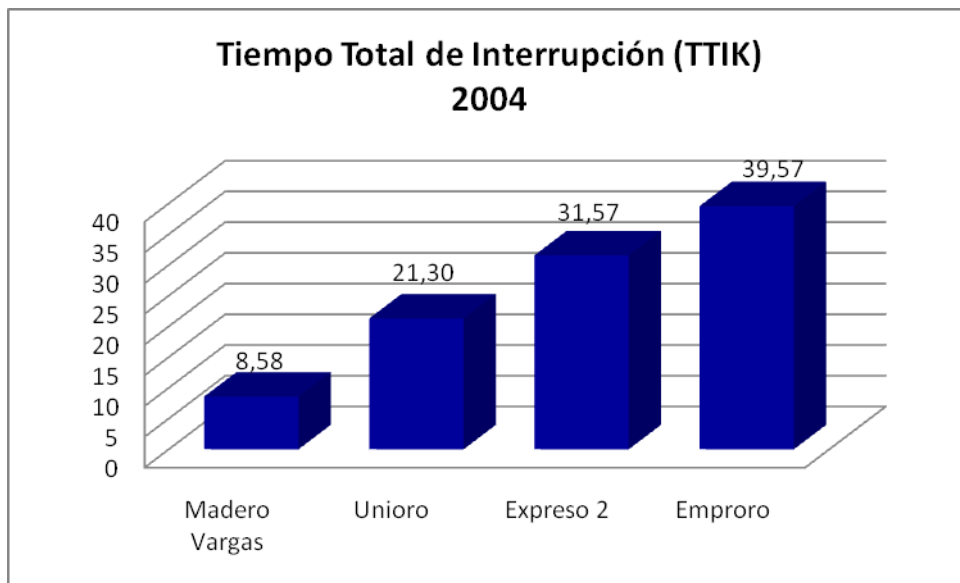
## Índices 2004

Alimentador	Código Alim.	Tipo	Cantidad	KVA	Indices Actual	
			Trafos	Instalados	FMIK	TTIK
Madero Vargas	0411	U	229	9383,5	21	8,58
Unioro	0412	U	186	8802,5	58	21,30
Expreso 2	0413	U	47	1565,5	23	31,56
Emproro	0414	U	207	8399	37	39,56

**Tabla 2.31** Índices de FMIK y TTIK 2004 para alimentadoras



**Gráfico 2.44** Índices FMIK 2004 para alimentadoras



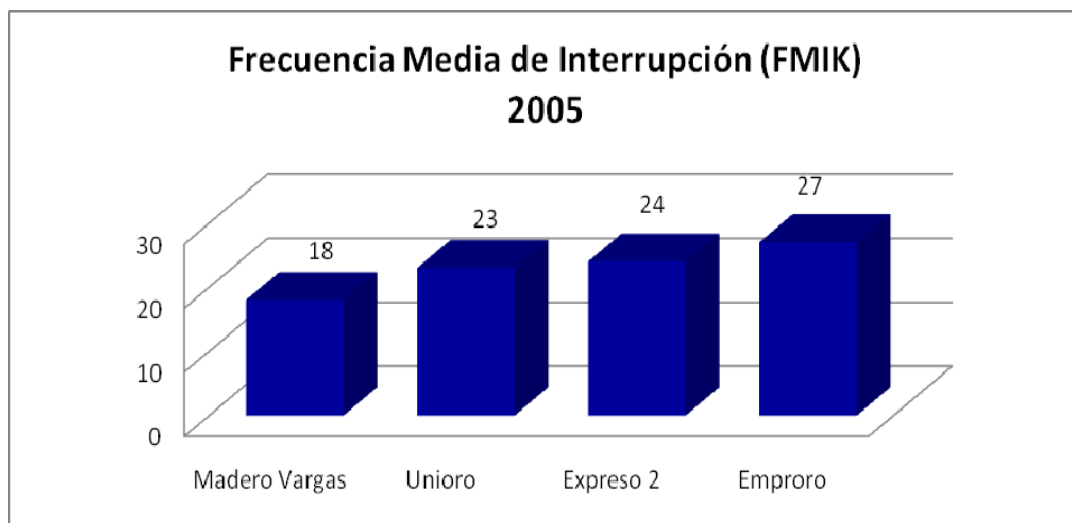
**Gráfico 2.45** Índices TTIK 2004 para alimentadoras

En el gráfico 2.44 y 2.45 se muestra que como en los años anteriores, que en el año 2004 los índices FMIF y TTIK en las 4 alimentadoras estaban totalmente fuera del rango actual propuesto por el CONELEC.

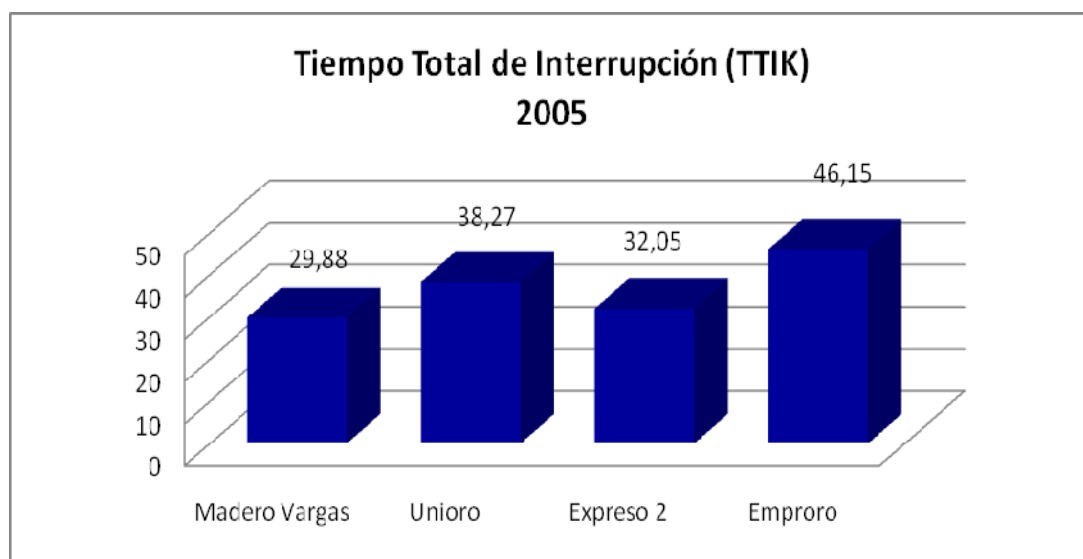
### Índices 2005

Alimentador	Cod. Alim.	Tipo	Cantidad	KVA	Índices Actual	
			Trafos	Instalados	FMIF	TTIK
Madero Vargas	0411	U	229	9383,5	18	29,8833
Unioro	0412	U	186	8802,5	23	38,2667
Expreso 2	0413	U	168	5009	24	32,0501
Emproro	0414	U	207	8399	27	46,15

**Tabla 2.32** Índices de FMIF y TTIK 2005 para alimentadoras



**Gráfico 2.46** Índices FMIK 2005 para alimentadoras



**Gráfico 2.47** Índices TTIK 2005 para alimentadoras

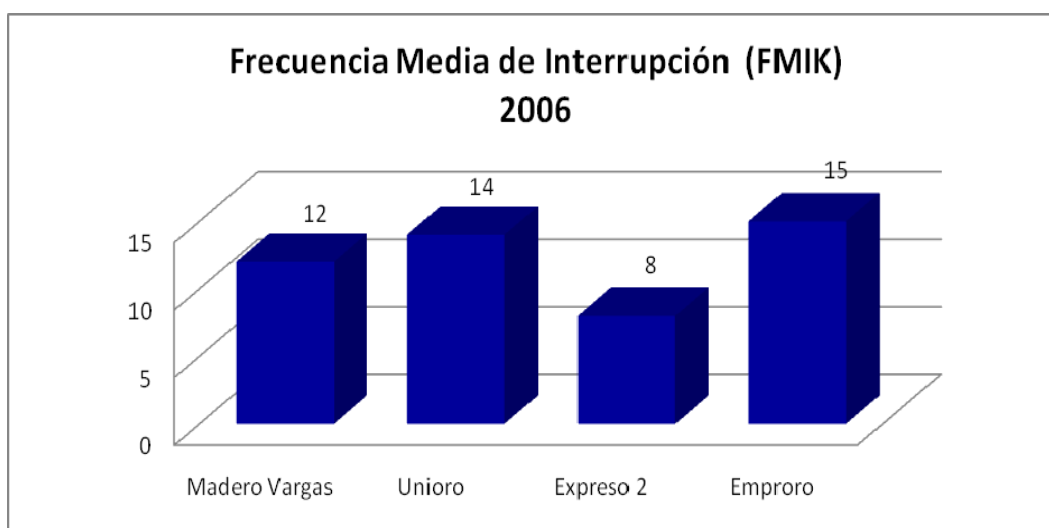
En el gráfico 2.46 y 2.47 nos muestra que en el 2005 las 4 alimentadoras de la subestación Machala tenían los índices FMIF y TTIK fuera del rango propuesto por el CONELEC.



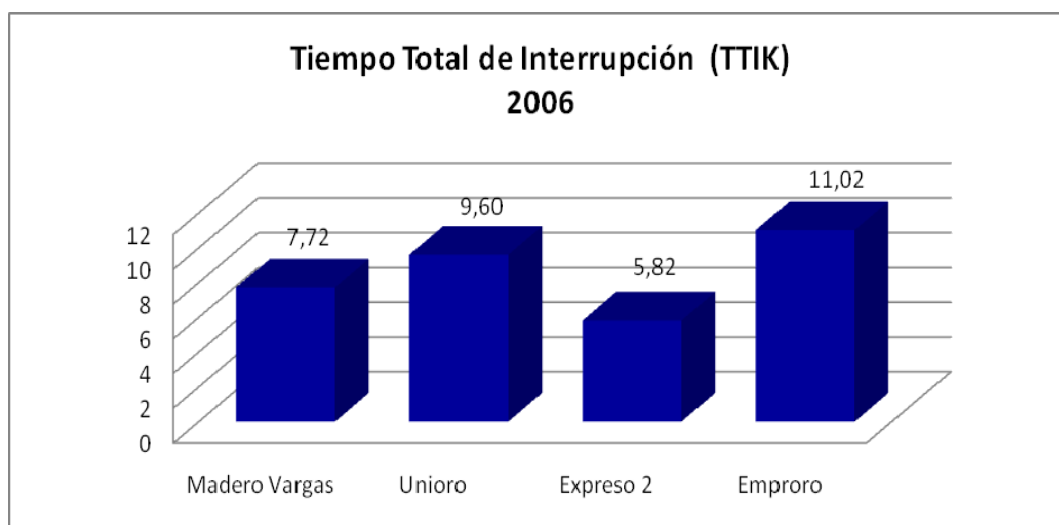
## Índices 2006

Alimentador	Cod. Alim.	Tipo	Cantidad	KVA	Índices Actual	
			Trafos	Instalados	FMIK	TTIK
Madero Vargas	0411	U	229	9383,5	12	7,7167
Unioro	0412	U	186	8802,5	14	9,6002
Expreso 2	0413	U	168	5009	8	5,8167
Emproro	0414	U	207	8399	15	11,0167

**Tabla 2.33** Índices de FMIK y TTIK 2006 para alimentadoras



**Gráfico 2.48** Índices FMIK 2006 para alimentadoras



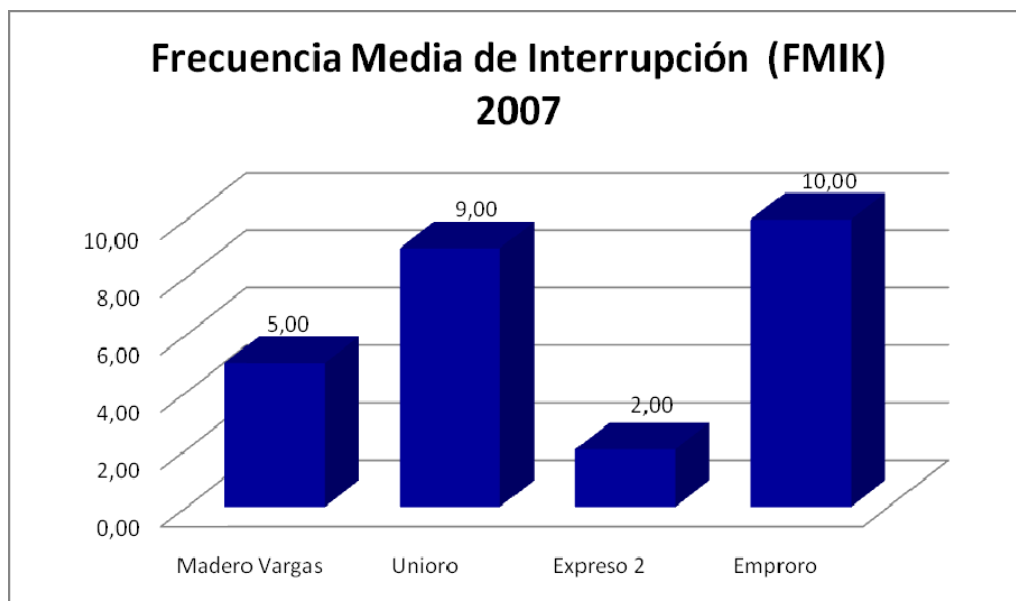
**Gráfico 2.49** Índices TTIK 2006 para alimentadoras

En el gráfico 2.48 y 2.49 se muestra que en el año 2006 el índice TTIK en las 4 alimentadoras empieza a descender y están dentro del rango propuesto por el CONOLEC. Con respecto al FMIK, aun no descienden lo suficiente para cumplir con el rango del CONOLEC.

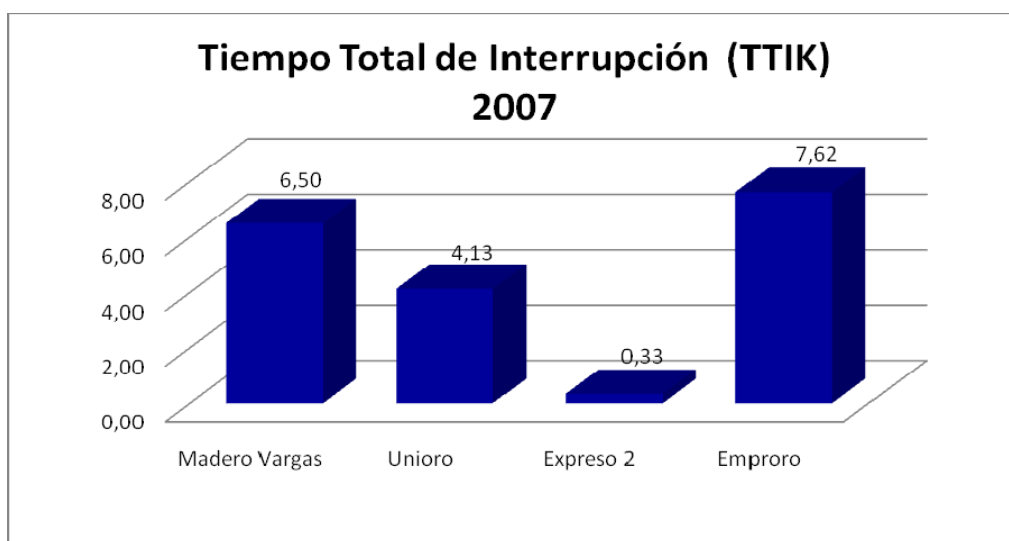
### Índices 2007

Alimentador	Cod. Alim.	Tipo	Cantidad Trafos	KVA Instalados	Índices Actual	
					FMIK	TTIK
Madero Vargas	0411	U	229	9383,5	5	6,50
Unioro	0412	U	186	8802,5	9	4,13
Expreso 2	0413	U	168	5009	2	0,33
Emproro	0414	U	207	8399	10	7,62

**Tabla 2.34** Índices de FMIK y TTIK 2007 para alimentadoras



**Gráfico 2.50** Índices FMIK 2007 para alimentadoras



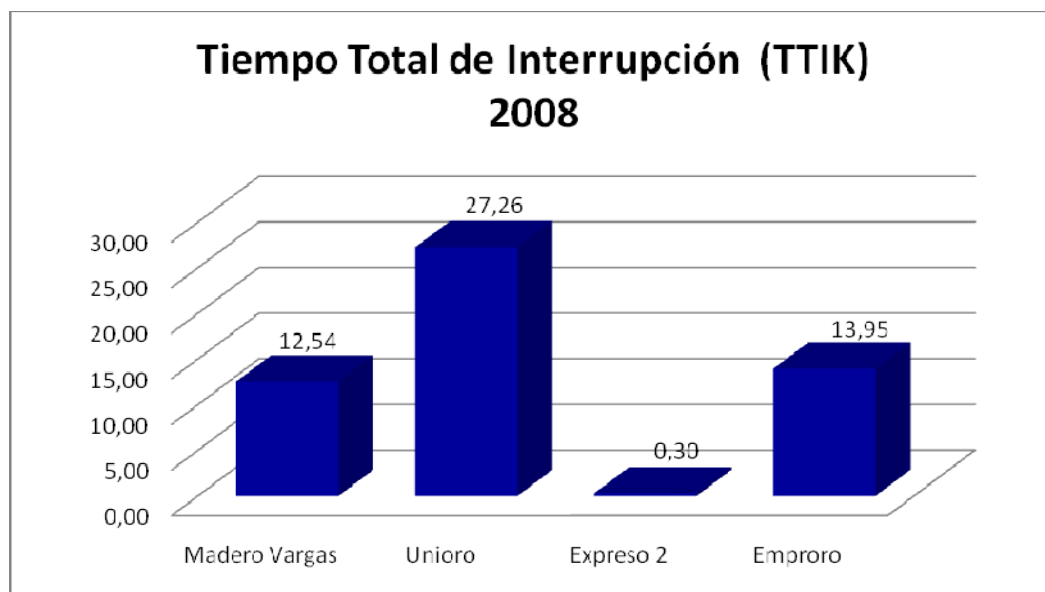
**Gráfico 2.51** Índices TTIK 2007 para alimentadoras

En el grafico 2.50 y 2.51 se muestra que en el año 2007 el índice FMIK en las 4 alimentadoras descender y las alimentadoras M. Vargas ya están dentro del rango de >5. El TTIK de todas las alimentadoras ya esta dentro del limite de > 10 impuesto por el CONELEC.

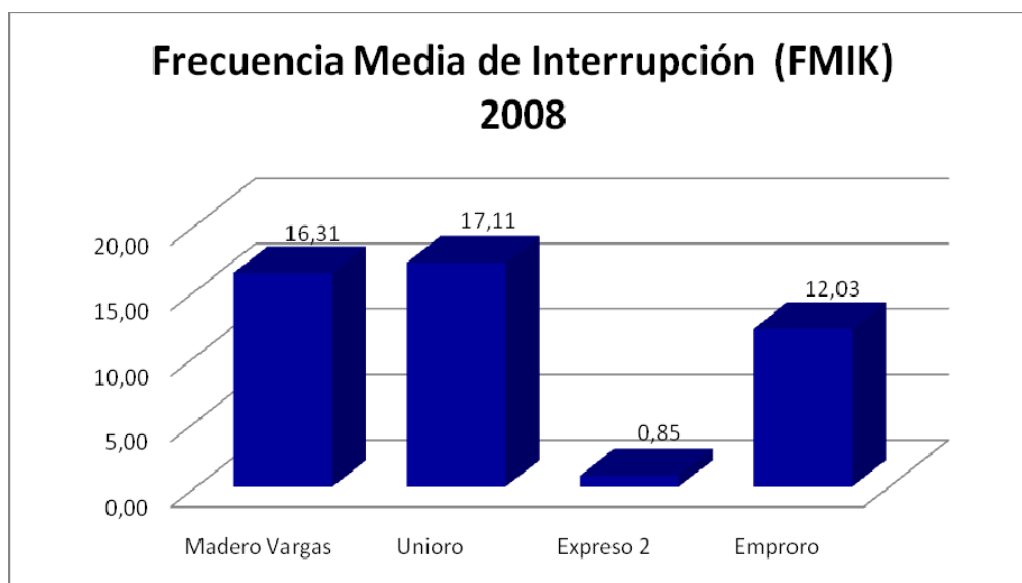
## Índices 2008

Alimentador	Código Alim.	Tipo	Cantidad Trafos	KVA Instalados	Índices Actual	
					FMIK	TTIK
Madero Vargas	0411	U	229	9383,5	16,31	12,54
Unioro	0412	U	186	8802,5	17,11	27,26
Expreso 2	0413	U	168	5009	0,85	0,30
Emproro	0414	U	207	8399	12,03	13,95

**Tabla 2.35** Índices de FMIK y TTIK 2008 para alimentadoras



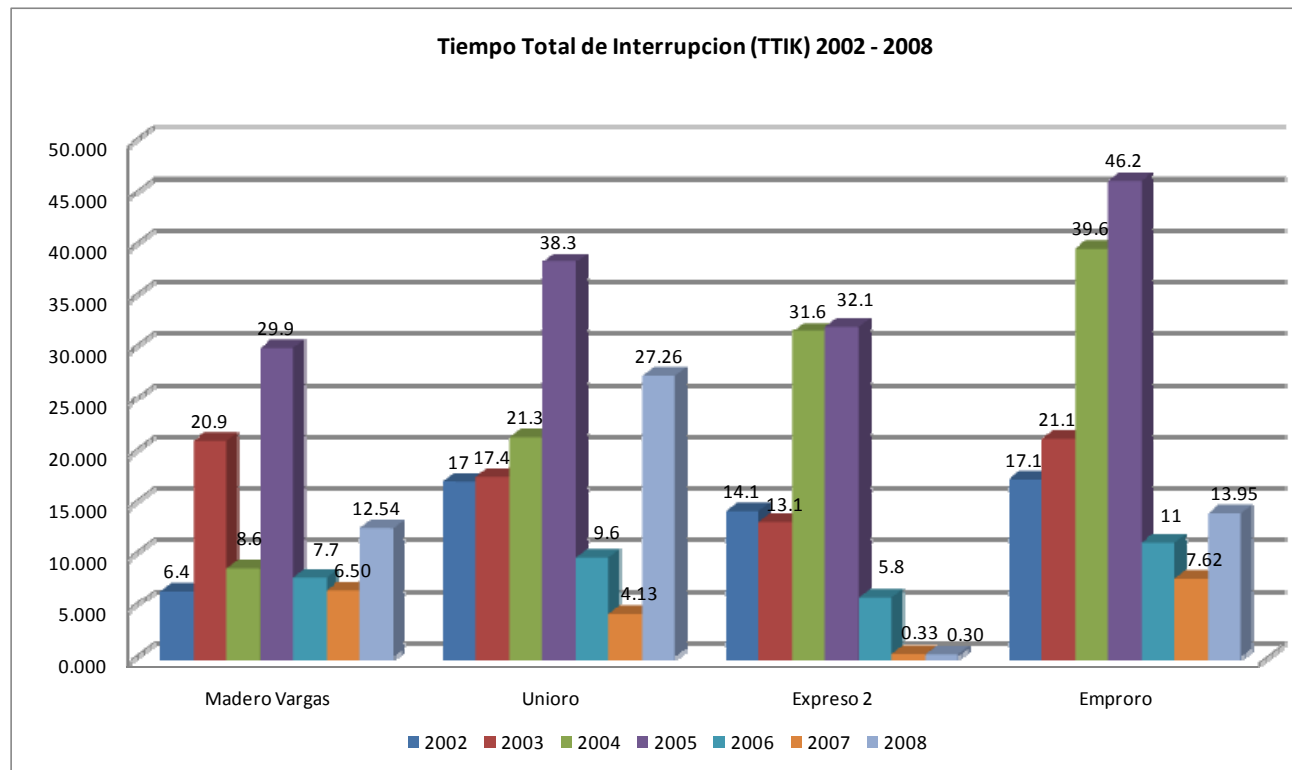
**Gráfico 2.52** Índices TTIK 2008 para alimentadoras



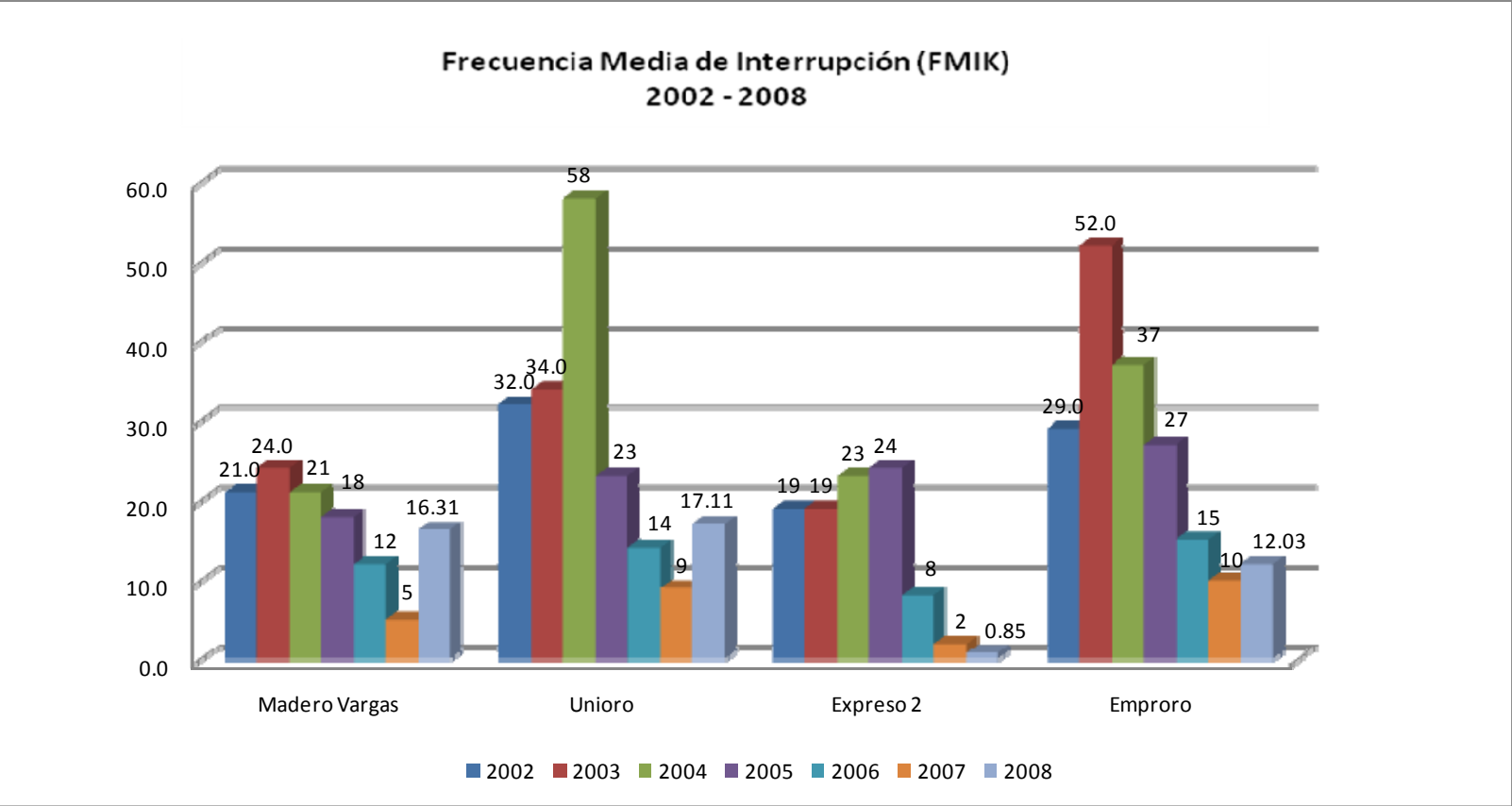
**Gráfico 2.53** Índices FMIK 2008 para alimentadoras

Los gráficos 2.52 y 2.53 nos indican que en el año de estudio de nuestra tesis (2008), los índices FMIK y TTIK suben nuevamente y sobrepasan los límites de CONELEC.

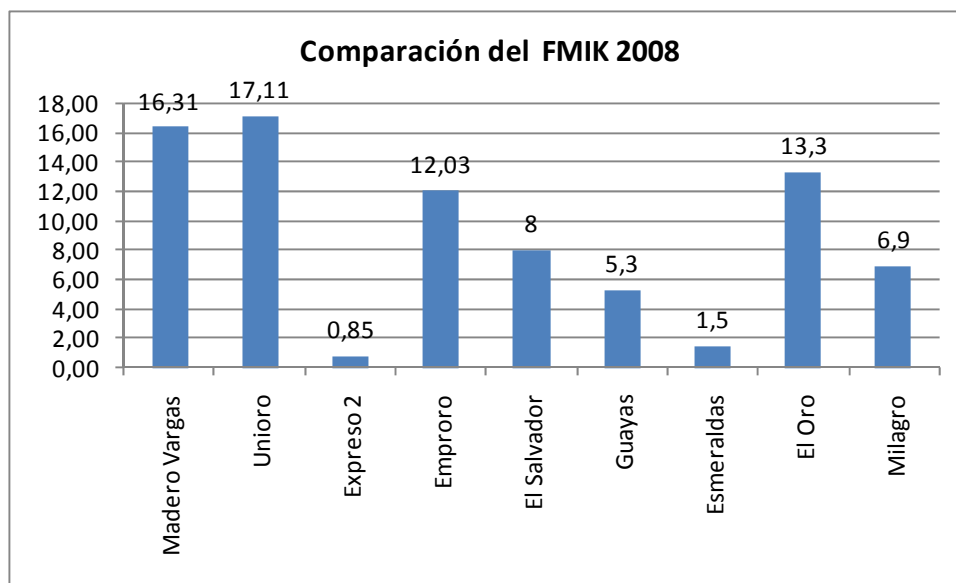
### 2.7.4 Comparación de los índices TTIK y FMIK desde el 2002 al 2008



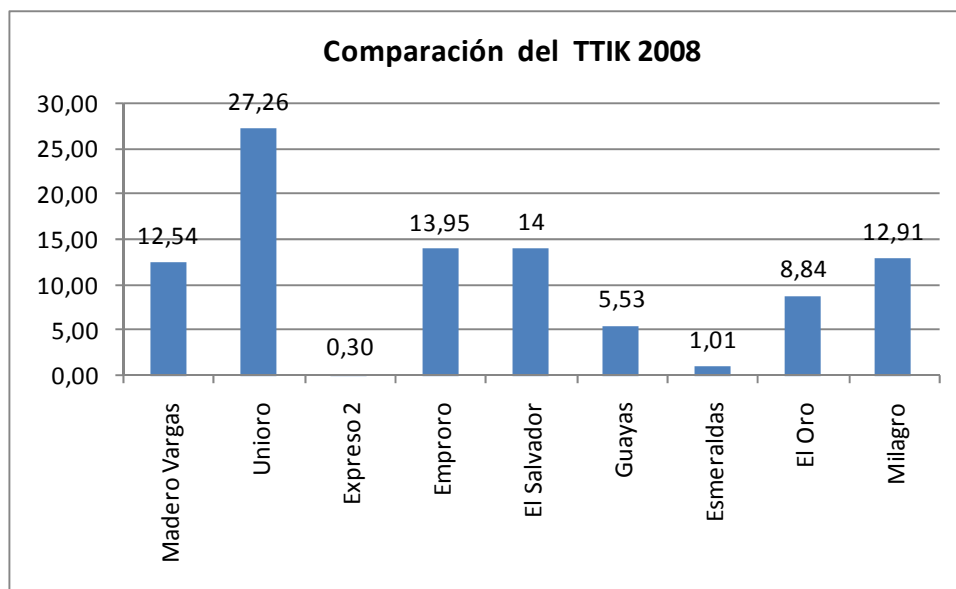
**Gráfico 2.54** Comparación de Índices de Confiabilidad TTIK 2002-2008



**Gráfico 2.55** Comparación de Índices de Confiabilidad FMIK 2002-2008



**Gráfico 2.56** Comparación de Índices de Confiabilidad FMIK (2008)



**Gráfico 2.57** Comparación de Índices de Confiabilidad TTIK (2008)



# **CAPITULO 3**

## **3 REDISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO**

Para la evaluación de cuál es la mejor opción de las que proponemos debemos mostrar el estado actual de los índices internacionales del sistema primario (caso base) de la alimentadora Machala y comparar los índices que resultan de nuestras propuestas uno y dos. Al final se elegirá la mejor opción basados en la reducción de los valores de los Índices y de la energía no suplida.

### **3.1 Determinación de los parámetros de diseño de la Subestación Eléctrica Machala**

Los parámetros de diseño para nuestro sistema de distribución son las tasas de fallas, tiempos de restauración y duración de la salida de servicio.

Las tasas de fallas fueron calculadas para cada uno de las alimentadoras de la subestación, en base a los datos históricos registrados por la Empresa. Los resultados se muestran en la tabla 2.10.

Para el cálculo del tiempo de duración de la salida de servicio, hay varios factores que influyen, por ejemplo: tiempo de armado de la cuadrilla, zona en que se produjo la falla, tipo de alimentador, tiempos en que la cuadrilla de reparación repara y restablece el servicio eléctrico; se estimaron los tiempos de la duración de la salida de servicio y se los muestra en la tabla 2.11.

### **3.2 Rediseño del sistema de protecciones basadas en la Calidad del Servicio de la Subestación Eléctrica Machala**

Como ya se lo había mencionado antes, la protección para las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala no estaban debidamente coordinadas. En el capítulo 2, numeral 2.6.3; se realizó una propuesta para la coordinación de las protecciones de las alimentadoras. Los resultados para cada alimentadora de la subestación, se muestran en las tablas 2.24, 2.25 y 2.26.

### **3.3 Resultados del rediseño por alimentadora de la Subestación Eléctrica Machala**

#### **3.3.1 Presentación de los resultados de los índices de confiabilidad**

##### **Caso Base**

El caso base muestra los índices actuales de las alimentadoras M. Vargas, Unono, Expreso 2 y Emproro.

<b>Subestación Machala (Caso Base)</b>				
<b>Índices</b>	<b>Alimentadora M. Vargas</b>	<b>Alimentadora Unioro</b>	<b>Alimentadora Expreso 2</b>	<b>Alimentadora Emproro</b>
<b>SAIFI</b>	4,09	3,16	2,04	8,82
<b>SAIDI</b>	7,50	3,35	1,95	6,76
<b>CAIDI</b>	1,83	1,06	0,96	0,77
<b>ASAI</b>	0,9991434	0,9996178	0,9997774	0,999227891
<b>ASUI</b>	0,0008566	0,0003822	0,0002226	0,000772109
<b>ENS</b>	36590,49	9038,99	2237,12	39278,77

**Tabla 3.1** Resumen de Índices de Confiabilidad (Caso Base)

### Caso Uno

Para este caso implementamos fusibles en cada ramal con carga y usuarios significativos del modelo actual de el sistema (caso base). En los Anexo I, I1, I2, I3 se muestra el Diagrama de Confiabilidad utilizado para el cálculo de de estos índices para cada una de las alimentadoras.

Obtuvimos los siguientes resultados:

<b>Subestación Machala (Caso 1)</b>				
<b>Índice</b>	<b>Alimentador M. Vargas</b>	<b>Alimentador Unioro</b>	<b>Alimentador Expreso 2</b>	<b>Alimentador Emproro</b>
<b>SAIFI</b>	2,18	2,91	1,87	8,42
<b>SAIDI</b>	3,35	3,00	1,71	6,22
<b>CAIDI</b>	1,54	1,03	0,92	0,74
<b>ASAI</b>	0,9996173	0,9996573	0,9998044	0,99928968
<b>ASUI</b>	0,0003827	0,0003427	0,0001956	0,00071032
<b>ENS</b>	16344,50	8100,54	1874,48	37361,31

**Tabla 3.2** Resumen de Índices de Confiabilidad (Caso Uno)

## Caso Dos

En este caso implementamos seccionamientos en algunos de los tramos de la troncal aprovechando el Hecho que ya existe la infraestructura para hacer transferencia de carga. En los Anexo J, J1, J2, J3 se muestra el Diagrama de Confiabilidad utilizado para el cálculo de de estos índices para cada una de las alimentadoras.

<b>Subestación Machala (Caso 2)</b>				
<b>Índice</b>	<b>Alimentador M. Vargas</b>	<b>Alimentador Unioro</b>	<b>Alimentador Expreso 2</b>	<b>Alimentador Emproro</b>
<b>SAIFI</b>	2,18	2,91	1,87	8,42
<b>SAIDI</b>	2,96	2,84	1,78	5,90
<b>CAIDI</b>	1,36	0,98	0,95	0,70
<b>ASAI</b>	0,9996618	0,9996755	1,00	1,00
<b>ASUI</b>	0,0003382	0,0003245	0,00	0,00
<b>ENS</b>	14444,74	7679,68	1944,41	35954,26

**Tabla 3.3** Resumen de Índices de Confiabilidad (Caso Dos)

### 3.3.2 Presentación de los resultados de los costos de rediseño

Para el estudio económico se usaran parámetros involucrados con el cálculo de los índices de confiabilidad, así como los precios de los dispositivos que se proponen para la mejora en la Calidad del Servicio Técnico.

El método a utilizarse será Costo vs. Beneficio. Se utilizará la siguiente ecuación para determinar el costo de cada una de las propuestas para cada alimentadora:

$$C_T = \sum_i Cl_i \lambda_i L_i + \sum_i Ce_i E_i + Ceu \sum_i E_i + Cr$$

**Donde:**

$i$  =  $i$ -ésimo punto de carga o consumidor.

$Cl_i$  = Costo al consumidor por kW de carga desconectada.

$Ce_i$  = Costo al consumidor por kWh no suplida.

$Ceu$  = Pérdida de ingreso por kWh no suplida.

$L_i$  = Carga desconectada.

$E_i$  = Energía no suplida.

$Cr$  = Costo de la mejora.

El costo al consumidor por kW de carga desconectada ( $C_{l_i}$ ) es de \$ 0,7 y el costo al consumidor por kWh no suplida ( $C_{e_i}$ ) es de \$1,4.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para cada alternativa en el año 2008; así como la reducción de pérdidas en dólares de la empresa distribuidora:

<b>Análisis de Costos - Beneficios (\$)</b>			
<b>Alimentadora</b>	<b>Caso Base</b>	<b>Caso Uno</b>	<b>Caso Dos</b>
<b>M. Vargas</b>	268595,1557	119977,9698	<b>106032,688</b>
<b>Unioro</b>	37289,70291	33418,20997	31681,9884
<b>Expreso2</b>	2817,278037	2458,946827	2550,68879
<b>Emproro</b>	350479,1903	333369,9194	320815,025
<b>Costo Total</b>	<b>659181,327</b>	<b>489225,0459</b>	<b>461080,39</b>

**Tabla3.4** Análisis de Costos - Beneficios

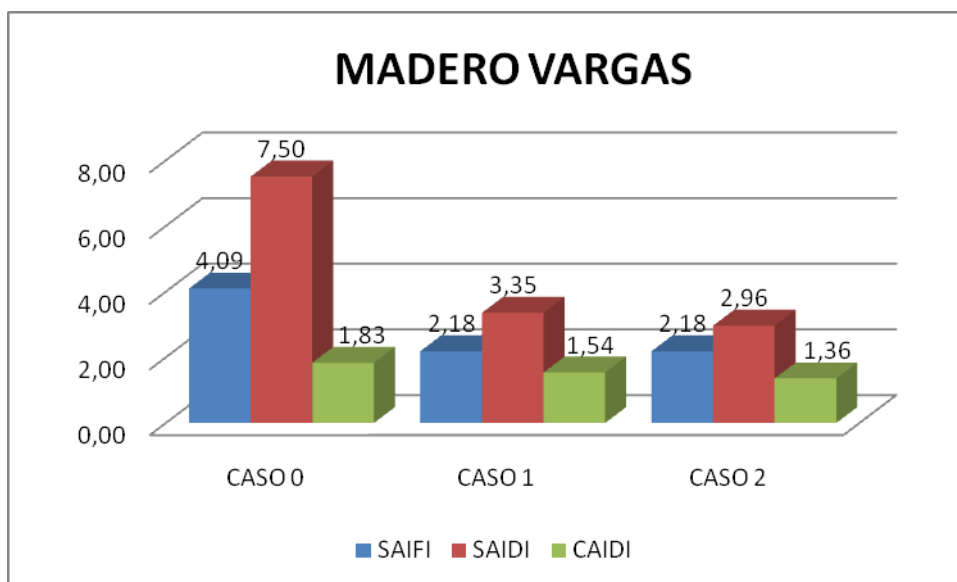
### **3.4 Análisis de resultados por alimentadora de la Subestación Eléctrica**

#### **Machala**

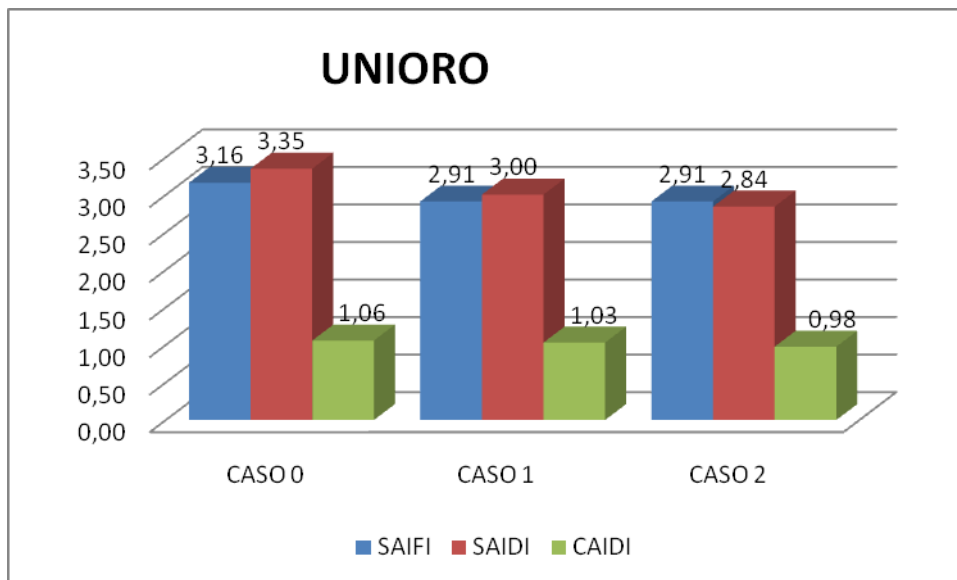
De los resultados mostrados anteriormente, se deberán escoger las opciones que satisfagan tanto a la empresa distribuidora como a los abonados de ella. Se debe tener en cuenta que la opción a escoger deberá presentar índices de confiabilidad con valores cercanos a los típicos y con menor cantidad de Energía no suplida.

### 3.4.1 Análisis de los índices de confiabilidad por alimentadora

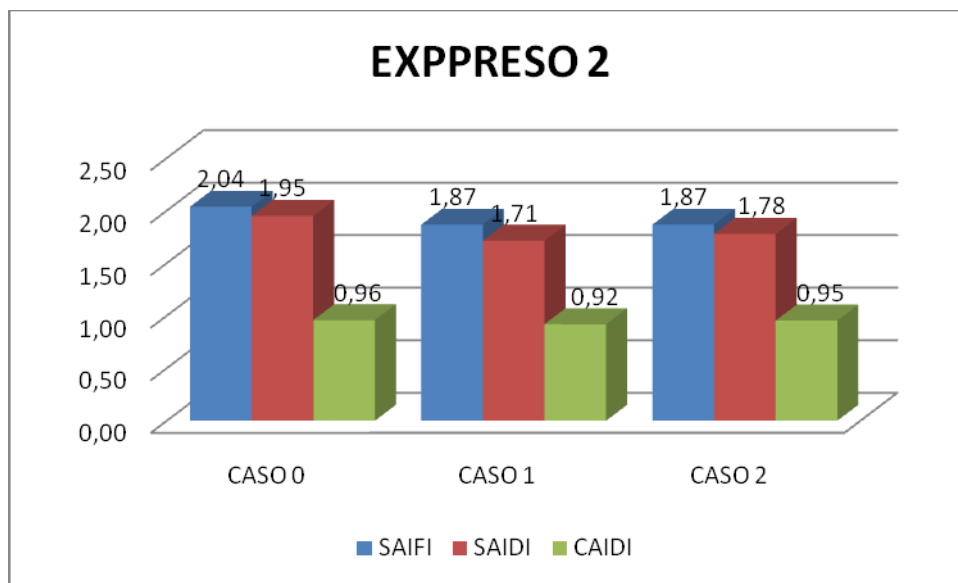
Ahora mostramos los gráficos de los tres casos analizados por alimentadora:



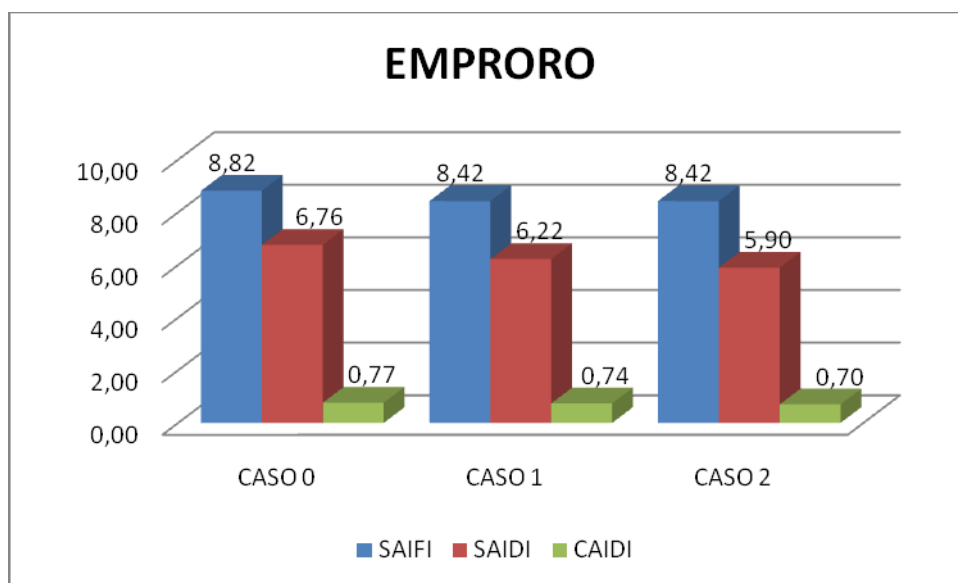
**Gráfico 3.1** Comparación de Índices de Confiabilidad Alimentador madero Vargas



**Gráfico 3.2** Comparación de Índices de Confiabilidad Alimentador Unioro



**Gráfico 3.3** Comparación de Índices de Confiabilidad Alimentador Expreso 2

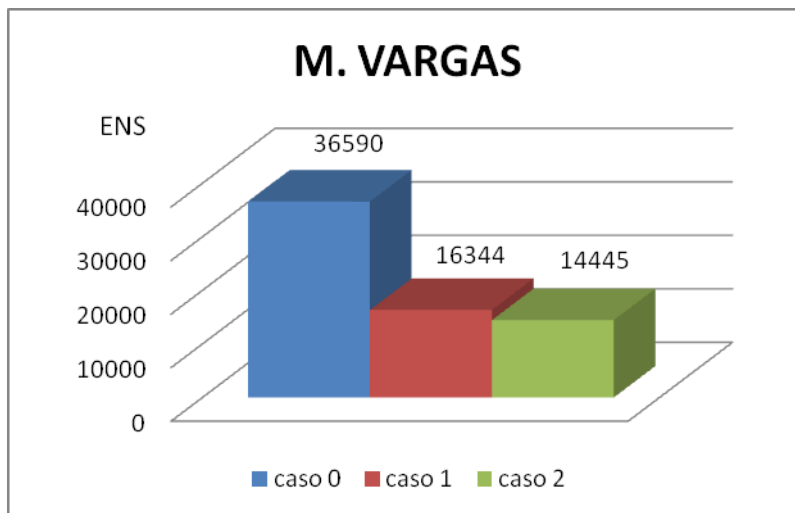


**Gráfico 3.4** Comparación de Índices de Confiabilidad Alimentador Emproro

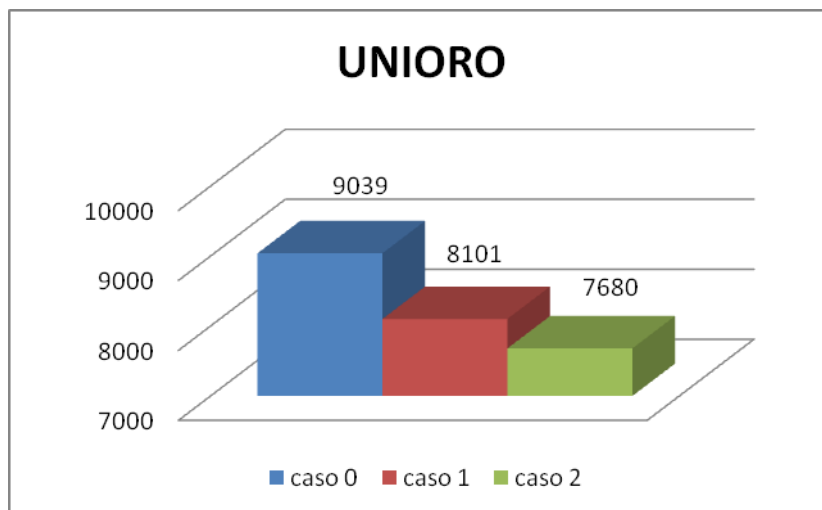
Otro aspecto importante es la comparación de la energía no suplida por la empresa distribuidora.



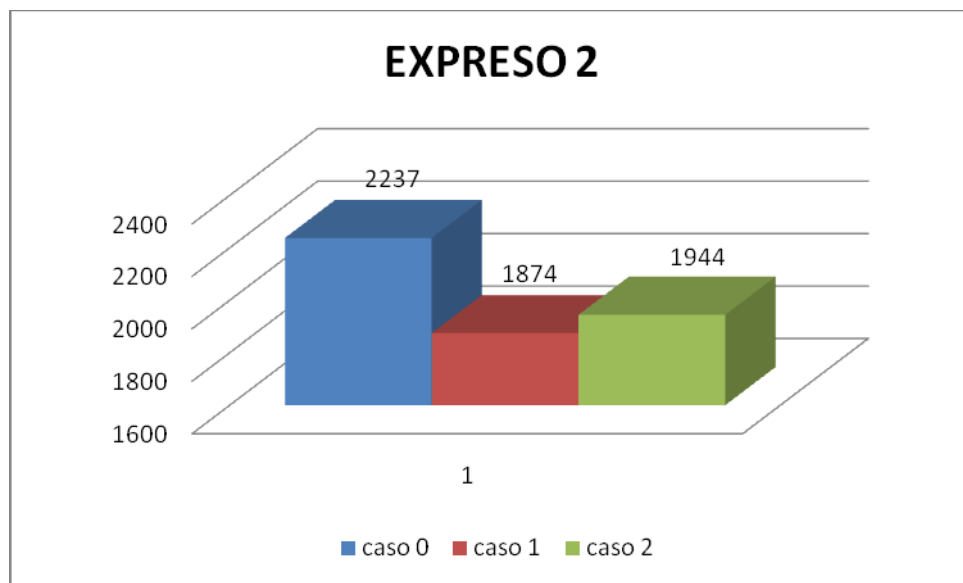
Aquí se presenta gráficamente la diferencia del caso base y los caso 1 y 2 que proponemos.



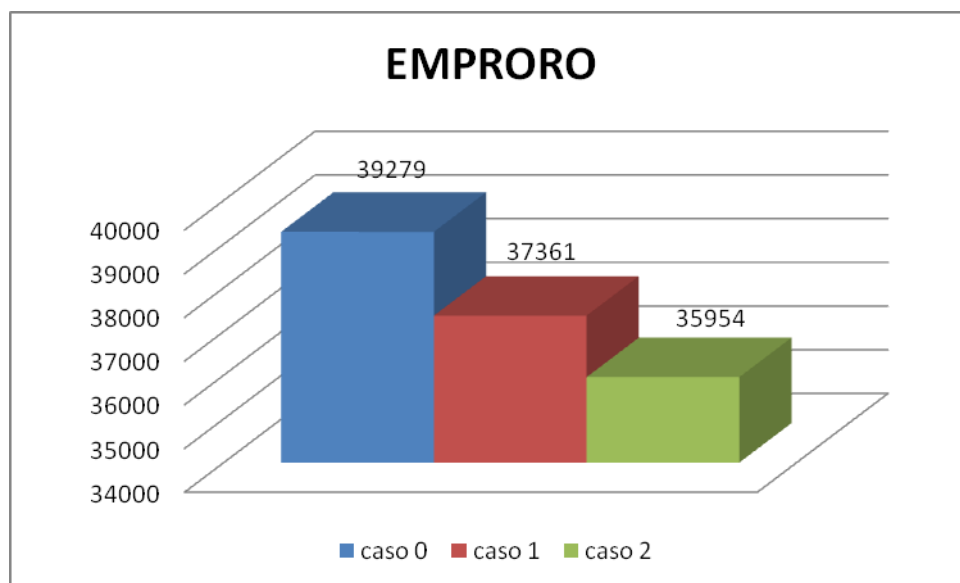
**Gráfico 3.5** Comparación de Índice de Confiabilidad ENS Alimentador Madero Vargas



**Gráfico 3.6** Comparación de Índice de Confiabilidad ENS Alimentador Unioro



**Gráfico 3.7** Comparación de Índice de Confiabilidad ENS Alimentador Expreso2



**Gráfico 3.8** Comparación de Índice de Confiabilidad ENS Alimentador Emproro

Se puede ver claramente que los casos 1 y 2 que proponemos, mejoran los índices de confiabilidad internacionales y disminuyen la energía no suplida por la empresa distribuidora que se traducen en pérdidas para la misma.

### 3.4.2 Análisis Económico de los casos o alternativas presentadas

De la tabla 3.4 escogimos las opciones sombreadas en la tabla 3.4. La tabla de resumen con las mejores opciones propuestas queda de la siguiente forma:

<b>Reducción de Pérdidas en USD.</b>	
<b>Madero Vargas</b>	106032,688
<b>Unioro</b>	33418,20997
<b>Expreso 2</b>	2458,946827
<b>Emproro</b>	320815,025
<b>Total Ct</b>	462724,8698

**Tabla3.5** Reducción de Pérdidas en dólares

La reducción de las pérdidas en dólares se dio mediante la elección de entre los casos propuestos que nos dieron menos pérdidas de energía, USD y que disminuyeron más los índices.

Las siguientes tablas muestran las inversiones propuestas por alimentadora:

<b>Madero Vargas</b>			
<b>Concentración</b>	<b>Detalle</b>	<b>fases</b>	<b>Precio</b>
<b>B</b>	Fusible 6k + MANO DE OBRA	1	\$ 141,20
<b>C</b>	Fusible 6k + MANO DE OBRA	2	\$ 282,40
<b>E</b>	Fusible 8k + MANO DE OBRA	1	\$ 141,30
<b>L</b>	Fusible 8k + MANO DE OBRA	3	\$ 423,90
<b>N</b>	Fusible 6k + MANO DE OBRA	3	\$ 423,60
<b>S</b>	Fusible 6k + MANO DE OBRA	2	\$ 282,40
<b>Y</b>	Fusible 6k + MANO DE OBRA	3	\$ 423,60
<b>Z</b>	Fusible 6k + MANO DE OBRA	3	\$ 423,60
<b>5</b>	Seccionador 15 KV, 100 a + MANO DE OBRA	3	\$ 824,34
<b>11</b>	Seccionador 15 KV, 100 a + MANO DE OBRA	3	\$ 824,34
		<b>Total</b>	<b>\$ 4.190,68</b>

**Tabla3.6** Inversión para alimentadora Madero Vargas

<b>Unioro</b>			
<b>Concentración</b>	<b>Detalle</b>	<b>fases</b>	<b>Precio</b>
J	Fusible 6k	1	\$ 141,20
		<b>Total</b>	<b>\$ 141,20</b>

**Tabla3.7** Inversión para Alimentador Unioro

<b>Expreso 2</b>			
<b>Concentración</b>	<b>Detalle</b>	<b>fases</b>	<b>Precio</b>
D	Fusible 6k	3	\$ 423,60
		<b>Total</b>	<b>\$ 423,60</b>

**Tabla3.8** Inversión para Alimentador Expreso2

<b>Emproro</b>			
<b>Concentración</b>	<b>Detalle</b>	<b>fases</b>	<b>Precio</b>
<b>P</b>	Fusible 6k	3	\$ 423,60
<b>T</b>	Fusible 6k	1	\$ 141,20
<b>U</b>	Fusible 6k	2	\$ 282,40
<b>V</b>	Fusible 6k	3	\$ 423,60
<b>9 al 16</b>	Mover un fusible del punto 9 al 16	3	\$ 24,00
		<b>Total</b>	<b>\$ 871,20</b>

**Tabla 3.9** Inversión para Alimentador Emproro

<b>Caso total</b>		
<b>Alimentadora</b>	<b>Mejora</b>	<b>Precio (\$)</b>
<b>M. Vargas</b>	8 fusibles + 2 seccionadores 3 $\Phi$ con todo	4190,68
<b>Uniro</b>	1 fusible con todo	141,2
<b>Expreso 2</b>	1 fusible con todo	423,6
<b>Emproro</b>	4 fusibles + 2 seccionadores 3 $\Phi$ solo mano de obra	871,2
	<b>Total inversión</b>	<b>5626,68</b>

**Tabla 3.10** Caso total

El desglose de los costos se presenta en las tablas siguientes.

<b>FUSIBLES</b>				
<b>FUSIBLES</b>	<b>TIRA FUSIBLE</b>	<b>CAJA</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>TOTAL</b>
<b>6 K</b>	\$ 1,20	\$ 65	\$ 75	\$ 141,20
<b>8K</b>	\$ 1,30	\$ 65	\$ 75	\$ 141,30
<b>10 K</b>	\$ 1,50	\$ 65	\$ 75	\$ 141,50
<b>15 K</b>	\$ 1,80	\$ 65	\$ 75	\$ 141,80
<b>25 K</b>	\$ 1,80	\$ 65	\$ 75	\$ 141,80
<b>40 K</b>	\$ 2,00	\$ 65	\$ 75	\$ 142,00
<b>65 K</b>	\$ 2,50	\$ 65	\$ 75	\$ 142,50
<b>100 K</b>	\$ 3,50	\$ 65	\$ 75	\$ 143,50
<b>140 K</b>	\$ 6,80	\$ 65	\$ 75	\$ 146,80
<b>200 K</b>	\$ 11,50	\$ 65	\$ 75	\$ 151,50

**Tabla3.11** desglose de los costos

<b>SECCIONADOR DE TRANSFERENCIA</b>	<b>PRECIO</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>TOTAL</b>
<b>TRANSFERENCIA MANUAL</b>	\$ 7.110,00	\$ 250	\$ 7.360,00

**Tabla3.12** desglose de los costos

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Seccionadores 15 KV 100A, Estándar</b>	\$ 272,28	\$ 2,5	\$ 274,78

**Tabla3.13** desglose de los costos

De los datos en tablas presentados anteriormente, se ha tomado las opciones menos costosas de elementos para mejorar el sistema, es así que

para Emproro, proponemos mover uno de los elementos de seccionamiento del punto 9 de la troncal al punto 16 de la troncal y así ahorrar material y pagar únicamente el valor de instalación del seccionador reubicado. Así mismo para las demás alimentadoras tratado de aprovechar los dispositivos ya instalados para transmisión.

La inversión total propuesta a pagarse a un año plazo es de 5626,68 USD para reducir la energía no suplida de 87055,88437 KW/año con un costo de 659181,327 USD dólares por año a solamente 60374 KW/año con un costo de 462724,8698 USD.

Por otro lado, se redujo el Ca (Costo de energía no suplida por consumidor) de 58,05 USD al año a 40,80 USD al año.

Se podría reducir más los índices internacionales de confiabilidad pero los precios de inversión serían muy altos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de realizar los estudios técnicos y económicos para la Subestación Machala, podemos concluir:

1. La reducción de pérdidas económicas es un punto clave que debe ser tomado en cuenta y usarlo para tomar las decisiones en cuanto a la implementación de nuevas protecciones para los sistemas de distribución.
2. Para la alimentadora Madero Vargas, se debe realizar la implementación de las mejoras en el sistema de protecciones propuestas en el caso dos. Realizando una inversión de USD\$ 4,190 se logra reducir las pérdidas por energía no suplida en USD\$ 162,563.
3. Para la alimentadora Unioro, se debe realizar la implementación de las mejoras en el sistema de protecciones propuestas en el caso uno. Realizando una inversión de USD\$ 141 se logra reducir las pérdidas por energía no suplida en USD\$ 3,871.
4. Para la alimentadora Expreso2, se deben realizar implementaciones de las mejoras en el sistema de protecciones propuestas en el caso uno. Realizando una inversión de USD\$ 423 se logra reducir las pérdidas por energía no suplida en USD\$ 359; aunque en el primer año luego de la implementación de las mejoras no se vea reflejada la reducción.



5. Para la alimentadora Emproro, se debe realizar la implementación de las mejoras en el sistema de protecciones propuestas en el caso dos. Realizando una inversión de USD\$ 871 se logra reducir las pérdidas por energía no suplida en USD\$ 29,664.
6. En cuanto al nivel de voltaje y compensación de potencia reactiva, no es necesario instalar bancos de capacitores en ninguna de las alimentadoras. El nivel de voltaje está dentro de los límites permitidos según la reglamentación del CONELEC.
7. En cuanto a la cargabilidad de las líneas, no existe ninguna sobrecarga y según el factor de utilización la única fase que podría estar un poco cargada es la fase B del circuito alimentador Unioro con un Factor de Utilización de 84%.
8. El máximo desbalance de corriente se dio en el mes de Abril en todas las alimentadoras excepto Madero Vargas que disminuyó en 1.80 %.
9. Los valores calculados de los índices FMIK y TTIK para los años 2002 al 2006, no están dentro de los límites establecidos por la regulación del CONELEC. En los años 2007 y 2008; disminuyeron acercándose a los valores límites permitidos, pero aun fuera de estos. Este hecho es atribuido a los cambios realizados en la potencia instalada.

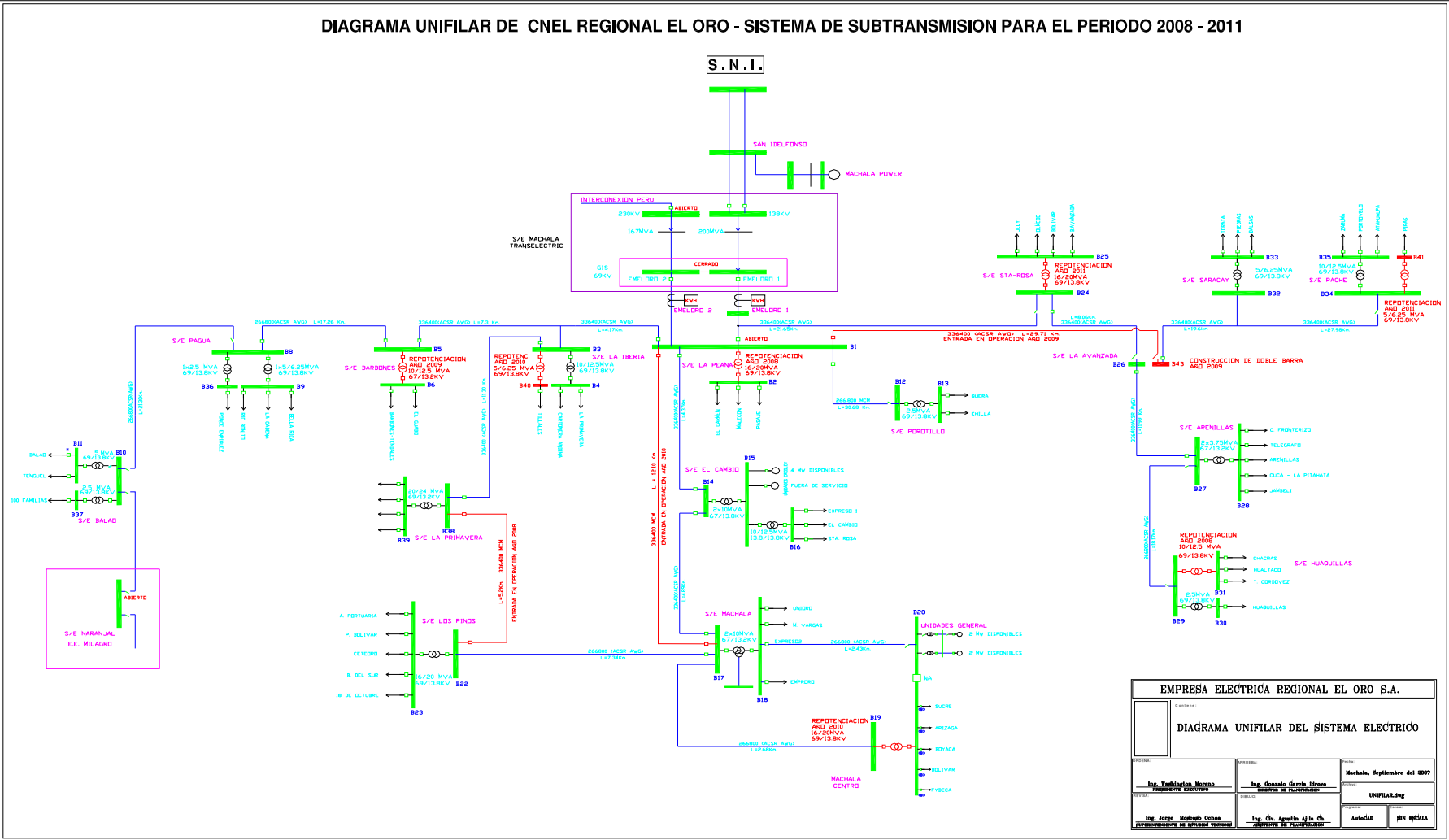
10. En cuanto a la estadística de fallas por año, se nota un aumento considerable en el número de interrupciones cuando se incluyen las fallas de los transformadores de distribución y sus componentes (fusibles, puente, crucetas, etc.).

Se puede recomendar lo siguiente:

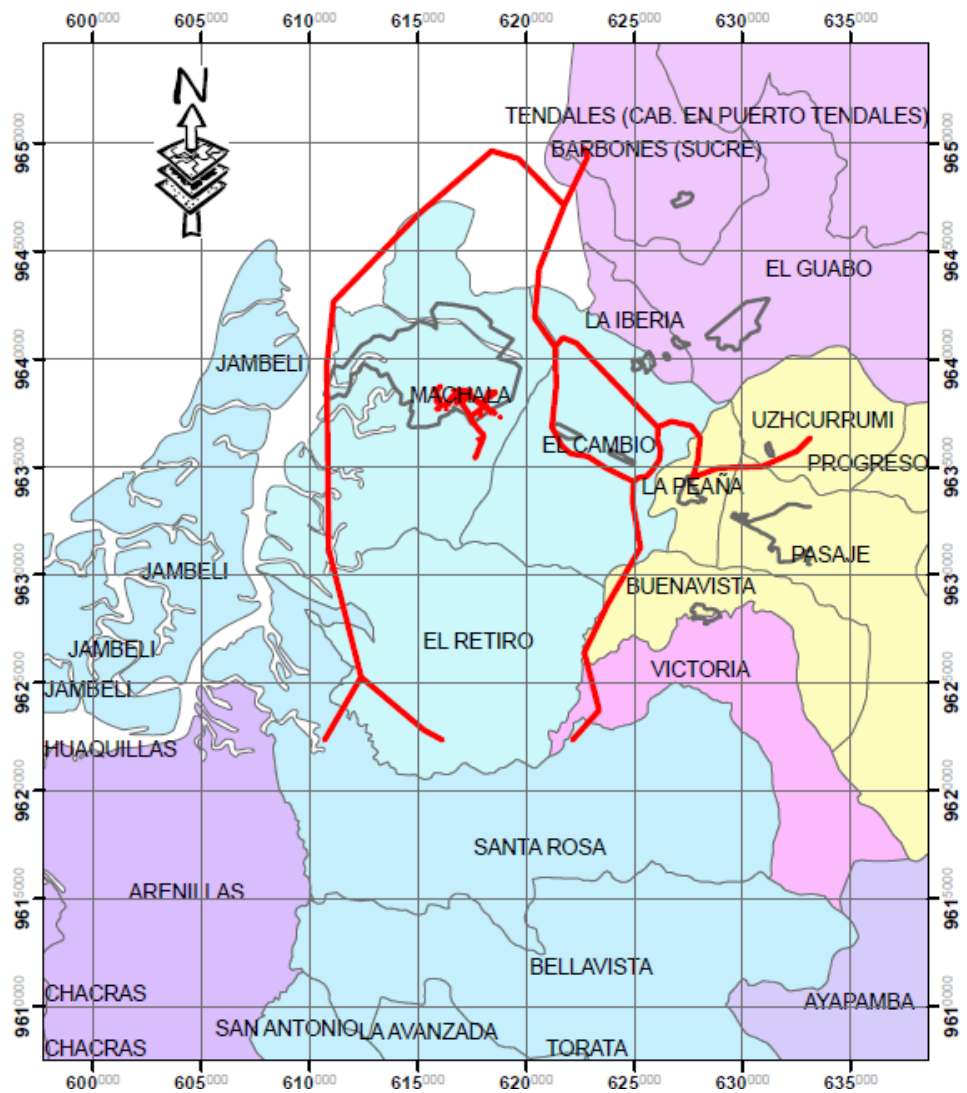
1. Realizar con más frecuencia el mantenimiento preventivo a los transformadores de distribución.
2. Cambiar los fusibles por seccionadores, en los puntos donde se realizan los seccionamientos de las alimentadoras.

# ANEXO A. Área de Concesión de CNEL Regional El Oro

DIAGRAMA UNIFILAR DE CNEL REGIONAL EL ORO - SISTEMA DE SUBTRANSMISION PARA EL PERIODO 2008 - 2011



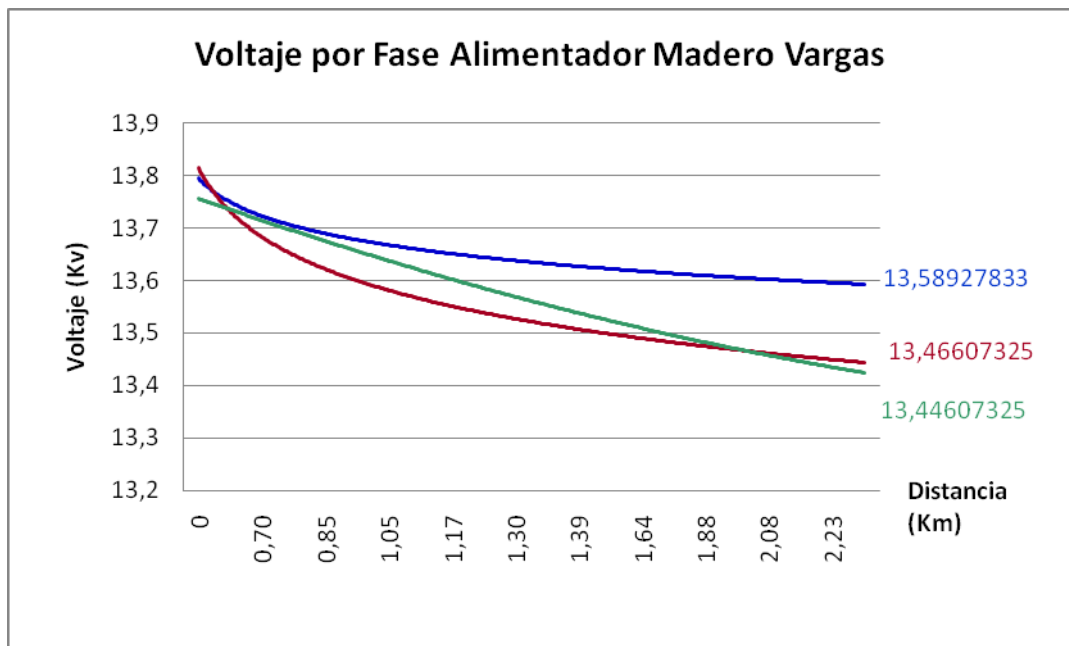
## ANEXO B. Ubicación geográfica de la Subestación Machala



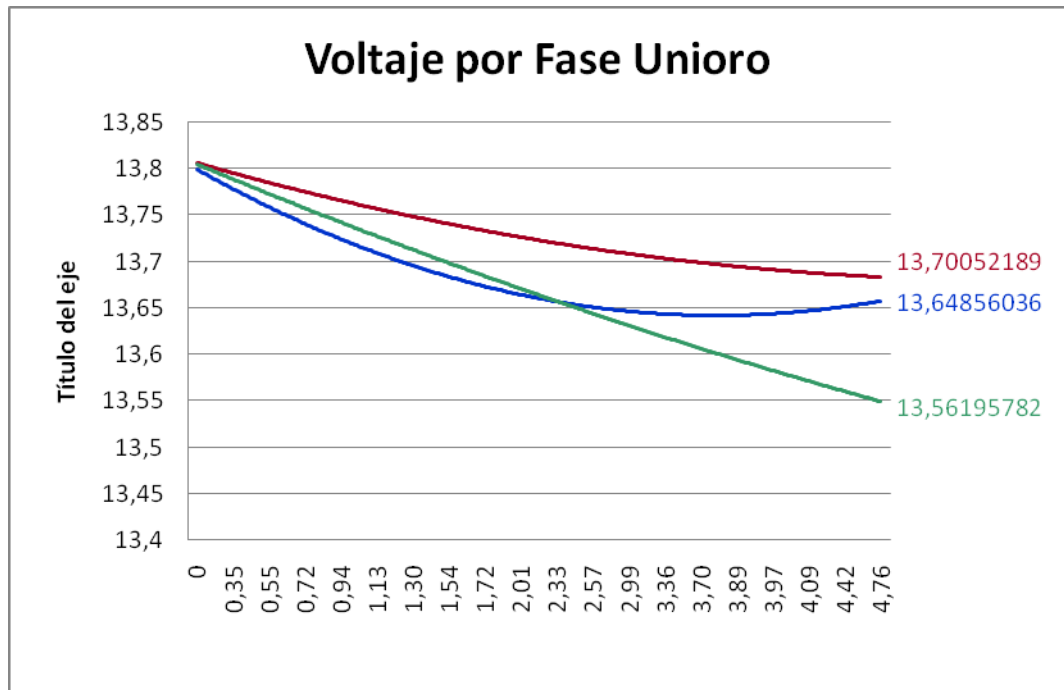
**ANEXO C.** Tabla de voltaje por fase al final de cada alimentador usando capacitores

Voltaje por Fase al final de cada Alimentador				
Fases	Madero Vargas	Unioro	Expreso 2	Emproro
<b>A</b>	13,59	13,65	13,34	13.40
<b>B</b>	13,47	13,70	13,61	13.55
<b>C</b>	13,45	13,56	13,34	13.57

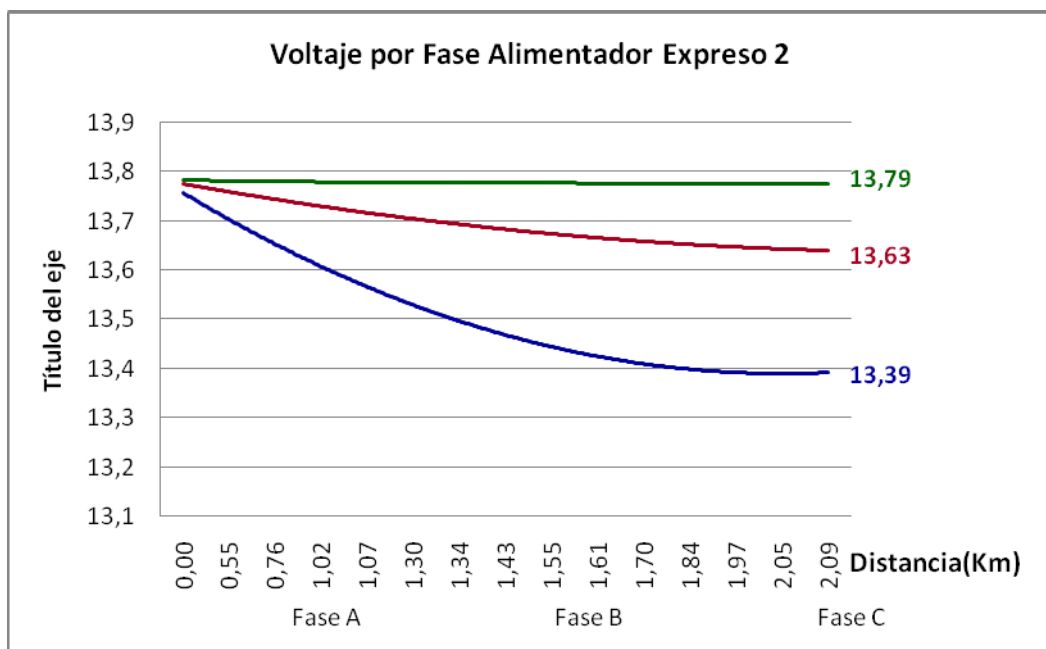
**ANEXO C1.** Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Madero Vargas



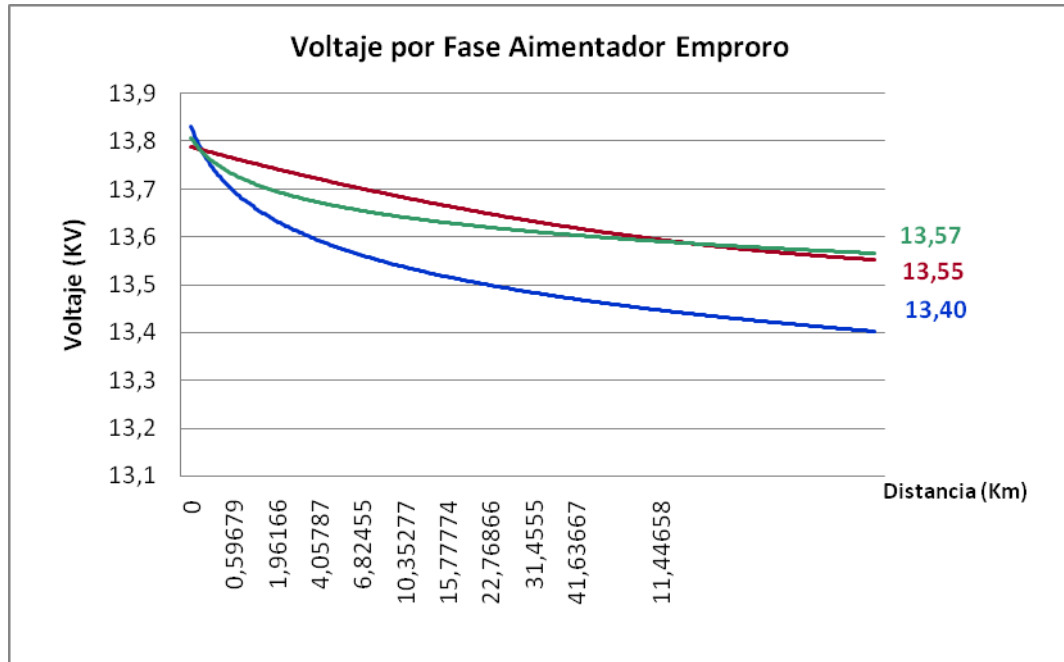
**ANEXO C2.** Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Unioro



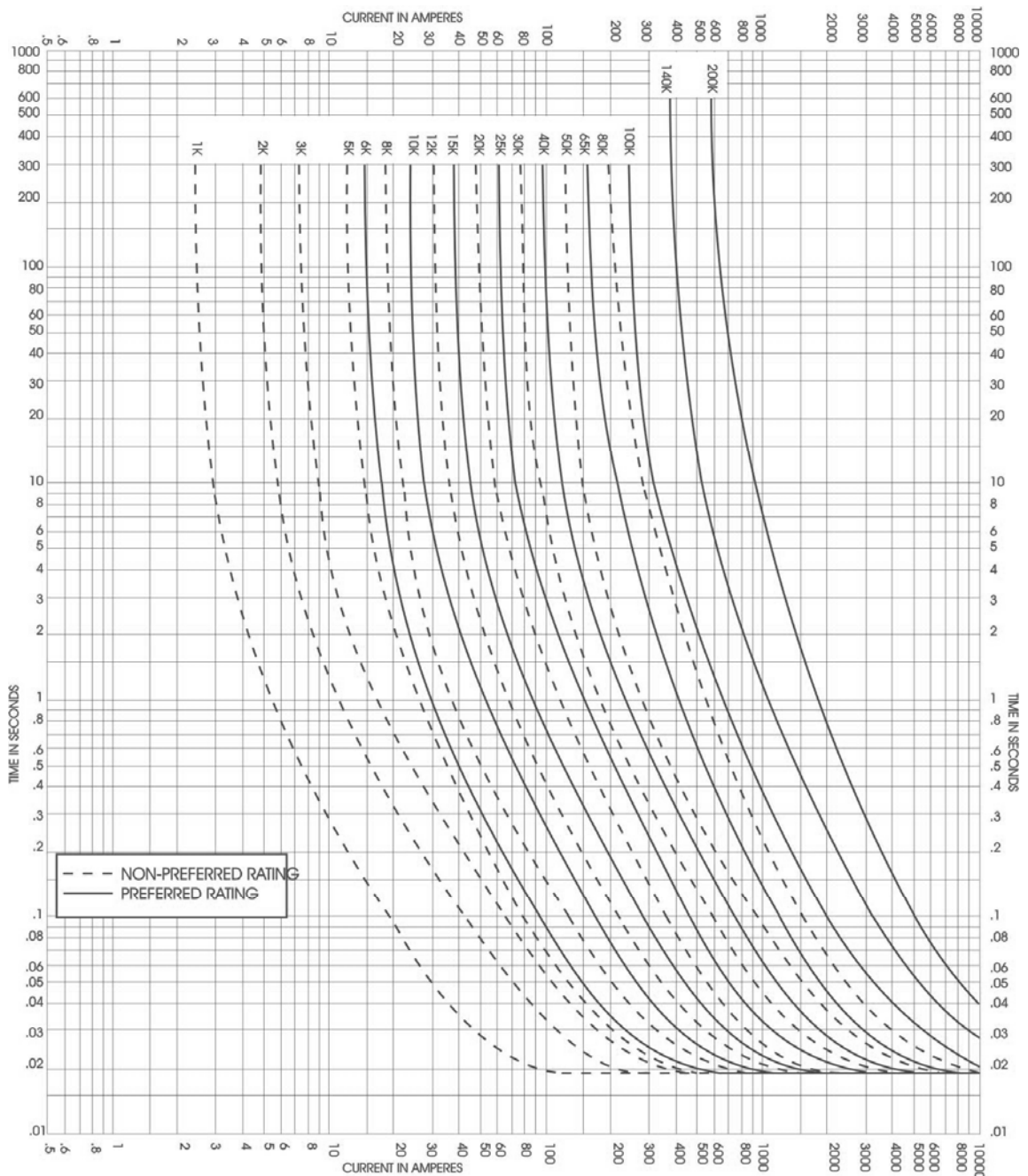
**ANEXO C3.** Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Expreso2



**ANEXO C4.** Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Emproro



## ANEXO D. Curva de tiempo de despeje máximo de los fusibles tipo K



TOTAL CLEARING TIME CURRENT CHARACTERISTIC CURVES

Curves of EF fuse links Basis for data: ANSI/IEEE C 37.41 and ANSI/IEEE C 37.42. Tests at rated Volts a.c., starting at 23°C with no initial load. Maximum test points plotted so variations should be minus.

TYPE K

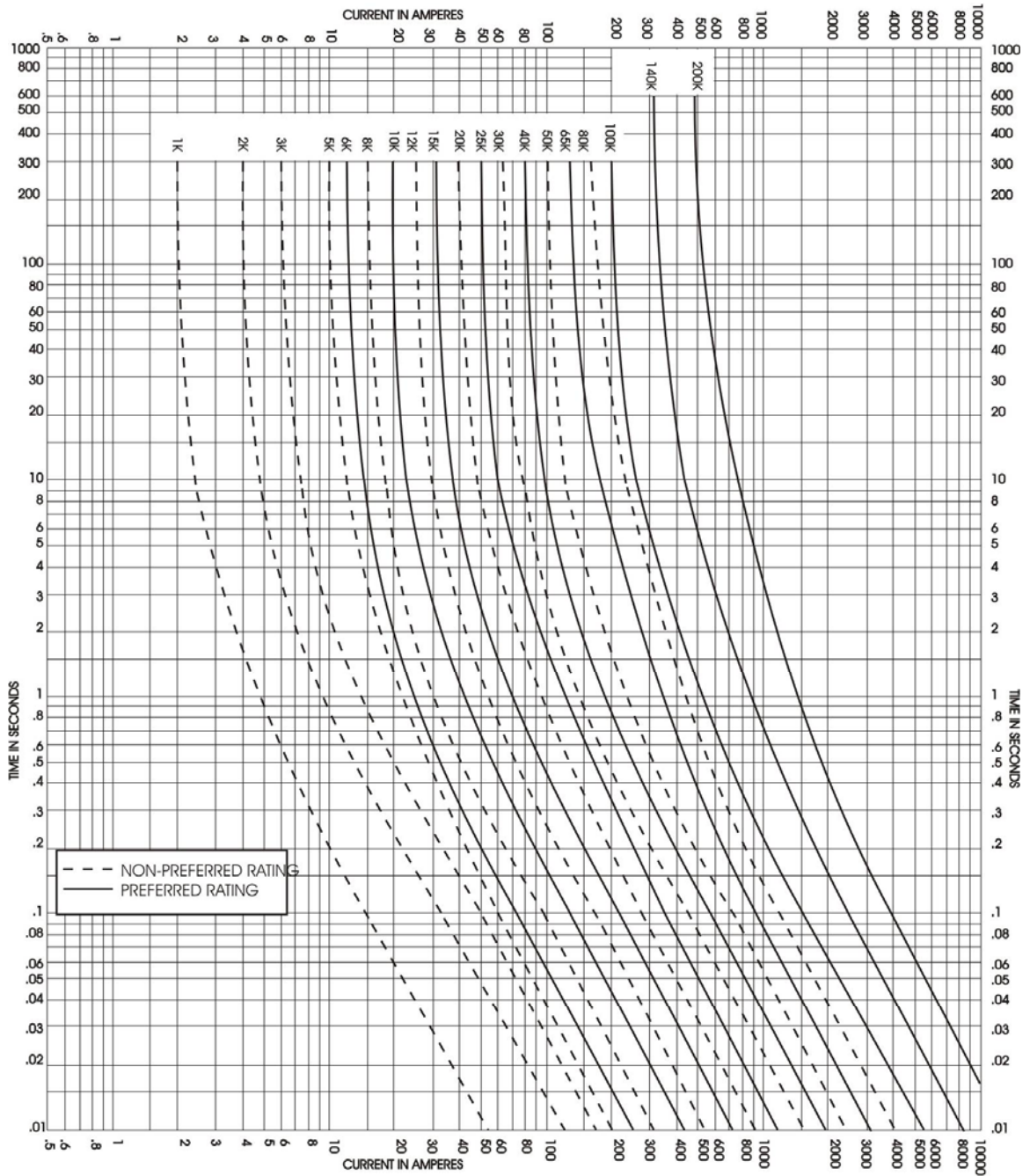


August 1996

TCC28-02  
page 2



# ANEXO D1. Curva de Tiempo de Fusión Mínima de los Fusibles tipo K



## MINIMUM MELTING TIME CURRENT CHARACTERISTIC CURVES

Curves of EF fuse links. Basis for data: ANSI/IEEE C 37.41 and ANSI/IEEE C 37.42. Tests at low Volts a.c., starting at 23°C with no initial load. Minimum test points plotted so variations should be plus.

TYPE K



August 1996

TCC28-02  
page 1

## ANEXO D2. Coordinación entre Fusibles tipo K

Coordinación entre fusibles tipo K (EEI-NEMA).														
Rango del fusible de protección I nominal	Fusible protegido (amperios) I nominal													
	8 K	10 K	12 K	14 K	20 K	25 K	30 K	40 K	50 K	65 K	80 K	100 K	140 K	200 K
Corriente máxima de falla a la cual B protege a A														
6 k	190	350	510	650	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200	
8 k		210	440	650	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200	
10 k			300	540	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200	
12 k				320	710	1050	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200	
15 k					430	870	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200	
20 k						500	1100	1700	2200	2800	3900	5800	9200	
25 k							660	1350	2200	2800	3900	5800	9200	
30 k								850	1700	2800	3900	5800	9200	
40 k									1100	2200	3900	5800	9200	
50 k										1450	3500	5800	9200	
65 k											2400	5800	9200	
80 k												4500	9200	
100 k												2000	9100	
140 k													4000	

## ANEXO D3. Capacidad de los Fusibles tipo K

Capacidad continua de corriente de fusibles de distribución tipos K, T, H, y N de estaño							
Fusible de Alta descarga	Corriente continua (A)	N° Nominal		EEI-NEMA K o T Nominal	Corriente continua (A)	EEI-NEMA K o T Nominal	Corriente continua (A)
1 H	1	25	25	6	9	40	60*
2 H	2	30	30	8	12	50	75*
3 H	3	40	40	10	15	65	95
5 H	5	50	50	12	18	80	120+
8 H	8	60	60	15	23	100	150+
		75	75	20	30	140	190
N° Nominal		85	85	25	38	200	200
5	5	100	100	30	45		
8	8	125	125				
10	10	150	150				
15	15	200	200				
20	20						

\* Solo cuando es usado en cortacircuitos de 100 o 200 A.  
+ Solo cuando es usado en cortacircuitos de 200 A.  
Limitado por corriente de régimen continuo del cortacircuito.

## ANEXO E. Información de interrupciones de alimentadora Madero Vargas

Fecha Superación Interrupción	Tiempo de interrupción	Duración de interrupción	Tipo de Falla	Punto de Transformación	Potencia Acumulada	Potencia Desconectada	Potencia Instalada	Carga Media Desconectada	Descripción Origen	Descripción Causa
30/01/2008 22:00	0:45	0,750	P	7751	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
31/01/2008 22:00	2:16	2,267	P	14135	75	75	13280	46,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
31/01/2008 22:39	1:33	1,550	P	15898	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	CONECTOR DE ACOMETIDA SULFATADO
02/01/2008 9:40	0:24	0,400	G	0	13280	13280	13280	1402,19	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
03/01/2008 9:05	1:18	1,300	P	7865	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	CONECTOR DE ACOMETIDA SULFATADO
03/01/2008 9:53	2:03	2,050	P	6060	75	75	13280	46,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
12/01/2008 20:25	2:25	2,417	P	16230	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
17/01/2008 20:30	0:30	0,500	P	14905	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
21/01/2008 10:45	2:15	2,250	P	17073	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
22/01/2008 11:00	0:45	0,750	P	6097	25	25	13280	15,5	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
01/02/2008 21:20	1:10	1,167	P	20365	75	75	13280	46,5	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
22/02/2008 23:58	1:01	1,017	P	14135	75	75	13280	46,5	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
22/02/2008 23:13	2:13	2,217	P	7858	25	25	13280	15,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
20/02/2008 9:30	0:30	0,500	P	16163	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
07/02/2008	1:00	1,000	P	15898	50	50	13280	31	NO PROGR.	ACTUÓ BREAKER DEL

9:00									RED	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
07/02/2008 22:32	0:32	0,533	P	15898	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
07/02/2008 19:17	10:14	10,233	P	15898	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
06/02/2008 22:07	0:39	0,650	P	15898	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
29/02/2008 21:00	1:19	1,317	P	7918	75	75	13280	46,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
13/03/2008 17:36	0:06	0,100	G	0	13280	13280	13280	3186,8	NO PROGR. RED	FALLA PUENTE EN MEDIA TENSÓN
26/03/2008 12:30	0:46	0,767	G	0	13280	13280	13280	3975,53	NO PROGR. RED	ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE A B C
03/03/2008 9:00	1:00	1,000	P	7846	75	75	13280	46,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
06/03/2008 11:20	2:05	2,083	P	17328	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
10/03/2008 13:14	1:02	1,033	P	6565	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
18/03/2008 10:00	0:55	0,917	P	7871	75	75	13280	46,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
19/03/2008 17:49	2:19	2,317	P	6326	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
20/03/2008 11:40	3:40	3,667	P	20669	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
26/03/2008 21:30	1:00	1,000	P	6133	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
29/03/2008 9:30	1:15	1,250	P	7074	75	75	13280	46,5	NO PROGR. RED	FUSIBLE EN AT QUEMADO
27/04/2008 11:46	1:00	1,000	P	6338	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
29/04/2008 21:37	0:08	0,133	P	7785	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
30/04/2008 11:00	2:05	2,083	P	6082	15	15	13280	9,3	NO PROGR. RED	FUSIBLE EN AT QUEMADO

02/04/2008 20:55	0:47	0,783	P	7250	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
02/04/2008 21:12	0:49	0,817	P	12824	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
02/04/2008 21:45	1:45	1,750	P	7814	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
07/04/2008 22:00	0:34	0,567	P	7064	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
08/04/2008 10:45	1:45	1,750	P	6118	75	75	13280	46,5	NO PROGR. RED	SECCIONADOR AVERIADO
08/04/2008 17:00	0:30	0,500	P	20365	75	75	13280	46,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
10/04/2008 20:30	0:30	0,500	P	6781	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
11/04/2008 20:00	1:26	1,433	P	20365	75	75	13280	46,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
18/04/2008 21:20	0:28	0,467	P	20365	75	75	13280	46,5	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
18/04/2008 21:28	0:20	0,333	P	7064	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
20/04/2008 21:50	0:13	0,217	P	14905	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
21/04/2008 10:54	2:54	2,900	P	7871	75	75	13280	46,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
23/04/2008 9:23	1:17	1,283	P	5762	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
24/04/2008 21:40	3:15	3,250	P	7858	25	25	13280	15,5	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
25/04/2008 17:00	0:30	0,500	P	15914	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
01/05/2008 14:11	0:46	0,767	G	0	13280	13280	13280	3497,51	NO PROGR. RED	AUTORECONEXIÓN (FALLA TRANSITORIA)
04/05/2008 8:10	0:30	0,500	G	0	13280	13280	13280	2382,13	NO PROGR. RED	ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE C
02/05/2008 17:10	1:25	1,417	P	7830	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA

02/05/2008 21:44	0:53	0,883	P	7064	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	FUSIBLE EN AT QUEMADO
16/05/2008 16:30	1:00	1,000	P	16230	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	FALLA PUENTE EN MEDIA TENSIÓN
25/05/2008 16:20	0:20	0,333	P	6841	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
16/06/2008 0:50	1:10	1,167	G	0	13280	13280	13280	3903,83	NO PROGR. RED	ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE A B C
15/07/2008 21:00	0:08	0,133	G	0	13280	13280	13280	4166,74	PROGR. POR MANT.	CAMBIO DE PUENTES MV
22/07/2008 21:00	0:07	0,117	G	0	13280	13280	13280	4413,72	PROGR. POR MANT.	CAMBIO DE SECCIONADOR
23/07/2008 7:35	2:59	2,983	G	0	13280	13280	13280	3051,36	NO PROGR. RED	ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE C
12/09/2008 14:00	2:15	2,250	G	0	13280	13280	13280	3417,84	PROGR. POR MANT.	CAMBIO DE POSTE
22/09/2008 17:00	1:30	1,500	P	7843	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
24/10/2008 22:00	1:15	1,250	P	7813	75	75	13280	46,5	NO PROGR. RED	FUSIBLE EN AT QUEMADO
21/10/2008 17:20	1:20	1,333	P	5651	25	25	13280	15,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
09/11/2008 14:30	0:42	0,700	P	7858	25	25	13280	15,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
13/11/2008 12:00	0:30	0,500	G	0	13280	13280	13280	3233	NO PROGR. RED	SOBRECORRIENTE EN EL NEUTRO
25/11/2008 14:40	0:20	0,333	G	0	13280	13280	13280	2980	PROGR. POR MANT.	PODA DE ÁRBOLES
09/12/2008 22:40	0:10	0,167	P	14716	37,5	37,5	13280	23,25	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
31/12/2008 21:00	1:00	1,000	P	7858	25	25	13280	15,5	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
29/12/2008 21:30	0:55	0,917	P	7341	25	25	13280	15,5	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
26/12/2008 18:00	0:30	0,500	P	14905	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA

18/12/2008 21:00	2:30	2,500	P	7452	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
14/12/2008 16:40	0:15	0,250	G	0	13280	13280	13280	3272	NO PROGR. RED	FALLA PUENTE EN MEDIA TENSIÓN
24/12/2008 7:20	0:30	0,500	G	0	13280	13280	13280	724	NO PROGR. RED	CONECTOR DE ACOMETIDA SULFATADO
09/12/2008 10:20	1:07	1,117	P	17328	50	50	13280	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA

## ANEXO E1. Información de interrupciones de alimentadora Unioro

Fecha Inicio Interrupción	Fecha Superación Interrupción	Tiempo de falla	Duración de Falla	Sistema Electrico Afectado	Punto de Transformación	Potencia Acumulada	Potencia Desconectada	Potencia Instalada	Carga Media Desconectada	Descripcion Origen	Descripcion Causa
17/01/2008 13:30	17/01/2008 13:40	0:10	0,1667	A. MV	0	10095	10095	10095	1920,05	NO PROGR.RED	ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE B C
16/01/2008 13:24	16/01/2008 13:56	0:32	0,5333	T. MV/BV	7965	37,5	37,5	10095	23,25	NO PROGR.RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
25/02/2008 11:00	25/02/2008 12:45	1:45	1,7500	T. MV/BV	16269	10	10	10095	6,2	NO PROGR.RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
03/02/2008 15:30	03/02/2008 16:34	1:04	1,0667	T. MV/BV	20368	50	50	10095	31	NO PROGR.RED	LINEA ARRANCADA
02/02/2008 16:20	02/02/2008 17:38	1:18	1,3000	T. MV/BV	14671	37,5	37,5	10095	23,25	NO PROGR.RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR POTENCIA
15/03/2008 12:58	15/03/2008 14:05	1:07	1,1167	A. MV	0	10095	10095	10095	2597,24	NO PROGR. POR TERCEROS	CHOQUE DE VEHÍCULOS O AERONAVES
06/03/2008 13:00	06/03/2008 15:00	2:00	2,0000	T. MV/BV	7946	37,5	37,5	10095	23,25	NO PROGR.RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
21/03/2008 18:51	21/03/2008 22:00	3:09	3,1500	T. MV/BV	17074	50	50	10095	31	NO PROGR.RED	LINEA ARRANCADA
24/03/2008 8:46	24/03/2008 11:06	2:20	2,3333	T. MV/BV	14421	50	50	10095	31	NO PROGR.RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
16/04/2008 7:20	16/04/2008 8:30	1:10	1,1667	A. MV	0	10095	10095	10095	1083,51	PROGR. POR MANT.	REUBICAR POSTE
24/04/2008 8:55	24/04/2008 14:21	5:26	5,4333	A. MV	0	10095	10095	10095	2063,45	NO PROGR.RED	ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE B
06/04/2008 20:30	06/04/2008 21:00	0:30	0,5000	T. MV/BV	7457	37,5	37,5	10095	23,25	NO PROGR.RED	FUSIBLE BT AVERIADA
12/04/2008 11:12	12/04/2008 11:53	0:41	0,6833	T. MV/BV	5864	25	25	10095	15,5	NO PROGR.RED	LINEA ARRANCADA
23/04/2008 16:30	23/04/2008 18:00	1:30	1,5000	T. MV/BV	7444	15	15	10095	9,3	NO PROGR.RED	LINEA ARRANCADA
25/04/2008 18:00	25/04/2008 18:20	0:20	0,3333	T. MV/BV	7996	37,5	37,5	10095	23,25	NO PROGR.RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
06/05/2008 8:38	06/05/2008 9:35	0:57	0,9500	T. MV/BV	7444	15	15	10095	9,3	NO PROGR.RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION



09/05/2008 10:44	09/05/2008 11:45	1:01	1,0167	T. MV/BV	7915	25	25	10095	15,5	NO PROGR.RED	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION QUEMADO
09/05/2008 9:16	09/05/2008 12:20	3:04	3,0667	T. MV/BV	7939	5	5	10095	3,1	NO PROGR.RED	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION QUEMADO
09/05/2008 16:00	09/05/2008 17:30	1:30	1,5000	T. MV/BV	7915	25	25	10095	15,5	NO PROGR.RED	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION QUEMADO
14/05/2008 8:00	14/05/2008 9:00	1:00	1,0000	T. MV/BV	6113	37,5	37,5	10095	23,25	NO PROGR.RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
14/05/2008 10:07	14/05/2008 10:40	0:33	0,5500	T. MV/BV	7754	37,5	37,5	10095	23,25	NO PROGR.RED	FUSIBLE EN AT QUEMADO
23/05/2008 18:25	23/05/2008 18:50	0:25	0,4167	T. MV/BV	6104	37,5	37,5	10095	23,25	NO PROGR.RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
26/05/2008 13:20	26/05/2008 14:00	0:40	0,6667	T. MV/BV	14413	50	50	10095	31	NO PROGR.RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
29/05/2008 13:30	29/05/2008 15:00	1:30	1,5000	T. MV/BV	6565	37,5	37,5	10095	23,25	NO PROGR.RED	ACOMETIDA ARRANCADA
21/06/2008 18:30	21/06/2008 19:30	1:00	1,0000	T. MV/BV	6916	50	50	10095	31	NO PROGR.RED	LINEA ARRANCADA
03/06/2008 17:20	03/06/2008 18:00	0:40	0,6667	T. MV/BV	6104	37,5	37,5	10095	23,25	NO PROGR.RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
12/08/2008 18:40	12/08/2008 19:00	0:20	0,3333	T. MV/BV	7462	37,5	37,5	10095	23,25	NO PROGR.RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
12/10/2008 16:30	12/10/2008 17:10	0:40	0,6667	T. MV/BV	17333	50	50	10095	31	NO PROGR.RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
13/10/2008 11:20	13/10/2008 12:00	0:40	0,6667	T. MV/BV	6731	25	25	10095	15,5	NO PROGR.RED	LINEA ARRANCADA
21/10/2008 8:22	21/10/2008 8:35	0:13	0,2167	T. MV/BV	7982	37,5	37,5	10095	23,25	NO PROGR.RED	CONECTOR DE BAJANTE DE TRANSFORMADOR SULFATADO
05/11/2008 11:00	05/11/2008 12:00	1:00	1,0000	T. MV/BV	21589	37,5	37,5	10095	23,25	NO PROGR.RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
15/11/2008 10:00	15/11/2008 11:00	1:00	1,0000	T. MV/BV	6731	25	25	10095	15,5	NO PROGR.RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
01/12/2008 14:05	01/12/2008 14:10	0:05	0,0833	A. MV	0	10095	10095	10095	159	PROGR. POR MANT.	CAMBIO DE FUSIBLE MV

## ANEXO E2. Información de interrupciones de alimentadora Expreso2

Fecha Inicio Interrupción	Fecha Superación Interrupción	Tiempo de Interrupcion	Duracion de Interrupcion	Punto de Transformación	Potencia Acumulada	Potencia Desconectada	Potencia Instalada	Carga Media Desconectada	Descripcion Origen	Descripcion Causa
12/01/2008 10:02	12/01/2008 10:53	0:51	0,850	5628	25	25	896,5	15,5	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
04/02/2008 22:30	04/02/2008 22:50	0:20	0,333	0	896,5	896,5	896,5	2063,45	PROGR. POR MANT.	CAMBIO DE PUENTES MV
20/02/2008 19:20	20/02/2008 19:55	0:35	0,583	0	896,5	896,5	896,5	2174,99	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
03/03/2008 18:03	03/03/2008 19:36	1:33	1,550	13459	50	50	4710	31	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
12/03/2008 9:27	12/03/2008 9:58	0:31	0,517	5850	75	75	4710	46,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
13/03/2008 12:59	13/03/2008 13:52	0:53	0,883	6765	50	50	4710	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
13/03/2008 16:05	13/03/2008 19:10	3:05	3,083	13399	50	50	4710	31	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
16/03/2008 19:00	16/03/2008 22:30	3:30	3,500	6141	50	50	896,5	31	NO PROGR. RED	FALLA PUENTE EN MEDIA TENSION
28/03/2008 9:12	28/03/2008 10:55	1:43	1,717	6910	50	50	4710	31	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
04/04/2008 17:57	04/04/2008 18:33	0:36	0,600	0	896,5	896,5	896,5	2764,55	NO PROGR. RED	ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE A B C
05/04/2008 8:50	05/04/2008 8:56	0:06	0,100	0	896,5	896,5	896,5	1306,59	PROGR. POR MANT.	CAMBIO DE PUENTES MV
09/04/2008 18:19	09/04/2008 19:00	0:41	0,683	6910	50	50	4710	31	NO PROGR. RED	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION QUEMADO

13/05/2008 17:20	13/05/2008 19:28	2:08	2,133	13259	25	25	896,5	15,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
16/05/2008 15:32	16/05/2008 16:00	0:28	0,467	6781	50	50	4710	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
16/08/2008 9:23	16/08/2008 9:32	0:09	0,150	0	896,5	896,5	896,5	1171,15	NO PROGR. RED	FALLA PUENTE EN MEDIA TENSION
30/11/2008 10:23	30/11/2008 11:08	0:45	0,750	7144	50	50	4710	31	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA

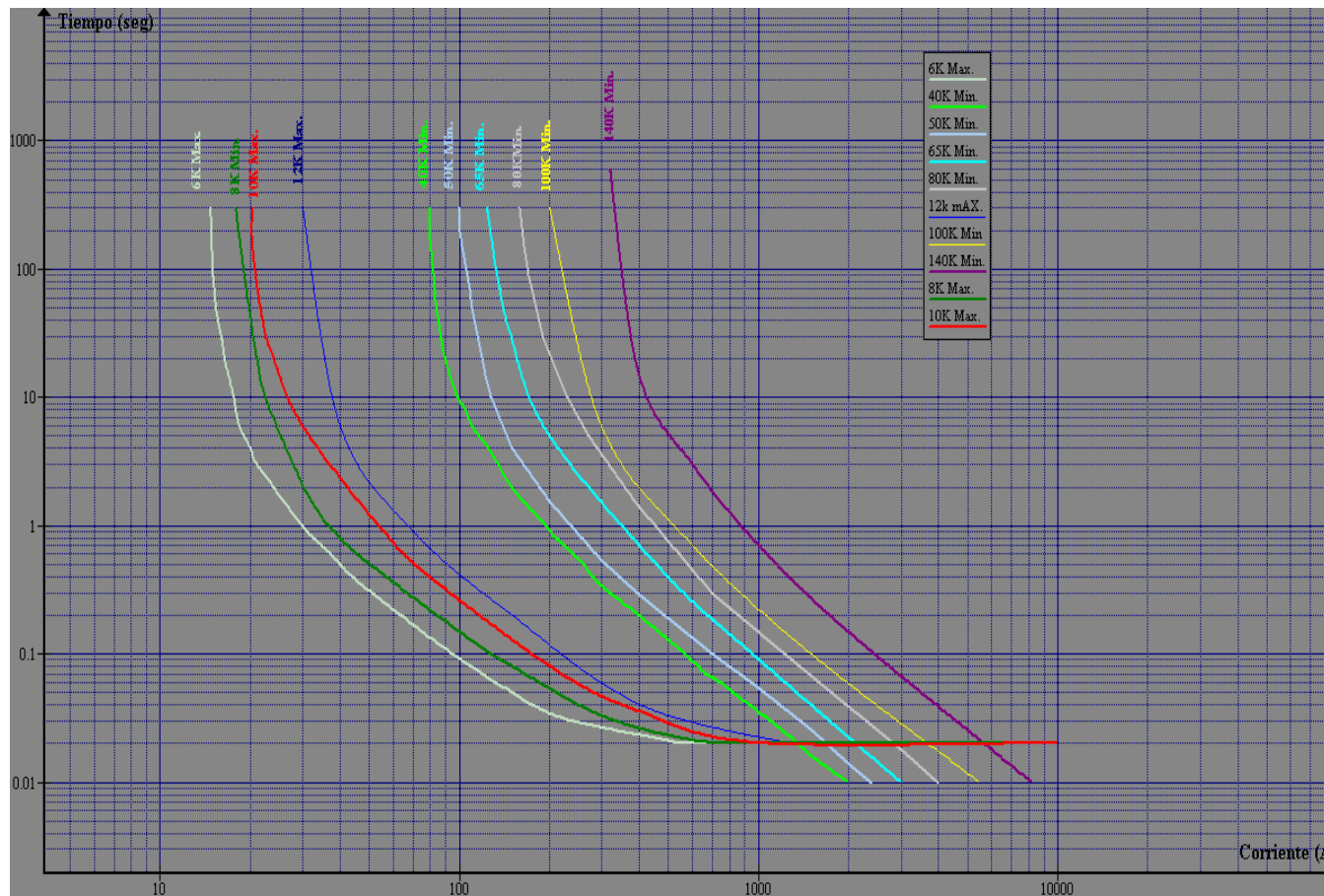
### ANEXO E3. Información de interrupciones de alimentadora Emproro

Fecha Inicio Interrupción	Fecha Superación Interrupción	Tiempo de falla	duración de falla	Punto de Transformación	Potencia Desconectada	Potencia Instalada	Carga Media Desconectada	Descripcion Origen	Descripcion Causa
20/01/2008 13:40	20/01/2008 13:44	0:04	0,067	0	17802,5	17802,5	2358,23	NO PROGR. RED	FALLA PUENTE EN MEDIA TENSIÓN
09/01/2008 11:00	09/01/2008 12:48	1:48	1,800	15180	37,5	17802,5	23,25	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
12/01/2008 8:44	12/01/2008 10:06	1:22	1,367	13141	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
19/01/2008 9:50	19/01/2008 14:25	4:35	4,583	13156	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
24/01/2008 15:59	24/01/2008 17:17	1:18	1,300	6786	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	FALLA PUENTE EN MEDIA TENSIÓN
27/01/2008 17:00	27/01/2008 18:00	1:00	1,000	13372	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
26/02/2008 19:22	26/02/2008 21:00	1:38	1,633	13158	25	17802,5	15,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
17/02/2008 18:24	17/02/2008 19:00	0:36	0,600	15153	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
01/03/2008 8:00	01/03/2008 10:00	2:00	2,000	5924	37,5	17802,5	23,25	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
07/03/2008 8:00	07/03/2008 10:00	2:00	2,000	6452	25	17802,5	15,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
12/03/2008 16:00	12/03/2008 17:00	1:00	1,000	14903	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	FUSIBLE EN AT QUEMADO
14/03/2008 16:10	14/03/2008 17:00	0:50	0,833	13141	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
19/03/2008 17:48	19/03/2008 20:17	2:29	2,483	6721	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
20/03/2008 8:20	20/03/2008 10:30	2:10	2,167	6721	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
20/03/2008 9:05	20/03/2008 10:50	1:45	1,750	7324	37,5	17802,5	23,25	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA

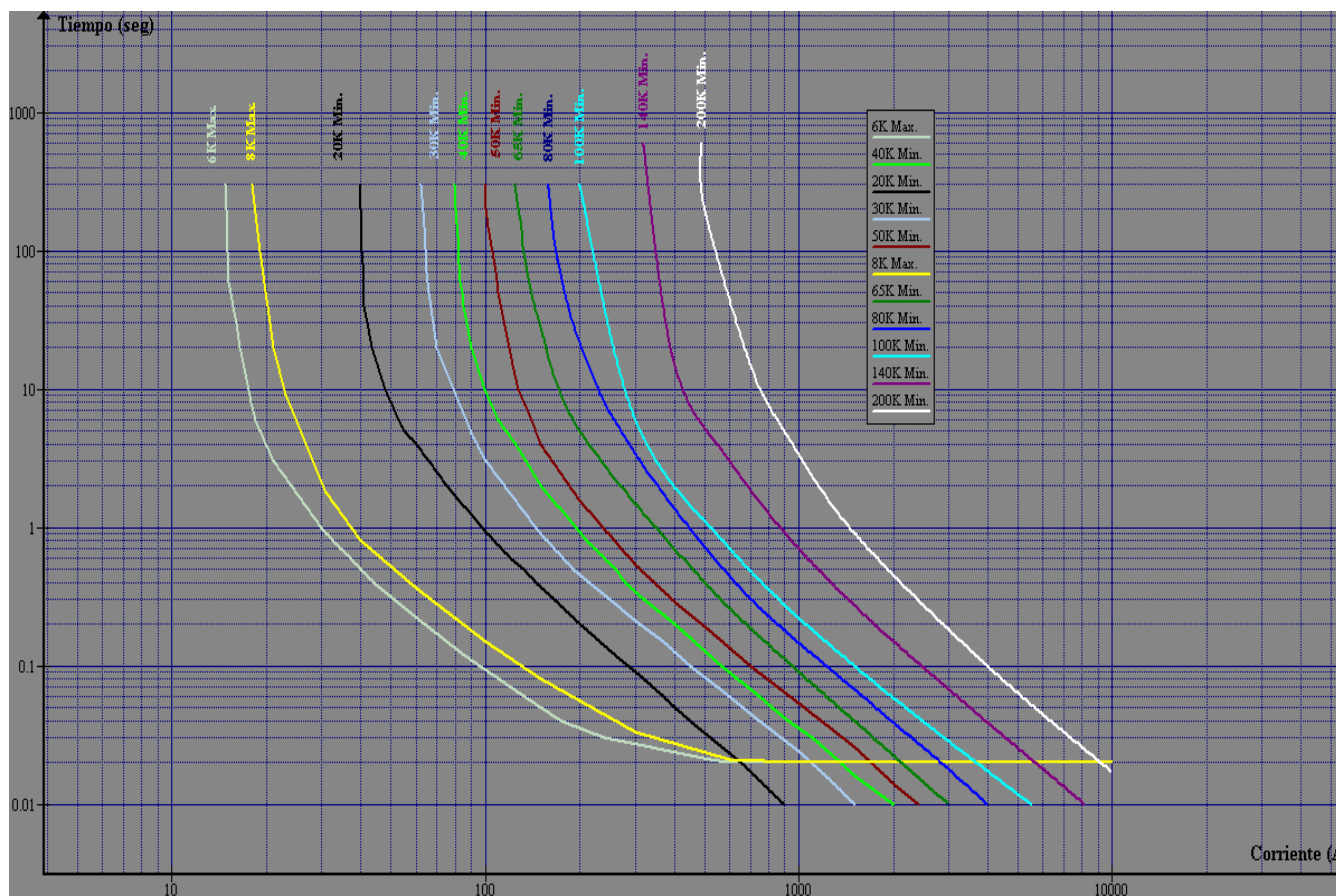
20/03/2008 15:30	20/03/2008 17:03	1:33	1,550	13186	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
28/03/2008 21:00	28/03/2008 23:00	2:00	2,000	13156	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
17/04/2008 8:55	17/04/2008 9:48	0:53	0,883	0	17802,5	17802,5	2063,45	PROGR. POR MANT.	REUBICAR POSTE
26/04/2008 10:32	26/04/2008 12:15	1:43	1,717	0	17802,5	17802,5	2151,09	PROGR. POR MANT.	REUBICAR POSTE
02/04/2008 9:47	02/04/2008 10:30	0:43	0,717	6002	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
07/04/2008 21:40	07/04/2008 22:40	1:00	1,000	13154	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
11/04/2008 9:18	11/04/2008 11:30	2:12	2,200	13240	15	17802,5	9,3	NO PROGR. RED	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN EN MAL ESTADO
13/04/2008 8:06	13/04/2008 10:35	2:29	2,483	6160	15	17802,5	9,3	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
23/04/2008 12:35	23/04/2008 14:20	1:45	1,750	20296	37,5	17802,5	23,25	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
24/04/2008 15:06	24/04/2008 16:30	1:24	1,400	13235	25	17802,5	15,5	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
06/05/2008 16:32	06/05/2008 20:20	3:48	3,800	6083	25	17802,5	15,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
07/05/2008 8:27	07/05/2008 9:10	0:43	0,717	6083	25	17802,5	15,5	NO PROGR. RED	FALLA PUENTE EN MEDIA TENSIÓN
15/05/2008 17:20	15/05/2008 18:30	1:10	1,167	5924	37,5	17802,5	23,25	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
21/05/2008 8:30	21/05/2008 8:44	0:14	0,233	13141	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
30/06/2008 18:20	30/06/2008 18:50	0:30	0,500	13141	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
07/06/2008 11:22	07/06/2008 13:25	2:03	2,050	0	17802,5	17802,5	2206,86	PROGR. POR MANT.	REUBICAR POSTE
11/06/2008 15:05	11/06/2008 15:35	0:30	0,500	0	17802,5	17802,5	2406,03	NO PROGR. RED	ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE C
12/06/2008 9:22	12/06/2008 11:54	2:32	2,533	0	17802,5	17802,5	2270,59	PROGR.OTRA S	REUBICACIACIÓN DE ALIMENTADOR DE MEDIA TENSIÓN
12/06/2008 14:50	12/06/2008 15:30	0:40	0,667	13141	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION

18/06/2008 15:30	18/06/2008 16:00	0:30	0,500	6763	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
23/10/2008 20:07	23/10/2008 21:00	0:53	0,883	6721	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
31/10/2008 17:00	31/10/2008 18:20	1:20	1,333	13140	25	17802,5	15,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
15/10/2008 10:38	15/10/2008 11:00	0:22	0,367	0	17802,5	17802,5	2613,18	NO PROGR. RED	ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE A
06/10/2008 8:34	06/10/2008 9:15	0:41	0,683	20292	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
15/10/2008 8:00	15/10/2008 9:30	1:30	1,500	16131	25	17802,5	15,5	NO PROGR. RED	LINEA ARRANCADA
13/11/2008 14:45	13/11/2008 15:20	0:35	0,583	20292	50	17802,5	31	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
25/11/2008 17:17	25/11/2008 17:38	0:21	0,350	6058	25	17802,5	15,5	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
26/11/2008 8:20	26/11/2008 10:40	2:20	2,333	6567	37,5	17802,5	23,25	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
10/12/2008 8:00	10/12/2008 9:30	1:30	1,500	6572	37,5	17802,5	23,25	NO PROGR. RED	BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA
02/12/2008 16:45	02/12/2008 17:30	0:45	0,750	13155	37,5	17802,5	23,25	NO PROGR. RED	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN EN MAL ESTADO

**ANEXO F.** Curvas de coordinación entre fusibles de protección y fusible protegido para el Alimentador Madero Vargas.

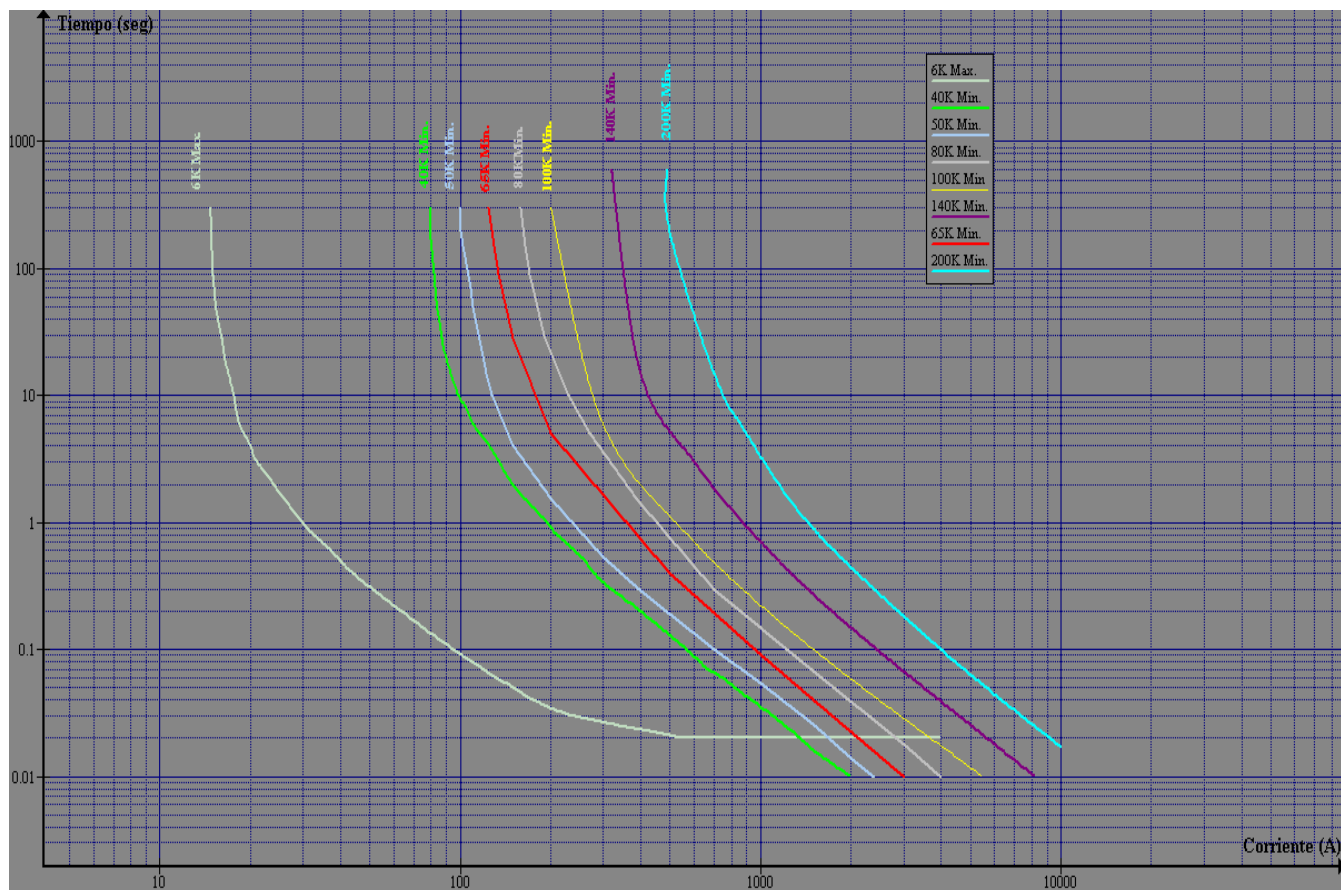


**ANEXO F1.** Curvas de coordinación entre fusibles de protección y fusible protegido para el Alimentador Emproro

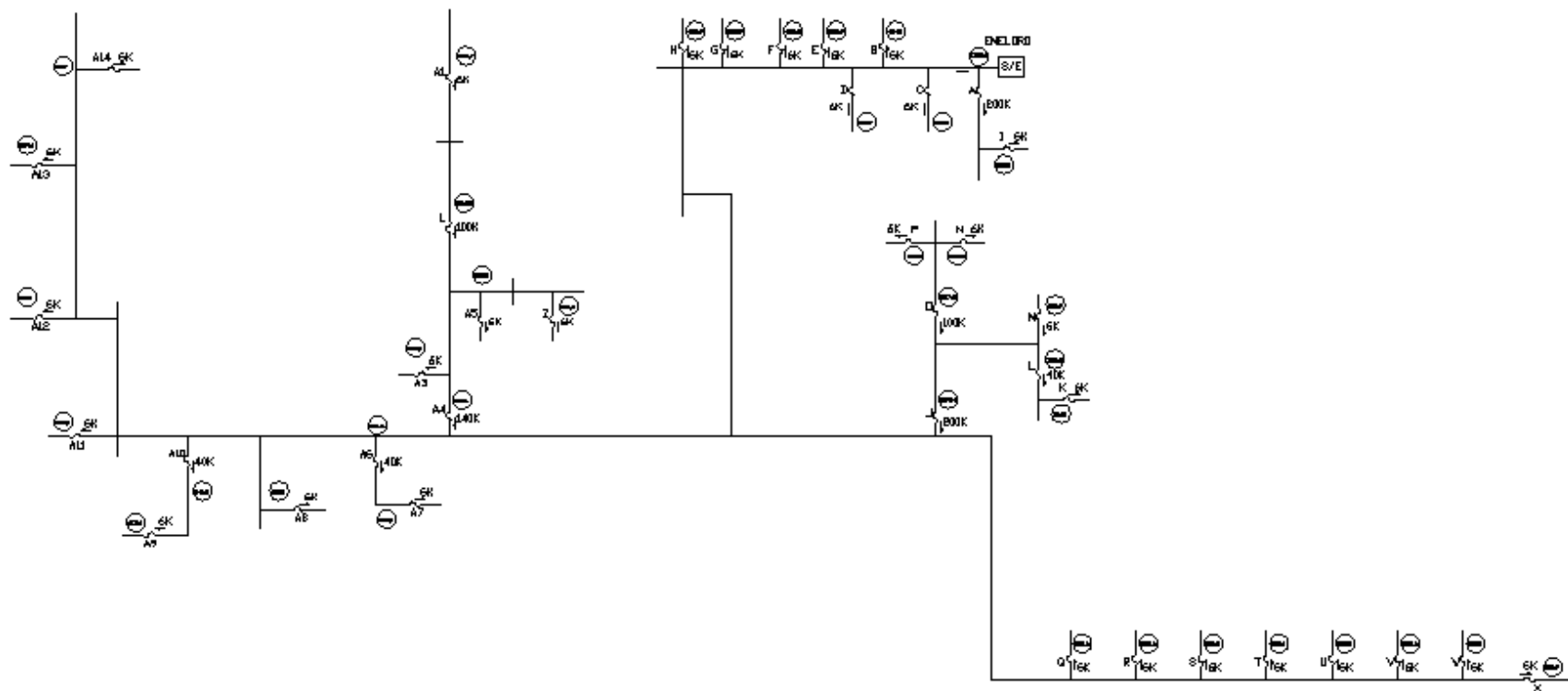




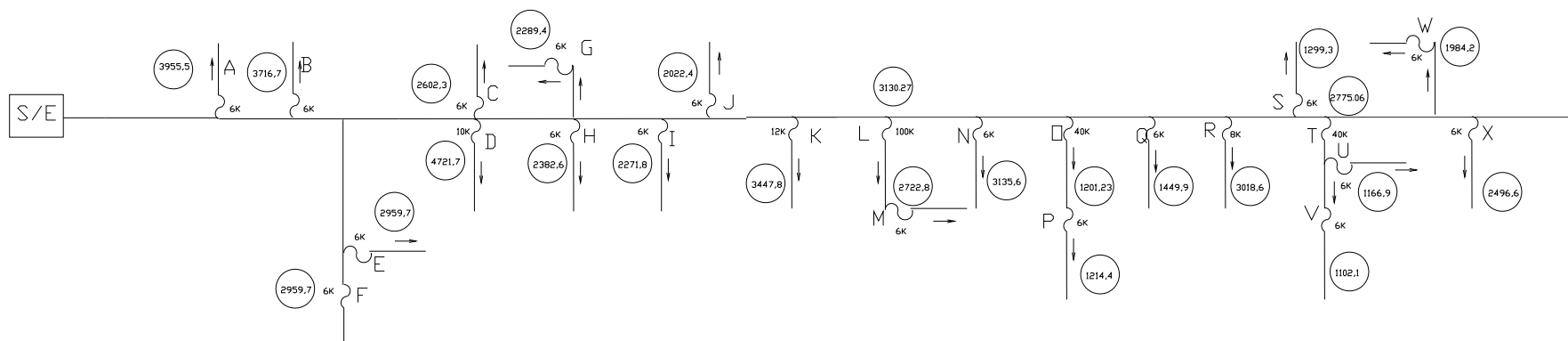
## ANEXO F2. Curvas de coordinación entre fusibles de protección y fusible protegido para el Alimentador Unioro



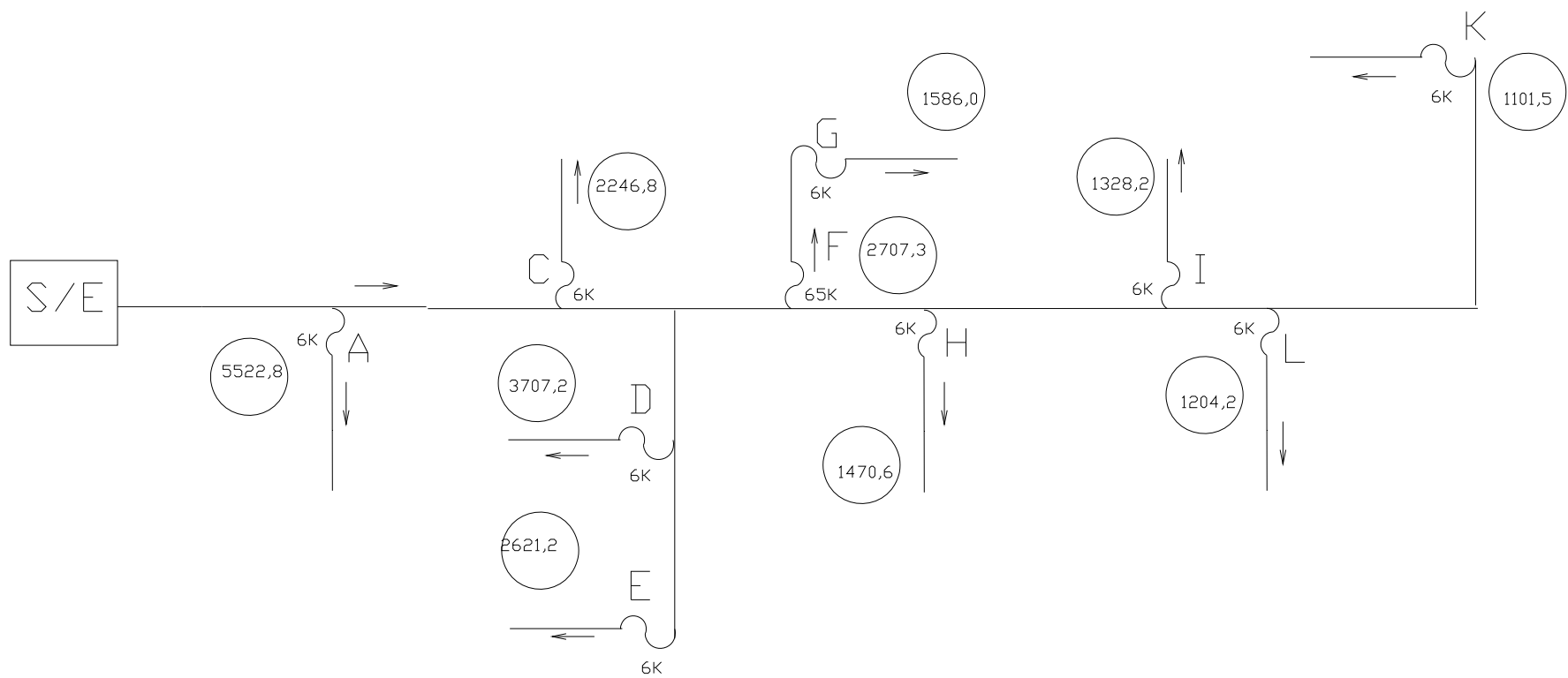
**ANEXO G. Diagrama Unifilar para Coordinación de Fusibles para el Alimentador Emproro**



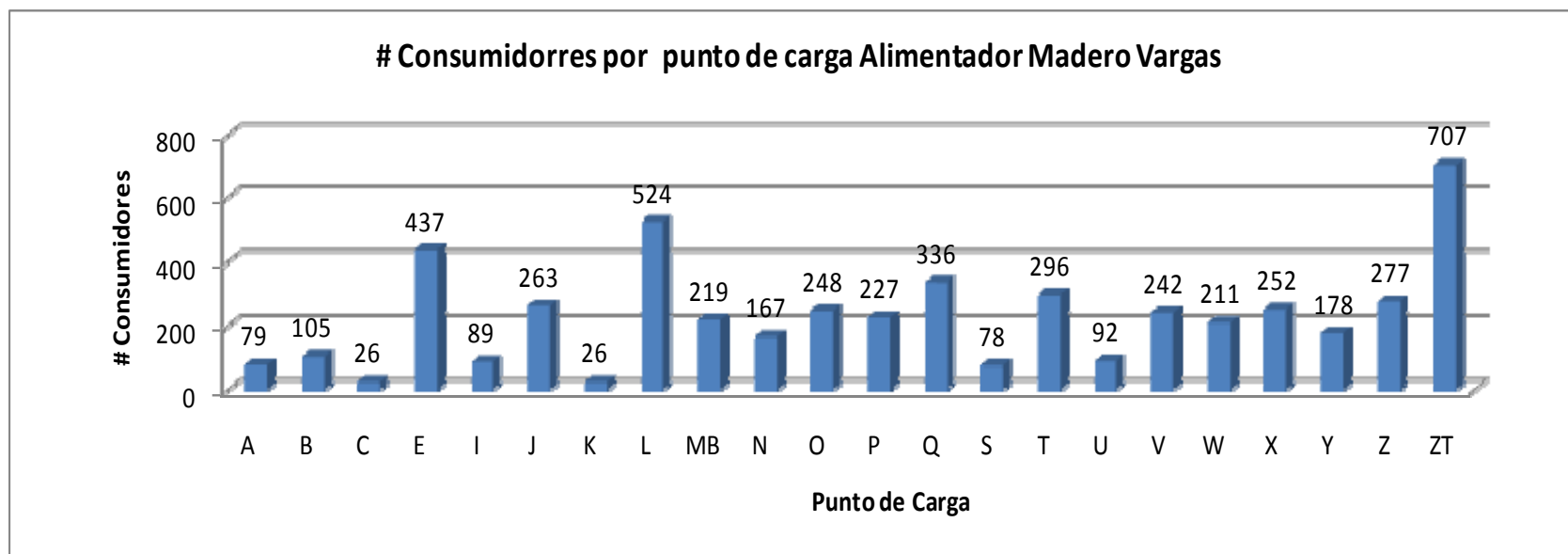
# ANEXO G1. Diagrama Unifilar para Coordinación de Fusibles para el Alimentador Madero Vargas



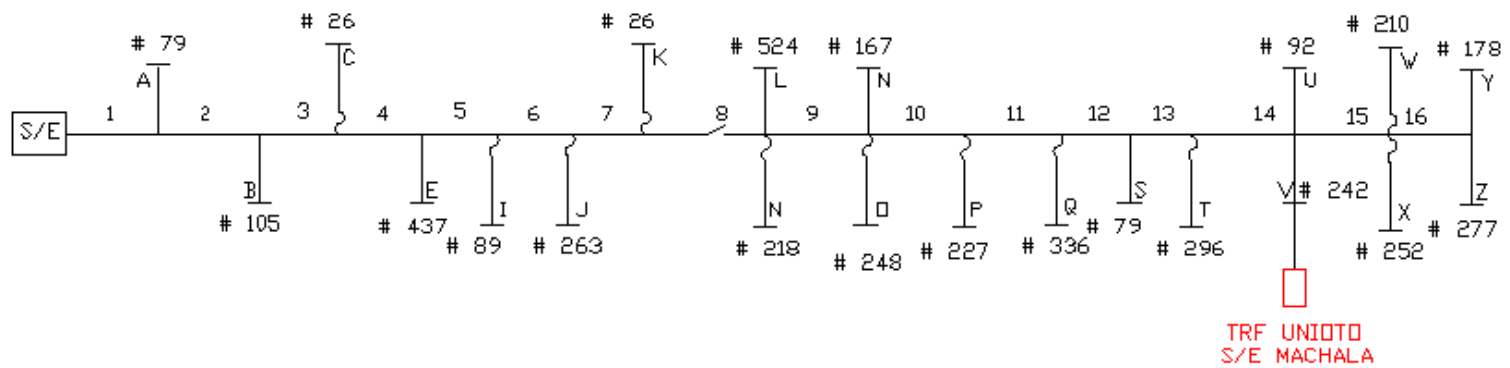
**ANEXO G2. Diagrama Unifilar para Coordinación de Fusibles para el Alimentador Unioro**



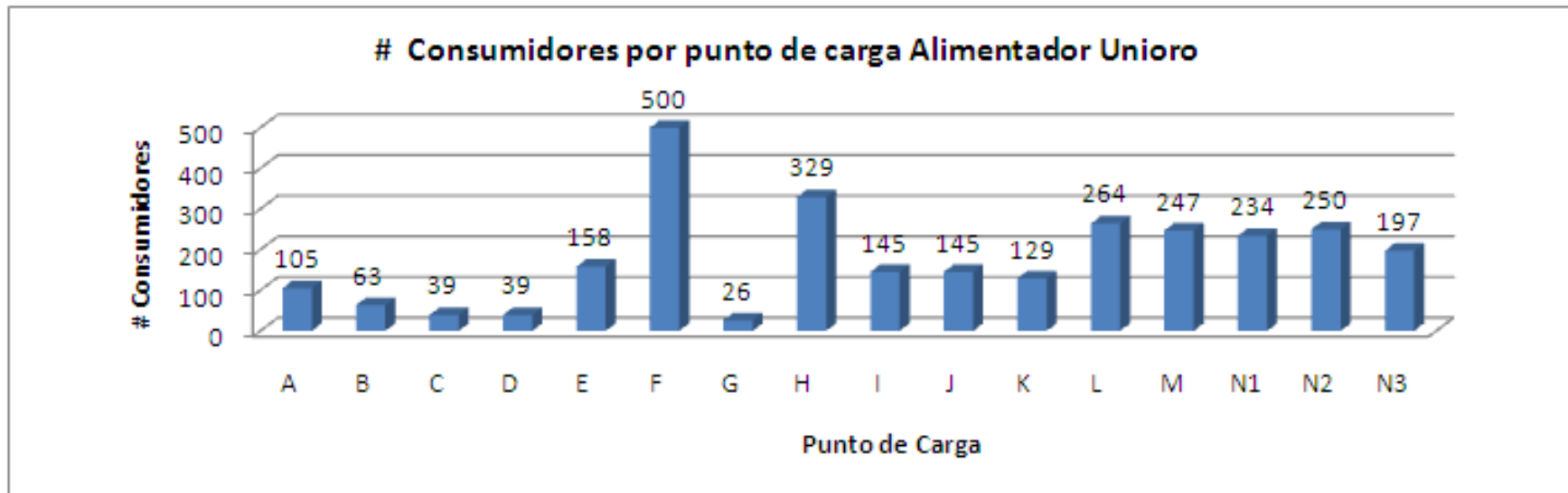
## ANEXO H. Número de Consumidores de alimentadora Madero Vargas



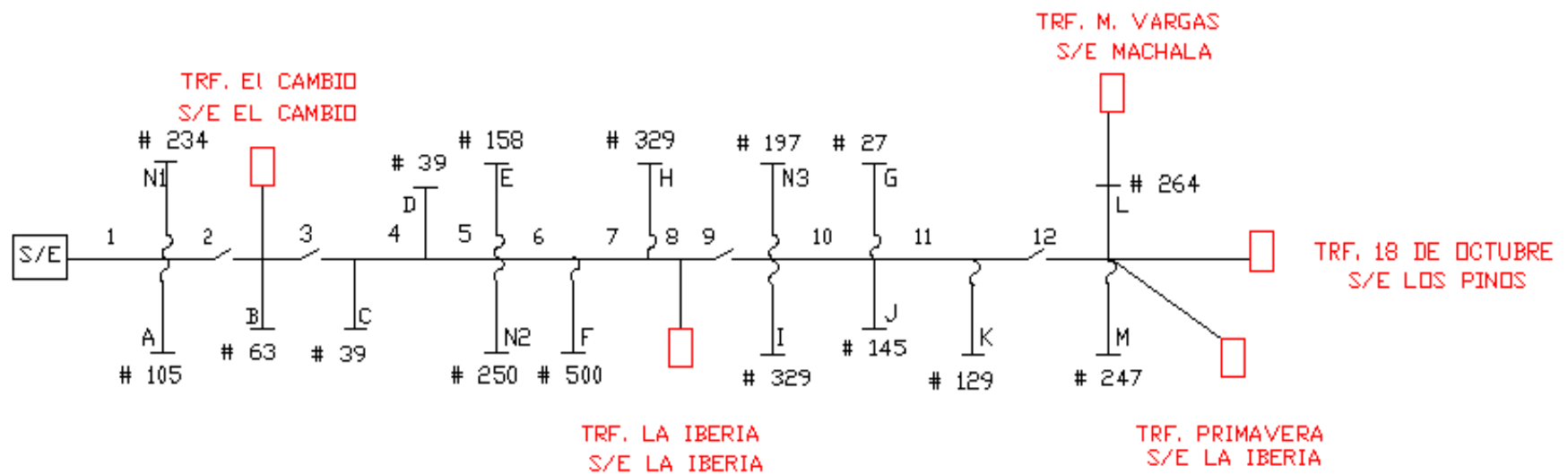
**ANEXO H1. Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Madero Vargas**



**ANEXO H2. Número de consumidores de alimentadora Unioro**

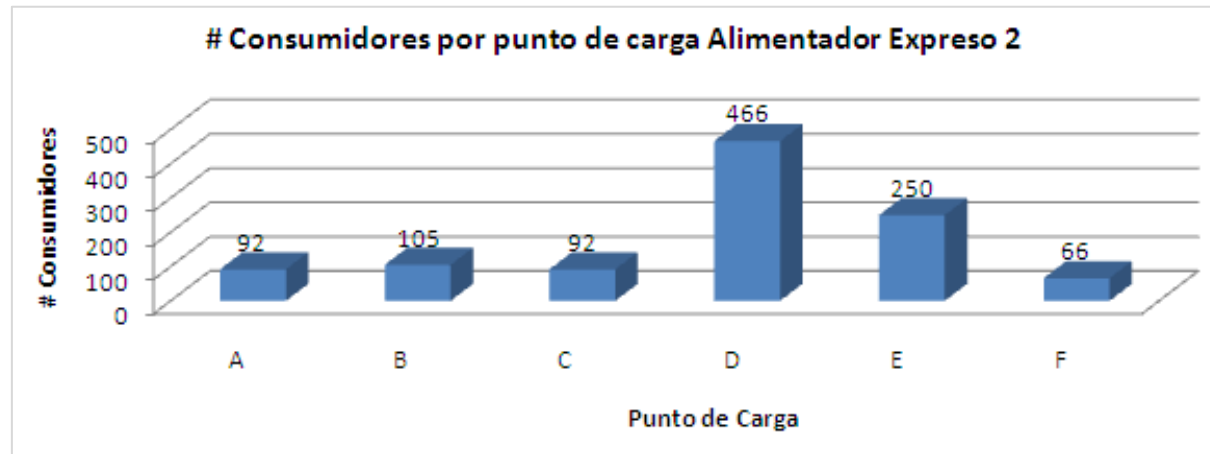


**ANEXO H3. Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Uniuro**

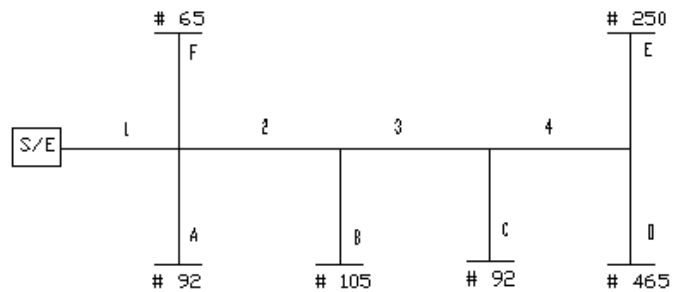




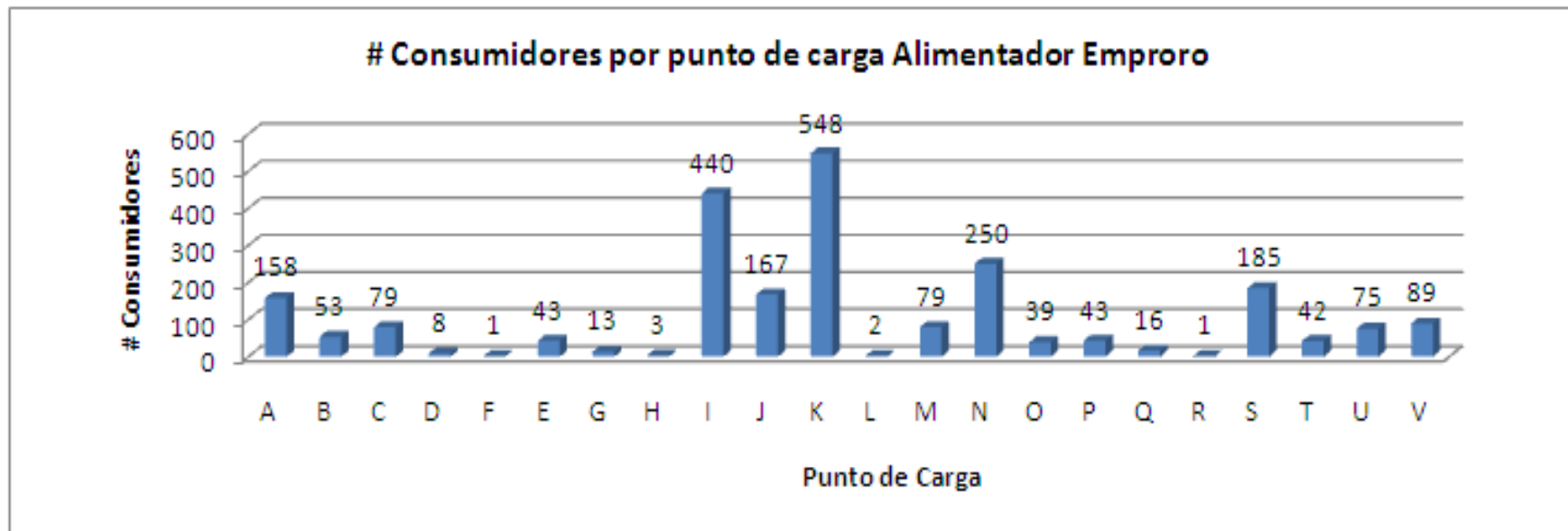
**ANEXO H4.** Número de consumidores de alimentadora Expreso2



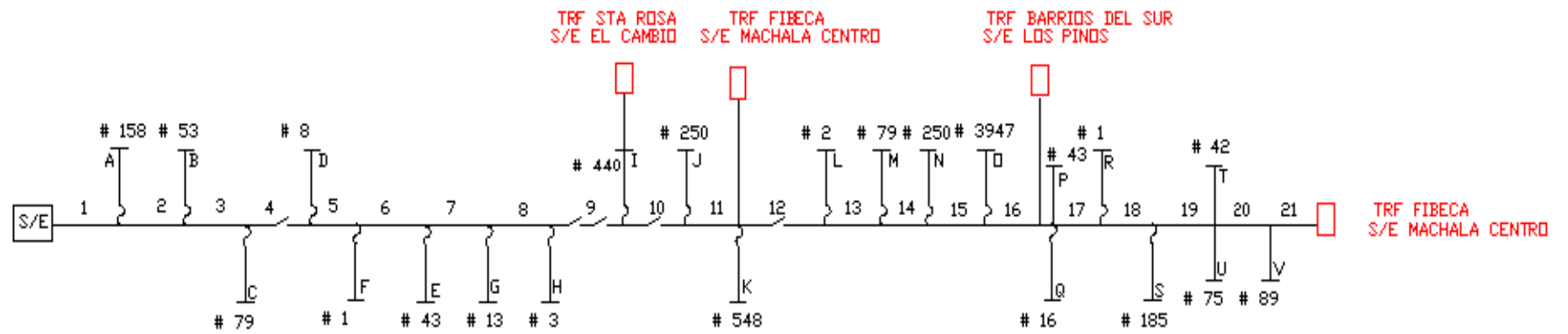
**ANEXO H5.** Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Expreso2



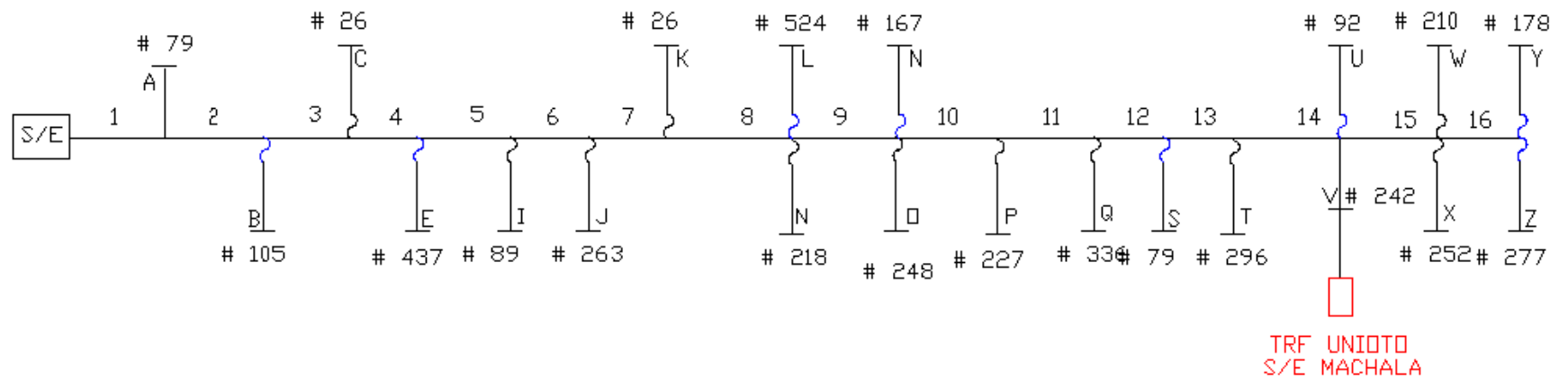
**ANEXO H6.** Número de consumidores de alimentadora Emproro



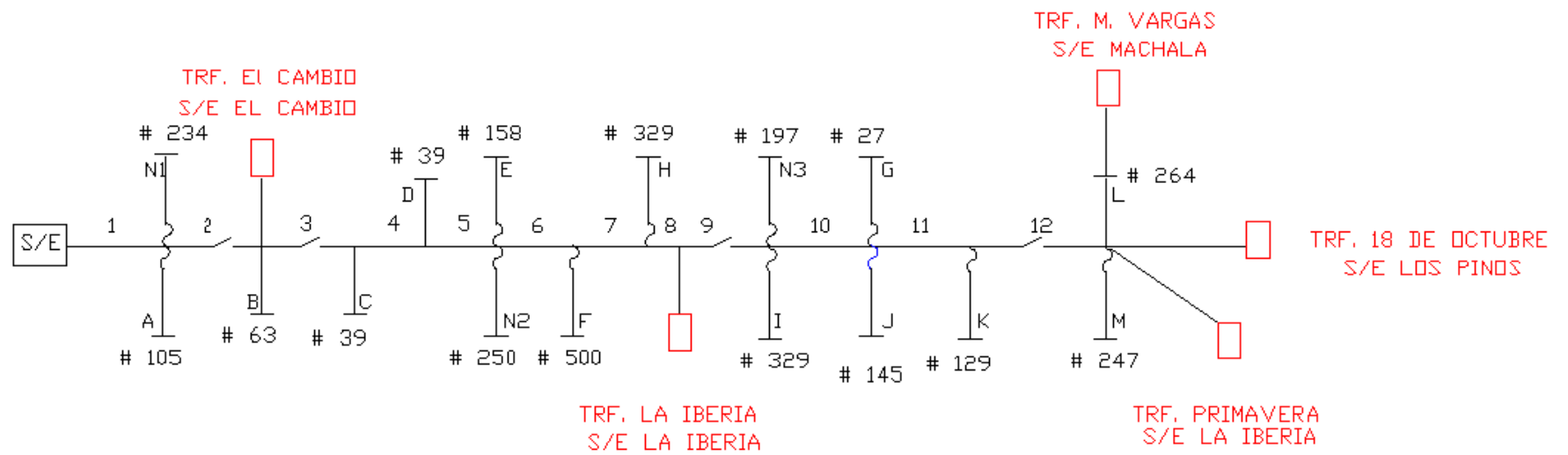
**ANEXO H7. Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Emproro**



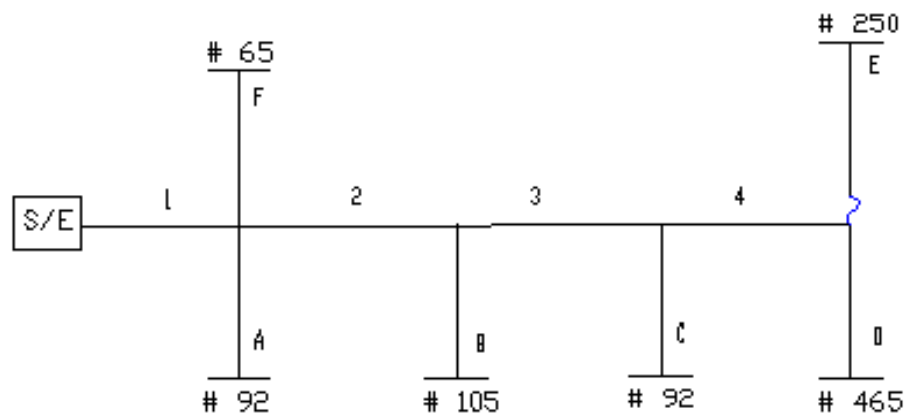
# ANEXO I. Caso Uno – Madero Vargas



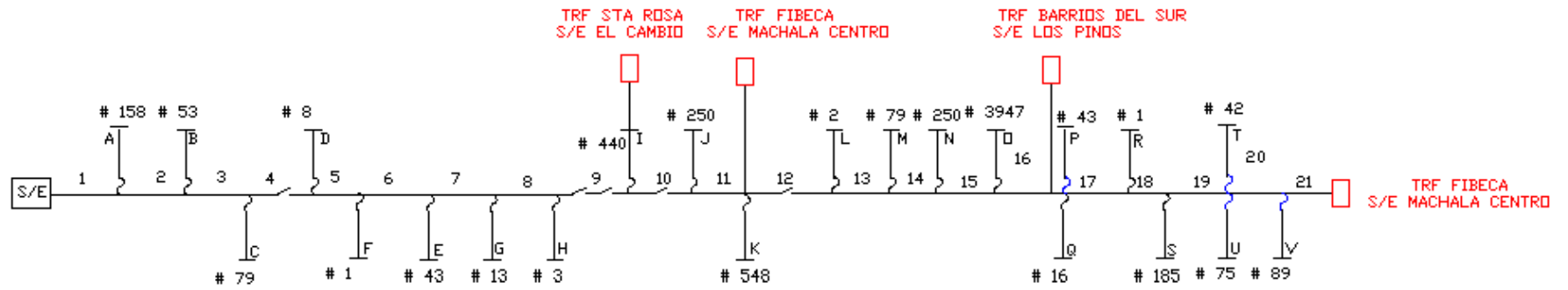
# ANEXO I1. Caso Uno - Unioro



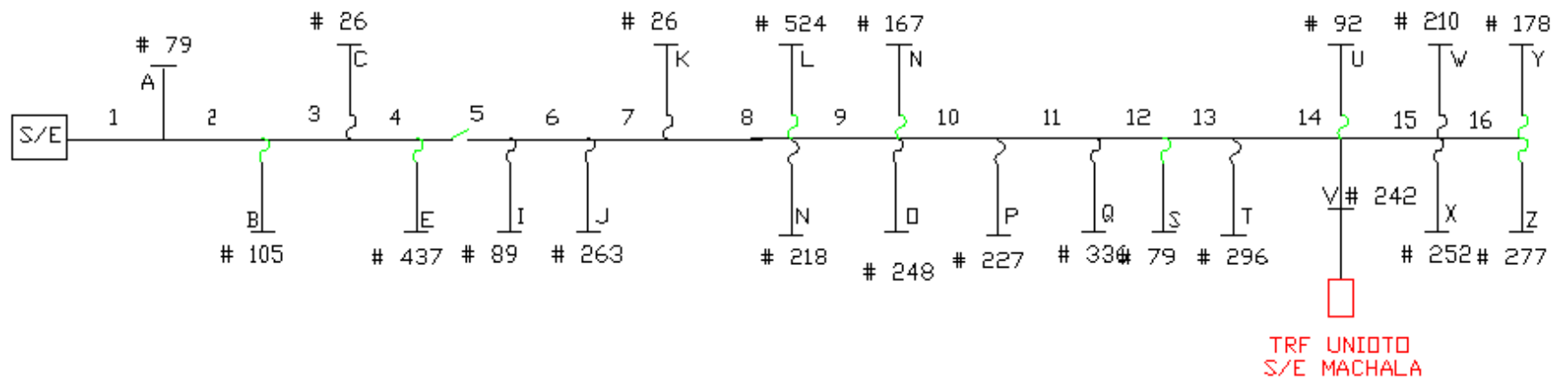
**ANEXO I2. Caso Uno – Expreso2**



### ANEXO I3. Caso Uno - Emproro

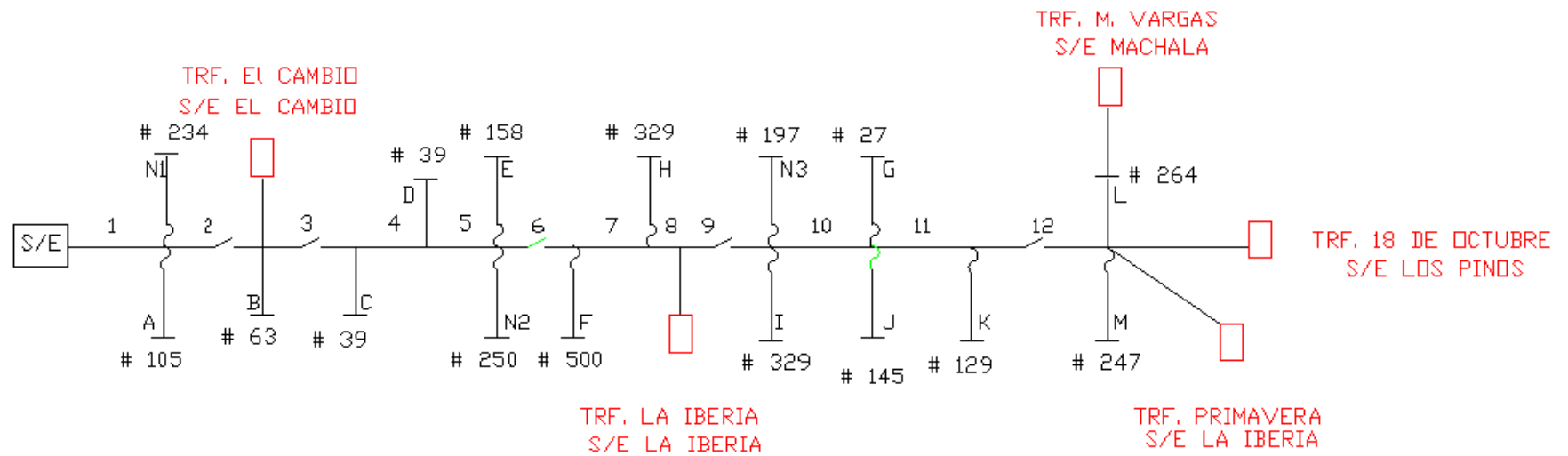


## ANEXO J. Caso Dos – Madero Vargas

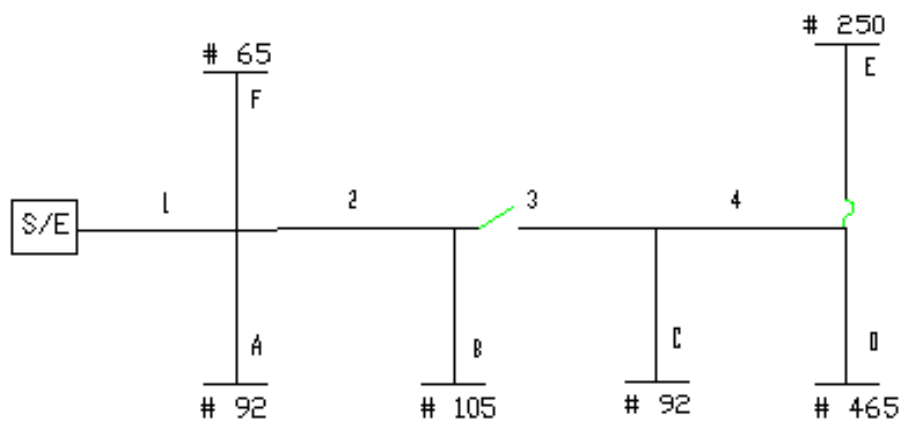




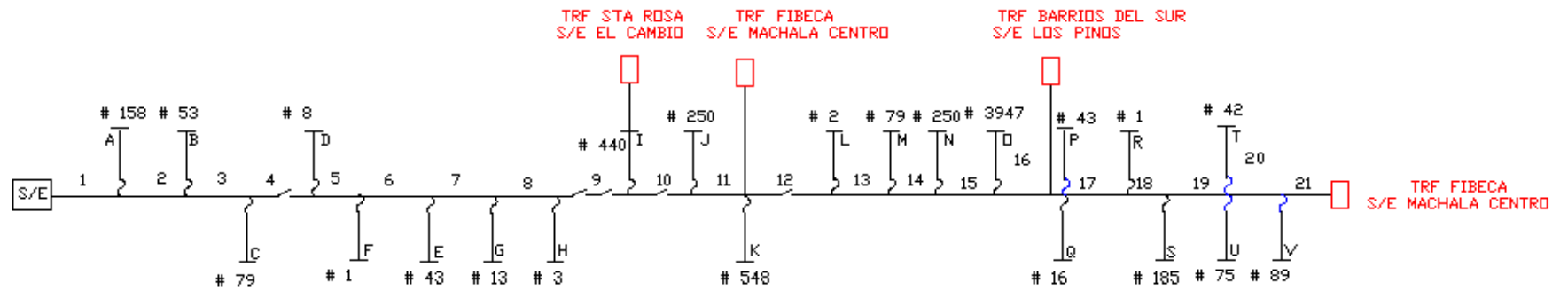
### ANEXO J1. Caso Dos – Uniro



**ANEXO J2. Caso Dos – Expreso2**



### ANEXO J3. Caso Dos – Emprero



**ANEXO K. Resultados del estudio de coordinación Alimentador Emproro**

Puntos C.C.	Fusible Protegido	Fusible Protector	Corriente Max. de Falla (A)	Tiempo de despeje Max. Del fusible protector (CT) (seg )	Tiempo de fusion minima Del fusible protegido(MT) (seg)	Porcentaje CT/MT (%)	Coordinacion
A14	40K	6K	920.7	0.02	0.041	48.78	Coordinación
A13	80K	6K	2090.4	0.02	0.038	52.63	Coordinación
A12	40K	6K	969.1	0.02	0.038	52.63	Coordinación
A11	30K	6K	1053.8	0.02	0.03	66.67	Coordinación
A9	40K	6K	1079.2	0.02	0.032	62.50	Coordinación
A8	40K	6K	1160.5	0.02	0.03	66.67	Coordinación
A7	40K	6K	1262.1	0.02	0.029	68.97	Coordinación
A5	50K	6K	1383.7	0.02	0.04	50.00	Coordinación
A3	100K	6K	2981.7	0.02	0.031	64.52	Coordinación
A1	100K	6K	2786.7	0.02	0.038	52.63	Coordinación
Z	50K	6K	1318.8	0.02	0.04	50.00	Coordinación
X	40K	6K	1086.9	0.02	0.03	66.67	Coordinación
W	40K	6K	1135.9	0.02	0.0315	63.49	Coordinación
V	80K	6K	2520.3	0.02	0.0315	63.49	Coordinación
U	40K	6K	1235.2	0.02	0.031	64.52	Coordinación
T	50K	6K	1281.6	0.02	0.048	41.67	Coordinación
S	50K	6K	1312.8	0.02	0.04	50.00	Coordinación

R	100K	6K	2832.6	0.02	0.068	29.41	Coordinación
Q	50K	6K	1358.8	0.02	0.04	50.00	Coordinación
P	100K	8K	2589.1	0.02	0.04	50.00	Coordinación
N	100K	8K	2526.9	0.02	0.042	47.62	Coordinación
M	40K	6K	1224.8	0.02	0.031	64.52	Coordinación
K	40K	6K	1214.1	0.02	0.03	66.67	Coordinación
I	200K	6K	6219.0	0.02	0.042	47.62	Coordinación
H	140K	6K	4285.3	0.02	0.034	58.82	Coordinación
G	100K	6K	2593.0	0.02	0.039	51.28	Coordinación
F	140K	6K	4852.2	0.02	0.029	68.97	Coordinación
E	140K	6K	5520.9	0.02	0.028	71.43	Coordinación
D	140K	6K	3515.7	0.02	0.051	39.22	Coordinación
C	200K	6K	5137.0	0.02	0.058	34.48	Coordinación
B	140K	6K	4614.2	0.02	0.035	57.14	Coordinación

## BIBLIOGRAFIA

- Glover J. Duncan y Mulukutla S. Sarma - Sistemas de Potencia Análisis y Diseño, Tercera Edición , Editorial Thomson ,2004
- Grainger Jhon J. y William D. Stevenson, Jr - Análisis de Sistemas de Potencia, Mc Graw Hill Interamericana Editores S.A de C.V,1996.
- Harper Enríquez - Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctrica, Segunda Edición, Editorial Limusa,2002
- Masón C. Russell - El Arte y la Ciencia de la Protecciones por Relevadores, México, D.F. Continental, 1990
- Mc Graw-Edison Company - Distribution Systems Protection Manual
- Ramírez Castaño Samuel ,Redes de Distribución de Energía, Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia Sede Manizles,1988.
- REGULACION No. 004/01 – CONELEC- Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución.

- Yebra Morón Juan Antonio ,Compensación de Potencia Reactiva en Sistemas eléctricos, México , Mc Graw-Hill,1987