

7
621.319
SAL



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIO DE LA
SUBESTACIÓN ALBORADA DE LA CORPORACIÓN PARA LA
ADMINISTRACIÓN TEMPORAL ELÉCTRICA DE GUAYAQUIL BASADO EN
LA CALIDAD DEL SERVICIO”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:



CIB - ESPOL

INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZADO EN POTENCIA

Presentado por:

**PEDRO BERNARDO SALCÁN REYES
EDISON JAVIER MORANTE DEL ROSARIO
ERVIN GEOVANNY SOLANO VILLEGAS**

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2007

AGRADECIMIENTO

A Dios por que sin Él nada es posible.

A nuestros padres que nos apoyaron siempre para culminar nuestros estudios.

PhD. CRISTÓBAL MERA

Director de Tesis, por su ayuda y colaboración para la realización de este trabajo.

DEDICATORIA



CIB-ESPOL

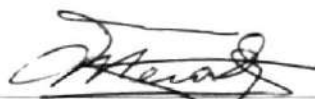
A NUESTROS PADRES

A NUESTROS HERMANOS

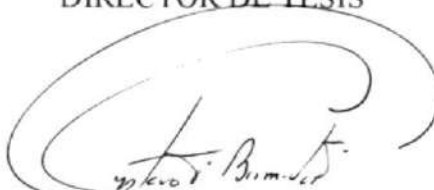
TRIBUNAL DE GRADO



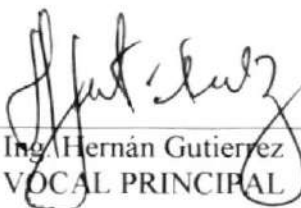
Ing. Holger Cevallos
PRESIDENTE DE TRIBUNAL



PhD. Cristóbal Mera
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Gustavo Bermúdez
VOCAL PRINCIPAL



Ing. Hernán Gutierrez
VOCAL PRINCIPAL



CIB-ESPOL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Pedro Bernardo Salcán Reyes



Edison Javier Morante del Rosario



Ervin Geovanny Solano Villegas

RESUMEN

El presente proyecto presenta la solución al problema de calidad de servicio técnico de la Subestación Alborada mejorando su confiabilidad mediante la implementación de un estudio que se divide en dos etapas.

La primera fase consiste en recopilar información y hacer un estudio actual de cómo se encuentra la Subestación. La segunda fase es un análisis técnico - económico de las mejoras que se requieren para incrementar la confiabilidad del sistema en análisis, para que de esta manera, se pueda garantizar una buena calidad de servicio a los usuarios.

Este proyecto, en su desarrollo, incursiona en varios aspectos como lo son

- Descripción del sistema Eléctrico Actual
- Análisis del sistema Eléctrico Actual (Estudio de corto circuito, voltaje, estadística de fallas, etc)
- Rediseño del sistema Eléctrico basado en la calidad del servicio

Hallar la solución del problema no será sencillo y mucho menos su implementación, pero es indispensable para satisfacer las nuevas exigencias de los consumidores.



CIB - ESPOL

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	I
ABREVIATURA.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
CAPÍTULO 1. Introducción	1
1.1. Importancia y definición del Problema.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.3. ¿Qué es la CATEG?.....	3
CAPÍTULO 2. Descripción del sistema eléctrico.....	4
2.1. Área de influencia	5
2.2. Subestación.....	6
2.3. Alimentadoras	19
2.4. Transformadores de distribución	31
2.5. Capacitores / Reguladores de voltaje.....	38
2.6. Cargas	41
CAPÍTULO 3. Análisis del Sistema Eléctrico Actual.....	56
3.1. Cálculo del voltaje.....	57
3.2. Balance en las alimentadoras	74
3.3. Sistemas de protecciones	95
3.4. Cargas / consumidores.....	111
3.5. Información estadística de las interrupciones	113

3.6.	Evaluación de la confiabilidad	120
3.7.	Estudio de cortocircuito	128
3.8.	Reglamento vigente de la calidad.....	155
CAPÍTULO 4.	Rediseño del sistema eléctrico.....	168
4.1.	Determinación de parámetros de diseño	170
4.2.	Rediseño de la topología del sistema de media tensión basado en la calidad de servicio.....	186
4.3.	Rediseño del sistema de protecciones basado en la calidad del servicio.....	187
4.4.	Resultados	226
4.5.	Análisis de los resultados	231
	Conclusiones y recomendaciones	272
	Anexos.....	276
	Anexo A (Curvas de carga diaria)	277
	Anexo B (Ejemplo de Cálculo de Voltaje de una alimentadora usando el método de porcentaje de impedancia)	285
	Anexo C (Diagramas de las Alimentadoras)	288
	Anexo D (Cálculo Completo de Caída de Voltaje)	294
	Anexo E (Cálculo Completo de Fallas).....	307
	Anexo F (Estadísticas de Fallas).....	316
	Anexo G (Índices de Calidad de Servicio Técnico)	321

Anexo H (Ejemplo de cómo calcular los índices de confiabilidad orientados al consumidor en una alimentadora).....	327
Anexo I (Coordinación de Protecciones de sobrecorriente) ..	337
Anexo J (Coordinación de Protecciones de Sobrevoltaje).....	352
Anexo K (Rediseño del sistema de protecciones basado en la calidad del servicio).....	360
Bibliografía	378



CIB -ESPOL

ABREVIATURAS

Av.	Avenida
BIL	Nivel Básico de aislamiento
Cdla.	Ciudadela
Cu	Cobre
DMG	Distancia media geométrica entre conductores de fases
FMIK	Frecuencia media de interrupción
Hz.	Hertz
Ing.	Ingeniero
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
MCOV	Máximo Voltaje Continuo de Operación
MW	MegaVatios
Km	Kilómetro
KV	Kilovoltios
Plt	Índice de severidad de Flicker para larga duración
Pst	Índice de severidad de Flicker para corta duración
RMG	Radio medio geométrico del conductor de fase
THD _i	Distorsión total Armónica de Corriente
THDV	Distorsión total Armónica de Voltaje
TTIK	Tiempo total de interrupción
SAIFI	Índice de frecuencia de interrupción promedio del sistema
SAIDI	Índice de la duración de interrupción promedio del sistema
CAIDI	Índice de la duración de interrupción promedio de consumidores
ASAI	Índice de la disponibilidad promedio del servicio
ASUI	Índice de indisponibilidad promedio del servicio
ENS	Energía no suplida por el sistema
AENS	Energía promedio no suplido o Índice de corte de energía

SIMBOLOGÍA

ε	Constante de emisividad
Z	Impedancia
U	Indisponibilidad anual del elemento
X	Reactancia
R	Resistencia
λ	Tasa de falla estimada
r	Tiempo de reparación del elemento

CAPÍTULO 1. Introducción

1.1. Importancia y definición del Problema

La importancia del estudio de la calidad de servicio es un factor muy importante debido a la sensibilidad de los equipos y molestias en los usuarios. Actualmente este problema se ha tornado más complejo por el aumento de equipos electrónicos que son muchos más sensibles ante las variaciones del suministro, a esto súmese que todos los procesos industriales están automatizados y ante una interrupción podría provocar severas pérdidas económicas reflejadas no solo por la detención momentánea del proceso sino por el daño de los equipos y posible recuperación de materia prima.

Si bien es cierto que resulta imposible predecir la ocurrencia de fallas nuestra intención es disminuir el número de abonados afectados mediante la instalación de un sistema de protección efectivo que sea confiable y selectivo que cumpla con las leyes y reglamentos establecidos.

El presente trabajo, tiene como objetivo principal mejorar el diseño de distribución eléctrico de la Subestación Alborada basado en la Calidad de Servicio. Por esa razón es necesario establecer índices que permitan medir mediante comparación con otras empresas, relativamente mejores, la calidad de Servicio ofertada a los clientes.

La solución planteada deberá ser la mejor técnicamente hablando pero a su vez que sea económicamente viable para así llegar a un equilibrio entre costos de inversión y costos de interrupción.

1.2. Objetivos

- Realizar un estudio técnico de la situación actual de la empresa
- Obtener los índices de duración y frecuencia de fallas del sistema de distribución actual de la Subestación Alborada.
- Rediseñar la topología de la red y el sistema de protecciones de las alimentadoras de la subestación considerando el estudio de confiabilidad.
- Obtener la mejor solución técnica que sea económicamente viable.

1.3. ¿Qué es la CATEG?

De conformidad con lo que establece la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, los activos y pasivos de la Empresa Eléctrica del Ecuador Inc. (EMELEC) pasaron a ser administrados por el Consejo Nacional de Electrificación (CONELEC); en base a esto, se creó la Corporación para la Administración Temporal Eléctrica de Guayaquil (CATEG), institución de derecho privado, con finalidad pública y sin fines de lucro, amparada en el Decreto Ejecutivo N° 712 del 8 de agosto de 2003, publicado en el Registro Oficial N° 149, del 18 de agosto de 2003.

CAPÍTULO 2. Descripción del sistema eléctrico



CIB -ESPOL

2.1. Área de influencia

La Subestación Alborada está ubicada en el norte de Guayaquil en la Cdla. Alborada VI etapa Av. B. Carrión y C. B. Lavayen cercana al Centro Comercial "La Rotonda". Para la distribución de la energía, su área de influencia está integrada por cuatro alimentadoras, estas alimentadoras se muestran a continuación con los sectores a los que proveen en la Tabla 1.

ALBORADA	BENJAMIN CARRION
SECTORES	SECTORES
ALBORADA. 12 AVA ETP	ALBORADA. 9 NA ETP
ALBORADA. 11 AVA ETP	ALBORADA. 7 MA ETP
ALBORADA. 10 MA ETP	ALBORADA. 6 TA ETP
ALBORADA. 9 NA ETP	ALBORADA. 5 TA ETP
ALBORADA. 8 AVA ETP	ALBORADA. 4 TA ETP
ALBORADA. 7 MA ETP	ALBORADA. 3 RA ETP
ALBORADA. 6 TA ETP	-
SATIRION	TANCA MARENGO
SECTORES	SECTORES
LOTES SATIRION	ALBORADA 6 TA ETP
PARQUE INDUSTRIAL SRA PAREJA	AV. TANCA MARENGO (DESDE CATERPILLAR HASTA COLEGIO MARISCAL SUCRE)
TERRENOS SAN JOSE LA SALLE	
URBANIZACION MIRADOR DEL NORTE	-
JARDINES DE LA ESPERANZA	-
URBANIZACION LOS OLIVOS	-

Tabla 1

En la Tabla 1 se puede observar que tanto la alimentadora Alborada como Benjamín Carrión alimentan netamente a etapas de la Cdla. Alborada, mientras que la alimentadora Satirión alimenta al Sector Industrial Satirión y la alimentadora Tanca Marengo alimenta a sectores colindantes con la Av. de su mismo nombre.

2.2. Subestación

DATOS GENERALES

La Subestación Alborada se encuentra ubicada en la ciudadela Alborada VI etapa en la Avenida Benjamín Carrión y C. B. Lavayen, se construyó en el año de 1981. El terreno donde se encuentra asentada la subestación es de 430.6 m². La propiedad del terreno como es de esperar le pertenece a la empresa Eléctrica de Guayaquil.

Cerramiento:

Cercado perimetral de ladrillos rematada con malla, con 2 puertas abatibles para acceso vehicular y 1 puerta metálica para el acceso de personal.

Vivienda del guardián operador:

Edificación de una planta de hormigón de 56 m², con 1 dormitorio, 1 sala, 1 comedor, 1 cocina, y 1 baño

Cuarto del operador:

Edificación de 1 planta de hormigón de 8 m² con 1 baño

PATIO 69 KV

Estructuras:

Pórtico consistente de 2 torres de 10 m de alto, separadas 6 m y unidas con bandejas horizontales para soportar 1 seccionador de 69 KV, aisladores, pararrayos y portafusibles.

Las torres y la bandeja superior están hechas básicamente de hierro ángulo de 3"x3"x1/4" para los largueros y de 2"x2"x1/4" para los tirantes. Las torres descansan sobre bases de hormigón armado, sujetas con pernos de acero empotrados.

Aisladores y Herrajes:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Aisladores 69 KV tipo poste para estructura	-
Aisladores 69 KV tipo pin para estructura tangente	6
Terminales tipo talón 4/0 Cu	12

Tabla 2

Seccionador de aire con cuchillas de tierra:

Marca	Tipo	KV máx.	BIL (KV)	I _{continua} (A)	I _{inst} (KA)
MEMCO	EAB	69	350	600	40

Tabla 3

Interruptor en gas SF₆ (GCB):

Marca	Tipo	Serie	BIL (KV)	I _{continua} (A)	KV máx.	I _{interr} máx. (KA)	Año Fabric
ABB	72PM 40-20	B003903-04	350	1200	73	40	2003

Tabla 4

El GCB descansa sobre una base de hormigón armado de 1.4m x 1.25m, y esta sujeto con pernos de acero empotrados.

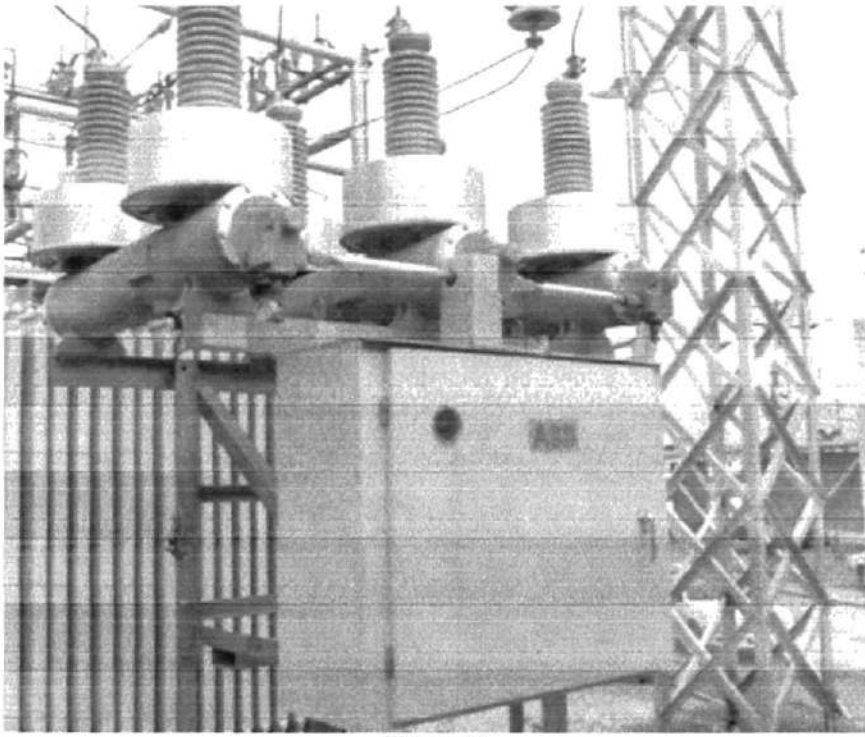


Figura 1

Portafusibles - fusibles:

Marca	Tipo Fusible	Amperaje Fusibles
S&C	SMD-1A	-

Tabla 5



Figura 2

Pararrayos en estructura 69 KV:

Fase	Marca	I _d máx. (KA)	V _{nominal} (KV)	Año	# unidad apilada
A	McGRAW EDISON	16.1	60	1977	1
	McGRAW EDISON	16.1	60	1977	2
B	McGRAW EDISON	16.1	60	1977	1
	McGRAW EDISON	16.1	60	1977	2
C	McGRAW EDISON	16.1	60	1977	1
	McGRAW EDISON	16.1	60	1977	2

Tabla 6

Conductores:

USADO PARA	69 KV	Aterrizamiento
Tipo de Cable	4/0 AWG Cu Desnudo	4/0 AWG Cu Desnudo
Longitud(Metros)	45	30

Tabla 7

TRANSFORMADOR DE PODER**Base:**

Base de hormigón armado de 4.7m x 2.5m

Transformador 67000/13800Y Voltios:

Marca	(MVA) OA/FA	No. De Serie	Imped. Z (%)	Volume n Aceite (GAL)	Peso Total (LBS)	Año Fabr.	REF.
ABB	18/24	HCB3947-04T	7.34	2338	64000	1982	82-31

Tabla 8

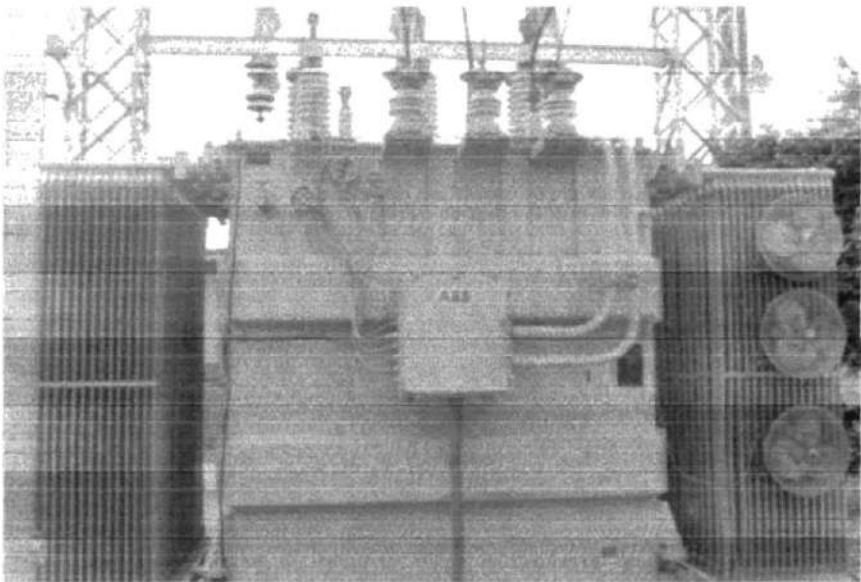


Figura 3

Pararrayos sobre el Transformador del lado de Alta Tensión:

FASE	MARCA	TIPO	# SERIE	I_d máx. (KA)	$V_{nominal}$ (KV)	MCOV (KV)	# Unidad Apilada
A	ABB	EXLIM-Q	98D5251	80	60	48	1
B	ABB	EXLIM-Q	98D522	80	60	48	1
C	ABB	EXLIM-Q	98D5253	80	60	48	1

Tabla 9

Pararrayos sobre el Transformador del lado de Baja Tensión:

FASE	MARCA	TIPO	# SERIE	I_d máx. (KA)	$V_{nominal}$ (KV)	MCOV (KV)	# Unidad Apilada
A	ABB	EXLIM-Q	98D5211	65	12	10.2	1
B	ABB	EXLIM-Q	98D5212	65	12	10.2	1
C	ABB	EXLIM-Q	98D5213	65	12	10.2	1

Tabla 10

PATIO 13.8 KV

Estructuras:

3 pórticos de 7m de alto contruidos con tubos de hierro de 6" de diámetro unidos entre sí sobre base de hormigón armado de 8m x 4m, sujetos con pernos de acero empotrado y con soportes para 4 niveles de barra, 4 seccionadores de interconexión, 1 seccionador principal y 4 salidas de alimentadoras.

Aisladores y Herrajes:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
AISLADOR DE SUSPENSIÓN 15KV	90
AISLADORES PIN 15KV	3
CAJA FUSIBLE 100A- 15KV	
GRAPA TERMINAL 500 MCM	24
GRAPA TERMINAL 1000 MCM	18
GRAPA DE 2 PERNOS 4/0 AWG - 500	33
GRILLETE TIPO "T" 500 MCM	15
GRILLETE TIPO "T" 1000 MCM	6
GRILLETE TIPO PEN 4/0 - 1000 MCM	
GRILLETE TIPO TORTUGA 500 MCM	-
GRILLETE TIPO TORTUGA 1000 MCM	6
PERNO DE OJO 5/8"	39
PERNO DE OJO 3/4"	
TERMINALES TIPO TALÓN 4/0	15
TERMINALES TIPO TALÓN 1000 MCM	6

Tabla 11

Seccionador de aire principal:

MARCA	TIPO	KV máx.	BIL (KV)	I _{continua} (A)	I _{inst} (KA)
G&W	MK-40	15.5	110	1200	61

Tabla 12



CIB-ESPOL

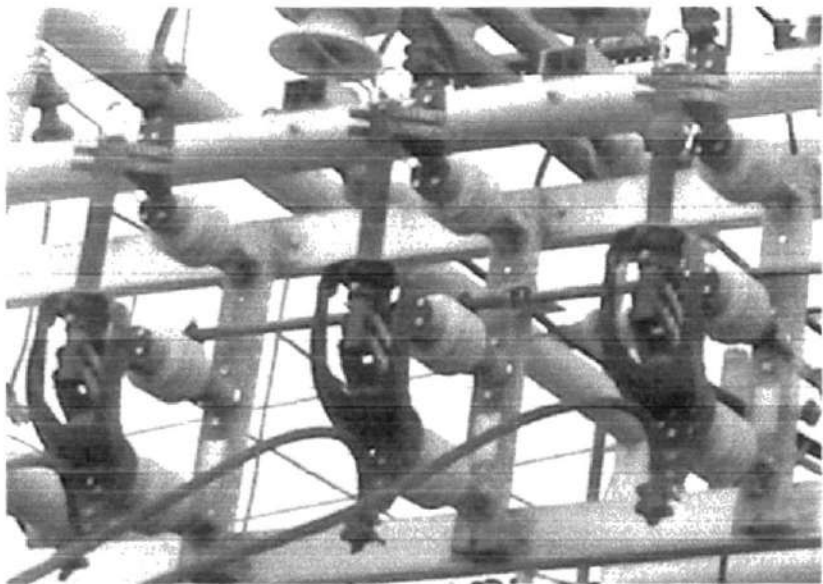


Figura 4

Reconectores de las alimentadoras:

Alimentadora	# Serie	Medio Aislante	Marca	Tipo	KV máx.	BIL (KV)	I _{cont} (A)	I _{interr} máx. (KA)	Año
Alborada	17667	Aceite interrup. en vacío	Cooper McGraw Edison	VWE	14.4	110	560	12	2002
B. Carrión	17669				14.4	110	560	12	2002
Satirión	17788				14.4	110	560	12	2002
T. Marengo	17789				14.4	110	560	12	2002

Tabla 13

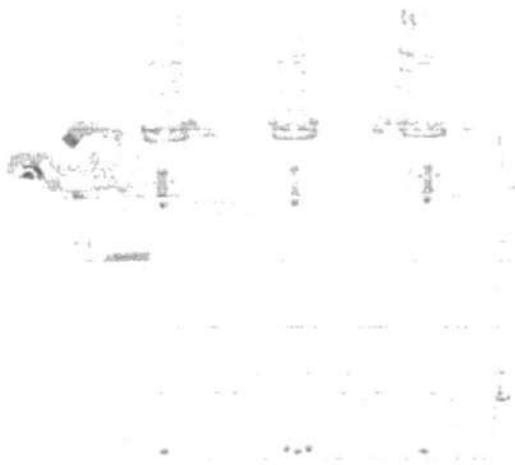


Figura 5

Controles de las alimentadoras:

ALIMENTADORA	MARCA	FORMA	SERIE
ALBORADA	COOPER	4C	237819
B. CARRION	COOPER	4C	238090
SATIRIÓN	COOPER	4C	238102
T. MARENGO	COOPER	4C	223316

Tabla 14

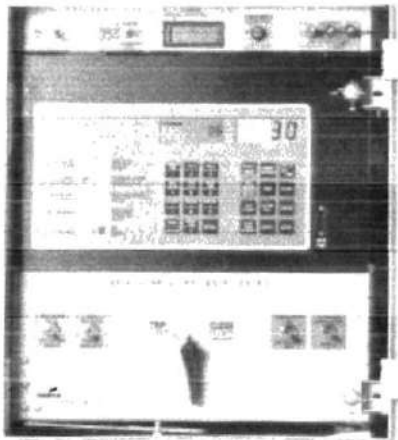


Figura 6

Cuchillas seccionadoras de las alimentadoras:

Alimentadora	BIL (KV)	I _{cont} (A)	I _{inst} (KA)	MARCA/TIPO					
				Entrada de alimentadora			Salida de alimentadora		
				Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C
Alborada	110	600	40	Memco	Memco	Memco	Memco	Memco	Memco
B. Carrión	110	600	40	Porter	Porter	S&C	Memco	Memco	Memco
Satirión	110	600	40	Memco	Memco	Memco	Memco	Memco	Memco
T. Marengo	110	600	40	Memco	Memco	Memco	Memco	Memco	Memco

Tabla 15

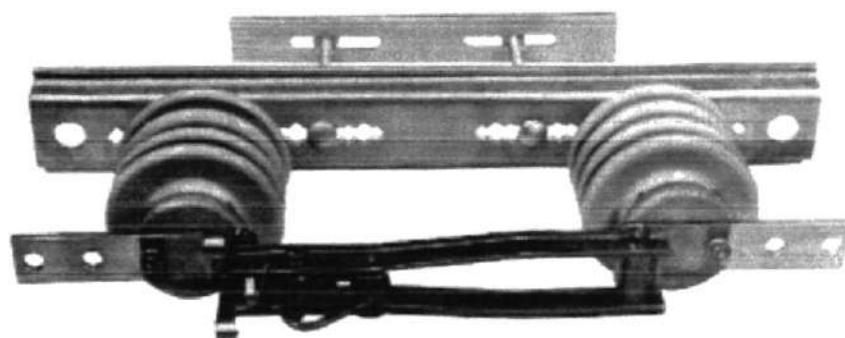


Figura 7

Seccionadores de interconexión entre alimentadoras:

Alimentadora	Marca	Tipo	KV máx.	BIL (KV)	CAPAC. (A)	I_{inst} (KA)
Alborada	G&W	MK-40	15.5	110	600	40
B. Carrión	G&W	MK-40	15.5	110	600	40
Satirión	G&W	MK-40	15.5	110	600	40
T. Marengo	G&W	MK-40	15.5	110	600	40

Tabla 16

Conductores:

Usado Para	Barra Principal	Barra Transferencia	Puentes Reconectador - Cuchilla	Aterrizamiento
Tipo de cable	1000 Mcm Cu	500 Mcm Cu desnudo	500 Mcm aislado 15KV	4/0 Awg Cu desnudo
Longitud (metros)	60	60	27	20

Tabla 17

Transformadores de potencial:

Fase	Marca	Tipo	Relación (70:1)	BIL (KV)	Serie	BURDEN	Precisión
A	G.E.	JVW	8400/120	110	3638136	1500	-
B	G.E.	JVW	8400/120	110	4284292		
C	G.E.	JVW	8400/120	110	3638028	1500	-

Tabla 18

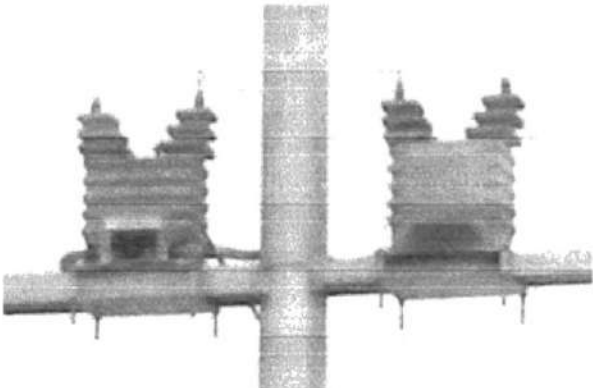


Figura 8

Transformador de auxiliares:

Marca	Tipo	Capacidad (KVA)	Relación	Serie
GE.	CSP	10	7620/120-240 V	13/1667

Tabla 19



Figura 9

Banco de capacitores desconectable (fuera de la subestación):

Capacidad (KVAR)	Componentes del Banco	Datos	Fase A	Fase B	Fase C
3x300	Interruptores en aceite	Marca	G.E.	G.E.	G.E.
		Tipo	FKC-2	FKC-2	FKC-2
		Serie	E494633	E504667	E494655
	Capacitores	Marca	G.E.	G.E.	G.E.
		Tipo	Dielektrol	Dielektrol	Dielektrol
		Serie	E465559	E465562	E465568
	Control de Reactivo	Marca	FISHER PIERCE		
		Tipo			
		Serie			

Esta conectado a la salida de la alimentadora Alborada.

Tabla 20

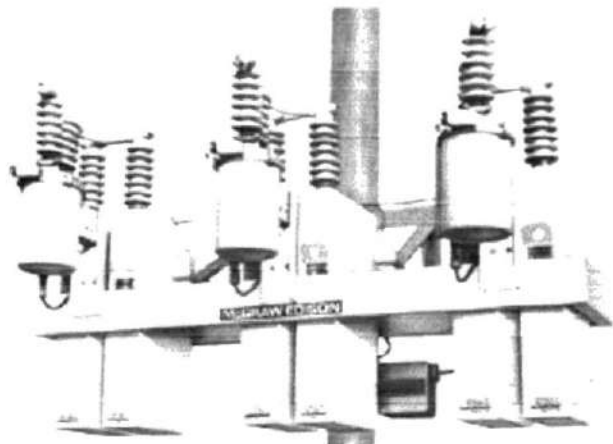


Figura 10

CUARTO DE CONTROL

Edificación:

El cuarto de control es de hormigón, con un área de 7 m²

Banco de baterías:

CARGADOR DE BATERÍAS								
Marca	Modelo	Serie	Entrada A.C.			Salida D.C.		
			Voltaje	Amper.	Hz	Voltaje	Amper.	Rizado
GNB	GCS48S6	93PS349	120	6	60	48	6	

Tabla 21

BATERÍAS				
#	1	2	3	4
Voltaje	12	12	12	12
AH	115	115	115	115
Marca	MOTOREX	MOTOREX	MOTOREX	MOTOREX

Tabla 22

Tableros:

Uno metálico con paneles de breakers AC y DC donde van montados el medidor Quantum y los dispositivos de protección y control. Otro metálico donde van montados los medidores Fulcrum.

Medición:

Medidor	Servicio	Marca	Tipo	Serie	Voltaje	Clase	Elem.
Quantum	Totalizador redundante	Schlumberger	ST-Q210	84609409	120	10	2 1/2
Fulcrum	Alborada	Schlumberger	SQ400	14533261	120	20	2 1/2
Fulcrum	B. Carrión	Schlumberger	SQ400	97016043	120	20	2 1/2
Fulcrum	Satirión	Schlumberger	SQ400	14533262	120	20	2 1/2
Fulcrum	T. Marengo	Schlumberger	SQ401	19412358	120	20	2 1/2

Tabla 23

Cada medidor está instalado con una base socket clase 20 trifásica de 13 terminales y un switch de prueba de 9 terminales.

Dispositivos de protección y control:

Descripción	Marca	Tipo	Cantidad
Relé de baja frecuencia	ABB	ITE-81	1
Panel de alarmas	PANALARM	910DC48T	1
Relé TPU	ABB		
Switch cierre - disparo GCB	G.E.		
Relé lockout auxiliar baja	G.E.	HEA61	1
Relé lockout para TPU	G.E.		
Regletas de corto circuito 6	G.E.		2
Regletas de 12 puntos	G.E.	EB25L12	4
Breakers 20 2P	G.E.	THQC	8
Breakers 20 1P	G.E.	THQC	9
Contactor con temporizador	Telemecanique		1

Tabla 24

Cables de control:

Descripción	Tipo Aislam.	Cantidad (Metros)
Cable concéntrico Cu 4 #12 AWG	TW	97
Cable concéntrico Cu 3 #12 AWG	TW	25
Cable concéntrico Cu 8 #12 AWG	TW	109
Cable concéntrico Cu 3 # 10 AWG	TW	20
Cable concéntrico Cu 4# 6AWG	TW	20
Cable Cu #16 AWG	TW	35
Cable Cu #14 AWG	TW	40
Cable Cu #12 AWG	TW	420
Cable Cu #10 AWG	TW	25
Cable Cu #8 AWG	TW	18

Tabla 25

MALLA DE TIERRA

El sistema de aterrizamiento de la subestación consta de:

- 11 varillas de cobre de 5/8"x8' para puesta a tierra
- 80 m de cable de cobre desnudo #4/0 AWG

2.3. Alimentadoras

La Subestación Alborada dispone de cuatro alimentadoras cuyas áreas de influencia son básicamente los sectores de La Alborada. Las ubicaciones de las cuatro alimentadoras se presentan en la tabla siguiente:

ALIMENTADORAS	Ubicación	
	Desde	Hasta
Alborada	Cdla. Alborada VI etapa Av. B. Carrión y C. B. Lavayen	Av. Fco de Orellana y Jose Maria Roura Oxandaberra
Benjamín Carrión	Cdla. Alborada VI etapa Av. B. Carrión y C. B. Lavayen	Av. Isidro Ayora y Demetrio Aguilera M.
Satirión	Cdla. Alborada VI etapa Av. B. Carrión y C. B. Lavayen	Av. Juan Tanca Marengo y Transversal 36 NO
Tanca Marengo	Cdla. Alborada VI etapa Av. B. Carrión y C. B. Lavayen	Av. Juan Tanca Marengo y Pasaje 38 NO

Tabla 26

En la Tabla 26 se especifica las direcciones desde el arranque de la alimentadora (ubicación de la Subestación) siguiendo el camino que recorre la troncal hasta donde esta termina.

Se ha identificado una particularidad en las alimentadoras en cuanto a tipo de clientes se refiere. Como se puede observar en la Tabla 27 se tiene que dos de ellas alimenta clientes de tipo residencial y comercial (Alimentador Alborada y Alimentador Benjamín Carrión) y las otras dos alimentan clientes de tipo industrial y residencial, siendo los clientes

industriales los que se encuentran en gran porcentaje (Alimentador Satirión y Alimentador Tanca Marengo).

ALIMENTADORAS	TIPO DE CARGA
Alborada	Residencial y Comercial
Benjamín Carrión	Residencial y Comercial
Satirión	Residencial e Industrial
Tanca Marengo	Residencial e Industrial

Tabla 27

En la Tabla 28 se muestra la carga máxima conectada a las alimentadoras para el año 2006. En esta se observa que la alimentadora Benjamín Carrión es la que mayor carga conectada tiene y la alimentadora Tanca Marengo es la que tiene menos carga.

Alimentadoras	Carga máxima[MW]
Alborada	5.35MW
Benjamín Carrión	7.92MW
Satirión	4.61MW
Tanca Marengo	2.17MW

Tabla 28

Los alimentadores en cuanto a ramales se refiere disponen de ramales trifásicos (3Φ), bifásicos (2Φ), y monofásicos (1Φ) y los calibres de los conductores son: 336 mcm para las troncales, 3/0 para ramales trifásicos de grandes distancias, #2: para ramales trifásicos de distancias cortas, para

ramales bifásicos y ramales monofásicos. En la Tabla 29 se presentan los tipos de ramales asociados con los calibres de los conductores.

Tipos de Ramales	Calibre del Conductor	Propósito
Trifásicos (3Φ)	336 mcm	Troncales
	3/0	Distancias Largas
	#2	Distancias Cortas
Bifásicos (2Φ)	#2	Cargas 3Φ y 1Φ
Monofásicos (1Φ)	#2	Cargas 1Φ

Tabla 29

Para propósitos de cálculos se asignó una nomenclatura a los ramales y sus combinaciones con los calibres de los conductores. Tal como se observa en la Tabla 30 para la troncal se asignó la letra “a”, para ramales trifásicos con calibre 3/0 se asigno la letra “b”, para ramales trifásicos con calibre #2 se asignó la letra “c”, para ramales bifásicos con calibre #2 se asignó la letra “d”, para ramales monofásicos con calibre #2 se asignó la letra “e”.

Nomenclatura de Ramales	Descripción
A	Troncal, calibre 336
B	Ramal trifásico, calibre 3/0
C	Ramal trifásico, calibre #2
D	Ramal bifásico, calibre #2
E	Ramal monofásico, calibre #2

Tabla 30



La Tabla 31 describe por alimentadora la distancia en kilómetros de los distintos tipos de ramales.

ALBORADA		BENJAMÍN CARRIÓN	
TIPO DE RAMAL	DISTANCIA (Km)	TIPO DE RAMAL	DISTANCIA (Km)
a	1.346	a	2.294
b	0.641	b	2.539
c	1.789	c	0.963
d	1.003	d	2.526
e	8.638	e	15.315
SATIRIÓN		TANCA MARENGO	
TIPO DE RAMAL	DISTANCIA (Km)	TIPO DE RAMAL	DISTANCIA (Km)
a	3.651	a	2.365
b	1.494	b	0.370
c	4.158	c	1.002
d	1.501	d	0.000
e	3.983	e	0.937

Tabla 31

Diagramas de Alimentadoras

A continuación se mostrarán el diagrama físico de cada alimentadora.

Alimentadora Satirión

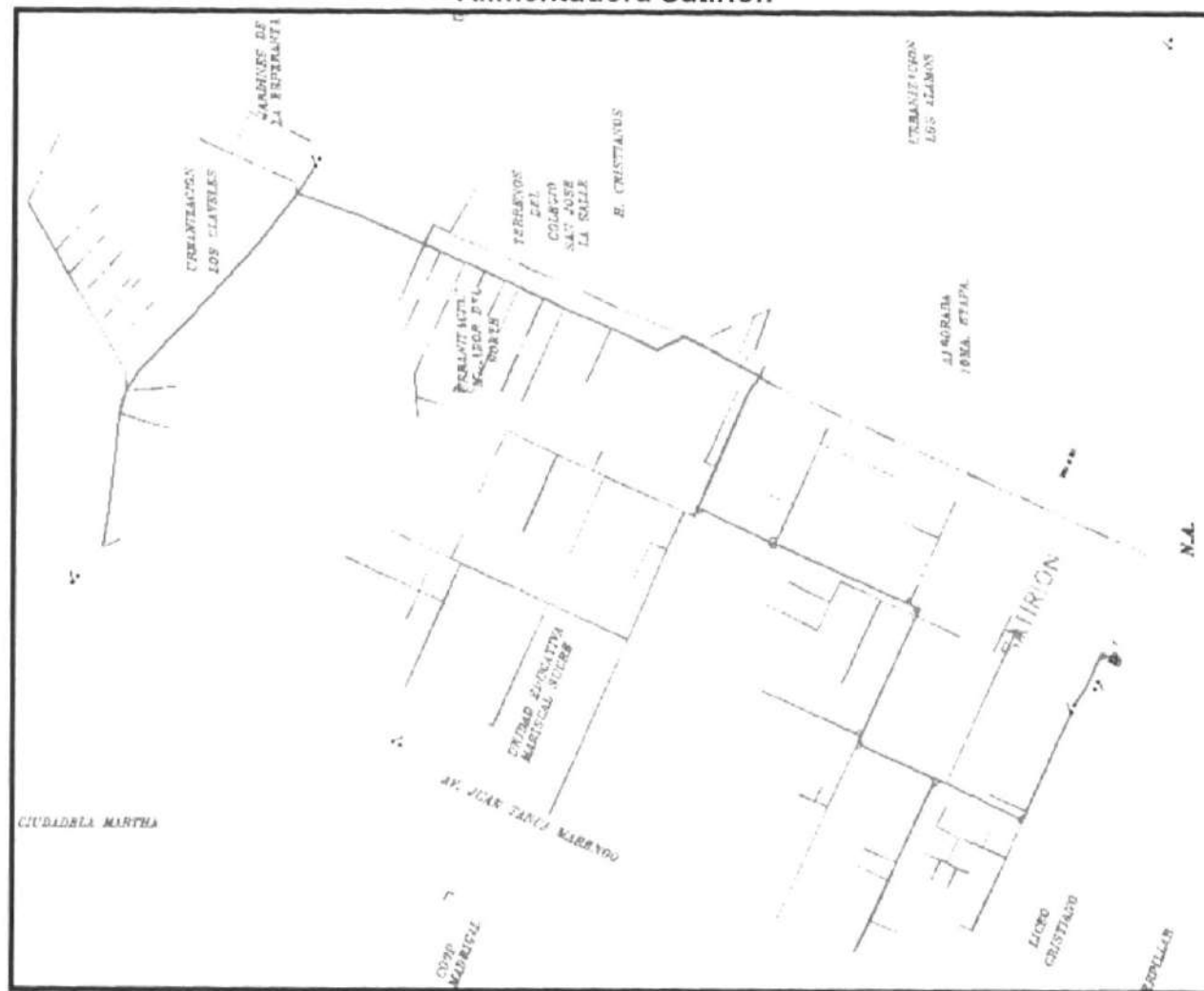


Figura 13

Alimentadora Tanca Marengo

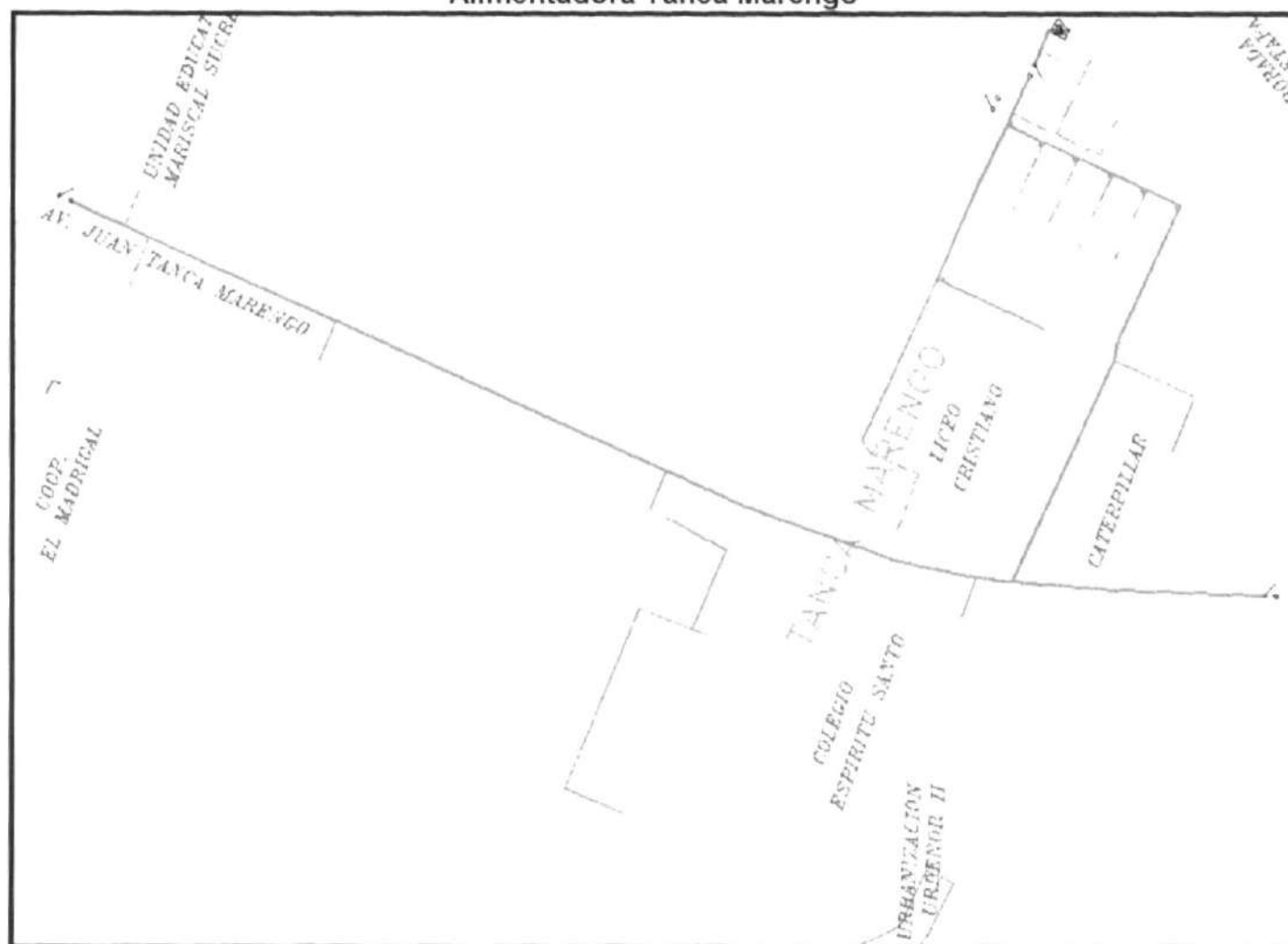


Figura 14

Subestación Alborada con sus 4 alimentadoras



Figura 15

Capacidad de la troncal

Capacidad Térmica

Una de las principales consideraciones en la capacidad de transporte de los conductores aéreos de las líneas de distribución es el efecto del calentamiento del conductor por el flujo de la corriente.

La capacidad de los conductores es generalmente fijada por la corriente que bajo las condiciones de operación no producirá suficiente calentamiento para afectar las propiedades del mismo.

La Temperatura máxima de operación, para conductores desnudos tensados usualmente está entre 70°C y 80°C, con 100°C o más permitido solo en limitadas emergencias

Los factores importantes que afectan la capacidad para una temperatura dada son:

- Velocidad del viento
- Emisividad de la superficie del conductor
- Presión atmosférica (afecta la capacidad con la altura)
- Temperatura Ambiente

En el presente caso de estudio se considerará lo siguiente:

En la zona de influencia de la Subestación Alborada no recorre un viento con velocidad considerable por lo tanto no se tomará en cuenta.

Conductores nuevos instalados tienen una constante de emisividad $\varepsilon = 0.23$ y puede llegar a 0.9 después de varios años de uso. Un valor de $\varepsilon = 0.5$ provee un factor de seguridad para la mayoría de los conductores al aire libre que han sido instalados por varios años.

Guayaquil está al nivel del mar cuya presión atmosférica es de 1 atmósfera.

Por último, una práctica usual es asumir una temperatura ambiente de 40°C para conductores aéreos.

Para la determinación de la capacidad del conductor de la troncal se considerará los gráficos del libro "Aluminum Electrical Conductor Handbook, 2da edición"

La figura 3-12 del libro anteriormente mencionado muestra que para un incremento de 40°C, es decir, para una temperatura de operación de 80°C y un conductor 336.4 MCM, la capacidad de corriente es alrededor de 375 amperios; lo que equivale a 9 MVA trifásicos a un voltaje de 13.8KV. Además se considera la no presencia de sol, ya que normalmente la máxima carga ocurre en horas donde los rayos solares no pegan directamente o es de noche; esto es válido sólo para las alimentadoras Benjamín Carrión y Alborada.

Para las alimentadoras Tanca Marengo y Satirión que su carga predominante es del tipo industrial se tiene que la máxima carga comienza alrededor de las 11 a.m y termina en horas de la tarde; en este caso se debe considerar el efecto del sol y se lo hará de la siguiente manera:

Observe el gráfico 3-14 del libro "Aluminum Electrical Conductor Handbook, 2da edición"; este gráfico consiste en factores de multiplicación para varias condiciones de emisividad, altura y presencia de sol. Para el presente estudio se tomará de la ilustración la curva C que para un diámetro de conductor de 0.721" que es el de 336 MCM configuración 26 hilos de aluminio y 7 de acero y una $\varepsilon = 0.5$ se tiene que el factor de reducción es 0.9. Por lo tanto, la capacidad del conductor es de $0.9 \times 375 = 337.5$ [A] que equivale a 8 MVA.

Por esa razón es política de la Categ que una vez que la máxima carga bordea los 8 MVA para cualquier alimentadora se debe transferir ramales de esa alimentadora a otra que este menos cargada.

2.4. Transformadores de distribución

Los transformadores de distribución son los equipos encargados de cambiar la tensión primaria a un valor menor de tal manera que el usuario pueda utilizarla sin necesidad de equipos e instalaciones costosas y peligrosas. En otras palabras, el transformador de distribución es la liga entre los alimentadores primarios y los alimentadores secundarios.

La capacidad del transformador se selecciona en función de la magnitud de la carga, debiéndose tener especial cuidado en considerar los factores que influyen en ella, tales como el factor de demanda y el factor de coincidencia.

La Empresa Eléctrica suministrará e instalará sus transformadores en su sistema de distribución, para consumidores con una demanda de hasta 30 KW, siempre que no se encuentren ubicados en urbanizaciones o lotizaciones donde existan situaciones especiales. Si la demanda excede de 30 KW, el consumidor suministrará e instalará sus propios transformadores dentro de un cuarto habilitado para el efecto, cuya capacidad y tipo de conexión se especificará en el diagrama unifilar del proyecto eléctrico que se presentará a esta empresa para su aprobación. [Ver anexos]

Los transformadores instalados en las redes de distribución aéreas son monofásicos y se los encuentran en las siguientes marcas: Ecuatran, Westinghouse, General Electric, ABB, Cooper Power, Inatra. Cuando se

requiera de transformadores monofásicos Padmounted se los puede encontrar en las siguientes marcas: Kuhlman, Cooper Power, Central Molones, Inatra y en cuanto a transformadores trifásicos se tiene: ABB, General Electric, Moretran, Inatra, Cooper Power.

A continuación se hará una revisión de los transformadores de distribución monofásicos y trifásicos en cada una de las alimentadoras. Se indicara la capacidad, cantidad por fase y se mostrará un diagrama de barras para observar la cantidad existente de transformadores por fase:

Transformadores de cada Alimentadora

Alimentadora Alborada

Transformadores Monofásicos.

	Fase a	Fase b	Fase c	Total
Número	97	65	88	250
KVA	4554	3399	4934	12887

Tabla 32

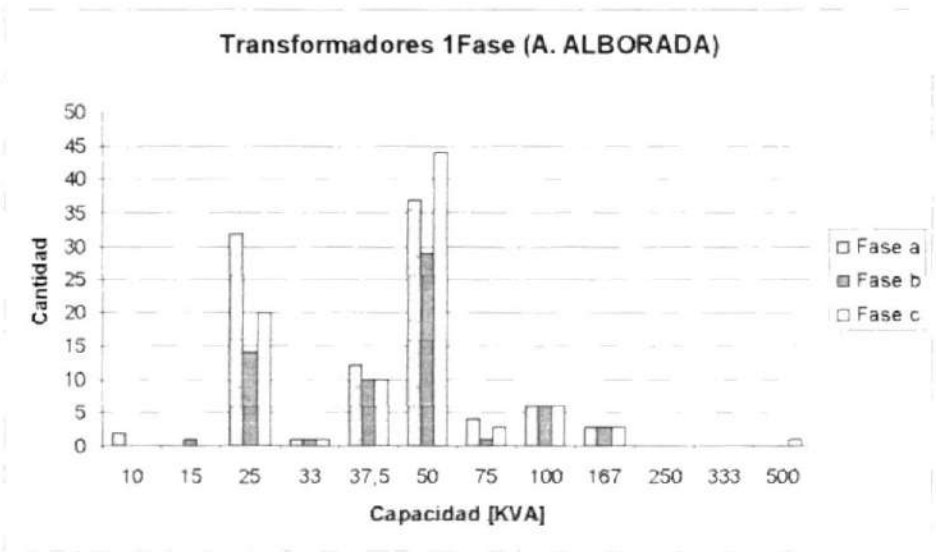


Figura 16

Transformadores Trifásicos.

Número	2
KVA	400

Tabla 33

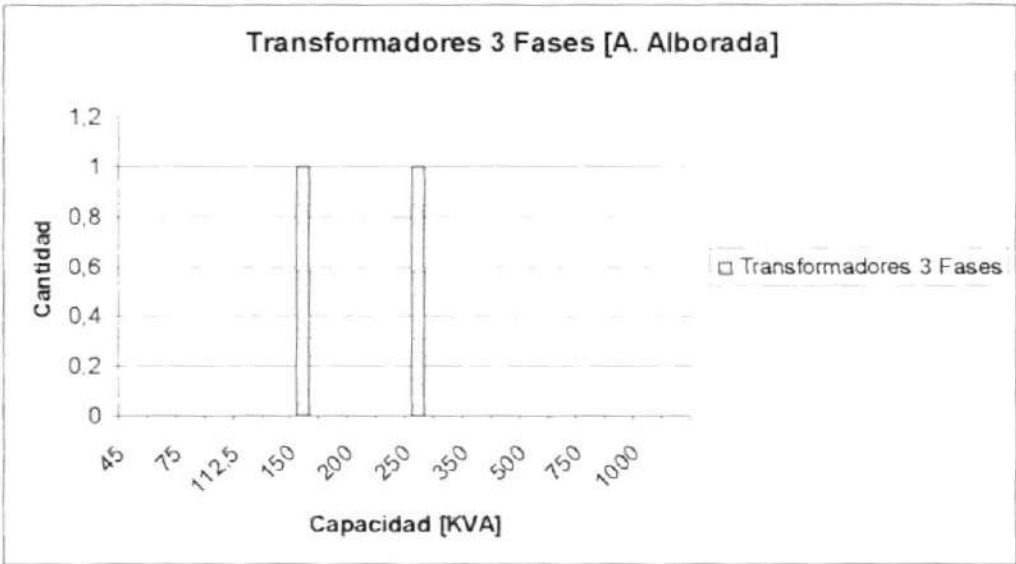


Figura 17

Número Total de Transformadores.

Número	252
KVA	13287

Tabla 34

Alimentadora Benjamín Carrión

Transformadores Monofásicos.

	Fase a	Fase b	Fase c	Total
Número	145	104	84	333
KVA	7117	5422	4562	17101

Tabla 35

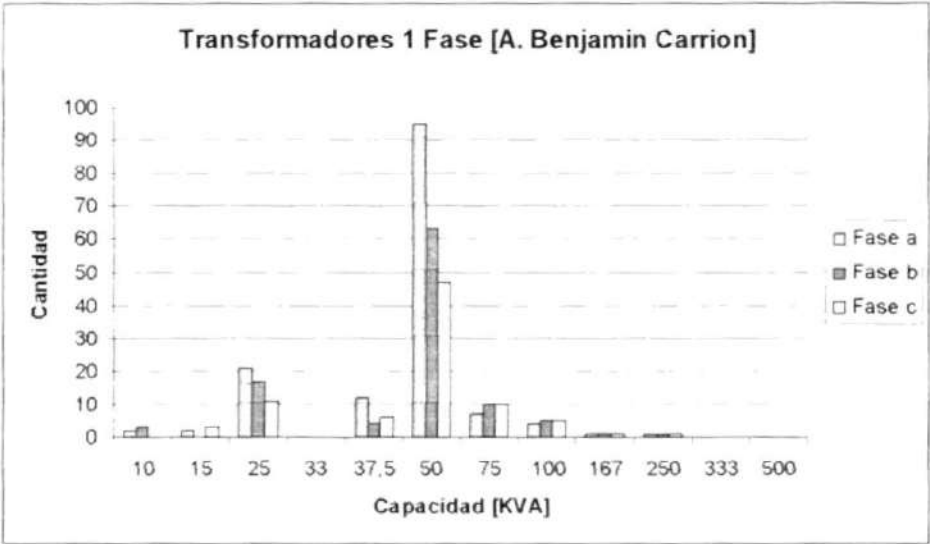


Figura 18

Transformadores Trifásicos

Número	7
KVA	1760

Tabla 36

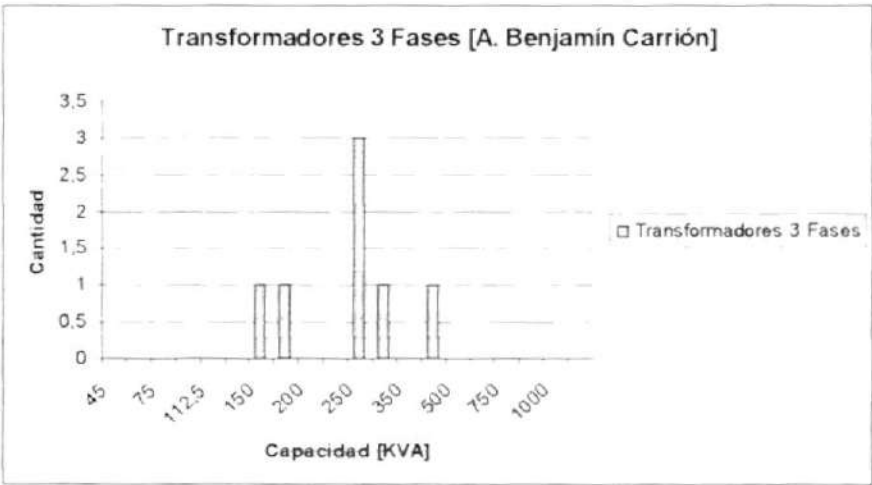


Figura 19

Número Total de Transformadores.

Número	340
KVA	18861

Tabla 37

Alimentadora Satirión

Transformadores Monofásicos.

	Fase a	Fase b	Fase c	Total
Número	48	45	72	165
KVA	2871,5	2711	3828,5	9411

Tabla 38

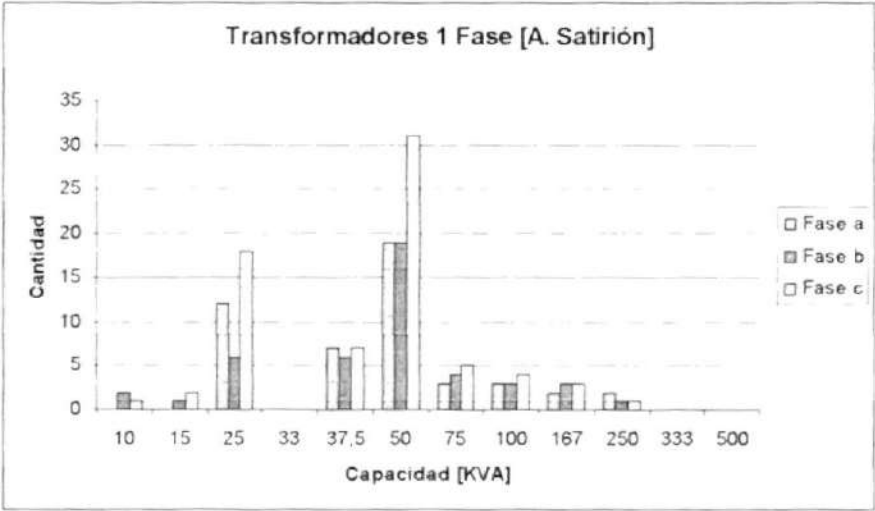


Figura 20

Transformadores Trifásicos

Número	30
KVA	9505

Tabla 39

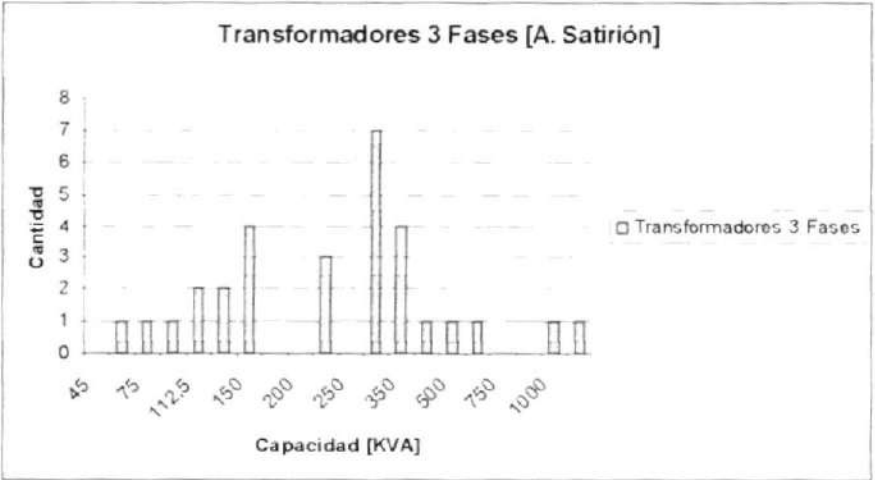


Figura 21

Número Total de Transformadores

Número	195
KVA	18916

Tabla 40

Alimentadora Tanca Marengo

Transformadores Monofásicos

	Fase a	Fase b	Fase c	Total
Número	25	10	14	49
KVA	1484	671,5	921,5	3077

Tabla 41

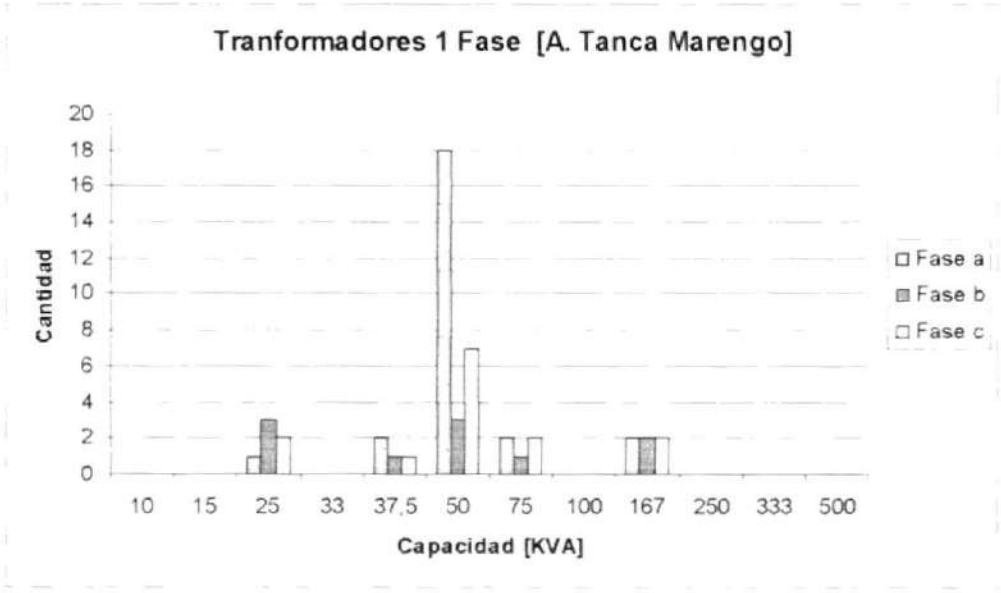


Figura 22

Transformadores Trifásicos

Número	7
KVA	1950

Tabla 42



CIB -ESPOL

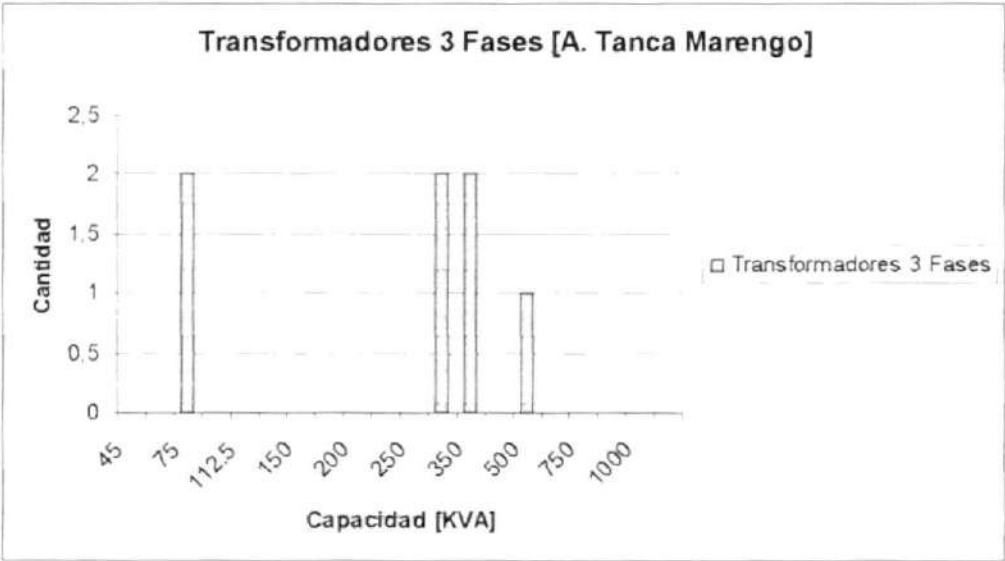


Figura 23

Número Total de Transformadores.

Número	56
KVA	5027

Tabla 43

2.5. Capacitores / Reguladores de voltaje

Capacitores

Los capacitores en distribución generalmente se instalan como bancos trifásicos en las troncales de las alimentadoras para compensar la potencia reactiva requerida por los usuarios y por los componentes inductivos de líneas y transformadores. Su función principal no es compensar caídas de voltaje, aunque ese y una pequeña disminución de las pérdidas en las líneas son beneficios marginales.

Cuando el consumidor requiera instalar capacitores con el propósito de corregir el factor de potencia, deberá consultar previamente con el Distribuidor antes de la adquisición o instalación de dichos equipos. La presentación del estudio técnico por parte del cliente para la instalación de un banco de capacitores es indispensable para que la Empresa pueda asegurar la calidad del servicio a los consumidores.

En la Tabla 44 se muestra la cantidad de bancos de capacitores instalados por alimentadoras, indicando la ubicación, la capacidad del banco, el tiempo y días de funcionamiento.



Figura 24 (Banco de capacitores sobre un poste)

Subestación	Alimentadora	Ubicación	KVAR	Configuración	Tipo	Días	Horario
Alborada	Alborada	Frente a S/E Alborada -Av. 3a	1200	3x400	Desconectable	L-D	8h00 - 22h00
		Calle 4ta-AV. 3a-6ta. Etapa Alborada	600	3x200	Desconectable	L-S	8h00 - 22h00
		Av. Fco de Orellana - J. M. Egas-3a Etapa Alborada	600	3x200	Fijo		
	Benjamín Carrión	Av. B. Carrión-Av. G. Pareja -8a Etapa Alborada	900	3x300	Desconectable	L-S	8h00 - 22h00
		Av. B. Carrión-Frente a 6ta Etapa Alborada	600	3x200	Fijo		
	Satirión	Av. Tanca Marengo-Entrada Transp. Litoral-5o Poste	600	3x200	Desconectable	L-S	8h00 - 22h00
		Lotización Satirión Diagonal a bodegas de Inproel	600	3x200	Fijo		
	Tanca Marengo	Av. Tanca Marengo-Pasando entrada Trans. Litoral	900	3x200	Fijo		

Tabla 44 (Capacitores instalados en las 4 alimentadoras de la Subestación Alborada)

Reguladores de Voltaje

El transformador de la subestación Alborada no utiliza regulador de voltaje.

En las alimentadoras tampoco se cuenta con regulador alguno.

2.6. Cargas

Ahora que ya se conoce de manera detallada los equipos y materiales eléctricos que conforman tanto la Subestación Alborada como cada una de sus alimentadoras, se procederá a hacer el respectivo análisis de demanda.

Como consecuencia, podremos conocer de una forma más óptima el comportamiento que las alimentadoras presentan a la hora de querer efectuar cualquier tipo de transición, ya sea por transferencia o por algún mantenimiento preventivo o correctivo.

Adicionalmente este análisis será útil para efectuar los cálculos de caída de voltaje que se presentarán en el siguiente capítulo, puesto que es necesario conocer los valores típicos de máxima y mínima potencia.

CURVAS DE DEMANDA DIARIA

Para obtener las curvas de demanda se realizará un análisis diario durante el año 2006 de cada una de las alimentadoras. Al final se procederá a obtener un solo promedio de estos días divididos en 2 grandes grupos que son:

Días Laborales.- Que están conformados por los días desde el lunes hasta el viernes.

Días Semi-festivos y festivos.- Conformados por los días sábado, domingos y feriados.



También se realizará un estudio anual durante los años 2003, 2004, 2005 y 2006, en donde se obtendrán los valores máximos y mínimos así como también el factor de carga de las alimentadoras.

Para el análisis de los datos fueron omitidos ciertos valores en donde se presentaron transiciones por transferencia de carga, por fallas o por interrupciones que no debían ser tomadas en cuenta a la hora de obtener la curva promedio de demanda. Se citarán dos ejemplos que se pueden apreciar en las figuras 25 y 26.

En la Figura 25 se muestra claramente una interrupción de la subestación Alborada el día domingo 2 de abril del 2006.

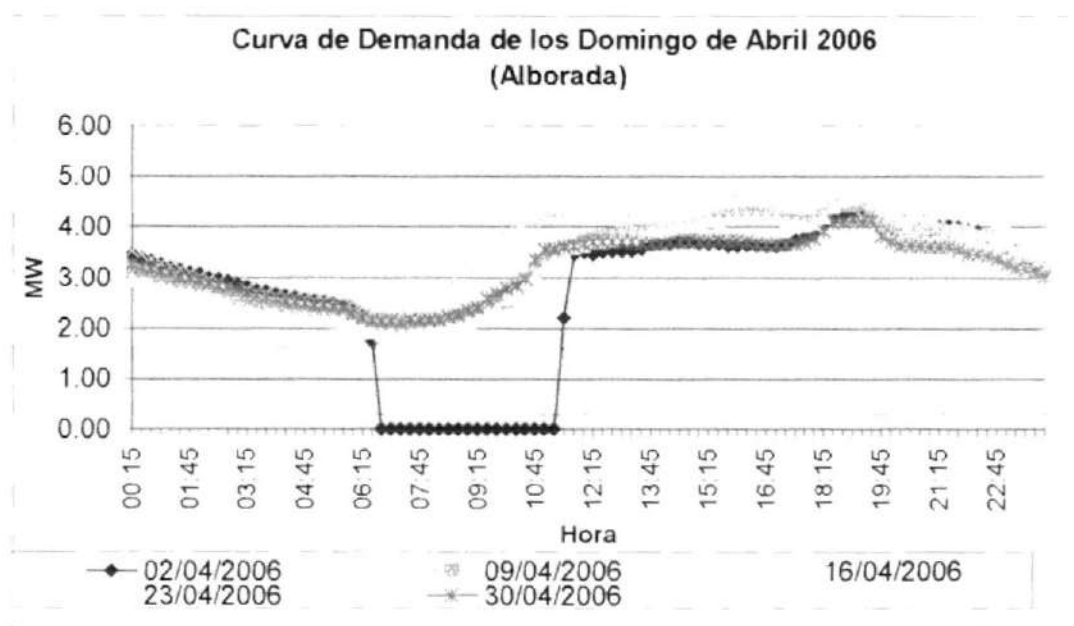


Figura 25

Mientras que en la Figura 26 se puede apreciar una transferencia el día jueves 12 de enero del 2006.

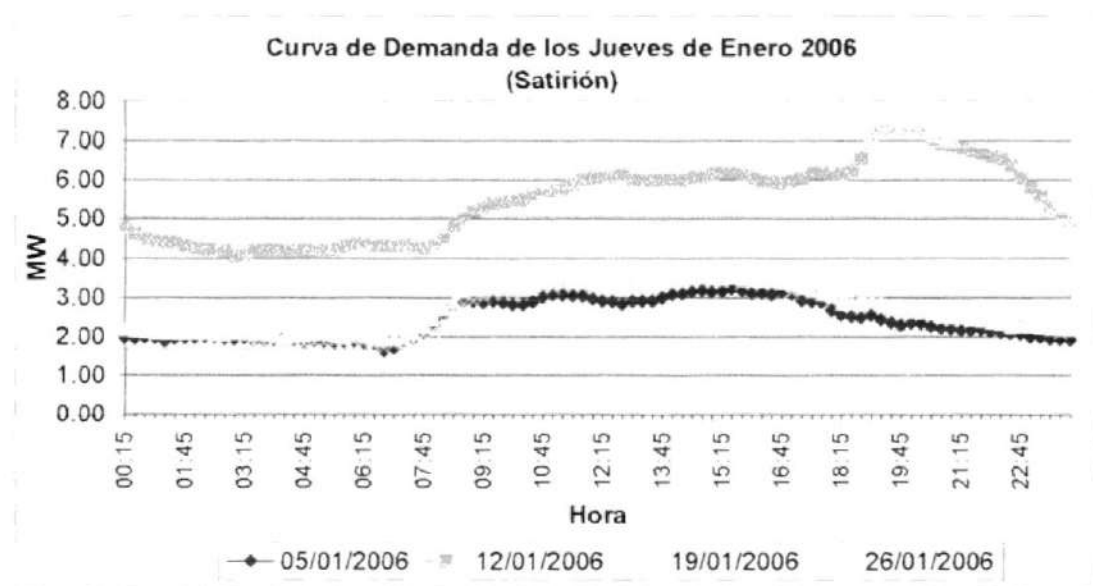


Figura 26

Curva Diaria Promedio de la alimentadora "ALBORADA"

DIAS LABORALES

Las típicas curvas de los días laborales en la alimentadora Alborada empiezan con una demanda de aproximadamente 3 MW a las 12am; presentando una disminución leve de 1 MW hasta las 7:30am en donde comienza a incrementarse durante las siguientes 5 horas a un valor promedio a los 4.5 MW. Este valor, que corresponde a su valor pico de demanda, se mantiene hasta las 9:15pm donde empieza a disminuir hasta llegar nuevamente a los 3MW al final de la noche (Ver Figura 27).

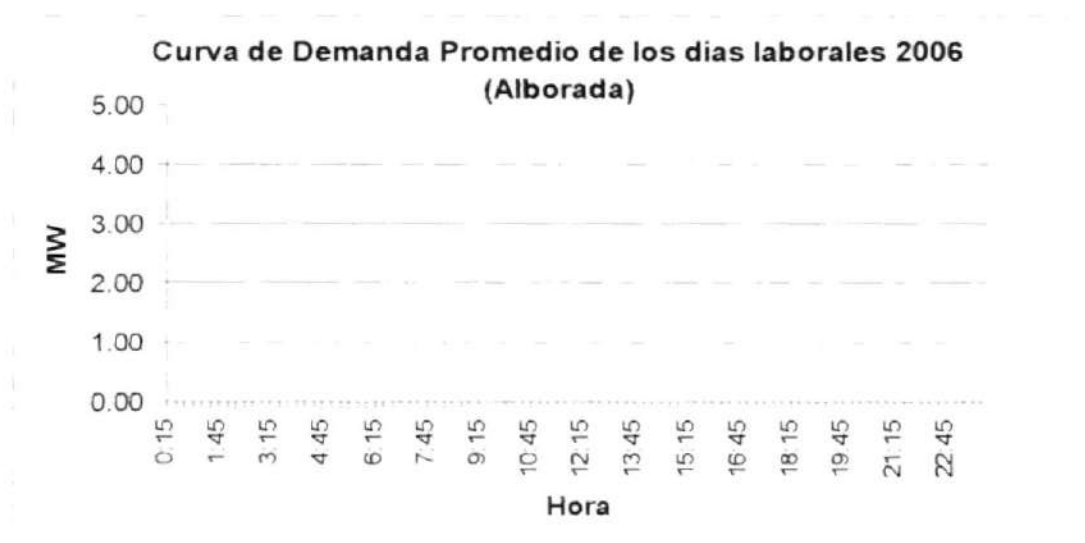


Figura 27

DIAS SEMI-FESTIVOS Y FESTIVOS

Como se puede apreciar las curvas de demanda de los fines de semanas son muy similares a la de los días laborales u ordinarios (Ver Figuras 28 y 29).

El tipo de carga predominante en la alimentadora Alborada es residencial aunque también existen zonas comerciales.

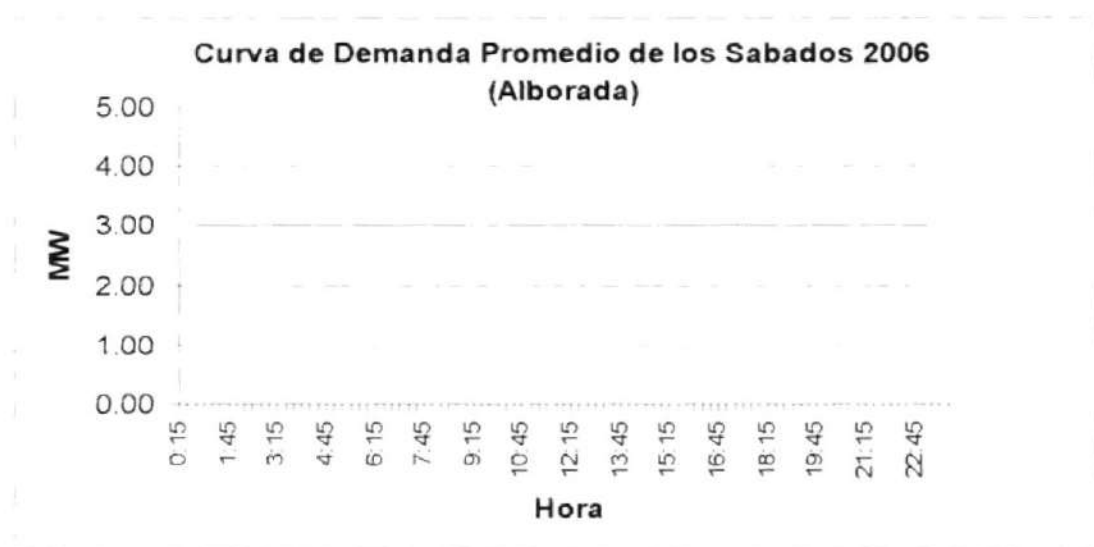


Figura 28

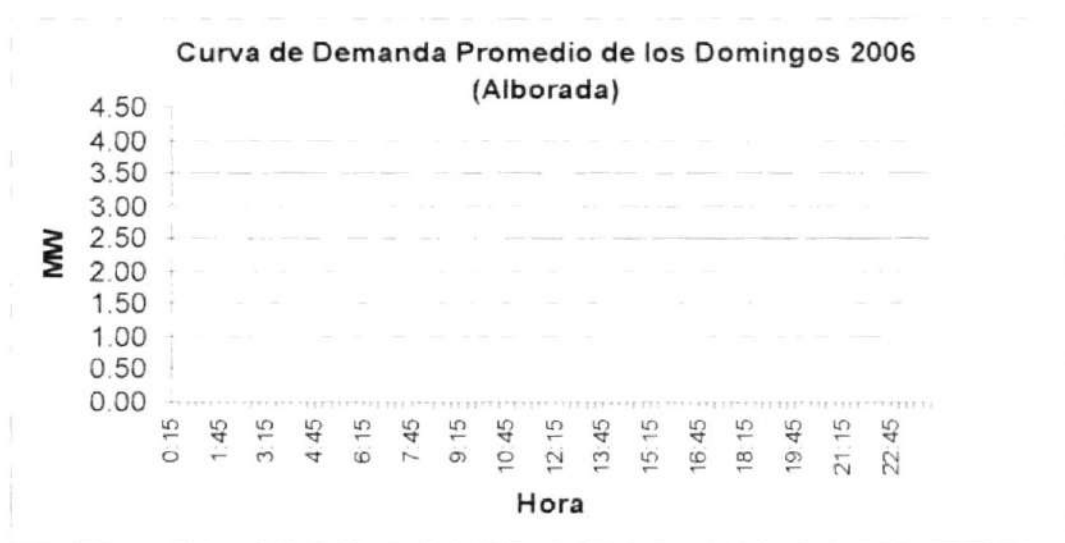


Figura 29

Curva Diaria Promedio de la alimentadora "BENJAMIN CARRIÓN"

DIAS LABORALES

La curva típica de demanda para los días laborales en la alimentadora Benjamín Carrión se muestra a continuación. (Ver Figura 30).

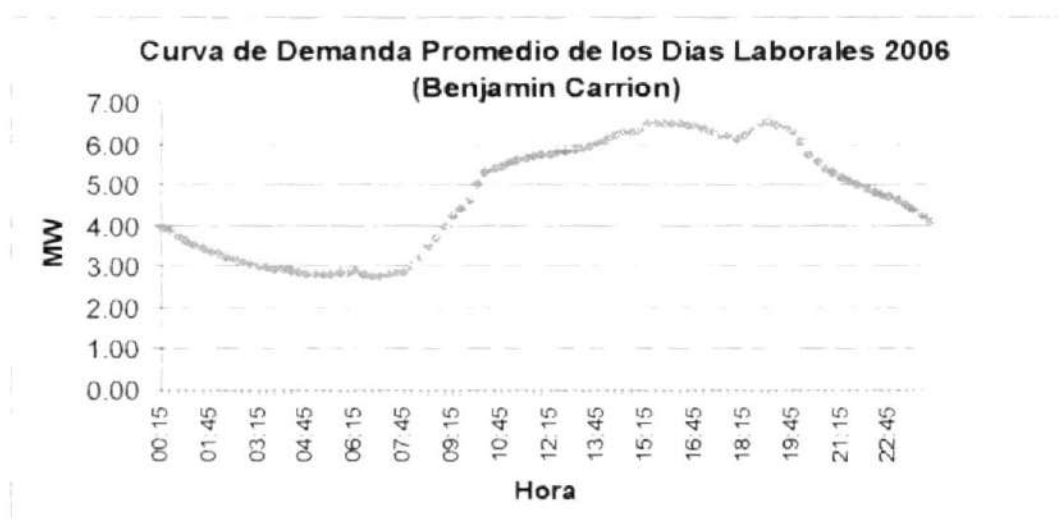


Figura 30

La demanda al inicio del día (12am) es de 4MW llegando a los 3MW hasta las 7:45am donde comienza a incrementarse hasta su valor máximo de 6.5 a 7 MW; permaneciendo así hasta las 8:00pm donde empieza a decrecer hasta una demanda de 4MW al final del día.

DIAS SEMI-FESTIVOS Y FESTIVOS

Como se puede apreciar la única diferencia entre la curva de demanda de los días laborales y fines de semanas radica en el valor pico de demanda. En los días laborales la máxima demanda llega hasta valores cercanos a los 7MW

mientras que los fines de semana estos valores se encuentran entre 5 y 6 MW.



Figura 31



Figura 32

El tipo de carga en la alimentadora Benjamín Carrión es residencial y comercial.



Curva Diaria Promedio de la alimentadora "SATIRION"

DIAS LABORALES

Las típicas curvas de los días laborales en la alimentadora Satirión empiezan a las 12am con una demanda aproximada de los 2.5 MW presentando una disminución leve de 0.5 MW hasta las 7:30am; en donde comienza a incrementarse durante las siguientes 2 horas a un valor promedio de los 3.75MW. Empieza a disminuir a partir de las 5:00pm hasta llegar nuevamente a los 2.5 MW al final de la noche.

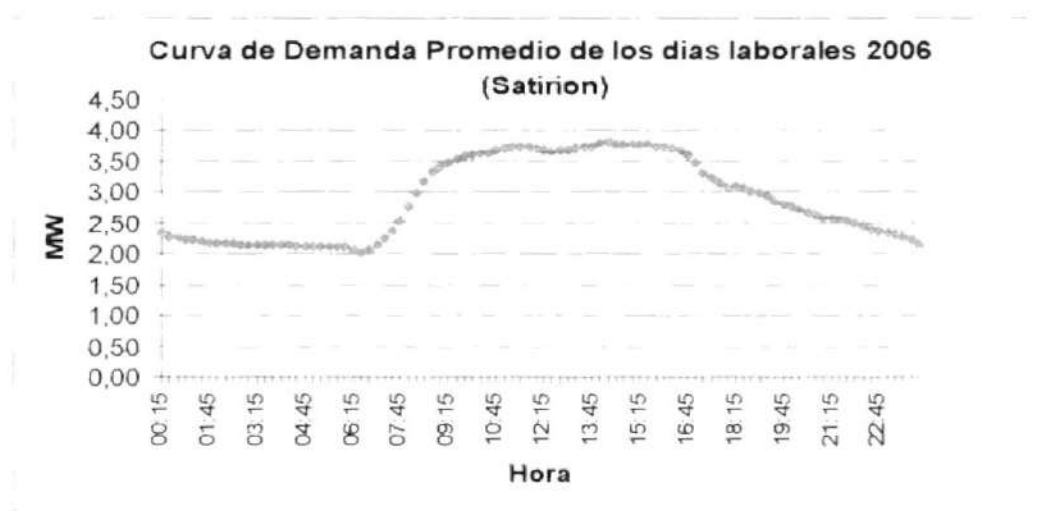


Figura 33

DIAS SEMI-FESTIVOS Y FESTIVOS

A diferencia de las alimentadoras anteriores, las curvas de demanda de los fines de semana son diferentes a la de los días laborales.

Como se puede apreciar en las figuras 34 y 35 mostradas a continuación, la demanda a las 12:00am empieza con los 2 MW donde disminuye levemente

hasta llegar a 1.5MW a la 6:15am; donde nuevamente comienza a incrementarse hasta llegar a su valor pico que corresponde a los 2.5MW permaneciendo así hasta las 2:00pm. Después de esta hora empieza a disminuir lentamente hasta llegar a los 2MW al final del día.

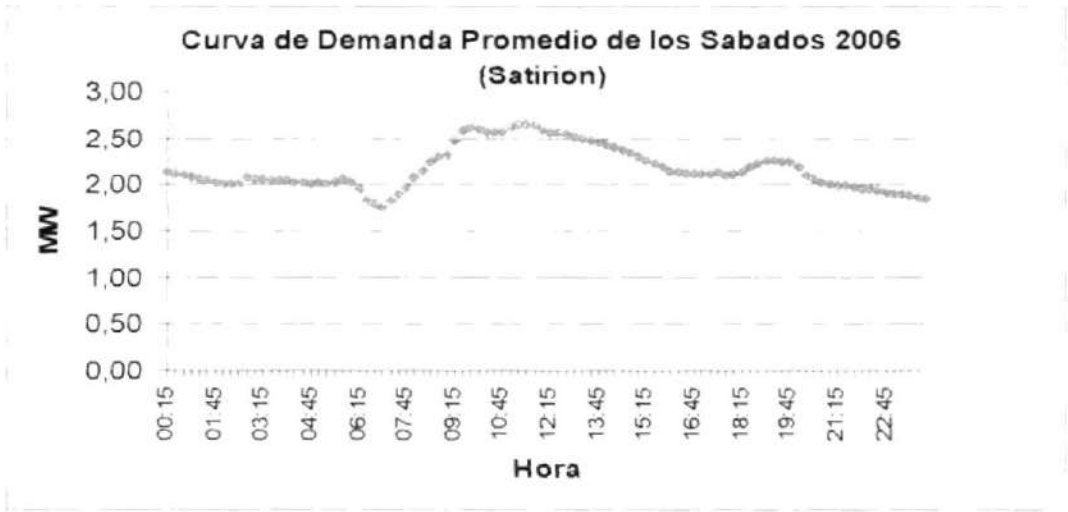


Figura 34



Figura 35

El tipo de carga predominante en la alimentadora Satirión es industrial aunque también existen zonas residenciales.

Curva Diaria Promedio de la alimentadora "TANCA MARENGO"

DIAS LABORALES

La alimentadora Tanca Marengo, a diferencia de las otras alimentadoras de la subestación Alborada, es netamente Industrial. Su demanda comienza desde los 0.6MW disminuyendo lentamente hasta los 0.4Mw a las 7:45am; donde aumenta a un valor entre los 1.6 y 1.8 MW cerca de las 9:30am. Este valor que corresponde a su valor pico de demanda se mantiene hasta las 3:15pm donde comienza a disminuir hasta llegar nuevamente a los 0.6 MW.



Figura 36

DIAS SEMI-FESTIVOS Y FESTIVOS

La curva de demanda durante de los fines de semana cambia considerablemente como se puede observar en las figuras 37 y 38. Durante los días sábados, su máxima demanda cambia a 1MW mientras que los días domingos es de tan solo 0.8MW.



Figura 37



Figura 38



CIB -ESPOL

ANÁLISIS ANUAL

Es imprescindible conocer las características de las curvas de demanda diaria en cada una de las alimentadoras analizadas, sin embargo, ciertos valores máximos de potencia pudieron ser omitidas debido a los valores promedios y aproximados que se obtuvo en cada alimentador.

Para obtener una mejor idea acerca de los valores máximos y mínimos de cada una de las alimentadoras se procederá a hacer un análisis anual durante los años 2003, 2004, 2005 y 2006.

Alimentadora Alborada

La alimentadora Alborada muestra una demanda máxima de 5.80MW y una demanda mínima de 1.43 MW. Su demanda media es 3.28 MW presentando así un factor de carga de 0.66. Su máximo valor cuando existe transferencia es de 9.05 MW.

A continuación se muestra en la Tabla 45 los valores analizados para sus respectivos años.

POTENCIA (MW)/ AÑO	2003	2004	2005	2006
MÁXIMA	5.80	5.61	5.48	5.35
MÍNIMA	1.77	1.43	1.43	1.55

Tabla 45

Alimentadora Benjamín Carrión

La alimentadora Benjamín Carrión muestra una demanda máxima de 7.92MW y una demanda mínima de 1.74 MW. Su demanda media es 4.50MW presentando así un factor de carga de 0.61. Durante el año 2006 no existió transferencia considerable.

A continuación se muestra en la Tabla 46 los valores analizados para sus respectivos años.

POTENCIA (MW)/ AÑO	2003	2004	2005	2006
MÁXIMA	7.30	7.41	7.69	7.92
MÍNIMA	1.74	1.74	1.81	1.94

Tabla 46

Alimentadora Satirión

La alimentadora Satirión muestra una demanda máxima de 4.61MW y una demanda mínima de 1.00 MW. Su demanda media es 2.54 MW presentando así un factor de carga de 0.60.

Su máximo valor cuando existe transferencia es de 7.82 MW.

POTENCIA (MW)/ AÑO	2003	2004	2005	2006
MÁXIMA	5.91	6.26	6.64	4.61
MÍNIMA	2.21	2.20	2.24	1.00

Tabla 47

No se tomará en cuenta los valores de los tres primeros años analizados debido a la repartición de carga con la Subestación Samanes en el año 2005. Es por esta razón que disminuye de manera considerable la potencia máxima consumida en esta alimentadora.

Alimentadora Tanca Marengo

La alimentadora Tanca Marengo muestra una demanda máxima de 2.17MW y una demanda mínima de 0.2 MW. Su demanda media es 0.93MW presentando así un factor de carga de 0.48. Su máximo valor cuando existe transferencia es de 6.73 MW.

A continuación se muestra en la Tabla 48 los valores analizados para sus respectivos años.

POTENCIA (MW)/ AÑO	2003	2004	2005	2006
MÁXIMA	3.67	5.64	1.93	2.17
MÍNIMA	0.56	0.35	0.20	0.30

Tabla 48

Para esta alimentadora solo se tomará en cuenta los valores de los dos últimos años debido a que cierta carga fue distribuida a la alimentadora Satirión.

A continuación se muestra la siguiente tabla con los valores máximos y mínimos de potencia obtenidos durante los 4 años analizados.

	Alborada	Satirión	Benjamín Carrión	Tanca Marengo
POTENCIA MAXIMA (MW)	5.80	4.61	7.58	2.17
POTENCIA MINIMA (MW)	1.43	1.00	1.81	0.20

Tabla 49

CAPÍTULO 3. Análisis del Sistema Eléctrico Actual

3.1. Cálculo del voltaje

En el presente sub-capítulo se explicará en principio el método para el cálculo de caída de voltaje en una alimentadora y finalmente se mostrará los valores de voltaje de las 4 alimentadoras de la subestación Alborada.

Método de Porcentaje de impedancia

El método de porcentaje de impedancia es un método aproximado para el cálculo de caída de potencial en una alimentadora. A diferencia del método de la escalera, que es más exacto, el método de porcentaje de impedancia permite obtener el voltaje en cualquier punto, así sea el último transformador que se encuentra en el último ramal.

El método consiste de dos puntos básicos:

1. Acumulación de toda la carga aguas abajo del punto en análisis
2. Aplicación de la fórmula de alimentadora expresa con un artificio matemático

Estos dos puntos esenciales se los explicará a continuación:

En el método de porcentaje de impedancia se aplica básicamente el criterio de la alimentadora expreso, pero como las alimentadoras en estudio no son de ese tipo ya que la carga se encuentra distribuida a lo largo de la troncal

con sus ramales, necesariamente se tiene que simular acumulando la carga en el punto que se va a hacer el análisis de voltaje.

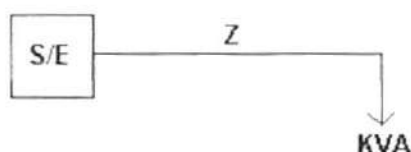


Figura 39 (Alimentadora expreso)

En la ilustración de arriba se puede observar una alimentadora expreso. Como se puede ver, la misma provee sólo las necesidades de una carga. En esta alimentadora se conoce el voltaje de la subestación.

Se tiene lo siguiente:

- Fórmula expresada en voltios

$$CV = \frac{KVA \cdot Z}{KV} \quad \text{Ecuación 1}$$

- Fórmula expresada en porcentaje

$$CV\% = \frac{KVA \cdot Z}{1000 \cdot KV^2} \cdot 100\% \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

CV:	Caída de Voltaje
KVA:	KVA de Carga
Z:	Impedancia de línea
KV:	KV nominal

Este análisis se lo hace a alimentadoras expreso de ahí la necesidad de simular acumulando la carga aguas abajo del punto de análisis.

Ahora lo que se necesita a parte del porcentaje de caída, es el valor de voltaje en el punto de análisis. Esto se lo obtiene de la siguiente manera:

$$V' \% = V \%_{\text{punto-anterior}} - CV \%$$

Ecuación 3

Donde:

$V \%:$ Voltaje en el punto de análisis en porcentaje

$V \%_{\text{punto-anterior}}$ Voltaje del punto anterior (aguas arriba) al punto de análisis en %

Se puede notar que $V \%_{\text{punto-anterior}}$ y $CV \%$ tienen ángulos que no son iguales, por lo tanto se tendría que hacer una resta fasorial, de ahí la necesidad de un artificio para simplificar el cálculo.

El artificio consiste de lo siguiente:



Figura 40 (Artificio del Método Caída de Voltaje)

Nótese que en la ilustración anterior, el voltaje en el punto de análisis es igual a la resta fasorial del voltaje en el punto anterior menos la caída de voltaje expresada en el gráfico como una componente resistiva y reactiva.

Si se proyecta estas dos componentes de caída de voltaje sobre la línea imaginaria que tiene la misma dirección del voltaje del punto de análisis, tal como se muestra en la Figura 40, se suma escalarmente esas dos proyecciones al voltaje del punto de análisis, se obtendría aproximadamente la magnitud del voltaje del punto anterior. Cabe recalcar que no es exactamente ese valor pero como las caídas de voltaje son pequeñísimas en comparación con los voltajes de dos puntos cercanos de la línea, se puede tomar como válido el método.

Entonces nuestra fórmula queda como sigue:

$$V\%_{\text{punto de análisis}} = V\%_{\text{punto anterior}} - \frac{KVA_{1\Phi}}{1000KV_{L-N}^2} [R \cdot \cos\theta + X \cdot \sin\theta]$$

En los anexos se muestra un ejemplo del método de porcentaje de impedancia. El anexo tiene el nombre "Ejemplo de Cálculo de Voltaje de una alimentadora usando el método de porcentaje de impedancia" (Anexo B)



CIB - ESPOL

Caída de voltaje de las 4 alimentadoras de la Subestación Alborada

La localización de los puntos de las 4 alimentadoras de la subestación Alborada en donde se efectuó el estudio completo de voltaje se muestra en planos y los valores de voltaje en esos puntos se los muestran en tablas, toda esta información se la adjunta en el anexo C "Diagramas de alimentadoras" y en el anexo D "Cálculo completo de Caída de Voltaje".

Para el cálculo de voltaje usando el método de porcentaje de impedancia y en general para cualquier método, se necesita conocer el factor de potencia de las cargas y el porcentaje de utilización de cada transformador, para eso se realizó el siguiente procedimiento:

1. Obtener los datos históricos de demanda.
2. Obtener los días donde ocurrieron máxima y mínima carga.
3. De esos días obtener los datos de voltaje, corriente y factor de potencia por fase.
4. Obtener el KVA de cada fase multiplicando voltaje por corriente.
También determinar potencia activa y reactiva
5. El factor de potencia obtenido de los datos históricos no es el factor de potencia de las cargas ya que en la alimentadora influye el banco de capacitores. De los KVAR obtenidos en el literal 4 restar los KVARc del banco de capacitores y ese será los KVAR de la carga

6. Una vez obtenido los KVAR de carga y los KW obtenidos en el literal 4 proceda a hallar el factor de potencia de las cargas.

$$FP = \cos \left(\tan^{-1} \left(\frac{KVAR}{KW} \right) \right)$$

7. Para el porcentaje de utilización del transformador, calculo los KVA de carga por fase usando la relación $\sqrt{KW^2 + KVAR^2}$ donde los KW se lo obtiene del literal 4 y los KVAR del literal 5. Luego divido ese valor para la carga instalada en esa fase y listo ya tenemos el porcentaje de utilización del transformador (en promedio).

A continuación se mostrará el resumen de estudio de voltaje realizado a cada alimentadora. Se tomará en cuenta en este resumen el valor de voltaje máximo y mínimo a lo largo de la alimentadora expresado en voltios y en porcentaje con respecto a 7620[V] para un estudio de máxima y mínima carga. Además se tomará en cuenta el porcentaje de caída de voltaje del máximo valor con respecto al mínimo valor.

La Norma 004-01 "Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución" expresa que las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal son las siguientes:

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

Tabla 50 (Límites permitidos de Voltaje en porcentaje del valor nominal)

Se tomarán en cuenta los valores de porcentaje de caída de voltaje de la subetapa II ya que estos serán los valores que se exigirán en el futuro no lejano.

Alimentadora Alborada

Máxima Carga

En la siguiente tabla se mostrarán los valores de voltaje correspondiente a máxima carga.

	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
Máximo	104.27%	104.05%	103.83%	7946	7930	7913
Mínimo	101.98%	101.91%	101.14%	7772	7766	7708
CV	2.29%	2.14%	2.69%	175	163	205

Tabla 51 (Voltajes para máxima carga)

Como se puede ver en la tabla, la máxima caída de potencial en máxima carga es de 2.69% que equivale a 205[V]. La regulación de voltaje es bastante buena porque la caída es pequeña y los voltajes se mantienen dentro del rango aceptable.

Mínima Carga

En la siguiente tabla se mostrarán los valores de voltaje correspondiente a mínima carga.

	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
Máximo	108.46%	109.12%	108.90%	8266	8316	8299
Mínimo	107.67%	108.40%	107.87%	8206	8261	8221
CV	0.79%	0.72%	1.02%	60	55	78

Tabla 52 (Voltajes para mínima carga)

Como se puede ver en la tabla, la máxima caída de potencial en mínima carga es de 1.02% que equivale a 78[V]. A pesar de que la diferencia de voltajes entre la subestación y el punto más distante, eléctricamente hablando, es muy pequeña, se puede observar niveles de voltaje elevado. Esto se debe al alto voltaje de alimentación que proviene del sistema nacional interconectado. Como solución la empresa eléctrica deberá colocar un regulador de voltaje en la subestación de tal modo que el usuario tenga un valor de voltaje de 1.08 por unidad.

Perfil de Voltaje para máxima Carga

El perfil de voltaje de la troncal principal de la Alimentadora Alborada, para una carga máxima expresada en el 41.26% para la fase A, 58.28% para la fase B y 42.17% para la fase C de la capacidad total instalada en cada fase y un factor de potencia de 0.86, 0.87 y 0.88 respectivamente, se muestra a continuación.

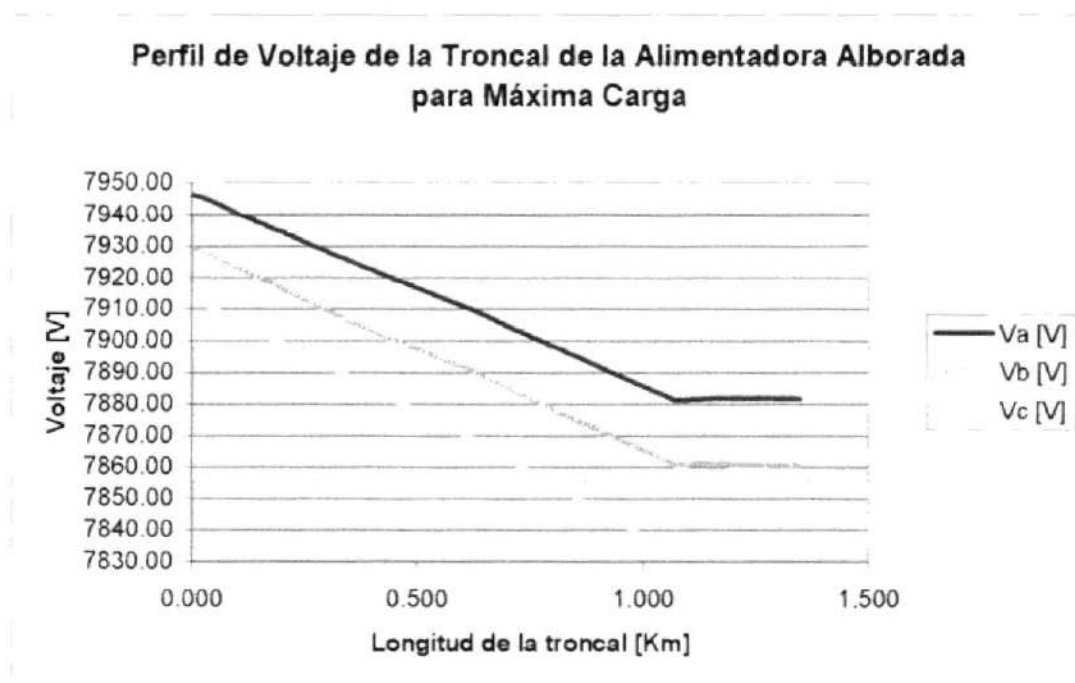


Figura 41

Nótese en esta figura, que las cargas no están balanceadas desde el arranque de la alimentadora, si lo estuvieran tendrían que converger en el mismo punto. Como se mencionó antes el máximo porcentaje de caída de voltaje entre el arranque de la alimentadora y el punto más distante, que generalmente es la terminación de un ramal, es de 2.69% para máxima carga, por lo tanto en la troncal ese porcentaje deberá ser menor, y ese valor es de 1.04%.

Alimentadora Benjamín Carrión

Máxima Carga

En la siguiente tabla se mostrarán los valores de voltaje correspondiente a máxima carga.

	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
Máximo	102.51%	102.29%	102.51%	7812	7795	7812
Mínimo	100.50%	99.88%	100.99%	7659	7612	7696
CV	2.01%	2.41%	1.52%	153	183	116

(Voltajes para máxima carga)

Como se puede ver en la tabla, la máxima caída de potencial en máxima carga es de 2.41% que equivale a 183[V]; vemos que la regulación de voltaje es aceptable porque los voltajes se mantienen dentro del rango permitido.

Mínima Carga

En la siguiente tabla se mostrarán los valores de voltaje correspondiente a mínima carga.

	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
Máximo	107.14%	107.80%	108.24%	8165	8215	8249
Mínimo	106.74%	107.31%	107.78%	8135	8178	8214
CV	0.40%	0.49%	0.46%	30	37	35

Tabla 53 (Voltajes para mínima carga)

Como se puede ver en la tabla, la máxima caída de potencial en mínima carga es de 0.49% que equivale a 37[V]. A pesar de que la diferencia de voltajes entre la subestación y el punto más distante, eléctricamente hablando, es muy pequeña, se puede observar niveles de voltaje elevado. Esto se debe al alto voltaje de alimentación que proviene del sistema

nacional interconectado. Como solución la empresa eléctrica deberá colocar un regulador de voltaje en la subestación de tal modo que el usuario tenga un valor de voltaje de 1.08 por unidad.

Perfil de Voltaje para máxima Carga

El perfil de voltaje de la troncal principal de la Alimentadora Benjamín Carrión, para una carga máxima expresada en el 40.76% para la fase A, 59.64% para la fase B y 55.58% para la fase C de la capacidad total instalada en cada fase y un factor de potencia de 0.84, 0.86 y 0.83 respectivamente, se muestra a continuación.

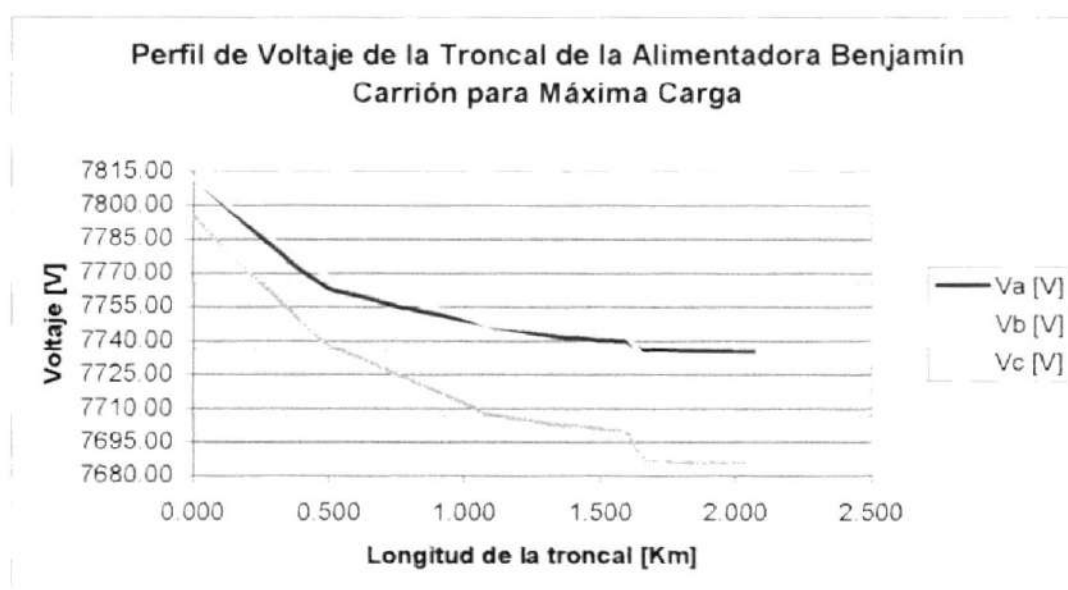


Figura 42

Nótese en esta figura que las fases C y A están balanceadas mientras que la B no; esto es común ya que se acostumbra tomar alimentación de transformadores monofásicos de la línea más cercana a la vereda, la fase B

siempre está en la mitad. Como se mencionó antes el máximo porcentaje de caída de voltaje entre el arranque de la alimentadora y el punto más distante, que generalmente es la terminación de un ramal, es de 2.41% para máxima carga, por lo tanto en la troncal ese porcentaje deberá ser menor, y ese valor es de 1.43%.

Alimentadora Satirión

Máxima Carga

En la siguiente tabla se mostrarán los valores de voltaje correspondiente a máxima carga.

	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
Máximo	103.39%	103.61%	103.17%	7879	7896	7862
Mínimo	102.56%	102.83%	102.14%	7816	7836	7784
CV	0.83%	0.78%	1.03%	63	60	78

Tabla 54(Voltajes para máxima carga)

Como se puede ver en la tabla, la máxima caída de potencial en máxima carga es de 1.03% que equivale a 78 [V]; vemos que la regulación de voltaje es aceptable porque los voltajes se mantienen dentro del rango permitido.

Mínima Carga

En la siguiente tabla se mostrarán los valores de voltaje correspondiente a mínima carga.

	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
Máximo	107.80%	107.80%	108.24%	8215	8215	8249
Mínimo	107.54%	107.53%	107.82%	8196	8195	8217
CV	0.25%	0.26%	0.42%	19	20	32

Tabla 55(Voltajes para mínima carga)

Como se puede ver en la tabla, la máxima caída de potencial en mínima carga es de 0.42% que equivale a 32[V]. A pesar de que la diferencia de voltajes entre la subestación y el punto más distante, eléctricamente hablando, es muy pequeña, se puede observar niveles de voltaje elevado. Esto se debe al alto voltaje de alimentación que proviene del sistema nacional interconectado. Como solución la empresa eléctrica deberá colocar un regulador de voltaje en la subestación de tal modo que el usuario tenga un valor de voltaje de 1.08 por unidad.

También se puede observar que la caída de voltaje tanto para máxima como para mínima carga es menor en comparación con las alimentadoras anteriormente analizadas, esto se debe que la alimentadora Satirión posee ramales cortos y de baja impedancia es decir de un calibre de conductor más grueso.



CIB -ESPOL

Perfil de Voltaje para máxima Carga

El perfil de voltaje de la troncal principal de la Alimentadora Satirión, para una carga máxima expresada en el 25.78% para la fase A, 26.53% para la fase B y 26.93% para la fase C de la capacidad total instalada en cada fase y un factor de potencia de 0.91, 0.91 y 0.92 respectivamente, se muestra a continuación.

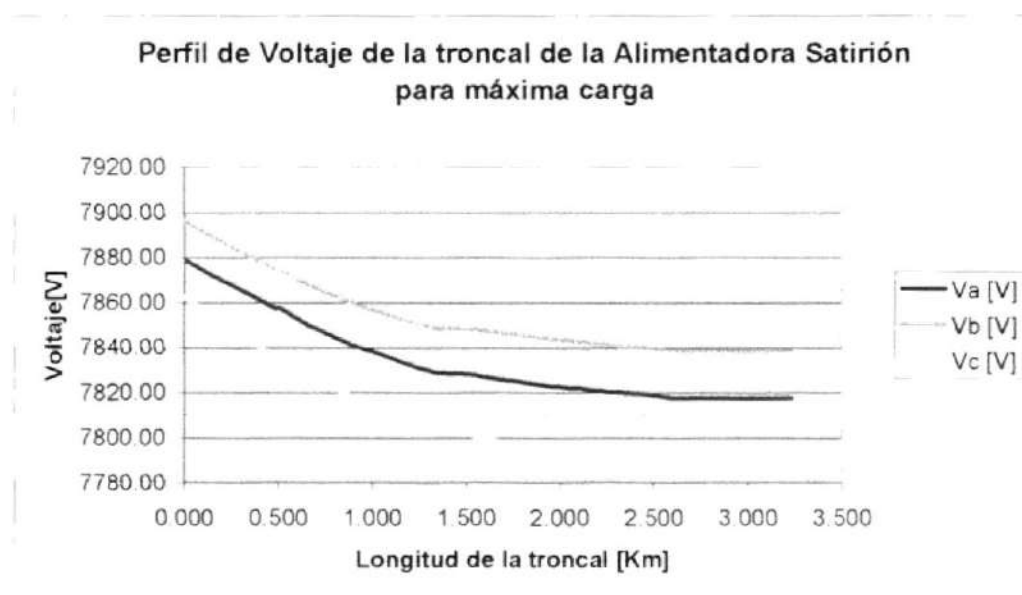


Figura 43

Nótese en esta figura que las cargas no están balanceadas desde el arranque de la alimentadora, si lo estuvieran tendrían que converger en el mismo punto. Como se mencionó antes el máximo porcentaje de caída de voltaje entre el arranque de la alimentadora y el punto más distante, que generalmente es la terminación de un ramal, es de 1.03% para máxima carga, por lo tanto en la troncal ese porcentaje deberá ser menor, y ese valor es de 1.00%.

Alimentadora Tanca Marengo

Máxima Carga

En la siguiente tabla se mostrarán los valores de voltaje correspondiente a máxima carga.

	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
Máximo	103.61%	103.39%	103.39%	7896	7879	7879
Mínimo	103.48%	103.26%	103.27%	7886	7869	7870
CV	0.13%	0.13%	0.12%	10	10	9

Tabla 56(Voltajes para máxima carga)

Como se puede ver en la tabla de arriba, la máxima caída de potencial en máxima carga es de 0.13% que equivale a 10 [V], por lo tanto, la regulación de voltaje es aceptable porque los voltajes se mantienen dentro del permitido.

Mínima Carga

En la siguiente tabla se mostrarán los valores de voltaje correspondiente a mínima carga.

	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
Máximo	106.49%	106.70%	106.92%	8115	8132	8148
Mínimo	106.25%	106.47%	106.69%	8098	8114	8131
CV	0.23%	0.23%	0.22%	18	18	17

Tabla 57(Voltajes para mínima carga)

Como se puede ver en la tabla, la máxima caída de potencial en mínima carga es de 0.23% que equivale a 18[V]. A pesar de que la diferencia de voltajes entre la subestación y el punto más distante, eléctricamente hablando, es muy pequeña, se puede observar niveles de voltaje elevado,

pero estos se encuentran dentro del rango aceptable de valores de acuerdo al CONELEC.

También se puede observar que la caída de voltaje en porcentaje es mayor en mínima carga que en máxima carga, la pregunta es: "¿A qué se debe esto?". La explicación es que en mínima carga existe una sobrecompensación. El capacitor fijo está sobredimensionado para la pequeña carga que tiene la alimentadora Tanca Marengo.

Perfil de Voltaje para máxima Carga

El perfil de voltaje de la troncal principal de la Alimentadora Tanca Marengo, para una carga máxima expresada en el 47.60% para la fase A, 53.49% para la fase B y 49.39% para la fase C de la capacidad total instalada en cada fase y un factor de potencia de 0.91, 0.91 y 0.92 respectivamente, se muestra a continuación.

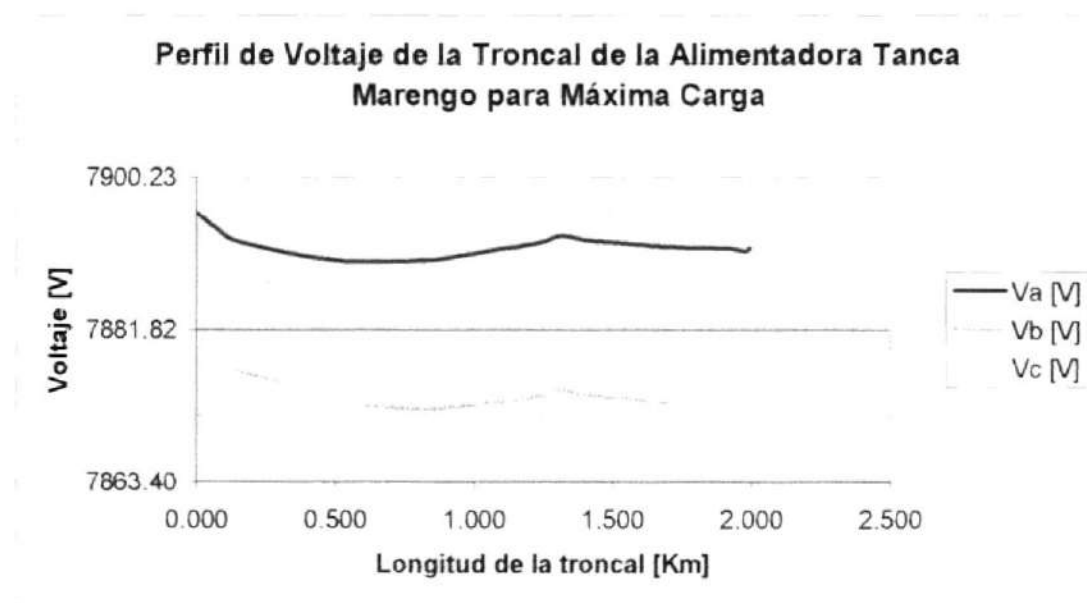


Figura 44

Nótese en esta figura que las fases B y C están balanceadas mientras que la A no. Existe una cantidad considerable de carga adicional en la fase A que debe ser repartida a las otras dos fases. El problema radica en que en esta alimentadora existen muy pocos ramales monofásicos por lo tanto se tendría que cambiar de fase transformador por transformador, y eso se constituye en un gran problema de replanificación. Como se mencionó antes, el máximo porcentaje de caída de voltaje entre el arranque de la alimentadora y el punto más distante, que generalmente es la terminación de un ramal, es de 0.13% para máxima carga, por lo tanto, en la troncal ese porcentaje deberá ser menor, y ese valor es de 0.09%.

3.2. Balance en las alimentadoras

Es de vital importancia mantener balanceadas las fases en el arranque de las alimentadoras puesto que todos los análisis y conceptos utilizados se basan en tener un sistema equilibrado y balanceado (método por fase), caso contrario, los valores obtenidos en el estudio de cortocircuito no reflejarían datos cercanos a la realidad y sería perjudicial para los ajustes de los sistemas de protección en las líneas de transmisión y al mismo sistema en general.

Además los sistemas de distribución con cargas desequilibradas tienen un costo operativo mayor. Este desequilibrio incrementa las pérdidas de potencia en el sistema con respecto al mismo que tiene cargas balanceadas.

Transferir la carga de una fase a otra no se puede realizar en forma continua, por lo que este problema debe tratarse como un problema de programación.

El objetivo fundamental es minimizar el grado de desbalance del sistema. Para ello se utiliza un índice de desbalance por corrientes que se muestra a continuación:

$$d = \frac{\max\left(\left|I_a - I_{prom}\right|, \left|I_b - I_{prom}\right|, \left|I_c - I_{prom}\right|\right)}{I_{prom}} \cdot 100\% \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$$I_{prom} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \quad \text{Ecuación 5}$$

En condiciones balanceadas, el sistema transporta la misma cantidad de corriente por las tres fases por lo que el índice "d" debe reportar un valor cero indicando que no existe desbalance.

Sin embargo, no se puede tener un índice tan perfecto; además tratar de coordinar las cargas para conseguir un sistema perfectamente balanceado sería perder el tiempo, es por esta razón, que se considera un margen del 10% para los sistemas de distribución. (Según el artículo 31 de la resolución CNEE-50-99 de la comisión nacional de energía eléctrica de Guatemala).

Se considera que un Participante afecta la calidad del servicio de energía eléctrica cuando en un lapso de tiempo mayor al cinco por ciento del correspondiente al total del Período de Medición, las mediciones muestran que el Desbalance de la Corriente ha excedido el rango de tolerancias establecidas.

Cabe recalcar que el desbalance de corriente se lo obtiene en operación normal del sistema, por lo que no se tomará en cuenta bajo condiciones de fallas.

Análisis del desbalance de corriente

Se realizará un análisis considerando el índice promedio de desbalance y el máximo porcentaje de desbalance para cada una de las 4 alimentadoras estudiadas durante todos los meses de los 4 últimos años. Finalmente, se obtendrá el valor promedio total para el índice "d" y los valores máximos de cada año por alimentadora.

Alimentadora Alborada

A continuación se muestra la ilustración de los desbalances máximos y desbalances promedios de los años 2003, 2004, 2005 y 2006 en la alimentadora Alborada.



Figura 45

Como se puede observar en la Tabla 58, el máximo desbalance obtenido en los 4 años analizados es del 25.95%.

Alimentadora Alborada

AÑO	MÁXIMO DESBALANCE	DESBALANCE PROMEDIO
2003	22,88%	9,37%
2004	24,82%	11,13%
2005	25,95%	9,62%
2006	22,26%	10,97%
TOTAL	25,95%	10,27%

Tabla 58

El desbalance promedio de corriente de la alimentadora Alborada es de aproximadamente 10.27%.

En la siguiente distribución de datos de desbalance de corriente del año 2006, muestra que el 61% de los datos analizados se encuentran fuera de los límites establecidos. Por lo tanto, la alimentadora Alborada no se encuentra balanceada.

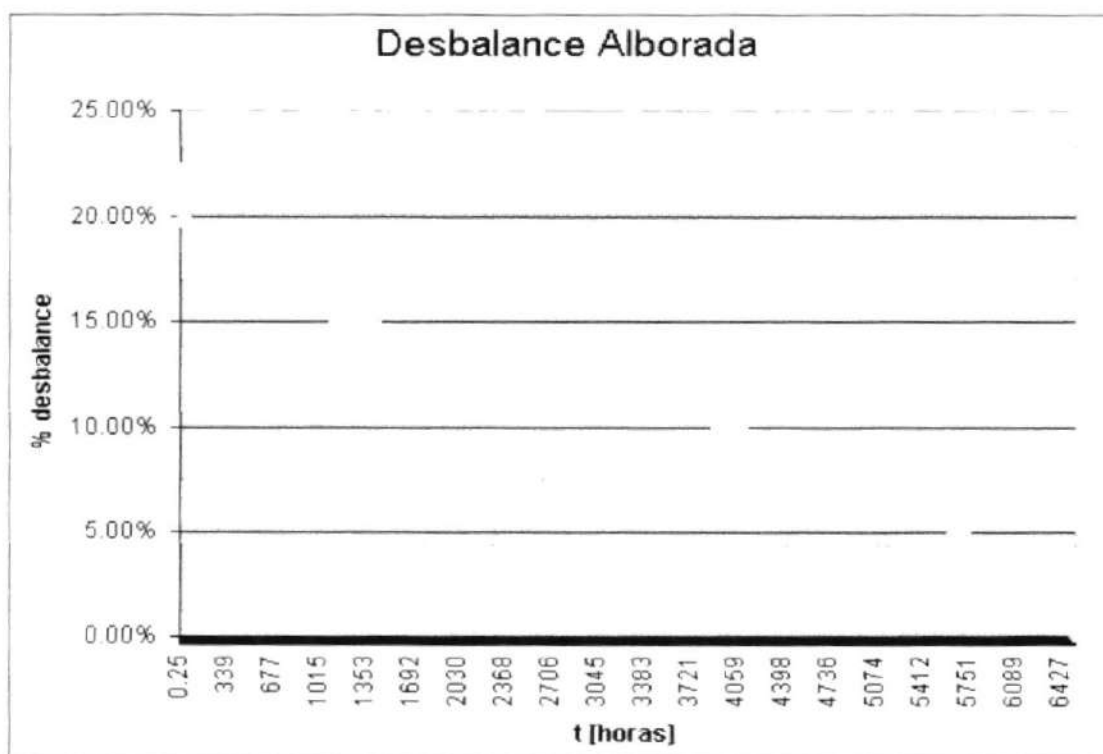


Figura 46



Alimentadora Benjamín Carrión

A continuación se muestra la gráfica de los desbalances máximos y desbalances promedios de los años 2003, 2004, 2005 y 2006 en la alimentadora Benjamín Carrión.

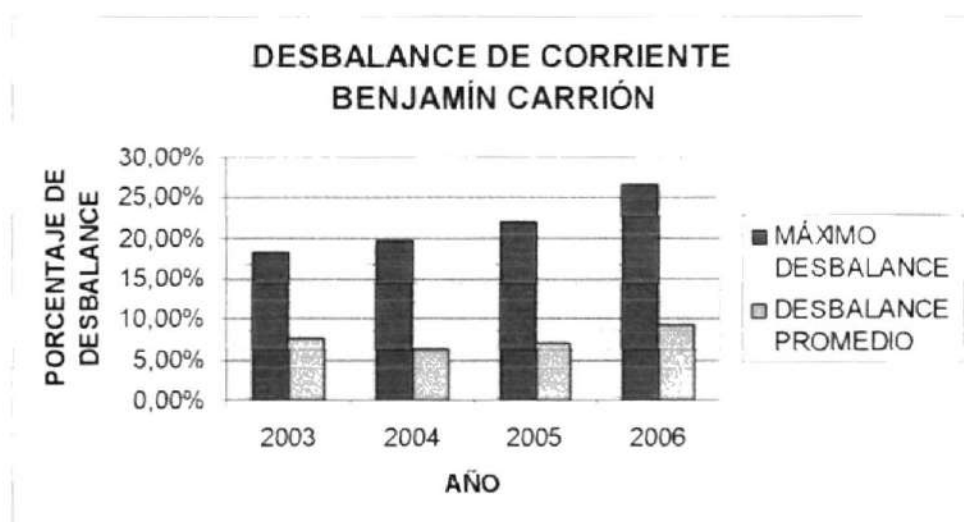


Figura 47

Como se puede observar en la Tabla 59, el máximo desbalance obtenido en los 4 años analizados es del 26.64%.

Alimentadora Benjamín Carrión		
AÑO	MÁXIMO DESBALANCE	DESBALANCE PROMEDIO
2003	18,13%	7,59%
2004	19,70%	6,48%
2005	21,88%	7,25%
2006	26,64%	9,25%
TOTAL	26,64%	7,64%

Tabla 59

El desbalance promedio de corriente de la alimentadora Benjamín Carrión es de aproximadamente 7.64%.

En la siguiente distribución de datos de desbalance de corriente del año 2006, muestra que el 38% de los datos analizados se encuentran fuera de los límites establecidos. Por lo tanto, la alimentadora Benjamín Carrión no se encuentra balanceada.

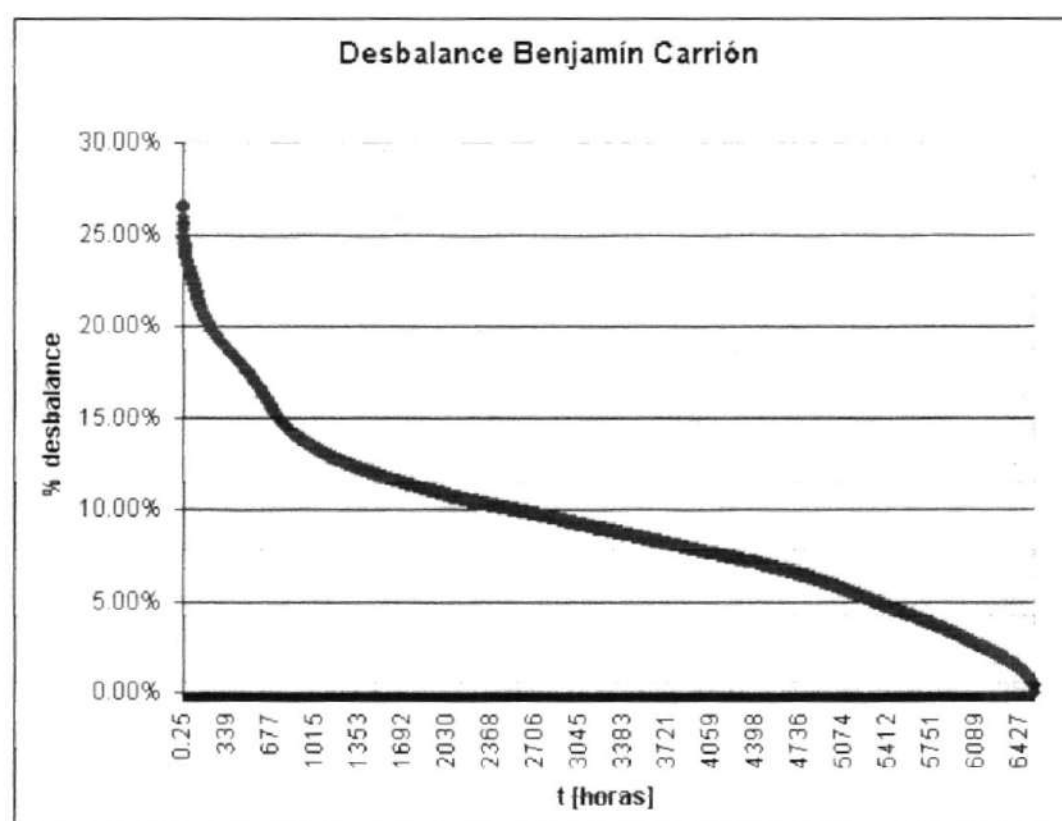


Figura 48

Alimentadora Satirión

A continuación se muestra la ilustración de los desbalances máximos y desbalances promedios de los años 2003, 2004, 2005 y 2006 en la alimentadora Satirión.

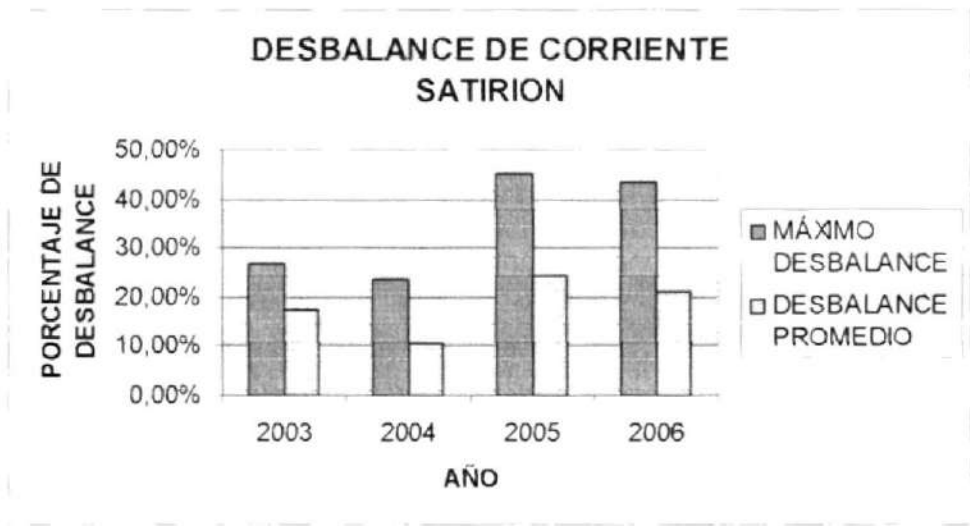


Figura 49

Como se puede observar en la Tabla 60, el máximo desbalance obtenido en los 4 años analizados es del 44.94%.

ALIMENTADORA SATIRION		
AÑO	MÁXIMO DESBALANCE	DESBALANCE PROMEDIO
2003	26,92%	17,67%
2004	23,53%	10,74%
2005	44,94%	18,52%
2006	43,48%	21,33%
TOTAL	44,94%	17,06%

Tabla 60

El desbalance promedio de corriente de la alimentadora Satirión es de aproximadamente 17.06%.

Satirión es una de las alimentadoras más desbalanceadas que posee la Subestación Alborada. Su complejidad a la hora de resolver este problema, es debido a que sus ramales son mayormente trifásicos. Por lo que se recomienda cambiar de fase a ciertos transformadores con el fin de obtener el equilibrio deseado.

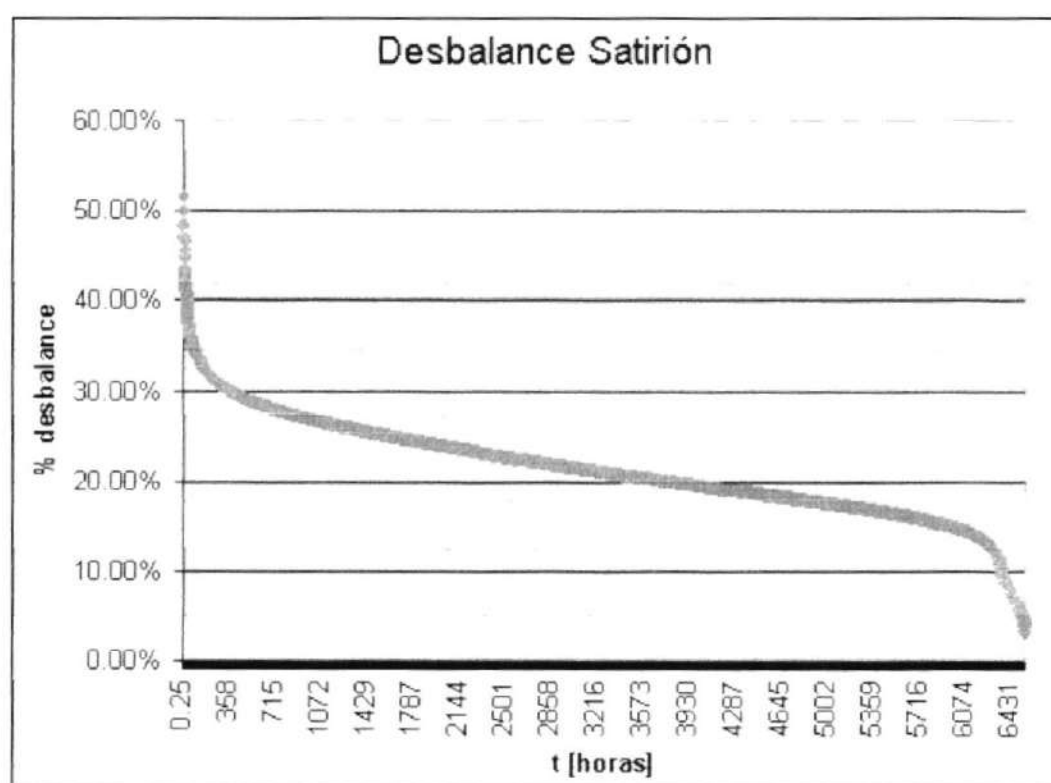


Figura 50

Alimentadora Tanca Marengo

A continuación se muestra la gráfica de los desbalances máximos y desbalances promedios de los años 2003, 2004, 2005 y 2006 en la alimentadora Tanca Marengo.

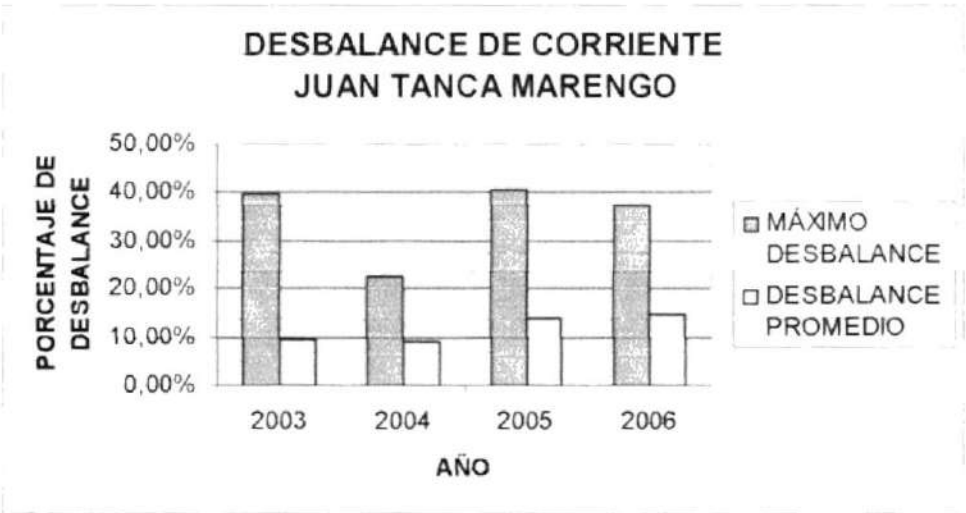


Figura 51

Como se puede observar en la Tabla 61, el máximo desbalance obtenido en los 4 años analizados es del 40.77%.

Alimentadora Tanca Marengo		
AÑO	MÁXIMO DESBALANCE	DESBALANCE PROMEDIO
2003	39,73%	9,38%
2004	22,73%	8,91%
2005	40,77%	13,75%
2006	37,23%	14,91%
TOTAL	40,77%	11,74%

Tabla 61

El desbalance promedio de corriente de la alimentadora Tanca Marengo es de aproximadamente 11,74%.

Durante todo el año 2006 los valores oscilan entre un 37% a un valor de 4% de desbalance. El 67% de los datos analizados son mayores al límite permisivo.

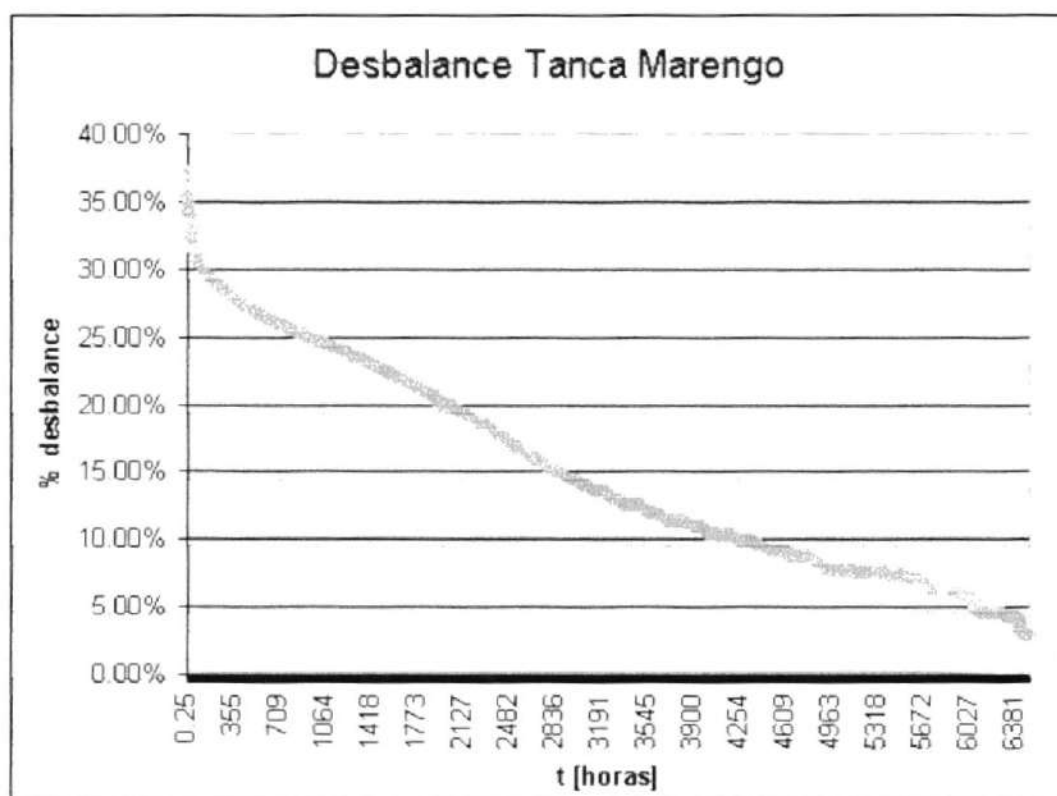


Figura 52

Armónicos en la Subestación Alborada

Los armónicos son distorsiones de las ondas senoidales de tensión y/o corriente de los sistemas eléctricos debido al uso de cargas con impedancia no lineal o materiales Ferromagnéticos y en general al uso de equipos que necesiten realizar conmutaciones en su operación normal.

Bajo condiciones ideales de operación, un sistema eléctrico de potencia se espera sea completamente balanceado, de frecuencia única y constante y las formas de onda de voltaje y corriente sean senoidales. La calidad de la energía obtenida es entonces perfecta.

Desafortunadamente, esta operación ideal no se presenta en sistemas de potencia prácticos debido a que todos los componentes de la red, en menor o mayor grado, poseen la indeseable característica de distorsionar las formas de onda senoidales ideales, especialmente, los equipos que utilizan la electrónica de potencia que han aumentado de manera muy rápida en los últimos años y es en donde radica la actual preocupación.

Efecto de los Armónicos

La aparición de corrientes y/o tensiones armónicas en el sistema eléctrico crea problemas tales como, el aumento de pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores (envejecimiento prematuro), errores de medición en medidores electromecánicos, sobrecalentamiento en transformadores, motores y conductores, falla de equipos electrónicos,

operación errada de equipos de protección, daño en los aislamientos, deterioro de dieléctricos, disminución de la vida útil de los equipos, entre otros.

Solución a los Armónicos

Las soluciones a los problemas de armónicos se realizan en forma jerarquizada; primero en forma particular, resolviendo el problema de inyección de armónicos por parte del usuario al sistema (diseñando y ubicando filtros en el lado de baja tensión, usando el transformador como barrera); y segundo, resolviendo el problema en forma global, buscando reducir las pérdidas y mantener los niveles armónicos por debajo de los límites permitidos, en este caso, se trata de un problema de optimización donde se determina la ubicación de los compensadores (condensadores, filtros pasivos, filtros activos).

Límites de armónicos en los sistemas de distribución

La distorsión armónica total (THD) representa la distorsión debida a todos los armónicos presentes en una señal. Es definida como un porcentaje de la frecuencia fundamental y se representa por la siguiente fórmula:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{K=2}^{\infty} I_K^2}}{I_1} \cdot 100\%$$

Ecuación 6



CIB-ESPOL

Donde:

k : número de armónica.

I₁: valor eficaz de la onda fundamental de corriente.

I_k: valor eficaz de el armónico k.

De forma similar se expresa la distorsión en la tensión:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{K=2}^{\infty} I_K^2}}{I_1} \cdot 100\% \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

k : número de armónica.

I₁: valor eficaz de la onda fundamental de voltaje.

I_k: valor eficaz de el armónico k.

Los límites de tensión y corriente armónica para distribuidores de energía establecidos en el estándar IEEE 519-1992 son los que se presentan en las tablas mostradas a continuación:

I_{SC}/I_L	Orden de armónicos impares h					THD (%)
	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	
< 20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20-50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50-100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100-1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Tabla 62

	2.3-69 kV	69-138 kV	> 138 kV
$(V_h/V_1)(\%)$	3.0	1.5	1.0
THD (%)	5.0	2.5	1.5

Tabla 63

Debido a que el sistema de distribución es de 13.8 KV entonces, la dispersión de voltaje será como máximo del 5%. (Ver Tabla 63)

Para establecer el límite de dispersión armónica de corriente es necesario conocer la relación de la máxima corriente de cortocircuito y la corriente fundamental (I_{cc}/I_o) como se muestra en la Tabla 62.

Los valores mostrados en el capítulo de análisis de cortocircuito y análisis de la demanda, nos indican claramente que esta relación es mayor a 1000 por lo que la máxima dispersión de corrientes armónicas será a lo mucho del 20%.

Análisis de armónicos en la subestación

Con los valores obtenidos en el arranque de la subestación, durante un período de 7 días con intervalos de 10 minutos, se procederá a analizar la máxima distorsión debido a los armónicos.

El equipo que se utilizó para la obtención de los datos es el medidor de calidad de energía Topas 1000.

ARMÓNICOS DE VOLTAJE

VALORES PROMEDIOS

En la siguiente página se mostrará el gráfico del nivel de distorsión armónico de voltaje que presenta la subestación Alborada. Las mediciones se realizaron durante una semana y los colores de los gráficos representan las fases.

Cantidad medida	Fase1	Fase2	Fase3	N	Unidad
THDv	--				[%]

Como se puede apreciar en la Figura 53, la Subestación Alborada no tiene problema de armónicos de voltaje puesto que su THD_v es menor al 5%.

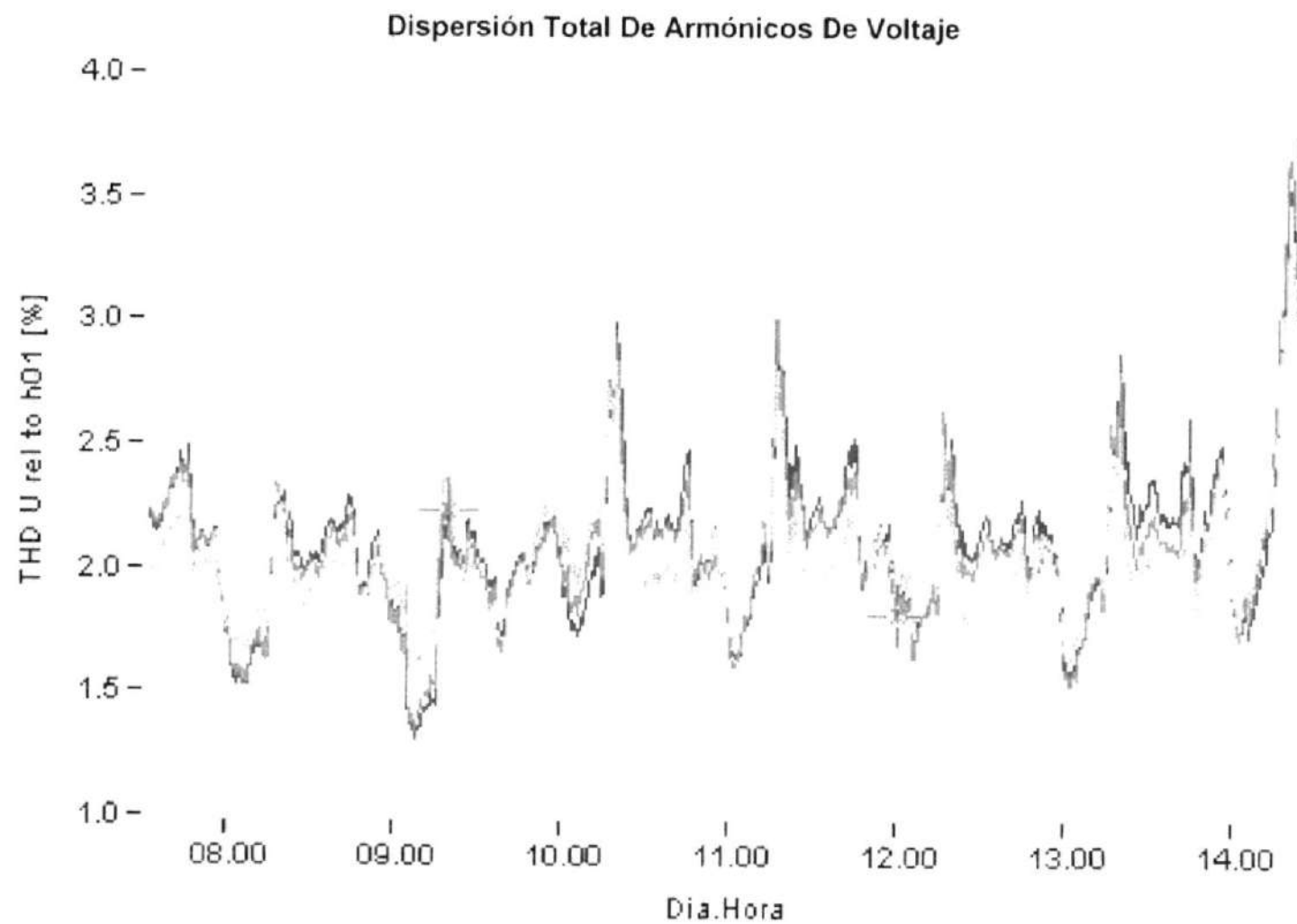


Figura 53

ARMÓNICOS DE CORRIENTE

VALORES PROMEDIOS

En la siguiente página se mostrará el gráfico del nivel de distorsión armónico de corriente que presenta la subestación Alborada. Las mediciones se realizaron durante una semana y los colores de los gráficos representan las fases.

Cantidad medida	Fase1	Fase2	Fase3	N	Unidad
THDi	---	---	---		[%]

Como se puede apreciar en la Figura 54, la Subestación Alborada no tiene problema de armónicos de corriente puesto que su THDi es menor al 20%.

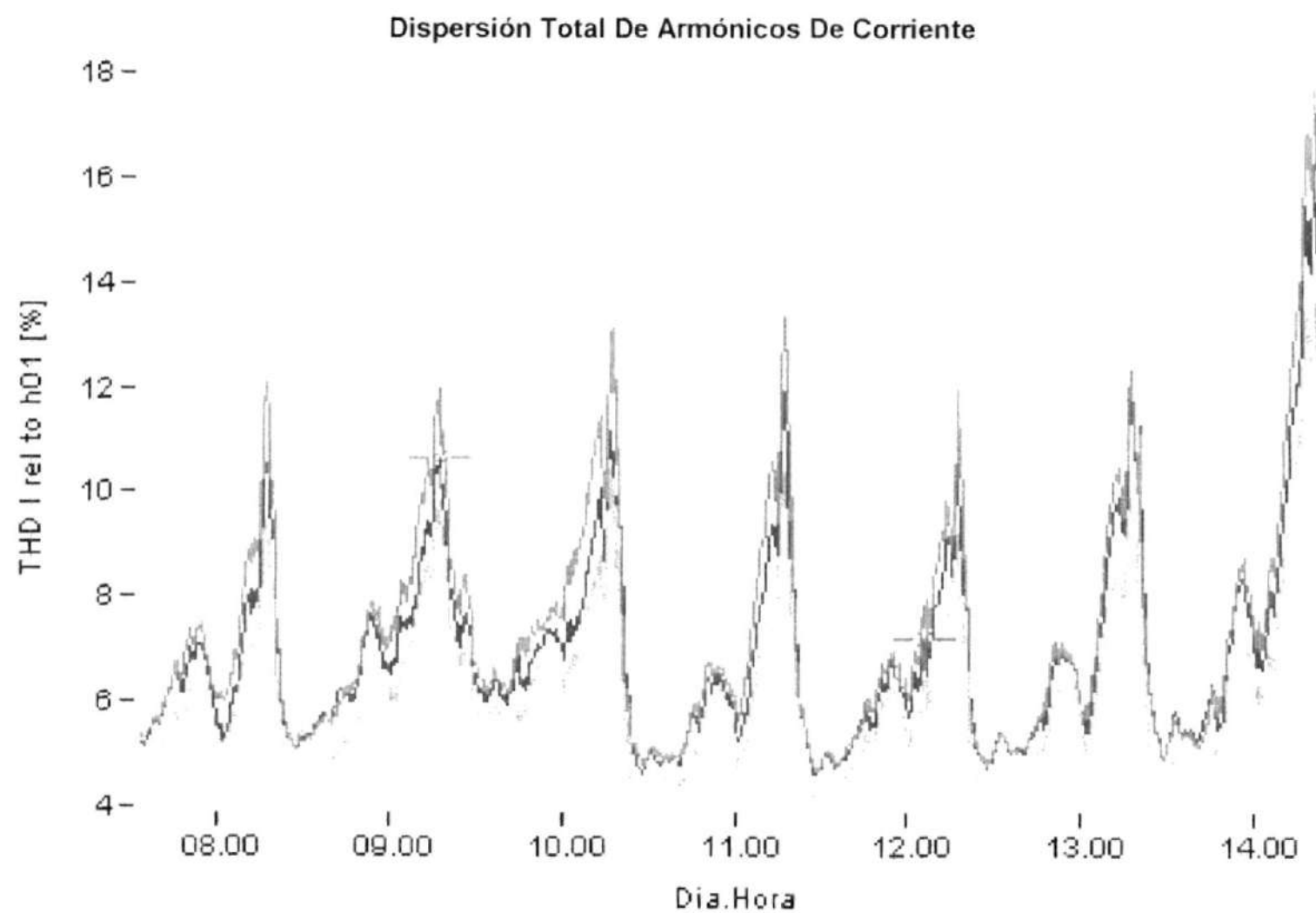


Figura 54

FLICKER

El flicker o parpadeo de la luz (del inglés: to flicker = parpadear, titilar) se define como "impresión subjetiva de fluctuación de la luminancia". Es un fenómeno de origen fisiológico visual que sufren los usuarios de lámparas alimentadas por una fuente común a iluminación y a una carga perturbadora.

Índice de severidad (PST Y PLT)

El índice de severidad de Flicker para corta duración (Pst) se calcula según el estándar IEC1000-4-15 (antes IEC868) (se calcula el promedio cúbico de cada 10 minutos de los valores momentáneas con método Fast Fourier Traslation; "Pst" significa tiempo corto) y La intensidad de la fluctuación no debe exceder un valor de Pst=1 durante 95% de una semana.

El índice de severidad de Flicker larga duración Plt se calcula, tomando el promedio cúbico de 12 valores Pst continuas (12 intervalos de 10 minutos = 1 intervalo Plt de 2 h). La intensidad de la fluctuación no debe exceder un valor de Plt=0.8 durante 95% de una semana. (Ver la siguiente tabla).

Nivel de Tensión	Valores Máximos
≤ 132 KV	Pst = 1 Plt= 0.8

Tabla 64

Flicker PST

Evalúa la severidad del flicker en periodos cortos de tiempo con intervalos de observación de 10 minutos durante 1 semana. Si el Pst es superior a 1, se considera que afecta negativamente.

Cantidad medida	Fase1	Fase2	Fase3	N	Unidad
Pst	--	----	-----		[1]

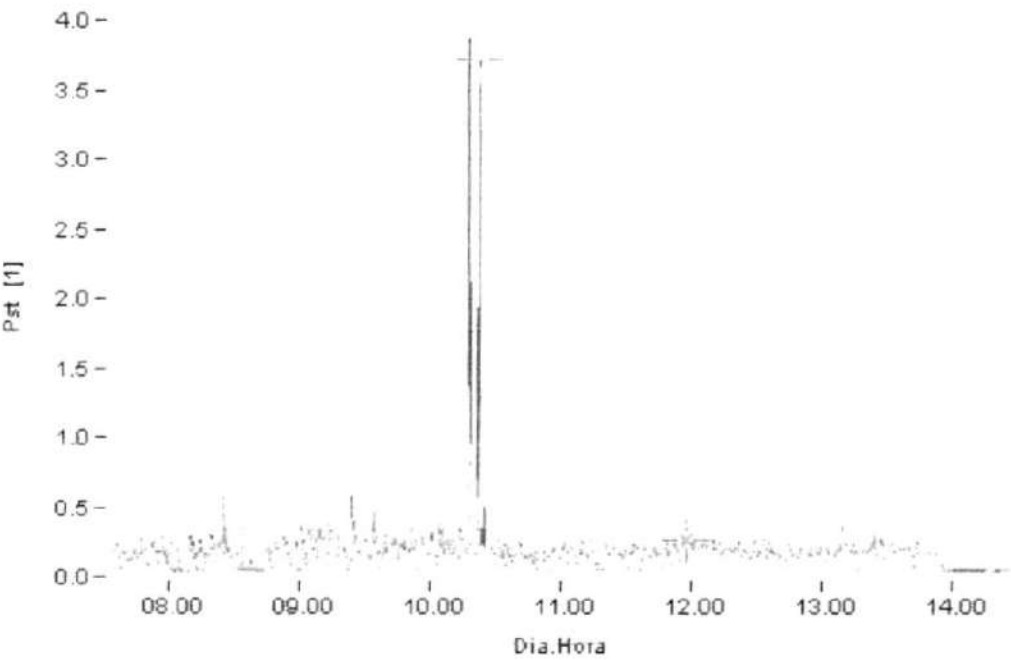


Figura 55 (PST Subestación Alborada)

Como se puede apreciar menos del 95% de estas mediciones son menores a 1 por lo que se considera que los flicker de corto tiempo no afectan a la subestación Alborada.

Flicker PLT

Evalúa la severidad del flicker en períodos largos de tiempo con intervalos de observación de 2 horas durante 1 semana. Si el Plt es superior a 0.8, se considera que afecta negativamente.

Cantidad medida	Fase1	Fase2	Fase3	N	Unidad
Pst	--	---	---		[1]

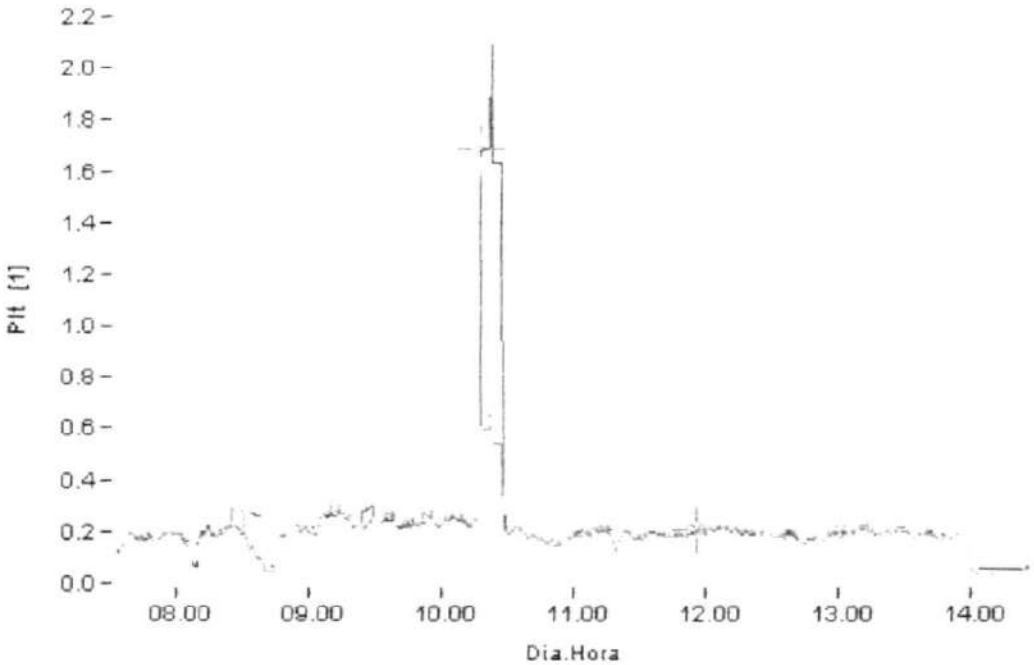


Figura 56 (PLT Subestación Alborada)

El 95% de las mediciones mostradas en la ilustración anterior son menores a 0.8 por lo que se considera que los flicker de largo tiempo no afectan negativamente.

3.3. Sistemas de protecciones

Protección sobrecorriente

Las funciones básicas de un sistema de protección y coordinación son prevenir los riesgos a la vida y a la propiedad, minimizar el daño al sistema y sus componentes, además limitar la extensión y duración de la interrupción del servicio en cualquier parte del sistema.

El problema de Protección de los Sistemas Eléctricos de Distribución ha venido adquiriendo cada vez mayor importancia ante el crecimiento acelerado de las redes eléctricas y la exigencia de un suministro de energía a los consumidores con una calidad de servicio cada vez mayor.

A pesar de existir abundante bibliografía sobre Protecciones de Sistemas Eléctricos, esta en su mayoría está enfocada a los Sistemas de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica. No son muy abundantes las publicaciones que tratan este tema tan interesante y hoy en día tan necesario, a nivel de distribución con un interés especial a la selección, aplicación y coordinación de los equipos de protección comúnmente usados en estos sistemas.

En este literal del capítulo 3, se dará a conocer el esquema y la filosofía de protecciones de la Subestación en estudio. De esta manera se pretende estudiar y sobretodo verificar los cálculos eléctricos involucrados, para obtener un sistema confiable y seguro.

SUBESTACION ALBORADA

Selección del Fusible en los transformadores de distribución

Para la selección del valor de corriente nominal de los fusibles para la protección de los transformadores de distribución se utilizan los siguientes valores estandarizados por la Categ.

MONOFÁSICOS

TRANSFORMADOR CAPACIDAD (KVA)	VALORES FUSIBLE
10	6K
15	6K
25	6K
37,5	6K
50	10K
75	15K
100	15K
167	25K
250	50K
333	50K
500	80K

Tabla 65

TRIFASICOS

TRANSFORMADOR CAPACIDAD (KVA)	VALORES FUSIBLE
45	6K
50	6K
75	6K
100	6K
112.5	6K
125	6K
150	10K
160	10K
200	10K
225	15K
250	15K
300	15K
350	20k
400	20K
500	25K
630	35K
750	50K
800	50K
1000	50K
1500	80K

Tabla 66

Fusibles en las alimentadoras

- La alimentadora Alborada contiene de 6 fusibles que se los puede apreciar en el diagrama unifilar mostrado y cuyos valores se muestra en la tabla mostrada a continuación.

FUSIBLE	UBICACIÓN DEL FUSIBLE	TIPO
1	12	65K
2	13	25K
3	16,3	100K
4	16.3.1.1	40K
5	16.3.3	65K
6	16.3.4	65K

Tabla 67

Los fusibles 3(respaldo) y 4 (protector) de la alimentadora Alborada deberían estar seleccionados según los criterios de coordinación (ver anexo H Coordinación de Protecciones). Sus valores son de 100 y 40 K respectivamente, tal como se muestran en la anterior tabla.

La máxima corriente de coordinación entre estos fusibles es de 3900 A. El siguiente paso será conocer cual es el valor máximo de corriente de corto en la ubicación del fusible protector, en este caso, es de 3267 A (ver siguiente tabla). Debido a que este valor es menor que el limite de 3900 A, entonces los fusibles 3 y 4 de la subestación Alborada están correctamente coordinados.

FUSIBLE				Máxima corriente de cortocircuito		COORDINACION
PROTECTOR		RESPALDO		Para Coordinación	En el punto de estudio*	
Código	TipoK	Código	TipoK			
4	40	3	100	3900	3267	si

Tabla 68

- La alimentadora Benjamín Carrión contiene 20 fusibles cuyos valores se los puede apreciar en la siguiente tabla.

FUSIBLE	UBICACIÓN DEL FUSIBLE	TIPO	FUSIBLE	UBICACIÓN DEL FUSIBLE	TIPO
1	3.1	65K	11	4.19.4	25K
2	3.2	140K	12	4.19.4.3	40K
3	3.2.2.1	25K	13	4.19.4.4	25K
4	4.3	65K	14	4.19.4.4	25K
5	4.5	100K	15	4.19.4.5	40K
6	4.18	40K	16	5	25K
7	4.19	140K	17	9.1	65K
8	4.19.1	25K	18	9.2	65K
9	4.19.2	40K	19	18	65K
10	4.19.4	25K	20	18.3	40K

Tabla 69

En este alimentador existe un caso en particular, el fusible 7 tiene que servir de respaldo para los fusibles 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15. El fusible de respaldo es de 100K y los protectores son de 25 o de 40K. Ambos fusibles (25K y 40K) coordinan hasta una corriente de cortocircuito de 3900 A con el de 100K y si se observa la siguiente tabla, este valor es mayor que las máximas corrientes de cortocircuito en los punto de interés.

Por otro lado, el fusible 2 tiene que respaldar al fusible 3 al igual que el 19 debe coordinar con el 20. Los valores de corriente en el punto de estudio son



menores que los valores de corriente máxima de coordinación por lo tanto sus curvas de operación están debidamente coordinadas.

FUSIBLE				Máxima corriente de cortocircuito		COORDINACION
PROTECTOR		RESPALDO		Mínima para coordinar	En el punto de estudio*	
Código	TipoK	Código	TipoK			
3	25	2	140	5800	5024	Si
8	25	7	100	3900	3162	Si
9	40	7	100	3900	3067	Si
10	25	7	100	3900	2917	Si
11	25	7	100	3900	2917	Si
12	40	7	100	3900	2831	Si
13	25	7	100	3900	2608	Si
14	25	7	100	3900	2608	Si
15	40	7	100	3900	2521	Si
20	40	19	100	3900	2382	Si

Tabla 70

- La alimentadora Satirión contiene 21 fusibles cuyos valores se los puede apreciar en la siguiente tabla.

FUSIBLE	UBICACIÓN DEL FUSIBLE	TIPO	FUSIBLE	UBICACIÓN DEL FUSIBLE	TIPO
1	2.1	40K	12	11.6.1	6K
2	3	25K	13	12	25K
3	5	100K	14	13	40K
4	6	40K	15	16	25K
5	7	140K	16	21	15K
6	7.3	25K	17	22	25K
7	9.1	6K	18	25	25K
8	10.1	6K	19	26	15K
9	10.2	25K	20	27	6K
10	11.1	140K	21	30	15K
11	11.4	65K			

Tabla 71

En el caso de la alimentadora Satirión existen dos casos para en los cuales los fusibles deberían estar coordinados:

- El primer caso se trata de los fusibles 5 (respaldo) y 6 (protector) cuyos valores son de 140 y 25K respectivamente. El valor de la máxima corriente de cortocircuito en la ubicación del fusible protector es de 4796 amperios (ver Tabla 72) y en la que se muestra que la máxima corriente de coordinación es 5800 A. Debido a que este ultimo es mayor que los 4796 amperios calculados, estos fusibles se encuentran coordinados.
- El segundo caso se trata de los fusibles 10 y 11, cuyos valores son de 140, 65K respectivamente. El máximo valor de coordinación entre los fusibles 140(respaldo) y 65K (protector) es de 5800 amperios, mayor que el valor de la corriente de corto en la ubicación del fusible 11 que es de 4232 amperios (ver siguiente tabla), por lo que están correctamente coordinados.

FUSIBLE				Máxima corriente de cortocircuito		COORDINACION
PROTECTOR		RESPALDO		Mínima para coordinar	En el punto de estudio *	
Código	TipoK	Código	TipoK			
6	25	5	140	5800 A	4796 A	si
11	6	10	100	5800 A	4232 A	si

Tabla 72

- La alimentadora Tanca Marengo contiene de 5 fusibles cuyos valores se los puede apreciar en la siguiente tabla.

FUSIBLE	AMPERIOS	TIPO
1	60	40K
2	15	10K
3	40	20K
4	10	6K
5	15	10K

Tabla 73

En esta alimentadora no hay fusibles que se coordinen con otros, cada uno protege un ramal y no existen fusibles de respaldo alguno.

Alimentadora Alborada (Diagrama unifilar)

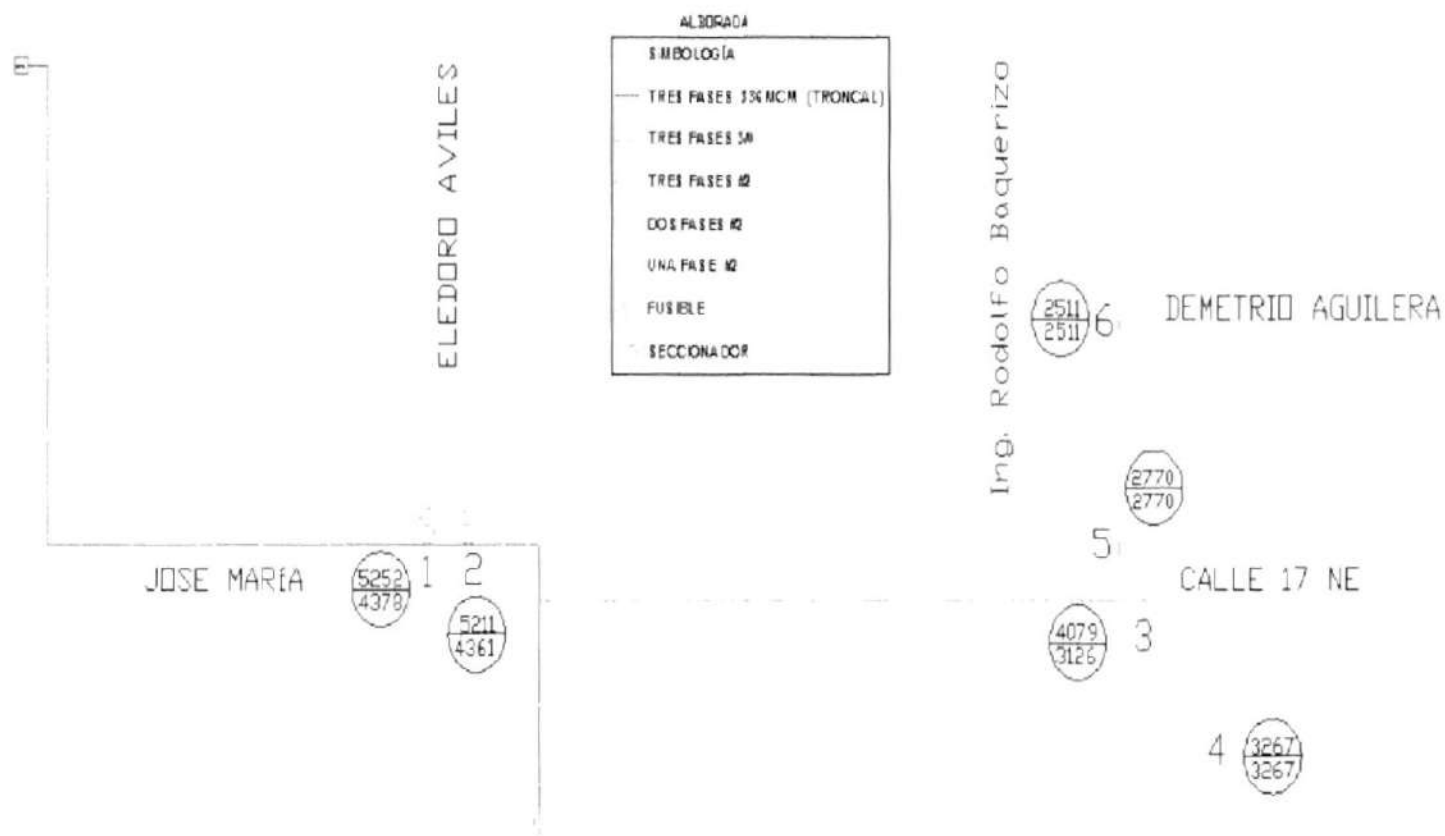


Figura 57 (Configuración actual del sistema de Protecciones de la Alimentadora Alborada)

Alimentadora Benjamín Carrión (Diagrama Unifilar)

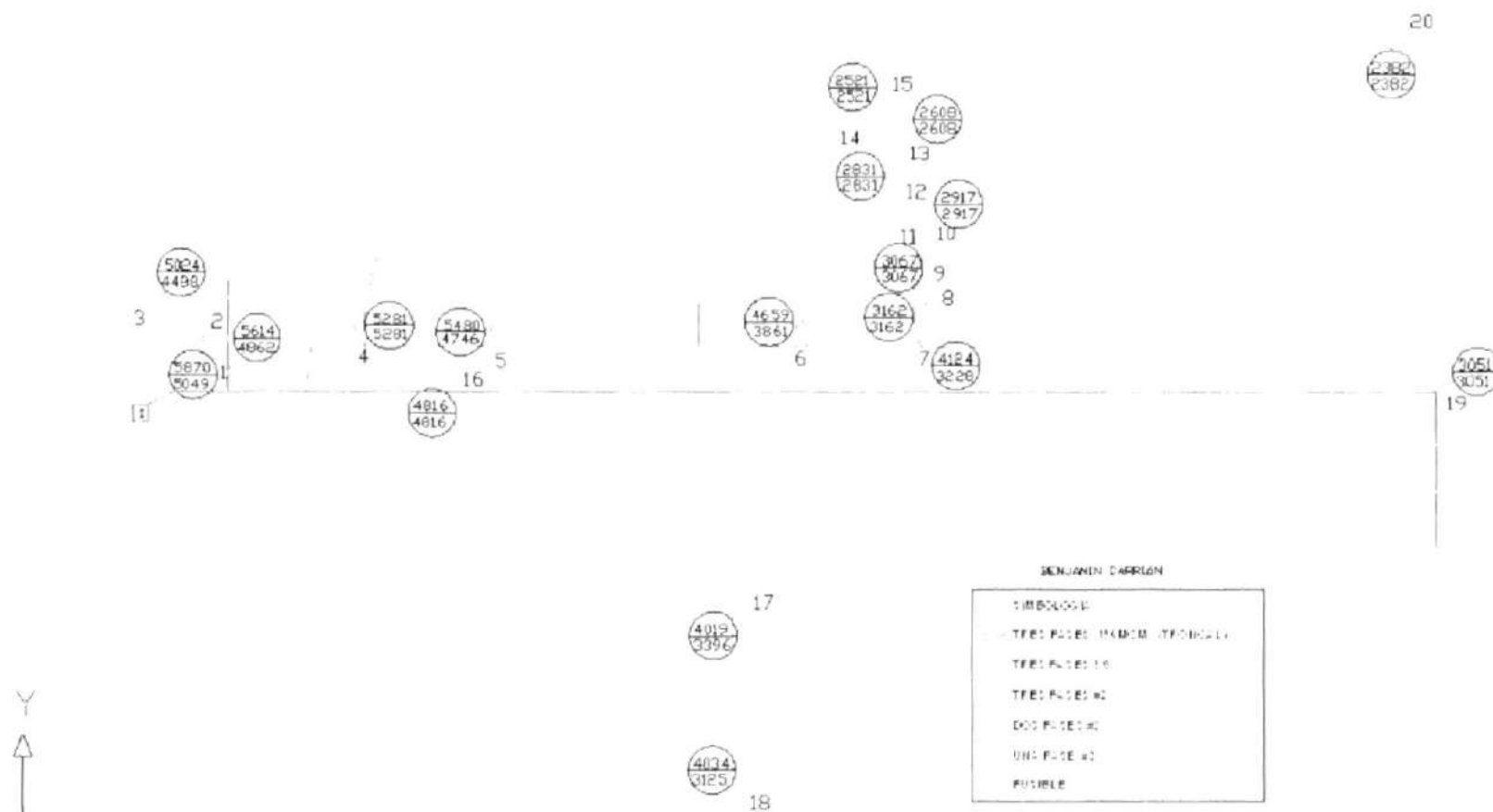


Figura 58 (Configuración actual del sistema de Protecciones de la Alimentadora Benjamín Carrión)

Alimentadora Satirión (Diagrama Unifilar)

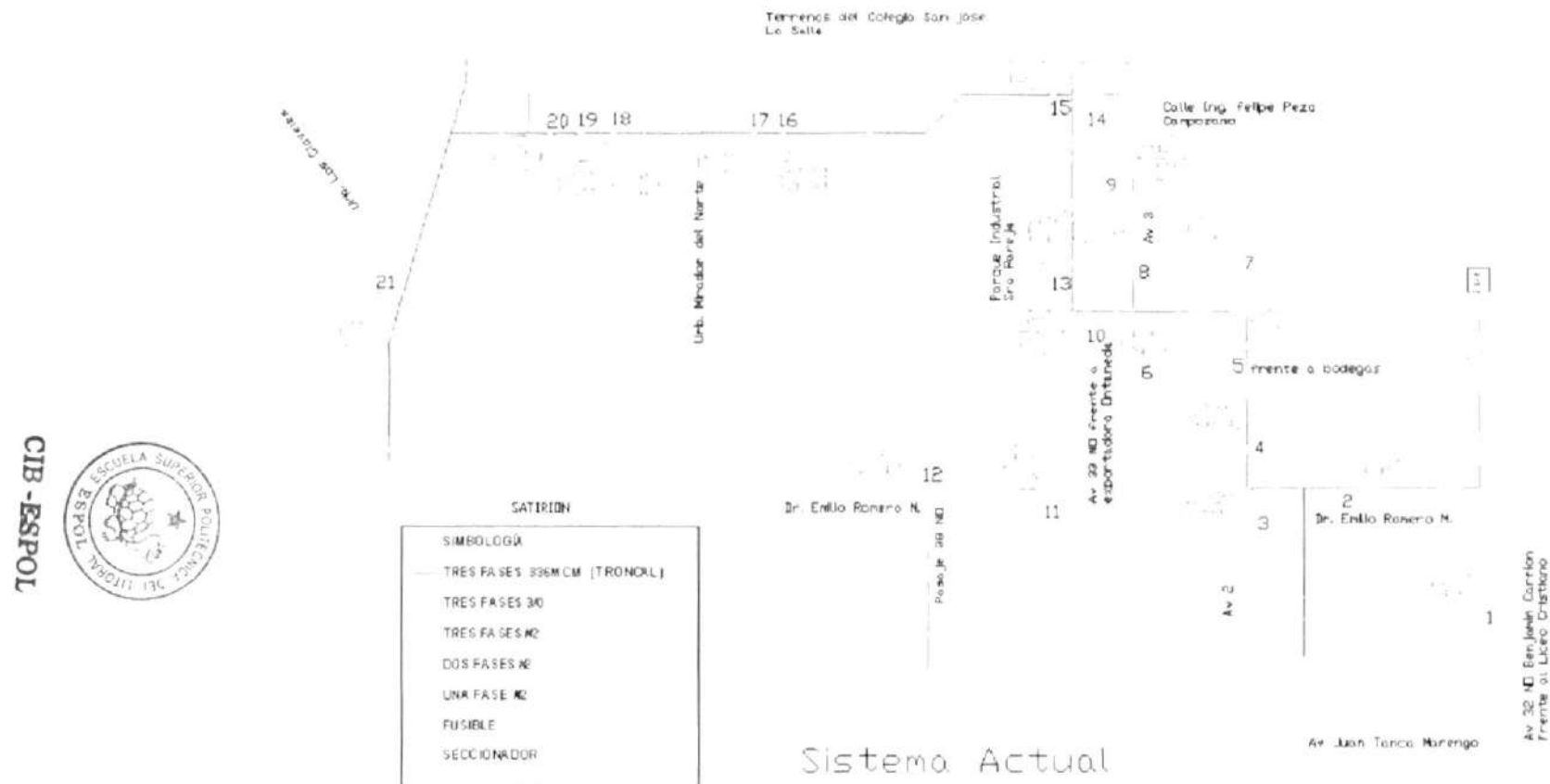


Figura 59 (Configuración actual del sistema de Protecciones de la Alimentadora Satirión)

Alimentadora Tanca Marengo (Diagrama Unifilar)

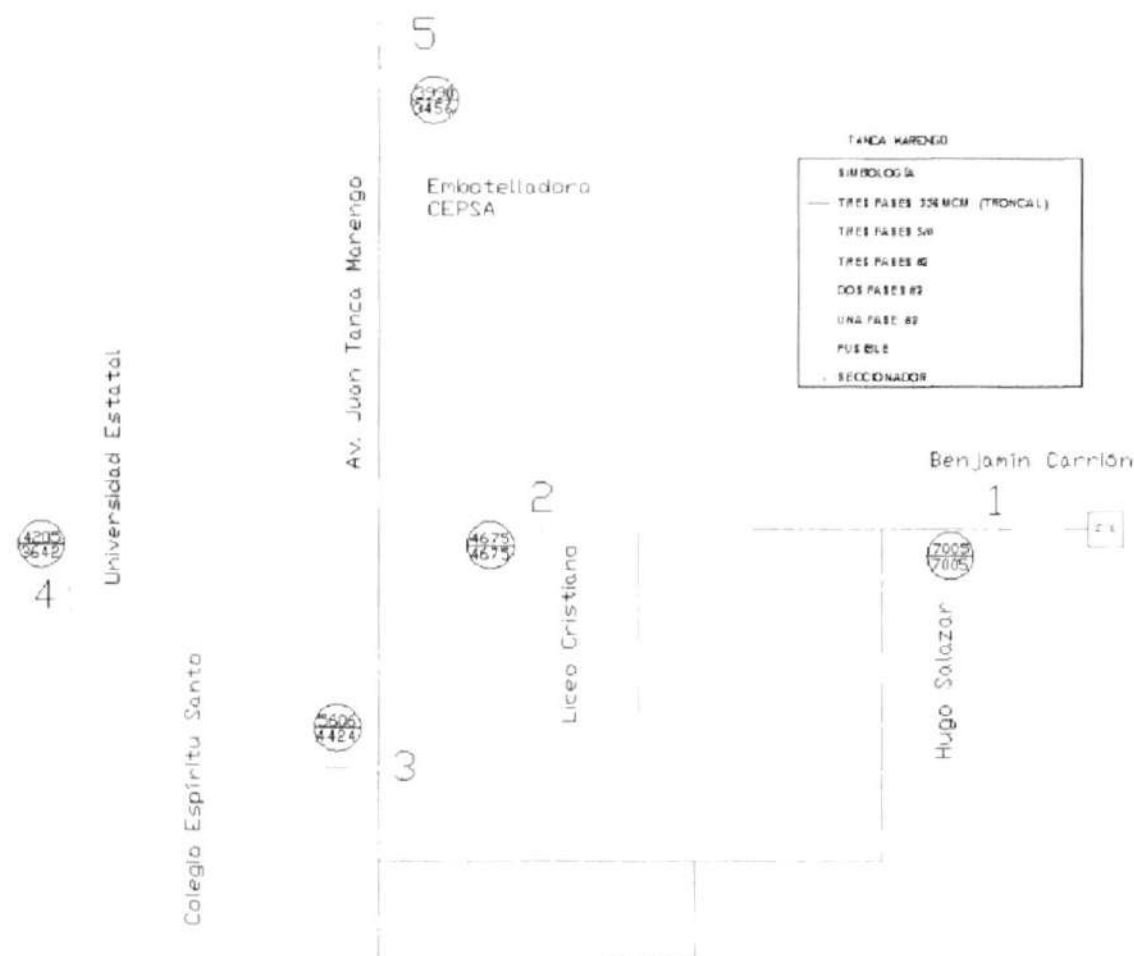


Figura 60 (Configuración actual del sistema de Protecciones de la Alimentadora Tanca Marengo)

Reconectador de la Subestación Alborada

Como se vio en el capítulo 2, los reconectadores utilizados para la protección de las alimentadoras son COOPER tipo VWE.

Ajustes del reconectador

Los ajustes mas prioritarios se muestran a continuación:

PARÁMETROS DE AJUSTES	VALOR
Mínimo Disparo-Fase	560 A
Mínimo Disparo-Tierra	280 A
Curva Rápida	101
Curva Lenta	117
No. Operación-rápida	1
No. Operación-lenta	2
Disparo Instantáneo	5 TAP
Recierre después de la primera operación	15 ciclos
Recierre después de la segunda operación	30 ciclos
Recierre después de la segunda operación	30 ciclos

Tabla 74

Curvas del reconectador

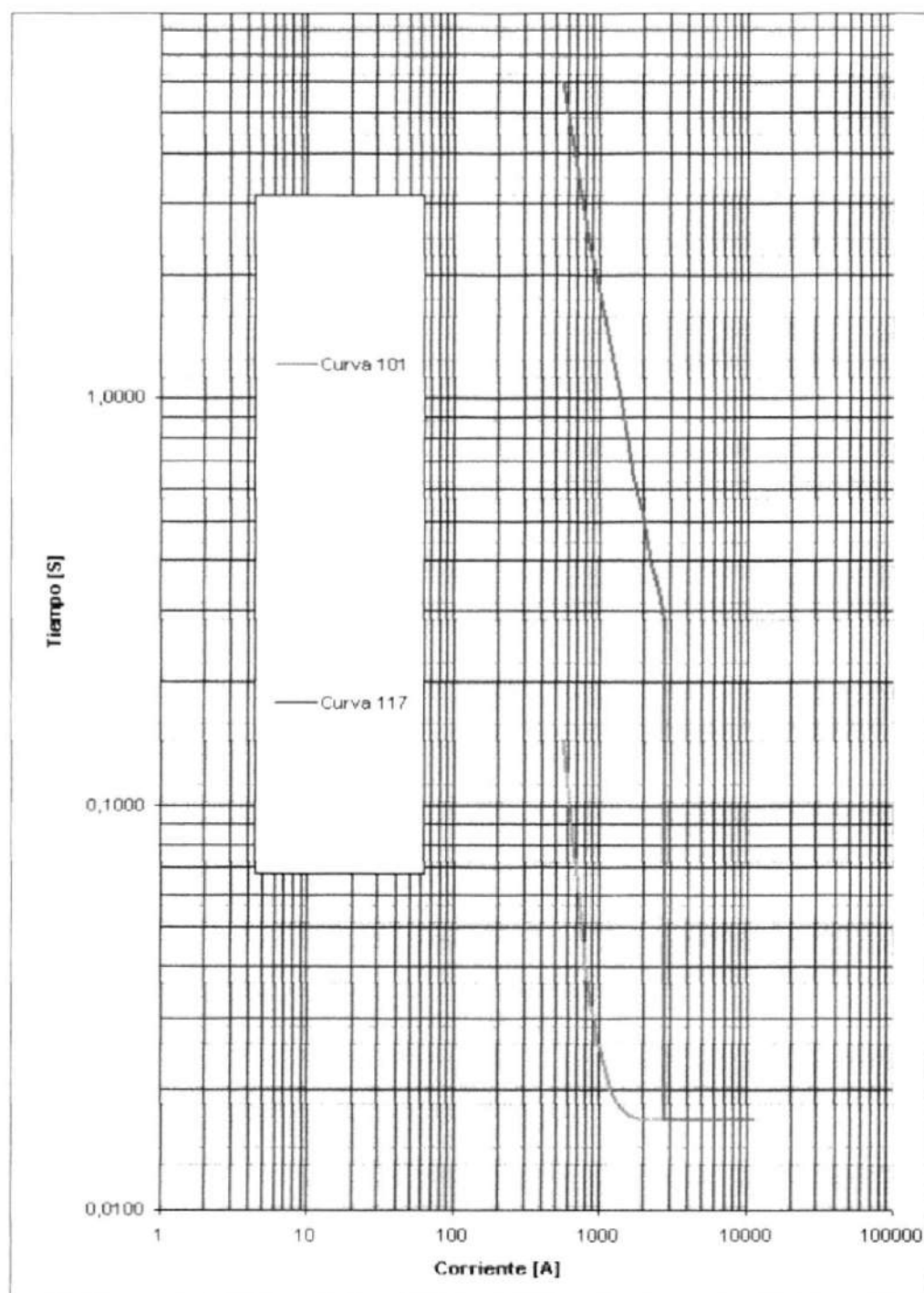


Figura 61

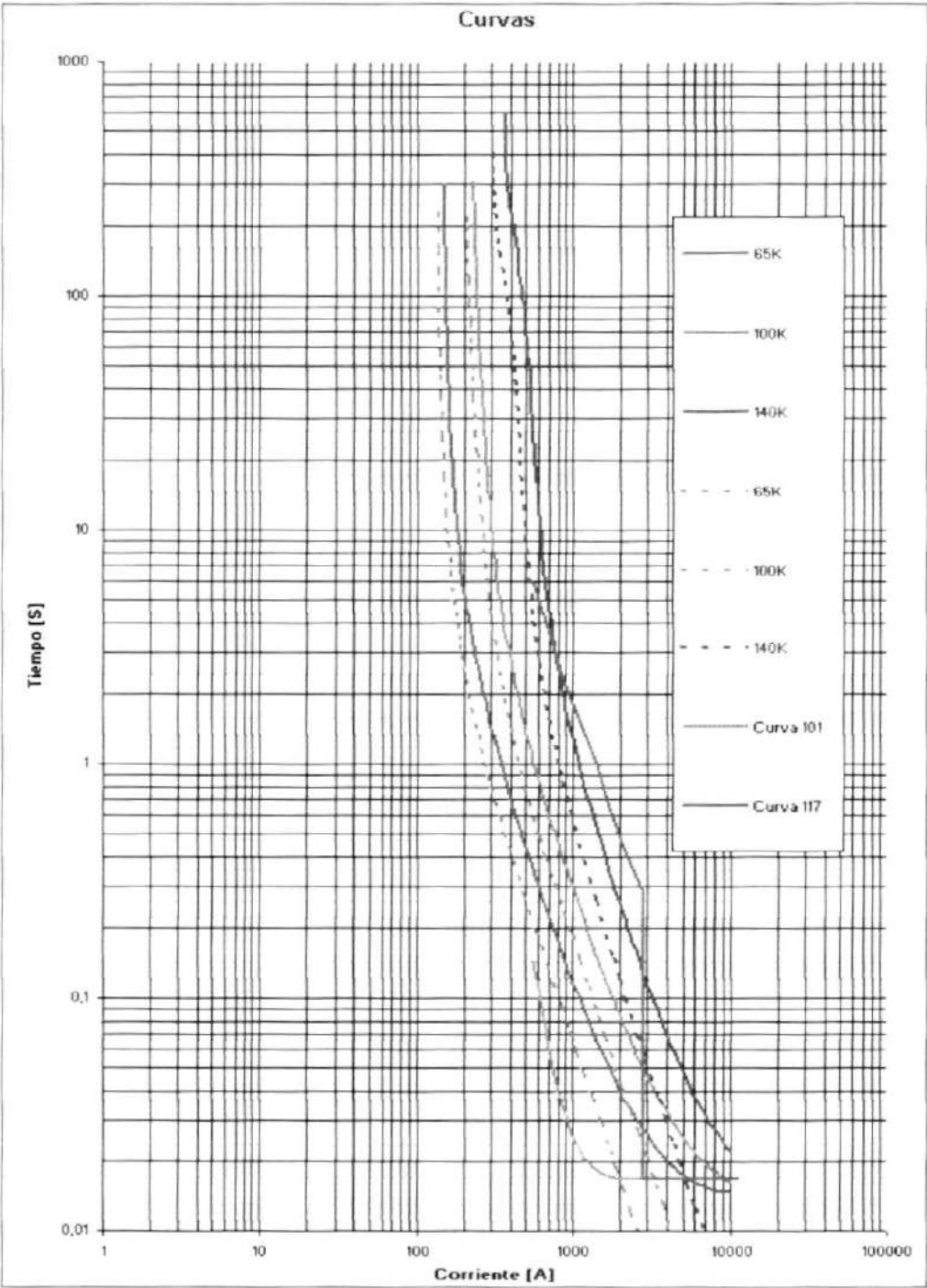
La corriente de pick-up del reconectador es de 560 A y un mínimo disparo de tierra de 280 A. Esta ajustado para operar de manera instantánea para corrientes mayores a 5 veces el pick-up, es decir para valores mayores de 2800 A.

El tiempo de recierre para la operación de la curva rápida es de 15 segundos mientras que para las curvas de operación lenta es de 30 segundos. Es decir 900 y 1800 ciclos respectivamente. Por lo que para este caso no se considera ningún factor para las curvas del reconectador. (Ver anexo Coordinación de Protecciones, subtema Coordinación Reconectador Fusible).

En la Figura 62, se ha detallado las curva rápida (101) y la curva lenta (117) del reconectador, así como también las curvas de máximo despeje y mínima fusión de los fusibles 65, 100,140K.

La mínima corriente de coordinación es la intersección de la curva lenta del reconectador con la curva del tiempo máximo de despeje del fusible. Por otro lado, la máxima corriente de coordinación es la intersección de la curva rápida con la curva de tiempo mínimo de fusión del fusible.

Curvas reconector-fusible



La coordinación de fusibles de la Subestación Alborada y sus alimentadoras están correctamente coordinados, sin embargo, aun no se ha tomado en cuenta el factor más importante en el estudio del mismo, su confiabilidad.

Mas adelante, en el análisis de confiabilidad del Sistema eléctrico se analizarán ciertos índices internacionales para establecer cuan seguro es el sistema de protección actual. Los mismos que serán de gran ayuda para la elaboración y el nuevo diseño del sistema de protección.

PROTECCION DE SOBREVOLTAJE EN LA SUBESTACION ALBORADA

La Subestación Alborada cuenta con pararrayos de 10 y 12KV tipo MOV (metal oxide varistor).

Ubica a los pararrayos en cada uno de los transformadores, capacitores, acometidas en alta y a lo largo de la línea de distribución.

La protección contra sobrevoltajes y descargas atmosféricas están debidamente coordinadas. (Ver anexo Coordinación de Protecciones de Sobrevoltaje)



CIB -ESPOL

3.4. Cargas / consumidores

Con el propósito de determinar la relación de consumidores existentes por transformador, en el periodo del levantamiento de las alimentadoras se tomó una muestra de 35 transformadores (20 de 50KVA, 10 de 25KVA y 5 de 37.5KVA) por alimentadora, tomando el número de consumidores asociados a cada uno de los transformadores, información que será de gran relevancia en análisis posteriores. La razón de haber investigado estos transformadores se debe a que son las capacidades típicas cuando se trata de alimentar cargas residenciales.

De esta manera se llegó a la conclusión de que los consumidores están dentro de un rango en relación a la capacidad asociada del transformador, en la Tabla 75 se muestra el rango de consumidores para cada capacidad de transformador investigado.

TRANSFORMADOR	CONSUMIDORES
25 KVA	[8:16]
37,5 KVA	[14:19]
50 KVA	[18:27]

Tabla 75

En la sección 2.4 se mencionan otras capacidades de transformadores pero estas no se las consideró en la tabla de arriba ya que normalmente se usan para acometidas en alta tensión y consideramos como un solo consumidor.

A continuación se presentará una tabla en donde consta la capacidad instalada, el número de clientes, la demanda máxima expresada en KVA de cada alimentadora de la Subestación Alborada. Además se mostrará los valores de KVA por número de consumidores y la cargabilidad en promedio de los transformadores de distribución.

Alimentadora	KVA Inst.	Clientes	KVA Máx	Carga / Consumidor		Cargabilidad
				KVAinst/ Cliente	KVAmáx/ Cliente	% de Carga KVAinst/KVAmáx
Alborada	13287	3242	5392	2.04	0.83	40.58%
Benjamín Carrión	18861	5253	8567	3.56	1.62	45.42%
Satirión	18916	1705	4651	4.11	1.01	24.59%
Tanca Marengo	5027	619	2183	1.68	0.73	43.42%

Tabla 76

Nótese que los KVA instalados por cliente en la alimentadora Satirión es el más elevado pero el porcentaje de cargabilidad de los transformadores es pequeño. Esto indica que existe en general un sobredimensionamiento de estos equipos en esta alimentadora.

Note además, que el porcentaje de carga de los transformadores distribución en máxima carga de no supera el 50%. Esto se debe a la política de la empresa de tratar de alargar la vida de estos equipos y no realizar inversiones futuras.

3.5. Información estadística de las interrupciones

Según la regulación 004/01, la empresa Distribuidora de energía eléctrica deberá llevar un registro histórico de interrupciones de por lo menos los últimos tres años. Esta regulación contempla 4 formas de clasificación que se mostrarán a continuación:

- a) Por su duración
- b) Por su origen
- c) Por su Causa
- d) Por el Nivel de Voltaje

A continuación se procederá a clasificar los tipos de falla y se analizará esa clasificación para la subestación (Para más información revise el anexo "Estadísticas de Fallas").

Por su Duración:

A su vez la regulación 004/01 clasifica a las interrupciones según su duración en 2 grupos:

- a) Breves, las de duración menor o igual a tres minutos y
- b) Largas, las de duración mayor a tres minutos.

En la siguiente tabla se mostrará la mencionada clasificación.

Subestación Alborada

Año	>3Min	<3Min	Total
2003	16	33	49
2004	58	68	126
2005	39	93	132
2006	24	85	109

Tabla 77 (Clasificación de las fallas por su duración)



Figura 63

En el gráfico que se muestra arriba se puede observar que las interrupciones de duración mayor a 3 minutos tiene una tendencia a decrecer en cambio las de menor duración tienen una tendencia a subir. Esto se debe a que la Empresa está haciendo una labor aceptable para disminuir la duración de las fallas.



CIB -ESPOL

Por su Origen:

A su vez la regulación 004/01 clasifica a las interrupciones según su origen en 2 grupos:

a) Externas al sistema de distribución.

- Otro Distribuidor
- Transmisor
- Generador
- Restricción de carga
- Baja frecuencia
- Otras

b) Internas al sistema de distribución.

- Programadas
- No Programadas

En la siguiente tabla se mostrará la mencionada clasificación.

Subestación Alborada

Año	Externas	Internas Programadas	Internas no Programadas	Total
2003	4	0	45	49
2004	16	13	97	126
2005	4	11	117	132
2006	8	2	99	109

Tabla 78 (Clasificación de las fallas por su origen)

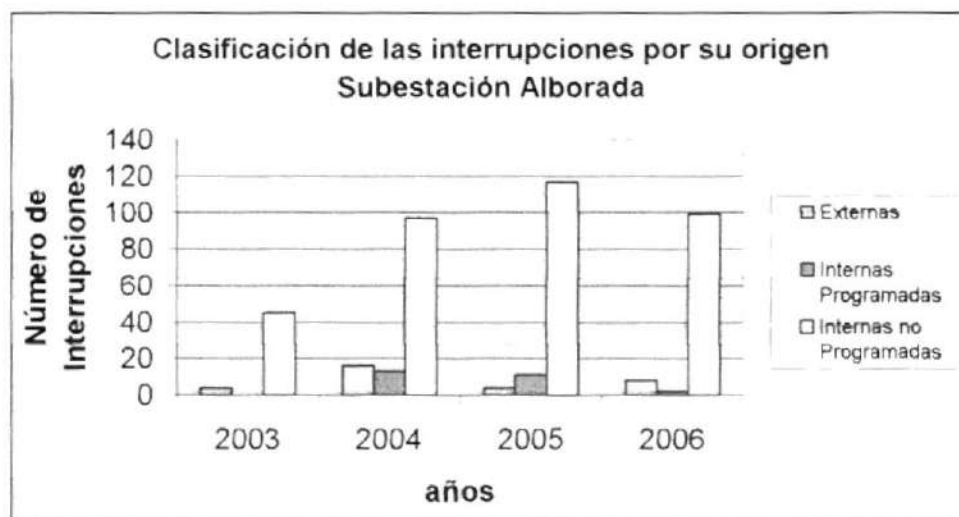


Figura 64

En la figura que se muestra arriba se puede observar que las interrupciones internas no programadas son ampliamente superiores a las internas programadas y a las externas. Esto quiere decir que los problemas fortuitos ocurren más frecuentemente que los otros tipos de falla, por ejemplo se puede citar: Choques contra postes, árboles que están colocados debajo o muy cerca de las líneas y estos a su vez crecen y hacen contacto, condiciones climáticas, etc.

Por su causa:

La regulación 004/01 clasifica a las interrupciones según su causa en 2 grupos:

- a) Programadas.
 - Mantenimiento

- Ampliaciones
 - Maniobras
 - Otras
- b) No programadas (intempestivas, aleatorias o forzadas).
- Climáticas
 - Ambientales
 - Terceros
 - Red de alto voltaje (AV)
 - Red de medio voltaje (MV)
 - Red de bajo voltaje (BV)
 - Otras

En la siguiente tabla se mostrará la mencionada clasificación.

Subestación Alborada

Año	Programadas	No Programadas	Total
2003	0	49	49
2004	13	113	126
2005	11	121	132
2006	2	107	109

Tabla 79(Clasificación de las fallas por su causa)



Figura 65

En la figura que se muestra arriba se puede observar que el número de interrupciones programadas es igual al número de interrupciones internas programadas de la clasificación anterior. Esto quiere decir, que las fallas ocurridas a nivel de generación y transmisión no han sido programadas.

Observe además que las fallas no programadas son ampliamente superiores a las programadas. Esto significa, que la frecuencia de fallas por caso fortuito es muy grande en comparación con interrupciones programadas ya sea por el generador, transmisor o distribuidor.

Por el voltaje nominal:

La regulación 004/01 clasifica a las interrupciones según su voltaje nominal en 3 grupos:

- a) Bajo voltaje

- b) Medio voltaje
- c) Alto voltaje

En la siguiente tabla se mostrará la mencionada clasificación.

Subestación Alborada

Año	Alto Voltaje	Medio Voltaje	Bajo Voltaje	Total
2003	4	21	24	49
2004	16	49	61	126
2005	6	63	63	132
2006	8	39	62	109

Tabla 80 (Clasificación de las fallas por su Voltaje Nominal)

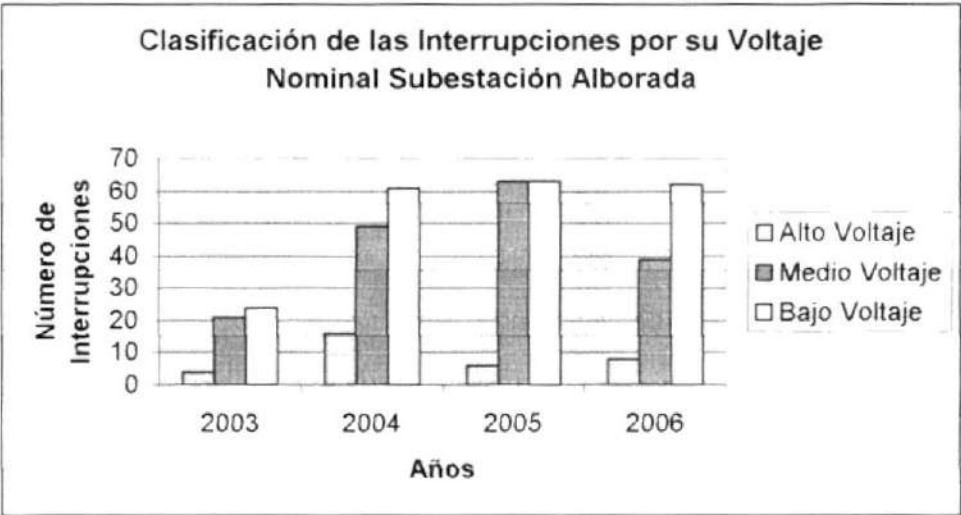


Figura 66

En el gráfico que se muestra arriba se puede observar que el número de interrupciones son mayores a nivel de bajo voltaje y van disminuyendo conforme el voltaje aumenta. Esto tiene mucho sentido ya que a medida que el voltaje se eleva los puntos de carga disminuyen y la confiabilidad aumenta.

3.6. Evaluación de la confiabilidad

El adecuado funcionamiento de la red de distribución de la Subestación Alborada dependerá del tiempo de duración y la frecuencia de ocurrencia de las interrupciones. Para saber las condiciones de operación del sistema es necesario evaluar la confiabilidad del mismo en base al registro histórico de interrupciones. De esta forma se da paso a una serie de estimadores probabilísticos que están relacionados con los componentes del sistema y el tiempo de reposición del servicio.

Estos estimadores permitirán consecuentemente calcular los índices de confiabilidad del sistema, con lo cual se pretende estimar el funcionamiento de sus elementos y el tiempo de reparación de los mismos expuestos ante un posible disturbio.

Tales estimadores son los siguientes:

- Tasas de fallas de los Transformadores.
- Tasas de falla relacionada con la longitud.
- Fallas de los equipos de protección.
- Duración de la salida de servicio.
- Tiempo de switcheo.

TASA DE FALLA DE LOS TRANSFORMADORES.

Se entiende como tasa de falla de los transformadores la tasa de transición del estado en funcionamiento al estado fuera de servicio. Es decir este estimador indica el número de transformadores que han tenido alguna avería importante por año; entiéndase que esta avería provoca una falta de suministros a los clientes conectados al transformador dañado. Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{m}{n \times T} \text{ (falla/año)}$$

Ecuación 8

- Donde :
- λ = Tasa de falla estimada
 - m = Número de fallas observadas
 - n = Número de unidades expuestas a la falla (población)
 - T = Periodo de tiempo que las unidades fueron expuestas a la falla

A continuación se muestra la Tabla 81 indicando el número de veces que fallo el transformador por alimentadora.

El tiempo de análisis es de 43 meses.

Descripción	Alimentadoras				Total
	Alborada	Benjamín Carrión	Satirión	Tanca Marengo	Subestación Alborada
No. De Transformadores	252	340	195	56	843
Transformador Fallados	2	1	1	2	6

Tabla 81

Para un periodo de 43 meses, la tasa de fallas de los transformadores es:

$$\lambda = \frac{m}{n \times T} = \frac{6}{843 \left(\frac{43}{12} \right)} = 0.0019 \text{ (fallas/año)}$$

TASA DE FALLA RELACIONADOS CON LA LONGITUD.

Este estimador indica la probabilidad de que el sistema falle teniendo en cuenta la longitud o tramo del alimentador que esta siendo afectado. Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\lambda = b \times L \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

λ = Tasa de falla estimada (fallas/año)

L = Longitud de la Alimentadora

b = factor de escala de la tasa de falla

La ecuación para el factor de escala es la siguiente:

$$b = \frac{m}{n \times T} \text{ (falla/Km - año)} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

m = Número de fallas observadas

n = Longitud total del componente expuesto a la falla

T = Tiempo de la prueba

La Tabla 82 indica el número de veces que fallo la línea primaria por alimentadora. Es importante mencionar que no existe diferencia alguna entre fallas en troncal y fallas en ramales, puesto que en los registros de fallas no

se tiene esa clasificación (en los registros de la CATEG cuando se habla de falla de línea no se especifica si fue en troncal y ramal). Por tal razón se saca una tasa de falla general para líneas.

El tiempo de análisis es de 43 meses.

Descripción	Alimentadoras Longitud [Km]				Total
	Alborada	Benjamín Carrión	Satirión	Tanca Marengo	Subestación Alborada
336 MCM 3Φ	1.346	2.294	3.651	2.365	9.656
3/0 3Φ	0.641	2.539	1.4935	0.37	5.0435
#2 3Φ	1.789	0.963	4.1575	1.002	7.9115
#2 2Φ	1.003	2.526	1.501	0	5.03
#2 1Φ	8.638	15.315	3.983	0.937	28.873
Total	13.417	23.637	14.786	4.674	56.514
Descripción	Alimentadoras				Total
	Alborada	Benjamín Carrión	Satirión	Tanca Marengo	Subestación Alborada
Fallas en línea primaria	7	8	17	9	41

Tabla 82

El factor de escala es el siguiente:

$$b = \frac{m}{n \times T} = \frac{41}{56.51 \left(\frac{43}{12} \right)} = 0.2 \text{ (falla/Km - año)}$$

FALLA DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN.

Este estimador indica la tendencia de los equipos de protección a fallas, es decir estima la probabilidad de que el equipo de protección tenga una mala operación cuando se encuentre expuesto a un disturbio en el sistema. Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\hat{q} = \frac{k}{j + k} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde :

k = Número de operaciones inapropiadas (situación en que la operación de respaldo opera)

j = Número de operaciones correctas

Debido a que no se tiene registro alguno de los datos que se necesitan, se tuvo que acudir al documento "IEEE Working Group on System Design, ***Use Guide for Power Distribution Reliability Indices***, Report P1366, IEEE, 1998". El mismo menciona en su contenido que la probabilidad de falla de los equipos de protección oscila entre 0.004 y 0.014; el valor escogido para el análisis es 0.009 que representa el promedio de los anteriores números.

DURACIÓN DE LA SALIDA DE SERVICIO.

El impacto de la falla de un componente en la disponibilidad del sistema es influenciado por los procedimientos operacionales.

- La restauración permanente de las funciones del sistema (sea separado o reemplazado el componente fallado).
- La restauración temporal (total o parcial) de las funciones del sistema a través de la reconfiguración del circuito (switcheo).

Los principales componentes de una duración de salida de servicio son:

- Tiempo de notificación.
- Tiempo de preparación de la cuadrilla.
- Tiempo de ubicación de la falla.
- Tiempo de viaje del switch.
- Tiempo de operación del switch.
- Tiempo de reparación del componente o remplazarlo.

Para daño de transformadores el tiempo de restauración de servicio, según datos proporcionados por linieros de la CATEG es de 6 horas.

El tiempo de restauración para líneas de distribución primarias se presenta en la siguiente tabla:

Línea					
Descripción	1Km	2Km	3Km	4Km	
Tiempo de Notificación	10	10	10	10	min
Tiempo de Preparación de la Cuadrilla	20	20	20	20	min
Tiempo de Ubicación de la Falla	10	20	30	40	min
Tiempo de Reparación del componente	40	40	40	40	min
Total	80	90	100	110	min

Estos valores son en promedio

TIEMPO DE SWITCHEO.

La duración de los procedimientos temporales de restauración es referida como tiempo de switcheo.

Las actividades comunes que afectan los tiempos de restauración temporales son las siguientes:

- Notificación.
- Formación de la cuadrilla.
- Ubicación de la falla.
- Viajes entre switches.
- Operación manual de los switches.

Según el personal de la CATEG los tiempos aproximados son los siguientes:

Línea					
Descripción	1Km	2Km	3Km	4Km	
Tiempo de Notificación	10	10	10	10	min
Tiempo de Preparación de la Cuadrilla	20	20	20	20	min
Tiempo de Ubicación de la Falla	10	20	30	40	min
Tiempo de Abrir y Cerrar Switch	5	5	5	5	min
Total	45	55	65	75	min

3.7. Estudio de cortocircuito

En el presente sub-capítulo se explicará primero los pasos para el cálculo de parámetros necesarios en el estudio de cortocircuito para finalmente obtener valores de corrientes y voltajes de falla para la Subestación Alborada.

Impedancias de las líneas

- Primero es necesario conocer los valores de impedancias de las líneas a las cuales se les va a realizar el estudio de cortocircuito. Por esa razón es imperioso realizar un levantamiento de las 4 alimentadoras de la subestación Alborada. En ese levantamiento se toma en cuenta lo siguiente:
 - ❖ Calibre del conductor (fase y neutro)
 - ❖ Tipo de estructura (centrada o volada) y
 - ❖ Elementos eléctricos tales como acometidas en alta, transformadores y bancos de capacitores.

Se realiza la identificación de tramos 3ϕ 's, 2ϕ 's y 1ϕ 's de conductor con su respectivo calibre. Una vez terminado el levantamiento se procede a realizar una base de datos y a graficar los planos utilizando el programa "**Autocad**"

- Luego con ayuda de la tabla 2-A del libro Transmission and Distribution de la Westinghouse se determina los parámetros de los conductores, tales como: resistencia y radio medio geométrico.
- Por último, se procederá a hallar la reactancia de la línea. Se tomará como base las distancia establecidas en el libro de INECEL que trata el diseño de líneas de 13.8KV.

A continuación se presentarán los tipos de conductor que se encontraron en las 4 alimentadoras de la subestación Alborada durante el proceso de levantamiento.

{	ACSR 336 Conductor de la Troncal
	ACSR 3/0 Ramal Trifásico
	ACSR #2 Usado para ramales trifásicos, bifásicos y monofásicos

A continuación se presentarán los valores de resistencia y reactancia de los conductores de las alimentadoras de la Subestación Alborada.

Secuencia Positiva y Negativa

Resistencia

En la siguiente tabla se muestran los valores de resistencia de los conductores que se usaron en la construcción de las 4 alimentadoras de la Subestación Alborada.

	R [50°C]	R [50°C]
Calibre	Ω/milla	Ω/Km
336	0.278	0.173
3/0	0.723	0.449
2	1.690	1.050

Tabla 83

Nota: Los valores de las resistencias por unidad de longitud fueron encontrados en la tabla 2-A del libro T&D de la Westinghouse.

Reactancia

Luego de obtener los valores de resistencia se procedió a hallar los valores de reactancia que dependen de la geometría del conductor y del espaciamiento entre los mismos. Para esto se necesita encontrar los valores X_d y X_a :

$$X = X_d + X_a \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

$$X_d = 0.2794 * \log(DMG) [\Omega/\text{milla}] \quad \text{Ecuación 13}$$

$$X_a = 0.2794 * \log(1/RMG) [\Omega/\text{milla}] \quad \text{Ecuación 14}$$

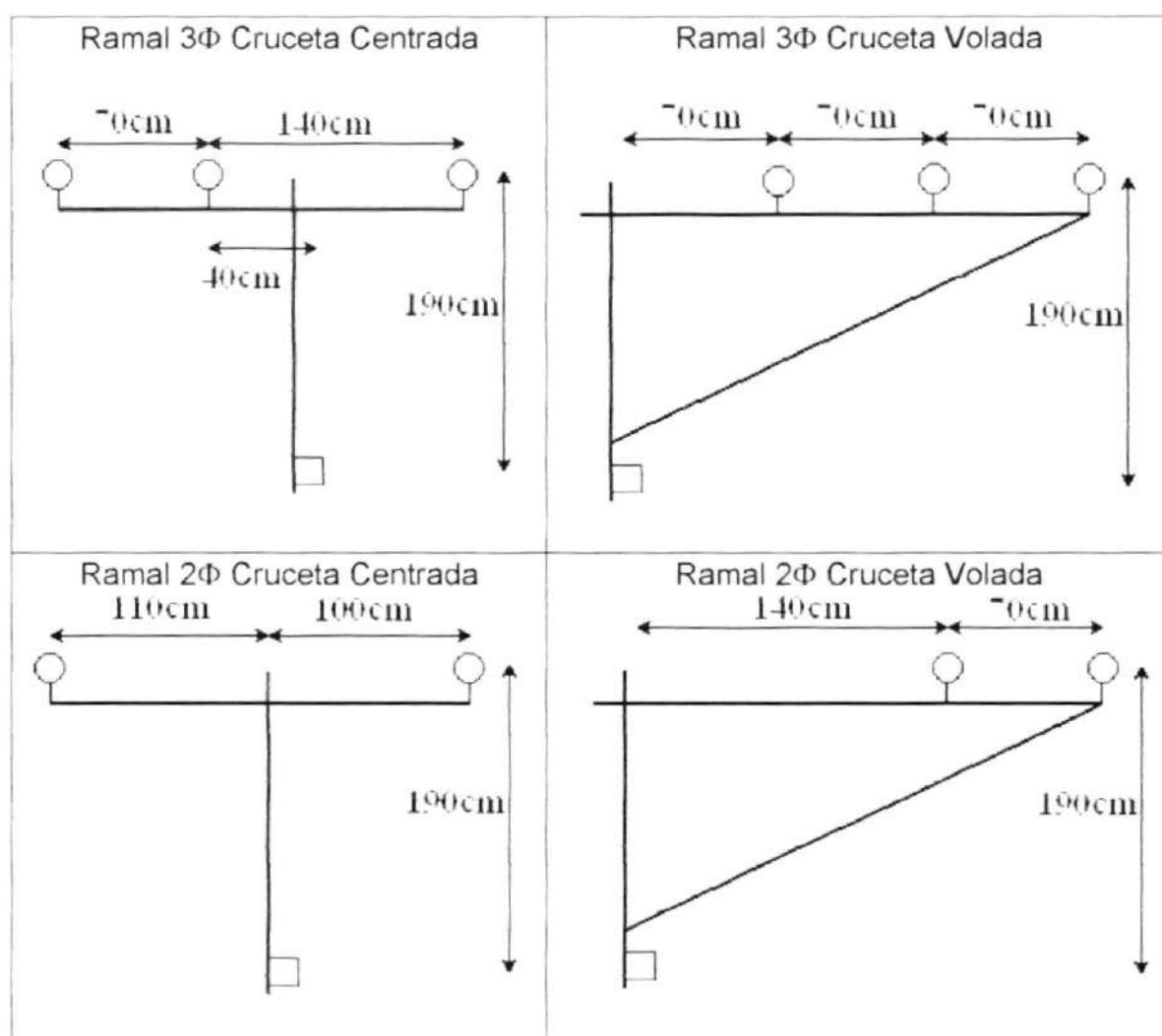
DMG = Distancia media geométrica entre los conductores de fases en pies
[ft]

RMG = Radio medio geométrico del conductor de fase en pies.

Nota: El radio medio geométrico de cada conductor se obtiene de la tabla 2-A del libro del T&D de la Westinghouse.

DMG

La distancia media geométrica o " d_{eq} " se la obtiene tomando en cuenta la siguiente disposición de los conductores que se muestra en la tabla que se muestra abajo:



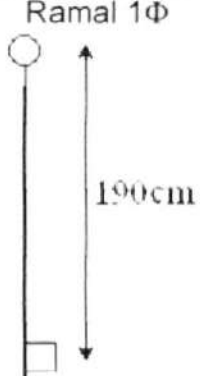
	Se puede observar las distancias entre conductores y la distancia hacia el neutro. Los círculos son las fases que pueden ser: "a, b o c"; el cuadrado es la posición del neutro "n"
---	--

Tabla 84

A continuación se mostrarán las fórmulas usadas para el cálculo de la distancia media geométrica entre conductores:

Distancias medias geométricas			
	Tipo de Línea (neutro multiaterrizado)		
Cantidad	Trifásica	Dos Fases	Una Fase
GMD_{Φ}	$\sqrt[3]{d_{ab}d_{bc}d_{ca}}$	d_{bc}	d_{an}

Tabla 85

El cálculo de las componentes de reactancia X_a y X_d para cada conductor de las 4 alimentadoras de la subestación Alborada se muestra a continuación:

	RMG	X_a	D_{eq}		X_d	X	
	Ft	$\Omega/\text{milla a 1Ft}$	m	Ft	Ω/milla	Ω/milla	Ω/Km
Circuito 3 Fases 336 Centrado	0.02440	0.451	1.272	4.173	0.173	0.624	0.388
Circuito 3 Fases 336 Volado	0.02440	0.451	0.882	2.894	0.129	0.580	0.360
Circuito 3 Fases 3/0 Centrado	0.00600	0.621	1.272	4.173	0.173	0.794	0.494
Circuito 3 Fases 3/0 Volado	0.00600	0.621	0.882	2.894	0.129	0.750	0.466
Circuito 3 Fases # 2 Centrado	0.00418	0.665	1.272	4.173	0.173	0.838	0.521
Circuito 3 Fases # 2 Volado	0.00418	0.665	0.882	2.894	0.129	0.794	0.493
Circuito 2 Fases # 2 Centrado	0.00418	0.665	2.100	6.890	0.234	0.899	0.559
Circuito 2 Fases # 2 Volado	0.00418	0.665	0.700	2.297	0.101	0.766	0.476
Circuito 1 Fase # 2	0.00418	0.665	2.100	6.890	0.234	0.899	0.559

Tabla 86

La ecuación general para el cálculo de impedancias de secuencia positiva y negativa queda como sigue:

$$Z = R_{\phi} + j0.2794 \frac{f}{60} \log \frac{GMD_{\phi}}{GMR_{\phi}} \left[\frac{\Omega}{\text{millas}} \right] \quad \text{Ecuación 15}$$

Secuencia Cero

Para la impedancia de secuencia cero se usaron las siguientes formulas:

$$Z_{\infty} = R_{\phi} + 0.2867 \frac{f}{60} + j0.8382 \frac{f}{60} \log_3 \frac{D_{\phi}}{GMR_{\phi} \times GMD_{\phi}^2} - \frac{3Z_{\phi n}^2}{Z_{NN}} \left[\frac{\Omega}{\text{milla}} \right] \quad \text{Ecuación 16}$$

donde:

$$Z_{NN} = R_N + 0.0954 \frac{f}{60} + j0.2794 \frac{f}{60} \log \frac{D_{\phi}}{GMR_N}$$

$$Z_{\phi N} = 0.0954 \frac{f}{60} + j0.2794 \frac{f}{60} \log \frac{D_{\phi}}{GMD_{\phi N}}$$

$$D_{\phi} = 2160 \sqrt{\frac{\rho}{f}}$$

R_{ϕ} = Resistencia del conductor de fase en [Ω /milla]

f = Frecuencia nominal del sistema en Hertz

ρ = valor promedio de resistividad de la tierra, ohmios-metros, de la ruta del circuito. Si no se dispone del valor, se asume un valor de 100

$GMD_{\phi n}$ = Distancia media geométrica entre los conductores de fases y el conductor del neutro en pies.

GMR_n = Radio medio geométrico del conductor del neutro en pies.

R_n = Resistencia del conductor neutro en [Ω /milla]

A continuación se mostrarán las fórmulas usadas para el cálculo de la distancia media geométrica relacionadas al neutro:

Distancias medias geométricas			
	Tipo de Línea (neutro multiaterrizado)		
Cantidad	Trifásica	Dos Fases	Una Fase
$GMD_{d,n}$	$\sqrt[3]{d_{an}d_{bn}d_{cn}}$	$\sqrt[3]{d_{bn}d_{cn}}$	d_{an}

Tabla 87

Los valores de impedancia de secuencia cero son los siguientes:

	R ₀₀		X ₀₀	
	Ω/milla	Ω/Km	Ω/milla	Ω/Km
Troncal Centrada	0.760	0.472	2.866	1.781
Troncal Volada	0.747	0.464	2.967	1.844
Circuito 3 Fases 3/0 Centrado	1.309	0.813	2.950	1.834
Circuito 3 Fases 3/0 Volado	1.292	0.803	3.049	1.895
Circuito 3 Fases # 2 Centrado	2.339	1.454	3.018	1.875
Circuito 3 Fases # 2 Volado	2.321	1.442	3.114	1.935
Circuito 2 Fases # 2 Centrado	2.334	1.451	2.898	1.801
Circuito 2 Fases # 2 Volado	2.309	1.435	3.174	1.973
Circuito 1 Fase # 2	2.339	1.453	2.896	1.800

Tabla 88

Impedancia del transformador

Una vez que se obtiene los valores de impedancia de línea, tanto de secuencia positiva, negativa y cero, se proce a hallar el valor de impedancia de secuencia del transformador.

Secuencia Positiva y Negativa

Para determinar la impedancia de secuencia positiva del transformador de la subestación Alborada en ohmios referida al secundario, se necesita conocer los siguientes valores:

KV_S = Voltaje fase – fase, en KV, nominal del transformador en el lado secundario del transformador trifásico.

MVA_T = Capacidad nominal (OA) del transformador trifásico en MVA.

KW_{NL} = Pérdidas sin carga del transformador trifásico en KW.

KW_{TOT} = Pérdidas totales del transformador trifásico en KW cuando está entregando la salida nominal (OA).

$Z_{T\%}$ = Impedancia de fuga del transformador en porcentaje.

A continuación se muestran dichos valores requeridos

Transformador			Pérdidas [KW]	
KV_S	MVA_T	$Z\%$	KW_{TOT}	KW_{NL}
13.8	18	7.34	72.336	0.8585705

Tabla 89

Para el cálculo de impedancias se usará la siguiente fórmula:

$$Z_{1T} = \frac{KV_S^2}{MVA_T} \left[\frac{KW_{TOT} - KW_{NL}}{1000MVA_T} + j \sqrt{\left(\frac{Z_{T\%}}{100}\right)^2 - \left(\frac{KW_{TOT} - KW_{NL}}{1000MVA_T}\right)^2} \right]$$

Ecuación 17

Donde Z_{1T} es la impedancia de secuencia positiva del transformador. La impedancia de secuencia negativa toma el mismo valor de la positiva.

De acuerdo a los cálculos, los valores de impedancia de secuencia positiva y negativa referida al secundario del transformador de la subestación Alborada son los siguientes:

Z1 Real secundario	
$R(\Omega)$	$X(\Omega)$
0.042013	0.775435

Tabla 90

Secuencia Cero

El transformador de poder de la subestación Alborada tiene una conexión Delta – Y aterrizado y para hallar la impedancia de **Secuencia Cero** en Ω referida al lado secundario se utiliza la siguiente formula:

$$Z_0 = K_1 Z_{1T} + 3Z_N \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

Z_N = Impedancia del neutro en ohmios

$K_1 = 1.0$ para banco de transformadores (3 unidades)

$K_1 = 0.9$ para un transformador trifásico con núcleo de tres piernas. Este es un valor aproximado. Los valores actuales pueden variar considerablemente dependiendo del diseño del transformador.

Puesto que el transformador de poder de la subestación Alborada está sólidamente aterrizado no se tomará en cuenta el valor de Z_N , por lo tanto, el segundo término de la ecuación mostrada anteriormente se elimina.

Ahora, el valor de la constante k_1 será 0.9 puesto el transformador de poder de la subestación que está siendo analizada es trifásico.

De acuerdo a los cálculos, el valor de impedancia de secuencia cero referida al secundario del transformador de la subestación Alborada es el siguiente:

Zo Real secundario	
R(Ω)	X(Ω)
0.037812	0.697891

Tabla 91

Cálculo de impedancia de secuencias para el sistema aguas arriba del transformador de poder.

Una vez hallado todos los valores de impedancias es necesario y fundamental considerar la impedancia que tiene el circuito antes de los terminales primarios de nuestro transformador de poder.

Con referencia al diagrama unifilar, el sistema que provee la potencia del lado de alto voltaje o primario del transformador de poder de la subestación puede ser representado por una impedancia Thevenin en ohmios referida al lado secundario tanto para la red de secuencia positiva como para la red de secuencia cero.

Secuencia Positiva y Negativa

Si el sistema que alimenta el lado primario de la subestación de distribución es definido en términos de los MVA de falla trifásica, factor de potencia, y la corriente disponible de una falla franca a tierra, las impedancias de secuencia del sistema primario en ohmios referidos al lado secundario son:

$$Z_{1P} = \frac{KV_S^2}{MVA_{3P}} \left[PF_{3P} + j \sqrt{1 - PF_{3P}^2} \right] \left[\frac{KV_{3P}}{KV_P} \right]^2 \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

KV_s = Voltaje fase – fase nominal del transformador en KV en el lado secundario del transformador.

KV_p = Voltaje fase – fase nominal del transformador en KV en el lado primario del transformador.

MVA_{3p} = Capacidad de falla trifásica disponible en MVA en los terminales primarios del transformador de la subestación.

KV_{3p} = Voltaje fase – fase del sistema primario usado como la base en calcular MVA_{3p} . Usualmente este es el mismo que KV_p .

PF_{3p} = Factor de potencia de la corriente de falla trifásica disponible en los terminales primarios; es igual a $\cos\left(\tan^{-1}\left(\frac{x}{r}\right)\right)$ donde $\frac{x}{r}$ es la relación de impedancias del sistema.

El cálculo de la impedancia de secuencia positiva y negativa para el sistema aguas arriba del transformador de poder se muestra en la siguiente tabla.

Falla Lado primario				Transformador		Z_{1p} del sistema	
$MVA_{acc\ 3\phi}$	KV_{3p}	x/r	FP	(KVp)	(KV s)	R	X
391	68.8	15	0.06651901	67	13.8	0.03416288	0.51244319

Tabla 92

Secuencia Cero

La impedancia de secuencia cero no se la necesita para el análisis de falla debido a que tenemos una conexión DELTA-ESTRELLA (aterrizado), por esta razón al momento de analizar los circuitos de secuencia esta impedancia queda aislada.



Figura 67 (Circuito de secuencia 0 para transformador delta estrella)

En la figura de arriba se muestra la razón por la cual el circuito de impedancia de secuencia cero queda aislado en el lado de la fuente del transformador, por lo tanto la exclusión de este valor de impedancia no afectará el análisis de corto circuito a nivel de 13.8 KV.



CIB -ESPOL

Análisis de falla

Una vez obtenido los parámetros necesarios, se procederá a hallar todas las corrientes de fallas para cada uno de los puntos más relevantes de las 4 alimentadoras de la subestación Alborada, con la finalidad de obtener valores máximos y mínimos que me permitan verificar si la coordinación actual es la correcta y para hacer mejoras que se requieran.

Para eso se utilizan las siguientes fórmulas:

Corriente de falla trifásica

Magnitud de corriente en las tres fases

$$|I_{f_{3\phi}}| = \frac{V_{pf}}{Z_1} \quad \text{Ecuación 20}$$

Corriente de falla línea a tierra

Magnitud de corriente en la fase fallada y el neutro

$$|I_{f_{1\phi}}| = \left| \frac{3 * V_{pf}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \right| \quad \text{Ecuación 21}$$

Corriente de falla línea a línea

Magnitud de corriente en las dos fases falladas

$$|I_{f_{L-L}}| = \left| \pm j \frac{\sqrt{3} * V_{pf}}{Z_1 + Z_2} \right| \quad \text{Ecuación 22}$$

Corriente de falla dos fases a tierra

Magnitud de corriente en una fase fallada

$$If_{2\phi} = -j \cdot 3V_{pf} \frac{Z_0 + 3Z_1 - aZ_2}{Z_1Z_2 + (Z_1 + Z_2)(Z_0 + 3Z_1)} \quad \text{Ecuación 23}$$

Magnitud de corriente en la otra fase fallada

$$If_{2\phi} = +j \cdot 3V_{pf} \frac{Z_0 + 3Z_1 - a^2Z_2}{Z_1Z_2 + (Z_1 + Z_2)(Z_0 + 3Z_1)} \quad \text{Ecuación 24}$$

Magnitud de corriente que circula en el neutro

$$If_{2\phi} = \left| \frac{3V_{pf}}{Z_1 + Z_2 \parallel Z_0} \frac{Z_2}{Z_2 + Z_0} \right| \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde

$If_{3\phi}$	Corriente de falla trifásica
$If_{1\phi}$	Corriente de falla monofásica
$If_{l.-l.}$	Corriente de falla línea a línea
$If_{2\phi}$	Corriente de falla dos fases a tierra
Z_1, Z_2, Z_0	Impedancias de secuencia positiva, negativa y cero
V_{pf}	Voltaje de Pre-falla

Cálculo de las corrientes de falla de las 4 Alimentadoras

La localización de los puntos de las 4 alimentadoras de la subestación Alborada en donde se efectuó el estudio completo de fallas se muestran en planos y los valores de corriente de falla en esos puntos se los muestran en tablas, todo esto lo puede encontrar en los anexos "Diagramas de las Alimentadoras" y "Cálculo Completo de Fallas".

A continuación se mostrará el resumen del estudio de falla realizado a cada alimentadora. Se tomará en cuenta en este resumen el valor de corriente de falla máxima y mínima en una de las fases y en el neutro, a lo largo de toda la alimentadora. Los puntos de falla máxima y mínima no son necesariamente iguales.

La corriente de falla en la fase es la que se genera por todos los tipos de falla. En cambio la falla en el neutro es la que se genera por la falla 1 fase a tierra y por la de doble línea a tierra (L-L-T)

Alimentadora Alborada

En la siguiente tabla se muestran los valores de corriente de falla de esta alimentadora.

Corriente de Falla		
En una de las fases		Tipo
Máxima	7650	1 Fase
Mínima	1892	1 Fase
En el neutro		
Máxima	9156	L-L-T
Mínima	1395	L-L-T

Tabla 93

Como se puede apreciar en la Tabla 93 la corriente de falla máxima en toda la alimentadora es menor a 8 KA, pero la corriente debido a una falla de dos fases a tierra es mayor a ese valor pero menor a 10KA; estos valores son de gran importancia para determinar la capacidad de interrupción del equipo de protección.

Alimentadora Benjamín Carrión

En la siguiente tabla se muestran los valores de corriente de falla de esta alimentadora.

Corriente de Falla		
En una de las fases		Tipo
Máxima	7650	1 Fase
Mínima	1973	1 Fase
En el neutro		
Máxima	9156	L-L-T
Mínima	1973	1 Fase

Tabla 94

Como se puede apreciar en la Tabla 94, la corriente de falla máxima en una de las fases o la que se produce en el neutro es de igual valor que la alimentadora alborada, este hecho se puede explicar, ya que la corriente de falla máxima ocurre si la falla es en el arranque de la alimentadora, es decir, en la subestación, por lo tanto estos dos valores van a ser los mismos para las 4 alimentadoras.

Ahora esto mismo no ocurre con las corrientes de falla mínima puesto que esta depende de la longitud y tipo de conductor que posea la troncal y sus correspondientes ramales. Se puede notar que estos valores de corriente mínima son más grandes que el de la Alimentadora Alborada; posiblemente esto se debe a que la alimentadora Alborada posee ramales grandes que tienen una impedancia más alta que la troncal.

Alimentadora Satirión

En la siguiente tabla se muestran los valores de corriente de falla de esta alimentadora.

Corriente de Falla		
En una de las fases		Tipo
Máxima	7650	1 Fase
Mínima	1847	1 Fase
En el neutro		
Máxima	9156	L-L-T
Mínima	1375	1 Fase

Tabla 95

Ya se ha hecho un comentario acerca de lo que ocurre con las corrientes de falla máxima y no se hablará más sobre el asunto. Como se puede apreciar en la Tabla 95, los valores de corrientes de falla mínima en toda la alimentadora Satirión son parecidos a los de la alimentadora Alborada.

Alimentadora Tanca Marengo

En la siguiente tabla se muestran los valores de corriente de falla de esta alimentadora.

Corriente de Falla		
En una de las fases		Tipo
Máxima	7650	1 Fase
Mínima	3118	L-L-T
En el neutro		
Máxima	9156	L-L-T
Mínima	3361	L-L-T

Tabla 96

Como se puede apreciar en la Tabla 96 las corrientes de falla mínima son elevadas, las más grandes de las 4 alimentadoras, esto se debe a que esta alimentadora es una troncal muy corta que posee ramales cortos y de baja impedancia.

Cálculo de voltajes de falla de las 4 Alimentadoras

La localización de los puntos de las 4 alimentadoras de la subestación Alborada en donde se efectuó el estudio completo de fallas se muestran en planos y los valores de voltaje de falla en esos puntos se los muestran en tablas, todo esto lo puede encontrar en los anexos "Diagramas de las Alimentadoras" y "Cálculo completo de Caída de Voltaje" .

A continuación se mostrará el resumen del estudio de falla realizado a cada alimentadora. Se tomará en cuenta en este resumen el valor de voltaje de falla línea a neutro máximo a lo largo de toda la alimentadora expresada en voltaje y en porcentaje con respecto a su valor nominal 7620[V]

Cabe mencionar que este sobrevoltaje de falla se genera en una de las tres fases no falladas.

Alimentadora Alborada

En la siguiente tabla se muestran los valores de voltaje máximo de falla de esta alimentadora.

Voltaje de Falla	
Máximo	11267
% de elevación	147.84%

Tabla 97

Se conoce que a medida que el punto de ocurrencia de una falla asimétrica se aleja de la alimentadora, el voltaje en la fase no fallada es más grande que si la falla ocurriera cerca de la alimentadora. En la Tabla 97 se puede observar que el voltaje se eleva un 47.84% con respecto al voltaje línea a neutro base que es 7620[V]

Alimentadora Benjamín Carrión

En la siguiente tabla se muestran los valores de voltaje máximo de falla de esta alimentadora.

Voltaje de Falla	
Máximo	9793
% de elevación	128.50%

Tabla 98

En la alimentadora Benjamín Carrión el voltaje máximo de falla que ocurre en algún punto alejado del arranque de la misma y supera en 28.5% al valor nominal.



Alimentadora Satirión

En la siguiente tabla se muestran los valores de voltaje máximo de falla de esta alimentadora.

Voltaje de Falla

Máximo	10076
% de elevación	132.22%

Tabla 99

En la alimentadora Satirión el voltaje máximo de falla ocurre en algún punto alejado del arranque de la misma y supera en 32.22% al valor nominal.

Alimentadora Tanca Marengo

En la siguiente tabla se muestran los valores de voltaje máximo de falla de esta alimentadora.

Voltaje de Falla

Máximo	9314
% de elevación	122.21%

Tabla 100

En la alimentadora Tanca Marengo el voltaje máximo de falla supera en 22.21% al valor nominal. Presenta el menor incremento de voltaje que las alimentadoras anteriores y esto se debe a su corta longitud.

Perfil de corriente de falla de la troncal de las 4 alimentadoras de la subestación Alborada

Las alimentadoras de nuestro análisis son radiales, por lo tanto, la corriente para un tipo específico de falla es máxima cuando la falla ocurre cerca de la subestación y decrece a medida que el punto de falla se aleja de la subestación.

La curva de perfil de corriente de falla o gráfico de corriente de falla vs. distancia provee información de gran utilidad para los estudios de coordinación de equipos de protección.

A continuación se mostrarán los perfiles de corriente de las 4 alimentadoras de la subestación Alborada.

Alimentadora Alborada

La alimentadora Alborada cuenta con una troncal corta, de varios ramales pequeños y uno grande.

Perfiles de Corriente de Falla Alimentadora Alborada

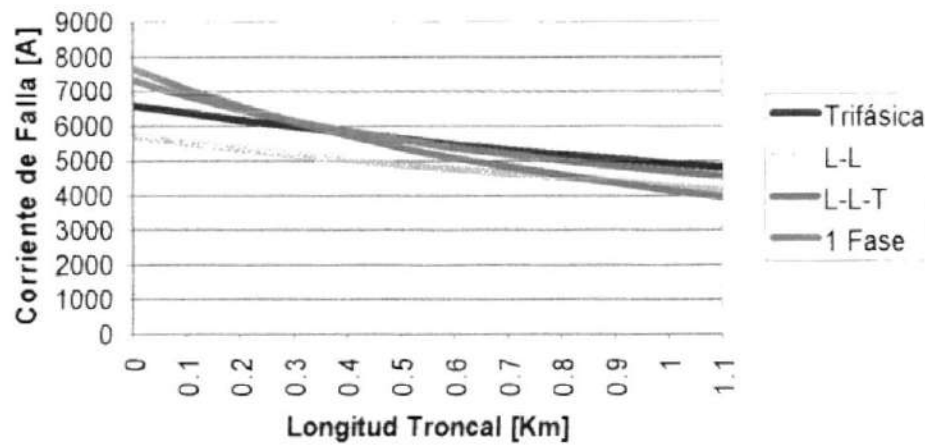


Figura 68

Alimentadora Benjamín Carrión

La alimentadora Benjamín Carrión cuenta con una troncal que sigue a lo largo de la avenida del mismo nombre de la alimentadora, además de varios ramales pequeños y uno grande.

Perfiles de Corriente de Falla Alimentadora Benjamín Carrión

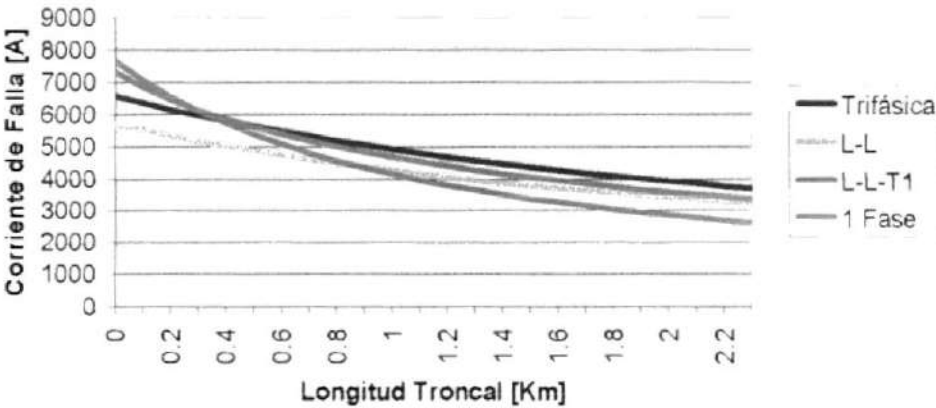


Figura 69

Alimentadora Satirión

La alimentadora Satirión cuenta con una troncal larga y de varios ramales pequeños.

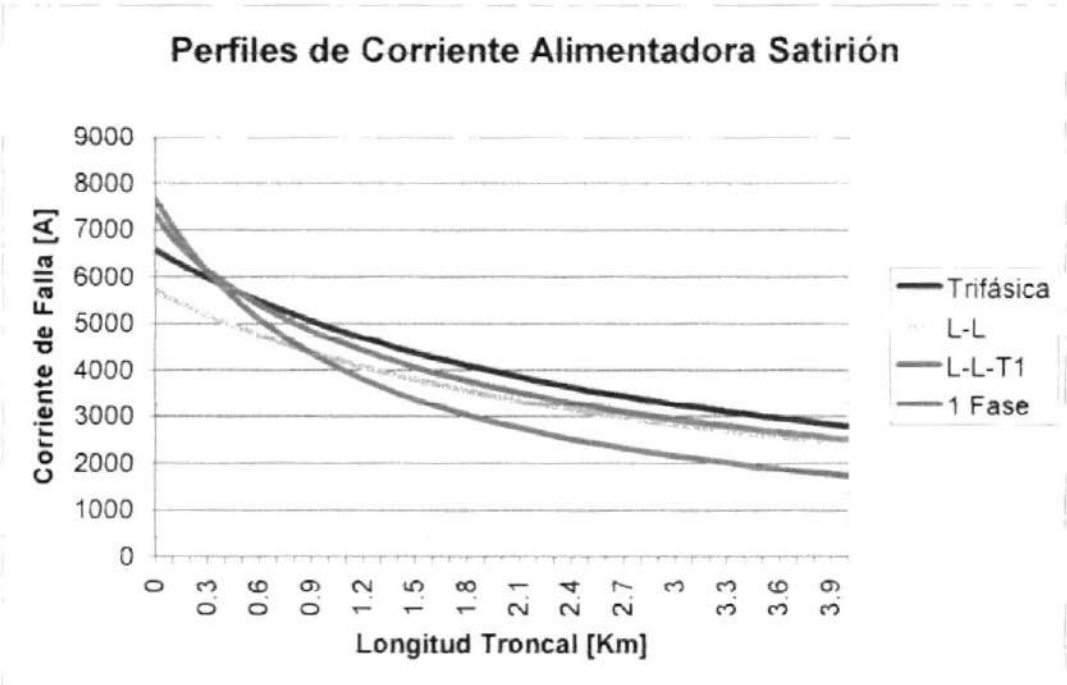


Figura 70

Alimentadora Tanca Marengo

La alimentadora Tanca Marengo cuenta con una troncal larga y de varios ramales pequeños.

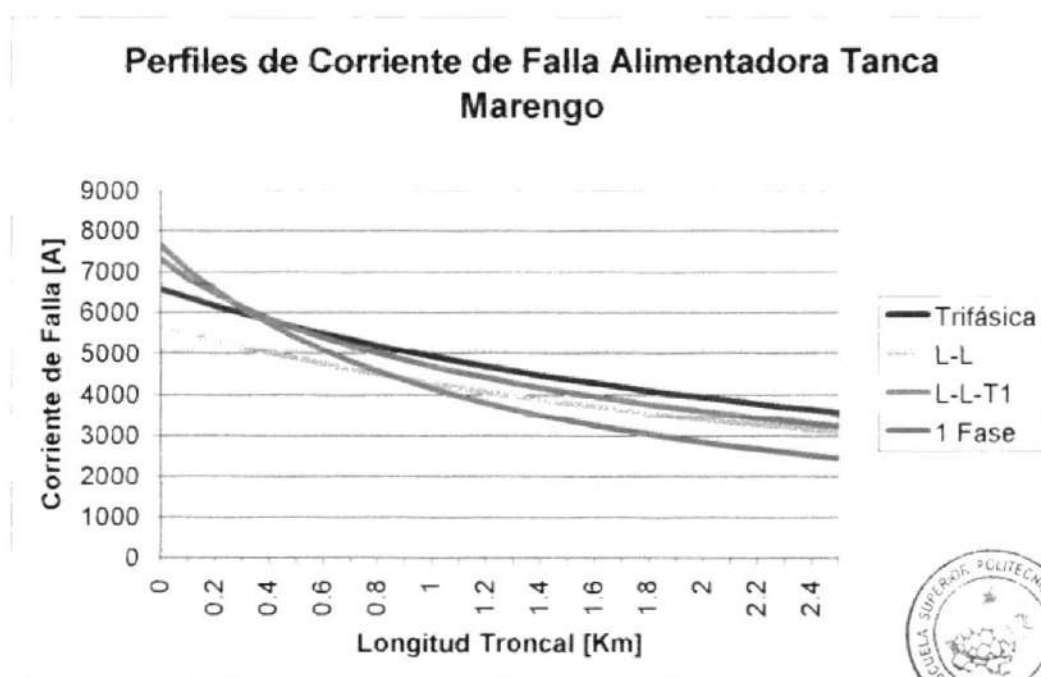


Figura 71



CIB-ESPOL

Perfil de máximos voltajes de falla de la troncal de las 4 alimentadoras de la subestación Alborada

Las alimentadoras de este análisis son radiales, por lo tanto, el voltaje para un tipo específico de falla es mínimo cuando la falla ocurre cerca de la subestación y crece a medida que el punto de falla se aleja de la misma.

La curva de perfil de voltaje de falla proporciona información de gran utilidad para los estudios de coordinación de equipos de sobrevoltaje.

A continuación se mostrará los perfiles de voltaje de falla de las 4 alimentadoras de la subestación Alborada.

El perfil de voltaje de falla muestra los valores de voltaje máximo en cualquiera de las tres fases debido a los distintos tipos de falla. Cabe recalcar que esta curva no muestra la fase fallada ya que ese voltaje es cero.

Alimentadora Alborada

La alimentadora Alborada cuenta con una troncal corta, de varios ramales pequeños y uno grande.

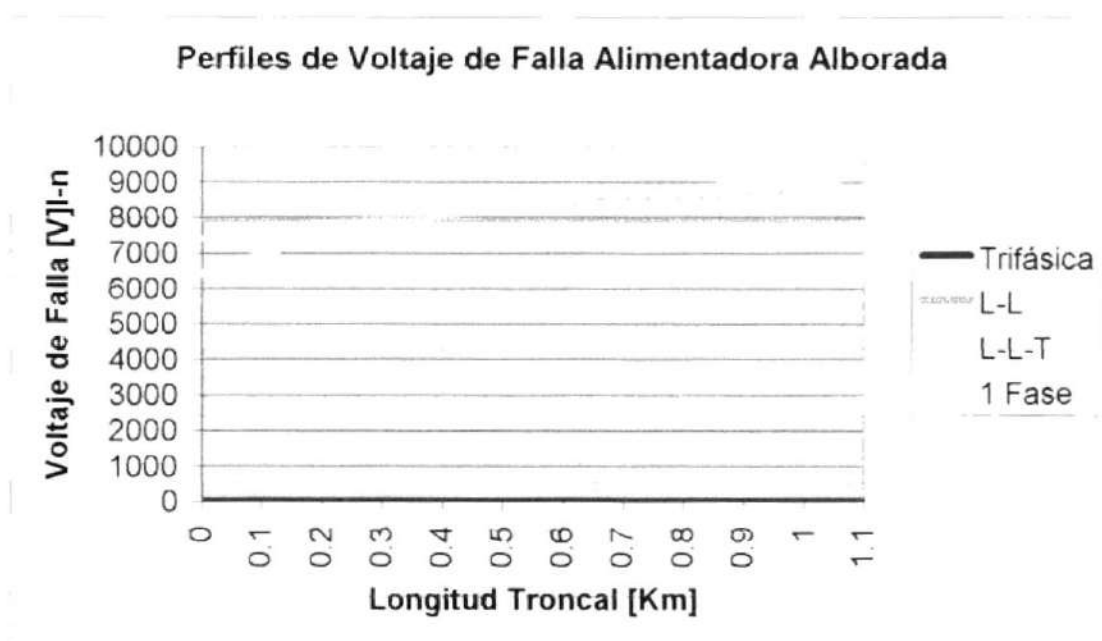


Figura 72

Alimentadora Benjamín Carrión

La alimentadora Benjamín Carrión cuenta con una troncal que sigue a lo largo de la avenida del mismo nombre de la alimentadora, además de varios ramales pequeños y uno grande.



Perfiles de Voltaje de Falla Alimentadora Benjamín Carrión

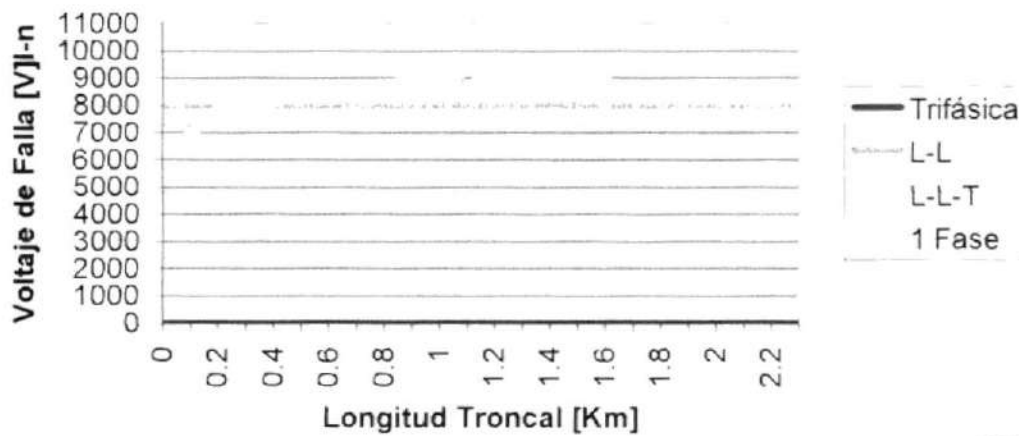


Figura 73

Alimentadora Satirión

La alimentadora Satirión cuenta con una troncal larga y de varios ramales pequeños.



CIB-ESPOL

Perfiles de Voltaje de Falla Alimentadora Satirión

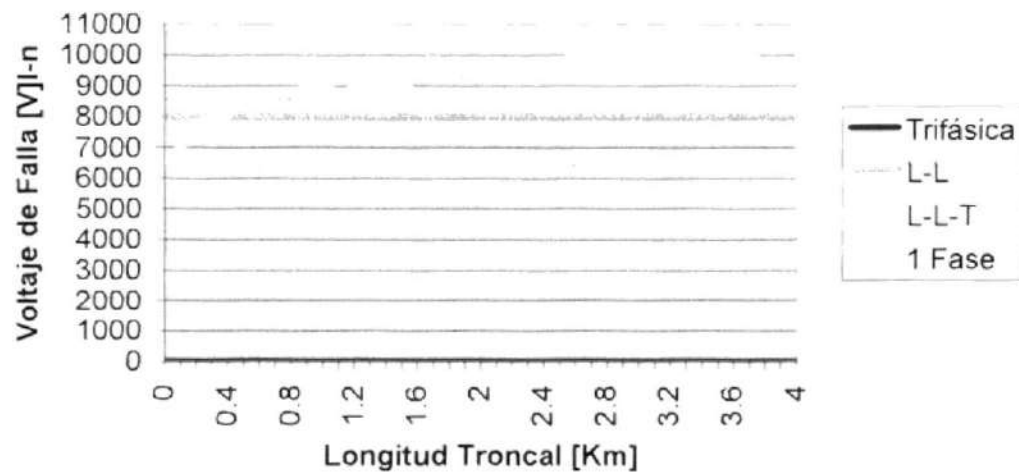


Figura 74

Alimentadora Tanca Marengo

La alimentadora Tanca Marengo cuenta con una troncal larga y de varios ramales pequeños.

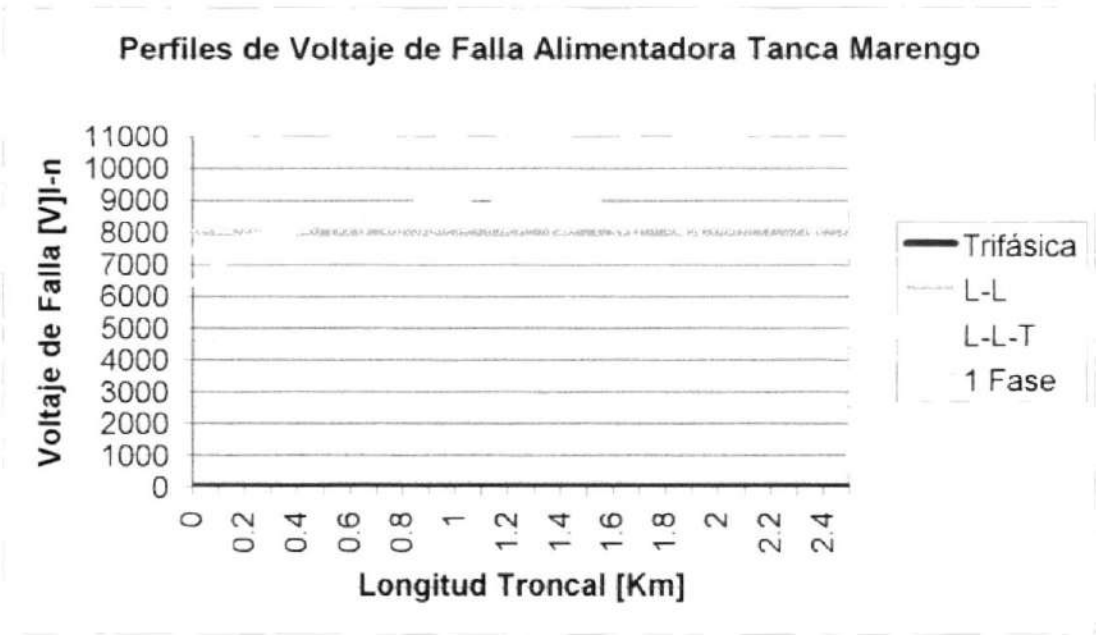


Figura 75

3.8. Reglamento vigente de la calidad

Introducción

El Consejo Nacional de Electricidad "CONELEC" dictó la norma regulatoria 004/01 denominada Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución, que entre otras cosas, permitirá garantizar a los Consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable, bajo las regulaciones relacionadas con los estándares mínimos de calidad y procedimientos técnicos de medición y evaluación a los que deben someterse las Empresas Distribuidoras del Servicio Eléctrico.

Aspectos de Calidad

La Calidad de Servicio según la regulación del CONELEC se medirá considerando los aspectos siguientes:

Calidad del Producto:

- a) Nivel de voltaje
- b) Perturbaciones de voltaje
- c) Factor de Potencia



CIB -ESPOL

Calidad del Servicio Técnico:

- a) Frecuencia de Interrupciones
- b) Duración de Interrupciones

Calidad del Servicio Comercial:

- a) Atención de Solicitudes
- b) Atención de Reclamos
- c) Errores en Medición y Facturación

El objetivo de este estudio es medir la calidad del Servicio técnico de las cuatro alimentadoras de la Subestación Alborada, por lo tanto, sólo se mencionarán los otros puntos que toca la regulación. La regulación completa se muestra en los anexos de esta tesis.

Calidad del Servicio Técnico

La regulación 004/01 del CONELEC exige que para el cálculo de los índices de calidad de servicio técnico sólo se debe tomar en cuenta las interrupciones del sistema con duración mayor a tres (3) minutos, incluyendo las de origen externo, debidas a fallas en transmisión.

La norma se divide en dos etapas: La primera contempla índices de fallas ocurridas en las redes primarias de distribución y la segunda la calidad del servicio técnico se controlará al nivel de suministro a cada consumidor, en otras palabras se calcula un índice general para la primera etapa y un índice para cada consumidor en la segunda etapa.

Aunque la norma se la dictó ya hace varios años y el plazo para la primera etapa ha terminado, la CATEG aún se encuentra en esa etapa.

Los límites de la red sobre la cual se calcularán los índices de calidad son, por un lado el terminal del alimentador MV en la subestación AV/MV, y por el otro, los bornes BV del transformador MV/BV.

Índices

Los índices de calidad se calcularán 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)

La siguiente fórmula representa la cantidad de veces que el KVA promedio sufrió una interrupción de servicio en un periodo determinado.

$$FMIK_{red} = \frac{\sum kVAfs_i}{kVA_{inst}} \quad \text{Ecuación 26}$$

- b) Tiempo Total de interrupción por kVA nominal Instalado (TTIK)

La siguiente fórmula representa el tiempo medio en que el KVA promedio no tuvo servicio en un periodo determinado

$$TTIK = \frac{\sum kVAfs_i * Tfs_i}{kVA_{inst}} \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde:

- kVAfs_i: Cantidad de kVA nominales fuera de servicio en cada una de las interrupciones "i".
- KVAinst: Cantidad de kVA nominales instalados.
- Tfs_i: Tiempo de fuera de servicio, para la interrupción "i"

Límites

Los valores límites admisibles, para los índices de calidad del servicio técnico, aplicables durante la Subetapa 1 son los siguientes:

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

Tabla 101

Cálculo de los Índices de las 4 alimentadoras de la subestación Alborada

El cálculo de los índices de calidad de servicio técnico se lo hace mensual. A continuación sólo se mostrarán los valores extremos de los Índices, estos son máximos, mínimos y promedio de cada año. El análisis mensual se lo adjunta en el anexo "Índices de Calidad de Servicio Técnico". Recuerde que:

FMIK: Frecuencia media de interrupción

TTIK: Tiempo total de interrupción

En las cinco tablas siguientes que se encuentran en la parte inferior de este texto, se muestran los valores máximo, mínimo y promedio de los años 2004 al 2006, cabe decir que en el 2006 los datos son sólo hasta noviembre.

Se observará que en todos los años los valores mínimos tienen el valor de cero para un análisis individual de cada alimentadora, esto indica que en por lo menos un mes de cada periodo no ocurrió ningún problema de falla de larga duración; en cambio en la tabla que muestra los valores mínimos para la subestación algunos de estos son distintos de cero esto se debe a que "si no ocurrió una falla en una alimentadora, ocurrió en otra".

También se puede notar que el valor promedio es pequeño con respecto al máximo, esto se debe a que hubo muchos meses que no ocurrieron fallas de larga duración. Ahora el valor máximo durante el periodo de un año es un buen parámetro ya que me indica que en algún mes en especial ocurrieron efectos prolongados de falla y que ocurren con una cierta frecuencia. Cabe decir que los valores máximos y mínimos del FMIK y TTIK no son coincidentes, es decir, que no necesariamente ocurrieron en el mismo mes.

También se mostrarán gráficos de los valores máximos del FMIK y TTIK que como se mencionó antes dan una buena idea de los problemas que ocurren en cada alimentadora y en toda la subestación.



CIB -ESPOL

Alimentadora Alborada

Año 2003

	FMIK	TTIK
Máximo	0.423	0.190
Promedio	0.035	0.016
Mínimo	0.000	0.000

Año 2004

	FMIK	TTIK
Máximo	0.637	0.374
Promedio	0.170	0.070
Mínimo	0.000	0.000

Año 2005

	FMIK	TTIK
Máximo	0.444	0.259
Promedio	0.114	0.065
Mínimo	0.000	0.000

Año 2006

	FMIK	TTIK
Máximo	0.345	0.109
Promedio	0.052	0.016
Mínimo	0.000	0.000

Tabla 102

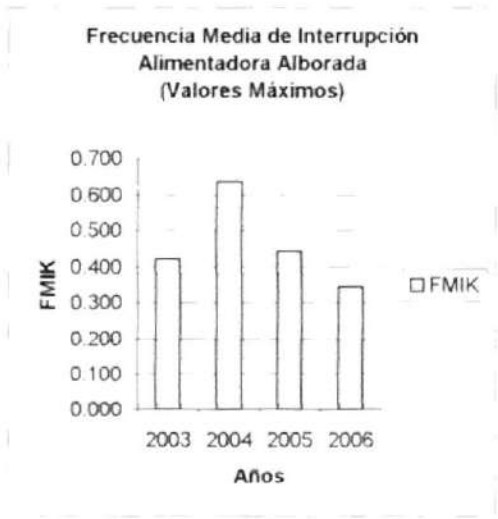


Figura 76



Figura 77

Se puede observar que los valores máximos de FMIK y TTIK cumplen con los límites impuestos por el CONELEC. Además parece que para la Alimentadora Alborada se está haciendo una buena labor porque esos valores tienen una tendencia a decrecer.

Alimentadora Benjamín Carrión

Año 2003

	FMIK	TTIK
Máximo	0.686	0.263
Promedio	0.101	0.031
Mínimo	0.000	0.000

Año 2004

	FMIK	TTIK
Máximo	0.449	0.177
Promedio	0.172	0.062
Mínimo	0.000	0.000

Año 2005

	FMIK	TTIK
Máximo	0.599	0.972
Promedio	0.297	0.208
Mínimo	0.000	0.000

Año 2006

	FMIK	TTIK
Máximo	0.372	0.216
Promedio	0.089	0.035
Mínimo	0.000	0.000

Tabla 103

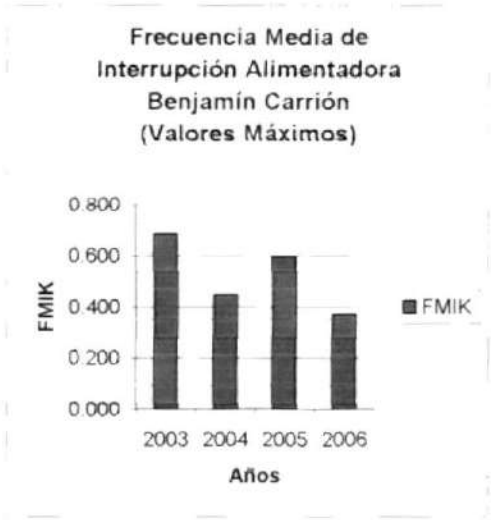


Figura 78



Figura 79

Se puede observar que los valores máximos de FMIK y TTIK cumplen con los límites impuestos por el CONELEC. Además parece que para la Alimentadora Benjamín Carrión se está haciendo una aceptable labor para reducir la frecuencia y el tiempo de interrupción aunque en el 2005 los valores se incrementan especialmente en el TTIK.

Alimentadora Satirión

Año 2003

	FMIK	TTIK
Máximo	0.444	0.872
Promedio	0.073	0.066
Mínimo	0.000	0.000

Año 2004

	FMIK	TTIK
Máximo	1.090	1.249
Promedio	0.520	0.376
Mínimo	0.000	0.000

Año 2005

	FMIK	TTIK
Máximo	0.717	1.054
Promedio	0.262	0.210
Mínimo	0.000	0.000

Año 2006

	FMIK	TTIK
Máximo	0.223	0.150
Promedio	0.048	0.020
Mínimo	0.000	0.000

Tabla 104



Figura 80



Figura 81

De igual manera se puede observar, que los valores máximos de FMIK y TTIK cumplen con los límites impuestos por el CONELEC. Además parece que para la Alimentadora Satirión se está haciendo una buena labor para reducir estos valores y eso se puede apreciar para el 2006.

Alimentadora Tanca Marengo

Año 2003

	FMIK	TTIK
Máximo	0.292	0.223
Promedio	0.035	0.023
Mínimo	0.000	0.000

Año 2004

	FMIK	TTIK
Máximo	0.308	0.145
Promedio	0.133	0.056
Mínimo	0.000	0.000

Año 2005

	FMIK	TTIK
Máximo	0.353	0.196
Promedio	0.100	0.040
Mínimo	0.000	0.000

Año 2006

	FMIK	TTIK
Máximo	0.228	0.141
Promedio	0.046	0.027
Mínimo	0.000	0.000

Tabla 105



Figura 82

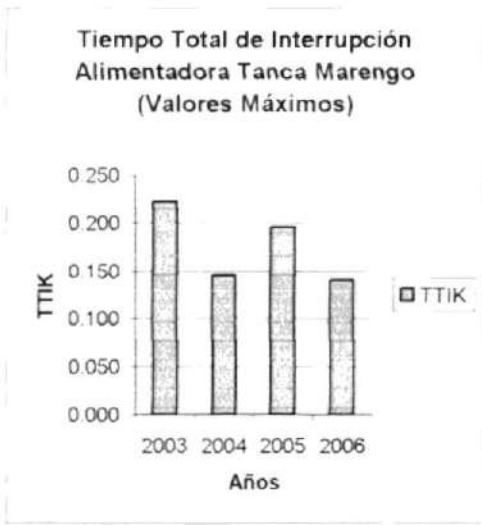


Figura 83

Los valores máximos de FMIK y TTIK cumplen con los límites impuestos por el CONELEC. Además parece que para la Alimentadora Tanca Marengo se está haciendo una labor regular ya que estos valores tienden a incrementarse excepto para el 2006.

Subestación Alborada

Año 2003

	FMIK	TTIK
Máximo	0.686	0.350
Promedio	0.185	0.094
Mínimo	0.000	0.000

Año 2004

	FMIK	TTIK
Máximo	0.607	0.539
Promedio	0.375	0.197
Mínimo	0.096	0.008

Año 2005

	FMIK	TTIK
Máximo	0.606	0.821
Promedio	0.373	0.257
Mínimo	0.202	0.027

Año 2006

	FMIK	TTIK
Máximo	0.345	0.200
Promedio	0.130	0.057
Mínimo	0.000	0.000

Tabla 106



Figura 84



Figura 85

Los índices globales de la subestación Alborada cumplen con las normas del CONELEC. La frecuencia media de interrupción tiende a reducirse pero el tiempo de interrupción tiende a incrementarse excepto en el 2006.

CAPÍTULO 4. Rediseño del sistema eléctrico

“La misión del ingeniero es encontrar la mejor solución técnica pero que sea económicamente viable”. En este capítulo se tiene por objeto precisamente lo citado en la frase anterior, determinar la mejor alternativa de diseño desde el punto de vista de calidad de servicio y a la vez que el costo justifique la inversión.

Para ello se hará la determinación de los parámetros de diseño, que mediante la comparación de índices estandarizados se podrá saber el estado actual del sistema. Conscientes del estado del mismo, se procederá al rediseño de la red, que consiste en el rediseño de la topología y el mejoramiento del sistema de protecciones basados siempre en la calidad del servicio. En la etapa de rediseño se analizarán todas las alternativas posibles para mejorar el sistema; y la elección de una de ellas se hará por medio de un análisis costo/beneficio.

4.1. Determinación de parámetros de diseño

Como ya se mencionó anteriormente se tomarán en cuenta dos parámetros

Los cuales son:

Parámetros Técnicos: Índices de Confiabilidad

Parámetros Económicos: Costos de Interrupción e Inversión

Parámetros Técnicos (Índices de Confiabilidad)

La determinación de los parámetros de diseño se la hará por medio del cálculo de los índices de confiabilidad orientados al consumidor y orientados a la carga. Estos índices tienen por objeto determinar el impacto de las interrupciones, por número, duración y severidad. Es importante mencionar que el cálculo de estos índices no podría ser posible sin el registro de las interrupciones, mismos que fueron tomados de los registros históricos de la CATEG.

Los índices de confiabilidad a usar se toman de la norma "IEEE 1366-1998, Guía para Índices de Confiabilidad en Sistemas de Distribución". A continuación se procede a detallar cada uno de los índices de confiabilidad.



CIB -ESPOL

Índices de funcionamiento orientados al consumidor

Se tiene que:

λ_i = Tasa de falla del elemento i , fallas o interrupciones/año

r_i = Tiempo de reparación del elemento i , horas

U_i = Indisponibilidad anual del elemento i , horas/año

N_i = Usuario i atendido

SAIFI (Índice de frecuencia de interrupción promedio del sistema)

Define el número de veces promedio que un cliente es interrumpido durante un año por no más de 3 minutos. La interrupción del cliente se define como una interrupción por un cliente.

$$SAIFI = \frac{\text{NÚMERO DE INTERRUPCIONES A LOS USUARIOS}}{\text{NÚMERO TOTAL DE USUARIOS ATENDIDOS}}$$

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_i} \quad \text{Ecuación 28}$$

SAIDI (Índice de la duración de interrupción promedio del sistema)

Define el tiempo total que un usuario no ha tenido servicio eléctrico debido a las interrupciones durante el periodo de un año.

$$SAIDI = \frac{\text{SUMA DE LAS DURACIONES DE LAS INTERRUPCIONES}}{\text{NÚMERO TOTAL DE USUARIOS ATENDIDOS}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i} \quad \text{Ecuación 29}$$

CAIDI (Índice de la duración de interrupción promedio de consumidores)

Define la duración de una interrupción promedio por consumidor, de otra forma es la relación entre el SAIDI y el SAIFI.

$$CAIDI = \frac{\text{SUMA DE LAS DURACIONES DE LAS INTERRUPCIONES}}{\text{NÚMERO TOTAL DE USUARIOS AFECTADOS}}$$

$$CAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i \lambda_i} \quad \text{Ecuación 30}$$

ASAI (Índice de la disponibilidad promedio del servicio)

Define el valor del numero total de clientes por hora que fueron servidos durante un año en relación al total de clientes horas demandados (clientes horas = 24 horas/días x 365 días = 8760 horas)

$$ASAI = \frac{\text{CONSUMIDOR - HORAS DE SERVICIO DISPONIBLE}}{\text{CONSUMIDOR - HORAS DEMANDADAS}}$$

$$ASAI = \frac{\sum Ni \times 8760 - \sum Ui Ni}{\sum Ni \times 8760} \quad \text{Ecuación 31}$$

ASUI (Índice de indisponibilidad promedio del servicio)

$$ASUI = 1 - ASAI = \frac{\text{CONSUMIDOR - HORAS DE SERVICIO INDISPONIBLE}}{\text{CONSUMIDOR - HORAS DEMANDADAS}}$$

$$ASUI = \frac{\sum Ui Ni}{\sum Ni \times 8760} \quad \text{Ecuación 32}$$

Índices de funcionamiento orientados a la carga

ENS (Energía no suplida por el sistema)

$$ENS = \sum La_i U_i \quad \text{Ecuación 33}$$

La_i = Carga promedio conectada al punto de carga.

AENS (Energía promedio no suplido o Índice de corte de energía)

$$AENS = \frac{\text{Energía total no suplida}}{\text{Numero total de consumidor afectado}}$$

$$AENS = \frac{\sum L a_i U_i}{\sum N_i} \quad \text{Ecuación 34}$$

Antes de continuar con el desarrollo de este tema, es necesario revisar el anexo "Ejemplo de cómo calcular los índices de confiabilidad orientados al consumidor en una alimentadora".

Después de revisar el anexo mencionado en el párrafo anterior, es necesario aclarar un problema que ocurre para el cálculo de los índices de confiabilidad par el sistema actual; eso se lo mencionará en la siguiente página.

Problema con el cálculo

El reconector tiene un ajuste de disparo de alta corriente "High Current Trip" cuyo valor es 5 veces la corriente nominal del reconector, en otras palabras el reconector abrirá sus contactos en un tiempo de un ciclo ya sea en su curva rápida o lenta al valor de $5 \times 560 = 2800 [Amp]$. Lo anteriormente mencionado trae un problema.

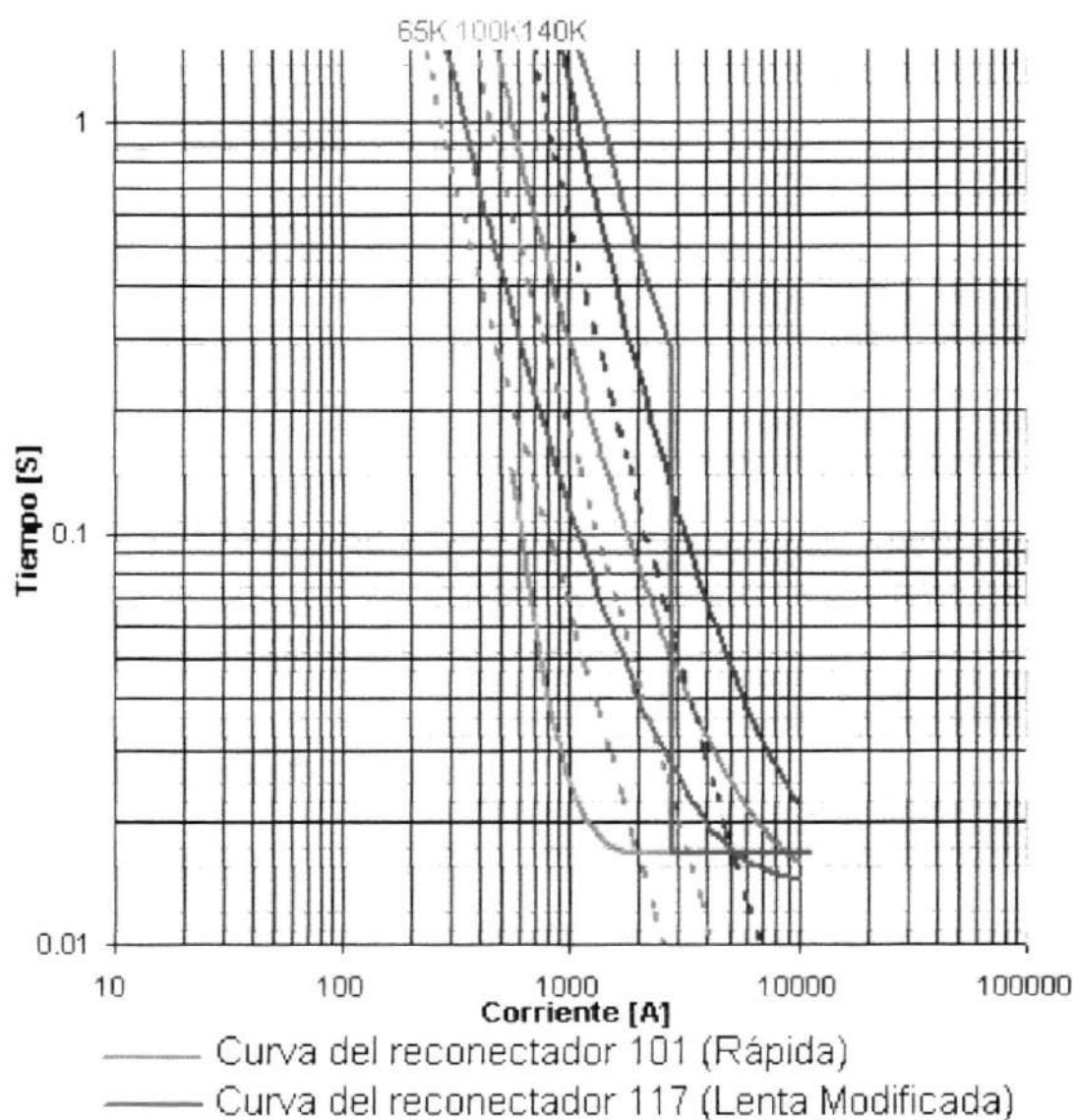


Figura 86

Como se puede observar en el gráfico de arriba para valores de corriente de falla mayores a 2800 amperios las curvas de máximo despeje de los fusibles 65K, 100K y 140K quedan por debajo de la curva lenta del reconectador. En otras palabras en algún ramal donde encontremos cualquiera de estos tres fusibles y para corrientes mayores de 2800 amperios el reconectador operará las 3 veces y el fusible no, por consiguiente es como si no existieran esos fusibles, prácticamente son un gasto innecesario para la configuración que tiene el reconectador.

Esto ocurre si los ramales que tienen estos fusibles están cerca de la subestación puesto que las corrientes de fallas son elevadas; esto no ocurre en ramales bien alejados. Este problema se da en todas las alimentadoras de la Subestación Alborada con excepción de la alimentadora Tanca Marengo cuyos valores de fusibles no superan los 40K, cabe recordar, que el problema no ocurre en todos los fusibles 65K, 100K y 140K sino mas bien en los ramales cercanos a la subestación que usen estos fusibles.

Esto afecta al cálculo de los índices de confiabilidad ya que no se tendrán que tomar en cuenta los fusibles que presenten estos problemas con el ajuste del reconectador ya que en la práctica es como si no existieran.

A continuación se presentarán los fusibles por alimentadoras que no se tomarán en cuenta para el análisis de confiabilidad para el sistema actual.

Alimentadora	Fusibles
Alborada	1 y 3
Benjamín Carrión	1, 2, 4, 5, 7 y (17,18,19)partes
Satinón	4, 11, 12
Tanca Marengo	Ninguno

Nota: El número indicado arriba corresponde a la numeración dada en la sección 3.3

Tabla 107

Nótese que para Benjamín Carrión está “(17,18,19)partes” esto significa que los ramales que tienen estos fusibles en las partes finales del mismo la máxima corriente de falla es menor a 2800 amperios y por lo tanto el fusible operará antes que la curva lenta del reconectador; por esa razón en el análisis se considerará en ciertos tramos del ramal la presencia del fusible.

A continuación se mostrará el valor de estos índices por alimentadora:

Cálculo de los Índices de confiabilidad en las 4 alimentadoras

Sin considerar para el análisis los fusibles que se mencionaron en esta misma sección debido al problema de ajuste del reconectador, se tiene que los índices de confiabilidad para las distintas alimentadoras son:

Alimentadora Alborada

SAIFI	2.172410757	Int/Cons-año
SAIDI	3.036274926	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.397652316	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999653393	
ASUI	0.000346607	
ENS	10813.9505	KW-h/año
AENS	3.335580042	KW-h/Cons-año

Tabla 108

Alimentadora Benjamín Carrión

SAIFI	3.962160268	Int/Cons-año
SAIDI	5.880792679	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.484238971	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999328677	
ASUI	0.000671323	
ENS	29175.97131	KW-h/año
AENS	5.554154066	KW-h/Cons-año

Tabla 109**Alimentadora Satirión**

SAIFI	2.11176278	Int/Cons-año
SAIDI	3.249311186	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.538672438	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999629074	
ASUI	0.000370926	
ENS	8346.884185	KW-h/año
AENS	4.895533246	KW-h/Cons-año

Tabla 110**Alimentadora Tanca Marengo**

SAIFI	0.707033146	Int/Cons-año
SAIDI	0.999162034	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.413175662	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.99988594	
ASUI	0.00011406	
ENS	1042.788901	KW-h/año
AENS	1.684634735	KW-h/Cons-año

Tabla 111

Todos estos datos se analizarán posteriormente en la sección 4.5

Parámetros Económicos en la toma de Decisiones

En esta sección se determinará el costo de las interrupciones del sistema actual de la Subestación Alborada, para lo que se mencionarán ciertos parámetros que no son considerados en el momento del cálculo de las interrupciones pero que afectan en gran porcentaje tanto al consumidor como al distribuidor, luego se planteará un método matemático de análisis para la evaluación de costos de interrupción versus los beneficios que proporcionaría la implementación de mejoras en el sistema. Una vez obtenidos estos valores se utilizarán como base en la sección 4.5 para el análisis de resultado técnico económico.

Los costos de interrupción sufridos tanto por el consumidor como la empresa distribuidora son parámetros muy difíciles de cuantificar, razón por la cual a continuación se presenta detalladamente una serie de situaciones que se deben tener en consideración.

Costo visto por la empresa.

- Pérdida de ingreso por la no-venta de energía.
- Pérdida de confianza de los consumidores.
- Pérdida de futuras ventas potenciales debido a reacción adversa.
- Incremento de gastos debido a reparación y mantenimiento.

Costo visto por el consumidor.

- Costos sufridos por la industria debido a la pérdida de manufactura, productos dañados, equipos dañados, mantenimiento extra, etc.
- Costo impuesto a los consumidores residenciales debido a alimento dañados, gasto en métodos alternativos de calentamiento y alumbrado, etc.
- Costos que son difíciles de cuantificar y que van desde los inconvenientes e imposibilidad de disfrutar los pasatiempos favoritos, hasta situaciones severas que pueden ocurrir durante las interrupciones; como: robos, asaltos, asesinatos, fallas en los servicios de hospitales, etc.

Los costos de interrupción son generalmente una función del tiempo de duración de la interrupción.

1. Costos que varían sobre un amplio rango.
2. Los costos dependen mucho del país de origen.
3. Los costos dependen del tipo de consumidor y son muy diferentes para una industria pequeña, una industria grande, tipo de industria, tipos de consumidores, residenciales, comerciales, agrícolas.
4. Los costos no son necesariamente una función lineal de la duración de la interrupción para un tipo de consumidor dado.



CIB-ESPOL

MÉTODO DE EVALUACION.

Análisis Costo-Beneficio.

Asocia un costo con la carga interrumpida (L) y la energía no suplida (E). Se asume que los costos están asociados con los índices de confiabilidad (λ , r, U, L, E). Si se considera solo la carga y energía entonces el costo total anual es:

$$C_T = \sum_i C_{Li} \lambda_i L_i + \sum_i C_{ei} E_i + \sum_i C_{eu} E_i + C_r + C_m + C_s$$

Ecuación 35

Donde

i= i-ésimo punto de carga o consumidor.

C_{Li} = Costo al consumidor por kW de carga desconectada.

C_{ei} = Costo al consumidor por kWh no suplido.

C_{eu} = Pérdida de ingreso por kWh no suplido.

L_i = Carga desconectada.

E_i = Energía no suplida.

C_r = Costos anualizados de las inversiones en los reforzamientos.

C_m = Incremento de los costos anualizados de mantenimiento.

C_s = Incremento en el costo anualizado de las pérdidas del sistema.

Cálculo de los costos de Interrupción del sistema actual

Para el cálculo de los costos se utilizará lo siguientes valores

	Cli \$/KW	Cei \$/KW-H	Ceu \$/KW-h
Residencial	1.109	2.300	0.093
Comercial	13.014	2.900	0.052
Industrial	12.611	2.900	0.052

Tabla 112

Los datos del "Cli" se obtienen de un estudio hecho por la UMIST (University of Manchester Institute of Science and Technology) y que son recogidos por el Ing. Jaime Guillermo Venegas Castro en su trabajo titulado "Metodologías de evaluación de costo de Fallas en Sistemas Eléctricos".

El valor del "Cei" se lo tomó del documento CEARE 01-03 cuyo nombre es "Valor de la Confiabilidad en el Sistema Eléctrico-La Discusión Metodológica para su Determinación"

Finalmente el "Ceu" se lo obtiene de los datos del CONELEC en el documento: "Cargos Tarifarios para el Consumo Eléctrico de Clientes Regulados".

Para el costo de Inversión se realizó una cotización de los elementos que posiblemente se usen en las mejoras; la fuente es INPROEL. Los valores son los siguientes:

Fusibles	Tira	Caja	Mano de Obra	Total
6K	\$ 1.20	\$ 67.00	\$ 80.00	\$ 148.20
10K	\$ 1.50	\$ 67.00	\$ 80.00	\$ 148.50
15K	\$ 2.00	\$ 67.00	\$ 80.00	\$ 149.00
25K	\$ 2.50	\$ 67.00	\$ 80.00	\$ 149.50
40K	\$ 2.90	\$ 67.00	\$ 80.00	\$ 149.90
65K	\$ 3.60	\$ 67.00	\$ 80.00	\$ 150.60
100K	\$ 6.67	\$ 67.00	\$ 80.00	\$ 153.67
140K	\$ 9.75	\$ 67.00	\$ 80.00	\$ 156.75
200K	\$ 11.50	\$ 67.00	\$ 80.00	\$ 158.50

Seccionador	Precio	Mano de Obra	Total
Separador	\$ 5 696.00	\$ 200.00	\$ 5 896.00
Transferencia	\$ 5 696.00	\$ 200.00	\$ 5 896.00
Transferencia Automática	\$ 11 970.00	\$ 200.00	\$ 12 170.00
Seccionalizador	\$ 7 110.00	\$ 200.00	\$ 7 310.00

Conductor	Precio	Mano de Obra	Total
Costo por kilómetro	\$ 4 030.00	\$ 750.00	\$ 4 780.00

Postes	Precio	Mano de Obra	Total
Postes	\$ 187.15	\$ 80.00	\$ 267.15

Reconectador	Precio	Mano de Obra	Total
Reconectador	\$ 8 831.37	\$ 200.00	\$ 9 031.37

Tabla 113 (Costos de Elementos Eléctricos)

Sin considerar para el análisis los fusibles que se mencionaron en esta misma sección debido al problema de ajuste del reconectador, se tiene el siguiente desglose.

Alimentadora Alborada

Costos sin Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 46 545.99
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 27 542.77
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 823.20
Costo de Inversión	\$ 9 936.24	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 1 050.57
	Cm	\$ 105.06
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 76 067.59

Tabla 114

Alimentadora Benjamín Carrión

Costos sin Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 105 769.93
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 73 381.88
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 2 284.43
Costo de Inversión	\$ 12 047.54	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 1 273.80
	Cm	\$ 127.38
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 182 837.41

Tabla 115

Alimentadora Satirión

Costos sin Mejoras

	$\Sigma C_i i \lambda_i L_i$	\$ 55 590.78
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 23 172.24
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 504.68
Costo de Inversión	\$ 12 178.99	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 1 287.70
	Cm	\$ 128.77
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 80 684.16

Tabla 116

Alimentadora Tanca Marengo

Costos sin Mejoras

	$\Sigma C_i i \lambda_i L_i$	\$ 6 455.73
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 2 814.72
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 68.53
Costo de Inversión	\$ 9 626.47	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 1 017.81
	Cm	\$ 101.78
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 10 458.57

Tabla 117

Todos estos datos se analizarán posteriormente en la sección 4.5

4.2. Rediseño de la topología del sistema de media tensión basado en la calidad de servicio

Teniendo en cuenta que las 4 alimentadoras de la subestación Alborada son cortas, la carga está concentrada en un área no muy grande, no existen áreas de alto peligro para las líneas de distribución primarias y también observando que los índices obtenidos para la configuración actual no son peligrosamente altos; no se hará cambio alguno en la ruta de cada una de las alimentadoras.

El rediseño de la topología consiste en armar líneas paralelas a las que ya están, cambio de ruta de las líneas para llegar a la misma carga, transferir ramales de una alimentadora a otra, hacer una línea exclusiva para alguna carga especial o reforzar estructuras; entonces, se toma la decisión de no implementar cosas como estas por las razones mostradas en el párrafo anterior.

La mejora de los índices de confiabilidad se concentrará más en el rediseño del sistema de protecciones que es la siguiente sección que se va a tratar en este trabajo.



CIB -ESPOL

4.3. Rediseño del sistema de protecciones basado en la calidad del servicio

La confiabilidad del sistema actual puede ser mejorada colocando más equipos de protección y seccionamiento en la línea o simplemente haciendo un ajuste a los equipos que existen actualmente. A continuación se mostrarán las mejoras a los sistemas de protección, seccionamiento y transferencia que se le realizarán a cada una de las cuatro alimentadoras con la finalidad de mejorar los índices de calidad.

Mejoras a las Alimentadoras

Alimentadora Alborada

Como ya se mencionó anteriormente la alimentadora Alborada cuenta en la actualidad con seis fusibles ubicados en ramales importantes, también puede transferir su carga a la alimentadora Agustín Freire porque existe un seccionador de transferencia entre las dos.

Mejora 1: Ajuste del disparo del reconectador.

Desactivar el ajuste de disparo de alta corriente o modificarlo a un valor de 10 veces la corriente nominal es decir a 5600 amperios permitirá que los fusibles 65K, 100k y 140K, ya existentes, entren en el análisis de confiabilidad. Por lo tanto se dará una mejoría en los índices.

SAIFI	1.845133949	Int/Cons-año
SAIDI	2.588578794	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.402921883	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.9997045	
ASUI	0.0002955	
ENS	9172.360025	KW-h/año
AENS	2.829228879	KW-h/Cons-año

Tabla 118

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 39 110.92
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 23 347.02
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 699.24
Costo de Inversión	\$ 9 936.24	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 1 050.57
	Cm	\$ 105.06
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 64 312.81

Tabla 119

Mejora 2: Colocar fusibles en ramales que no los tienen.

En este diseño se pretende mejorar la confiabilidad del sistema colocando fusibles en las derivaciones o ramales que no los tienen. Los fusibles son de variadas capacidades a continuación se listarán los valores de esos fusibles. Nota: En la Columna Ubicación hay números; estos números son los mismos que se usaron para el cálculo de voltajes y fallas. Así que se puede revisar en los anexos estos planos para ver su ubicación real. Lo que está con rojo es la mejora y lo azul es el sistema actual.

CODIGO	UBICACIÓN DEL FUSIBLE	TIPO K
1	5	15K
2	10	25K
3	11	10K
4	12	65K
5	13	25K
6	14	10K
7	15	65K
8	16.2	100K
9	16.3	100K
10	16.3.1.1	40K
11	16.3.3	65K
12	16.3.3	100K
13	16.3.4	65K
14	17	10K
15	18	15K

Tabla 120 (Fusibles - Mejora 2)

SAIFI	0.975639576	Int/Cons-año
SAIDI	1.362395448	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.396412652	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999844475	
ASUI	0.000155525	
ENS	4717.56292	KW-h/año
AENS	1.455139704	KW-h/Cons-año

Tabla 121

Costos con Mejoras		
Costo de Inversión Tasa Vida útil	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 19 490.17
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 11 955.25
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 363.23
	\$ 10 385.09	
	10%	
	30	
	Cr	\$ 1 098.02
	Cm	\$ 109.80
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 33 016.49

Tabla 122

Mejora 3: Fusibles adicionales en ramales, más seccionador en la troncal y transferencia parcial de carga.

Esta mejora consiste en colocar un seccionador en una ubicación estratégica de tal modo de dividir la carga en dos partes. La ubicación del seccionador está justo antes de llegar al punto 16 (revisar el Anexo C “Diagramas de las Alimentadoras”).

Se conoce que la alimentadora Alborada dispone de un seccionador que permite hacer la transferencia con la Alimentadora Agustín Freire de ahí la razón de analizar esta mejora con la transferencia. La probabilidad de transferencia es la unidad puesto que la alimentadora Agustín Freire tiene una carga máxima de 3810 [KVA]. Cabe decir, que sólo la parte de la carga de la alimentadora Alborada separada por el seccionador que se va a instalar, se puede transferir en cualquier momento a la Agustín Freire.

SAIFI	0.975639576	Int/Cons-año
SAIDI	1.12438465	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.152459041	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999871646	
ASUI	0.000128354	
ENS	3842.023371	KW-h/año
AENS	1.185078153	KW-h/Cons-año

Tabla 123

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 19 490.17
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 9 717.05
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 297.15
Costo de Inversión	\$ 23 081.96	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 2 440.48
	Cm	\$ 244.05
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 32 188.89

Tabla 124

Mejora 4: Fusibles adicionales en ramales más seccionalizador en la troncal y transferencia parcial de carga.

Esta mejora consiste en ubicar un seccionalizador automático en vez de usar un seccionador. Básicamente es lo mismo que la mejora 3, pero los índices mejoran considerablemente.



CIB-ESPOL

SAIFI	0.841160999	Int/Cons-año
SAIDI	1.012269252	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.203419147	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999884444	
ASUI	0.000115556	
ENS	3590.80412	KW-h/año
AENS	1.107589179	KW-h/Cons-año

Tabla 125

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 18 715.39
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 9 120.74
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 275.05
Costo de Inversión	\$ 24 495.96	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 2 589.98
	Cm	\$ 259.00
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 30 960.16

Tabla 126

Mejora 5: Fusibles adicionales en ramales más seccionalizador en la troncal y transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 4, pero se usa un esquema de transferencia automática. A diferencia de la mejora 4, esta mejora la frecuencia y la duración de la interrupción reduciéndolas. La transferencia automática es un poco más costosa ya que usa equipos de inteligencia (sensores) y comunicación.

SAIFI	0.567621065	Int/Cons-año
SAIDI	0.807114301	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.421924503	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999907864	
ASUI	9.21363E-05	
ENS	2691.107072	KW-h/año
AENS	0.83007621	KW-h/Cons-año

Tabla 127

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 10 190.52
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 6 779.50
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 209.96
Costo de Inversión	\$ 30 769.96	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 3 253.33
	Cm	\$ 325.33
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 20 758.64

Tabla 128

Mejora 6: Fusibles adicionales en ramales más dos seccionalizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 5, con la diferencia de que se le aumenta otro equipo de seccionamiento automático en el punto 12 (revisar el Anexo C "Diagramas de las Alimentadoras"). Esta mejora la frecuencia y la duración de la interrupción reduciéndolas.

La probabilidad de transferencia no es la unidad puesto que la alimentadora Agustín Freire tiene una carga máxima de 3810 [KVA] y la carga máxima que se transferiría con el nuevo seccionalizador sería 5511 [KVA].

SAIFI	0.55947293	Int/Cons-año
SAIDI	0.758972572	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.356584976	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999913359	
ASUI	8.66407E-05	
ENS	2583.079596	KW-h/año
AENS	0.796754965	KW-h/Cons-año

Tabla 129

Costos con Mejoras

Costo de Inversión Tasa Vida útil	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 10 159.61
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 6 521.30
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 200.58
	\$ 38 079.96	
	10%	
	30	
	Cr	\$ 4 026.23
	Cm	\$ 402.62
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 21 310.34

Tabla 130

Mejora 7: Fusibles adicionales en ramales más un seccionador y dos seccionalizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 6, con la diferencia de que se le aumenta otro equipo de seccionamiento no automático en el punto T23 (revisar el Anexo C "Diagramas de las Alimentadoras"). Cabe mencionar que

la razón por la que se añade un seccionador y no un seccionalizador es que no es recomendable tener tres seccionalizadores en serie, al menos que uno de estos proteja un ramal que no tenga ningún fusible aguas abajo. Esta mejora sólo disminuye la duración de la interrupción.

La probabilidad de transferencia no es la unidad puesto que la alimentadora Agustín Freire tiene una carga máxima de 3810 [KVA] y la carga máxima que se transferiría con el nuevo seccionador sería 5565 [KVA].

SAIFI	0.55947293	Int/Cons-año
SAIDI	0.756950987	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.352971602	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.99991359	
ASUI	8.64099E-05	
ENS	2578.949144	KW-h/año
AENS	0.79548092	KW-h/Cons-año

Tabla 131

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 10 159.61
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 6 513.09
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 200.11
Costo de Inversión	\$ 43 975.96	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 4 649.62
	Cm	\$ 464.96
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 21 987.38

Tabla 132

Alimentadora Benjamín Carrión

Como ya se mencionó anteriormente la alimentadora Benjamín Carrión cuenta en la actualidad con 20 fusibles ubicados en ramales importantes, pero no puede transferir su carga ya que no posee el elemento que le permita conectarse con otra alimentadora.

Mejora 1: Ajuste del disparo del reconectador.

Desactivar el ajuste de disparo de alta corriente o modificarlo a un valor de 10 veces la corriente nominal es decir a 5600 amperios permitirá que los fusibles 65K, 100k y 140K, ya existentes, entren en el análisis de confiabilidad. Por lo tanto se dará una mejoría en los índices.

SAIFI	2.010713756	Int/Cons-año
SAIDI	3.03820759	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.511009502	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999653173	
ASUI	0.000346827	
ENS	14713.59242	KW-h/año
AENS	2.800988468	KW-h/Cons-año

Tabla 133

Costos con Mejoras		
Costo de Inversión Tasa Vida útil	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 51 192.86
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 36 896.30
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 1 159.60
	\$ 12 047.54	
	10%	
	30	
	Cr	\$ 1 273.80
	Cm	\$ 127.38
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 90 649.94

Tabla 134

Mejora 2: Colocar fusibles en ramales que no los tienen y seccionalizador en ramal grande.

En este diseño se pretende mejorar la confiabilidad del sistema colocando fusibles en las derivaciones o ramales que no los tienen. Los fusibles son de variadas capacidades a continuación se listarán los valores de esos fusibles. Nota: En la Columna Ubicación hay números; estos números son los mismos que se usaron para el cálculo de voltajes y fallas. Así que se puede revisar en los anexos estos planos para ver su ubicación real. Lo que está con rojo es la mejora y lo azul es el sistema actual.

CODIGO	UBICACIÓN DEL FUSIBLE	TIPO K
1	1	10K
2	3.1	65K
3	3.2	140K
4	3.2.2.1	25K
5	4	25K
6	4.2	25K
7	4.3	65K
8	4.5	100K
9	4.13	10K
10	4.18	40K
11	4.19	140K
12	4.19.1	25K
13	4.19.2	40K
14	4.19.4	25K
15	4.19.4	25K
16	4.19.4.3	40K
17	4.19.4.4	25K
18	4.19.4.4	25K
19	4.19.4.5	40K
20	4.21	40K
21	4.22	40K
22	4.23	25K
23	5	25K
24	8	25K
25	9	140K
26	9.1	65K
27	9.2	65K
28	10	25K
29	11	25K
30	13	40K
31	14	25K
32	15	10K
33	16	10K
34	17	15K
35	18	65K
36	18.3	40K

Tabla 135 (Fusibles - Mejora 2)

Además se añadirá un seccionalizador en un ramal bien extenso de esta alimentadora. La ubicación del seccionalizador está entre el punto 4 y 4.2 (revisar el Anexo C "Diagramas de las Alimentadoras").

SAIFI	0.982348846	Int/Cons-año
SAIDI	1.47761994	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.504170282	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999831322	
ASUI	0.000168678	
ENS	6862.334138	KW-h/año
AENS	1.30636477	KW-h/Cons-año

Tabla 136

Costos con Mejoras

	$\Sigma Ci \lambda_i Li$	\$ 22 982.55
	$\Sigma Ce_i Ei$	\$ 17 118.25
	$\Sigma Ce_u Ei$	\$ 546.98
Costo de Inversión	\$ 21 755.79	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 2 300.26
	Cm	\$ 230.03
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 43 178.07

Tabla 137

Mejora 3: Fusibles adicionales en ramales, más seccionalizador en ramal grande, más seccionador en la troncal con transferencia parcial de carga.

Esta mejora consiste en ubicar un seccionador en una ubicación estratégica de tal modo de dividir la carga en dos partes. La ubicación del seccionador

está justo antes de llegar al punto 9 (revisar el Anexo C "Diagramas de las Alimentadoras").

Se añade un seccionador de transferencia al final de la troncal de la alimentadora con la finalidad de reducir el tiempo de interrupción. La probabilidad de transferencia de esta alimentadora con las más cercanas que podrían ser Guayacanes 3 o Guayacanes 4 es la unidad, puesto que estas tienen una carga máxima de 5040 y 3660 [KVA] respectivamente. Cabe decir, que sólo la parte de la carga de la alimentadora Benjamín Carrión que es alrededor de 3398 [KVA] y es separada por el seccionador que se va a instalar, se puede transferir en cualquier momento a Guayacanes 3 o 4.

El precio de esta mejora será algo costoso ya que se necesita comprar un seccionalizador dos seccionadores y alargar la troncal de las alimentadoras Guayacanes 3, Guayacanes 4 o de la propia Benjamín Carrión.

SAIFI	0.982348846	Int/Cons-año
SAIDI	1.329693933	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.353586294	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999848208	
ASUI	0.000151792	
ENS	6108.462649	KW-h/año
AENS	1.162852208	KW-h/Cons-año

Tabla 138

Costos con Mejoras		
Costo de Inversión Tasa Vida útil	$\Sigma Ci \lambda_i Li$	\$ 22 982.55
	$\Sigma Ce_i Ei$	\$ 15 217.30
	$\Sigma Ce_u Ei$	\$ 488.28
	\$ 42 607.50	
	10%	
	30	
	Cr	\$ 4 504.93
	Cm	\$ 450.49
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 43 643.56

Tabla 139

Mejora 4: Fusibles adicionales en ramales, más seccionalizador en ramal grande, más seccionador en la troncal con transferencia parcial de carga.

Esta mejora consiste en ubicar un seccionalizador automático en vez de usar un seccionador. Básicamente es lo mismo que la mejora 3, pero los índices mejoran considerablemente.

SAIFI	0.819995957	Int/Cons-año
SAIDI	1.166678429	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.422785587	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999866818	
ASUI	0.000133182	
ENS	5376.090759	KW-h/año
AENS	1.023432469	KW-h/Cons-año

Tabla 140

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 19 394.04
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 13 392.19
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 429.79
Costo de Inversión	\$ 44 021.50	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 4 654.43
	Cm	\$ 465.44
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 38 335.89

Tabla 141

Mejora 5: Fusibles adicionales en ramales, más seccionalizador en ramal grande, más seccionalizador en la troncal con transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 4, pero se usa un esquema de transferencia automática. A diferencia de la mejora 4, esta mejora la frecuencia de interrupción y la duración de la interrupción reduciéndolas. La transferencia automática es un poco más costosa ya que usa equipos de inteligencia (sensores) y comunicación.

SAIFI	0.728761405	Int/Cons-año
SAIDI	1.093544133	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.500551656	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999875166	
ASUI	0.000124834	
ENS	4924.82093	KW-h/año
AENS	0.937525401	KW-h/Cons-año

Tabla 142

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 15 867.23
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 12 237.02
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 395.83
Costo de Inversión	\$ 50 295.50	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 5 317.79
	Cm	\$ 531.78
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 34 349.64

Tabla 143

Mejora 6: Fusibles adicionales en ramales, más seccionalizador en ramal grande, más dos seccionalizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 5, con la diferencia de que se le aumenta otro equipo de seccionamiento automático entre los puntos 4 y 5 (revisar el Anexo C "Diagramas de las Alimentadoras"). Esta mejora la frecuencia de interrupción y la duración de la interrupción reduciéndolas.

La probabilidad de transferencia de esta alimentadora con las más cercanas que podrían ser Guayacanes 3 o Guayacanes 4 no es la unidad, puesto que estas tienen una carga máxima de 5040 y 3660 [KVA] respectivamente y la carga máxima que se transferiría con el nuevo seccionalizador sería 3465 [KVA].

SAIFI	0.629296768	Int/Cons-año
SAIDI	0.942889296	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.498322166	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999892364	
ASUI	0.000107636	
ENS	4260.157251	KW-h/año
AENS	0.810995098	KW-h/Cons-año

Tabla 144

Costos con Mejoras

Costo de Inversión Tasa Vida útil	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 13 668.74
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 10 583.72
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 342.53
	\$ 57 605.50	
	10%	
	30	
	Cr	\$ 6 090.68
	Cm	\$ 609.07
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 31 294.73

Tabla 145

Mejora 7: Fusibles adicionales en ramales más un seccionador y dos seccionalizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 6, con la diferencia de que se le aumenta otro equipo de seccionamiento no automático en el punto 15 (revisar el Anexo C "Diagramas de las Alimentadoras"). Cabe mencionar que la razón por la que se añade un seccionador y no un seccionalizador es que no es recomendable tener tres seccionalizadores en serie, al menos que uno

de estos proteja un ramal que no tenga ningún fusible aguas abajo. Esta mejora sólo disminuye la duración de la interrupción.

La probabilidad de transferencia de esta alimentadora con las más cercanas que podrían ser Guayacanes 3 o Guayacanes 4 es la unidad, puesto que estas tienen una carga máxima de 5040 y 3660 [KVA] respectivamente y la carga máxima que se transferiría con el nuevo seccionador sería 675 [KVA].

SAIFI	0.629296768	Int/Cons-año
SAIDI	0.924456947	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.469031774	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999894468	
ASUI	0.000105532	
ENS	4146.979326	KW-h/año
AENS	0.78944971	KW-h/Cons-año

Tabla 146

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 13 668.74
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 10 294.14
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 334.00
Costo de Inversión	\$ 63 501.50	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 6 714.07
	Cm	\$ 671.41
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 31 682.36

Tabla 147

Alimentadora Satirión

La alimentadora Satirión cuenta en la actualidad con 21 fusibles ubicados en ramales importantes, también cuenta con la capacidad de transferir su carga a las alimentadoras Mapasingue 3 o Juan Montalvo porque existen dos seccionadores de transferencia.

Mejora 1: Ajuste del disparo del reconectador.

Desactivar el ajuste de disparo de alta corriente o modificarlo a un valor de 10 veces la corriente nominal es decir a 5600 amperios permitirá que los fusibles 65K, 100k y 140K, ya existentes, entren en el análisis de confiabilidad. Por lo tanto se dará una mejora en los índices.

SAIFI	1.665138888	Int/Cons-año
SAIDI	2.59260811	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.55699211	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.99970404	
ASUI	0.00029596	
ENS	6778.803653	KW-h/año
AENS	3.97583792	KW-h/Cons-año

Tabla 148



CIB -ESPOL

Costos con Mejoras

Costo de Inversión Tasa Vida útil	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 44 878.14
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 18 835.27
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 408.75
	\$ 12 178.99	
	10%	
	30	
	Cr	\$ 1 287.70
	Cm	\$ 128.77
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 65 538.63

Tabla 149

Mejora 2: Colocar fusibles en ramales que no los tienen.

En este diseño se pretende mejorar la confiabilidad del sistema colocando fusibles en las derivaciones o ramales que no los tienen. Los fusibles son de variadas capacidades a continuación se listarán los valores de esos fusibles. Nota: En la Columna Ubicación hay números; estos números son los mismos que se usaron para el cálculo de voltajes y fallas. Así que se puede revisar en los anexos estos planos para ver su ubicación real. Lo que está con rojo es la mejora y lo azul es el sistema actual.

CODIGO	UBICACIÓN DEL FUSIBLE	TIPO K
1	2.1	40K
2	3	25K
3	4	40K
4	5	100K
5	6	40K
6	7	140K
7	7.3	25K
8	8	140K
9	9.1	6K
10	10	140K
11	10.1	6K
12	10.2	25K
13	11.1	100K
14	11.1	140K
15	11.4	65K
16	11.6.1	6K
17	12	25K
18	13	40K
19	16	25K
20	17	10K
21	19	10K
22	20	10K
23	21	15K
24	22	25K
25	25	25K
26	26	15K
27	27	10K
28	27	6K
29	28	6K
30	30	15K

Tabla 150 (Fusibles - Mejora 2)

SAIFI	0.958212365	Int/Cons-año
SAIDI	1.488788539	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.553714598	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999830047	
ASUI	0.000169953	
ENS	3924.901433	KW-h/año
AENS	2.301994975	KW-h/Cons-año

Tabla 151

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 26 167.66
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 10 910.08
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 236.36
Costo de Inversión	\$ 13 538.26	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 1 431.41
	Cm	\$ 143.14
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 38 888.65

Tabla 152

Mejora 3: Fusibles adicionales en ramales, más seccionador en la troncal y transferencia parcial de carga.

Esta mejora consiste en ubicar un seccionador en una ubicación estratégica de tal modo de dividir la carga en dos partes. La ubicación del seccionador está justo antes de llegar al punto 13 (revisar el Anexo C "Diagramas de las Alimentadoras").

Se conoce que la alimentadora Satirión dispone de dos seccionadores, de los cuales uno permite hacer la transferencia de carga con la Alimentadora Mapasingue 3 y otro hace lo mismo con la alimentadora Juan Montalvo; de ahí la razón de analizar esta mejora con la transferencia. Las cargas máximas de las alimentadoras Mapasingue 3 y Juan Montalvo son de 7570 y 6640[KVA] respectivamente, y la parte de la carga de la alimentadora Satirión que es separada por el seccionador que se va a instalar, es alrededor de

1069 [KVA]. La probabilidad de transferencia es la unidad puesto que Juan Montalvo puede manejar la parte de la carga de Satirión sin ningún problema y Mapasingue 3 hace lo mismo, pero hay que considerar que la transferencia debe ser de corta duración porque está en los límites de su capacidad térmica.

SAIFI	0.958212365	Int/Cons-año
SAIDI	1.237475021	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.291441299	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999858736	
ASUI	0.000141264	
ENS	3298.311782	KW-h/año
AENS	1.934493714	KW-h/Cons-año

Tabla 153

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 26 167.66
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 9 173.59
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 198.27
Costo de Inversión	\$ 25 330.26	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 2 678.19
	Cm	\$ 267.82
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 38 485.53

Tabla 154

Mejora 4: Fusibles adicionales en ramales más seccionalizador en la troncal y transferencia

Esta mejora consiste en ubicar un seccionalizador automático en vez de usar un seccionador. Básicamente es lo mismo que la mejora 3, pero los índices mejoran considerablemente.

SAIFI	0.74458635	Int/Cons-año
SAIDI	0.990173924	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.329830884	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999886966	
ASUI	0.000113034	
ENS	2361.799502	KW-h/año
AENS	1.385219649	KW-h/Cons-año

Tabla 155

Costos con Mejoras

Costo de Inversión Tasa Vida útil	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 17 138.00
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 6 528.51
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 144.73
	\$ 26 744.26	
	10%	
	30	
	Cr	\$ 2 827.69
	Cm	\$ 282.77
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 26 921.70

Tabla 156

Mejora 5: Fusibles adicionales en ramales más seccionalizador en la troncal y transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 4, pero se usa un esquema de transferencia automática. A diferencia de la mejora 4, esta mejora la frecuencia de interrupción y la duración de la interrupción reduciéndolas. La

transferencia automática es un poco más costosa ya que usa equipos de inteligencia (sensores) y comunicación.

SAIFI	0.52738919	Int/Cons-año
SAIDI	0.81665732	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.548490821	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999906774	
ASUI	9.32257E-05	
ENS	2149.960574	KW-h/año
AENS	1.260973944	KW-h/Cons-año

Tabla 157

Costos con Mejoras

Costo de Inversión Tasa Vida útil	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 15 270.96
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 5 975.73
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 129.51
	\$ 33 018.26	
	10%	
	30	
	Cr	\$ 3 491.05
	Cm	\$ 349.10
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 25 216.36

Tabla 158

Mejora 6: Fusibles adicionales en ramales, más seccionalizador en ramal grande, más dos seccionalizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 5, con la diferencia de que se le aumenta otro equipo de seccionamiento automático entre los puntos 10 y 11

(revisar el Anexo C "Diagramas de las Alimentadoras"). Esta mejora la frecuencia de interrupción y la duración de la interrupción reduciéndolas.

La probabilidad de transferencia de esta alimentadora con las más cercanas que son Mapasingue 3 o Juan Montalvo no es la unidad, puesto que estas tienen una carga máxima de 7570 y 6640 [KVA] respectivamente y la carga máxima que se transferiría con el nuevo seccionalizador sería 2575 [KVA].

SAIFI	0.503008417	Int/Cons-año
SAIDI	0.755524705	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.502012052	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999913753	
ASUI	8.62471E-05	
ENS	1891.185813	KW-h/año
AENS	1.10919989	KW-h/Cons-año

Tabla 159

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 14 433.62
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 5 242.57
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 114.87
Costo de Inversión	\$ 40 328.26	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 4 263.94
	Cm	\$ 426.39
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 24 481.39

Tabla 160

Mejora 7: Fusibles adicionales en ramales más un seccionador y dos seccionalizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 6, con la diferencia de que se le aumenta otro equipo de seccionamiento no automático en el punto 5 (revisar el Anexo C "Diagramas de las Alimentadoras"). Cabe mencionar que la razón por la que se añade un seccionador y no un seccionalizador es que no es recomendable tener tres seccionalizadores en serie, al menos que uno de estos proteja un ramal que no tenga ningún fusible aguas abajo. Esta mejora sólo disminuye la duración de la interrupción.

La probabilidad de transferencia de esta alimentadora con las más cercanas que son Mapasingue 3 o Juan Montalvo no es la unidad, puesto que estas tienen una carga máxima de 7570 y 6640 [KVA] respectivamente y la carga máxima que se transferiría con el nuevo seccionador sería 4383 [KVA].

SAIFI	0.503008417	Int/Cons-año
SAIDI	0.721699173	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.434765599	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999917614	
ASUI	8.23858E-05	
ENS	1793.928998	KW-h/año
AENS	1.05215777	KW-h/Cons-año

Tabla 161

Costos con Mejoras

Costo de Inversión Tasa Vida útil	$\Sigma CiLiLi$	\$ 14 433.62
	$\Sigma CeLiEi$	\$ 4 970.46
	$\Sigma CeuEi$	\$ 109.13
	\$ 46 224.26	
	10%	
	30	
	Cr	\$ 4 887.33
	Cm	\$ 488.73
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 24 889.27

Tabla 162



CIB -ESPOL

Alimentadora Tanca Marengo

La alimentadora Tanca marengo cuenta en la actualidad con 5 fusibles ubicados en ramales pequeños, también cuenta con la capacidad de transferir su carga a las alimentadoras Mapasingue 3 o Urdenor, porque existen dos seccionadores de transferencia.

Mejora 1: Ajuste del disparo del reconector.

Desactivar el ajuste de disparo de alta corriente o modificarlo a un valor de 10 veces la corriente nominal es decir a 5600 amperios permitirá que los fusibles 65K, 100k y 140K, ya existentes, entren en el análisis de confiabilidad. Por lo tanto se dará una mejoría en los índices.

SAIFI	0.707033146	Int/Cons-año
SAIDI	0.999162034	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.413175662	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.99988594	
ASUI	0.00011406	
ENS	1042.788901	KW-h/año
AENS	1.684634735	KW-h/Cons-año

Tabla 163

Costos con Mejoras		
	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 6 455.73
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 2 814.72
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 00.00
Costo de Inversión	\$ 9 626.47	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 1 017.81
	Cm	\$ 101.78
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 10 458.57

Tabla 164

Mejora 2: Colocar fusibles en ramales que no los tienen.

En este diseño se pretende mejorar la confiabilidad del sistema colocando fusibles en las derivaciones o ramales que no los tienen. Los fusibles son de variadas capacidades a continuación se listarán los valores de esos fusibles.

Nota: En la Columna Ubicación hay números; estos números son los mismos que se usaron para el cálculo de voltajes y fallas. Así que se puede revisar en los anexos estos planos para ver su ubicación real. Lo que está con rojo es la mejora y lo azul es el sistema actual.

CODIGO	UBICACIÓN DEL FUSIBLE	TIPO K
1	2	40K
2	3	140K
3	4.1	40K
4	4.2	10K
5	5	25K
6	6	10K
7	7	15K
8	8	6K
9	10	25K
10	13	20K
11	14	140K
12	14.1	6K
13	17	10K

Tabla 165 (Fusibles - Mejora 2)

SAFI	0.481033434	Int/Cons-año
SAIDI	0.689281909	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.432918922	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999921315	
ASUI	7.86851E-05	
ENS	737.675158	KW-h/año
AENS	1.191720772	KW-h/Cons-año

Tabla 166

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 4 496.48
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 1 990.93
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 48.49
Costo de Inversión	\$ 10 834.57	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 1 145.55
	Cm	\$ 114.55
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 7 796.01

Tabla 167

Mejora 3: Fusibles adicionales en ramales, más seccionador en la troncal y transferencia parcial de carga.

Esta mejora consiste en ubicar un seccionador en una ubicación estratégica de tal modo de dividir la carga en dos partes. La ubicación del seccionador está justo antes de llegar al punto 11 (revisar el Anexo C "Diagramas de las Alimentadoras").

Se conoce que la alimentadora Tanca Marengo dispone de dos seccionadores de los cuales uno permite hacer la transferencia de carga con la Alimentadora Mapasingue 3 y otro hace lo mismo con la alimentadora Urdenor; de ahí la razón de analizar esta mejora con la transferencia. Las cargas máximas de las alimentadoras Mapasingue 3 y Urdenor son de 7570 y 5674[KVA] respectivamente, y la parte de la carga de la alimentadora Tanca Marengo que es separada por el seccionador que se va a instalar es alrededor de 977 [KVA]. La probabilidad de transferencia es la unidad puesto que Urdenor puede manejar la parte de la carga de Satirión sin ningún problema y Mapasingue 3 hace lo mismo, pero hay que considerar que la transferencia debe ser de corta duración porque está en los límites de su capacidad térmica.

SAIFI	0.481033434	Int/Cons-año
SAIDI	0.525689026	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.092832617	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.99993999	
ASUI	6.00102E-05	
ENS	589.5266236	KW-h/año
AENS	0.952385499	KW-h/Cons-año

Tabla 168

Costos con Mejoras

Costo de Inversión Tasa Vida útil	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 4 496.48
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 1 596.10
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 38.41
	\$ 22 626.57	
	10%	
	30	
	Cr	\$ 2 392.33
	Cm	\$ 239.23
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 8 762.54

Tabla 169

Mejora 4: Fusibles adicionales en ramales más seccionalizador en la troncal y transferencia

Esta mejora consiste en ubicar un seccionalizador automático en vez de usar un seccionador. Básicamente es lo mismo que la mejora 3, pero los índices mejoran considerablemente.

SAIFI	0.211456604	Int/Cons-año
SAIDI	0.286797467	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.356294676	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999967261	
ASUI	3.27394E-05	
ENS	417.3336158	KW-h/año
AENS	0.674206165	KW-h/Cons-año

Tabla 170

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} x i_{li}$	\$ 3 159.54
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 1 148.21
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 25.94
Costo de Inversión	\$ 24 040.57	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 2 541.83
	Cm	\$ 254.18
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 7 129.70

Tabla 171

Mejora 5: Fusibles adicionales en ramales más seccionalizador en la troncal y transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 4, pero se usa un esquema de transferencia automática. A diferencia de la mejora 4, esta mejora la frecuencia de interrupción y la duración de la interrupción reduciéndolas. La transferencia automática es un poco más costosa ya que usa equipos de inteligencia (sensores) y comunicación.

SAIFI	0.200588491	Int/Cons-año
SAIDI	0.278646382	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.389144413	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999968191	
ASUI	3.18089E-05	
ENS	372.5901388	KW-h/año
AENS	0.60192268	KW-h/Cons-año

Tabla 172

Con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 2 437.10
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 1 019.62
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 23.54
Costo de Inversión	\$ 30 314.57	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 3 205.19
	Cm	\$ 320.52
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 7 005.96

Tabla 173

Mejora 6: Fusibles adicionales en ramales, más seccionalizador en ramal grande, más dos seccionalizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 5, con la diferencia de que se le aumenta otro equipo de seccionamiento automático entre los puntos 3 y 5 (revisar el Anexo C "Diagramas de las Alimentadoras"). Esta mejora la frecuencia de interrupción y la duración de la interrupción reduciéndolas.

La probabilidad de transferencia de esta alimentadora con Mapasingue 3 no es la unidad y con Urdenor sí, puesto que estas tienen una carga máxima de 7570 y 5674 [KVA] respectivamente y la carga máxima que se transferiría con el nuevo seccionalizador sería 1686 [KVA].

SAIFI	0.128672118	Int/Cons-año
SAIDI	0.182757884	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.420337887	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999979137	
ASUI	2.08628E-05	
ENS	299.6453274	KW-h/año
AENS	0.484079689	KW-h/Cons-año

Tabla 174

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 2 101.91
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 832.76
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 18.06
Costo de Inversión	\$ 37 624.57	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 3 978.08
	Cm	\$ 397.81
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 7 328.61

Tabla 175

Mejora 7: Fusibles adicionales en ramales más un seccionador y dos seccionalizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 6, con la diferencia de que se le aumenta otro equipo de seccionamiento no automático justo antes del punto

14 (revisar el Anexo C “Diagramas de las Alimentadoras”). Cabe mencionar que la razón por la que se añade un seccionador y no un seccionalizador es que no es recomendable tener tres seccionalizadores en serie, al menos que uno de estos proteja un ramal que no tenga ningún fusible aguas abajo. Esta mejora sólo disminuye la duración de la interrupción.

La probabilidad de transferencia de esta alimentadora con Mapasingue 3 y Urdenor es la unidad, puesto que estas tienen una carga máxima de 7570 y 5674 [KVA] respectivamente y la carga máxima que se transferiría con el nuevo seccionador sería 701 [KVA].

SAIFI	0.128672118	Int/Cons-año
SAIDI	0.17666256	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.372966906	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.999979833	
ASUI	2.0167E-05	
ENS	268.7081398	KW-h/año
AENS	0.434100387	KW-h/Cons-año

Tabla 176

Costos con Mejoras

	$\Sigma C_{li} \lambda_i L_i$	\$ 2 101.91
	$\Sigma C_{ei} E_i$	\$ 743.92
	$\Sigma C_{eu} E_i$	\$ 16.39
Costo de Inversión	\$ 43 520.57	
Tasa	10%	
Vida útil	30	
	Cr	\$ 4 601.47
	Cm	\$ 460.15
	Cs	\$ 0.00
	Total	\$ 7 923.83

Tabla 177

4.4. Resultados

Presentación de resultados de los índices de confiabilidad.

En las siguientes tablas se mostrarán si mejoraron o no los índices de confiabilidad de las mejoras realizadas en base al diseño del sistema de protecciones de cada una de las alimentadoras de la subestación Alborada. Así como se mostrará los costos de interrupción, costos de inversión y el costo total como consecuencia de la suma de los costos mencionados anteriormente.

El orden por Alimentadora será el siguiente: Se mostrará primero los valores obtenidos de los índices de Confiabilidad orientados al consumidor y luego los costos que acarrean estas mejoras.

De la ecuación de costos, discutida en la sección 4.1, se la dividirá en dos componentes.

$$\text{Costos de interrupción: } \sum_i C_{li} \lambda_i L_i + \sum_i C_{ei} E_i + \sum_i C_{eu} E_i$$

$$\text{Costos de Inversión: } C_r + C_m + C_s$$

Los datos que se mostrarán en las tablas de costos se considerarán estas dos componentes.

Alimentadora Alborada

	Sistema Actual	Mejoras							
		1	2	3	4	5	6	7	
SAIFI	2.17241	1.84513	0.97564	0.97564	0.84116	0.56762	0.55947	0.55947	Int/Cons-año
SAIDI	3.03627	2.58858	1.36240	1.12438	1.01227	0.80711	0.75897	0.75695	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.39765	1.40292	1.39641	1.15246	1.20342	1.42192	1.35658	1.35297	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.99965	0.99970	0.99984	0.99987	0.99988	0.99991	0.99991	0.99991	
ASUI	0.00035	0.00030	0.00016	0.00013	0.00012	0.00009	0.00009	0.00009	
ENS	10813.95	9172.36	4717.56	3842.02	3590.80	2691.11	2583.08	2578.95	KW-h/año
AENS	3.33558	2.82923	1.45514	1.18508	1.10759	0.83008	0.79675	0.79548	KW-h/Cons-año

Tabla 178 (Índices de Confiabilidad Alimentadora Alborada)

	Sistema Actual	Mejoras						
		1	2	3	4	5	6	7
Costo de Interrupción	\$ 74 912	\$ 63 157	\$ 31 809	\$ 29 504	\$ 28 111	\$ 17 180	\$ 16 881	\$ 16 873
Costo de Inversión	\$ 1 156	\$ 1 156	\$ 1 208	\$ 2 685	\$ 2 849	\$ 3 579	\$ 4 429	\$ 5 115
Costo Total	\$ 76 068	\$ 64 313	\$ 33 016	\$ 32 189	\$ 30 960	\$ 20 759	\$ 21 310	\$ 21 987

No. de Consumidores	3242	3242	3242	3242	3242	3242	3243	3244
Costo por Consumidor	\$ 23.46	\$ 19.84	\$ 10.18	\$ 9.93	\$ 9.55	\$ 6.40	\$ 6.57	\$ 6.78

Tabla 179 (Costos de Interrupción e Inversión Alimentadora Alborada)



Alimentadora Benjamín Carrión

	Sistema Actual	Mejoras							
		1	2	3	4	5	6	7	
SAIFI	3.96216	2.01071	0.98235	0.98235	0.82000	0.72876	0.62930	0.62930	Int/Cons-año
SAIDI	5.88079	3.03821	1.47762	1.32969	1.16668	1.09354	0.94289	0.92446	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.48424	1.51101	1.50417	1.35359	1.42279	1.50055	1.49832	1.46903	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.99933	0.99965	0.99983	0.99985	0.99987	0.99988	0.99989	0.99989	
ASUI	0.00067	0.00035	0.00017	0.00015	0.00013	0.00012	0.00011	0.00011	
ENS	29175.97	14713.59	6862.33	6108.46	5376.09	4924.82	4260.16	4146.98	KW-h/año
AENS	5.55415	2.80099	1.30636	1.16285	1.02343	0.93753	0.81100	0.78945	KW-h/Cons-año

Tabla 180 (Índices de Confiabilidad Benjamín Carrión)

	Sistema Actual	Mejoras						
		1	2	3	4	5	6	7
Costo de Interrupción	\$ 181 436	\$ 89 249	\$ 40 648	\$ 38 688	\$ 33 216	\$ 28 500	\$ 24 595	\$ 24 297
Costo de Inversión	\$ 1 401	\$ 1 401	\$ 2 530	\$ 4 955	\$ 5 120	\$ 5 850	\$ 6 700	\$ 7 385
Costo Total	\$ 182 837	\$ 90 650	\$ 43 178	\$ 43 644	\$ 38 336	\$ 34 350	\$ 31 295	\$ 31 682

No. de Consumidores	5253	5253	5253	5253	5253	5253	5254	5255
Costo por Consumidor	\$ 34.81	\$ 17.26	\$ 8.22	\$ 8.31	\$ 7.30	\$ 6.54	\$ 5.96	\$ 6.03

Tabla 181 (Costos de Interrupción e Inversión Benjamín Carrión)

Alimentadora Satirión

	Sistema Actual	Mejoras							
		1	2	3	4	5	6	7	
SAIFI	2.11176	1.66514	0.95821	0.95821	0.74459	0.52739	0.50301	0.50301	Int/Cons-año
SAIDI	3.24931	2.59261	1.48879	1.23748	0.99017	0.81666	0.75552	0.72170	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.53867	1.55699	1.55371	1.29144	1.32983	1.54849	1.50201	1.43477	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.99963	0.99970	0.99983	0.99986	0.99989	0.99991	0.99991	0.99992	
ASUI	0.00037	0.00030	0.00017	0.00014	0.00011	0.00009	0.00009	0.00008	
ENS	8346.88	6778.80	3924.90	3298.31	2361.80	2149.96	1891.19	1793.93	KW-h/año
AENS	4.89553	3.97584	2.30199	1.93449	1.38522	1.26097	1.10920	1.05216	KW-h/Cons-año

Tabla 182 (Índices de Confiabilidad Alimentadora Satirión)

	Sistema Actual	Mejoras						
		1	2	3	4	5	6	7
Costo de Interrupción	\$ 79 268	\$ 64 122	\$ 37 314	\$ 35 540	\$ 23 811	\$ 21 376	\$ 19 791	\$ 19 513
Costo de Inversión	\$ 1 416	\$ 1 416	\$ 1 575	\$ 2 946	\$ 3 110	\$ 3 840	\$ 4 690	\$ 5 376
Costo Total	\$ 80 684	\$ 65 539	\$ 38 889	\$ 38 486	\$ 26 922	\$ 25 216	\$ 24 481	\$ 24 889
No. de Consumidores	1705	1705	1705	1705	1705	1705	1706	1707
Costo por Consumidor	\$ 47.32	\$ 38.44	\$ 22.81	\$ 22.57	\$ 15.79	\$ 14.79	\$ 14.35	\$ 14.58

Tabla 183 (Costos de Interrupción e Inversión Alimentadora Satirión)

Alimentadora Tanca Marengo

	Sistema Actual	Mejoras							
		1	2	3	4	5	6	7	
SAIFI	0.70703	0.70703	0.48103	0.48103	0.21146	0.20059	0.12867	0.12867	Int/Cons-año
SAIDI	0.99916	0.99916	0.68928	0.52569	0.28680	0.27865	0.18276	0.17666	Hrs/Cons-año
CAIDI	1.41318	1.41318	1.43292	1.09283	1.35629	1.38914	1.42034	1.37297	Hrs/Cons-Interrup
ASAI	0.99989	0.99989	0.99992	0.99994	0.99997	0.99997	0.99998	0.99998	
ASUI	0.00011	0.00011	0.00008	0.00006	0.00003	0.00003	0.00002	0.00002	
ENS	1042.79	1042.79	737.68	589.53	417.33	372.59	299.65	268.71	KW-h/año
AENS	1.68463	1.68463	1.19172	0.95239	0.67421	0.60192	0.48408	0.43410	KW-h/Cons-año

Tabla 184 (Índices de Confiabilidad Alimentadora Tanca Marengo)

	Sistema Actual	Mejoras						
		1	2	3	4	5	6	7
Costo de Interrupción	\$ 9 339	\$ 9 339	\$ 6 536	\$ 6 131	\$ 4 334	\$ 3 480	\$ 2 953	\$ 2 862
Costo de Inversión	\$ 1 120	\$ 1 120	\$ 1 260	\$ 2 632	\$ 2 796	\$ 3 526	\$ 4 376	\$ 5 062
Costo Total	\$ 10 459	\$ 10 459	\$ 7 796	\$ 8 763	\$ 7 130	\$ 7 006	\$ 7 329	\$ 7 924

No. de Consumidores	619	619	619	619	619	619	619	619
Costo por Consumidor	\$ 16.90	\$ 16.90	\$ 12.59	\$ 14.16	\$ 11.52	\$ 11.32	\$ 11.84	\$ 12.80

Tabla 185 (Costos de Interrupción e Inversión Alimentadora Tanca Marengo)

4.5. Análisis de los resultados

Esta sección comprende el análisis de las mejoras al sistema de distribución eléctrico de la Subestación Alborada presentado en este trabajo.

Esta sección se separa en dos grupos:

Análisis de los Índices de Confiabilidad

Análisis de Costos y

Análisis Técnico - Económico.

A continuación se dará paso al análisis:

Análisis de los índices de Confiabilidad

Antes de emitir algún criterio sobre si los índices de confiabilidad están bien o mal se realizará una comparación con una compañía en Estados Unidos cuyo número de clientes es cercano al que tiene la CATEG. Estos índices datan de 1997 y el número de clientes es de 363968. A continuación una breve introducción de la compañía:

Seattle City Light (Washington) es una compañía que ofrece servicios públicos y provee Energía Eléctrica a Seattle (Washington), partes de su área metropolitana incluyendo todo Shoreline y Lake Forest Park y partes de King County, Burien, Normandy Park, Seatac, Renton, and Tukwila. Los índices de confiabilidad que obtuvieron a la fecha son los siguientes:

SAIFI	1.24000	Int/Cons-año
SAIDI	1.21133	Hrs/Cons-año
CAIDI	0.97683	Hrs/Cons-Interrup

Tabla 186

Además en el artículo R280-90-7 "Analysis of Distribution System Reability and Outage Rates" de la Cooper Power se muestran valores metas para estos índices. A continuación se mostrarán en la siguiente tabla:

Índice	Tipo de Sistema	Operación Meta
SAIFI	Urbano	1.0 Interrucción/Consumidor-Año
SAIFI	Rural	1.5 Interrucción/Consumidor-Año
SAIDI	Urbano	1.0 Hora/Consumidor-Año
SAIDI	Rural	1.5 Horas/Consumidor-Año
CAIDI	Urbano/Rural	1.0 Hora/Consumidor-Interrupción
ASAI	Urbano	99.989% Disponibilidad anual
ASAI	Rural	99.983% Disponibilidad anual

Tabla 187 (Índices Meta Cooper)

Recordando las mejoras que se realizaron al sistema de protecciones de las 4 alimentadoras de la Subestación Alborada se tiene:

Mejoras	Descripción
1	Ajuste del reconectador
2*	Fusibles en los ramales que no tienen
3*	Fusibles en ramal con seccionamiento con transferencia
4*	Fusibles en ramal con seccionamiento usando seccionalizador con transferencia
5*	Fusibles en ramal con seccionamiento usando seccionalizador con transferencia automática
6*	Fusibles en ramal con seccionamiento usando dos seccionalizadores con transferencia automática
7*	Fusibles en ramal con seccionamiento usando un seccionador y dos seccionalizadores con transferencia automática

Tabla 188

* En la alimentadora Benjamín Carrión se adiciona un seccionalizador para ramal grande.

Además cabe recordar que las mejoras que tienen numeración y letra en la tabla de arriba son estrictamente hechas a la alimentadora Benjamín Carrión debido a que esta es un tanto diferente a las demás.

A continuación, se analizarán los índices obtenidos de las distintas mejoras al sistema de protección primario de las 4 alimentadoras de la subestación Alborada.

SAIFI (Índice de frecuencia de interrupción promedio del Sistema)

Valores del SAIFI por Alimentadora

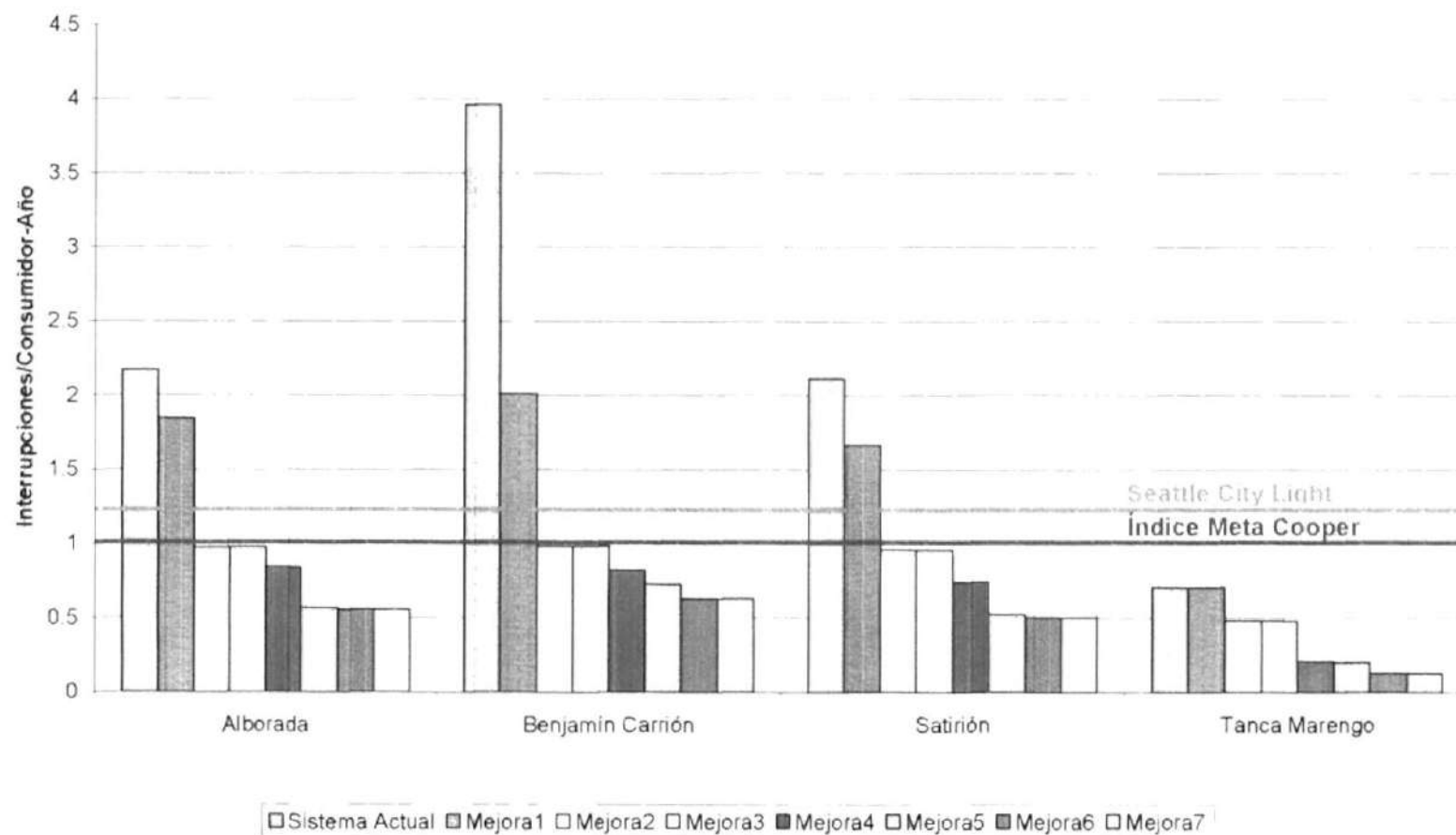


Figura 87

En la ilustración de la página anterior se muestra las variaciones que tiene el índice de frecuencia de interrupción promedio del sistema, debido a las mejoras hechas sobre el sistema de protecciones de las 4 alimentadoras en estudio.

De la gráfica se puede observar que los índices obtenidos del sistema actual y de la mejora 1 para todas las alimentadoras excepto la Tanca Marengo, están por encima del índice de la empresa modelo (Seattle City Light). También se puede observar que la alimentadora Benjamín Carrión es la que tiene el mayor SAIFI de todas las alimentadoras para la situación Actual; esto se debe a la complejidad del diseño de esta alimentadora que posee ramales largos y gran cantidad de usuarios.

De la misma gráfica ahora haciendo la comparación con los índices metas recogidos en el artículo R280-90-7 de la Cooper Power se tiene el mismo resultado.

SAIDI (Índice de la duración de la interrupción promedio del Sistema)

Valores del SAIDI por Alimentadora

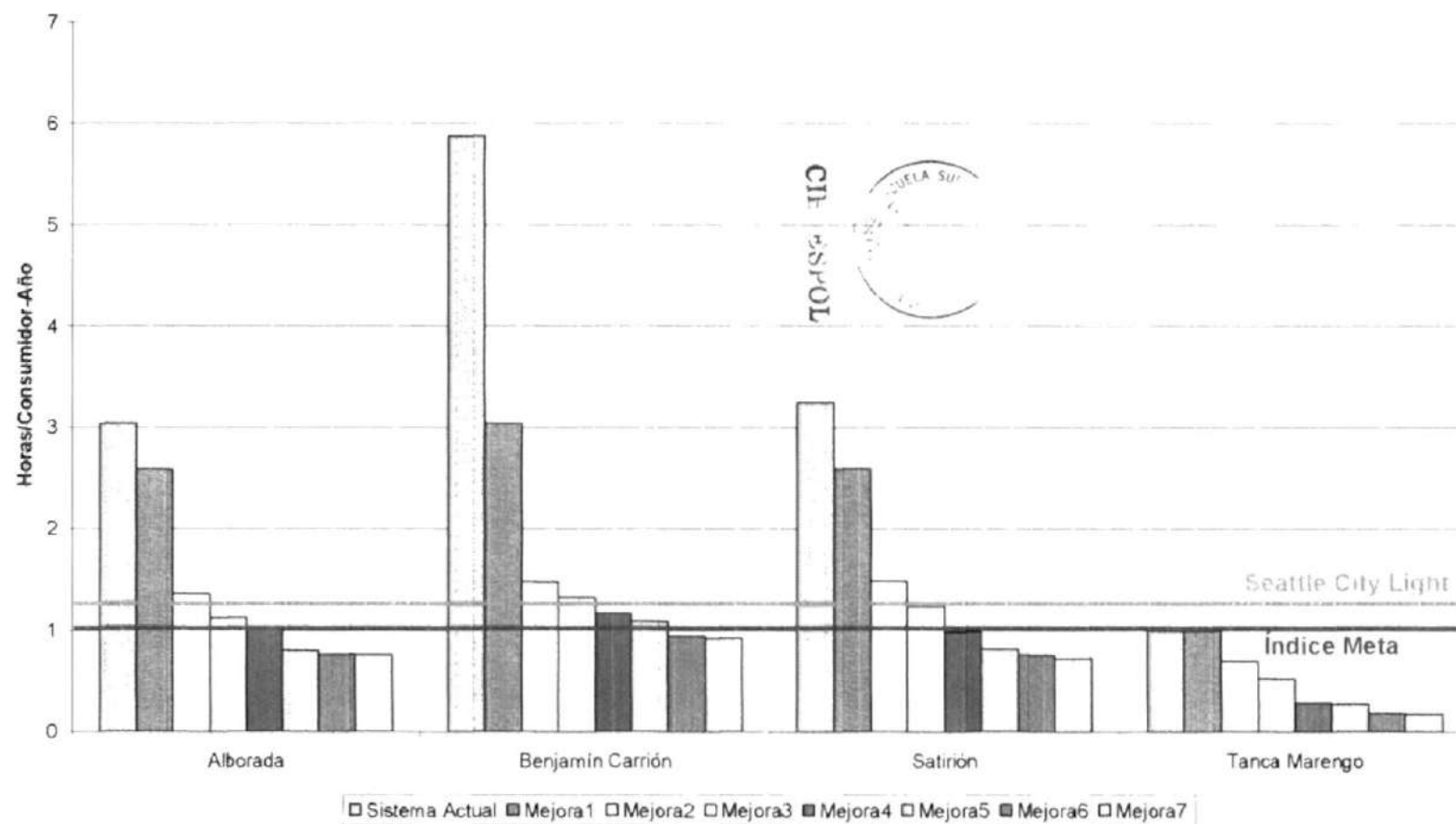


Figura 88

En la ilustración de la página anterior se muestra las variaciones que tiene el índice de la duración de la interrupción promedio del sistema, debido a las mejoras hechas sobre el sistema de protecciones de las 4 alimentadoras en estudio.

De la gráfica se puede observar que para la Alimentadora Alborada, el sistema actual y la mejora 1 tienen valores de SAIDI por encima del de la empresa modelo (Seattle City Light); al hacer la comparación con el índice meta de la Cooper también las mejoras 2 y 3 no cumplen con el objetivo.

Para la Alimentadora Benjamín Carrión, el sistema actual y las mejoras 1, 2 y 3 tienen valores de SAIDI por encima del de la empresa modelo (Seattle City Light); al hacer la comparación con el índice meta de la Cooper también las mejoras 4 y 5 no cumplen con el objetivo.

Para la Alimentadora Satirión, el sistema actual y las mejoras 1 y 2 tienen valores de SAIDI por encima del de la empresa modelo (Seattle City Light); al hacer la comparación con el índice meta de la Cooper también la mejora 3 no cumple con el objetivo.

Para la Alimentadora Tanca Marengo al hacer la comparación de los índices obtenidos en el sistema actual y las mejoras, con los índices de la empresa modelo y la Cooper, se puede observar que el sistema actual tiene un buen SAIDI y obviamente sus mejoras también.

CAIDI (Índice de la duración de la interrupción promedio de consumidores)

Valores del CAIDI por Alimentadora

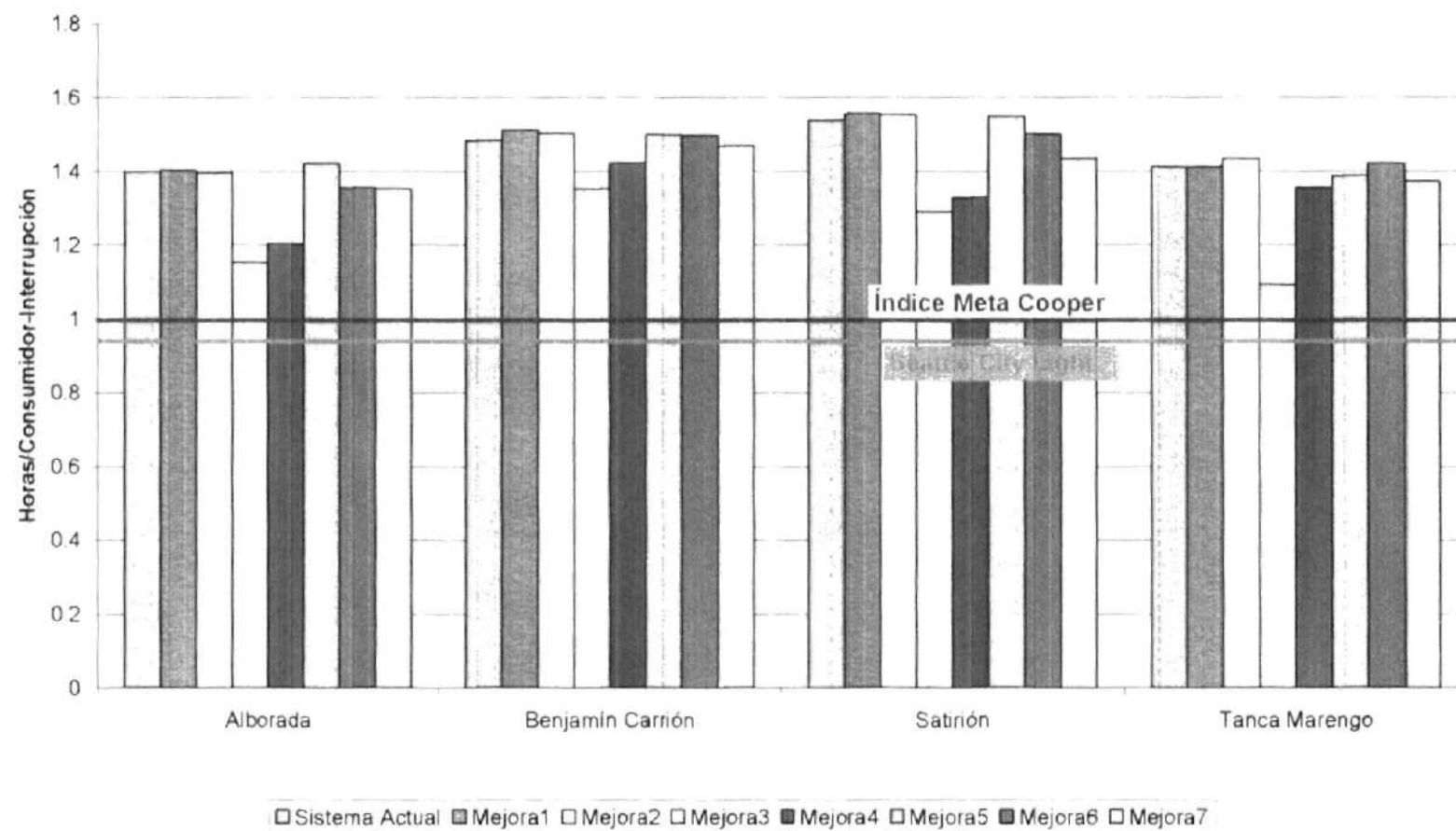


Figura 89

En la ilustración de la página anterior se muestra las variaciones que tiene el índice de la duración de la interrupción promedio de consumidores, debido a las mejoras hechas sobre el sistema de protecciones de las 4 alimentadoras en estudio.

Para todas las alimentadoras, al hacer la comparación de los índices obtenidos en el sistema actual y las mejoras, con los índices de la empresa modelo y la Cooper se puede observar que ningunas de estas cumplen con los objetivos.

Anteriormente se pudo observar que el SAIFI y SAIDI se reduce a medida que se realizan las mejoras y ahora el CAIDI se reduce en unas mejoras pero en otras se trepa.

Reducir el tiempo de duración de la falla se hace un tanto complicado para este análisis puesto que estos tiempos de por sí ya son pequeños, se logra reducir algo pero no mucho, en cambio con cada mejora que se realiza, se logra reducir en gran medida la frecuencia de interrupción. Por esta razón el CAIDI tiene ese comportamiento irregular.

Por la razón antes mencionada, en este trabajo no se considerará el CAIDI como un parámetro para medir la confiabilidad del sistema.

ASAI (Índice de la disponibilidad promedio del servicio)

Valores del ASAI por Alimentadora

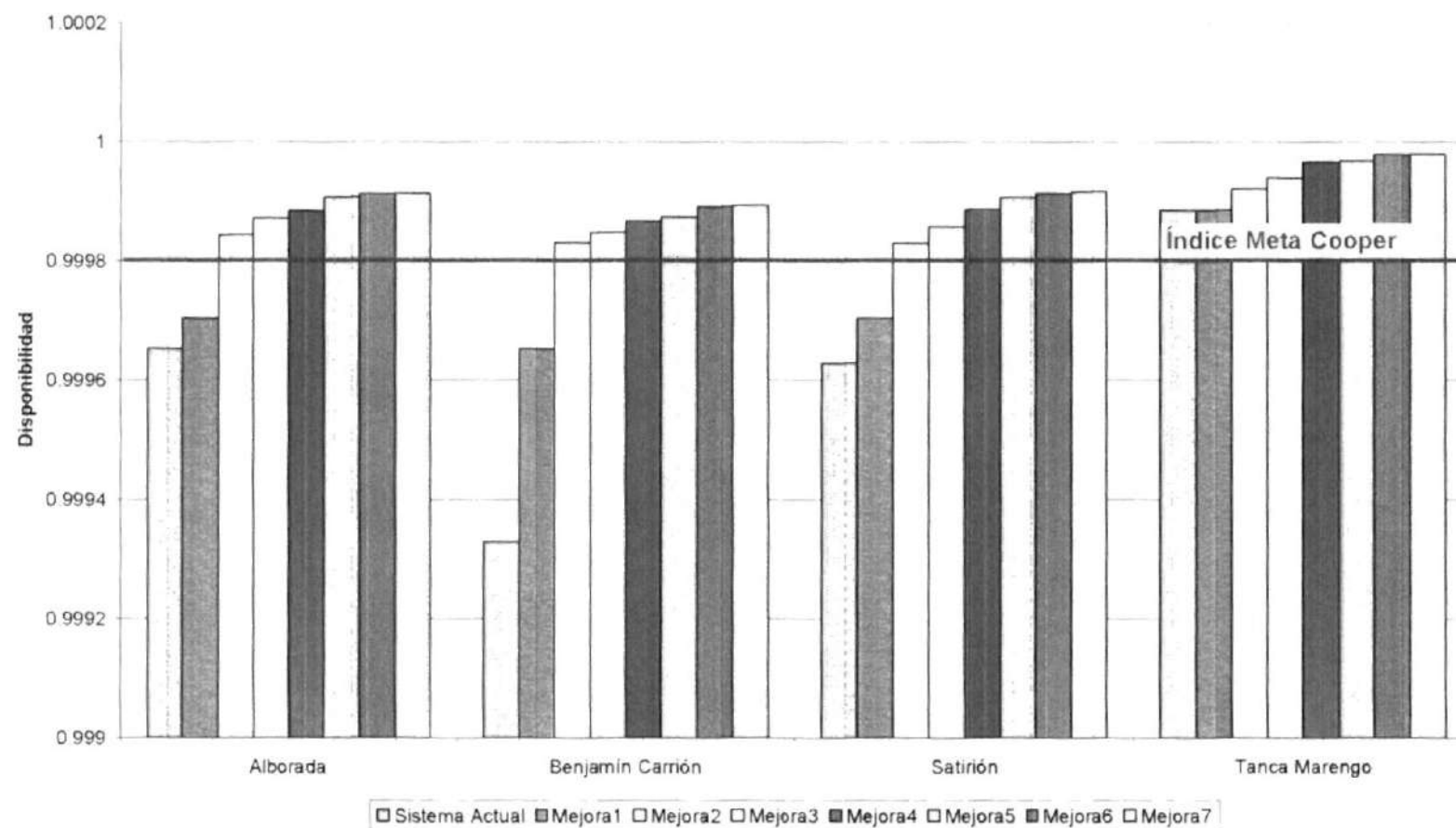


Figura 90

En la ilustración de la página anterior se muestra las variaciones que tiene el índice de la disponibilidad promedio de servicio, debido a las mejoras hechas sobre el sistema de protecciones de las 4 alimentadoras en estudio.

A diferencia de los anteriores índices se cumple la meta si el valor de ASAI está por encima del valor dado por la referencia.

De la gráfica se puede observar que para la Alimentadora Alborada, el sistema actual y la mejora 1 tienen valores de ASAI por debajo del de la meta de la Cooper, por lo tanto estas no cumplen con el objetivo pero las demás si.

Para las Alimentadoras Benjamín Carrión y Satirión, el sistema actual y la mejora 1 tienen valores de ASAI por debajo del de la meta de la Cooper, por lo tanto estas no cumplen con el objetivo pero las demás si.

Para la Alimentadora Tanca Marengo al hacer la comparación de los índices obtenidos en el sistema actual y las mejoras, con el índice de la meta Cooper, se puede observar que el sistema actual tiene un buen ASAI y obviamente sus mejoras también.

ASUI (Índice de la indisponibilidad promedio del servicio)

Valores del ASUI por Alimentadora

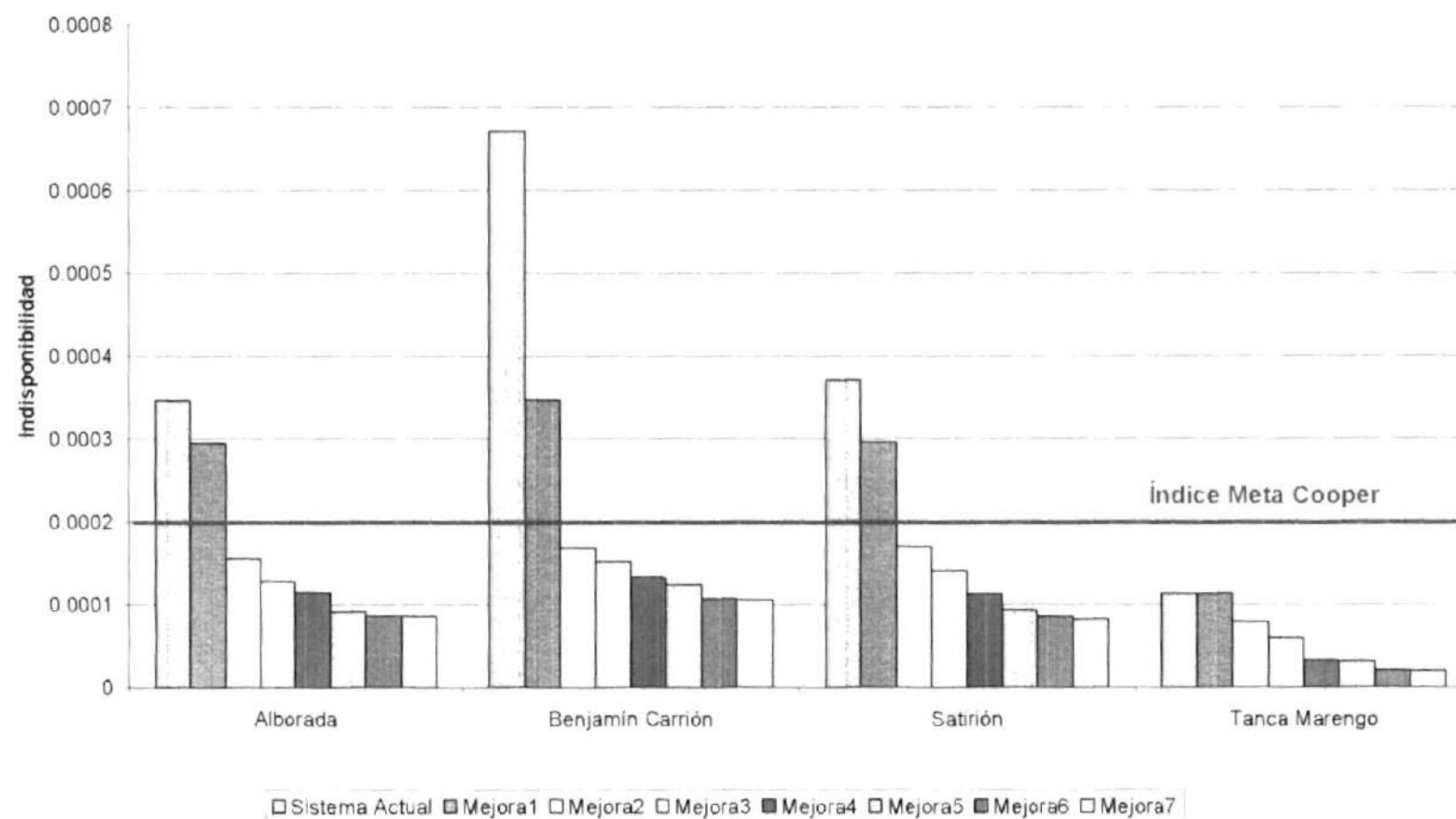


Figura 91

En la ilustración de la página anterior se muestra las variaciones que tiene el índice de la indisponibilidad promedio de servicio, debido a las mejoras hechas sobre el sistema de protecciones de las 4 alimentadoras en estudio.

Al igual que el SAIFI y SAIDI; el ASUI cumple la meta si el valor de este está por debajo del valor dado por la referencia.

Este índice resulta de la diferencia de la unidad menos el ASAI, por lo tanto no cabe hacer un análisis del ASUI ya que ya se lo hizo para el anterior índice.

ENS (Índice de energía no suplida)

Valores del ENS por Alimentadora

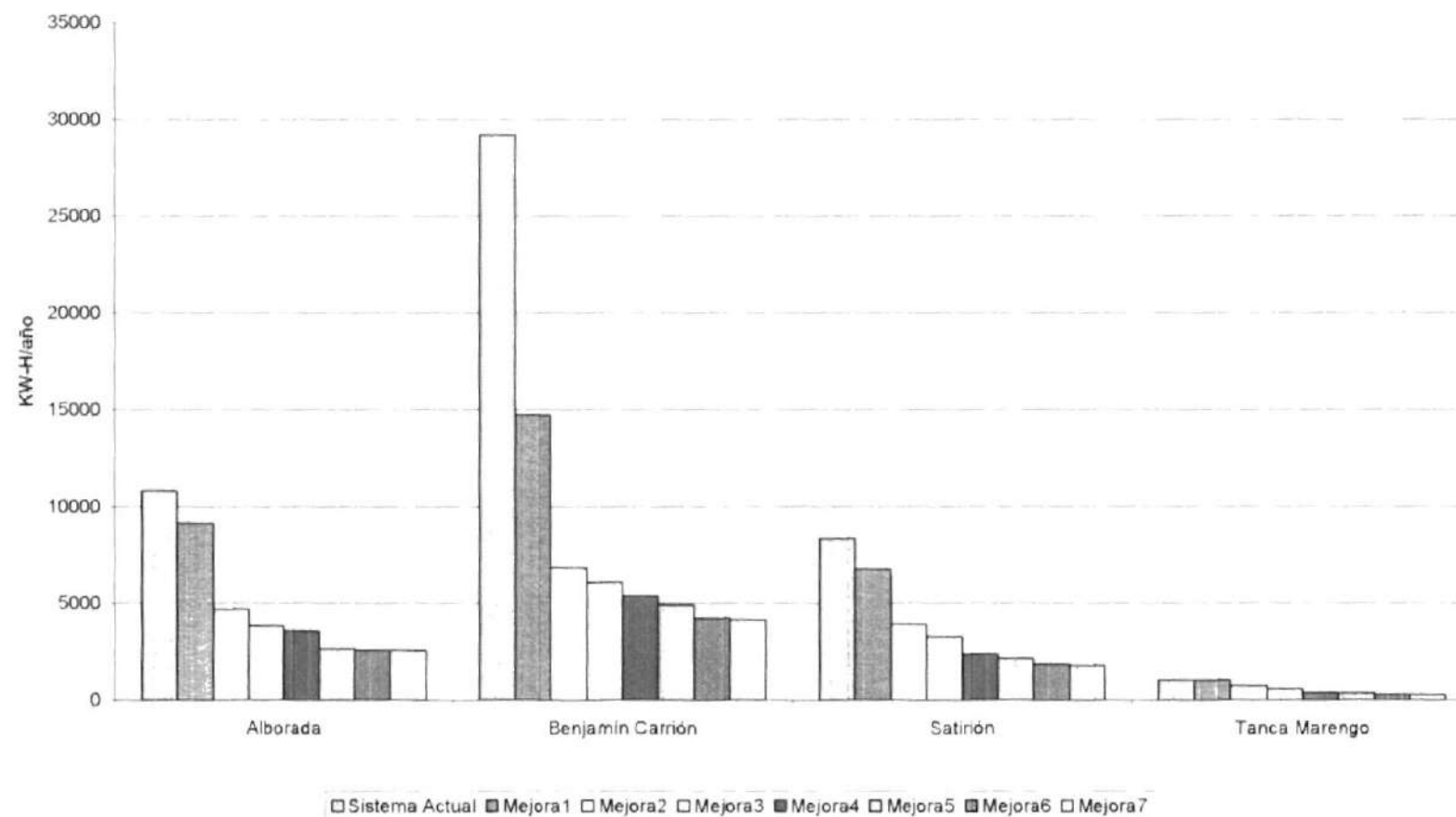


Figura 92

En la ilustración de la página anterior se muestra las variaciones que tiene el índice de energía no suplida, debido a las mejoras hechas sobre el sistema de protecciones de las 4 alimentadoras en estudio.

Aquí se puede observar un decrecimiento progresivo de este índice a medida que se realizan las mejoras, y es que este índice representa la energía total del sistema que no pudo ser suministrada.

La alimentadora Benjamín Carrión muestra que tiene un ENS más alto que las demás.

AENS (Energía promedio no suplida o índice de corte de carga promedio del sistema)

Valores del AENS por Alimentadora

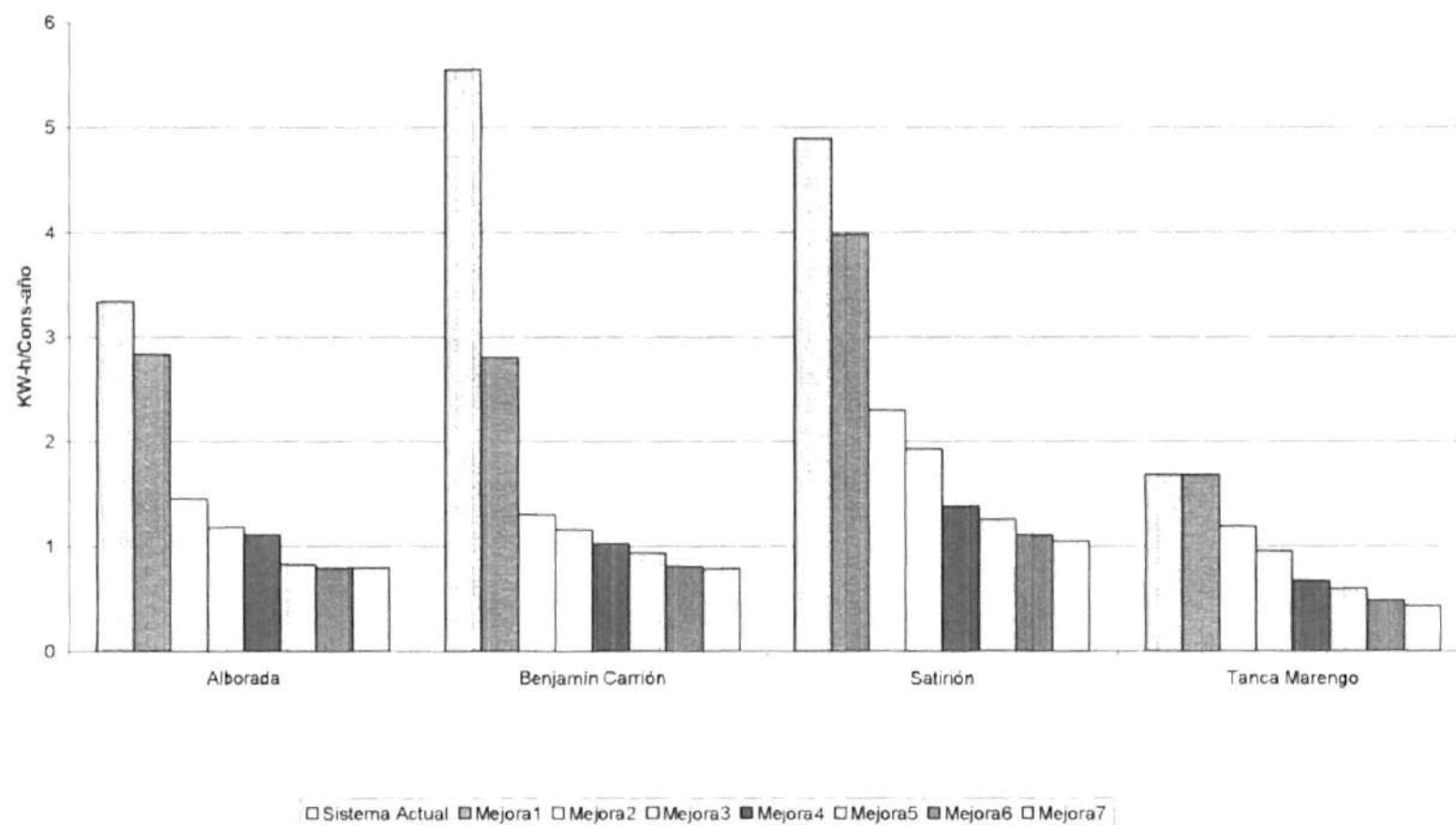


Figura 93

En la ilustración de la página anterior se muestra las variaciones que tiene el índice de energía promedio no suplida o índice de corte de craga promedio del sistema, debido a las mejoras hechas sobre el sistema de protecciones de las 4 alimentadoras en estudio.

Este índice es el resultado de dividir el ENS para el número de clientes que tiene la alimentadora. Al igual que ENS, se puede observar un decrecimiento progresivo del AENS a medida que se realizan las mejoras, y es que este índice representa la energía total del sistema que no pudo ser suministrada por consumidor.

También se puede observar que este índice es elevado para las alimentadoras Benjamín Carrión y Satirión.

Análisis de Costos

Es necesario tener una idea clara de los costos que requerirán la implementación de las mejoras a las 4 alimentadoras de la Subestación Alborada.

La variable económica en análisis será el costo total que no es más que la suma de los costos de interrupción que experimentan los usuarios, más el costo de inversión que realiza la empresa para mejorar la confiabilidad, también este costo puede expresarse como costo total por consumidor que resulta de dividir el costo total para el número de usuarios que posee la alimentadora. Cabe indicar que estos costos están anualizados.

A continuación se procederá a mostrar los gráficos de costos para un análisis global.

Costo Total (Costo de interrupción más costo de Inversión)

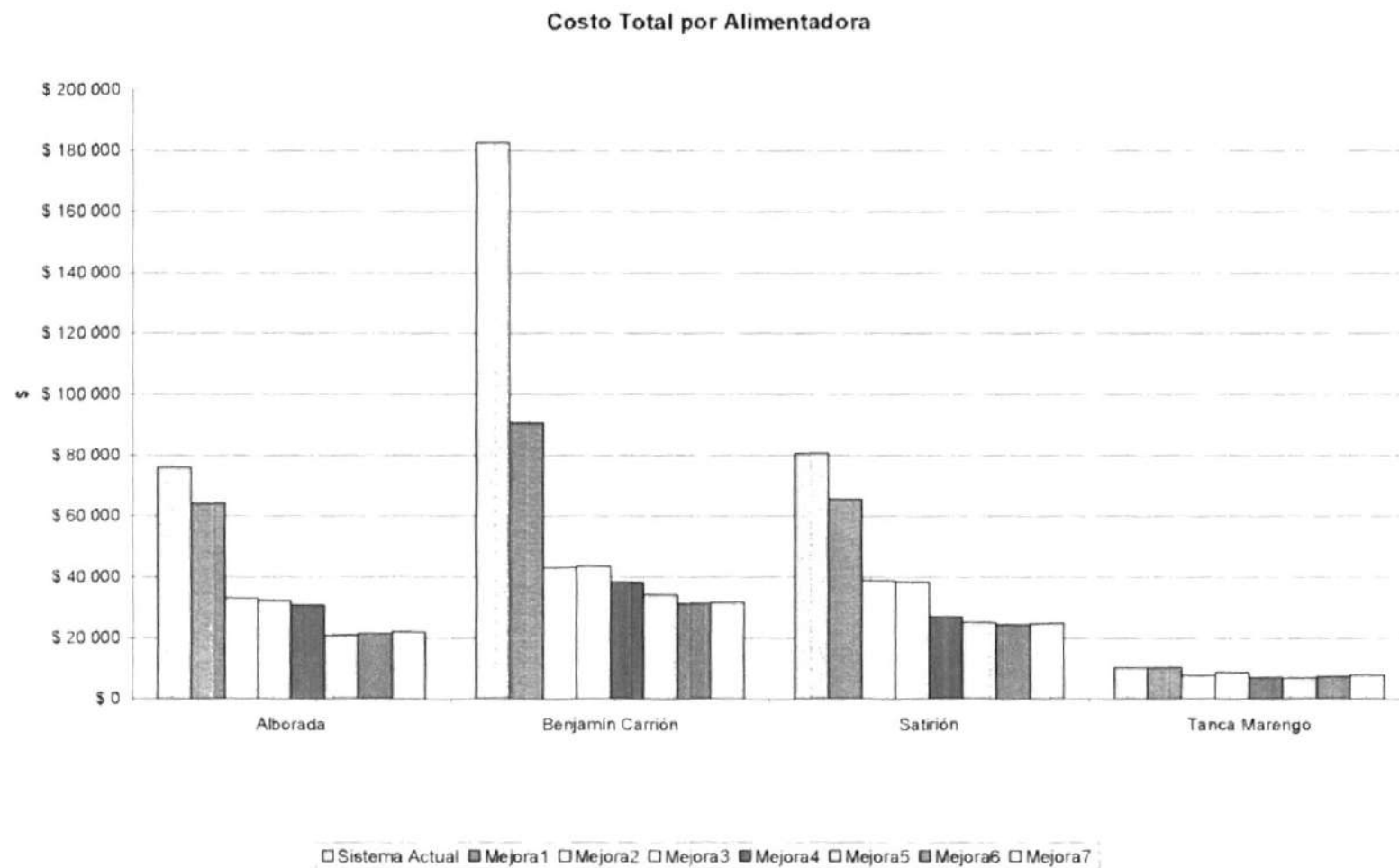


Figura 94

En la ilustración de la página anterior se muestra las variaciones que tiene el costo total, debido a las mejoras hechas sobre el sistema de protecciones de las 4 alimentadoras en estudio.

De las gráficas se puede observar que a medida que se implementan más equipos de seccionamiento en las distintas mejoras, el costo total se reduce progresivamente.

La alimentadora Benjamín Carrión es la que tiene el costo total más alto por la complejidad de la alimentadora que tiene troncal y ramales grandes. Pero al realizar las distintas mejoras, este costo se reduce considerablemente.

También se puede ver que la mejora 5 para la alimentadora Alborada y Tanca Marengo reduce el costo total a su valor más pequeño; para la Alimentadora Benjamín Carrión y Satirión, la mejora 6 es la mejor opción.

Costo Total por Consumidor

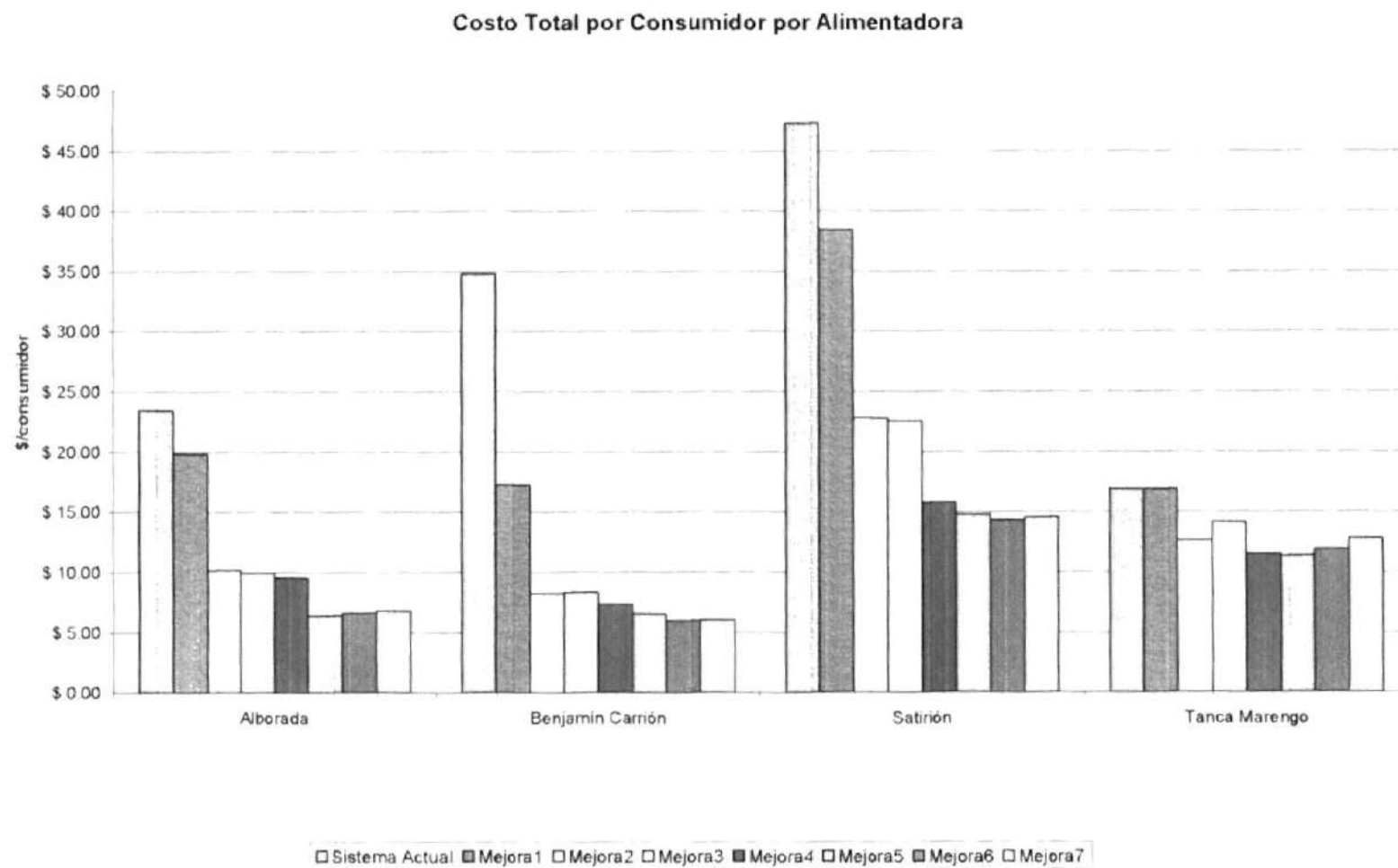


Figura 95

En la ilustración de la página anterior se muestra las variaciones que tiene el costo total por consumidor, debido a las mejoras hechas sobre el sistema de protecciones de las 4 alimentadoras en estudio.

Para este gráfico no vale hacer un análisis individual por alimentadora ya que ya se lo hizo en el costo total y esta gráfica no es más que el costo total dividido para el número de consumidores (un valor constante); más bien se hará un análisis global que involucre todas las alimentadoras.

Básicamente ocurre lo mismo, es decir, que a medida que se secciona más la línea el costo total por consumidor se reduce pero hasta un cierto punto ya que el incremento del costo de inversión supera el decrecimiento del costo de interrupción.

De la gráfica se puede observar que la alimentadora Satirión tiene los costos por consumidor más elevados, acuérdesse que al analizar el costo total, la alimentadora Benjamín Carrión era la que presentaba más costos; esto se debe a que en proporción a su longitud, la alimentadora Satirión tiene menos consumidores que la Benjamín Carrión.

También se puede dar cuenta que la alimentadora Tanca Marengo presenta costos por consumidor que ahora sí pueden compararse con las demás alimentadoras.

Análisis Técnico - Económico

Como se mencionó anteriormente la ingeniería no es más que determinar la mejor solución técnica y que esta sea económicamente viable, en otras palabras se puede llegar a tener una solución ideal pero esta no puede justificar el costo de inversión y por lo tanto se deberá escoger la opción que cumpla con los requisitos internacionales pero que no sea costosa.

Una vez propuestas todas las alternativas técnicas para la mejora de la confiabilidad del sistema de distribución primario de la subestación Alborada, se hace imperioso tomar una decisión que beneficie tanto a empresa como usuarios. El criterio que se usa, es el análisis costo-beneficio, es decir, con una determinada inversión en tecnología, cuantificar el nivel de beneficio que se obtendrá. La variable económica a usar será el costo total. Como referencia se tomará la mejora 1 de todas las alimentadoras puesto que esta consiste en el cambio de los ajustes del reconectador y no representa inversión monetaria alguna.

A continuación se hará un análisis para cada alimentadora para determinar la mejor solución al problema de la confiabilidad de servicio eléctrico. Como parámetros técnicos se tomará los valores de SAIFI, SAIDI y ASAI



CIB-ESPOL

Alimentadora Alborada

Recordando el costo total de la alimentadora Alborada para las distintas mejoras tenemos que:

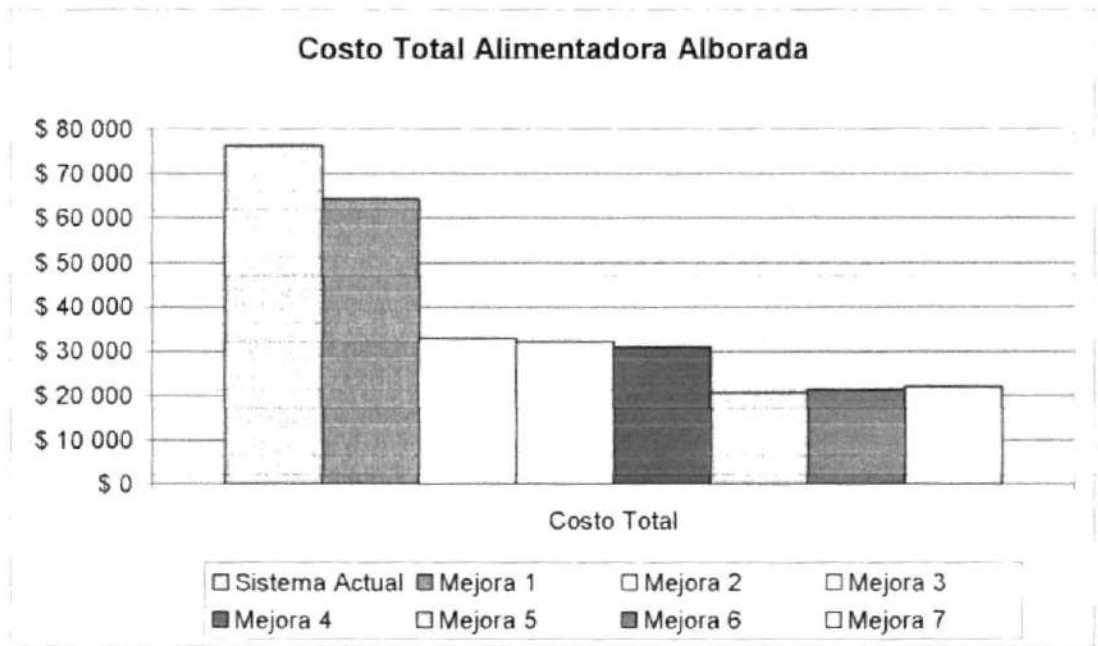


Figura 96

El porcentaje de reducción del costo total para las distintas mejoras en comparación con la número 1, que es básicamente el sistema actual con un cambio de ajuste del reconector y no acarrea inversión adicional alguna, es el siguiente:

	Sistema Actual	Mejoras						
		1	2	3	4	5	6	7
% de Reducción de Costos	-18.28%	0.00%	48.66%	49.95%	51.86%	67.72%	66.86%	65.81%

Tabla 189

De la tabla anterior se puede observar que la mejora ideal es la número 5 "Fusibles adicionales en ramales más seccionalizador en la troncal y transferencia automática parcial de carga" porque es la que tiene el mayor porcentaje de reducción del costo total y cumple con los índices de confiabilidad propuestos por la Cooper. Esta reduce el costo total a un valor mínimo de \$ 20 759 anuales.

Cabe mencionar que esta mejora requiere una fuerte inversión inicial ya que se necesita comprar e instalar cajas y tiras fusibles, un seccionalizador y un switch de transferencia automático.

Alimentadora Benjamín Carrión

Recordando el costo total de la alimentadora Benjamín Carrión para las distintas mejoras tenemos que:

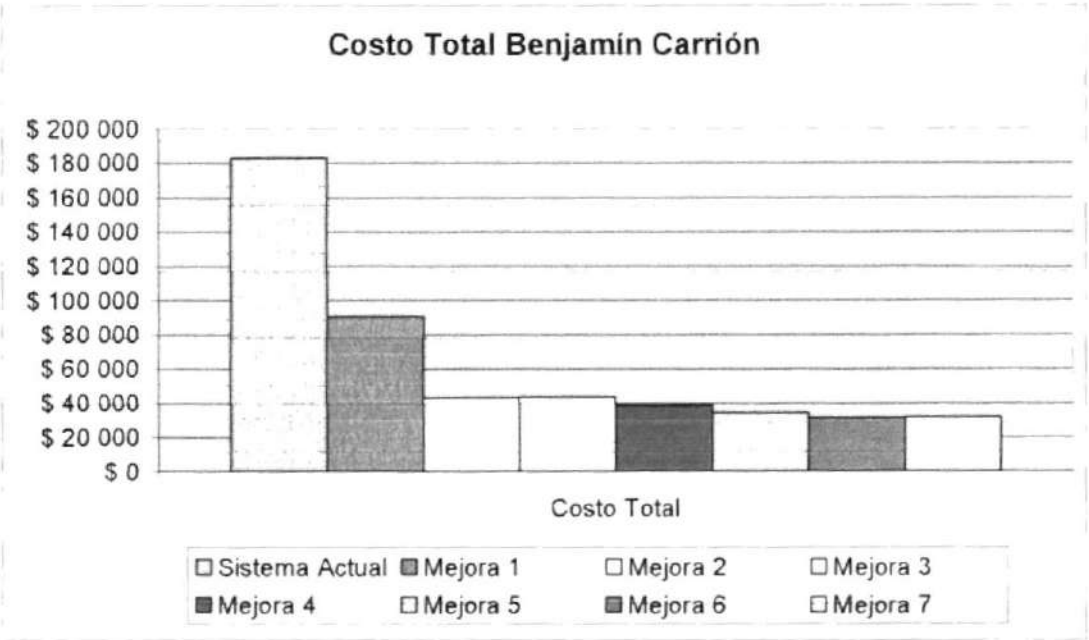


Figura 97

El porcentaje de reducción del costo total para las distintas mejoras en comparación con la número 1, que es básicamente el sistema actual con un cambio de ajuste del reconector y no acarrea inversión adicional alguna, es el siguiente:

	Sistema Actual	Mejoras						
		1	2	3	4	5	6	7
% de Reducción de Costos	-101.70%	0.00%	52.37%	51.85%	57.71%	62.11%	65.48%	65.05%

Tabla 190

De la tabla anterior se puede observar que la mejora ideal es la número 6 “Fusibles adicionales en ramales, más seccionalizador en ramal grande, más dos seccionalizadores en la troncal con transferencia automática parcial de carga” porque es la que tiene el mayor porcentaje de reducción del costo total y cumple con los índices de confiabilidad propuestos por la Cooper. Esta reduce el costo total a un valor mínimo de \$ 31 295 anuales.

Cabe mencionar que esta mejora requiere una fuerte inversión inicial ya que se necesita comprar e instalar cajas y tiras fusibles, tres seccionalizadores, un switch de transferencia automático y adecuar a otra alimentadora.

Alimentadora Satirión

Recordando el costo total de la alimentadora Satirión para las distintas mejoras tenemos que:

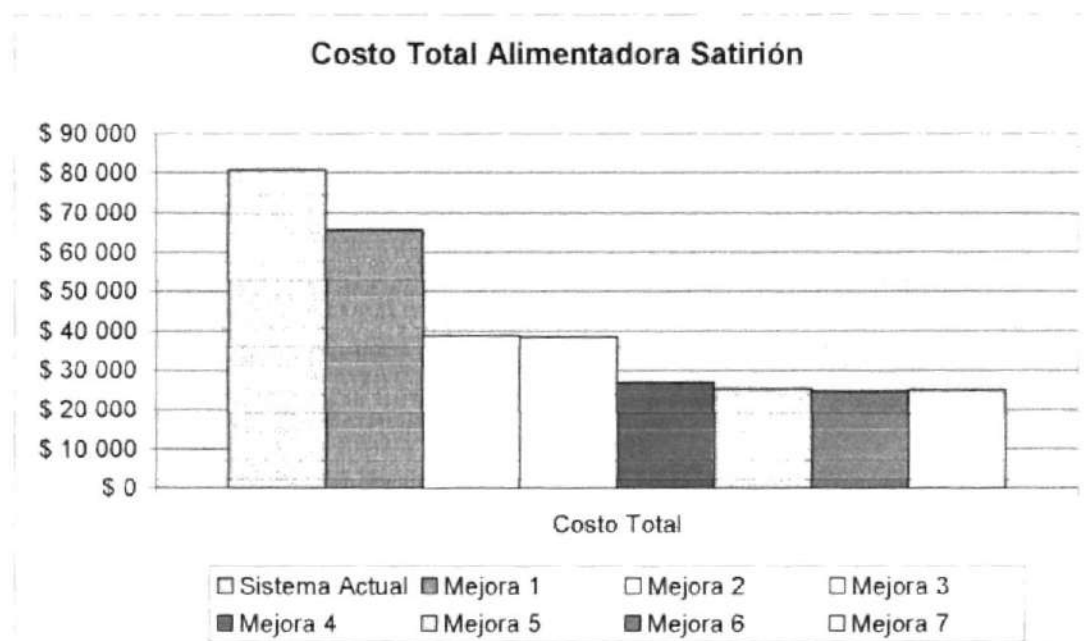


Figura 98

El porcentaje de reducción del costo total para las distintas mejoras en comparación con la número 1, que es básicamente el sistema actual con un cambio de ajuste del reconector y no acarrea inversión adicional alguna, es el siguiente:

	Sistema Actual	Mejoras						
		1	2	3	4	5	6	7
% de Reducción de Costos	-23.11%	0.00%	40.66%	41.28%	58.92%	61.52%	62.65%	62.02%

Tabla 191

De la tabla anterior se puede observar que la mejora ideal es la número 6 “Fusibles adicionales en ramales más dos seccionalizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga” porque es la que tiene el mayor porcentaje de reducción del costo total y cumple con los índices de confiabilidad propuestos por la Cooper. Esta reduce el costo total a un valor mínimo de \$ 24 481 anuales.

Cabe mencionar que la mejora 6 requiere una fuerte inversión inicial ya que se necesita comprar e instalar cajas y tiras fusibles, dos seccionalizadores y un switch de transferencia automático.

Alimentadora Tanca Marengo

Recordando el costo total de la alimentadora Tanca Marengo para las distintas mejoras tenemos que:

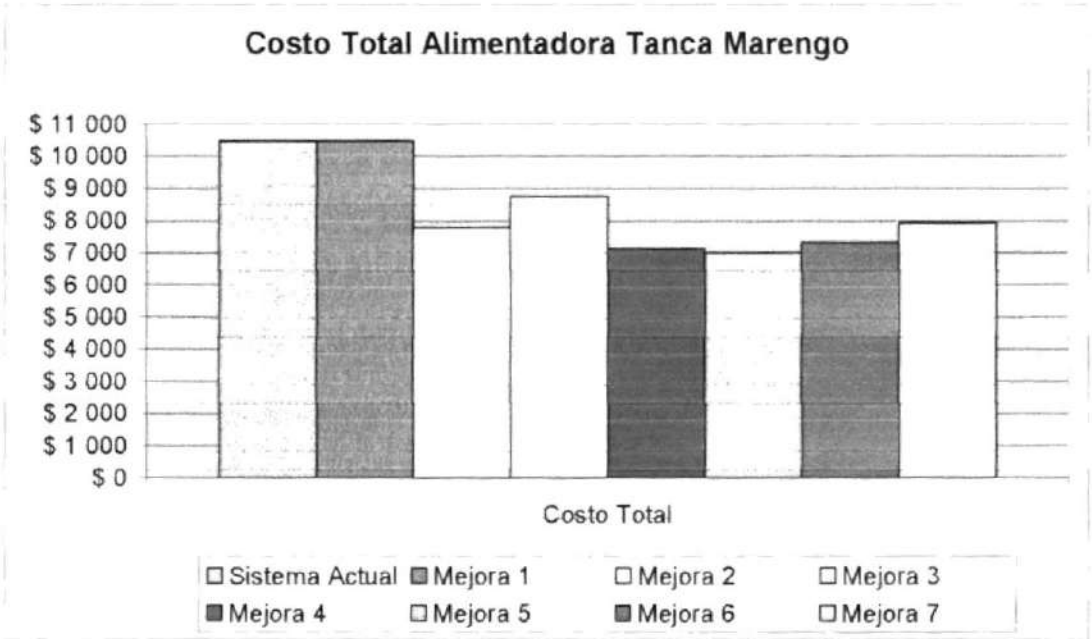


Figura 99

El porcentaje de reducción del costo total para las distintas mejoras en comparación con la número 1, que es básicamente el sistema actual con un cambio de ajuste del reconector y no acarrea inversión adicional alguna, es el siguiente:

	Sistema Actual	Mejoras						
		1	2	3	4	5	6	7
% de Reducción de Costos	0.00%	0.00%	25.46%	16.22%	31.83%	33.01%	29.93%	24.24%

Tabla 192

De la tabla anterior se puede observar que la mejora ideal es la número 5 “Fusibles adicionales en ramales más seccionalizador en la troncal y transferencia automática parcial de carga” porque es la que tiene el mayor porcentaje de reducción del costo total y cumple con los índices de confiabilidad propuestos por la Cooper. Esta reduce el costo total a un valor mínimo de \$ 7 006 anuales.

Cabe mencionar que la mejora 5 requiere una fuerte inversión inicial ya que se necesita comprar e instalar cajas y tiras fusibles, un seccionalizador y un switch de transferencia automático.

Sensibilidad del Sistema a Cambios

Como ya se lo declaró anteriormente el costo total resulta de la suma de los costos de interrupción y de los costos de inversión. Existe un problema con los costos de interrupción que son difíciles de cuantificar y para este se tomó, de un estudio hecho por la UMIST, un valor de C_{li} (Costo al consumidor por KW de carga desconectada) y un valor de C_{ei} (Costo al consumidor por KWH no suplido); el problema radica en que estos valores pueden que no se apliquen a la realidad de esta ciudad; por esa razón se realizarán ajustes a esos valores para ver que tan sensible es el sistema a estos cambios para así tomar una buena decisión.

Caso 1: El valor de C_{li} para carga residencial es muy pequeño

Para el análisis anterior se utilizó los siguientes valores de C_{li} :

1.109 \$/KW	Carga residencial
13.014 \$/KW	Carga Comercial
12.611 \$/KW	Carga Industrial

Las preguntas son: ¿Esta gran diferencia de costos de KW entre los diferentes tipos de carga es representativa para la realidad de las alimentadoras de la subestación Alborada? ¿Qué pasaría si la percepción para el usuario residencial fuera diferente, tal vez 5 \$/KW? ¿Influiría en la respuesta obtenida anteriormente?

Para responder esas preguntas observe el siguiente gráfico:

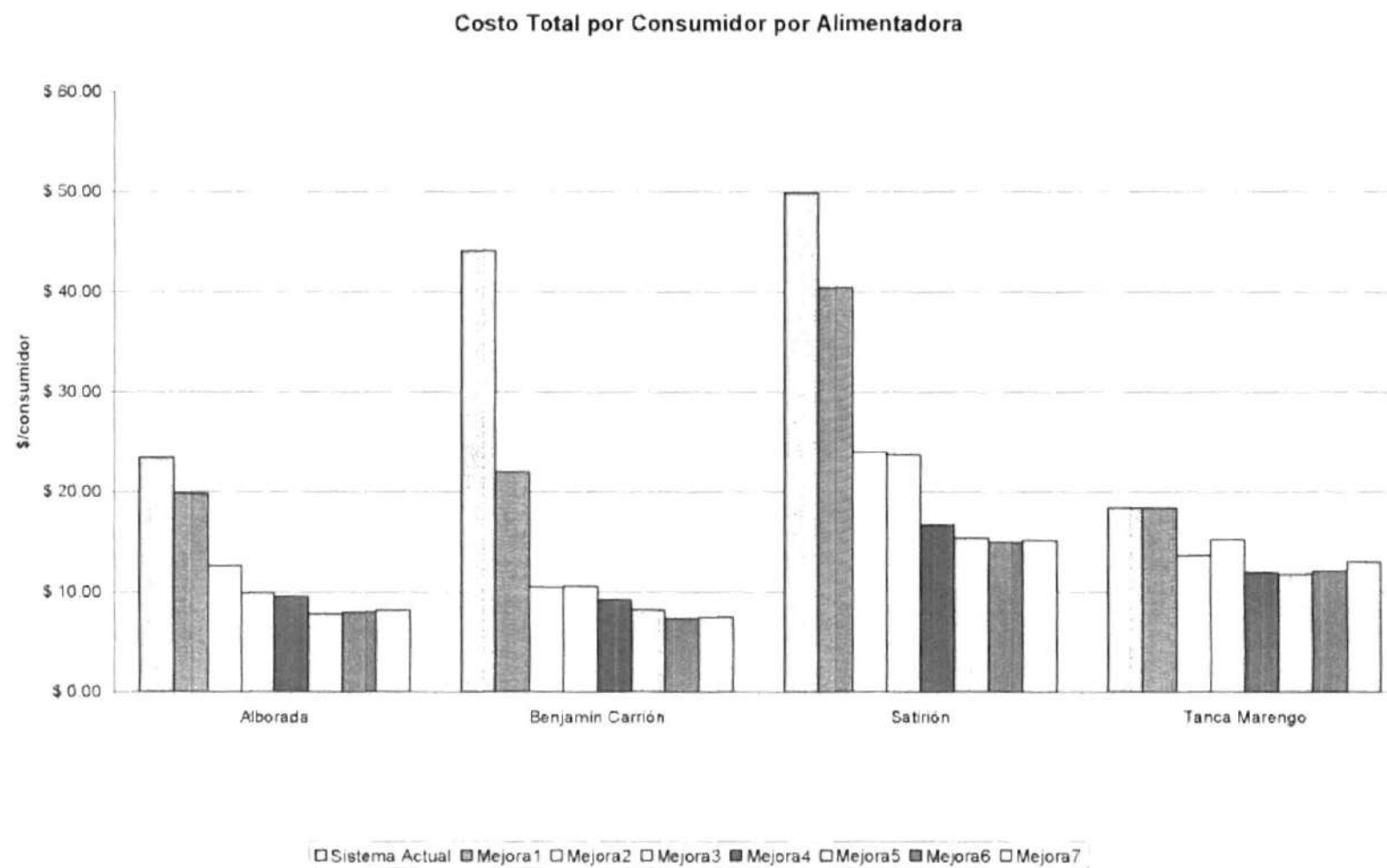


Figura 100 (Variación de la solución Caso1)

Para la obtención del gráfico anterior se realizó un cambio en el valor de Cli para carga residencial a un valor de 5 \$/KW. Según este gráfico se puede concluir que un incremento en la percepción en el costo de la potencia que tiene el usuario comercial no afecta a la primera solución planteada que usa los datos de la UMIST, a alimentadora alguna.

En otras palabras la mejor solución para cada alimentadora se mantiene y es la siguiente:

Alimentadora Alborada:	Mejora 5
Alimentadora Benjamín Carrión:	Mejora 6
Alimentadora Satirión:	Mejora 6
Alimentadora Tanca Marengo:	Mejora 5

Caso 2: El valor de C_{li} debe ser el mismo para todas las cargas (Valor Promedio)

Recordando el análisis inicial, se utilizó los siguientes valores de C_{li} :

1.109 \$/KW	Carga residencial
13.014 \$/KW	Carga Comercial
12.611 \$/KW	Carga Industrial

Las preguntas son: ¿Esta gran diferencia de costos de KW entre los diferentes tipos de carga es representativa para la realidad de las alimentadoras de la subestación Alborada? ¿Qué pasaría si todas tuvieran el mismo costo? ¿Influiría en la respuesta obtenida anteriormente?

Para responder esas preguntas observe el siguiente gráfico:

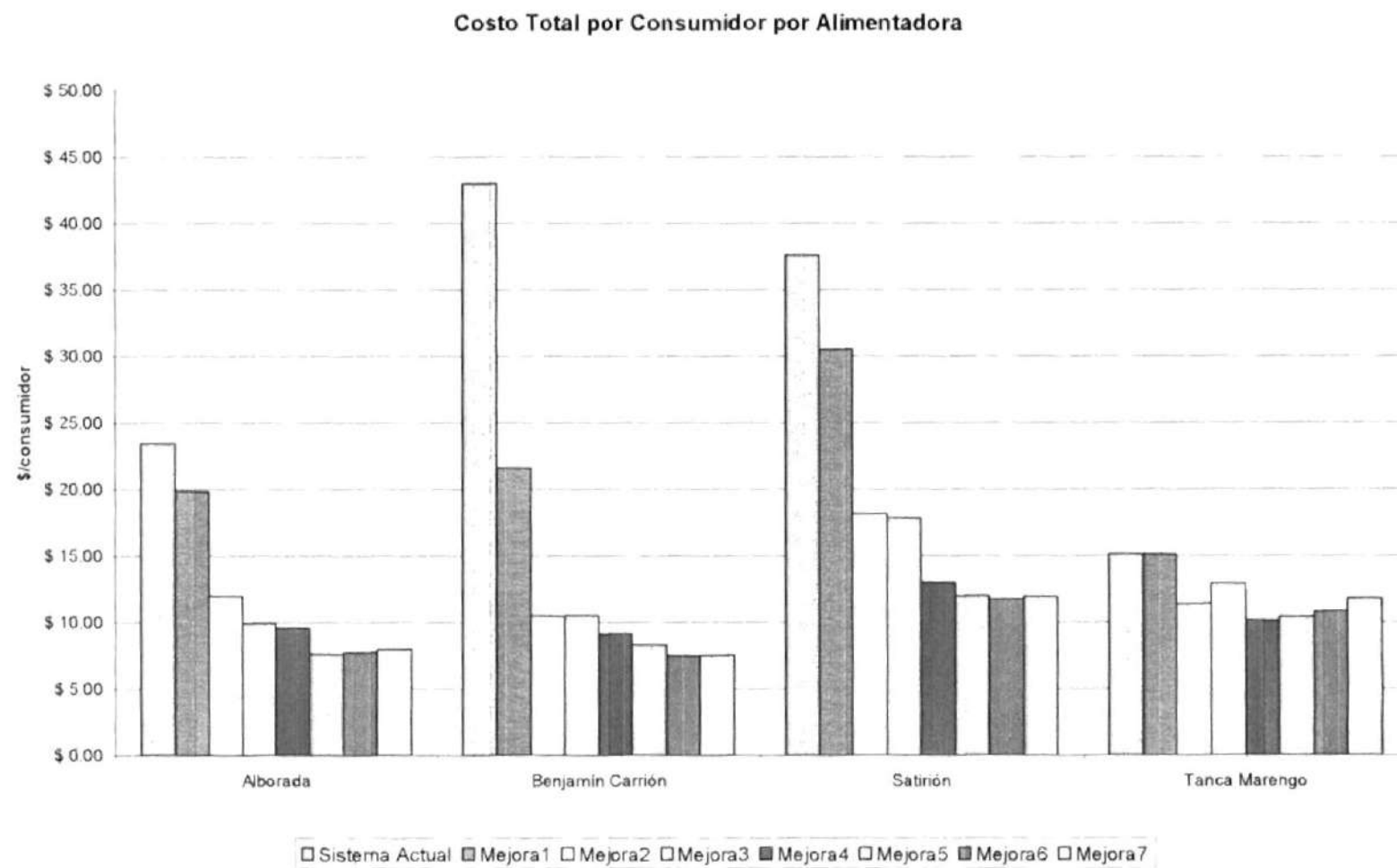


Figura 101 (Variación de la solución Caso2)

Para la obtención del gráfico anterior se realizó un cambio en el valor de Cli para todos los tipos de carga 7 \$/KW. Según el gráfico anterior se puede concluir que este cambio no afecta a todas las alimentadoras excepto a la Tanca Marengo cuya solución al problema de confiabilidad pasa de la mejora 5 a la mejora 4

En otras palabras la mejor solución para este caso planteado y para cada alimentadora es la siguiente:

Alimentadora Alborada:	Mejora 5
Alimentadora Benjamín Carrión:	Mejora 6
Alimentadora Satirión:	Mejora 6
Alimentadora Tanca Marengo:	Mejora 4

Se puede observar que este cambio no afecta en mucho a la solución, además esto no es real ya que la percepción por pérdida de potencia y energía no es la misma para los usuarios residencial, comercial e industrial.

Caso 3: El valor de Cli debe ser el mismo para todas las cargas (Valor Máximo)

Recordando el análisis inicial, se utilizó los siguientes valores de Cli:

1.109 \$/KW	Carga residencial
13.014 \$/KW	Carga Comercial
12.611 \$/KW	Carga Industrial

Las preguntas son: ¿Esta gran diferencia de costos de KW entre los diferentes tipos de carga es representativa para la realidad de las alimentadoras de la subestación Alborada? ¿Qué pasaría si todas tuvieran el mismo costo? ¿Influiría en la respuesta obtenida anteriormente?

Para responder esas preguntas observe el siguiente gráfico:



CIB -ESPOL

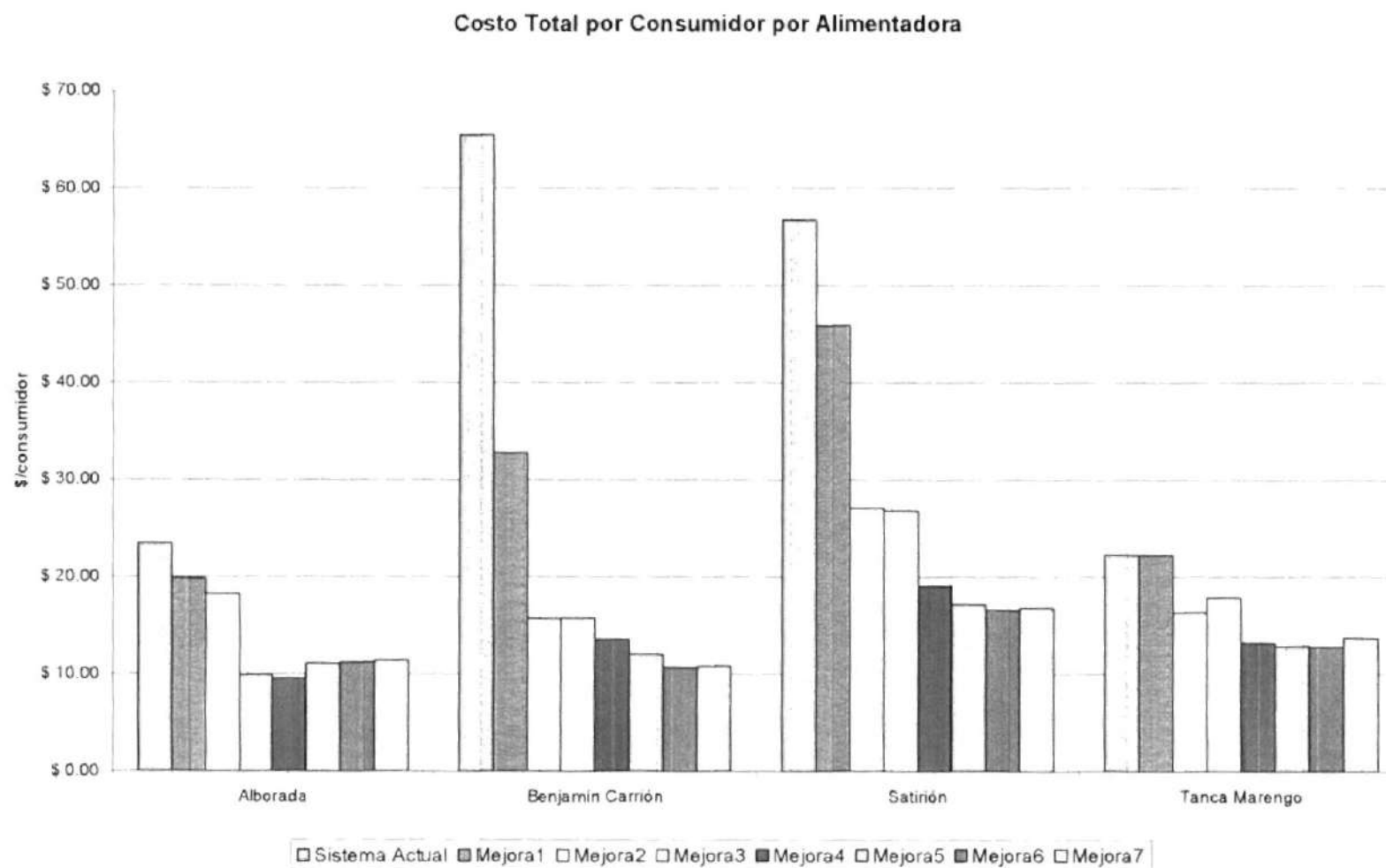


Figura 102 (Variación de la solución Caso3)

Para la obtención del gráfico anterior se realizó un cambio en el valor de Cli para todos los tipos de carga 13.014 \$/KW. Según el gráfico anterior se puede concluir que este cambio no afecta a todas las alimentadoras excepto a la Alborada cuya solución al problema de confiabilidad pasa de la mejora 5 a la mejora 4

En otras palabras la mejor solución para este caso planteado y para cada alimentadora es la siguiente:

Alimentadora Alborada:	Mejora 4
Alimentadora Benjamín Carrión:	Mejora 6
Alimentadora Satirión:	Mejora 6
Alimentadora Tanca Marengo:	Mejora 5

Se puede observar que este cambio no afecta en mucho a la solución, además esto es menos real que el caso dos ya que la percepción por pérdida de potencia y energía no es la misma para los usuarios residencial, comercial e industrial. Lo que se intentó explicar es que pasaría si las cargas en estas alimentadoras fueran del mismo tipo pero con un costo por KW de carga desconectada alto.

Solución Final

En vista que el sistema no es muy sensible a los cambios que se presentaron anteriormente en los tres casos, la mejor solución al problema de confiabilidad y que es económicamente viable es la que se planteó al inicio y es la siguiente:

Alimentadora Alborada:	Mejora 5
------------------------	----------

Alimentadora Benjamín Carrión:	Mejora 6
--------------------------------	----------

Alimentadora Satirión:	Mejora 6
------------------------	----------

Alimentadora Tanca Marengo:	Mejora 5
-----------------------------	----------

Conclusiones y recomendaciones

- 1.- Con respecto a los capacitores que están colocados en la actualidad se puede decir que relativamente están bien ubicados puesto que estos proporcionan el factor de potencia que exige el CONELEC y además permiten tener una buena regulación en el voltaje de las alimentadoras. La única recomendación es que debe cambiarse el control de tiempo de los capacitores desconectables por un control por reactivos que es más eficaz.
- 2.- Del sistema actual con respecto al nivel de voltaje tenemos que la máxima caída de voltaje para cada alimentadora es el siguiente:

	Máx
Alborada	2.69%
Benjamín Carrión	2.41%
Satirión	1.03%
Tanca Marengo	0.13%

Por lo tanto, según la norma 004/01 las 4 alimentadoras de la subestación Alborada no tienen problemas en la regulación de voltaje.

- 3.- Las alimentadoras de la Subestación alborada no se encuentran balanceadas puesto que más del 5% de los valores analizados se encuentran fuera de los límites establecido por las normas internacionales.

Se recomienda hacer una campaña constante para la solución de este problema, tomando como base los valores analizados.

Para el caso de la Alimentadora Alborada y Benjamín Carrión, se puede transferir de una carga a otra los ramales monofásicos para el equilibrio deseado.

Para el caso de las alimentadoras Satirión y Tanca Marengo se debe hacer un cambio individual de transformadores a las fases menos cargadas, debidos a que estos poseen pocos ramales monofásicos.

- 4.- La subestación Alborada no tiene problemas en cuanto a calidad de energía se refiere, debido a que los límites máximos de distorsión armónica de corriente y voltaje están dentro del estándar IEEE 519-1992.

THD	VOLTAJE	CORRIENTE
STD IEEE 519-1992	5.00%	20%

- 5.- Los índices TTIK y FMIK, que sirven para evaluar la calidad del servicio técnico y que están expresados en la regulación 004/01 del CONELEC, para las cuatro alimentadoras de la Subestación Alborada indican que el sistema se mantiene dentro de los rangos aceptables. Pero este índice no indica la verdadera realidad puesto que la mayoría de los transformadores de distribución están sobredimensionados y esto afecta a los índices dando una apariencia de que el sistema está bien. Además estos índices podrían no representar la realidad de este país. Por esa razón para el análisis se tomó en cuenta otros índices como lo son el SAIFI, SAIDI, CAIDI, etc. que no tienen el problema de los anteriores y que son utilizados ampliamente en varios países.

6.- Es un hecho que la confiabilidad que presenta cada alimentadora de la Subestación Alborada, depende mucho de la configuración en su sistema de protecciones y de la cantidad de elementos de seccionamiento que posea; por esa razón al colocar más equipos de este tipo, los índices de confiabilidad mejoran; pero todo esto tiene un límite, y ese límite lo da el costo de la inversión. De ahí la razón de aplicar un criterio económico donde arroje la mejor solución técnica posible pero que sea económicamente viable, según esto los resultados son los siguientes:

Alimentadora Alborada: Mejora 5 *"Fusibles adicionales en ramales más seccionalizador en la troncal y transferencia automática parcial de carga"*

Alimentadora Benjamín Carrión: Mejora 6 *"Fusibles adicionales en ramales, más seccionalizador en ramal grande, más dos seccionalizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga"*

Alimentadora Satirión: Mejora 6 *"Fusibles adicionales en ramales más dos seccionalizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga."*

Alimentadora Tanca Marengo: Mejora 5 *"Fusibles adicionales en ramales más seccionalizador en la troncal y transferencia automática parcial de carga"*

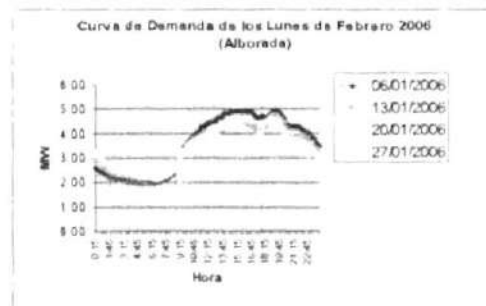
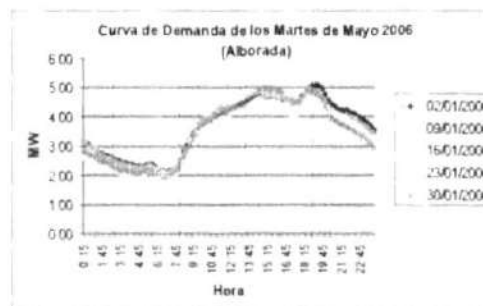
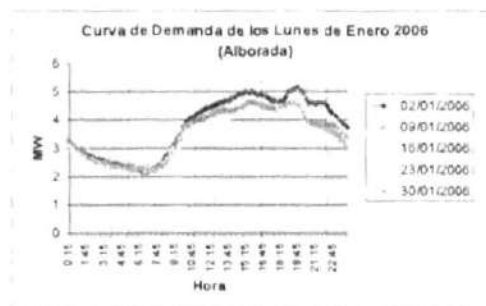
Cabe recordar que a pesar que se realizó un análisis de sensibilidad en los cálculos de la mejora ideal la respuesta no variaba mucho por lo que la solución seleccionada es estable.

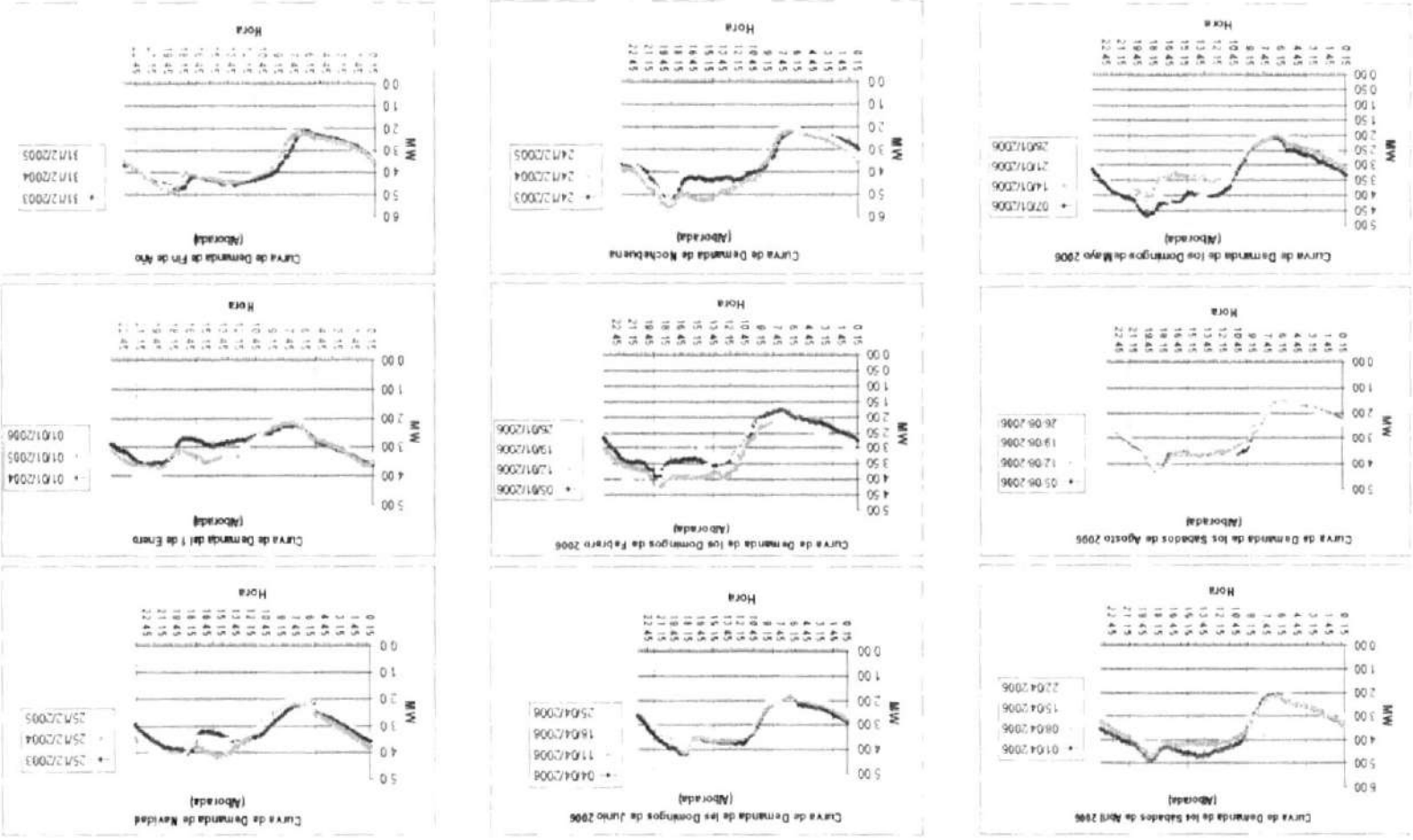
Anexos

Anexo A (Curvas de carga diaria)

ALIMENTADORA ALBORADA

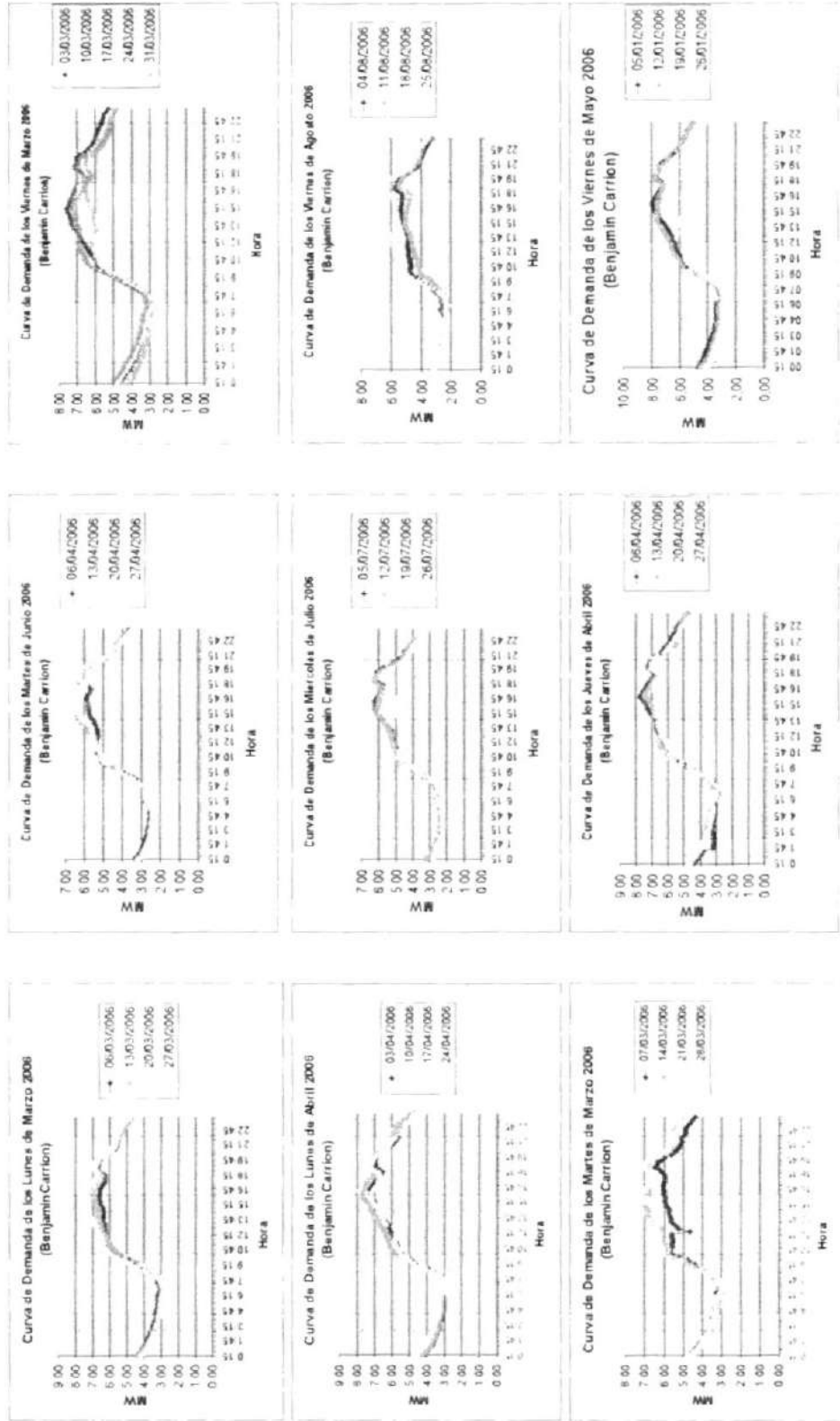
DÍAS LABORALES (Lunes – Viernes). A continuación se mostrara las típicas curvas para los días laborales 2006





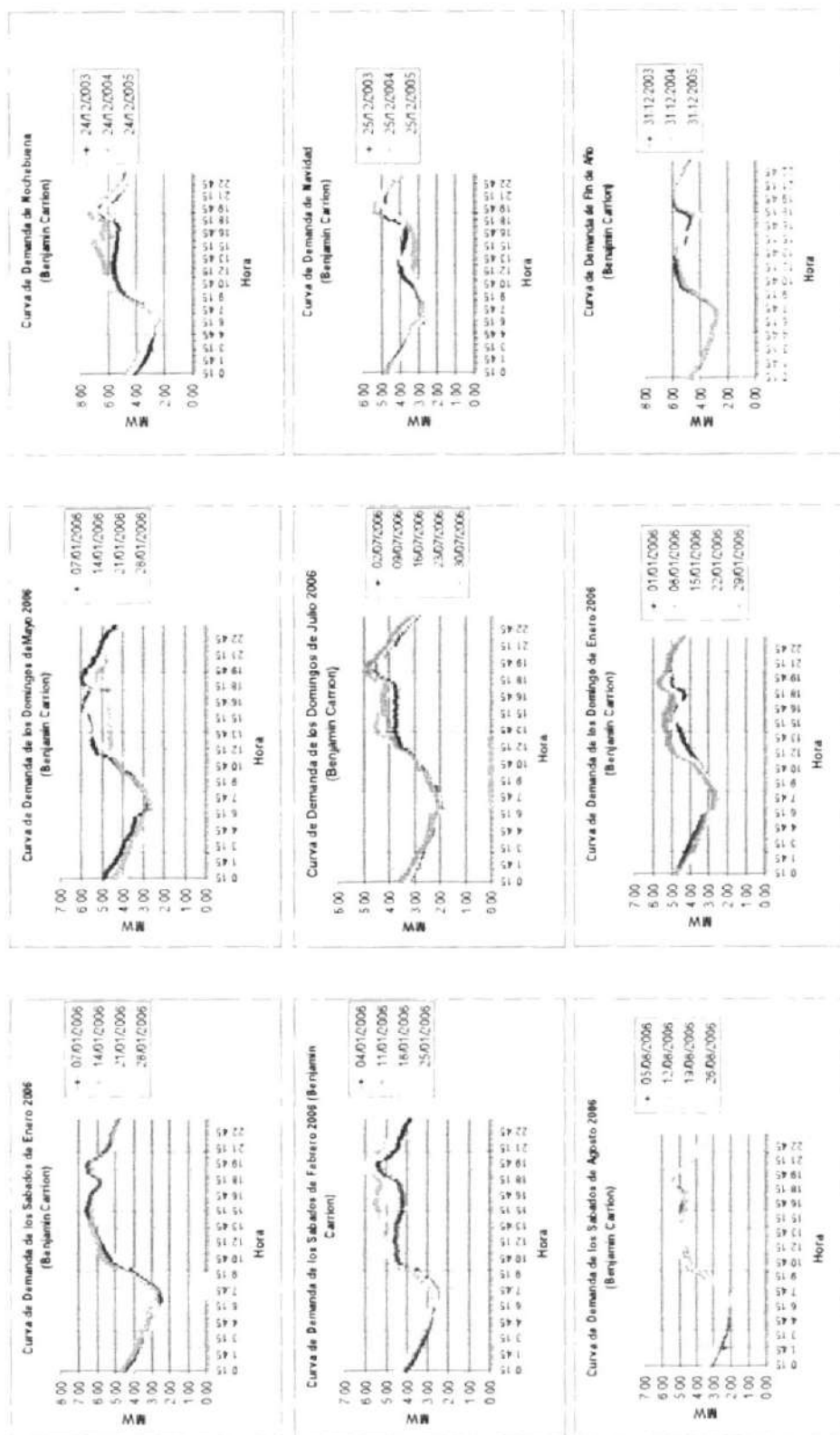
ALIMENTADORA BENJAMIN CARRIÓN

DÍAS LABORALES (Lunes – Viernes). A continuación se mostrara las típicas curvas para los días laborales 2006



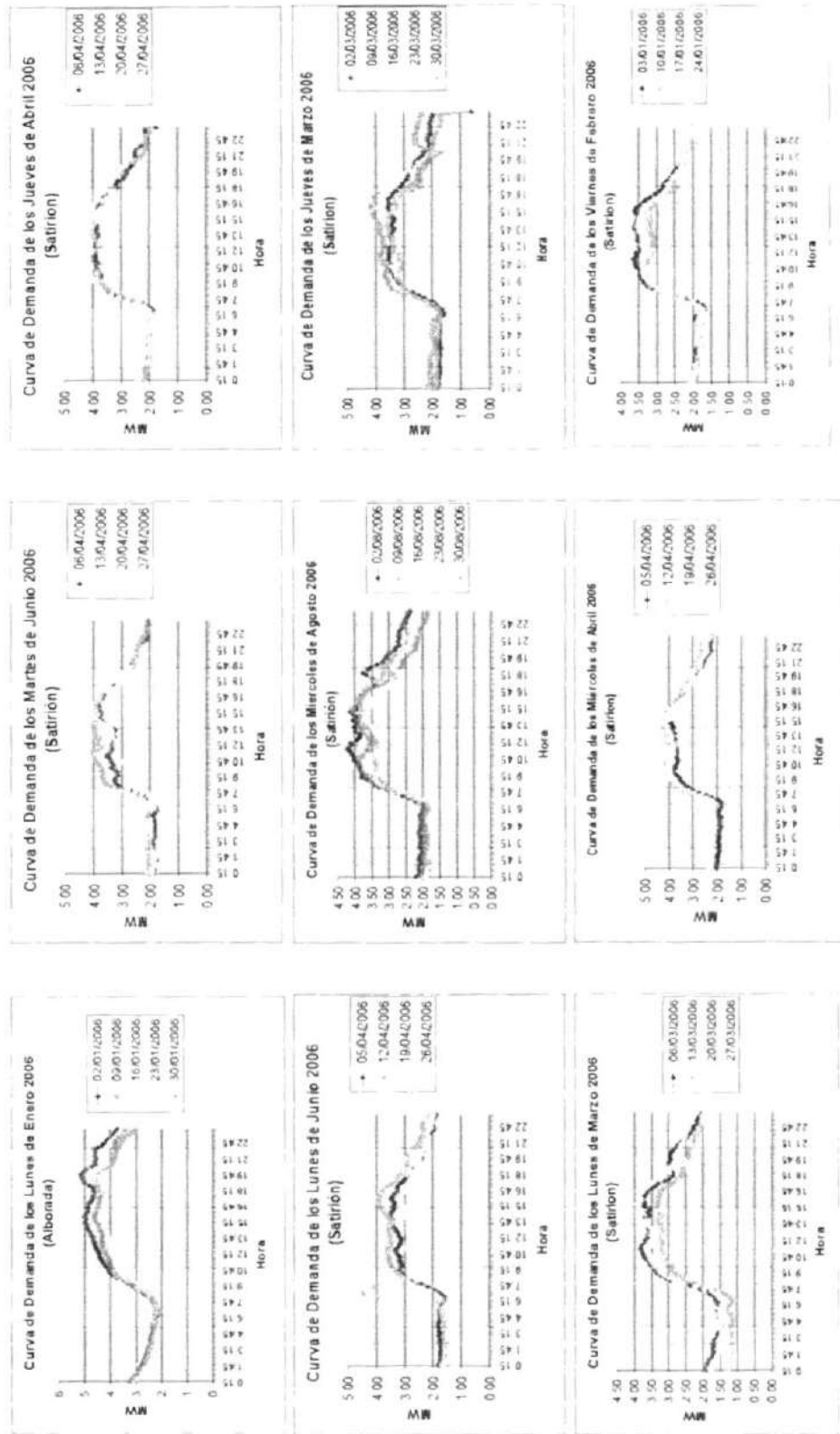
ALIMENTADORA BENJAMIN CARRIÓN

Días Semi-festivo y festivos (Sábado-Domingo, feriados)



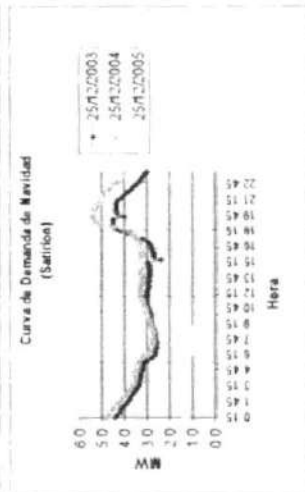
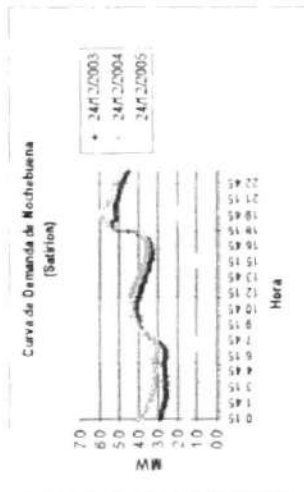
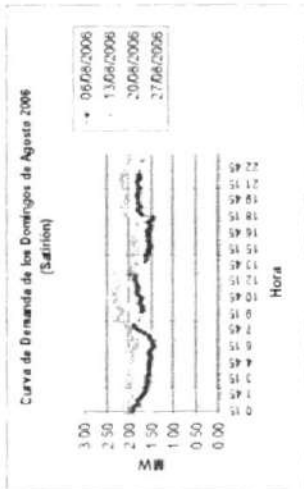
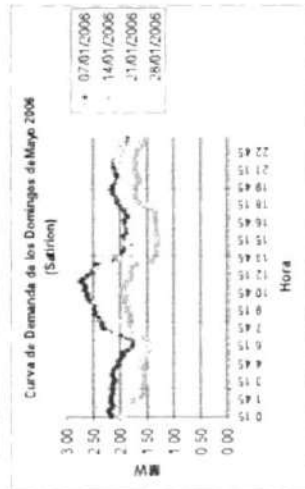
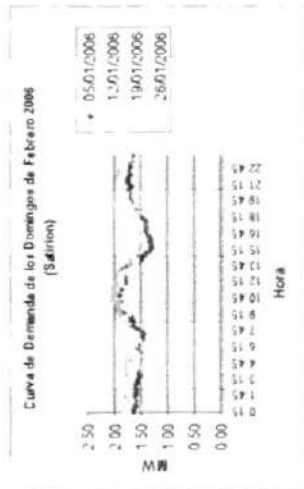
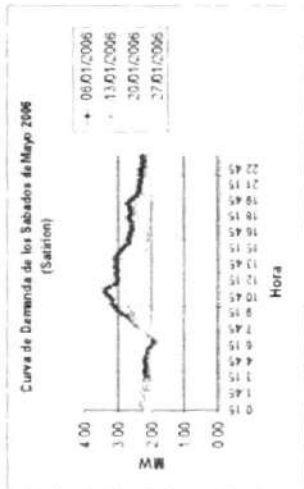
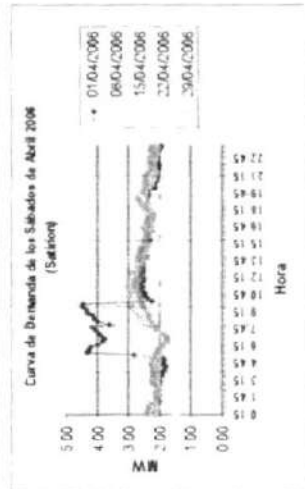
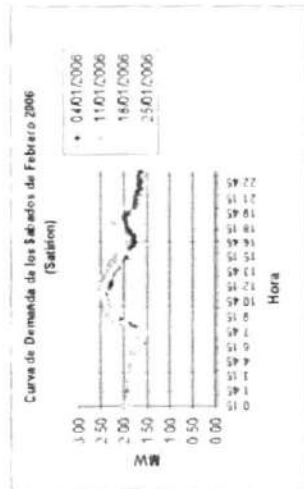
ALIMENTADORA SATIRIÓN

DIAS LABORALES (Lunes – Viernes). A continuación se mostrara las típicas curvas para los días laborales 2006



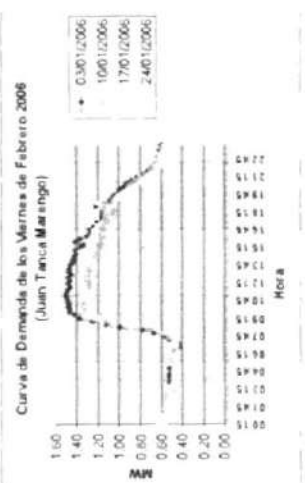
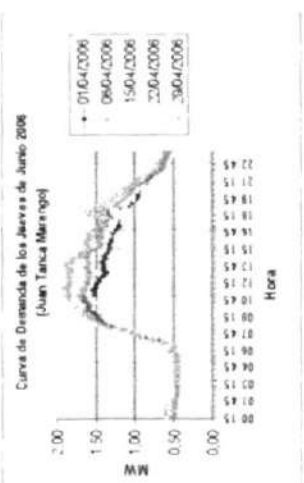
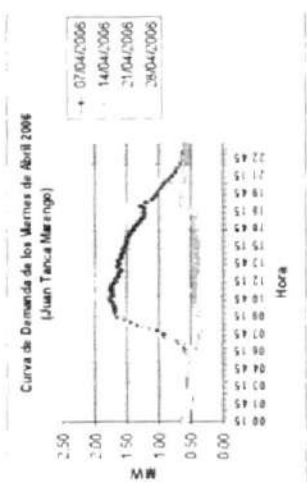
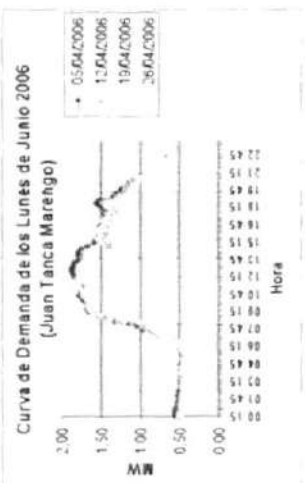
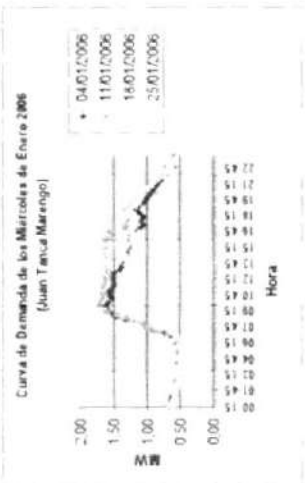
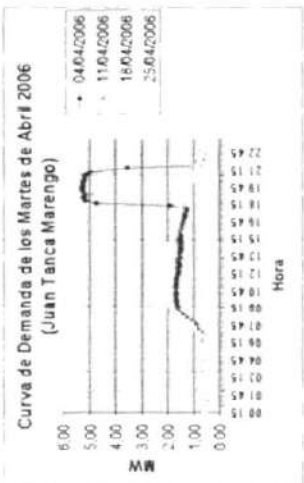
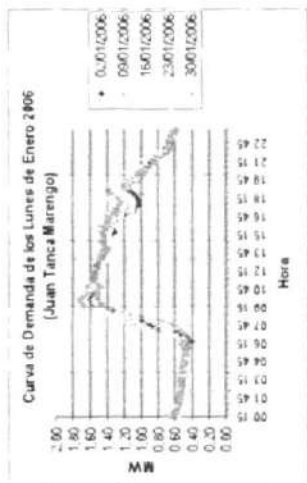
ALIMENTADORA SATIRIÓN

Días Semi-festivo y festivos (Sábado-Domingo, feriados)



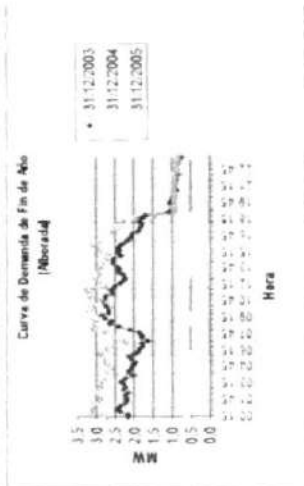
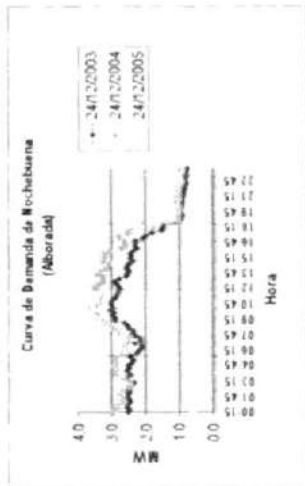
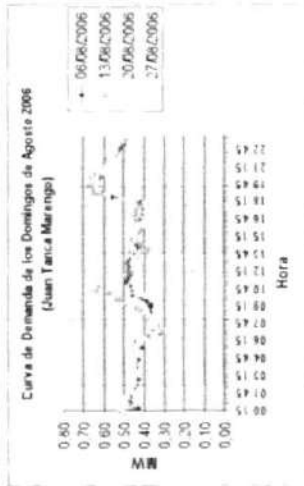
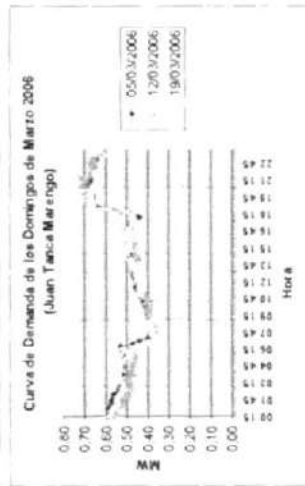
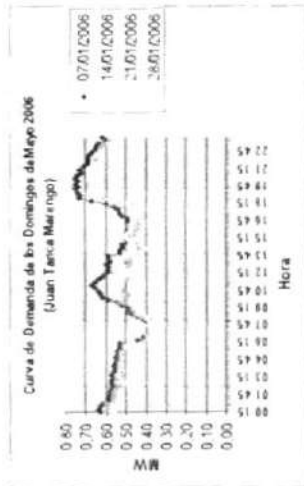
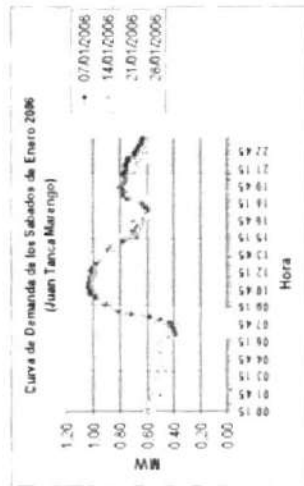
ALIMENTADORA TANCA MARENGO

DIAS LABORALES (Lunes – Viernes)



ALIMENTADORA TANCA MARENGO

Días Semi-festivo y festivos (Sábado-Domingo, feriados)



Anexo B

Ejemplo de Cálculo de Voltaje de una alimentadora usando el método de porcentaje de impedancia

A continuación se mostrará un pequeño ejemplo de aplicación del método de porcentaje de impedancia usado para el cálculo de voltaje de una alimentadora.

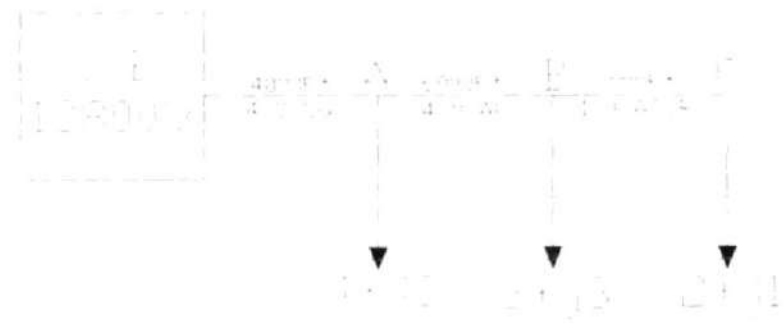
Ejemplo: Se cuenta con una subestación cuyo voltaje es de 13800 V. Calcule el voltaje de cada derivación de la alimentadora que se muestra en la figura de abajo, si se conoce lo siguiente:

	Conductor	$z(\sim 1000\text{Ft})$	Distancia [Ft]
Del punto S al punto A	4/0 Cu	$0.0574+j(0.0953+0.0341)$	4000
Del punto A al punto B	4/0 Al	$0.0907+j(0.0953+0.0341)$	6000
Del punto B al punto C	1/0 ACSR	$0.1950+j(0.1155+0.0341)$	3000

	Carga [MVA]
Punto A	$4+j3$
Punto B	$3+j3$
Punto C	$2+j1$



CIB-ESPOL



El voltaje nominal de la alimentadora es 13200[V]

Se tiene lo siguiente:

	Conductor	$Z[\Omega]$
Del punto S al punto A	4/0 Cu	$0.2296+j0.5176$
Del punto A al punto B	4/0 Al	$0.5442+j0.7764$
Del punto B al punto C	1/0 ACSR	$0.585+j0.4488$

	Carga Acumulada [KVA]	
Punto A	$9000+7000j$	37.8749837°
Punto B	$5000+4000j$	38.6598083°
Punto C	$2000+1000j$	26.5650512°

Voltaje en S:

$$V_s \% = \frac{13800}{13200} \cdot 100\% = 104.54\%$$

Voltaje en A:

$$CV_{s-A} \% = \frac{\sqrt{9000^2 + 7000^2}}{1000 \cdot 13.2} \cdot \left(0.2296 \cdot \frac{9000}{\sqrt{9000^2 + 7000^2}} + 0.5176 \cdot \frac{9000}{\sqrt{9000^2 + 7000^2}} \right)$$

$$CV_{s-A} \% = 3.27\%$$

$$V_A \% = 104.54\% - 3.27\% = 101.27\%$$

$$V_A = 101.27\% \cdot \frac{13200[V]}{100\%} = 13367.64[V]$$

Voltaje en B:

$$CV_{A-B} \% = \frac{\sqrt{5000^2 + 4000^2}}{1000 \cdot 13.2} \cdot \left(0.5442 \cdot \frac{5000}{\sqrt{5000^2 + 4000^2}} + 0.7764 \cdot \frac{4000}{\sqrt{5000^2 + 4000^2}} \right)$$

$$CV_{A-B} \% = 3.34\%$$

$$V_s \% = 101.27\% - 3.34\% = 97.93\%$$

$$V_B = 97.93\% \cdot \frac{13200[V]}{100\%} = 12926.76[V]$$

Voltaje en C:

$$CV_{B-C} \% = \frac{\sqrt{2000^2 + 1000^2}}{1000 \cdot 13.2} \cdot \left(0.5850 \cdot \frac{2000}{\sqrt{2000^2 + 1000^2}} + 0.4488 \cdot \frac{1000}{\sqrt{2000^2 + 1000^2}} \right)$$

$$CV_{B-C} \% = 0.93\%$$

$$V_C \% = 97.93\% - 0.93\% = 97\%$$

$$V_C = 97\% \cdot \frac{13200[V]}{100\%} = 12804[V]$$



CIB -CS

10L

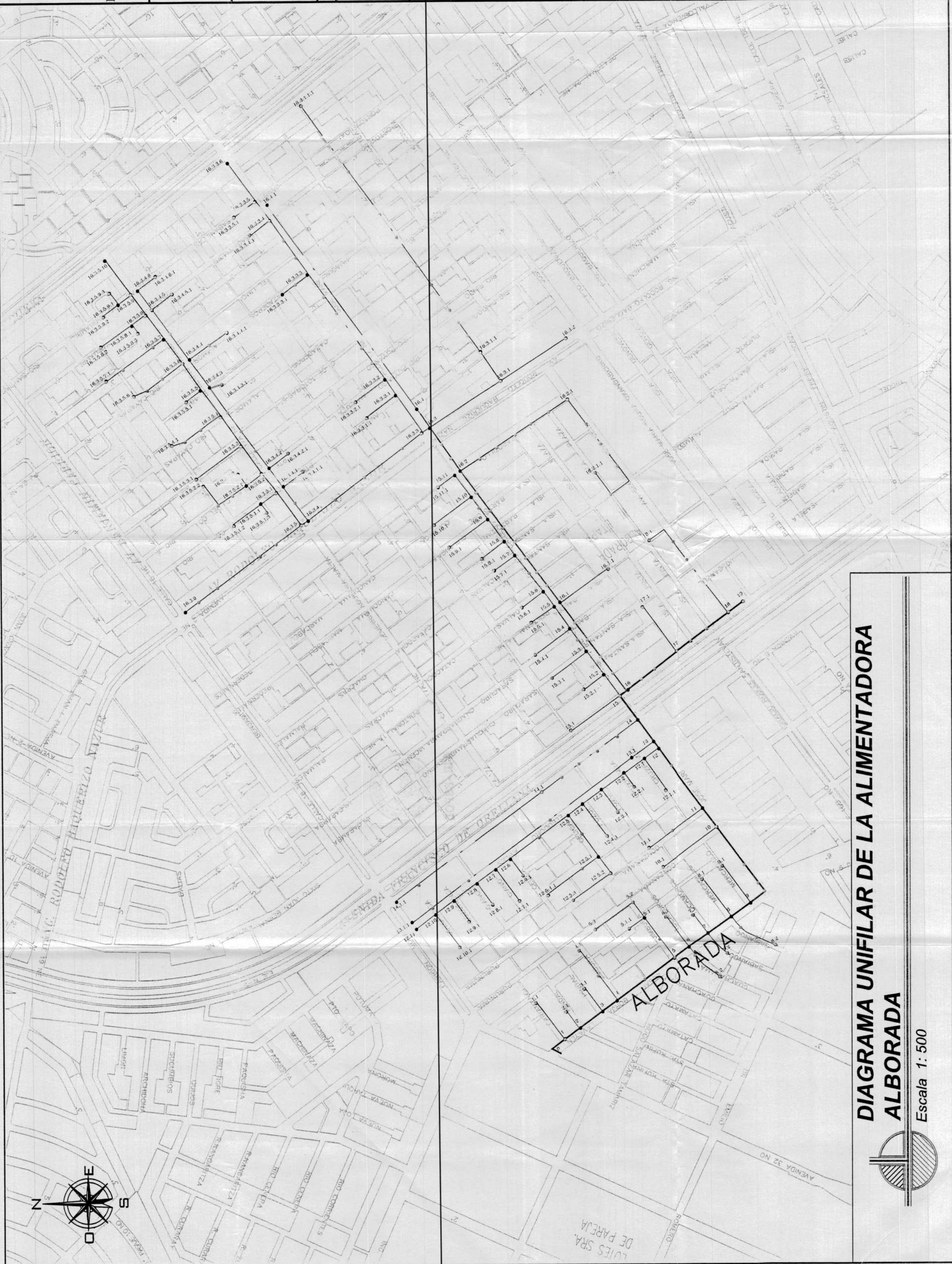
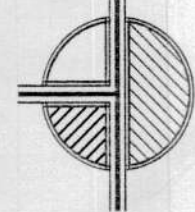


DIAGRAMA UNIFILAR DE LA ALIMENTADORA

ALBORADA

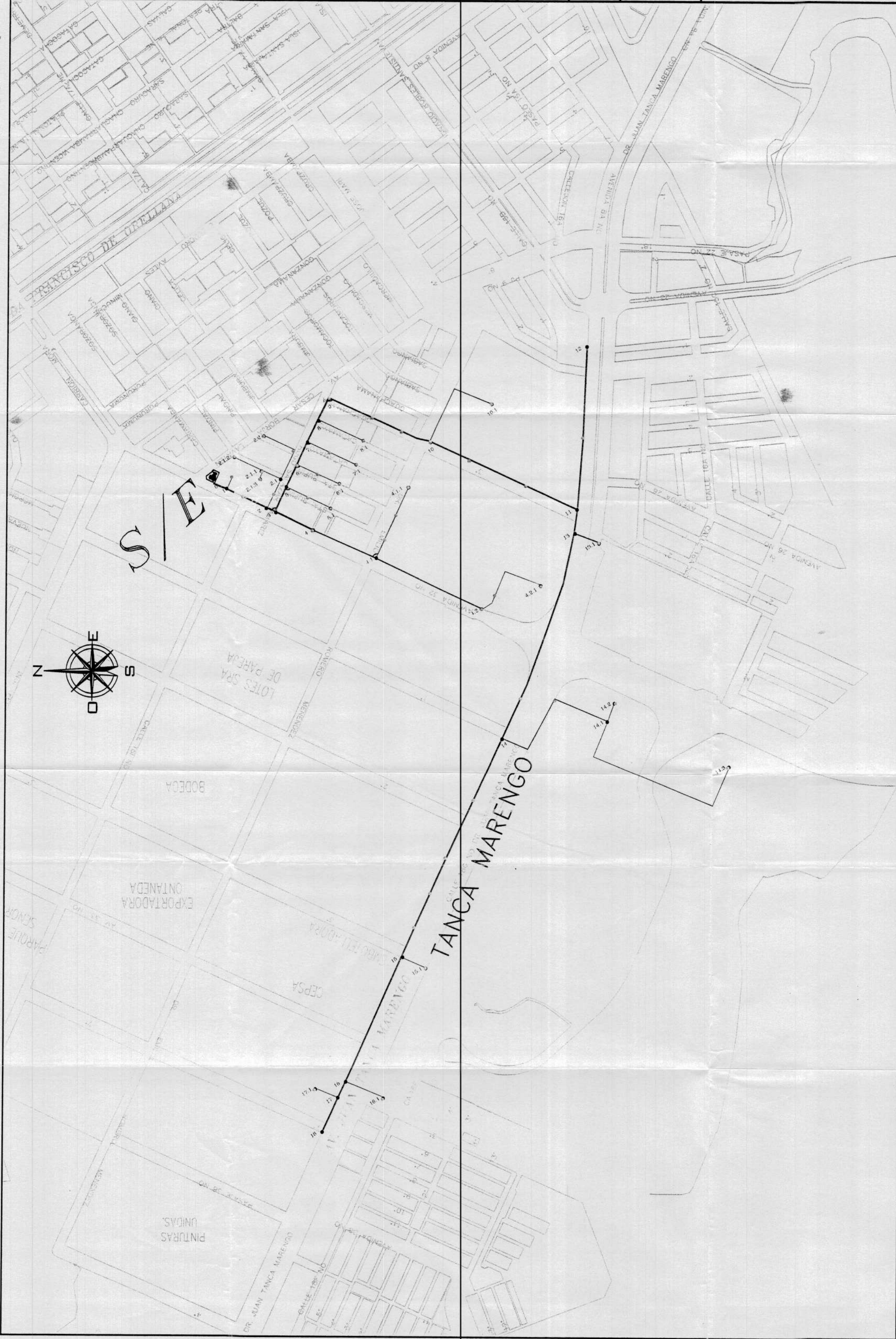
Escala 1: 500



G:\Trab\Unifilar ESPOL\ESPOL_10L		ESCUOLA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y COMPUTACION		TESIS DE GRADO 2 007 - 2 008	
TEMA GENERAL: "REDISEÑO DE LA SUBESTACION ALBORADA, BASADA EN LA CALIDAD DE SERVICIO"		CONTIENE:	
DIAGRAMA UNIFILAR ALIMENTADORA ALBORADA "		DIRECTOR ACADEMICO: PHD. Cristobal Mera	
DISEÑO ELECTRICO: EGRESADOS: EDISON MORANTE D. PEDRO SALCAN R. ERVIN SOLANO V.		UBICACION: Plano del Cantón Guayas	
FECHA: SEPTIEMBRE 2007		LAMINA: A2	
ESCALA: INDICADA			



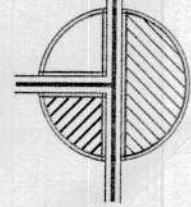
CIR - E.S.P.L.

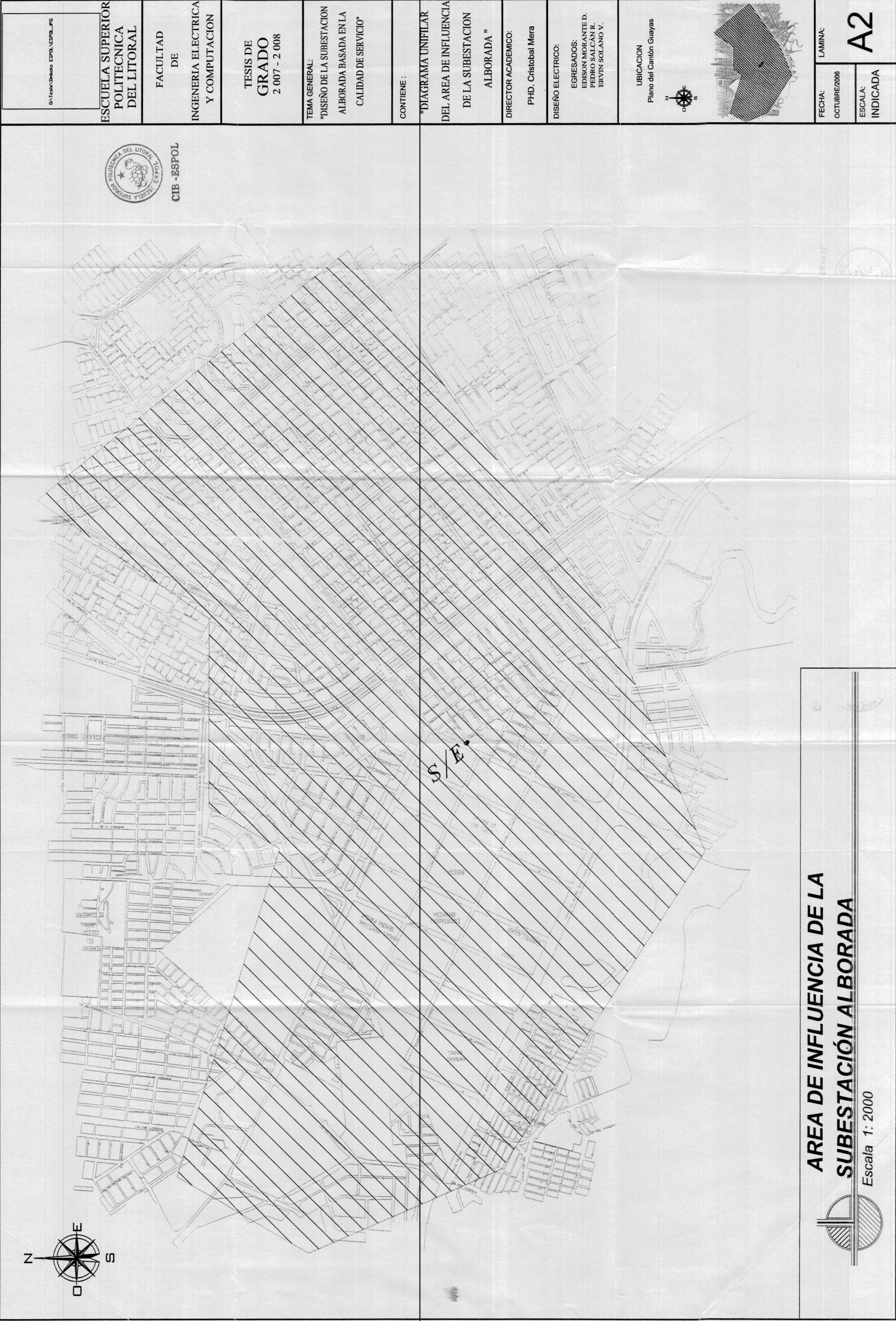


G:\Trab\Unidad ESPOL\EPOL.rps		ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
FACULTAD DE		INGENIERIA ELECTRICA Y COMPUTACION	
TESIS DE GRADO		2 007 - 2 008	
TEMA GENERAL:		"REDISEÑO DE LA SUBESTACION ALBORADA, BASADA EN LA CALIDAD DE SERVICIO"	
CONTIENE:		"DIAGRAMA UNIFILAR ALIMENTADORA TANCA MARENGO"	
DIRECTOR ACADEMICO:		PHD. Cristóbal Mera	
DISEÑO ELECTRICICO:		EGRESADOS: EDISON MORANTE D. PEDRO SALCÁN R. ERVIN SOLANO V.	
UBICACION		Plano del Cantón Guayas	
FECHA:		SEPTIEMBRE/2007	
LAMINA:		A2	
ESCALA:		INDICADA	

DIAGRAMA UNIFILAR DE LA
ALIMENTADORA TANCA MARENGO

Escala 1: 2000





G:\Tesis\Subest\ESPOL\ESPOL.jpg

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA
DEL LITORAL

FACULTAD
DE
INGENIERIA ELECTRICA
Y COMPUTACION

TESIS DE
GRADO
2 007 - 2 008

TEMA GENERAL:
"DISEÑO DE LA SUBESTACION
ALBORADA BASADA EN LA
CALIDAD DE SERVICIO"

CONTIENE :

"DIAGRAMA UNIFILAR
DEL AREA DE INFLUENCIA
DE LA SUBESTACION
ALBORADA "

DIRECTOR ACADEMICO:

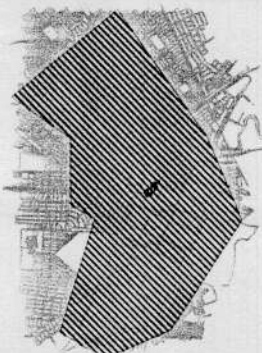
PHD. Cristobal Mera

DISEÑO ELECTRICO:

EGRESADOS:
EDISON MORANTE D.
PEDRO SALCAN R.
ERVIN SOLANO V.

UBICACION

Plano del Cantón Guayas



FECHA:

OCTUBRE 2006

LAMINA:

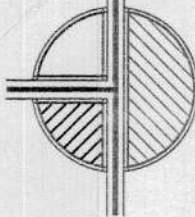
A2

ESCALA:

INDICADA

AREA DE INFLUENCIA DE LA
SUBESTACIÓN ALBORADA

Escala 1: 2000



Anexo C

Diagramas de las Alimentadoras

Con el objeto de facilitar los análisis que se realizaron en el presente trabajo se realizó un símil del recorrido de las alimentadoras en una herramienta gráfica. En tal herramienta grafica se indica la ubicación de la Subestación, planimetría del área de influencia, elementos que conforman el sistema eléctrico en si tales como alimentadores, seccionadores, transformadores, etc.

En este anexo se presentará los planos de las 4 alimentadoras de la Subestación Alborada, indicando los puntos que se tomaron como referencia para los análisis de falla, cálculo de voltaje y confiabilidad del sistema.

Anexo D

Cálculo Completo de Caída de Voltaje

A continuación se presentarán tablas de cálculo de voltaje de las cuatro alimentadoras de la Subestación Alborada. La ubicación de los puntos que se presentan en este análisis son aquellos que se indican en los planos de las alimentadoras en el anexo anterior.



CIB -ESPOL

Alborada												
Voltaje para máxima Carga							Voltaje para mínima Carga					
Puntos	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
0	104.27%	104.05%	103.83%	7946	7930	7913	108.46%	109.12%	108.90%	8266	8316	8299
1	104.24%	104.02%	103.80%	7944	7927	7910	108.45%	109.11%	108.88%	8265	8315	8298
1.1	104.23%	-	-	7944	-	-	108.44%	-	-	8264	-	-
2	104.21%	103.99%	103.76%	7942	7925	7908	108.44%	109.10%	108.87%	8264	8314	8297
2.1	104.21%	-	-	7942	-	-	108.43%	-	-	8264	-	-
3	104.17%	103.94%	103.71%	7939	7921	7904	108.42%	109.08%	108.85%	8263	8313	8296
3.1	104.16%	-	-	7938	-	-	108.42%	-	-	8263	-	-
4	104.14%	103.91%	103.68%	7936	7919	7902	108.41%	109.07%	108.84%	8262	8312	8295
T5	104.13%	-	-	7936	-	-	108.41%	-	-	8262	-	-
4.1	104.12%	-	-	7935	-	-	108.41%	-	-	8262	-	-
T7	104.09%	103.85%	103.62%	7932	7914	7897	108.40%	109.05%	108.82%	8261	8311	8293
5	104.03%	103.79%	103.56%	7928	7910	7892	108.38%	109.03%	108.79%	8260	8309	8291
T9	104.02%	-	-	7928	-	-	108.38%	-	-	8259	-	-
5.1	104.02%	-	-	7927	-	-	108.37%	-	-	8259	-	-
5.1.1	104.01%	-	-	7927	-	-	108.37%	-	-	8259	-	-
5.2	104.01%	-	-	7927	-	-	108.37%	-	-	8259	-	-
5.3	104.01%	-	-	7926	-	-	108.37%	-	-	8259	-	-
6	104.01%	103.76%	103.52%	7926	7907	7890	108.37%	109.02%	108.78%	8259	8309	8290
6.1	-	103.75%	-	-	7907	-	-	109.02%	-	-	8309	-
T14	-	103.75%	-	-	7906	-	-	109.02%	-	-	8308	-
6.2	-	103.74%	-	-	7906	-	-	109.02%	-	-	8308	-
7	103.97%	103.72%	103.48%	7924	7904	7886	108.36%	109.01%	108.77%	8258	8308	8289
7.1	-	103.71%	-	-	7904	-	-	109.01%	-	-	8308	-
7.2	-	103.71%	-	-	7904	-	-	109.01%	-	-	8308	-
8	103.93%	103.68%	103.43%	7921	7901	7883	108.35%	109.00%	108.75%	8257	8307	8288
8.1	-	103.67%	-	-	7901	-	-	109.00%	-	-	8307	-
T19	-	103.66%	-	-	7900	-	-	109.00%	-	-	8307	-
T20	-	103.66%	-	-	7900	-	-	109.00%	-	-	8306	-
8.2	-	103.65%	-	-	7899	-	-	109.00%	-	-	8306	-
9	103.90%	103.64%	103.39%	7918	7899	7880	108.34%	108.99%	108.73%	8256	8306	8287
9.1	103.89%	-	-	7918	-	-	108.33%	-	-	8256	-	-
T23	103.85%	103.59%	103.33%	7914	7895	7875	108.32%	108.97%	108.71%	8255	8305	8285
T24	103.80%	103.54%	103.28%	7910	7891	7870	108.30%	108.96%	108.68%	8254	8304	8283
T25	103.74%	103.48%	103.19%	7906	7886	7864	108.28%	108.93%	108.65%	8252	8302	8280
10	103.68%	103.42%	103.11%	7901	7881	7858	108.25%	108.91%	108.62%	8250	8300	8278
10.1	103.67%	-	-	7901	-	-	108.25%	-	-	8250	-	-
11	103.64%	103.38%	103.06%	7898	7878	7855	108.24%	108.89%	108.60%	8249	8299	8276
T28	103.63%	-	-	7898	-	-	108.24%	-	-	8249	-	-
11.1	103.63%	-	-	7898	-	-	108.24%	-	-	8249	-	-
T30	103.58%	103.32%	102.99%	7894	7874	7849	108.21%	108.87%	108.56%	8247	8297	8274
12	103.52%	103.26%	102.91%	7889	7869	7843	108.19%	108.84%	108.53%	8245	8295	8271
12.1	-	103.25%	102.88%	-	7868	7841	-	108.84%	108.52%	-	8295	8270
12.1.1	-	-	102.87%	-	-	7840	-	-	108.51%	-	-	8270
12.2	-	103.23%	102.84%	-	7868	7837	-	108.83%	108.50%	-	8294	8269
12.2.1	-	103.23%	-	-	7867	-	-	108.83%	-	-	8294	-
12.3	-	103.22%	102.79%	-	7867	7834	-	108.83%	108.49%	-	8294	8268
12.3.1	-	103.22%	-	-	7866	-	-	108.83%	-	-	8294	-
12.4	-	103.22%	102.75%	-	7866	7831	-	108.83%	108.47%	-	8294	8267
12.4.1	-	-	102.75%	-	-	7830	-	-	108.47%	-	-	8267
12.5	-	103.22%	102.73%	-	7866	7829	-	108.83%	108.46%	-	8294	8266
T35	-	-	102.71%	-	-	7827	-	-	108.46%	-	-	8265
12.5.1	-	-	102.69%	-	-	7826	-	-	108.45%	-	-	8265
T36	-	-	102.68%	-	-	7825	-	-	108.45%	-	-	8265
12.5.1.1	-	-	102.67%	-	-	7825	-	-	108.44%	-	-	8265
12.5.2	-	-	102.66%	-	-	7826	-	-	108.45%	-	-	8265
12.5.3	-	-	102.66%	-	-	7825	-	-	108.45%	-	-	8265
T40	-	103.21%	102.70%	-	7866	7826	-	108.83%	108.45%	-	8294	8265
12.6	-	103.20%	102.67%	-	7865	7825	-	108.82%	108.44%	-	8294	8264
12.6.1	-	-	102.67%	-	-	7824	-	-	108.44%	-	-	8264
12.7	-	103.20%	102.66%	-	7865	7824	-	108.82%	108.44%	-	8293	8264
12.7.1	-	103.19%	-	-	7864	-	-	108.82%	-	-	8293	-
12.8	-	103.20%	102.65%	-	7865	7823	-	108.82%	108.43%	-	8293	8264
12.8.1	-	-	102.64%	-	-	7822	-	-	108.43%	-	-	8264
T29	-	103.20%	102.63%	-	7865	7822	-	108.82%	108.43%	-	8293	8263
12.9.1	-	-	102.63%	-	-	7821	-	-	108.43%	-	-	8263
12.10	-	103.20%	102.62%	-	7865	7821	-	108.82%	108.43%	-	8293	8263
T45	-	-	102.61%	-	-	7820	-	-	108.42%	-	-	8263
12.10.1	-	-	102.61%	-	-	7820	-	-	108.42%	-	-	8263
12.11	-	103.20%	102.62%	-	7865	7821	-	108.82%	108.43%	-	8293	8263
13	103.51%	103.24%	102.90%	7888	7868	7842	108.18%	108.84%	108.52%	8245	8294	8270
13.1	103.49%	103.24%	-	7887	7868	-	108.18%	108.84%	-	8244	8294	-
T47	103.46%	-	-	7885	-	-	108.17%	-	-	8244	-	-
T48	103.44%	-	-	7883	-	-	108.16%	-	-	8243	-	-
T49	103.43%	-	-	7882	-	-	108.16%	-	-	8243	-	-
13.1.1	103.43%	-	-	7882	-	-	108.16%	-	-	8243	-	-
14	103.47%	103.20%	102.85%	7885	7865	7838	108.17%	108.82%	108.50%	8243	8293	8269
T50	103.46%	103.19%	-	7885	7864	-	108.16%	108.82%	-	8243	8293	-
T51	103.45%	103.18%	-	7884	7863	-	108.16%	108.81%	-	8243	8293	-
T52	103.44%	103.17%	-	7883	7863	-	108.16%	108.81%	-	8243	8292	-
T53	103.44%	103.16%	-	7883	7862	-	108.16%	108.81%	-	8243	8292	-
14.1	103.43%	103.16%	-	7883	7862	-	108.16%	108.81%	-	8243	8292	-
T55	-	103.14%	-	-	7860	-	-	108.80%	-	-	8292	-
14.1.1	-	103.14%	-	-	7860	-	-	108.80%	-	-	8292	-
15	103.43%	103.16%	102.80%	7882	7862	7834	108.15%	108.80%	108.48%	8242	8292	8267
15.1	103.42%	-	102.79%	7882	-	7834	108.15%	-	108.47%	8242	-	8267
15.2	-	-	102.77%	-	-	7832	-	-	108.46%	-	-	8266
15.2.1	-	-	102.76%	-	-	7832	-	-	108.46%	-	-	8266
15.3	-	-	102.73%	-	-	7829	-	-	108.45%	-	-	8265
15.3.1	-	-	102.73%	-	-	7829	-	-	108.45%	-	-	8265
T60	-	-	102.72%	-	-	7828	-	-	108.45%	-	-	8265

Alborada												
15 4	-	-	102 70%	-	-	7827	-	-	108 44%	-	-	8264
15 4 1	-	-	102 70%	-	-	7827	-	-	108 44%	-	-	8264
15 5	-	-	102 68%	-	-	7825	-	-	108 43%	-	-	8264
15 5 1	-	-	102 67%	-	-	7825	-	-	108 43%	-	-	8264
15 6	-	-	102 67%	-	-	7824	-	-	108 43%	-	-	8263
15 6 1	-	-	102 66%	-	-	7824	-	-	108 43%	-	-	8263
16 4	-	-	102 65%	-	-	7823	-	-	108 42%	-	-	8263
15 7	-	-	102 64%	-	-	7822	-	-	108 42%	-	-	8263
15 7 1	-	-	102 64%	-	-	7822	-	-	108 42%	-	-	8263
15 8	-	-	102 63%	-	-	7822	-	-	108 42%	-	-	8263
15 8 1	-	-	102 63%	-	-	7821	-	-	108 42%	-	-	8262
15 9	-	-	102 62%	-	-	7821	-	-	108 41%	-	-	8262
15 9 1	-	-	102 62%	-	-	7820	-	-	108 41%	-	-	8262
16 8	-	-	102 62%	-	-	7820	-	-	108 41%	-	-	8262
15 10	-	-	102 61%	-	-	7820	-	-	108 41%	-	-	8262
15 10 1	-	-	102 61%	-	-	7820	-	-	108 41%	-	-	8262
15 11	-	-	102 61%	-	-	7820	-	-	108 41%	-	-	8262
15 11 1	-	-	102 61%	-	-	7820	-	-	108 41%	-	-	8262
16	103 41%	103 15%	102 79%	7881	7861	7833	108 14%	108 80%	108 47%	8242	8291	8267
T71	103 35%	103 09%	102 72%	7876	7856	7828	108 12%	108 78%	108 44%	8240	8290	8265
T72	103 29%	103 03%	102 65%	7872	7852	7823	108 10%	108 76%	108 42%	8238	8288	8263
T73	103 22%	102 96%	102 58%	7867	7847	7818	108 08%	108 74%	108 39%	8237	8287	8261
T74	103 16%	102 91%	102 51%	7862	7842	7812	108 06%	108 72%	108 37%	8235	8285	8259
16 1	103 10%	102 85%	102 44%	7857	7838	7807	108 04%	108 70%	108 34%	8234	8284	8257
16 1 1	103 09%	-	-	7857	-	-	108 03%	-	-	8233	-	-
T76	103 04%	102 79%	102 38%	7853	7834	7802	108 02%	108 68%	108 32%	8232	8283	8255
T77	102 98%	102 74%	102 31%	7848	7830	7797	108 00%	108 66%	108 29%	8231	8281	8253
T78	102 93%	102 68%	102 24%	7844	7825	7792	107 98%	108 64%	108 27%	8229	8280	8251
T79	102 87%	102 63%	102 18%	7840	7821	7787	107 96%	108 63%	108 25%	8228	8278	8249
T80	102 81%	102 57%	102 11%	7835	7817	7782	107 94%	108 61%	108 22%	8226	8277	8248
T81	102 75%	102 52%	102 05%	7831	7813	7777	107 92%	108 59%	108 20%	8225	8276	8246
T82	102 69%	102 47%	101 98%	7826	7809	7772	107 90%	108 58%	108 17%	8223	8275	8244
16 2	102 64%	102 42%	101 92%	7822	7805	7767	107 88%	108 56%	108 15%	8222	8273	8242
T83	102 63%	102 41%	101 88%	7822	7804	7765	107 88%	108 56%	108 14%	8222	8273	8241
T84	102 63%	102 40%	101 86%	7821	7804	7762	107 88%	108 55%	108 13%	8222	8273	8240
T85	102 63%	102 40%	101 84%	7821	7804	7762	107 88%	108 55%	108 12%	8222	8273	8240
T86	102 63%	102 39%	101 83%	7821	7804	7761	107 88%	108 55%	108 12%	8221	8273	8240
T87	102 62%	102 39%	101 82%	7821	7803	7760	107 88%	108 55%	108 12%	8221	8273	8240
16 2 1	102 62%	102 39%	101 82%	7821	7803	7760	107 88%	108 55%	108 11%	8221	8273	8239
T89	-	-	101 80%	-	-	7758	-	-	108 11%	-	-	8239
T90	-	-	101 78%	-	-	7757	-	-	108 10%	-	-	8239
T91	-	-	101 77%	-	-	7756	-	-	108 10%	-	-	8238
T92	-	-	101 77%	-	-	7756	-	-	108 10%	-	-	8238
16 2 1 1	-	-	101 76%	-	-	7755	-	-	108 10%	-	-	8238
T94	102 59%	102 38%	101 87%	7818	7802	7764	107 87%	108 54%	108 13%	8221	8272	8241
T95	102 55%	102 34%	101 83%	7815	7799	7761	107 85%	108 53%	108 12%	8219	8271	8240
16 3	102 50%	102 30%	101 80%	7812	7797	7758	107 84%	108 52%	108 10%	8218	8270	8239
16 3 1	102 48%	102 21%	101 77%	7810	7789	7756	107 83%	108 49%	108 10%	8218	8268	8238
16 3 1 1	102 47%	102 17%	101 77%	7809	7787	7756	107 83%	108 48%	108 09%	8218	8267	8238
T98	-	102 12%	-	-	7783	-	-	108 47%	-	-	8266	-
T99	-	102 07%	-	-	7779	-	-	108 45%	-	-	8265	-
T100	-	102 03%	-	-	7776	-	-	108 44%	-	-	8264	-
T101	-	101 99%	-	-	7773	-	-	108 43%	-	-	8263	-
T102	-	101 96%	-	-	7771	-	-	108 42%	-	-	8263	-
T103	-	101 94%	-	-	7769	-	-	108 41%	-	-	8262	-
T104	-	101 92%	-	-	7767	-	-	108 41%	-	-	8262	-
T105	-	101 91%	-	-	7767	-	-	108 40%	-	-	8261	-
16 3 1 1 1	-	101 91%	-	-	7766	-	-	108 40%	-	-	8261	-
16 3 2	102 48%	102 20%	101 77%	7810	7789	7756	107 83%	108 49%	108 09%	8218	8268	8238
16 3 3	102 47%	102 29%	101 78%	7810	7795	7756	107 83%	108 52%	108 10%	8218	8270	8238
16 3 3 1	102 38%	-	-	7802	-	-	107 80%	-	-	8215	-	-
16 3 3 1 1	102 37%	-	-	7802	-	-	107 80%	-	-	8215	-	-
16 3 3 2	102 35%	-	-	7800	-	-	107 79%	-	-	8215	-	-
16 3 3 2 1	102 34%	-	-	7799	-	-	107 79%	-	-	8214	-	-
T110	102 30%	-	-	7796	-	-	107 77%	-	-	8213	-	-
T111	102 27%	-	-	7794	-	-	107 76%	-	-	8213	-	-
T112	102 24%	-	-	7792	-	-	107 75%	-	-	8212	-	-
T113	102 21%	-	-	7790	-	-	107 75%	-	-	8211	-	-
16 3 3 3	102 19%	-	-	7788	-	-	107 74%	-	-	8211	-	-
T114	102 19%	-	-	7788	-	-	107 74%	-	-	8211	-	-
16 3 3 3 1	102 18%	-	-	7787	-	-	107 73%	-	-	8210	-	-
T115	102 18%	-	-	7787	-	-	107 73%	-	-	8210	-	-
T116	102 16%	-	-	7786	-	-	107 73%	-	-	8210	-	-
16 3 3 4	102 15%	-	-	7785	-	-	107 73%	-	-	8210	-	-
16 3 3 4 1	102 15%	-	-	7785	-	-	107 73%	-	-	8210	-	-
16 3 3 5	102 15%	-	-	7785	-	-	107 73%	-	-	8210	-	-
16 3 3 5 1	102 15%	-	-	7785	-	-	107 72%	-	-	8210	-	-
16 3 3 6	102 15%	-	-	7785	-	-	107 73%	-	-	8210	-	-
T121	102 39%	102 23%	101 70%	7803	7791	7751	107 80%	108 50%	108 07%	8216	8269	8236
T122	102 31%	102 18%	101 63%	7797	7788	7745	107 78%	108 49%	108 05%	8214	8268	8234
T123	102 24%	102 14%	101 57%	7792	7784	7740	107 75%	108 47%	108 02%	8212	8267	8233
16 3 4	102 18%	102 11%	101 51%	7787	7782	7736	107 73%	108 46%	108 00%	8211	8266	8231
T124	-	-	101 46%	-	-	7732	-	-	107 99%	-	-	8230
16 3 4 1	-	-	101 42%	-	-	7729	-	-	107 97%	-	-	8229
16 3 4 1 1	-	-	101 42%	-	-	7729	-	-	107 97%	-	-	8229
16 3 4 2	-	-	101 38%	-	-	7726	-	-	107 96%	-	-	8228
16 3 4 2 1	-	-	101 37%	-	-	7725	-	-	107 96%	-	-	8227
T127	-	-	101 34%	-	-	7723	-	-	107 94%	-	-	8226
T128	-	-	101 30%	-	-	7720	-	-	107 93%	-	-	8225
T129	-	-	101 26%	-	-	7717	-	-	107 92%	-	-	8225
16 3 4 3	-	-	101 23%	-	-	7715	-	-	107 91%	-	-	8224
16 3 4 3 1	-	-	101 23%	-	-	7715	-	-	107 91%	-	-	8224

16 3 4 4	-	-	101 20%	-	-	7712	-	-	107 90%	-	-	8223
T131	-	-	101 19%	-	-	7712	-	-	107 89%	-	-	8223
16 3 4 4 1	-	-	101 19%	-	-	7712	-	-	107 89%	-	-	8223
T133	-	-	101 17%	-	-	7710	-	-	107 89%	-	-	8222
16 3 4 5	-	-	101 15%	-	-	7709	-	-	107 88%	-	-	8222
16 3 4 5 1	-	-	101 15%	-	-	7708	-	-	107 88%	-	-	8221
16 3 4 6	-	-	101 14%	-	-	7708	-	-	107 88%	-	-	8221
16 3 4 6 1	-	-	101 14%	-	-	7708	-	-	107 87%	-	-	8221
16 3 5	102 16%	102 10%	101 51%	7786	7781	7736	107 73%	108 46%	108 00%	8210	8266	8231
16 3 5 1	102 11%	102 09%	101 51%	7782	7781	7736	107 71%	108 46%	108 00%	8209	8266	8231
16 3 5 1 1	102 10%	-	-	7781	-	-	107 71%	-	-	8209	-	-
T139	102 10%	-	-	7781	-	-	107 71%	-	-	8209	-	-
16 3 5 1 2	102 10%	-	-	7781	-	-	107 71%	-	-	8209	-	-
16 3 5 1 3	102 10%	-	-	7781	-	-	107 71%	-	-	8209	-	-
16 3 5 2	102 08%	102 09%	101 51%	7780	7780	7736	107 71%	108 46%	108 00%	8208	8266	8231
16 3 5 2 1	102 08%	-	-	7779	-	-	107 70%	-	-	8208	-	-
T143	102 07%	-	-	7779	-	-	107 70%	-	-	8208	-	-
T144	102 06%	-	-	7778	-	-	107 70%	-	-	8208	-	-
16 3 5 2 2	102 05%	-	-	7778	-	-	107 70%	-	-	8208	-	-
16 3 5 2 3	102 07%	-	-	7779	-	-	107 70%	-	-	8208	-	-
16 3 5 3	102 06%	102 08%	101 51%	7778	7780	7736	107 70%	108 45%	108 00%	8208	8265	8231
16 3 5 3 1	102 05%	-	-	7777	-	-	107 70%	-	-	8207	-	-
16 3 5 4	102 03%	102 07%	101 51%	7776	7779	7736	107 69%	108 45%	108 00%	8207	8265	8231
T150	102 03%	-	-	7775	-	-	107 69%	-	-	8207	-	-
T151	102 02%	-	-	7775	-	-	107 69%	-	-	8207	-	-
16 3 5 4 1	102 02%	-	-	7775	-	-	107 69%	-	-	8207	-	-
16 3 5 5	102 01%	102 07%	101 51%	7775	7779	7736	107 68%	108 45%	108 00%	8207	8265	8231
16 3 5 5 1	102 01%	-	-	7774	-	-	107 68%	-	-	8207	-	-
16 3 5 6	102 00%	102 06%	101 51%	7773	7778	7736	107 68%	108 45%	108 00%	8206	8265	8231
T155	101 99%	-	-	7773	-	-	107 68%	-	-	8206	-	-
T156	101 99%	-	-	7773	-	-	107 68%	-	-	8206	-	-
16 3 5 6 1	101 99%	-	-	7773	-	-	107 68%	-	-	8206	-	-
16 3 5 7	101 99%	102 05%	101 51%	7773	7777	7736	107 68%	108 45%	108 00%	8206	8265	8231
T158	101 98%	-	-	7772	-	-	107 67%	-	-	8206	-	-
T159	101 98%	-	-	7772	-	-	107 67%	-	-	8206	-	-
16 3 5 7 1	101 98%	-	-	7772	-	-	107 67%	-	-	8206	-	-
16 3 5 8	101 99%	102 05%	101 51%	7772	7777	7736	107 68%	108 44%	108 00%	8206	8265	8231
16 3 5 8 1	101 98%	-	-	7772	-	-	107 67%	-	-	8206	-	-
16 3 5 8 2	101 98%	-	-	7772	-	-	107 67%	-	-	8206	-	-
16 3 5 8 3	101 98%	-	-	7772	-	-	107 67%	-	-	8206	-	-
16 3 5 9	101 99%	102 04%	101 51%	7772	7777	7736	107 68%	108 44%	108 00%	8206	8264	8231
16 3 5 9 1	-	102 04%	-	-	7776	-	-	108 44%	-	-	8264	-
16 3 5 9 2	-	102 03%	-	-	7776	-	-	108 44%	-	-	8264	-
16 3 5 9 3	-	102 03%	-	-	7776	-	-	108 44%	-	-	8264	-
16 3 5 10	101 99%	102 04%	101 51%	7772	7777	7736	107 68%	108 44%	108 00%	8206	8264	8231
T167	102 15%	102 09%	101 50%	7785	7780	7735	107 73%	108 46%	108 00%	8210	8266	8231
T168	102 15%	102 08%	101 49%	7785	7780	7735	107 73%	108 45%	108 00%	8210	8265	8231
T169	102 14%	102 07%	101 49%	7784	7779	7734	107 72%	108 45%	108 00%	8210	8265	8230
T170	102 14%	102 07%	101 48%	7784	7779	7734	107 72%	108 45%	108 00%	8210	8265	8230
T171	102 14%	102 07%	101 48%	7784	7779	7734	107 72%	108 45%	108 00%	8210	8265	8230
16 3 6	102 14%	102 07%	101 48%	7784	7779	7734	107 72%	108 45%	108 00%	8210	8265	8230
16 4	102 50%	102 30%	101 78%	7812	7796	7757	107 84%	108 52%	108 10%	8218	8270	8238
T173	-	-	101 74%	-	-	7753	-	-	108 08%	-	-	8237
T174	-	-	101 69%	-	-	7750	-	-	108 07%	-	-	8236
T175	-	-	101 66%	-	-	7747	-	-	108 05%	-	-	8235
T176	-	-	101 62%	-	-	7745	-	-	108 04%	-	-	8234
T177	-	-	101 60%	-	-	7743	-	-	108 03%	-	-	8233
T178	-	-	101 57%	-	-	7741	-	-	108 03%	-	-	8233
T179	-	-	101 55%	-	-	7739	-	-	108 02%	-	-	8232
T180	-	-	101 54%	-	-	7738	-	-	108 01%	-	-	8232
T181	-	-	101 52%	-	-	7737	-	-	108 01%	-	-	8231
T182	-	-	101 52%	-	-	7737	-	-	108 01%	-	-	8231
16 4 1	-	-	101 51%	-	-	7736	-	-	108 00%	-	-	8231
T184	103 42%	103 15%	102 79%	7881	7861	7834	108 14%	108 80%	108 47%	8242	8291	8266
C185	103 42%	103 15%	102 79%	7882	7861	7834	108 14%	108 79%	108 47%	8242	8291	8266
17	103 42%	103 15%	102 79%	7882	7861	7834	108 14%	108 79%	108 47%	8242	8291	8266
17 1	-	-	102 78%	-	-	7833	-	-	108 47%	-	-	8266
T188	103 42%	103 15%	102 79%	7882	7861	7834	108 14%	108 79%	108 47%	8242	8291	8266
T189	103 42%	103 14%	102 79%	7882	7861	7834	108 14%	108 79%	108 47%	8242	8291	8266
18	103 42%	103 14%	102 79%	7882	7860	7834	108 14%	108 79%	108 47%	8241	8291	8266
T191	-	103 12%	-	-	7858	-	-	108 78%	-	-	8290	-
T192	-	103 10%	-	-	7857	-	-	108 78%	-	-	8290	-
18 1	-	103 09%	-	-	7856	-	-	108 77%	-	-	8290	-
19	103 42%	103 14%	102 79%	7882	7860	7834	108 14%	108 79%	108 47%	8241	8291	8266

	Voltaje para máxima Carga						Voltaje para mínima Carga					
	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
Máximo	104 27%	104 05%	103 83%	7946	7930	7913	108 46%	109 12%	108 90%	8266	8316	8299
Mínimo	101 98%	101 91%	101 14%	7772	7766	7708	107 67%	108 40%	107 67%	8206	8261	8221
CV	2 29%	2 14%	2 69%	175	163	205	0 79%	0 72%	1 02%	60	55	78

Voltaje para máxima Carga						
Puntos	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
0	102.51%	102.29%	102.51%	7812	7795	7812
T1	102.38%	102.14%	102.39%	7802	7784	7803
1	102.25%	101.98%	102.27%	7792	7772	7794
1.1	-	101.97%	-	-	7771	-
2	102.19%	101.92%	102.22%	7788	7768	7790
2.1	102.18%	-	-	7787	-	-
T6	102.15%	101.88%	102.19%	7785	7764	7788
T7	102.12%	101.84%	102.16%	7782	7761	7785
T8	102.08%	101.80%	102.12%	7780	7758	7783
C9	102.04%	101.75%	102.09%	7777	7755	7780
3	102.00%	101.71%	102.05%	7774	7751	7777
3.1	102.00%	101.70%	102.04%	7773	7751	7777
3.1.1	-	101.70%	102.03%	-	7751	7776
T10	-	101.69%	102.01%	-	7750	7774
T11	-	101.68%	102.00%	-	7749	7774
3.1.1.1	-	101.68%	101.99%	-	7749	7773
T12	-	-	101.98%	-	-	7772
3.1.1.1.1	-	-	101.98%	-	-	7772
3.1.2	-	101.70%	102.01%	-	7751	7774
T13	-	101.70%	101.95%	-	7751	7769
3.1.3	-	101.70%	101.90%	-	7751	7765
T14	-	-	101.88%	-	-	7764
3.1.3.1	-	-	101.87%	-	-	7764
T16	-	101.70%	101.91%	-	7751	7767
T17	-	101.70%	101.89%	-	7751	7765
T18	-	101.70%	101.87%	-	7751	7764
3.1.4	-	101.70%	101.86%	-	7751	7763
3.2	101.95%	101.68%	102.01%	7770	7749	7774
T20	101.94%	101.67%	102.00%	7769	7748	7773
3.2.1	101.92%	101.66%	101.98%	7768	7748	7772
3.2.1.1	101.92%	-	-	7767	-	-
T22	101.90%	101.65%	101.96%	7766	7747	7771
3.2.2	101.88%	101.65%	101.96%	7764	7747	7770
3.2.2.1	101.83%	-	101.94%	7760	-	7769
3.2.2.1.1	101.82%	-	-	7760	-	-
T24	101.82%	-	101.93%	7760	-	7768
T25	101.82%	-	101.93%	7760	-	7768
3.2.2.2	101.82%	-	101.92%	7760	-	7768
T27	101.82%	-	-	7759	-	-
T28	101.81%	-	-	7759	-	-
3.2.2.2.1	101.81%	-	-	7759	-	-
3.2.2.2.2	101.81%	-	-	7759	-	-
3.2.2.2.3	101.81%	-	-	7759	-	-
3.2.2.3	101.79%	-	101.94%	7758	-	7769
3.2.2.3.1	101.79%	-	-	7757	-	-
3.2.2.4	101.76%	-	101.94%	7755	-	7769
3.2.2.4.1	101.76%	-	-	7755	-	-
3.2.2.5	101.71%	-	101.94%	7751	-	7769
3.2.2.6	101.70%	-	101.94%	7751	-	7769
3.2.2.6.1	101.70%	-	-	7750	-	-
3.2.2.7	101.69%	-	101.94%	7750	-	7769
T36	101.68%	-	-	7749	-	-
3.2.2.7.1	101.68%	-	-	7749	-	-
3.2.2.8	101.69%	-	101.94%	7750	-	7769
T38	101.68%	-	-	7749	-	-
3.2.2.8.1	101.67%	-	-	7748	-	-
3.2.2.8.2	101.66%	-	-	7748	-	-
3.2.2.9	101.67%	-	101.94%	7749	-	7769
T41	101.67%	-	-	7748	-	-
3.2.2.9.1	101.66%	-	-	7748	-	-
3.2.2.10	101.66%	-	101.94%	7748	-	7769
3.2.2.10.1	101.66%	-	-	7747	-	-
3.2.2.11	101.65%	-	101.94%	7747	-	7769
T44	101.65%	-	-	7747	-	-
3.2.2.11.1	101.64%	-	-	7746	-	-
3.3	101.95%	101.68%	102.00%	7770	7749	7774
3.3.1	-	101.68%	-	-	7749	-
3.4	101.95%	101.68%	102.00%	7770	7749	7774
T48	101.94%	101.62%	102.00%	7769	7745	7773
4	101.87%	101.53%	101.94%	7763	7738	7769
4.1	101.88%	101.52%	101.93%	7763	7737	7768
T51	101.86%	101.51%	-	7763	7736	-
4.1.1	101.86%	101.51%	-	7763	7736	-
4.2	101.83%	101.49%	101.92%	7760	7735	7767
T52	101.79%	-	-	7758	-	-
T53	101.77%	-	-	7756	-	-
T54	101.75%	-	-	7755	-	-
T55	101.75%	-	-	7754	-	-
4.2.1	101.75%	-	-	7754	-	-
4.3	101.75%	101.40%	101.87%	7754	7728	7764
T56	101.73%	101.38%	101.87%	7753	7726	7764
T57	101.72%	101.37%	101.87%	7752	7725	7764
T58	101.71%	101.35%	101.87%	7751	7724	7764
T59	101.70%	101.34%	101.87%	7750	7723	7764
4.4	101.68%	101.33%	101.87%	7749	7722	7764
4.4.1	101.66%	-	-	7747	-	-
T61	101.65%	-	-	7747	-	-
4.4.2	101.65%	-	-	7747	-	-
T62	101.64%	-	-	7746	-	-
4.4.3	101.63%	-	-	7746	-	-
T64	101.65%	-	-	7746	-	-
4.4.4	101.64%	-	-	7746	-	-
T65	101.62%	-	-	7745	-	-
4.4.5	101.61%	-	-	7744	-	-
T67	101.63%	-	-	7745	-	-

Voltaje para mínima Carga						
Puntos	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
0	107.14%	107.80%	108.24%	8165	8215	8249
T1	107.11%	107.77%	108.21%	8163	8213	8247
1	107.08%	107.74%	108.19%	8160	8211	8245
1.1	-	107.74%	-	-	8211	-
2	107.06%	107.73%	108.17%	8159	8210	8244
2.1	107.06%	-	-	8159	-	-
T6	107.05%	107.72%	108.17%	8159	8210	8243
T7	107.05%	107.72%	108.16%	8158	8209	8243
T8	107.04%	107.71%	108.15%	8157	8209	8242
C9	107.03%	107.70%	108.14%	8157	8208	8242
3	107.02%	107.69%	108.13%	8156	8207	8241
3.1	107.01%	107.69%	108.13%	8156	8207	8241
3.1.1	-	107.69%	108.13%	-	8207	8240
T10	-	107.69%	108.12%	-	8207	8240
T11	-	107.68%	108.12%	-	8207	8240
3.1.1.1	-	107.68%	108.12%	-	8207	8240
T12	-	-	108.11%	-	-	8239
3.1.1.1.1	-	-	108.11%	-	-	8239
3.1.2	-	107.69%	108.12%	-	8207	8240
T13	-	107.69%	108.10%	-	8207	8239
3.1.3	-	107.69%	108.09%	-	8207	8238
T14	-	-	108.09%	-	-	8237
3.1.3.1	-	-	108.08%	-	-	8237
T16	-	107.69%	108.10%	-	8207	8238
T17	-	107.69%	108.09%	-	8207	8237
T18	-	107.69%	108.08%	-	8207	8237
3.1.4	-	107.69%	108.08%	-	8207	8237
3.2	107.00%	107.68%	108.12%	8154	8206	8240
T20	106.99%	107.68%	108.11%	8154	8206	8239
3.2.1	106.99%	107.68%	108.11%	8154	8206	8239
3.2.1.1	106.99%	-	-	8154	-	-
T22	106.98%	107.67%	108.10%	8153	8206	8239
3.2.2	106.98%	107.67%	108.10%	8153	8206	8239
3.2.2.1	106.96%	-	108.10%	8152	-	8238
3.2.2.1.1	106.96%	-	-	8151	-	-
T24	106.96%	-	108.10%	8151	-	8238
T25	106.96%	-	108.09%	8151	-	8238
3.2.2.2	106.96%	-	108.09%	8151	-	8238
T27	106.96%	-	-	8151	-	-
T28	106.96%	-	-	8151	-	-
3.2.2.2.1	106.96%	-	-	8151	-	-
3.2.2.2.2	106.96%	-	-	8151	-	-
3.2.2.2.3	106.96%	-	-	8151	-	-
3.2.2.3	106.95%	-	108.10%	8151	-	8238
3.2.2.3.1	106.95%	-	-	8151	-	-
3.2.2.4	106.94%	-	108.10%	8150	-	8238
3.2.2.4.1	106.94%	-	-	8150	-	-
3.2.2.5	106.93%	-	108.10%	8149	-	8238
3.2.2.6	106.93%	-	108.10%	8149	-	8238
3.2.2.6.1	106.92%	-	-	8149	-	-
3.2.2.7	106.92%	-	108.10%	8149	-	8238
T36	106.92%	-	-	8148	-	-
3.2.2.7.1	106.92%	-	-	8148	-	-
3.2.2.8	106.92%	-	108.10%	8149	-	8238
T38	106.92%	-	-	8148	-	-
3.2.2.8.1	106.92%	-	-	8148	-	-
3.2.2.8.2	106.91%	-	-	8148	-	-
3.2.2.9	106.92%	-	108.10%	8148	-	8238
T41	106.92%	-	-	8148	-	-
3.2.2.9.1	106.91%	-	-	8148	-	-
3.2.2.10	106.91%	-	108.10%	8148	-	8238
3.2.2.10.1	106.91%	-	-	8148	-	-
3.2.2.11	106.91%	-	108.10%	8148	-	8238
T44	106.91%	-	-	8148	-	-
3.2.2.11.1	106.91%	-	-	8148	-	-
3.3	107.00%	107.68%	108.12%	8154	8206	8240
3.3.1	-	107.68%	-	-	8206	-
3.4	107.00%	107.68%	108.12%	8154	8206	8240
T48	107.00%	107.67%	108.12%	8154	8206	8240
4	106.98%	107.65%	108.10%	8153	8204	8239
4.1	106.98%	107.64%	108.10%	8153	8204	8238
T51	106.98%	107.64%	-	8153	8204	-
4.1.1	106.98%	107.64%	-	8153	8204	-
4.2	106.97%	107.64%	108.10%	8152	8204	8238
T52	106.96%	-	-	8152	-	-
T53	106.95%	-	-	8151	-	-
T54	106.95%	-	-	8151	-	-
T55	106.95%	-	-	8151	-	-
4.2.1	106.95%	-	-	8151	-	-
4.3	106.96%	107.63%	108.10%	8151	8203	8238
T56	106.95%	107.63%	108.10%	8151	8202	8238
T57	106.95%	107.62%	108.10%	8151	8202	8238
T58	106.94%	107.62%	108.10%	8150	8202	8238
T59	106.94%	107.61%	108.10%	8150	8201	8238
4.4	106.94%	107.61%	108.10%	8150	8201	8238
4.4.1	106.93%	-	-	8149	-	-
T61	106.93%	-	-	8149	-	-
4.4.2	106.93%	-	-	8149	-	-
T62	106.92%	-	-	8149	-	-
4.4.3	106.92%	-	-	8149	-	-
T64	106.93%	-	-	8149	-	-
4.4.4	106.92%	-	-	8149	-	-
T65	106.92%	-	-	8148	-	-
4.4.5	106.92%	-	-	8148	-	-
T67	106.92%	-	-	8148	-	-

4 4 6	101 52%	-	-	7744	-	-
T69	-	101 22%	-	-	7714	-
T70	-	101 14%	-	-	7708	-
T71	-	101 08%	-	-	7704	-
T72	-	101 05%	-	-	7701	-
4 4 7	-	101 02%	-	-	7699	-
T74	101 54%	101 18%	101 73%	7738	7711	7753
4 5	101 33%	100 96%	101 59%	7723	7694	7742
4 6	101 32%	100 95%	101 58%	7722	7693	7741
T75	101 29%	-	-	7719	-	-
T76	101 26%	-	-	7717	-	-
T77	101 25%	-	-	7716	-	-
4 6 1	101 25%	-	-	7716	-	-
4 7	101 32%	100 94%	101 57%	7721	7693	7740
T78	101 31%	-	-	7721	-	-
T79	101 30%	-	-	7720	-	-
T80	101 29%	-	-	7719	-	-
4 7 1	101 29%	-	-	7719	-	-
4 8	101 31%	100 93%	101 55%	7721	7692	7739
T82	101 30%	-	-	7720	-	-
4 8 1	101 29%	-	-	7719	-	-
4 9	101 31%	100 92%	101 54%	7721	7691	7739
4 9 1	101 30%	-	-	7720	-	-
4 10	101 31%	100 92%	101 53%	7721	7691	7738
T85	-	100 90%	101 49%	-	7689	7735
T86	-	100 88%	101 46%	-	7688	7732
4 10 1	-	100 86%	101 43%	-	7687	7730
4 10 1 1	-	100 85%	-	-	7686	-
4 10 2	-	100 86%	101 41%	-	7686	7729
T89	-	-	101 39%	-	-	7727
T90	-	-	101 37%	-	-	7725
T91	-	-	101 35%	-	-	7724
T92	-	-	101 35%	-	-	7724
4 10 2 1	-	-	101 35%	-	-	7724
4 10 2 2	-	-	101 40%	-	-	7726
T94	-	100 85%	-	-	7686	-
4 10 2 3	-	100 86%	-	-	7686	-
4 11	101 31%	100 91%	101 52%	7721	7690	7737
4 11 1	-	-	101 52%	-	-	7737
T97	101 30%	100 89%	101 52%	7720	7689	7737
4 12	101 30%	100 87%	101 51%	7720	7688	7736
4 12 1	101 30%	100 87%	101 51%	7720	7688	7736
T99	101 29%	100 85%	101 50%	7720	7686	7736
T100	101 29%	100 84%	101 50%	7719	7685	7735
T101	101 29%	100 83%	101 49%	7719	7684	7735
4 13	101 13%	100 74%	101 51%	7707	7678	7736
4 14	101 13%	100 74%	101 50%	7707	7677	7735
4 15	101 12%	100 73%	101 49%	7707	7677	7735
T104	101 13%	100 73%	101 49%	7707	7677	7735
4 16	101 13%	100 73%	101 49%	7707	7677	7734
T105	101 12%	100 73%	101 48%	7707	7677	7734
T106	101 12%	100 73%	101 48%	7707	7676	7734
4 17	101 12%	100 72%	101 48%	7707	7676	7734
4 18	101 02%	100 64%	101 49%	7699	7670	7735
T108	101 01%	100 62%	101 49%	7698	7669	7734
4 18 1	101 00%	100 61%	101 48%	7698	7668	7734
T110	101 00%	100 60%	-	7697	7667	-
T111	101 00%	100 59%	-	7697	7666	-
4 18 1 1	100 99%	100 58%	-	7697	7666	-
4 18 1 1 1	-	100 58%	-	-	7665	-
T114	100 99%	100 62%	101 49%	7697	7668	7734
T115	100 97%	100 59%	101 48%	7695	7666	7734
C116	100 94%	100 57%	101 48%	7693	7665	7734
4 19	100 90%	100 54%	101 47%	7690	7662	7733
4 19 1	100 85%	100 50%	101 46%	7686	7659	7733
T118	100 84%	-	-	7685	-	-
4 19 1 1	100 84%	-	-	7685	-	-
T120	100 84%	-	-	7685	-	-
4 19 1 2	100 84%	-	-	7685	-	-
4 19 2	100 78%	100 45%	101 46%	7680	7656	7732
T122	100 77%	-	-	7680	-	-
4 19 2 1	100 76%	-	-	7679	-	-
T124	-	100 45%	-	-	7656	-
T125	-	100 45%	-	-	7656	-
T126	-	100 45%	-	-	7656	-
4 19 2 2	-	100 45%	-	-	7656	-
4 19 3	100 72%	100 41%	101 45%	7676	7652	7732
T128	-	-	101 43%	-	-	7730
4 19 3 1	-	-	101 42%	-	-	7730
4 19 4	100 68%	100 37%	101 45%	7673	7649	7732
T130	-	100 35%	-	-	7648	-
T131	-	100 34%	-	-	7647	-
4 19 4 1	-	100 32%	-	-	7646	-
4 19 4 1 1	-	100 32%	-	-	7645	-
T133	-	100 31%	-	-	7645	-
4 19 4 1 2	-	100 31%	-	-	7645	-
T135	100 67%	-	-	7672	-	-
T136	100 66%	-	-	7672	-	-
4 19 4 2	100 66%	-	-	7671	-	-
4 19 4 3	100 61%	100 31%	-	7667	7645	-
T138	-	100 31%	-	-	7645	-
T139	-	100 31%	-	-	7645	-
T140	-	100 31%	-	-	7645	-
T141	-	100 31%	-	-	7645	-
4 19 4 3 1	-	100 31%	-	-	7645	-
T142	-	100 31%	-	-	7645	-
4 19 4 3 2	-	100 31%	-	-	7645	-
4 19 4 4	100 57%	100 28%	-	7664	7642	-

4 4 6	106 92%	-	-	8148	-	-
T69	-	107 59%	-	-	8199	-
T70	-	107 57%	-	-	8198	-
T71	-	107 56%	-	-	8197	-
T72	-	107 55%	-	-	8196	-
4 4 7	-	107 54%	-	-	8196	-
T74	106 92%	107 61%	108 09%	8149	8201	8237
4 5	106 89%	107 59%	108 08%	8146	8199	8236
4 6	106 89%	107 58%	108 07%	8146	8199	8236
T75	106 88%	-	-	8145	-	-
T76	106 87%	-	-	8145	-	-
T77	106 87%	-	-	8144	-	-
4 6 1	106 87%	-	-	8144	-	-
4 7	106 89%	107 58%	108 07%	8146	8199	8236
T78	106 88%	-	-	8146	-	-
T79	106 88%	-	-	8145	-	-
T80	106 88%	-	-	8145	-	-
4 7 1	106 88%	-	-	8145	-	-
4 8	106 88%	107 58%	108 06%	8146	8198	8235
T82	106 88%	-	-	8145	-	-
4 8 1	106 88%	-	-	8145	-	-
4 9	106 88%	107 58%	108 06%	8146	8198	8235
4 9 1	106 88%	-	-	8146	-	-
4 10	106 88%	107 57%	108 06%	8146	8198	8235
T85	-	107 57%	108 05%	-	8198	8234
T86	-	107 57%	108 04%	-	8198	8233
4 10 1	-	107 56%	108 03%	-	8197	8233
4 10 1 1	-	107 56%	-	-	8197	-
4 10 2	-	107 56%	108 02%	-	8197	8233
T89	-	-	108 02%	-	-	8232
T90	-	-	108 01%	-	-	8232
T91	-	-	108 01%	-	-	8231
T92	-	-	108 00%	-	-	8231
4 10 2 1	-	-	108 00%	-	-	8231
4 10 2 2	-	-	108 02%	-	-	8232
T94	-	107 56%	-	-	8197	-
4 10 2 3	-	107 56%	-	-	8197	-
4 11	106 88%	107 57%	108 05%	8146	8198	8235
4 11 1	-	-	108 05%	-	-	8235
T97	106 88%	107 57%	108 05%	8145	8198	8235
4 12	106 88%	107 56%	108 05%	8145	8197	8234
4 12 1	106 88%	107 56%	108 05%	8145	8197	8234
T99	106 88%	107 56%	108 05%	8145	8197	8234
T100	106 88%	107 56%	108 05%	8145	8197	8234
T101	106 88%	107 55%	108 04%	8145	8197	8234
4 13	106 87%	107 58%	108 09%	8145	8198	8238
4 14	106 87%	107 57%	108 09%	8145	8198	8238
4 15	106 87%	107 57%	108 09%	8145	8198	8237
T104	106 87%	107 57%	108 09%	8145	8198	8237
4 16	106 87%	107 57%	108 09%	8145	8198	8237
T105	106 87%	107 57%	108 09%	8145	8198	8237
T106	106 87%	107 57%	108 09%	8145	8198	8237
4 17	106 87%	107 57%	108 09%	8145	8198	8237
4 18	106 87%	107 58%	108 12%	8144	8199	8240
T108	106 86%	107 58%	108 11%	8144	8198	8239
4 18 1	106 86%	107 57%	108 11%	8144	8198	8239
T110	106 86%	107 57%	-	8144	8198	-
T111	106 86%	107 57%	-	8144	8198	-
4 18 1 1	106 86%	107 57%	-	8144	8198	-
4 18 1 1 1	-	107 57%	-	-	8198	-
T114	106 87%	107 58%	108 12%	8144	8199	8240
T115	106 87%	107 59%	108 13%	8144	8199	8241
C116	106 87%	107 59%	108 14%	8144	8199	8241
4 19	106 85%	107 58%	108 14%	8143	8199	8241
4 19 1	106 84%	107 57%	108 13%	8142	8198	8241
T118	106 84%	-	-	8142	-	-
4 19 1 1	106 84%	-	-	8142	-	-
T120	106 84%	-	-	8142	-	-
4 19 1 2	106 84%	-	-	8142	-	-
4 19 2	106 82%	107 56%	108 13%	8141	8197	8241
T122	106 82%	-	-	8140	-	-
4 19 2 1	106 81%	-	-	8140	-	-
T124	-	107 56%	-	-	8197	-
T125	-	107 56%	-	-	8197	-
T126	-	107 56%	-	-	8197	-
4 19 2 2	-	107 56%	-	-	8197	-
4 19 3	106 80%	107 55%	108 13%	8139	8196	8241
T128	-	-	108 13%	-	-	8240
4 19 3 1	-	-	108 12%	-	-	8240
4 19 4	106 79%	107 54%	108 13%	8139	8196	8241
T130	-	107 54%	-	-	8196	-
T131	-	107 53%	-	-	8195	-
4 19 4 1	-	107 53%	-	-	8195	-
4 19 4 1 1	-	107 53%	-	-	8195	-
T133	-	107 53%	-	-	8195	-
4 19 4 1 2	-	107 53%	-	-	8195	-
T135	106 79%	-	-	8138	-	-
T136	106 79%	-	-	8138	-	-
4 19 4 2	106 78%	-	-	8138	-	-
4 19 4 3	106 77%	107 53%	-	8137	8195	-
T138	-	107 53%	-	-	8195	-
T139	-	107 53%	-	-	8195	-
T140	-	107 53%	-	-	8195	-
T141	-	107 53%	-	-	8195	-
4 19 4 3 1	-	107 53%	-	-	8195	-
T142	-	107 53%	-	-	8195	-
4 19 4 3 2	-	107 53%	-	-	8195	-
4 19 4 4	106 76%	107 52%	-	8136	8194	-

T145	100.55%	-	-	7663	-	-
T146	100.54%	-	-	7662	-	-
4 19 4 4 1	100.53%	-	-	7661	-	-
4 19 4 4 1 1	100.54%	-	-	7662	-	-
T148	100.52%	-	-	7661	-	-
4 19 4 4 1 2	100.52%	-	-	7661	-	-
T150	100.55%	-	-	7663	-	-
T151	100.55%	-	-	7663	-	-
4 19 4 4 2	100.54%	-	-	7662	-	-
4 19 4 5	100.54%	100.21%	-	7662	7637	-
T153	100.52%	-	-	7661	-	-
T154	100.51%	-	-	7660	-	-
T155	100.50%	-	-	7659	-	-
4 19 4 5 1	100.50%	-	-	7659	-	-
T157	100.53%	-	-	7662	-	-
4 19 4 5 2	100.53%	-	-	7661	-	-
4 19 4 5 3	-	100.17%	-	-	7634	-
T159	-	100.14%	-	-	7632	-
4 19 4 5 3 1	-	100.13%	-	-	7631	-
T161	-	100.08%	-	-	7627	-
T162	-	100.00%	-	-	7621	-
4 19 4 5 3 2	-	99.94%	-	-	7617	-
T163	-	99.92%	-	-	7615	-
T164	-	99.90%	-	-	7613	-
T165	-	99.89%	-	-	7612	-
4 19 4 5 3 2 1	-	99.88%	-	-	7612	-
4 19 4 5 3 3	-	99.93%	-	-	7616	-
4 19 4 5 3 4	-	99.92%	-	-	7615	-
4 19 4 5 3 5	-	99.91%	-	-	7614	-
T169	100.90%	100.52%	101.45%	7690	7661	7732
4 20	100.90%	100.51%	101.43%	7690	7660	7730
4 20 1	-	100.51%	-	-	7660	-
4 21	100.90%	100.49%	101.42%	7690	7659	7729
T171	100.90%	-	-	7690	-	-
T172	100.90%	-	-	7690	-	-
4 21 1	100.90%	-	-	7690	-	-
T173	100.90%	-	-	7690	-	-
4 21 1 1	100.90%	-	-	7690	-	-
4 21 1 2	100.90%	-	-	7690	-	-
4 21 1 3	100.90%	-	-	7690	-	-
4 21 2	100.90%	-	-	7690	-	-
4 22	100.90%	100.49%	101.41%	7690	7659	7728
T177	-	-	101.38%	-	-	7727
T178	-	-	101.36%	-	-	7725
T179	-	-	101.35%	-	-	7724
4 22 1	-	-	101.34%	-	-	7723
4 23	100.90%	100.49%	101.40%	7690	7659	7728
T181	-	-	101.38%	-	-	7726
T182	-	-	101.37%	-	-	7725
4 23 1	-	-	101.36%	-	-	7725
4 24	100.90%	100.49%	101.40%	7690	7659	7728
T184	101.85%	101.50%	101.92%	7762	7735	7767
T185	101.83%	101.47%	101.89%	7760	7733	7765
T186	101.80%	101.43%	101.86%	7759	7730	7763
5	101.78%	101.40%	101.84%	7757	7728	7761
T188	-	-	101.81%	-	-	7759
5 1	-	-	101.80%	-	-	7758
5 2	-	-	101.80%	-	-	7758
T190	-	-	101.79%	-	-	7757
T191	-	-	101.78%	-	-	7757
5 3	-	-	101.78%	-	-	7757
6	101.77%	101.37%	101.82%	7756	7726	7759
6 1	101.76%	-	-	7755	-	-
7	101.74%	101.33%	101.79%	7754	7722	7757
7 1	101.58%	-	-	7741	-	-
8	101.73%	101.30%	101.77%	7753	7720	7756
T195	101.71%	-	-	7751	-	-
8 1	101.70%	-	-	7750	-	-
T197	101.68%	-	-	7749	-	-
T198	101.66%	-	-	7748	-	-
8 2	101.66%	-	-	7748	-	-
T199	101.69%	-	-	7750	-	-
8 3	101.69%	-	-	7750	-	-
T200	101.72%	101.27%	101.75%	7752	7718	7754
T201	101.70%	101.25%	101.73%	7751	7716	7753
T202	101.69%	101.22%	101.72%	7750	7714	7752
T203	101.68%	101.20%	101.70%	7749	7712	7750
G204	101.67%	101.17%	101.68%	7748	7710	7749
9	101.65%	101.14%	101.66%	7747	7708	7747
T205	101.62%	101.04%	101.58%	7744	7700	7741
T206	101.59%	100.95%	101.50%	7742	7693	7736
T207	101.57%	100.86%	101.44%	7741	7687	7730
T208	101.55%	100.78%	101.37%	7739	7680	7726
T209	101.53%	100.70%	101.32%	7738	7674	7721
9 1	101.53%	100.66%	101.29%	7737	7671	7719
9 1 1	-	100.53%	101.20%	-	7661	7713
9 1 1 1	-	100.51%	-	-	7660	-
9 1 1 1 1	-	100.50%	-	-	7659	-
9 1 1 2	-	100.50%	-	-	7659	-
T213	-	100.50%	-	-	7659	-
9 1 1 3	-	100.45%	-	-	7655	-
9 1 1 3 1	-	100.44%	-	-	7655	-
9 1 1 4	-	100.41%	-	-	7652	-
9 1 1 4 1	-	100.41%	-	-	7652	-
T217	-	100.39%	-	-	7651	-
9 1 1 5	-	100.37%	-	-	7649	-
9 1 1 5 1	-	100.36%	-	-	7649	-
9 1 1 6	-	100.35%	-	-	7647	-

T145	106.75%	-	-	8136	-	-
T146	106.75%	-	-	8135	-	-
4 19 4 4 1	106.75%	-	-	8135	-	-
4 19 4 4 1 1	106.75%	-	-	8135	-	-
T148	106.74%	-	-	8135	-	-
4 19 4 4 1 2	106.74%	-	-	8135	-	-
T150	106.75%	-	-	8136	-	-
T151	106.75%	-	-	8136	-	-
4 19 4 4 2	106.75%	-	-	8135	-	-
4 19 4 5	106.75%	107.50%	-	8135	8193	-
T153	106.75%	-	-	8135	-	-
T154	106.74%	-	-	8135	-	-
T155	106.74%	-	-	8135	-	-
4 19 4 5 1	106.74%	-	-	8135	-	-
T157	106.75%	-	-	8135	-	-
4 19 4 5 2	106.75%	-	-	8135	-	-
4 19 4 5 3	-	107.49%	-	-	8192	-
T159	-	107.49%	-	-	8192	-
4 19 4 5 3 1	-	107.49%	-	-	8192	-
T161	-	107.47%	-	-	8191	-
T162	-	107.46%	-	-	8189	-
4 19 4 5 3 2	-	107.44%	-	-	8188	-
T163	-	107.44%	-	-	8188	-
T164	-	107.43%	-	-	8186	-
T165	-	107.43%	-	-	8187	-
4 19 4 5 3 2 1	-	107.43%	-	-	8187	-
4 19 4 5 3 3	-	107.44%	-	-	8188	-
4 19 4 5 3 4	-	107.44%	-	-	8188	-
4 19 4 5 3 5	-	107.44%	-	-	8188	-
T169	106.85%	107.58%	108.13%	8143	8198	8241
4 20	106.85%	107.57%	108.12%	8143	8198	8240
4 20 1	-	107.57%	-	-	8198	-
4 21	106.85%	107.57%	108.12%	8143	8198	8240
T171	106.85%	-	-	8143	-	-
T172	106.85%	-	-	8143	-	-
4 21 1	106.85%	-	-	8143	-	-
T173	106.85%	-	-	8143	-	-
4 21 1 1	106.85%	-	-	8143	-	-
4 21 1 2	106.85%	-	-	8143	-	-
4 21 1 3	106.85%	-	-	8143	-	-
4 21 2	106.85%	-	-	8143	-	-
4 22	106.85%	107.57%	108.12%	8143	8198	8240
T177	-	-	108.11%	-	-	8239
T178	-	-	108.11%	-	-	8239
T179	-	-	108.10%	-	-	8238
4 22 1	-	-	108.10%	-	-	8238
4 23	106.85%	107.57%	108.12%	8143	8198	8240
T181	-	-	108.11%	-	-	8239
T182	-	-	108.11%	-	-	8239
4 23 1	-	-	108.10%	-	-	8239
4 24	106.85%	107.57%	108.12%	8143	8198	8240
T184	106.97%	107.64%	108.09%	8152	8203	8238
T185	106.96%	107.62%	108.08%	8151	8202	8237
T186	106.95%	107.61%	108.07%	8150	8201	8236
5	106.94%	107.60%	108.05%	8150	8200	8235
T188	-	-	108.05%	-	-	8234
5 1	-	-	108.04%	-	-	8234
5 2	-	-	108.04%	-	-	8234
T190	-	-	108.04%	-	-	8234
T191	-	-	108.04%	-	-	8234
5 3	-	-	108.04%	-	-	8234
6	106.93%	107.59%	108.05%	8149	8199	8234
6 1	106.93%	-	-	8149	-	-
7	106.92%	107.57%	108.03%	8148	8198	8233
7 1	106.86%	-	-	8144	-	-
8	106.91%	107.56%	108.02%	8148	8197	8232
T195	106.90%	-	-	8147	-	-
8 1	106.90%	-	-	8147	-	-
T197	106.89%	-	-	8146	-	-
T198	106.89%	-	-	8146	-	-
8 2	106.89%	-	-	8146	-	-
T199	106.90%	-	-	8147	-	-
8 3	106.90%	-	-	8147	-	-
T200	106.90%	107.55%	108.01%	8147	8197	8232
T201	106.90%	107.54%	108.01%	8147	8196	8231
T202	106.89%	107.53%	108.00%	8146	8195	8230
T203	106.88%	107.52%	107.99%	8146	8194	8230
G204	106.88%	107.51%	107.98%	8145	8194	8229
9	106.87%	107.51%	107.97%	8145	8193	8229
T205	106.86%	107.48%	107.95%	8144	8191	8227
T206	106.85%	107.46%	107.93%	8143	8190	8225
T207	106.85%	107.44%	107.91%	8143	8188	8224
T208	106.84%	107.42%	107.89%	8142	8186	8222
T209	106.83%	107.40%	107.87%	8142	8185	8221
9 1	106.83%	107.39%	107.87%	8142	8184	8220
9 1 1	-	107.36%	107.84%	-	8182	8219
9 1 1 1	-	107.36%	-	-	8182	-
9 1 1 1 1	-	107.35%	-	-	8181	-
9 1 1 2	-	107.35%	-	-	8181	-
T213	-	107.35%	-	-	8181	-
9 1 1 3	-	107.34%	-	-	8181	-
9 1 1 3 1	-	107.34%	-	-	8180	-
9 1 1 4	-	107.33%	-	-	8180	-
9 1 1 4 1	-	107.33%	-	-	8180	-
T217	-	107.33%	-	-	8179	-
9 1 1 5	-	107.32%	-	-	8179	-
9 1 1 5 1	-	107.32%	-	-	8179	-
9 1 1 6	-	107.32%	-	-	8179	-

T219	-	100.34%	-	-	7647	-
9.1.1.6.1	-	100.34%	-	-	7647	-
T221	-	100.33%	-	-	7646	-
9.1.1.7	-	100.32%	-	-	7645	-
9.1.1.7.1	-	100.31%	-	-	7645	-
9.1.1.8	-	100.31%	-	-	7645	-
T224	-	-	101.20%	-	-	7712
9.1.1.9	-	-	101.20%	-	-	7712
9.1.1.10	-	-	101.17%	-	-	7710
9.1.1.10.1	-	-	101.17%	-	-	7710
9.1.1.11	-	-	101.13%	-	-	7707
9.1.1.11.1	-	-	101.13%	-	-	7707
9.1.1.12	-	-	101.11%	-	-	7706
9.1.1.12.1	-	-	101.11%	-	-	7705
T228	-	-	101.07%	-	-	7703
9.1.1.13	-	-	101.04%	-	-	7700
9.1.1.13.1	-	-	101.03%	-	-	7700
9.1.1.14	-	-	101.02%	-	-	7699
9.1.1.14.1	-	-	101.01%	-	-	7698
9.1.1.15	-	-	101.00%	-	-	7698
9.1.1.15.1	-	-	101.00%	-	-	7697
9.1.1.16	-	-	101.00%	-	-	7697
9.1.1.16.1	-	-	100.99%	-	-	7697
9.1.1.17	-	-	100.99%	-	-	7697
9.1.1.17.1	-	-	100.99%	-	-	7696
9.1.1.18	-	-	100.99%	-	-	7697
T234	101.51%	100.61%	101.27%	7736	7668	7718
9.2	101.50%	100.57%	101.25%	7735	7664	7716
T236	101.49%	100.55%	101.24%	7735	7663	7716
T237	101.49%	100.53%	101.24%	7734	7661	7715
9.3	101.49%	100.51%	101.23%	7734	7660	7715
T239	-	100.47%	-	-	7657	-
9.3.1	-	100.44%	-	-	7654	-
9.3.2	-	100.43%	-	-	7653	-
T242	-	100.42%	-	-	7653	-
9.3.3	-	100.42%	-	-	7653	-
9.3.4	-	100.41%	-	-	7653	-
T244	-	100.41%	-	-	7652	-
9.3.5	-	100.40%	-	-	7652	-
10	101.61%	101.09%	101.63%	7744	7704	7745
10.1	101.60%	-	-	7743	-	-
10.1.1	101.60%	-	-	7743	-	-
T249	101.59%	-	-	7742	-	-
10.2	101.58%	-	-	7742	-	-
10.3	101.58%	-	-	7742	-	-
10.4	101.58%	-	-	7742	-	-
11	101.60%	101.08%	101.62%	7743	7703	7745
11.1	101.60%	-	-	7743	-	-
11.2	101.60%	-	-	7743	-	-
T255	101.60%	-	-	7743	-	-
11.3	101.60%	-	-	7743	-	-
12	101.58%	101.07%	101.61%	7742	7702	7744
12.1	101.58%	-	-	7741	-	-
13	101.58%	101.07%	101.61%	7741	7702	7744
13.1	101.56%	-	-	7740	-	-
13.2	101.56%	-	-	7740	-	-
T261	101.55%	-	-	7739	-	-
T262	101.54%	-	-	7739	-	-
T263	101.54%	-	-	7738	-	-
T264	101.53%	-	-	7738	-	-
13.3	101.53%	-	-	7738	-	-
T266	101.57%	101.05%	101.60%	7741	7701	7743
14	101.56%	101.04%	101.59%	7740	7700	7742
T267	101.56%	-	-	7740	-	-
T268	101.55%	-	-	7739	-	-
T269	101.55%	-	-	7739	-	-
T270	101.55%	-	-	7739	-	-
14.1	101.54%	-	-	7739	-	-
T272	101.56%	101.03%	101.59%	7740	7700	7742
15	101.56%	101.03%	101.58%	7740	7699	7742
T273	101.55%	-	-	7739	-	-
15.1	101.55%	-	-	7739	-	-
16	101.51%	100.88%	101.49%	7736	7688	7734
T276	-	-	101.48%	-	-	7734
T277	-	-	101.47%	-	-	7733
16.1	-	-	101.47%	-	-	7733
16.2	-	-	101.47%	-	-	7733
16.3	-	-	101.47%	-	-	7733
17	101.51%	100.87%	101.48%	7736	7687	7734
T281	-	-	101.47%	-	-	7733
T282	-	-	101.47%	-	-	7733
17.1	-	-	101.46%	-	-	7733
18	101.50%	100.85%	101.48%	7736	7686	7734
T284	-	100.70%	-	-	7674	-
T285	-	100.57%	-	-	7665	-
18.1	-	100.46%	-	-	7656	-
18.1.1	-	100.44%	-	-	7654	-
18.1.2	-	100.43%	-	-	7654	-
T287	-	100.42%	-	-	7653	-
T288	-	100.41%	-	-	7653	-
18.1.3	-	100.41%	-	-	7652	-
18.2	-	100.43%	-	-	7654	-
18.3	-	100.41%	-	-	7652	-
T290	-	100.40%	-	-	7651	-
18.4	-	100.38%	-	-	7650	-
18.5	-	100.38%	-	-	7650	-
18.5.1	-	100.38%	-	-	7650	-
18.6	-	100.37%	-	-	7649	-

T219	-	107.32%	-	-	8179	-
9.1.1.6.1	-	107.32%	-	-	8179	-
T221	-	107.31%	-	-	8178	-
9.1.1.7	-	107.31%	-	-	8178	-
9.1.1.7.1	-	107.31%	-	-	8178	-
9.1.1.8	-	107.31%	-	-	8178	-
T224	-	-	107.84%	-	-	8218
9.1.1.9	-	-	107.84%	-	-	8218
9.1.1.10	-	-	107.83%	-	-	8218
9.1.1.10.1	-	-	107.83%	-	-	8218
9.1.1.11	-	-	107.82%	-	-	8217
9.1.1.11.1	-	-	107.82%	-	-	8217
9.1.1.12	-	-	107.82%	-	-	8217
9.1.1.12.1	-	-	107.81%	-	-	8217
T228	-	-	107.80%	-	-	8216
9.1.1.13	-	-	107.80%	-	-	8215
9.1.1.13.1	-	-	107.79%	-	-	8215
9.1.1.14	-	-	107.79%	-	-	8215
9.1.1.14.1	-	-	107.79%	-	-	8215
9.1.1.15	-	-	107.79%	-	-	8214
9.1.1.15.1	-	-	107.79%	-	-	8214
9.1.1.16	-	-	107.78%	-	-	8214
9.1.1.16.1	-	-	107.78%	-	-	8214
9.1.1.17	-	-	107.78%	-	-	8214
9.1.1.17.1	-	-	107.78%	-	-	8214
9.1.1.18	-	-	107.78%	-	-	8214
T234	106.83%	107.38%	107.86%	8142	8183	8220
9.2	106.83%	107.37%	107.85%	8141	8182	8220
T236	106.82%	107.36%	107.85%	8141	8182	8219
T237	106.82%	107.36%	107.85%	8141	8182	8219
9.3	106.82%	107.35%	107.85%	8141	8181	8219
T239	-	107.34%	-	-	8181	-
9.3.1	-	107.34%	-	-	8180	-
9.3.2	-	107.33%	-	-	8180	-
T242	-	107.33%	-	-	8180	-
9.3.3	-	107.33%	-	-	8180	-
9.3.4	-	107.33%	-	-	8180	-
T244	-	107.33%	-	-	8180	-
9.3.5	-	107.33%	-	-	8180	-
10	106.86%	107.49%	107.96%	8144	8192	8228
10.1	106.85%	-	-	8143	-	-
10.1.1	106.85%	-	-	8143	-	-
T249	106.85%	-	-	8143	-	-
10.2	106.85%	-	-	8143	-	-
10.3	106.85%	-	-	8143	-	-
10.4	106.85%	-	-	8143	-	-
11	106.85%	107.49%	107.96%	8143	8192	8228
11.1	106.85%	-	-	8143	-	-
11.2	106.85%	-	-	8143	-	-
T255	106.85%	-	-	8143	-	-
11.3	106.85%	-	-	8143	-	-
12	106.85%	107.48%	107.96%	8143	8191	8227
12.1	106.85%	-	-	8143	-	-
13	106.85%	107.48%	107.96%	8143	8191	8227
13.1	106.84%	-	-	8142	-	-
13.2	106.84%	-	-	8142	-	-
T261	106.84%	-	-	8142	-	-
T262	106.84%	-	-	8142	-	-
T263	106.83%	-	-	8142	-	-
T264	106.83%	-	-	8142	-	-
13.3	106.83%	-	-	8142	-	-
T266	106.84%	107.48%	107.95%	8143	8191	8227
14	106.84%	107.48%	107.95%	8142	8191	8227
T267	106.84%	-	-	8142	-	-
T268	106.84%	-	-	8142	-	-
T269	106.84%	-	-	8142	-	-
T270	106.84%	-	-	8142	-	-
14.1	106.84%	-	-	8142	-	-
T272	106.84%	107.47%	107.95%	8142	8191	8227
15	106.84%	107.47%	107.95%	8142	8190	8227
T273	106.84%	-	-	8142	-	-
15.1	106.84%	-	-	8142	-	-
16	106.83%	107.44%	107.92%	8141	8188	8225
T276	-	-	107.92%	-	-	8224
T277	-	-	107.92%	-	-	8224
16.1	-	-	107.91%	-	-	8224
16.2	-	-	107.91%	-	-	8224
16.3	-	-	107.91%	-	-	8224
17	106.82%	107.44%	107.92%	8141	8188	8225
T281	-	-	107.92%	-	-	8224
T282	-	-	107.91%	-	-	8224
17.1	-	-	107.91%	-	-	8224
18	106.82%	107.43%	107.92%	8141	8187	8224
T284	-	107.40%	-	-	8185	-
T285	-	107.37%	-	-	8182	-
18.1	-	107.34%	-	-	8181	-
18.1.1	-	107.34%	-	-	8180	-
18.1.2	-	107.34%	-	-	8180	-
T287	-	107.33%	-	-	8180	-
T288	-	107.33%	-	-	8180	-
18.1.3	-	107.33%	-	-	8180	-
18.2	-	107.34%	-	-	8180	-
18.3	-	107.33%	-	-	8180	-
T290	-	107.33%	-	-	8179	-
18.4	-	107.32%	-	-	8179	-
18.5	-	107.32%	-	-	8179	-
18.5.1	-	107.32%	-	-	8179	-
18.6	-	107.32%	-	-	8179	-

18.6.1	-	100.37%	-	-	7649	-
18.7	-	100.37%	-	-	7649	-
T295	101.50%	100.85%	101.48%	7735	7686	7734
19	101.50%	100.85%	101.48%	7735	7686	7734
19.1	101.50%	-	-	7735	-	-
20	101.50%	100.85%	101.48%	7735	7686	7734
20.1	101.49%	-	-	7735	-	-
T298	101.50%	100.85%	101.48%	7735	7686	7734
21	101.50%	100.85%	101.48%	7735	7686	7734

Voltaje para máxima Carga						
	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
Máximo	102.51%	102.29%	102.51%	7812	7795	7812
Mínimo	100.50%	99.88%	100.99%	7659	7612	7696
CV	2.01%	2.41%	1.52%	153	183	116

18.6.1	-	107.32%	-	-	8179	-
18.7	-	107.32%	-	-	8179	-
T295	106.82%	107.43%	107.92%	8141	8187	8224
19	106.82%	107.43%	107.92%	8141	8187	8224
19.1	106.82%	-	-	8141	-	-
20	106.82%	107.43%	107.92%	8141	8187	8224
20.1	106.82%	-	-	8141	-	-
T298	106.82%	107.43%	107.92%	8141	8187	8224
21	106.82%	107.43%	107.92%	8141	8187	8224

Voltaje para mínima Carga						
	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
Máximo	107.14%	107.80%	108.24%	8165	8215	8249
Mínimo	106.74%	107.31%	107.78%	8135	8178	8214
CV	0.40%	0.49%	0.46%	30	37	35

Satinón												
Voltaje para máxima Carga							Voltaje para mínima Carga					
Puntos	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
0	103.39%	103.61%	103.17%	7879	7896	7862	107.80%	107.80%	108.24%	8215	8215	8249
T1	103.29%	103.51%	103.05%	7872	7889	7854	107.76%	107.76%	108.18%	8213	8212	8245
1	103.20%	103.42%	102.93%	7865	7882	7845	107.73%	107.72%	108.13%	8210	8209	8240
1.1	-	-	102.93%	-	-	7844	-	-	108.12%	-	-	8240
2	103.19%	103.41%	102.92%	7864	7881	7844	107.72%	107.72%	108.12%	8210	8209	8240
2.1	103.19%	103.40%	102.91%	7864	7880	7843	107.72%	107.71%	108.12%	8210	8209	8239
2.1.1	-	103.39%	102.89%	-	7879	7842	-	107.71%	108.11%	-	8208	8239
2.1.1.1	-	103.39%	-	-	7879	-	-	107.71%	-	-	8208	-
T4	-	103.36%	102.89%	-	7879	7841	-	107.71%	108.11%	-	8208	8239
2.1.2	-	103.38%	102.88%	-	7878	7840	-	107.70%	108.10%	-	8208	8239
T5	-	-	102.87%	-	-	7840	-	-	108.10%	-	-	8238
2.1.2.1	-	-	102.87%	-	-	7840	-	-	108.10%	-	-	8238
2.1.3	-	103.37%	102.87%	-	7878	7840	-	107.70%	108.10%	-	8208	8238
2.1.4	-	103.37%	102.87%	-	7878	7839	-	107.70%	108.10%	-	8208	8238
2.1.4.1	-	-	102.86%	-	-	7839	-	-	108.10%	-	-	8238
2.1.4.2	-	-	102.86%	-	-	7839	-	-	108.10%	-	-	8238
2.1.5	-	103.36%	102.87%	-	7877	7840	-	107.70%	108.10%	-	8208	8238
2.1.5.1	-	103.36%	-	-	7877	-	-	107.70%	-	-	8208	-
2.1.5.2	-	103.36%	-	-	7877	-	-	107.70%	-	-	8208	-
2.2	103.18%	103.39%	102.90%	7863	7879	7842	107.72%	107.71%	108.11%	8209	8208	8239
3	103.11%	103.33%	102.83%	7858	7875	7836	107.69%	107.68%	108.07%	8207	8207	8236
T12	103.10%	103.33%	102.82%	7858	7875	7836	107.69%	107.68%	108.07%	8207	8206	8236
3.1	103.10%	103.33%	102.82%	7857	7875	7836	107.69%	107.68%	108.07%	8207	8206	8236
4	103.11%	103.33%	102.83%	7858	7875	7836	107.69%	107.68%	108.07%	8207	8207	8236
4.1	103.11%	103.33%	102.83%	7858	7875	7836	107.69%	107.68%	108.07%	8207	8207	8236
T14	103.11%	103.34%	102.83%	7858	7876	7837	107.69%	107.68%	108.07%	8207	8206	8236
4.2	103.11%	103.34%	102.83%	7858	7876	7837	107.69%	107.68%	108.07%	8207	8206	8236
4.2.1	103.12%	103.35%	102.84%	7859	7876	7838	107.69%	107.68%	108.07%	8207	8206	8236
4.3	103.11%	103.34%	102.83%	7858	7876	7837	107.69%	107.68%	108.07%	8207	8206	8236
4.3.1	103.12%	103.35%	102.84%	7859	7876	7838	107.69%	107.68%	108.07%	8207	8206	8236
C17	103.12%	103.35%	102.84%	7859	7876	7837	107.69%	107.68%	108.07%	8207	8206	8236
4.4	103.12%	103.35%	102.84%	7859	7876	7837	107.69%	107.68%	108.07%	8207	8206	8236
4.4.1	103.12%	103.34%	102.84%	7859	7876	7837	107.69%	107.68%	108.07%	8207	8206	8236
4.5	103.12%	103.35%	102.84%	7859	7876	7837	107.69%	107.68%	108.07%	8207	8206	8236
T19	103.06%	103.29%	102.77%	7854	7871	7832	107.68%	107.67%	108.05%	8206	8205	8235
5	103.01%	103.24%	102.72%	7850	7868	7828	107.68%	107.65%	108.03%	8205	8204	8233
T20	102.99%	103.22%	102.70%	7849	7866	7827	107.66%	107.65%	108.03%	8205	8204	8233
5.1	102.96%	103.20%	102.68%	7847	7865	7825	107.65%	107.64%	108.02%	8204	8203	8232
5.1.1	102.95%	103.19%	102.67%	7846	7864	7824	107.65%	107.64%	108.02%	8204	8203	8232
5.1.1.1	102.95%	103.19%	102.67%	7846	7864	7824	107.65%	107.64%	108.02%	8204	8203	8232
5.1.1.2	102.95%	103.19%	102.66%	7846	7864	7824	107.65%	107.64%	108.01%	8204	8203	8232
T24	102.96%	103.20%	102.68%	7847	7865	7825	107.65%	107.64%	108.02%	8204	8203	8232
5.2	102.96%	103.20%	102.68%	7847	7865	7825	107.65%	107.64%	108.02%	8204	8203	8232
6	103.00%	103.23%	102.71%	7850	7867	7828	107.66%	107.65%	108.03%	8205	8204	8233
T25	102.99%	103.22%	102.70%	7849	7867	7827	107.66%	107.65%	108.03%	8205	8204	8233
T26	102.99%	103.21%	102.70%	7849	7866	7827	107.66%	107.65%	108.03%	8205	8204	8233
6.1	102.99%	103.21%	102.70%	7849	7866	7826	107.66%	107.65%	108.03%	8205	8204	8233
T28	102.96%	103.20%	102.67%	7847	7865	7824	107.65%	107.64%	108.02%	8204	8203	8232
T29	102.93%	103.16%	102.63%	7844	7862	7821	107.64%	107.63%	108.00%	8203	8203	8231
7	102.89%	103.13%	102.58%	7841	7860	7818	107.63%	107.62%	107.99%	8203	8202	8230
7.1	102.88%	103.12%	102.57%	7840	7859	7817	107.63%	107.62%	107.98%	8202	8202	8229
7.2	102.87%	103.12%	102.57%	7840	7858	7817	107.63%	107.62%	107.98%	8202	8202	8229
T31	102.87%	103.11%	102.56%	7839	7858	7816	107.63%	107.62%	107.98%	8202	8201	8229
T32	102.86%	103.10%	102.56%	7839	7857	7816	107.62%	107.61%	107.98%	8202	8201	8229
7.2.1	102.86%	103.10%	102.56%	7839	7857	7816	107.62%	107.61%	107.97%	8202	8201	8229
7.3	102.87%	103.11%	102.56%	7839	7858	7816	107.63%	107.62%	107.98%	8202	8201	8229
7.4	102.86%	103.10%	102.56%	7839	7858	7816	107.62%	107.61%	107.98%	8202	8201	8229
T34	102.86%	103.10%	102.56%	7839	7857	7816	107.62%	107.61%	107.98%	8202	8201	8229
7.4.1	102.86%	103.10%	102.56%	7839	7857	7816	107.62%	107.61%	107.98%	8202	8201	8229
7.5	102.86%	103.10%	102.55%	7839	7857	7816	107.62%	107.61%	107.97%	8202	8201	8229
7.5.1	102.85%	103.09%	102.55%	7838	7856	7815	107.62%	107.61%	107.97%	8202	8201	8229
8	102.88%	103.13%	102.58%	7841	7859	7817	107.63%	107.62%	107.98%	8203	8202	8229
9	102.87%	103.12%	102.57%	7840	7859	7817	107.63%	107.62%	107.98%	8202	8202	8229
9.1	102.85%	103.11%	-	7839	7858	-	107.62%	107.62%	-	8202	8202	-
9.1.1	102.85%	103.11%	-	7838	7858	-	107.62%	107.62%	-	8202	8202	-
9.2	102.85%	103.11%	-	7838	7858	-	107.62%	107.62%	-	8202	8202	-
9.2.1	102.85%	-	-	7838	-	-	107.62%	-	-	8202	-	-
T40	102.84%	103.09%	102.53%	7838	7856	7814	107.62%	107.61%	107.97%	8202	8201	8228
T41	102.81%	103.06%	102.49%	7835	7854	7811	107.62%	107.61%	107.95%	8201	8201	8227
10	102.78%	103.03%	102.45%	7833	7852	7808	107.61%	107.60%	107.94%	8201	8200	8226
10.1	102.77%	103.02%	102.44%	7832	7851	7807	107.61%	107.60%	107.94%	8201	8200	8226
10.1.1	102.77%	103.02%	102.44%	7832	7851	7807	107.61%	107.60%	107.94%	8201	8200	8226
T43	102.76%	103.01%	102.43%	7832	7851	7806	107.61%	107.60%	107.93%	8201	8200	8226
10.2	102.76%	103.01%	102.42%	7831	7850	7806	107.60%	107.59%	107.93%	8201	8200	8225
T44	102.76%	103.00%	102.42%	7831	7850	7805	107.60%	107.59%	107.93%	8200	8200	8225
T45	102.76%	103.00%	102.42%	7831	7850	7805	107.60%	107.59%	107.93%	8200	8200	8225
T46	102.76%	103.00%	102.42%	7831	7850	7805	107.60%	107.59%	107.93%	8200	8200	8225
T47	102.76%	103.00%	102.42%	7831	7850	7805	107.60%	107.59%	107.93%	8200	8200	8225
10.2.1	102.76%	103.00%	102.42%	7831	7850	7805	107.60%	107.59%	107.93%	8200	8200	8225
10.3	102.76%	103.00%	102.42%	7831	7850	7806	107.60%	107.59%	107.93%	8200	8200	8225
T50	102.75%	103.01%	102.42%	7831	7850	7805	107.60%	107.60%	107.93%	8201	8200	8225
11	102.73%	102.99%	102.39%	7829	7849	7803	107.60%	107.59%	107.92%	8200	8200	8225
11.1	102.71%	102.97%	102.38%	7828	7848	7802	107.59%	107.59%	107.92%	8200	8199	8224
11.2	102.69%	102.95%	102.35%	7826	7846	7800	107.59%	107.58%	107.91%	8199	8199	8224
T53	102.68%	102.94%	102.35%	7826	7845	7800	107.58%	107.58%	107.90%	8199	8198	8223
T54	102.68%	102.94%	102.34%	7825	7845	7800	107.58%	107.58%	107.90%	8199	8198	8223
11.2.1	102.68%	102.94%	102.34%	7825	7845	7800	107.58%	107.58%	107.90%	8199	8198	8223
11.2.2	102.69%	102.95%	102.35%	7826	7846	7800	107.59%	107.58%	107.91%	8199	8199	8223
11.2.2.1	102.68%	102.95%	102.35%	7826	7846	7800	107.59%	107.58%	107.90%	8199	8199	8223
11.2.3	102.68%	102.94%	102.35%	7825	7845	7800	107.58%	107.58%	107.90%	8199	8199	8223
11.2.3.1	102.67%	102.94%	102.34%	7825	7845	7799	107.58%	107.57%	107.90%	8199	8198	8223
11.2.4	102.68%	102.94%	102.35%	7825	7845	7800	107.58%	107.58%	107.90%	8199	8199	8223
11.2.4.1	102.67%	-	-	7825	-	-	107.58%	-	-	8199	-	-

Satinón

11 3	102 69%	102 95%	102 35%	7826	7846	7800	107 59%	107 58%	107 91%	8199	8199	8224
T59	102 69%	102 95%	102 35%	7826	7846	7800	107 59%	107 58%	107 91%	8199	8199	8224
11 3 1	102 69%	102 95%	102 35%	7826	7846	7800	107 59%	107 58%	107 91%	8199	8199	8224
11 3 1 1	102 69%	-	-	7826	-	-	107 59%	-	-	8199	-	-
T62	102 67%	102 93%	102 33%	7824	7844	7799	107 58%	107 57%	107 90%	8199	8198	8223
11 4	102 65%	102 91%	102 31%	7823	7843	7797	107 57%	107 56%	107 89%	8198	8197	8222
T64	102 64%	102 90%	102 30%	7822	7842	7796	107 57%	107 56%	107 88%	8198	8197	8222
T65	102 63%	102 89%	102 29%	7821	7841	7796	107 57%	107 56%	107 88%	8198	8197	8222
11 4 1	102 63%	102 89%	102 29%	7821	7841	7796	107 57%	107 56%	107 88%	8198	8197	8222
T66	102 63%	102 90%	102 29%	7822	7842	7796	107 57%	107 56%	107 88%	8198	8197	8222
11 5	102 62%	102 88%	102 28%	7821	7841	7795	107 56%	107 55%	107 88%	8197	8197	8221
T67	102 61%	102 88%	102 28%	7820	7840	7794	107 56%	107 55%	107 87%	8197	8197	8221
11 5 1	102 61%	102 87%	102 27%	7820	7840	7794	107 56%	107 55%	107 87%	8197	8196	8221
11 6	102 59%	102 85%	102 25%	7818	7838	7792	107 55%	107 54%	107 86%	8196	8196	8220
11 6 1	102 59%	102 85%	102 25%	7818	7838	7792	107 55%	107 54%	107 86%	8196	8196	8220
11 6 1 1	102 59%	102 85%	102 25%	7818	7838	7792	107 55%	107 54%	107 86%	8196	8196	8220
11 6 1 2	-	-	102 24%	-	-	7792	-	-	107 86%	-	-	8220
11 7	102 57%	102 84%	102 24%	7817	7837	7792	107 55%	107 54%	107 86%	8196	8195	8220
11 7 1	102 57%	102 83%	102 23%	7817	7837	7791	107 54%	107 54%	107 86%	8196	8195	8220
11 7 1 1	102 57%	102 83%	102 23%	7817	7837	7791	107 54%	107 53%	107 86%	8196	8195	8220
11 7 1 2	102 56%	102 83%	102 23%	7816	7836	7791	107 54%	107 53%	107 85%	8196	8195	8220
T73	102 57%	102 83%	102 23%	7817	7837	7791	107 54%	107 53%	107 86%	8196	8195	8220
11 7 2	102 57%	102 83%	102 23%	7817	7837	7791	107 54%	107 53%	107 85%	8196	8195	8220
T75	102 57%	102 83%	102 23%	7817	7837	7791	107 54%	107 54%	107 86%	8196	8195	8220
11 8	102 57%	102 83%	102 23%	7817	7837	7791	107 54%	107 53%	107 85%	8196	8195	8220
T77	102 73%	102 99%	102 39%	7829	7849	7803	107 60%	107 60%	107 92%	8200	8200	8225
12	102 72%	102 99%	102 38%	7829	7849	7802	107 60%	107 60%	107 92%	8201	8200	8225
T78	102 72%	102 99%	102 38%	7828	7849	7802	107 60%	107 60%	107 92%	8200	8200	8225
12 1	102 72%	102 99%	102 38%	7828	7849	7802	107 60%	107 60%	107 92%	8200	8200	8225
12 1 1	102 72%	-	102 38%	7828	-	7802	107 60%	-	107 92%	8200	-	8225
C80	102 72%	102 99%	102 37%	7828	7849	7802	107 61%	107 61%	107 92%	8201	8201	8225
13	102 70%	102 98%	102 35%	7827	7848	7800	107 60%	107 60%	107 91%	8200	8200	8224
14	102 70%	102 98%	102 35%	7827	7848	7800	107 60%	107 60%	107 91%	8200	8200	8224
T82	-	-	102 31%	-	-	7797	-	-	107 90%	-	-	8223
T83	-	-	102 28%	-	-	7795	-	-	107 89%	-	-	8222
T84	-	-	102 25%	-	-	7793	-	-	107 88%	-	-	8221
T85	-	-	102 23%	-	-	7791	-	-	107 87%	-	-	8221
T86	-	-	102 22%	-	-	7790	-	-	107 87%	-	-	8221
14 1	-	-	102 21%	-	-	7790	-	-	107 86%	-	-	8220
15	102 70%	102 98%	102 35%	7827	7848	7800	107 60%	107 60%	107 91%	8200	8200	8224
16	102 70%	102 97%	102 34%	7827	7847	7799	107 60%	107 60%	107 91%	8200	8200	8224
T88	102 68%	-	-	7826	-	-	107 60%	-	-	8200	-	-
16 1	102 68%	-	-	7825	-	-	107 59%	-	-	8200	-	-
16 2	102 67%	-	-	7825	-	-	107 59%	-	-	8200	-	-
16 2 1	102 67%	-	-	7824	-	-	107 59%	-	-	8200	-	-
16 3	102 67%	-	-	7824	-	-	107 59%	-	-	8200	-	-
T92	102 69%	102 96%	102 33%	7826	7847	7799	107 60%	107 59%	107 90%	8200	8200	8223
17	102 68%	102 96%	102 32%	7825	7846	7798	107 59%	107 59%	107 90%	8200	8200	8223
T93	102 67%	-	102 32%	7825	-	7798	107 59%	-	107 90%	8199	-	8223
17 1	102 67%	-	102 32%	7825	-	7798	107 59%	-	107 90%	8199	-	8223
18	102 67%	102 95%	102 31%	7825	7846	7797	107 59%	107 59%	107 89%	8200	8199	8223
19	102 66%	102 93%	102 29%	7824	7845	7796	107 59%	107 58%	107 88%	8199	8199	8222
T95	102 66%	102 93%	102 29%	7824	7845	7795	107 58%	107 58%	107 88%	8199	8199	8222
19 1	102 66%	102 93%	102 29%	7824	7845	7795	107 58%	107 58%	107 88%	8199	8199	8222
T96	102 65%	102 93%	102 28%	7823	7844	7795	107 58%	107 58%	107 88%	8199	8199	8222
20	102 65%	102 92%	102 28%	7823	7844	7794	107 58%	107 58%	107 88%	8199	8198	8221
T97	102 65%	102 92%	102 27%	7823	7844	7794	107 58%	107 58%	107 88%	8199	8198	8221
T98	102 65%	102 92%	102 27%	7823	7843	7794	107 58%	107 58%	107 88%	8199	8198	8221
T99	102 65%	102 92%	102 27%	7823	7843	7794	107 58%	107 57%	107 88%	8199	8198	8221
20 1	102 65%	102 92%	102 27%	7823	7843	7794	107 58%	107 57%	107 88%	8199	8198	8221
21	102 64%	102 92%	102 27%	7823	7843	7794	107 58%	107 58%	107 87%	8199	8198	8221
T100	-	-	102 26%	-	-	7793	-	-	107 87%	-	-	8221
21 1	-	-	102 25%	-	-	7793	-	-	107 87%	-	-	8221
22	102 64%	102 91%	102 26%	7822	7843	7793	107 58%	107 57%	107 87%	8198	8198	8221
T102	102 63%	-	-	7821	-	-	107 57%	-	-	8198	-	-
T103	102 62%	-	-	7820	-	-	107 57%	-	-	8198	-	-
T104	102 61%	-	-	7820	-	-	107 57%	-	-	8198	-	-
22 1	102 61%	-	-	7820	-	-	107 57%	-	-	8198	-	-
23	102 64%	102 91%	102 26%	7822	7843	7793	107 58%	107 57%	107 87%	8198	8198	8221
23 1	-	-	102 25%	-	-	7793	-	-	107 87%	-	-	8221
24	102 63%	102 90%	102 25%	7822	7842	7793	107 57%	107 57%	107 87%	8198	8198	8220
24 1	-	-	102 25%	-	-	7792	-	-	107 86%	-	-	8220
25	102 63%	102 90%	102 25%	7821	7842	7792	107 57%	107 57%	107 86%	8198	8198	8220
T108	-	102 88%	-	-	7840	-	-	107 56%	-	-	8197	-
T109	-	102 86%	-	-	7839	-	-	107 56%	-	-	8197	-
25 1	-	102 85%	-	-	7838	-	-	107 55%	-	-	8196	-
25 1 1	-	102 85%	-	-	7838	-	-	107 55%	-	-	8196	-
25 1 2	-	102 85%	-	-	7838	-	-	107 55%	-	-	8196	-
26	102 62%	102 90%	102 24%	7821	7842	7792	107 57%	107 57%	107 86%	8198	8198	8220
T113	-	-	102 23%	-	-	7791	-	-	107 86%	-	-	8220
26 1	-	-	102 23%	-	-	7791	-	-	107 86%	-	-	8220
27	102 62%	102 89%	102 23%	7821	7841	7791	107 57%	107 56%	107 86%	8198	8197	8220
27 1	102 62%	102 89%	102 23%	7821	7841	7791	107 57%	107 56%	107 86%	8198	8197	8220
27 1 1	102 62%	102 89%	102 23%	7821	7841	7791	107 57%	107 56%	107 86%	8198	8197	8220
T116	-	-	102 23%	-	-	7791	-	-	107 86%	-	-	8220
27 2	-	-	102 23%	-	-	7791	-	-	107 86%	-	-	8220
28	102 60%	102 87%	102 21%	7819	7840	7789	107 56%	107 56%	107 84%	8197	8197	8219
28 1	102 59%	-	-	7819	-	-	107 56%	-	-	8197	-	-
28 1 1	102 58%	-	-	7818	-	-	107 56%	-	-	8197	-	-
28 1 2	102 59%	-	-	7819	-	-	107 56%	-	-	8197	-	-
29	102 60%	102 87%	102 20%	7819	7840	7789	107 56%	107 55%	107 84%	8197	8197	8219
T119	102 59%	102 86%	102 19%	7818	7839	7788	107 55%	107 55%	107 83%	8197	8196	8218
T120	102 58%	102 86%	102 18%	7818	7839	7787	107 55%	107 55%	107 83%	8197	8196	8218
T121	102 58%	102 85%	102 18%	7818	7839	7787	107 55%	107 55%	107 83%	8197	8196	8218
30	102 58%	102 85%	102 17%	7818	7838	7786	107 55%	107 55%	107 83%	8197	8196	8218

Satirón

30 1	102 58%	-	-	7817	-	-	107 55%	-	-	8196	-	-
30 2	102 58%	-	102 16%	7817	-	7786	107 55%	-	107 82%	8197	-	8217
30 2 1	-	-	102 16%	-	-	7786	-	-	107 82%	-	-	8217
30 3	102 57%	-	102 15%	7817	-	7785	107 55%	-	107 82%	8196	-	8217
30 3 1	102 57%	-	-	7817	-	-	107 55%	-	-	8196	-	-
30 4	102 57%	-	102 15%	7817	-	7785	107 55%	-	107 82%	8196	-	8217
30 4 1	102 57%	-	-	7817	-	-	107 55%	-	-	8196	-	-
30 5	102 57%	-	102 15%	7817	-	7785	107 55%	-	107 82%	8196	-	8217
T123	-	-	102 15%	-	-	7784	-	-	107 82%	-	-	8217
T124	-	-	102 14%	-	-	7784	-	-	107 82%	-	-	8217
30 5 1	-	-	102 14%	-	-	7784	-	-	107 82%	-	-	8217
30 6	102 57%	-	102 15%	7817	-	7785	107 55%	-	107 82%	8196	-	8217
T126	102 57%	-	-	7817	-	-	107 55%	-	-	8196	-	-
30 6 1	102 57%	-	-	7817	-	-	107 55%	-	-	8196	-	-
30 7	102 57%	-	102 14%	7817	-	7784	107 55%	-	107 82%	8196	-	8217
T128	-	-	102 14%	-	-	7784	-	-	107 82%	-	-	8217
30 7 1	-	-	102 14%	-	-	7784	-	-	107 82%	-	-	8217
30 8	102 57%	-	102 14%	7817	-	7784	107 55%	-	107 82%	8196	-	8217
31	102 58%	102 85%	102 17%	7818	7838	7786	107 55%	107 55%	107 83%	8197	8196	8218
T130	102 58%	-	102 17%	7818	-	7786	107 55%	-	107 83%	8197	-	8217
31 1	102 58%	-	102 17%	7818	-	7786	107 55%	-	107 83%	8197	-	8217
T131	102 58%	102 85%	102 17%	7818	7838	7786	107 55%	107 55%	107 83%	8197	8196	8217
T132	102 58%	102 85%	102 17%	7818	7838	7786	107 55%	107 55%	107 83%	8197	8196	8217
32	102 58%	102 85%	102 17%	7818	7838	7786	107 55%	107 55%	107 83%	8197	8196	8217
32 1	-	-	102 17%	-	-	7786	-	-	107 82%	-	-	8217

	Voltaje para máxima Carga						Voltaje para mínima Carga					
	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
Máximo	103 39%	103 61%	103 17%	7879	7896	7862	107 80%	107 80%	106 24%	8215	8215	8249
Mínimo	102 56%	102 83%	102 14%	7816	7836	7784	107 54%	107 53%	107 82%	8196	8196	8217
CV	0 83%	0 78%	1 03%	63	60	78	0 25%	0 26%	0 42%	19	20	32

Tarifa Máxima												
	Voltaje para máxima Carga						Voltaje para mínima Carga					
Puntos	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
0	103.61%	103.39%	103.39%	7896	7879	7879	106.25%	106.47%	106.69%	8098	8114	8131
1	103.60%	103.38%	103.38%	7895	7879	7879	106.26%	106.48%	106.70%	8098	8115	8132
1.1	103.59%	-	-	7895	-	-	106.26%	-	-	8098	-	-
T2	103.58%	103.37%	103.37%	7894	7878	7878	106.26%	106.48%	106.70%	8098	8115	8132
2	103.57%	103.36%	103.36%	7893	7877	7877	106.27%	106.49%	106.71%	8099	8116	8132
T3	103.55%	-	-	7892	-	-	106.27%	-	-	8099	-	-
2.1	103.54%	-	-	7891	-	-	106.27%	-	-	8098	-	-
2.1.1	103.53%	-	-	7890	-	-	106.26%	-	-	8098	-	-
2.1.2	103.52%	-	-	7890	-	-	106.26%	-	-	8098	-	-
2.1.3	103.53%	-	-	7890	-	-	106.26%	-	-	8098	-	-
T7	103.53%	-	-	7890	-	-	106.26%	-	-	8098	-	-
2.2	103.52%	-	-	7889	-	-	106.26%	-	-	8098	-	-
3	103.57%	103.36%	103.35%	7893	7877	7877	106.27%	106.49%	106.71%	8099	8116	8132
4	103.55%	103.35%	103.35%	7892	7876	7876	106.27%	106.49%	106.71%	8099	8116	8132
4.1	103.52%	103.33%	103.32%	7890	7874	7874	106.27%	106.49%	106.71%	8099	8115	8132
T10	103.51%	103.31%	103.31%	7889	7874	7874	106.26%	106.49%	106.71%	8098	8115	8132
T11	103.51%	103.30%	103.30%	7888	7873	7873	106.26%	106.49%	106.70%	8098	8115	8132
4.1.1	103.50%	103.30%	103.29%	7888	7872	7872	106.26%	106.48%	106.70%	8098	8115	8132
4.2	103.50%	103.31%	103.31%	7888	7873	7873	106.26%	106.49%	106.71%	8098	8115	8132
T14	103.49%	-	-	7887	-	-	106.26%	-	-	8098	-	-
4.2.1	103.48%	-	-	7886	-	-	106.26%	-	-	8098	-	-
5	103.56%	103.35%	103.35%	7892	7877	7876	106.28%	106.50%	106.72%	8099	8116	8133
T16	-	-	103.34%	-	-	7875	-	-	106.72%	-	-	8133
5.1	-	-	103.33%	-	-	7875	-	-	106.72%	-	-	8133
6	103.56%	103.35%	103.34%	7892	7876	7876	106.28%	106.51%	106.72%	8100	8117	8134
T19	-	-	103.33%	-	-	7875	-	-	106.72%	-	-	8133
6.1	-	-	103.33%	-	-	7875	-	-	106.72%	-	-	8133
7	103.55%	103.34%	103.34%	7892	7876	7875	106.29%	106.51%	106.73%	8101	8117	8134
T21	103.54%	-	-	7891	-	-	106.29%	-	-	8101	-	-
7.1	103.54%	-	-	7891	-	-	106.29%	-	-	8100	-	-
8	103.55%	103.34%	103.33%	7891	7875	7875	106.30%	106.52%	106.74%	8101	8118	8135
8.1	103.54%	-	-	7891	-	-	106.30%	-	-	8101	-	-
9	103.54%	103.33%	103.33%	7891	7875	7875	106.31%	106.53%	106.75%	8102	8119	8135
T25	103.54%	103.32%	103.32%	7891	7874	7874	106.32%	106.54%	106.76%	8103	8119	8136
T26	103.53%	103.32%	103.32%	7890	7874	7874	106.33%	106.55%	106.77%	8103	8120	8137
10	103.53%	103.31%	103.31%	7890	7873	7873	106.34%	106.56%	106.78%	8104	8121	8138
10.1	103.50%	103.28%	103.28%	7888	7871	7871	106.34%	106.56%	106.78%	8104	8121	8137
T29	103.53%	103.30%	103.31%	7890	7873	7873	106.36%	106.58%	106.80%	8106	8122	8139
T30	103.53%	103.30%	103.31%	7890	7872	7873	106.38%	106.60%	106.81%	8107	8124	8140
11	103.53%	103.30%	103.31%	7890	7872	7873	106.39%	106.61%	106.83%	8108	8125	8141
T31	103.53%	103.30%	103.31%	7890	7872	7873	106.39%	106.61%	106.83%	8108	8125	8141
12	103.53%	103.30%	103.31%	7890	7872	7873	106.39%	106.61%	106.83%	8108	8125	8141
13	103.53%	103.30%	103.31%	7890	7872	7873	106.40%	106.62%	106.84%	8109	8126	8142
13.1	103.53%	103.29%	103.30%	7890	7872	7873	106.40%	106.62%	106.84%	8109	8126	8142
T33	103.55%	103.31%	103.32%	7891	7873	7874	106.44%	106.65%	106.87%	8111	8128	8145
14	103.56%	103.32%	103.33%	7892	7874	7874	106.47%	106.69%	106.90%	8114	8131	8147
T34	103.54%	103.29%	103.30%	7891	7872	7873	106.47%	106.68%	106.90%	8114	8130	8147
14.1	103.52%	103.28%	103.29%	7890	7871	7872	106.47%	106.68%	106.90%	8114	8130	8147
14.2	103.52%	103.27%	103.29%	7889	7871	7872	106.47%	106.68%	106.90%	8114	8130	8147
14.3	103.51%	103.26%	103.27%	7888	7869	7870	106.46%	106.68%	106.90%	8114	8130	8147
C37	103.57%	103.33%	103.34%	7893	7874	7875	106.49%	106.70%	106.92%	8115	8132	8148
T38	103.56%	103.32%	103.33%	7893	7874	7875	106.49%	106.70%	106.92%	8115	8132	8148
T39	103.56%	103.32%	103.32%	7892	7874	7874	106.48%	106.70%	106.92%	8115	8132	8148
T40	103.56%	103.31%	103.32%	7892	7873	7874	106.48%	106.70%	106.92%	8115	8132	8148
15	103.56%	103.31%	103.31%	7892	7873	7874	106.48%	106.70%	106.92%	8115	8132	8148
15.1	103.55%	103.31%	103.31%	7892	7873	7873	106.48%	106.70%	106.92%	8115	8132	8148
16	103.55%	103.30%	103.31%	7892	7873	7873	106.48%	106.70%	106.92%	8115	8132	8148
16.1	-	-	103.30%	-	-	7872	-	-	106.91%	-	-	8148
17	103.55%	103.30%	103.30%	7892	7873	7873	106.48%	106.70%	106.92%	8115	8132	8148
17.1	103.55%	103.30%	103.30%	7891	7872	7873	106.48%	106.70%	106.91%	8115	8132	8148
18	103.55%	103.30%	103.30%	7892	7873	7873	106.48%	106.70%	106.92%	8115	8132	8148

	Voltaje para máxima Carga						Voltaje para mínima Carga					
	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]	%Va	%Vb	%Vc	Va [V]	Vb [V]	Vc [V]
Máximo	103.61%	103.39%	103.39%	7896	7879	7879	106.49%	106.70%	106.92%	8115	8132	8148
Mínimo	103.48%	103.26%	103.27%	7886	7869	7870	106.25%	106.47%	106.69%	8098	8114	8131
CV	0.13%	0.13%	0.12%	10	10	9	0.23%	0.23%	0.22%	18	18	17

Anexo E

Cálculo Completo de Fallas

A continuación se presentarán tablas del análisis de fallas de las cuatro alimentadoras de la Subestación Alborada. La ubicación de los puntos que se presentan en el presente análisis son aquellos que se indican en los planos de las alimentadoras en el Anexo C.

[illegible]

15.01	0.838	2.481	2.344	1.781	1.952	1.805	1.836	1.854	1.871	1.887	1.902	1.917	1.931	1.945	1.958	1.971	1.984	1.996	2.008	2.019	2.029	2.038	2.046	2.053	2.059	2.064	2.068	2.071	2.073	2.075	2.076	2.077	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Anexo F

“Estadísticas de Fallas”

A continuación se presentarán tablas de datos que recoge la CATEG relacionados con las interrupciones que han sufrido las 4 alimentadoras de la subestación Alborada

[illegible]

[illegible]

Anexo G

“Índices de Calidad de Servicio Técnico”

A continuación se presentarán tablas de los índices de calidad de Servicio Técnico en un periodo mensual, para las 4 alimentadoras de la subestación Alborada.

Indice Alborada

Mes	Duración	KVA Inst.	Σ KVA FS	Σ KVA FS x TFS	FMIK	TTIK
Ene-03	0	0	0	0	0	0
Feb-03	0	0	0	0	0	0
Mar-03	0	0	0	0	0	0
Abr-03	0	0	0	0	0	0
May-03	00:27:00	11735.01	4959.99	2232.00	0.423	0.190
Jun-03	0	0	0	0	0	0
Jul-03	0	0	0	0	0	0
Ago-03	0	0	0	0	0	0
Sep-03	0	0	0	0	0	0
Oct-03	0	0	0	0	0	0
Nov-03	0	0	0	0	0	0
Dic-03	0	0	0	0	0	0
Ene-04	0	0	0	0	0	0
Feb-04	00:08:00	9300.00	416.32	55.51	0.045	0.006
Mar-04	00:08:00	10000.00	2475.93	330.12	0.248	0.033
Abr-04	0	0	0	1	0	0
May-04	00:32:00	9400.00	3934.94	2098.63	0.419	0.223
Jun-04	00:24:00	9300.00	3780.88	1512.35	0.407	0.163
Jul-04	00:09:00	9300.00	2618.57	392.79	0.282	0.042
Ago-04	0	0	0	0	0	0
Sep-04	0	0	0	0	0	0
Oct-04	0	0	0	0	0	0
Nov-04	0	0	0	0	0	0
Dic-04	1:06:00	11000	7006.79	4110.60	0.637	0.374
Ene-05	0	0	0	0	0	0
Feb-05	0	0	0	0	0	0
Mar-05	0	0	0	0	0	0
Abr-05	00:50:00	15963.00	4358.49	3632.08	0.273	0.228
May-05	0	0	0	0	0	0
Jun-05	0	0	0	0	0	0
Jul-05	0	0	0	0	0	0
Ago-05	00:11:00	14000.00	2331.07	427.36	0.167	0.031
Sep-05	00:20:00	8800.00	1894.57	631.52	0.215	0.072
Oct-05	0	0	0	1	0	0
Nov-05	1:05:00	13400.00	5946.43	2554.69	0.444	0.191
Dic-05	00:57:00	9000.00	2458.18	2335.27	0.273	0.259
Ene-06	0	0	0	0	0	0
Feb-06	0	0	0	0	0	0
Mar-06	0	0	0	0	0	0
Abr-06	0	0	0	0	0	0
May-06	00:18:00	10000.00	2319.15	695.75	0.232	0.070
Jun-06	0	0	0	0	0	0
Jul-06	0	0	0	0	0	0
Ago-06	0	0	0	0	0	0
Sep-06	00:19:00	10000	3445.02	1090.923	0.3445	0.1091
Oct-06	0	0	0	0	0	0
Nov-06	0	0	0	0	0	0

Año 2003

	FMIK	TTIK
Máximo	0.423	0.190
Promedio	0.035	0.016
Mínimo	0.000	0.000

Año 2004

	FMIK	TTIK
Máximo	0.637	0.374
Promedio	0.170	0.070
Mínimo	0.000	0.000

Año 2005

	FMIK	TTIK
Máximo	0.444	0.259
Promedio	0.114	0.065
Mínimo	0.000	0.000

Año 2006

	FMIK	TTIK
Máximo	0.345	0.109
Promedio	0.052	0.016
Mínimo	0.000	0.000



CIB-ESPOL

Indice Benjamin Carrión

Mes	Duración	KVA Inst.	Σ KVA FS	Σ KVA FS x TFS	FMIK	TTIK
Ene-03	0	0	0	0	0	0
Feb-03	0	0	0	0	0	0
Mar-03	0	0	0	0	0	0
Abr-03	0	0	0	0	0	0
May-03	0	0	0	0	0	0
Jun-03	0	0	0	0	0	0
Jul-03	0	0	0	0	0	0
Ago-03	01:10:00	17090.00	11724.46	4497.30	0.686	0.263
Sep-03	00:26:00	17090.00	8964.60	1942.33	0.525	0.114
Oct-03	0	0	0	0	0	0
Nov-03	0	0	0	0	0	0
Dic-03	0	0	0	0	0	0
Ene-04	00:17:15	16767.00	6736.16	1936.65	0.402	0.116
Feb-04	00:16:00	17600.00	3952.18	1053.91	0.225	0.060
Mar-04	00:42:00	17600.00	7902.42	2694.40	0.449	0.153
Abr-04	0	0	0	0	0	0
May-04	00:32:00	16000.00	5319.29	2836.95	0.332	0.177
Jun-04	00:24:00	16000.00	4920.34	1968.14	0.308	0.123
Jul-04	0	0	0	0	0	0
Ago-04	00:05:00	11500.00	1106.78	92.23	0.096	0.008
Sep-04	0	0	0	0	0	0
Oct-04	0	0	0	0	0	0
Nov-04	0	0	0	0	0	0
Dic-04	00:26:00	14000.00	3575.07	1549.20	0.255	0.111
Ene-05	00:29:00	14000.00	5874.08	2839.14	0.420	0.203
Feb-05	00:20:00	14000.00	5360.16	930.79	0.383	0.066
Mar-05	0	0	0	0	0	0
Abr-05	00:57:00	14000.00	6418.72	6097.78	0.458	0.436
May-05	0	0	0	0	0	0
Jun-05	00:04:00	12100.00	4860.00	324.00	0.402	0.027
Jul-05	0	0	0	0	0	0
Ago-05	00:33:00	14300.00	8566.00	4711.30	0.599	0.329
Sep-05	0	0	0	0	0	0
Oct-05	04:27:00	12000.00	7092.99	11663.65	0.591	0.972
Nov-05	00:30:00	11800.00	5435.24	2717.62	0.461	0.230
Dic-05	00:57:00	12800.00	3183.24	3024.08	0.249	0.236
Ene-06	00:35:00	14000.00	5188.01	3026.34	0.371	0.216
Feb-06	0	0	0	0	0	0
Mar-06	00:15:00	13000.00	4829.83	1207.46	0.372	0.093
Abr-06	0	0	0	0	0	0
May-06	00:18:00	13800.00	3277.40	983.22	0.237	0.071
Jun-06	0	0	0	0	0	0
Jul-06	0	0	0	0	0	0
Ago-06	0	0	0	0	0	0
Sep-06	0	0	0	0	0	0
Oct-06	0	0	0	0	0	0
Nov-06	0	0	0	0	0	0

Año 2003

	FMIK	TTIK
Máximo	0.686	0.263
Promedio	0.101	0.031
Mínimo	0.000	0.000

Año 2004

	FMIK	TTIK
Máximo	0.449	0.177
Promedio	0.172	0.062
Mínimo	0.000	0.000

Año 2005

	FMIK	TTIK
Máximo	0.599	0.972
Promedio	0.297	0.208
Mínimo	0.000	0.000

Año 2006

	FMIK	TTIK
Máximo	0.372	0.216
Promedio	0.089	0.035
Mínimo	0.000	0.000

Indice Satirión

Mes	Duración	KVA Inst.	Σ KVA FS	Σ KVA FS x TFS	FMIK	TTIK
Ene-03	0	0	0	0	0	0
Feb-03	0	0	0	0	0	0
Mar-03	0	0	0	0	0	0
Abr-03	0	0	0	0	0	0
May-03	0	0	0	0	0	0
Jun-03	0	0	0	0	0	0
Jul-03	0	0	0	0	0	0
Ago-03	0	0	0	0	0	0
Sep-03	0	0	0	0	0	0
Oct-03	0	0	0	0	0	0
Nov-03	01:58:00	9600.00	4257.90	8373.87	0.4435	0.872
Dic-03	00:26:00	9676.00	4151.34	1798.91	0.429	0.186
Ene-04	03:51:15	10000.00	9510.88	12494.87	0.9511	1.249
Feb-04	01:00:00	10000.00	10502.04	5243.94	1.0502	0.524
Mar-04	0	0	0	0	0	0
Abr-04	00:06:00	10600.00	2567.49	256.75	0.2422	0.024
May-04	00:32:00	10700.00	4625.00	2466.67	0.4322	0.231
Jun-04	00:24:00	10700.00	5195.62	2078.25	0.4856	0.194
Jul-04	02:34:00	10700.00	8190.61	10173.83	0.7655	0.951
Ago-04	0	0	0	0	0	0
Sep-04	0	0	0	0	0	0
Oct-04	00:35:00	12000.00	4549.32	2653.77	0.3791	0.221
Nov-04	00:41:00	12000.00	10150.92	2665.88	0.8459	0.222
Dic-04	03:13:15	12000.00	13085.27	10691.96	1.0904	0.891
Ene-05	02:14:00	11600.00	7359.94	7814.54	0.6345	0.674
Feb-05	00:20:00	11600.00	3806.25	1268.75	0.3281	0.109
Mar-05	0	0	0	0	0	0
Abr-05	0	0	0	0	0	0
May-05	03:09:00	12300.00	8817.70	12964.93	0.7169	1.054
Jun-05	0	0	0	0	0	0
Jul-05	00:19:00	6000.00	2601.95	823.95	0.4337	0.137
Ago-05	00:28:00	12600.00	6337.82	2957.65	0.503	0.235
Sep-05	00:26:00	9000.00	1693.37	733.79	0.1882	0.082
Oct-05	00:30:00	10000.00	2027.81	1013.91	0.2028	0.101
Nov-05	0	0	0	0	0	0
Dic-05	00:57:00	11200.00	1530.93	1454.38	0.1367	0.13
Ene-06	0	0	0	0	0	0
Feb-06	0	0	0	0	0	0
Mar-06	0	0	0	0	0	0
Abr-06	0	0	0	0	0	0
May-06	00:18:00	10400.00	2320.73	696.22	0.2231	0.067
Jun-06	00:04:00	10400.00	955.44	63.70	0.0919	0.006
Jul-06	00:42:00	9800.00	2093.69	1465.58	0.2136	0.15
Ago-06	0	0	0	0	0	0
Sep-06	0	0	0	0	0	0
Oct-06	0	0	0	0	0	0
Nov-06	0	0	0	0	0	0

Año 2003

	FMIK	TTIK
Máximo	0.444	0.872
Promedio	0.073	0.088
Mínimo	0.000	0.000

Año 2004

	FMIK	TTIK
Máximo	1.090	1.249
Promedio	0.520	0.376
Mínimo	0.000	0.000

Año 2005

	FMIK	TTIK
Máximo	0.717	1.054
Promedio	0.262	0.210
Mínimo	0.000	0.000

Año 2006

	FMIK	TTIK
Máximo	0.223	0.150
Promedio	0.048	0.020
Mínimo	0.000	0.000

Índice Tanca Marengo

Mes	Duración	KVA Inst.	Σ KVA FS	Σ KVA FS x TFS	FMIK	TTIK
Ene-03	0	0	0	0	0	0
Feb-03	0	0	0	0	0	0
Mar-03	0	0	0	0	0	0
Abr-03	0	0	0	0	0	0
May-03	0	0	0	0	0	0
Jun-03	0	0	0	0	0	0
Jul-03	0	0	0	0	0	0
Ago-03	0	0	0	0	0	0
Sep-03	0	0	0	0	0	0
Oct-03	0	0	0	0	0	0
Nov-03	00:23:00	16600.00	2094.74	802.98	0.1262	0.048
Dic-03	01:34:00	16760.00	4894.16	3740.54	0.292	0.223
Ene-04	0	0	0	0	0	0
Feb-04	00:44:15	16200.00	2479.87	1828.90	0.1531	0.113
Mar-04	0	0	0	0	0	0
Abr-04	0	0	0	0	0	0
May-04	00:32:00	13200.00	3586.66	1912.89	0.2717	0.145
Jun-04	00:24:00	13200.00	2649.73	1059.89	0.2007	0.08
Jul-04	00:28:00	7000.00	2157.05	1006.62	0.3082	0.144
Ago-04	0	0	0	0	0	0
Sep-04	00:12:00	9000.00	2544.66	508.93	0.2827	0.057
Oct-04	0	0	0	0	0	0
Nov-04	00:33:15	13900.00	1655.53	378.81	0.1191	0.027
Dic-04	00:26:00	8600.00	2193.61	950.56	0.2551	0.111
Ene-05	0	0	0	0	0	0
Feb-05	0	0	0	0	0	0
Mar-05	00:51:00	9000.00	2518.74	821.06	0.2799	0.091
Abr-05	00:21:00	3400.00	1198.81	419.58	0.3526	0.123
May-05	00:07:00	3600.00	810.68	94.58	0.2252	0.026
Jun-05	0	0	0	0	0	0
Jul-05	00:18:00	9800.00	1332.65	399.80	0.136	0.041
Ago-05	0	0	0	0	0	0
Sep-05	0	0	0	0	0	0
Oct-05	0	0	0	0	0	0
Nov-05	0	0	0	0	0	0
Dic-05	00:57:00	00:00:00	06:28:48	22:57:22	0.206	0.196
Ene-06	00:37:00	00:00:00	05:02:24	03:54:29	0.228	0.141
Feb-06	0	0	0	0	0	0
Mar-06	01:19:00	00:00:00	08:52:48	08:53:31	0.0657	0.087
Abr-06	0	0	0	0	0	0
May-06	00:18:00	00:00:00	08:38:24	21:47:31	0.2147	0.064
Jun-06	0	0	0	0	0	0
Jul-06	0	0	0	0	0	0
Ago-06	0	0	0	0	0	0
Sep-06	0	0	0	0	0	0
Oct-06	0	0	0	0	0	0
Nov-06	0	0	0	0	0	0

Año 2003

	FMIK	TTIK
Máximo	0.292	0.223
Promedio	0.035	0.023
Mínimo	0.000	0.000

Año 2004

	FMIK	TTIK
Máximo	0.308	0.145
Promedio	0.133	0.056
Mínimo	0.000	0.000

Año 2005

	FMIK	TTIK
Máximo	0.353	0.196
Promedio	0.100	0.040
Mínimo	0.000	0.000

Año 2006

	FMIK	TTIK
Máximo	0.228	0.141
Promedio	0.046	0.027
Mínimo	0.000	0.000

Índice Subestación

Mes	Duración	KVA Inst.	Σ KVA FS	Σ KVA FS x TFS	FMIK	TTIK
Ene-03	0	0	0	0	0	0
Feb-03	0	0	0	0	0	0
Mar-03	0	0	0	0	0	0
Abr-03	0	0	0	0	0	0
May-03	0.01875	11735.01	4959.99	2232.00	0.4227	0.19
Jun-03	0	0	0	0	0	0
Jul-03	0	0	0	0	0	0
Ago-03	0.0486111	17090	11724.46	4497.30	0.686	0.263
Sep-03	0.0180556	17090	8964.6	1942.33	0.5246	0.114
Oct-03	0	0	0	0	0	0
Nov-03	02:21:00	26200.00	6352.64	9176.85	0.2425	0.35
Dic-03	02:00:00	26436.00	9045.50	5539.45	0.3422	0.21
Ene-04	0.1725694	26767	16247.04	14431.51	0.607	0.539
Feb-04	02:08:15	53100.00	17350.41	8182.27	0.3267	0.154
Mar-04	0.0347222	27600	10378.35	3024.52	0.376	0.11
Abr-04	0.0041667	10600	2567.49	257.75	0.2422	0.024
May-04	02:08:00	49300.00	17465.89	9315.14	0.3543	0.189
Jun-04	01:36:00	49200.00	16546.57	6618.63	0.3363	0.135
Jul-04	03:11:00	27000.00	12966.23	11573.24	0.4802	0.429
Ago-04	0.0034722	11500	1106.78	92.23	0.0962	0.008
Sep-04	00:12:00	9000.00	2544.66	508.93	0.2827	0.057
Oct-04	0.0243056	12000	4549.32	2653.77	0.3791	0.221
Nov-04	01:14:15	25900.00	11806.45	3044.69	0.4558	0.118
Dic-04	05:11:15	45600.00	25860.74	17302.33	0.5671	0.379
Ene-05	0.1131944	25600	13234.02	10653.67	0.517	0.416
Feb-05	0.0277778	25600	9166.41	2199.54	0.3581	0.086
Mar-05	00:51:00	9000.00	2518.74	821.06	0.2799	0.091
Abr-05	02:08:00	33363.00	11976.02	10149.44	0.359	0.304
May-05	03:16:00	15900.00	9628.38	13059.51	0.6056	0.821
Jun-05	0.0027778	12100	4860	324.00	0.4017	0.027
Jul-05	00:37:00	15800.00	3934.60	1223.75	0.249	0.077
Ago-05	0.05	40900	17234.89	8096.31	0.4214	0.198
Sep-05	0.0319444	17800	3587.94	1365.32	0.2016	0.077
Oct-05	0.20625	22000	9120.8	12678.55	0.4146	0.576
Nov-05	0.0659722	25200	11381.67	5272.31	0.4517	0.209
Dic-05	03:48:00	00:00:00	14:52:48	7674.69	0.216	0.205
Ene-06	01:12:00	00:00:00	05:16:48	3560.50	0.3401	0.2
Feb-06	0	0	0	0.0	0	0
Mar-06	01:34:00	00:00:00	04:48:00	2375.83	0.2157	0.09
Abr-06	0	0	0	0.0	0	0
May-06	01:12:00	00:00:00	15:21:36	2665.09	0.2296	0.069
Jun-06	0.0027778	10400	955.44	63.70	0.0919	0.006
Jul-06	0.0291667	9800	2093.69	1465.58	0.2136	0.15
Ago-06	0	0	0	0	0	0
Sep-06	0.0131944	10000	3445.02	1090.92	0.3445	0.109
Oct-06	0	0	0	0	0	0
Nov-06	0	0	0	0	0	0

Año 2003

	FMIK	TTIK
Máximo	0.686	0.350
Promedio	0.185	0.094
Mínimo	0.000	0.000

Año 2004

	FMIK	TTIK
Máximo	0.607	0.539
Promedio	0.375	0.197
Mínimo	0.096	0.008

Año 2005

	FMIK	TTIK
Máximo	0.606	0.821
Promedio	0.373	0.257
Mínimo	0.202	0.027

Año 2006

	FMIK	TTIK
Máximo	0.345	0.200
Promedio	0.130	0.057
Mínimo	0.000	0.000

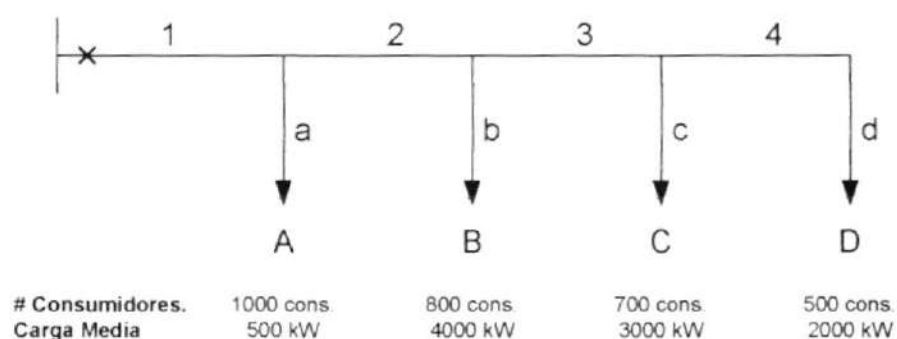


CIB-ESPOL

Anexo H

“Ejemplo de cómo calcular los índices de confiabilidad orientados al consumidor en una alimentadora”

APLICACIÓN A SISTEMAS RADIALES



- Tasa de falla= 0.1 fallas/km – año (TRONCAL)
- Tasa de falla= 0.2 fallas/km – año (RAMALES)
- Puntos de Carga: A, B, C, D

Componente	Longitud [km]	(falla/año)	(horas)
1	2	0.2	4
2	1	0.1	4
3	3	0.3	4
4	2	0.2	4
a	1	0.2	2
b	3	0.6	2
c	2	0.4	2
d	1	0.2	2



Observación: Como se observa en la ilustración de arriba, para cualquier componente fallado todos fallan, ya que la única protección es el breaker al inicio de la alimentadora.

Componente fallado	Punto de Carga A. B. C. D		
	λ (fallas/año)	r (horas)	U (horas/año)
1	0.2	4	0.8
2	0.1	4	0.4
3	0.3	4	1.2
4	0.2	4	0.8
a	0.2	2	0.4
b	0.6	2	1.2
c	0.4	2	0.8
d	0.2	2	0.4
TOTAL	2.2	2.73	6

Los resultados son los mismos para los puntos de carga A, B, C, D, ya que si uno falla, fallan todos.

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_i} = \frac{2.2 \times 1000 + 2.2 \times 800 + 2.2 \times 700 + 2.2 \times 500}{1000 + 800 + 700 + 500} = 2.2 \text{ Int / Cons - Año}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i} = \frac{6 \times 1000 + 6 \times 800 + 6 \times 700 + 6 \times 500}{1000 + 800 + 700 + 500} = 6.0 \text{ Hrs / Cons - Año}$$

$$CAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum \lambda_i N_i} = \frac{6 \times 1000 + 6 \times 800 + 6 \times 700 + 6 \times 500}{2.2 \times 1000 + 2.2 \times 800 + 2.2 \times 700 + 2.2 \times 500} = 2.73 \text{ Hrs / Cons - Int}$$

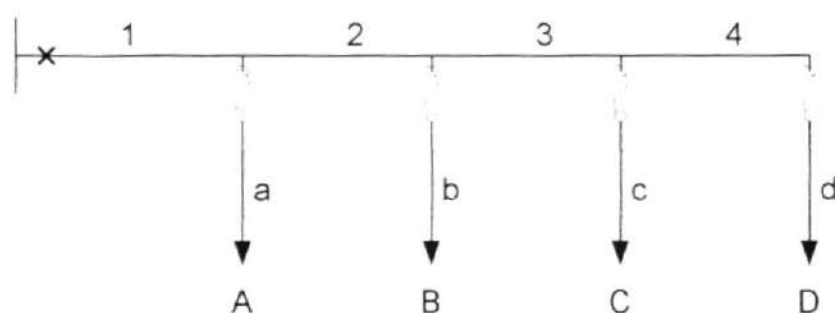
$$ASAI = \frac{\sum Ni \times 8760 - \sum Ui Ni}{\sum Ni \times 8760} = \frac{3000 \times 8760 - 6 \times 3000}{3000 \times 8760} = 0.99315$$

$$ASUI = 1 - ASAI = 1 - 0.99315 = 0.000685$$

$$ENS = \sum La_i U_i = 5000 \times 6 + 4000 \times 6 + 3000 \times 6 + 2000 \times 6 = 84 MWh / \text{Año}$$

$$AENS = \frac{\sum La_i U_i}{\sum N_i} = \frac{84 \times 10^6}{3 \times 10^3} = 28 kWh / \text{Cons} - \text{Año}$$

EFFECTO DE LA PROTECCION EN LOS LATERALES



Componente fallado	Carga A			Carga B			Carga C			Carga D		
	λ	r	U	λ	r	U	λ	r	U	λ	r	U
1	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8
2	0.1	4	0.4	0.1	4	0.4	0.1	4	0.4	0.1	4	0.4
3	0.3	4	1.2	0.3	4	1.2	0.3	4	1.2	0.3	4	1.2
4	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8
a	0.2	2	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
b	-	-	-	0.6	2	1.2	-	-	-	-	-	-
c	-	-	-	-	-	-	0.4	2	0.8	-	-	-
d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	2	0.4
TOTAL	1	3.60	3.6	1.4	3.14	4.4	1.2	3.33	4	1	3.60	3.6

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_i} = \frac{1.0 \times 1000 + 1.4 \times 800 + 1.2 \times 700 + 1.0 \times 500}{1000 + 800 + 700 + 500} = 1.15 \text{ Int / Cons - Año}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i} = \frac{3.6 \times 1000 + 4.4 \times 800 + 4.0 \times 700 + 3.6 \times 500}{1000 + 800 + 700 + 500} = 3.91 \text{ Hrs / Cons - Año}$$

$$CAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum \lambda_i N_i} = \frac{3.6 \times 1000 + 4.4 \times 800 + 4.0 \times 700 + 3.6 \times 500}{1 \times 1000 + 1.4 \times 800 + 1.2 \times 700 + 1 \times 500} = 3.39 \text{ Hrs / Cons - Int}$$

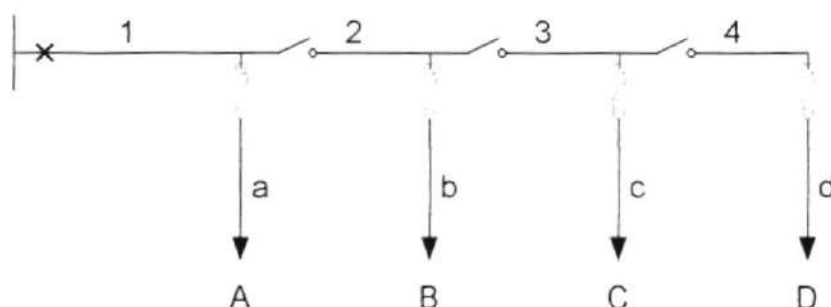
$$ASAI = \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N_i}{\sum N_i \times 8760} = \frac{3000 \times 8760 - 11730}{3000 \times 8760} = 0.999554$$

$$ASUI = 1 - ASAI = 1 - 0.999554 = 0.000446$$

$$ENS = \sum I a_i U_i = 5000 \times 3.6 + 4000 \times 4.4 + 3000 \times 4 + 2000 \times 3.6 = 54.8 \text{ MWh / Año}$$

$$AENS = \frac{\sum I a_i U_i}{\sum N_i} = \frac{54.8 \times 10^6}{3 \times 10^3} = 18.3 \text{ kWh / Cons - Año}$$

EFFECTO DE LOS SECCIONADORES



- Tiempo de aislamiento o desconexión: 0.5 horas

Componente fallado	Carga A			Carga B			Carga C			Carga D		
	λ	r	U	λ	r	U	λ	r	U	λ	r	U
1	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8
2	0.1	0.5	0.05	0.1	4	0.4	0.1	4	0.4	0.1	4	0.4
3	0.3	0.5	0.15	0.3	0.5	0.15	0.3	4	1.2	0.3	4	1.2
4	0.2	0.5	0.1	0.2	0.5	0.1	0.2	0.5	0.1	0.2	4	0.8
a	0.2	2	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
b	-	-	-	0.6	2	1.2	-	-	-	-	-	-
c	-	-	-	-	-	-	0.4	2	0.8	-	-	-
d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	2	0.4
TOTAL	1	1.50	1.5	1.4	1.89	2.65	1.2	2.75	3.3	1	3.60	3.6

SAIFI= 1.15 Int/Cons – Año

SAIDI= 2.58 Hrs/Cons – Año

CAIDI= 2.23 Hrs/Cons – Int

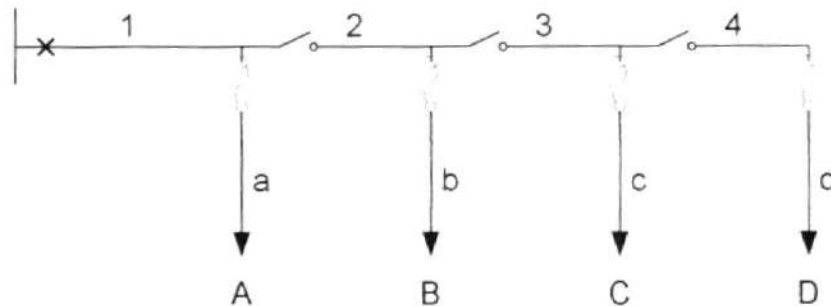
SAI= 0.999706

ASUI= 0.000294

ENS= 35.2 MWh/Año

AENS= 11.7 Kwh/Cons – Año

EFFECTO DE FALLAS EN LAS PROTECCIONES



- Tiempo de aislamiento= 0.5 horas.
- Asumir que los equipos que no han operado se los desconecta en 0.5 horas.
- Asumir que el equipo de protección opera con una probabilidad de 0.9. La contribución a la tasa de falla puede ser evaluada usando el concepto de expectativa matemática.

Tasa de falla = (Tasa de falla Fusible opera) x Prob(fusible opere) + (Tasa de falla Fusible falla) x Prob(fusible falla).

La contribución a la tasa de falla al punto de carga A por el lateral b es:

$$\text{Tasa de falla} = (0 \times 0.9) + (0.6 \times (1-0.9)) = 0.06$$

La contribución a la tasa de falla al punto de carga A por el lateral c es:

$$\text{Tasa de falla} = (0 \times 0.9) + (0.4 \times (1-0.9)) = 0.04$$

La contribución a la tasa de falla al punto de carga A por el lateral d es:

$$\text{Tasa de falla} = (0 \times 0.9) + (0.2 \times (1-0.9)) = 0.02$$

Componente fallado	Carga A			Carga B			Carga C			Carga D		
	λ	r	U	λ	r	U	λ	r	U	λ	r	U
1	0.20	4.00	0.80	0.20	4.00	0.80	0.20	4.00	0.80	0.20	4.00	0.80
2	0.10	0.50	0.05	0.10	4.00	0.40	0.10	4.00	0.40	0.10	4.00	0.40
3	0.30	0.50	0.15	0.30	0.50	0.15	0.30	4.00	1.20	0.30	4.00	1.20
4	0.20	0.50	0.10	0.20	0.50	0.10	0.20	0.50	0.10	0.20	4.00	0.80
a	0.20	2.00	0.40	0.02	0.50	0.01	0.02	0.50	0.01	0.02	0.50	0.01
b	0.06	0.50	0.03	0.60	2.00	1.20	0.06	0.50	0.03	0.06	0.50	0.03
c	0.04	0.50	0.02	0.04	0.50	0.02	0.40	2.00	0.80	0.04	0.50	0.20
d	0.02	0.50	0.01	0.02	0.50	0.01	0.02	0.50	0.01	0.20	2.00	0.40
TOTAL	1.12	1.39	1.56	1.48	1.82	2.69	1.3	2.58	3.35	1.12	3.27	3.66

SAIFI= 1.26 Int/Cons – Año

SAIDI= 2.63 Hrs/Cons – Año

CAIDI= 2.09 Hrs/Cons – Int

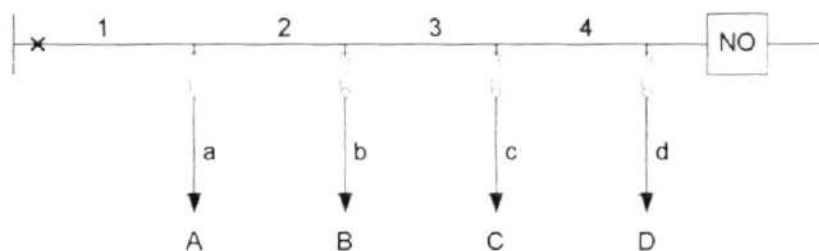
ASAI= 0.999700

ASUI= 0.000300

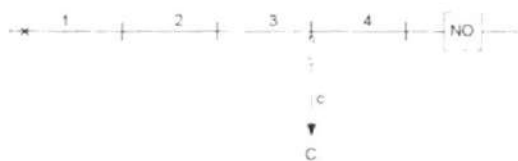
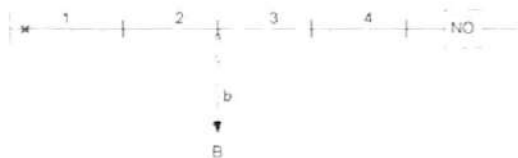
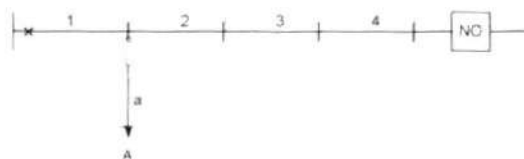
ENS= 35.9 MWh/Año

AENS= 12.0 Kwh/Cons – Año

EFFECTO DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA (SIN RESTRICCIONES).



- Asumir tiempo de desconexión y transferencia= 0.5hrs



Componente fallado	Carga A			Carga B			Carga C			Carga D		
	λ	r	U	λ	r	U	λ	r	U	λ	r	U
1	0.20	4.00	0.80	0.20	4.00	0.10	0.20	4.00	0.10	0.20	4.00	0.10
2	0.10	0.50	0.05	0.10	4.00	0.40	0.10	4.00	0.05	0.10	4.00	0.05
3	0.30	0.50	0.15	0.30	0.50	0.15	0.30	4.00	1.20	0.30	4.00	0.15
4	0.20	0.50	0.10	0.20	0.50	0.10	0.20	0.50	0.10	0.20	4.00	0.80
a	0.20	2.00	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
b	-	-	-	0.60	2.00	1.20	-	-	-	-	-	-
c	-	-	-	-	-	-	0.40	2.00	0.80	-	-	-
d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.20	2.00	0.40
TOTAL	1.00	1.50	1.50	1.40	1.39	1.95	1.20	1.88	2.25	1.00	1.50	1.50

SAIFI= 1.15 Int/Cons – Año

SAIDI= 1.80 Hrs/Cons – Año

CAIDI= 1.56 Hrs/Cons – Int

ASAI= 0.999795

ASUI= 0.000205

ENS= 25 MWh/Año

AENS= 8.40 Kwh/Cons – Año

EFFECTO DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA (CON RESTRICCIONES).

RESTRICCIONES:

- Cuando ocurre una falla durante el periodo de carga alta.
- El punto de alimentación del sistema (a donde se transfiere) tiene capacidad limitada.

TIEMPO DE INTERRUPCION:

(Tiempo de interrup. de Transf.) x Prob(Transferencia) + (Tiempo de interrup. de no Transf.) x Prob(No transferencia).

Considerando al punto de carga B debido a una falla en la sección 1 y asumiendo que la probabilidad de transferencia de carga es de 0.6.

Tiempo de interrupción= $(0.5 \times 0.6) + (4 \times 0.4) = 1.90 \text{ hrs.}$

Componente fallado	Carga A			Carga B			Carga C			Carga D		
	λ	r	U	λ	r	U	λ	r	U	λ	r	U
1	0.20	4.00	0.80	0.20	1.90	0.38	0.20	1.90	0.38	0.20	1.90	0.38
2	0.10	0.50	0.05	0.10	4.00	0.40	0.10	1.90	0.19	0.10	1.90	0.19
3	0.30	0.50	0.15	0.30	0.50	0.15	0.30	4.00	1.20	0.30	1.90	0.57
4	0.20	0.50	0.10	0.20	0.50	0.10	0.20	0.50	0.10	0.20	4.00	0.80
a	0.20	2.00	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
b	-	-	-	0.60	2.00	1.20	-	-	-	-	-	-
c	-	-	-	-	-	-	0.40	2.00	0.80	-	-	-
d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.20	2.00	0.40
TOTAL	1.00	1.50	1.50	1.40	1.59	2.23	1.20	2.23	2.67	1.00	2.34	2.34

Anexo I

Coordinación de Protecciones de sobrecorriente

El Estándar de IEEE 242 nos dice que el sistema de protección y la coordinación es el más importante y menos apreciado y entendido de los aspectos en el diseño de los sistemas eléctricos de potencia.

Esto es la selección apropiada, la aplicación y la coordinación de ese grupo de componentes que constituyen al ya mencionado.

En este anexo, se estudiarán en particular, los tres tipos de coordinación de protecciones más utilizados y propios de los Sistemas de Distribución, como son, los fusibles, los reconectores automáticos y los seccionalizadores. A pesar de que estos últimos están siendo dejados de lado por algunas empresas de distribución.

Se empezara por dar ciertos conceptos necesarios y fundamentales de la protección de los sistemas eléctricos. Luego se darán las bases para obtener una coordinación segura y confiable. Finalmente se rediseñara el nuevo sistema de protección para cada una de las alimentadoras de la Subestación Alborada.

Introducción.

El sistema de protección

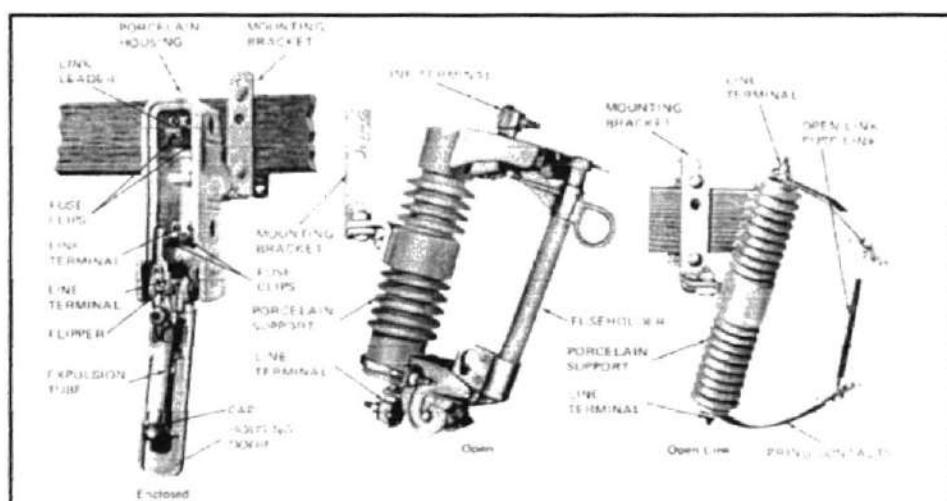
El sistema de protección de los equipos y/o instalaciones del sistema eléctrico tiene como objetivos:

1. Detectar las fallas para aislar los equipos o instalaciones falladas tan pronto como sea posible (velocidad).
2. Detectar y alertar sobre las condiciones indeseadas de los equipos para dar las alertas necesarias; y de ser el caso, aislar al equipo fallado del sistema (selectividad).
3. Despejar la falla contando con una protección local y en caso de una mala operación de la misma contar con una protección de respaldo (confiabilidad).
4. Despejar la falla mediante un sistema fácil y sencillo sin presentar esquemas u operaciones complejas.

Fusibles

El fusible es el medio más sencillo de interrupción automática de corriente en caso de cortocircuitos o sobrecargas. En baja tensión se encuentran hasta de 600 A y de 250 a 600 Voltios. En este rango, la exigencia es que soporten continuamente la corriente nominal y que se fundan en un tiempo máximo de 5 minutos con un 15% de sobrecarga. En alta tensión, se encuentran hasta de 400 Amperes y de 10 a 138 kV, con potencias de 0.1 a 20 MVA. En

general, un fusible (observe la siguiente figura) está constituido por un elemento sensible a la corriente (en adelante, elemento fusible) y un mecanismo de soporte de éste.



El elemento fusible se funde cuando circula por él, una corriente peligrosa durante un tiempo determinado. El mecanismo de soporte establece rápidamente una distancia eléctrica prudente a fin de minimizar el tiempo que dura el arco.

Las características de un fusible varían de acuerdo al material usado en el elemento fusible y a su disposición. El tiempo y la intensidad mínima de fusión del elemento dependen del ambiente en que se encuentre y de la intensidad de la corriente en el instante anterior a la sobrecarga.



CIB-ESPOL

En todo caso las curvas características de tiempo-corriente se dan para temperaturas ambientes de 20 a 25° C y se indican para corrientes que producen fusión en 5 minutos o menos, partiendo de fusibles sin carga.

La curva característica de un fusible se puede separar en las siguientes partes, tal como se muestra en la siguiente figura:

a. *Curva de tiempo mínimo de fusión*: Relaciona la corriente con el tiempo mínimo al cual el fusible se funde.

b. *Curva de tiempo máximo de fusión o de aclaramiento*: Se obtiene adicionando un margen de tolerancia (en corriente) a la curva "a".



Coordinación Fusible- Fusible

Antes de comenzar con la coordinación entre las curvas de los fusibles, se procederá a seleccionar la capacidad del mismo mediante los siguientes criterios:

1. Deben ser capaces de soportar (sin quemarse) la corriente nominal incrementada en un margen de seguridad, que permita sobrecargas controladas. (en el caso de los transformadores).
2. Si el fusible va a proteger un ramal (monofásico, 2 fases o trifásico) es necesario considerar un factor de crecimiento de carga para dicha sección.
3. Puesto que no son cargas coincidentes, es muy importante considerar un factor de coincidencia (FC) para cada uno de los ramales a proteger. Se utilizara el siguiente criterio para la elección de dicho factor:
 - $FC=1$; para ramales con menos de 12 transformadores de distribución.
 - $FC=0.8$; para ramales con mas de 12 transformadores de distribución.
4. Una vez obtenido este valor de corriente, nos basamos en la siguiente tabla para la selección del fusible tipo K a utilizar.

H Rating	Continuous Current (A)	N Rating	Continuous Current (A)	IEE-NEMA K or T Rating	Continuous Current (A)	IEE-NEMA K or T Rating	Continuous Current (A)
1H	1	25	25	6	9	40	60*
2H	2	30	30	8	12	50	75*
3H	3	40	40	10	15	65	95
5H	5	50	50	12	18	80	120-
8H	8	60	60	15	23	100	150-
		75	75	20	30	140	190
N Rating		85	85	25	38	200	200
5	5	100	100	30	45		
8	8	125	125				
10	10	150	150	* Only when used in a 100- or 200-ampere cutout.			
15	15	200	200	- Only when used in a 200-ampere cutout.			
20	20			Limited by continuous current rating of cutout.			

(Capacidad de corriente permanente de diversos tipos de elementos fusible)

Por ejemplo, si con los criterios a utilizar nos da una corriente de 30 amperios, entonces se escoge uno de 20K. Sin embargo, dentro de este rango de valores para los de tipo K, existen valores preferidos y no preferidos, los cuales se los muestra en la siguiente tabla:

VALORES COMERCIALES

PREFERIDOS	NO PREFERIDOS
6	8
10	12
15	20
25	30
40	50
65	80
100	
140	
200	

*Se va a utilizar solo los preferidos

Una vez seleccionado los valores de los fusibles, la coordinación se lleva a cabo comparando las curvas respectivas. Para una falla delante del fusible

de protección (1) hay que asegurar que este funda primero que el fusible del respaldo (2). Para ello, es práctica común tomar las condiciones más desfavorables; es decir, tomar la curva de mínimo tiempo de fusión para el fusible de respaldo y la de tiempo total de despeje para el fusible protector.

Para todas las corrientes de falla la curva de (2) debe quedar por arriba de la de (1). Un criterio ampliamente utilizado establece que el tiempo total de despeje del principal *no debe exceder el 75% del tiempo mínimo del fusible de respaldo*. Este factor compensa los efectos tales como corriente de carga, temperatura ambiente, o fatiga del elemento fusible, causada por el efecto de calentamiento de corrientes de falla que han pasado por el fusible pero no han sido lo suficientemente elevadas para fundirlo.

Cuando se trata de coordinar solamente fusibles entre sí, se pueden utilizar sus curvas de tiempo-corriente. *Sin embargo, es más cómodo trabajar con tablas de coordinación como las que se indican en la siguiente tabla*

Estas tablas indican el valor máximo de la corriente de falla a la cual coordinan los fusibles respectivos y ellas están basadas en las curvas de máximo tiempo de aclaramiento del fusible local y el 75% de la curva de tiempo mínimo de fusión del fusible de respaldo.

FUSIBLES DE PRO- TECCION	FUSIBLES PROTEGIDOS (RESPALDO)													
	5K	10K	12K	15K	20K	25K	30K	40K	50K	65K	80K	100K	140K	200K
	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MAXIMA DE COORDINACION (AMPERES)													
6K		190	350	510	650	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
8K			210	440	650	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
10K				300	540	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
12K					320	710	1050	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
15K						430	870	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
20K							500	1100	1700	2200	2800	3900	5800	9200
25K								660	1350	2200	2800	3900	5800	9200
30K									850	1700	2800	3900	5800	9200
40K										1100	2200	3900	5800	9200
50K											1450	3500	5800	9200
65K												2400	5800	9200
80K													4500	9200
100K													2000	9100
140K														4000

(Coordinación entre fusibles tipo K según EEI-NEMA)

Con esto se tiene definido cada uno de los pasos para una correcta coordinación.

Es de gran importancia saber que por ningún motivo se ubicará fusibles en la troncal de cada una de las alimentadoras debido a que una posible transferencia de carga podría hacer operar al fusible inadecuadamente.

Reconectador

En los sistemas de distribución aérea, entre el 80 y el 95 % de las fallas son de tipo temporal; es decir, duran desde unos pocos ciclos hasta unos segundos. Las causas típicas de fallas temporales son: Contacto de líneas empujadas por el viento, ramas de árboles que tocan líneas energizadas, descargas de rayos sobre aisladores, pájaros y en general pequeños animales que ocasionan un cortocircuito en una línea con una superficie conectada a tierra, etc.

Aunque estas fallas son transitorias hacen operar fusibles e interruptores automáticos. Esto trae consigo demoras en la reposición del servicio, las que pueden ser bastante prolongadas, especialmente en el caso de zonas apartadas ya que es necesario llegar al lugar donde se produjo el problema y reponer el fusible o accionar el interruptor. Todo lo anterior justifica disponer de un dispositivo de protección que desconecte rápidamente antes de que actúen los elementos mencionados y que a su vez, en forma automática reconecte el sistema; este dispositivo es el reconectador automático.

El reconectador es un interruptor con reconexión automática, instalado preferentemente en la subestación. Es un dispositivo de protección capaz de detectar una sobrecorriente, interrumpirla y reconectar automáticamente para reenergizar la línea. Está dotado de un control que le permite realizar varias reconexiones sucesivas, pudiendo además, variar el intervalo y la secuencia

de estas reconexiones. De esta manera, si la falla es de carácter permanente el reconectador abre en forma definitiva después de cierto número programado de operaciones, de modo que aísla la sección fallada de la parte principal del sistema.

La tarea principal de un reconectador entonces es discriminar entre una falla temporal y una de carácter permanente, dándole a la primera tiempo para que se aclare sola a través de sucesivas reconexiones; o bien, sea despejada por el elemento de protección correspondiente instalado aguas abajo de la posición del reconectador, si esta falla es de carácter permanente.



CIB-ESPOL

(Reconectador Cooper Mc Graw Edison tipo VWE)

Coordinación Reconectador-Fusible

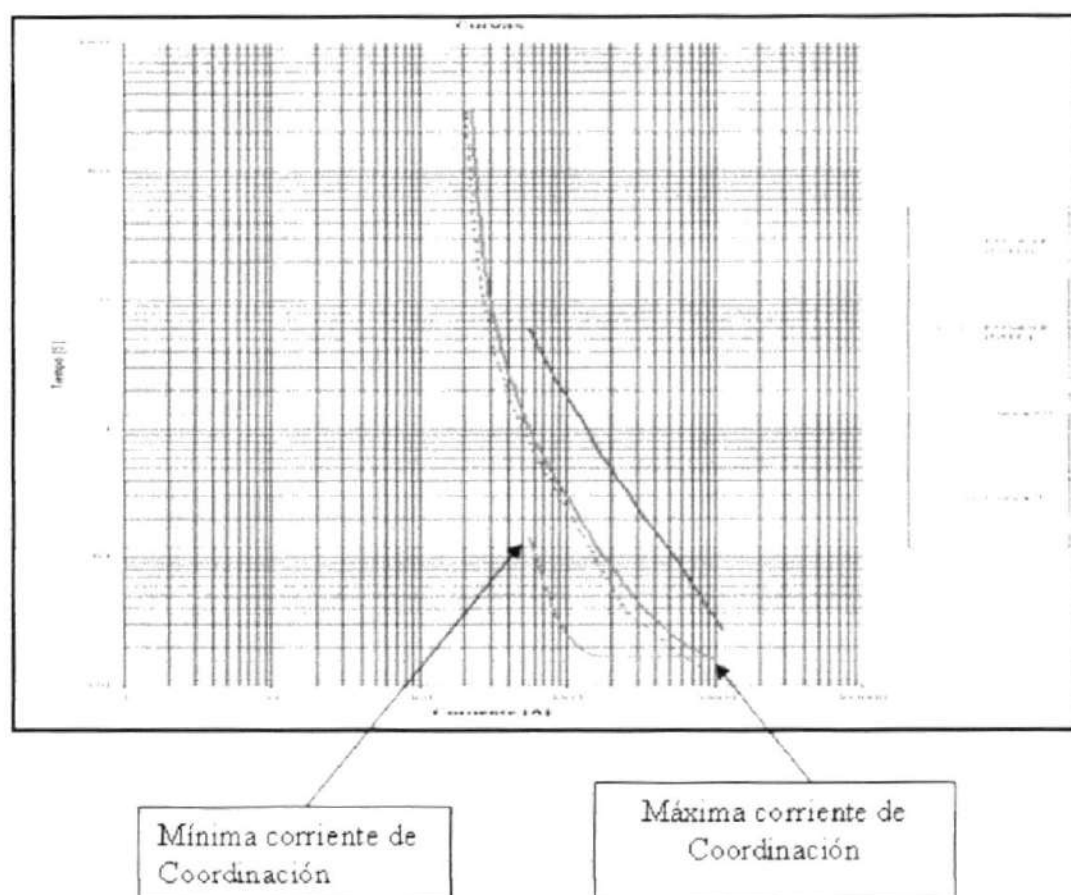
El procedimiento para coordinar un reconectador lado fuente y un fusible lado carga se lleva a cabo teniendo en cuenta las siguientes reglas:

- El tiempo mínimo del fusible debe ser mayor que la curva rápida del reconectador por el factor de multiplicación.
- El tiempo total del fusible debe ser menor que la curva lenta del reconectador sin la aplicación de factor de multiplicación.

Reclosing time in Cycles	Multiplies for:	
	One fast operation	Two fast operations
25-30	1.25	1.80
60	1.25	1.35
90	1.25	1.35
120	1.25	1.35

The K factor is used to multiply the time values of the recloser fast curve (Factor K)

En otras palabras, la curva rápida del reconectador debe actuar antes que el fusible empiece a fundirse. Para establecer cual es la corriente máxima de coordinación buscamos el punto donde se intersecta la curva rápida del reconectador con la curva del mínimo tiempo de fusión del fusible.



Para seguir con la secuencia lógica de coordinación, se debe cumplir que el fusible debe operar antes que la curva lenta del reconectador, dejando así aislado el sector fallado.

Con esto se tiene definido los criterios para la coordinación y ajustes del reconectador.

SECCIONALIZADORES

El seccionalizador es un dispositivo de protección que aísla automáticamente las fallas en las líneas de distribución. Se instala necesariamente aguas abajo de un equipo con reconexión automática.

Para fallas ocurridas dentro de su zona de protección, el seccionalizador cuenta las aperturas y cierres efectuadas por el equipo dotado de reconexión automática instalado aguas arriba y de acuerdo a un ajuste previo, abre en el momento en que el reconectador está abierto; es decir, el seccionalizador cuenta los impulsos de corriente de falla que fluyen en el sistema, ajustándose para que abra después de un determinado número de pulsos que pueden ser uno, dos o tres como máximo.

Siempre debe ajustarse para un pulso menos que el número de operaciones del reconectador asociado. Se usan a menudo en lugar de desconectadores fusibles en arranques donde es necesario reponer el servicio rápidamente y *donde no se justifica el uso de otro reconectador en serie.*

No tienen curvas características de operación tiempo-corriente y se coordinan con los reconectadores, como se verá más adelante, simplemente por sus corrientes nominales y sus secuencias de operación.

REQUISITOS BASICOS

Los requisitos básicos que deben considerarse para su adecuada aplicación son los siguientes:

- El dispositivo de protección con reconexión automática, ubicado aguas arriba del seccionalizador, debe tener la sensibilidad suficiente para detectar la corriente mínima de falla en toda la zona asignada para ser protegida por él.
- La corriente mínima de falla del sector de la línea que debe ser aislada por el seccionalizador debe exceder a su corriente mínima de operación.
- El seccionalizador debe ajustarse como máximo para que abra en una operación menos que el dispositivo con reconexión automática ubicado aguas arriba.
- No debe excederse los valores de corrientes máximas de corta duración del seccionalizador.
- Puede ser usado en serie con otros dispositivos de protección, pero no entre dos reconectores.

VENTAJAS

Las ventajas de usar seccionalizadores de distribución son:



CIB -ESPOL

- Cuando se emplean en lugar de un reconectador, resultan de un costo de inversión inicial y de mantención menor.
- Pueden ser utilizados para desconectar o conectar líneas de carga, siempre que éstas estén dentro de su rango admisible.

COORDINACION RECONECTADOR-SECCIONALIZADOR

Para coordinar un reconectador con un seccionalizador no se requiere hacer análisis de curvas de tiempo-corriente debido a que el seccionalizador no tiene este tipo de curvas; sólo cuenta pulsos de corriente de falla y se ajusta para que abra luego de un determinado número de pulsos, como máximo, uno menos que el número de operaciones del reconectador ubicado aguas arriba y en el momento en que éste está abierto.

Anexo J

Coordinación de Protecciones de Sobrevoltaje

Existen muchos orígenes de sobrevoltaje en nuestro sistema eléctrico tales como conexión de capacitores, maniobra de disyuntores, efectos de ferresonancia, etc. pero el de principal estudio es el debido a descargas atmosféricas. A través de los años se han protegido a los equipos de distribución con los pararrayos sin embargo eran ubicados en ciertos puntos que muchas veces no eran estratégicos ni confiables.

El incremento de adquisición de ciertos dispositivos y equipos tales como computadoras y la infinidad de dispositivos electrónicos tan sensibles a estos fenómenos han hecho surgir la necesidad de adquirir un buen sistema de coordinación contra los sobrevoltajes ubicándolos de tal manera que su efecto sea eficientemente minimizado.

La coordinación de aislamiento es el proceso de comparar la capacidad de aislamiento de impulsos de sobretensión de los equipos con el voltaje que puede ocurrir a través del pararrayos.

Es necesario e importante determinar el aislamiento adecuado para la máxima descarga requerida y que esta a su vez no afecte al aislamiento entre conductores y considerar un margen de protección.

SELECCIÓN DEL PARARRAYOS

Existen tres criterios básicos para la selección del pararrayos, los cuales son:

- Determinar el máximo voltaje continuo del sistema.
- Conocer sus características de disipación de energía en base a la duración y magnitud de los sobrevoltaje del sistema.
- Seleccionar su distancia de fuga.

Recomendaciones para la selección del Voltaje

Para la selección del Voltaje del pararrayos es necesario considerar el voltaje del sistema, a continuaciones presenta una tabla recomendada por la IEEE para la selección del voltaje del pararrayos.

Commonly Applied Voltage Ratings of the VariGAP Type AZS Arrester

System Voltage (kV rms)		Recommended Arrester Rating* (kV rms)		
Nominal	Maximum	Four-Wire Wye Multi-Grounded Neutral	Three-Wire Wye Solidly Grounded Neutral	Delta and Ungrounded Wye
2.4	2.54	—	—	3
4.16Y/2.4	4.4Y/2.54	3	6	6
4.16	4.4	—	—	6
4.8	5.08	—	—	6
6.9	7.26	—	—	9
8.32Y/4.8	8.8Y/5.08	6	9	—
12.0Y/6.93	12.7Y/7.33	9	12	—
12.47Y/7.2	13.2Y/7.62	9	15	—
13.2Y/7.62	13.97Y/8.07	10	15	—
13.8Y/7.97	14.52Y/8.38	10	15	—
13.8	14.52	—	—	18
20.76Y/12.0	22Y/12.7	15	21	—
22.86Y/13.2	24.2Y/13.87	18	24	—
23	24.34	—	—	30
24.94Y/14.4	26.4Y/15.24	18	27	—
27.6Y/15.93	29.3Y/16.89	21	30	—
34.5Y/19.92	36.5Y/21.08	27	36	—
46Y/26.6	48.3Y/28	36	—	—

*Per IEEE Std. C62.22 [lower ratings may be used if fault durations are not to exceed the temporary overvoltage (TOV) capability of the arrester.]

Para nuestro caso el voltaje de distribución es de 13.8 KV por lo que el pararrayo a escoger es de 10KV.

El siguiente paso es la elección de su máximo voltaje continuo de operación (MCOV). Para un pararrayos de 10KV le corresponde un MCOV de 8.4KV.

Protective Characteristics

Arrester Rating (kV rms)	MCOV (kV rms)	Minimum 60 Hz Sparkover (kV crest/2)	Front-of-wave Protective Level ¹ (kV crest)	Maximum Discharge Voltage (kV crest) 8/20 μ s Current Wave					
				1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	7.0	12/14	9.9	10.8	11.8	13.9	15.9	19.7
6	5.10	14.0	23/26	18.3	19.8	21.8	25.5	29.2	36.1
9	7.65	16.5	25/28	19.9	21.5	23.7	27.7	31.7	39.3
10	8.40	16.5	28/32	22.4	24.3	26.7	31.2	35.8	44.3
12	10.20	21.0	37/43	29.8	32.3	35.5	41.6	47.6	59.0
15	12.70	25.0	41/47	32.8	35.5	39.1	45.7	52.3	64.8
18	15.30	31.0	49/57	39.8	43.1	47.4	55.4	63.5	78.6
21	17.00	34.0	53/61	42.5	46.0	50.6	59.2	67.8	84.0
24	19.50	39.0	65/75	52.7	57.1	62.7	73.4	84.1	104.1
27	22.00	45.0	74/85	59.7	64.6	71.0	83.1	95.2	117.9
30	24.40	50.0	81/94	65.6	71.1	78.1	91.4	104.7	129.7
36	29.00	60.0	93/108	75.3	81.6	89.7	104.9	120.1	148.8

Uno de los grandes problemas a la hora de seleccionar un pararrayo, es pensar que su capacidad térmica es lo suficientemente alta como para soportar sobrevoltajes temporales de frecuencia industrial. Si bien es cierto que el pararrayos puede descargar millones de voltios, este lo hace a tiempos sumamente pequeños. Es por esta razón que a los supresores de voltajes se los debe elegir de tal manera que no operen cuando se producen sobrevoltajes temporales.

Características de Contaminación

La IEC 60815 define cuatro niveles de contaminación (entre moderada y muy fuerte) y estipula la fuga requerida para revestimientos de porcelana indicada en la tabla adjunta.

Nivel de contaminación	Fuga específica en mm/kV (U_m)
Moderado (L)	15
Medio (M)	20
Alto (H)	25
Muy alto (V)	31

Donde KV (UM) es el voltaje entre fases del sistema.

Considerando un nivel de contaminación medio para Guayaquil, la distancia de fuga recomendada del pararrayos deberá ser:

$$Distancia = 20 * 13.8 = 276mm$$

UBICACIÓN DEL APARTARRAYOS

Las descargas estáticas producen en los conductores una onda de sobrevoltaje viajera en los dos sentidos, en su viaje a tierra. Cuando esta onda llega a una discontinuidad en el circuito, que puede ser un ramal sin uso, la onda de voltaje se refleja y en ciertos lugares puede llegar a ser de hasta del doble de la amplitud original. Por lo anterior, los apartarrayos, que

son aparatos eléctricos que dirigen a tierra los sobrevoltajes, deben colocarse uno por fase y lo más cerca posible del equipo a proteger, como transformadores, interruptores, reguladores de voltaje, etc. para ser mayor su efectividad.

Los apartarrayos están definidos por sus características de "flameo" y por su voltaje cuando entran en operación. Estas características se coordinan con las de los otros aislamientos para definir la clase de nivel básico de impulso (BIL).

La NOM-001-SEDE-2005 [1.3] {280-24} observa que el conductor de puesta a tierra directa del apartarrayos de un sistema de distribución, podrá interconectarse al neutro del siempre y cuando sea un sistema secundario multiterrizado.

Protección de las Subestaciones



CIB-ESPOL

Las subestaciones de potencia son protegidas por puntas pararrayos colocadas sobre las estructuras, y por los hilos de guarda de las líneas que rematan en la subestación. Los hilos de guarda están conectados directamente a la malla de tierra de la subestación.

En el caso de las estructuras metálicas tipo rejilla, la mismas estructuras forman una *jaula de Faraday de protección*.

Las subestaciones de distribución no son protegidas contra una descarga atmosférica directa, porque se ha comprobado que los rayos caen mayormente sobre las líneas.

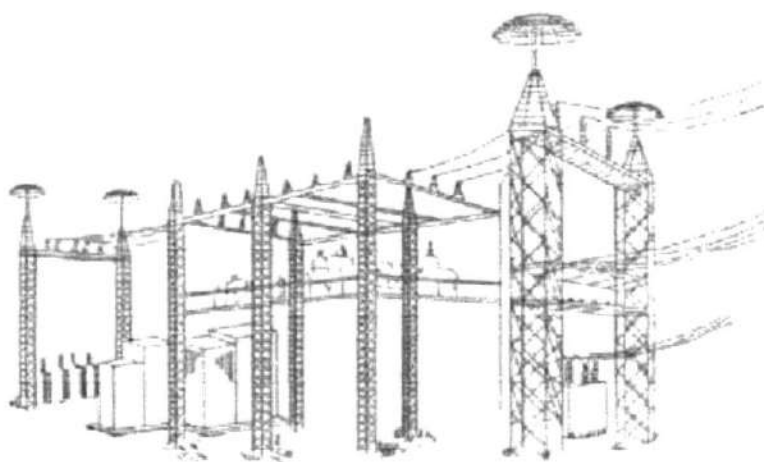


Fig. 8. Substation Dissipation Array¹² installation plan.

PROTECCIÓN EN LAS LÍNEAS PRIMARIAS DE DISTRIBUCIÓN

Las líneas de Distribución no están protegidas y por lo tanto son tan susceptibles a las descargas atmosféricas. La protección de las Líneas Primarias de Distribución contra descargas atmosféricas de líneas aéreas de energía eléctrica se logra colocando un hilo puesto a tierra sobre ellas, llamado hilo de guarda y mediante apartarrayos. El ángulo de protección obtenido al colocar un hilo de guarda es de 30 grados siempre y cuando el hilo se conecte a una tierra de baja resistencia (25 ohms o menos). Hay que notar que esta protección no protege a los equipos.

Para líneas de distribución, el uso únicamente del hilo de guarda es económicamente aceptable en donde el terreno por donde pasa la línea tiene una baja resistividad y donde el nivel isoceráunico es relativamente bajo.

Otra manera de proteger a las Líneas de distribución es ubicar apartarrayos en la fase que se encuentra más alta o en las 3 fases cada 360 m. (1200 ft) aproximadamente.

Protección de los Reconectores y Seccionalizadores

Puesto que el reconector y el seccionalizador tienen el mismo voltaje y el nivel de aislamiento, los requisitos de los pararrayos deberían coincidir en cuanto se refieren a las características protectoras.

El margen de Protección para estos equipos es el siguiente:

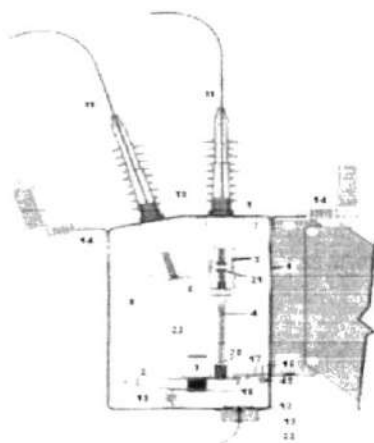
$$MP2 = \frac{\text{Nivel Básico de Aislamiento del Equipo}}{\text{Voltaje de Descarga del pararrayos}} - 1$$

Por ejemplo si tuviéramos un reconector cuyo BIL es de 150KV y con el apartarrayos del ejemplo anterior (18KV) entonces:

$$MP2 = \frac{150 \text{ Kv}}{60 \text{ Kv}} - 1 = 3.8 = 380\%$$

La norma ANSI considera un porcentaje del 20% del pararrayos, en este caso estaría en un margen considerable y confiable.

En cuanto a su localización, se los ubica en el lado de la fuente para reconectores hidráulicos (Tipo 4E), y en el lado de la fuente y de la carga para los electrónicos (WVE).



Anexo K

Rediseño del sistema de protecciones basado en la calidad del servicio

SUBESTACION ALBORADA

Selección del Fusible en los transformadores de distribución

Para la selección del fusible del transformador, primero procederemos a calcular su corriente nominal.

$$S_{3\Phi} = \sqrt{3} * V_{ll} * I_l \quad (\text{Transformadores trifásicos})$$

$$S_{1\Phi} = V * I_l \quad (\text{Transformadores monofásicos})$$

Con estos valores obtenidos para los diferentes valores de potencia se procede a multiplicarle por un factor de sobrecarga tal como se menciona en la elección de la capacidad del fusible para transformadores. (ver anexo A)

Finalmente se selecciona el valor del fusible hilo tipo K correspondiente, con lo que se obtiene los siguientes valores para cada una de los transformadores usados en esta subestación.

Selección de los fusibles de los transformadores

MONOFASICOS

TRANSFORMADOR CAPACIDAD (KVA)	FUSIBLES AMPERIOS	FACTOR SOBRECARGA	CORRIENTE FUSIBLE	VALOR FUSIBLE
10	1,312159703	1,25	1,640199628	6K
15	1,968239554	1,25	2,460299443	6K
25	3,280399257	1,25	4,100499071	6K
37,5	4,920598885	1,25	6,150748606	6K
50	6,560798514	1,25	8,200998142	10K
75	9,84119777	1,25	12,30149721	10K
100	13,12159703	1,25	16,40199628	15K
167	21,91306704	1,25	27,39133379	25K
250	32,80399257	1,25	41,00499071	40K
333	43,6949181	1,25	54,61864763	40K
500	65,60798514	1,25	82,00998142	65K

TRIFASICOS

TRANSFORMADOR CAPACIDAD (KVA)	FUSIBLES AMPERIOS	FACTOR SOBRECARGA	CORRIENTE FUSIBLE	VALOR FUSIBLE
45	1,968239554	1,25	2,460299443	6K
50	2,186932838	1,25	2,733666047	6K
75	3,280399257	1,25	4,100499071	6K
100	4,373865676	1,25	5,467332095	6K
112,5	4,920598885	1,25	6,150748606	6K
125	5,467332095	1,25	6,834165118	6K
150	6,560798514	1,25	8,200998142	6K
160	6,998185081	1,25	8,747731351	6K
200	8,747731351	1,25	10,93466419	10K
225	9,84119777	1,25	12,30149721	10K
250	10,93466419	1,25	13,66833024	10K
300	13,12159703	1,25	16,40199628	15K
350	15,30852986	1,25	19,13566233	15K
400	17,4954627	1,25	21,86932838	15K
500	21,86932838	1,25	27,33666047	25K
630	27,55535376	1,25	34,4441922	25K
750	32,80399257	1,25	41,00499071	40K
800	34,99092541	1,25	43,73865676	40K
1000	43,73865676	1,25	54,67332095	40K
1500	65,60798514	1,25	82,00998142	65K

Fusibles en las alimentadoras

La alimentadora Alborada estará rediseñada con 15 fusibles tal como se muestra en el diagrama unifilar AA'.

CODIGO	VALOR FUSIBLE	TIPO K
1	23	15K
2	9	6K
3	15	10K
4	95	65K
5	38	25K
6	38	25K
7	95	65K
8	150	100K
9	150	100K
10	60	40K
11	95	65K
12	190	140K
13	95	65K
14	15	10K
15	23	15K

Se ha agregado 9 fusibles ubicados en lugares estratégicos cuyos valores se muestran en la tabla anteriormente mostrada.

Los fusibles que deberían estar seleccionados bajo el criterio de coordinación son los fusibles 9 (respaldo) con el fusible 10 (protector), y el 12 (respaldo) con el 13 (protector). Los fusibles 9 y 10 inicialmente estuvieron coordinados tal como se mostró en el capítulo 3.

Para verificar la coordinación de los fusibles 12 y 13, observamos que la máxima corriente de coordinación para los fusibles 140 y 65 K es de 5800 A mientras que la máxima corriente en el punto del fusible protector es de 2511 por lo que estos fusibles están correctamente coordinados.

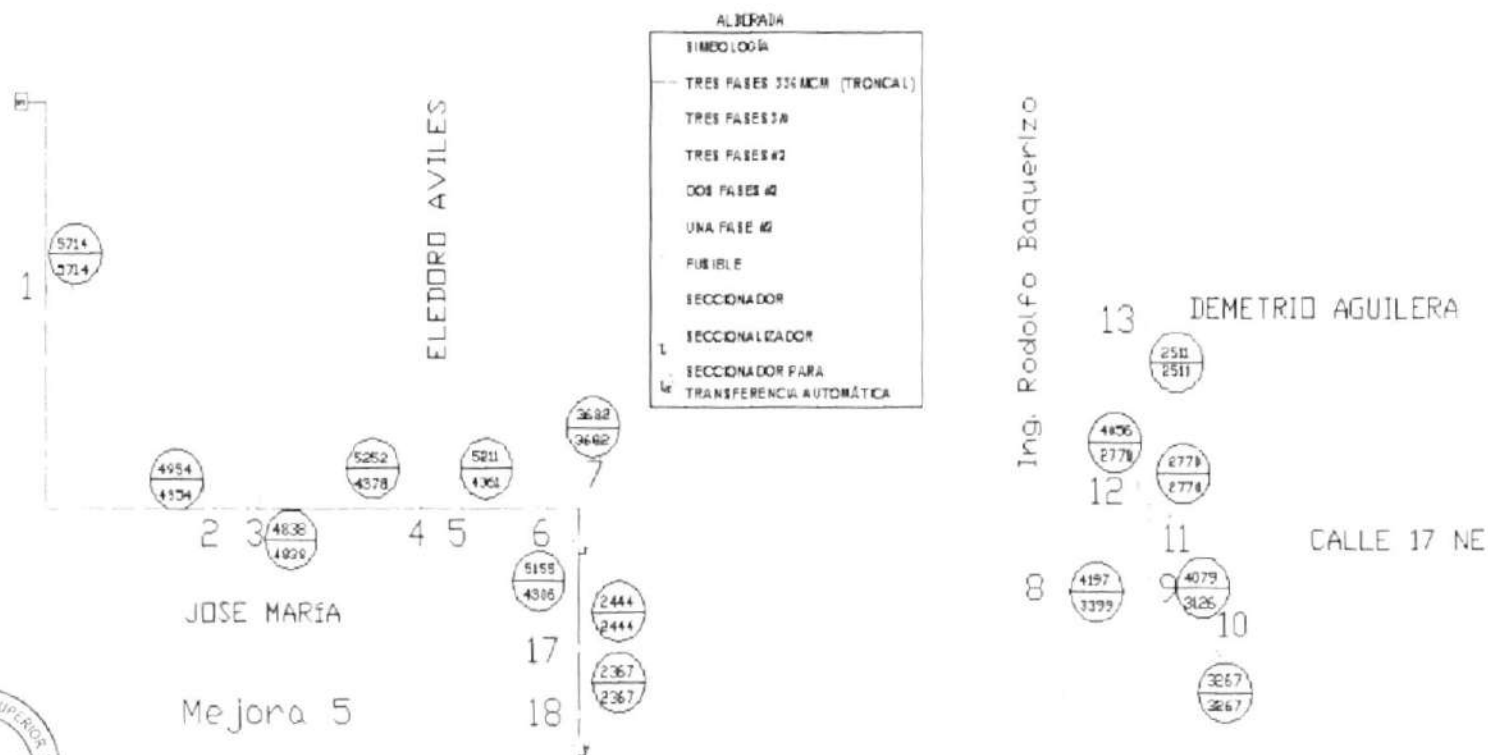
- La alimentadora Tanca Marengo consta de 5 fusibles cuyos valores se los puede apreciar en la siguiente tabla.

FUSIBLE	AMPERIOS	TIPO
1	60	40K
2	15	10K
3	40	20K
4	10	6K
5	15	10K

En esta alimentadora no hay fusibles que se coordinen con otros, cada uno protege un ramal y no existen fusibles de respaldo alguno.

Alimentadora Alborada (Diagrama unifilar AA')

SISTEMA DE PROTECCION- ALIMENTADORA ALBORADA REDISEÑO



(Configuración del sistema de Protecciones de la Alimentadora Alborada mejorado)

La alimentadora Benjamín Carrión estará rediseñada con 36 fusibles tal como se muestra en el diagrama unifilar AB'.

CODIGO	VALOR FUSIBLE	TIPO K
1	15	10K
2	95	65K
3	190	140K
4	38	25K
5	38	25K
6	38	25K
7	95	65K
8	150	100K
9	95	65K
10	60	40K
11	190	140K
12	38	25K
13	60	40K
14	38	25K
15	38	25K
16	60	40K
17	38	25K
18	38	25K
19	60	40K
20	60	40K
21	61	40K
22	38	25K
23	40	38K
24	38	25K
25	190	140K
26	95	65K
27	95	65K
28	38	25K
29	39	25K
30	60	40K
31	38	25K
32	9	6K
33	23	15K
34	24	15K
35	95	100K
36	60	40K

Se ha agregado 16 fusibles ubicados en lugares estratégicos cuyos valores se muestran en la tabla anterior.

Los fusibles que deberían estar seleccionados bajo el criterio de coordinación son:

- El fusible 3 (respaldo) con fusible 4 (protector).
- El fusible 19 (respaldo) con fusible 20 (protector).
- El fusible 11 (respaldo) con fusible 12 al 19 (protectores).
- El fusible 25 (respaldo) con fusible 26 y 27 (protectores).

Los tres primeros casos de coordinación ya fueron mostrados en el capítulo 3 debido a que estos fusibles inicialmente pertenecieron a la alimentadora Benjamín Carrión.

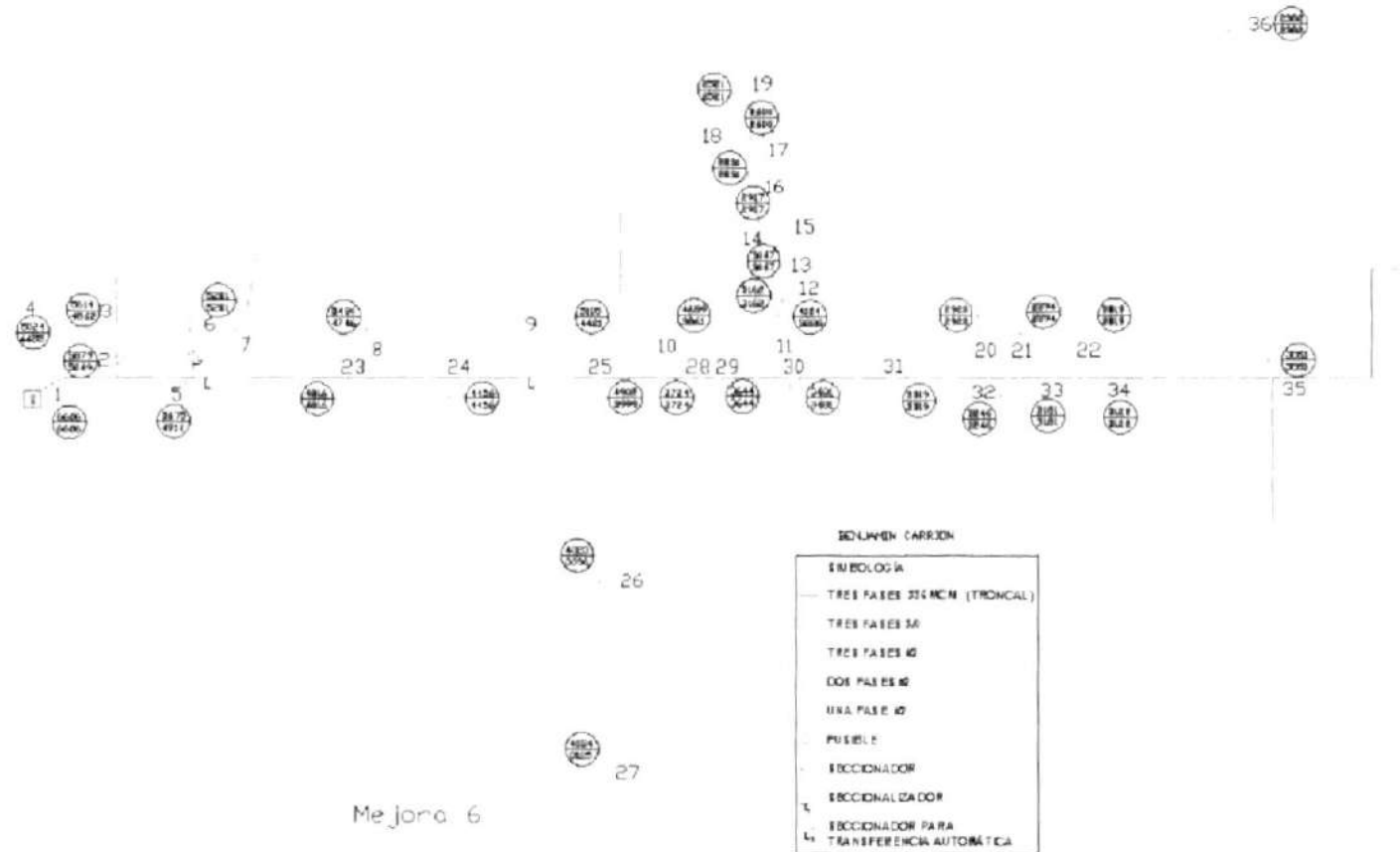
El siguiente caso a coordinar es el fusible 25 cuyo valor es 140 K con los fusibles 26 y 27 que son de 65 K.

La máxima corriente de coordinación entre estos fusibles es de 5800 A.

Debido a que la corriente máxima de cortocircuito en los puntos donde se encuentran los fusibles 26 y 27 (4323 A y 4034 A respectivamente) son menores entonces las curvas de operación de estos fusibles están coordinadas.

Alimentadora Benjamín Carrión (Diagrama unifilar AB')

SISTEMA DE PROTECCION- ALIMENTADORA BENJAMÍN CARRIÓN REDISEÑO



(Configuración del sistema de Protecciones de la Alimentadora Benjamín Carrión mejorado)

La alimentadora **Satirión** estará rediseñada con 30 fusibles tal como se muestra en el diagrama unifilar AS'.

CODIGO	VALOR FUSIBLE	TIPO K
1	60	40K
2	38	25K
3	60	40K
4	150	100K
5	60	40K
6	95	140K
7	38	25K
8	38	25K
9	9	6K
10	95	65K
11	9	6K
12	38	25K
13	150	100K
14	190	140K
15	95	100K
16	9	6K
17	38	25K
18	60	40K
19	38	25K
20	15	10K
21	15	10K
22	15	10K
23	23	15K
24	38	25K
25	38	25K
26	23	15K
27	15	10K
28	9	6K
29	9	6K
30	23	15K

Los fusibles que deberían estar seleccionados bajo el criterio de coordinación son:

- El fusible 6 (respaldo) con fusible 7 (protector).
- El fusible 8 (respaldo) con fusible 9 (protector).

- El fusible 10 (respaldo) con fusible 11 al 12 (protectores).
- El fusible 14 (respaldo) con fusible 15 y 16 (protectores).

El fusible 6 y 7 al igual que el 14 con el 15 y 16 ya se encuentran coordinados como se mostró con anterioridad.

El fusible 8 es de 25K mientras que el fusible protector es de 6K. La máxima corriente de cortocircuito en el punto donde se encuentra ubicado el fusible protector es de 4494 A, mientras que la máxima corriente de coordinación entre estos dos tipos de fusibles es de tan solo 840 A por lo que no se encuentran coordinados.

Para conseguir la coordinación de estos fusibles es necesario cambiar el fusible protector a uno cuyo valor de coordinación de corriente de corto con el fusible 6K sea mayor a los 4494 A. Inmediatamente se observa que para obtener la coordinación deseada, el valor del fusible de respaldo debe ser de 140K (vea tabla siguiente).

El siguiente caso es coordinar el fusible de 10, cuyo valor es de 65K, con los fusibles 11 y 12 cuyos valores son de 6 y 25K respectivamente.

La corriente de cortocircuito en los puntos donde se encuentran los fusibles protectores (11 y 12) son de 4645 y 4427 amperios.

La máxima corriente de coordinación entre el fusible de 65K y los de 25 y 6 K es de 2200 A. Nuevamente se tiene un caso en el cual las curvas no se encuentran coordinadas.

Se procede de la misma forma que el ejemplo anterior, por lo que el fusible de respaldo a seleccionar es de 140K, cuyo valor máximo de coordinación es de 5800 amperios (vea siguiente tabla).

FUSIBLE				Máxima corriente de cortocircuito		COORDINACION
PROTECTOR		RESPALDO		Mínima para coordinar	En el punto de estudio *	
Código	TipoK	Código	TipoK			
8	140	9	6	5800 A	4494 A	1
10	140	11	6	5800 A	4645 A	2
10	140	12	25	5800 A	4427 A	1

La alimentadora Tanca Marengo estará rediseñada con 13 fusibles tal como se muestra en el diagrama unifilar AT'.

CODIGO	VALOR FUSIBLE	TIPO K
1	60	40K
2	95	65K
3	60	40K
4	15	10K
5	23	15K
6	23	15K
7	23	15K
8	9	6K
9	38	25K
10	40	20K
11	60	40K
12	10	6K
13	15	10K

Los fusibles que deberían estar seleccionados bajo el criterio de coordinación son:

- El fusible 2 (respaldo) con fusibles 3 y 4 (protectores).
- El fusible 11 (respaldo) con fusible 12 (protector).

El fusible 11 es de 40K mientras que el fusible 12 es de 6K. La máxima corriente de cortocircuito en el punto donde se encuentra ubicado el fusible protector es de 4205 A, mientras que la máxima corriente de coordinación entre estos dos tipos de fusibles es de tan solo 1340 A por lo que no se encuentran coordinados.

El siguiente caso es coordinar el fusible de 2, cuyo valor es de 65K, con los fusibles 3 y 4 cuyos valores son de 40 y 10K respectivamente.

La corriente de cortocircuito en los puntos donde se encuentran los fusibles protectores (3 y 4) son de 5768 y 4675 amperios.

La máxima corriente de coordinación entre el fusible de 65K y el 10K es de 2200 A, y tan solo de 1100A con el de 40K.

Por lo tanto para obtener la coordinación deseada los fusibles de respaldo, en este caso el 11 y el 2, deben ser de 140K (vea siguiente tabla).

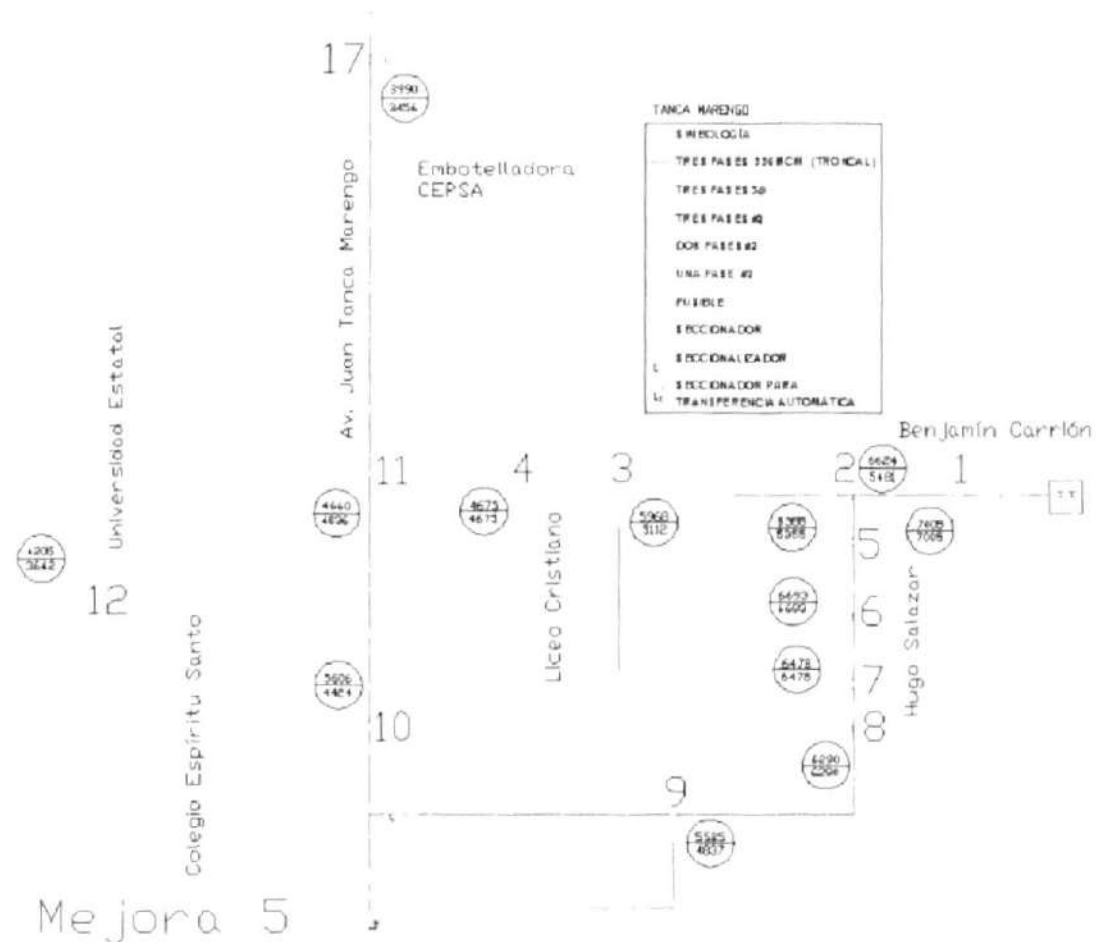
FUSIBLE				Máxima corriente de cortocircuito		COORDINACION
PROTECTOR		RESPALDO		Minima para coordinar	En el punto de estudio *	
Código	TipoK	Código	TipoK			
2	140	3	40	5800 A	5768 A	
2	140	4	10	5800 A	4675 A	
11	140	12	6	5800 A	4205 A	



CIB -ESPOL

Alimentadora Tanca Marengo (Diagrama unifilar AT')

SISTEMA DE PROTECCION- ALIMENTADORA TANCA MARENGO REDISEÑO



(Configuración del sistema de Protecciones de la Alimentadora Tanca Marengo mejorado)

Reconectador en la Subestación Alborada

Para el rediseño de la subestación se va utilizar el mismo reconectador automático de la marca Cooper, pero con pequeños cambios en sus valores de ajustes.

La corriente mínima de operación es de 560 A de modo que detecta todas las fallas que ocurren dentro de la zona que se ha encomendado proteger (sensibilidad).

La curva de despeje instantáneo del reconectador (2800 A) no va a permitir realizar una adecuada coordinación con los fusibles.

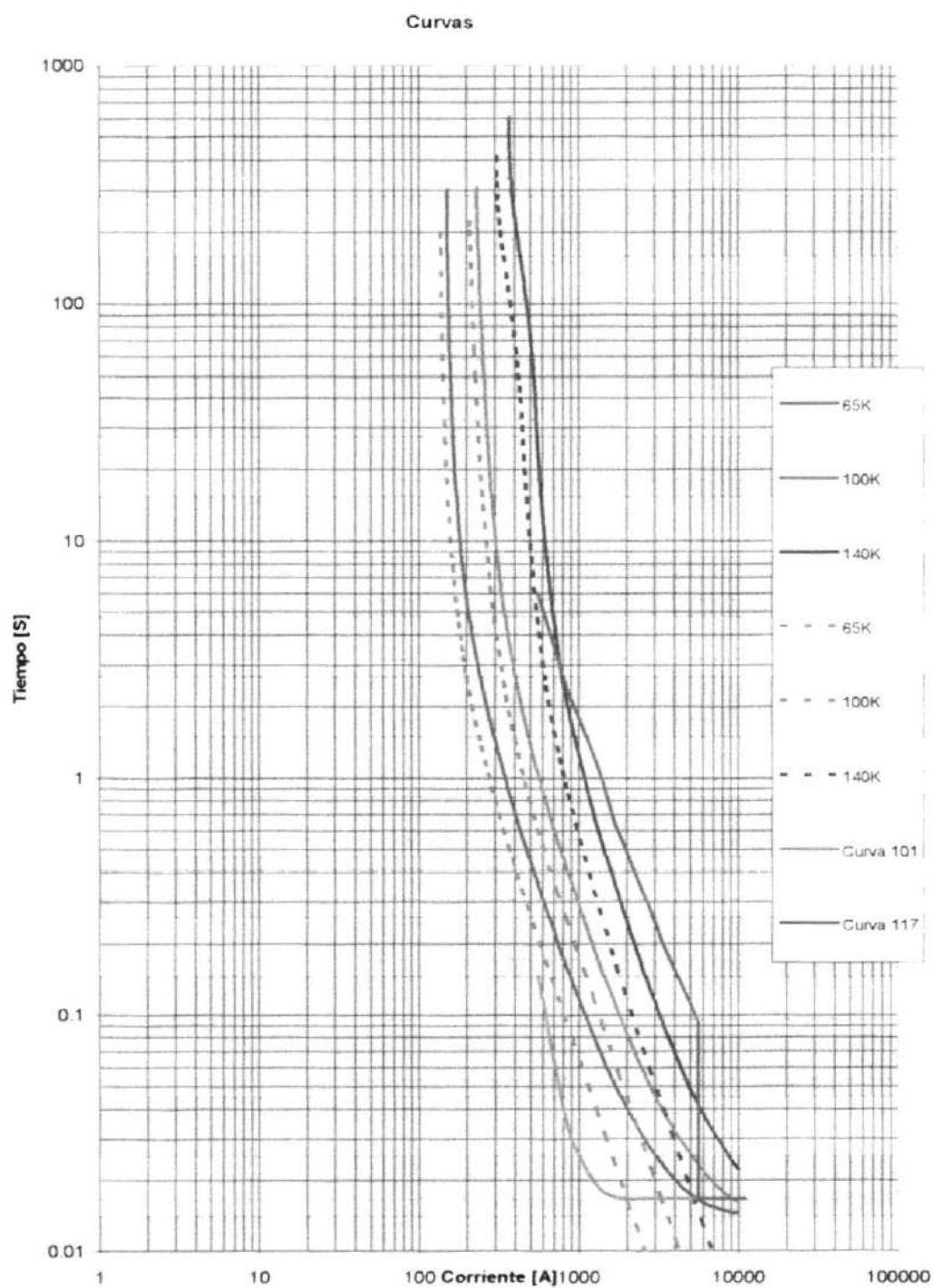
Una de las maneras para corregir este pequeño inconveniente es ajustar a la curva instantánea a un valor de 10 veces la corriente de enganche de esta manera solo va actuar de manera instantánea para fallas muy grandes y cercanas a la subestación.

REAJUSTES DEL RECONECTADOR

Los ajustes mas prioritarios se muestran a continuación:

PARAMETROS DE AJUSTES	VALOR
Mínimo Disparo-Fase	560 A
Mínimo Disparo-Tierra	280 A
Curva Rápida	101
Curva Lenta	117
No. Operación-rápida	
No. Operación-lenta	
Disparo Instantáneo	10 TAP
Recierre después de la primera operación	15 ciclos
Recierre después de la segunda operación	30 ciclos
Recierre después de la segunda operación	30 ciclos

CURVAS RECONECTADOR-FUSIBLE





CIB-ESPOL

Bibliografía

- 1.- CATEG, **Quienes somos**, <http://www.categ.com.ec/categ/index.jsp>
- 2.- CATEG, **Normas de Acometidas, cuartos de transformadores, y sistemas de medición para el suministro de electricidad.**
- 3.- **Aluminun Electrical Conductor Handbook**, 2da edición, 1982.
- 4.- Standard ANSI/IEEE 519-1992: **IEEE Guía para control armónico y compensación de reactivos en convertidores de potencia estáticos.**
- 5.- IEC1000-4-15, **Short (Pst) and long-term flicker (Plt) measurement**
- 6.- Cooper Power System, **Electrical Distribution System Protection**, Cooper, 2005.
- 7.- WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION, **Applied Protective Relaying**, Copyright 1979, Pág. 15
- 8.- STEVENSON WILLIAM, **Análisis de Sistemas de Potencia**, Segunda Edición, Mc Graw Hill, México, 2000.
- 9.- CENTRAL STATION ENGINEERS OF THE WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION, **Electrical Transmission and Distribution Reference Book**, Copyright 1964, Fourth Edition: Fifth Printing, Pag. 50.

- 10.- EMPRESA CENTROSUR, **Actualización del Estudio de Confiabilidad en el Sistema de Distribución de La Empresa Centrosur**, Años 2002 - 2003 - 2004
- 11.- Regulación CONELEC - 004-01, **Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución**, 2001
- 12.- IEEE Working Group on System Design, **Trial Use Guide for Power Distribution Reliability Indices**, Report P1366, IEEE, 1998.
- 13.- ARRIAGA MASS ALDO, **Evaluación de la Confiabilidad de Sistemas Eléctricos en Sistemas de Distribución**, Tesis para obtener el Magister en Ciencias de la Ingeniería, Universidad Católica de Chile, 1994, Pág. 26.
- 14.- PIÑEROS LUIS_ CASTAÑO DIEGO, **Estudio de Confiabilidad del Sistema de Distribución de Pereira usando el Método de Montecarlo**, Proyecto de Grado para optar el Título de Ingeniero Electricista, Universidad Tecnológica de Pereira, 2003, Pág. 15.
- 15.- VENEGAS, JAIME, **Metodologías de Evaluación de Costo de Falla en Sistemas Eléctricos**, Pontificia Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Eléctrica, 1994. Pág. 62-63
- 16.- MUGUERZA DANIEL, KERSZBERG ERNESTO, FERNÁNDEZ RODRIGO, **Valor de la Confiabilidad en el Sistema Eléctrico -La Discusión Metodológica para su Determinación**, CEARE, 2003. Pág.

- 17.- CONELEC, ***Cargos Tarifarios para el Consumo Eléctrico de Clientes Regulados Vigentes a partir del mes de nov de 2004***,
<http://www.conelec.gov.ec/downloads/CTnov04-jun07.htm>
- 18.- Gyuk Imre, Baldwin Sam, ***Understanding the Cost of Power Interruptions to U.S. Electricity Consumers***, U.S. Department of Energy, 2004, Pág 47-50.
- 19.- Cooper Power Systems, ***Analysis of Distribution System Reliability and Outage Rates***, R280-90-7, Cooper Power, 2004.