

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO BASADA EN LOS INDICADORES DE CONFIABILIDAD SAIDI, SAIFI Y CAIDI DE LOS CIRCUITOS MÁS CRÍTICOS DE LA REGIÓN CENTRO DE LA C.A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS-ZONA METROPOLITANA.

Prof. Guía: Ing. Vanessa Carlson
Tutor Industrial: Ing. José O. Mantilla

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Casanova G., Miguel J.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2008

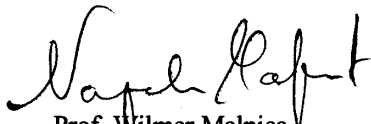
CONSTANCIA DE APROBACIÓN

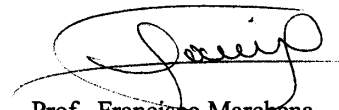
Caracas, 13 de mayo de 2008

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Miguel J., Casanova G., titulado:

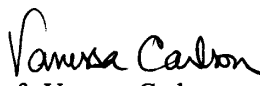
“PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO BASADA EN LOS INDICADORES DE CONFIABILIDAD SAIDI, SAIFI Y CAIDI DE LOS CIRCUITOS MÁS CRÍTICOS DE LA REGIÓN CENTRO DE LA C.A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS-ZONA METROPOLITANA”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Potencia, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.


Prof. Wilmer Malpica
Jurado


Prof. Francisco Marchena
Jurado




Prof. Vanessa Carlson
Prof. Guía

DEDICATORIA

A mi familia.

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

A mi Madre, por apoyarme, guiarme, cuidarme, sin ella nada de esto sería posible.

A mis hermanas, Maria José y Maria Alejandra por todo el apoyo y la paciencia.

A mis abuelos, tios y primos.

A la Universidad Central de Venezuela, a la Facultad de Ingeniería y a la Escuela de Ingeniería Eléctrica.

A mis equipos Electrasaray e Ingeniería X.

A mis amigos y compañeros.

A la profesora Vanessa Carlson por su guía y colaboración.

A mi tutor José O. Mantilla por su apoyo, confianza, siempre con una excelente disposición me guió y transmitió muchos conocimientos.

A la Electricidad de Caracas, Departamento de Planificación de la Red, por darme la oportunidad de trabajar y aprender con ustedes.

A esas personas que compartieron conmigo su vida.

Miguel Casanova

Casanova G., Miguel J.

**PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO BASADA EN LOS
INDICADORES DE CONFIABILIDAD SAIDI, SAIFI Y CAIDI DE
LOS CIRCUITOS MÁS CRÍTICOS DE LA REGIÓN CENTRO DE LA
C.A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS-ZONA
METROPOLITANA.**

Prof. Guía: Ing. Vanessa Carlson. Tutor Industrial: Ing. José O. Mantilla. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Potencia. Institución: La C.A. La Electricidad De Caracas. 2007. 88h. +39 anexos.

Palabras claves: Estudio de Confiabilidad; Interrupciones del Servicio; MVA minutos; kVA interrumpidos; Indicadores de Confiabilidad SAIDI; SAIFI; CAIDI.

Resumen. Mejorar a corto plazo de los indicadores de confiabilidad SAIFI, SAIDI y CAIDI, de veintinueve (29) circuitos en estado crítico de la EDC Zona Metropolitana, Región Centro. Para ello se realizaron estudios operativos de los circuitos seleccionados considerando los siguientes aspectos: las interrupciones considerando el tiempo de reparación (Duración) y tasa de salida de los circuitos, las causas y síntomas de las interrupciones que afectan los circuitos; diseño de los circuitos según norma, las condiciones en operación normal y de emergencia de los circuitos seleccionados considerado el crecimiento a corto plazo, los tipos de carga; su sensibilidad, clientes y facturación, indicadores de confiabilidad SAIDI, SAIFI y CAIDI de los circuitos en condición actual. Basados en estos estudios se plantearon posibles soluciones que mejoren los indicadores de confiabilidad mencionados, los costos de confiabilidad y recomendaciones a los problemas encontrados.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CONSTANCIA DE APROBACIÓN.....	i
DEDICATORIA	iii
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE GRÁFICOS	xii
SIGLAS.....	xiii
SIMBOLOGIA Y ABREVIATURAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
1. SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL Y LA ELECTRICIDAD DE CARACAS.	
1.1 El Sistema Eléctrico Nacional.....	3
1.1.1 Generación	3
1.1.2 Transmisión.....	4
1.1.3 Distribución.....	5
1.2 Red de Distribución, EDC.	7
CAPITULO II	
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS.	
2.1 Planteamiento del Problema.....	9
2.2 Objetivo general	9
2.3 Objetivos específicos	10
CAPITULO III	

3. CONCEPTOS UTILIZADOS EN LA PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO BASADA EN LOS INDICADORES DE CONFIABILIDAD SAIDI, SAIFI Y CAIDI.

3.1 Confiabilidad.....	11
3.1.1 Confiabilidad en sistemas de distribución.....	11
3.1.2 Técnicas básicas de cuantificación de confiabilidad.....	12
3.1.3 Indicadores de confiabilidad	22

CAPITULO IV:

4. METODOLOGÍA Y PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LOS CIRCUITOS.

4.1 Metodología	28
4.1.1 Evaluación de escenarios	28
4.1.1.1 Escenario de Análisis y diagnóstico.....	28
4.1.1.2 Escenario de planificación a corto plazo.....	29
4.2 Bases y premisas	30
4.2.1 Calidad y eficiencia.....	31
4.2.2 Confiabilidad.....	33
4.3 Estrategias de mejora	36
4.3.1 Estrategias Para Corregir Errores de Diseño.....	36
4.3.2 Estrategias Para Corregir Problemas Operativos	37
4.4 Circuitos bajo estudio.....	38

CAPÍTULO V:

5. DIAGNOSTICO DE LOS CIRCUITOS CONDICIÓN ACTUAL.

5.1 Demanda en Condición Actual	39
5.2 Interconexiones de los circuitos	39
5.3 Calidad y eficiencia.....	39
5.3.1 Sobrecarga de los circuitos.....	39
5.3.2 Caída de tensión	41
5.3.3 Perdidas técnicas	41
5.3.4 Reactivos capacitivos.....	41
5.3.5 Cargabilidad	42

5.4	Confiabilidad.....	42
5.4.1	Seccionamiento	42
5.4.2	Obsolescencia en equipos y conductores	43
5.4.3	Calidad de servicio técnico	43
5.4.3.1	MVA minutos interrumpidos	43
5.4.3.2	Indicadores de confiabilidad SAIDI, SAIFI y CAIDI	43
5.4.4	Equipos y conductores no operativos.....	43
CAPÍTULO VI:		
6. DIAGNOSTICO DE LOS CIRCUITOS CONDICIÓN FUTURA.		
6.1	Proyectos aprobados por la EDC	45
6.2	Calidad y eficiencia.....	48
6.2.1	Sobrecarga de los circuitos.....	48
6.2.2	Caída de tensión	49
6.2.3	Perdidas técnicas	49
6.2.4	Reactivos capacitivos	49
6.2.5	Cargabilidad	49
6.3	Confiabilidad.....	49
CAPÍTULO VII:		
7. ESTRATEGIAS DE ADECUACIÓN DE LOS CIRCUITOS Y ANÁLISIS DE LOS CIRCUITOS APLICANDO LAS PROPUESTAS.		
7.1	Estrategias de adecuación propuestas para los circuitos en estudio.....	50
7.2	Diagnostico de los circuitos aplicando propuestas	50
7.2.1	Calidad y eficiencia.....	59
7.2.1.1	Sobrecarga de los circuitos.....	59
7.2.1.2	Caída de tensión	64
7.2.1.3	Perdidas técnicas	65
7.2.1.4	Reactivos capacitivos	65
7.2.1.5	Cargabilidad	65
7.2.2	Confiabilidad.....	66
7.2.2.1	Seccionamiento	66

7.2.2.2	Obsolescencia en equipos y conductores	66
7.2.2.3	Equipos y conductores no operativos.....	66
7.2.2.4	Calidad de servicio técnico	68
7.2.2.4.1	Indicadores de confiabilidad SAIDI, SAIFI y CAIDI	68
CONCLUSIONES		78
RECOMENDACIONES.....		81
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		82
BIBLIOGRAFIA		84
GLOSARIO		86
ANEXOS		89

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Pág.
1. Sistema de Transmisión del SEN	4
2. Zona Metropolitana, EDC	7
3. Sistema radial simple	13
4. Tasas de transferencia	16
5. Sistema serie.....	20
6. Diagrama de tiempo, tasa de falla, tiempo de recuperación	21
7. Gráfico de demanda	31

LISTA DE CUADROS

CUADROS	Pág.
1. Circuitos operando en condición normal (Actual)	40
2. Circuitos sobrecargados (Actual)	40
3. Circuitos operando en condición normal (Futura)	48
4. Circuitos sobrecargados (Futura)	48
5. Cuchillas de seccionamiento subterráneo-aéreo	50
6. Empalme convencional	52
7. Conductores que no poseen carga conectada	53
8. Interruptores subutilizados	54
9. Conductores sobrecargados y/o obsoletos	57

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICOS	Pág.
1. Comparación de las Carga de los Circuitos S/E Zulia	59
2. Comparación de las Carga de los Circuitos S/E Apure.....	60
3. Comparación de las Carga de los Circuitos S/E Aragua.....	61
4. Comparación de las Carga de los Circuitos S/E Guarico.....	62
5. Comparación de las Carga de los Circuitos S/E Sucre	63
6. Comparación de la Tensión Mínima por Circuito.....	64
7. Comparación de las Perdidas tecnicas por Circuito.....	65
8. Comparación del SAIFI S/E Zulia	68
9. Comparación del SAIDI S/E Zulia	69
10. Comparación del CAIDI S/E Zulia.....	69
11. Comparación del SAIFI S/E Apure.....	70
12. Comparación del SAIDI S/E Apure.....	71
13. Comparación del CAIDI S/E Apure	71
14. Comparación del SAIFI S/E Aragua.....	72
15. Comparación del SAIDI S/E Aragua	73
16. Comparación del CAIDI S/E Aragua.....	73
17. Comparación del SAIFI S/E Guarico.....	74
18. Comparación del SAIDI S/E Guarico	75
19. Comparación del CAIDI S/E Guarico.....	75
20. Comparación del SAIFI S/E Sucre	76
21. Comparación del SAIDI S/E Sucre.....	77
22. Comparación del CAIDI S/E Sucre	77

SIGLAS

ASP	Herramienta de simulación de circuitos.
CAIDI	Customer average interruption duration index.
CCO	Centro de Control de Operaciones.
EDC	Electricidad De Caracas.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
PLT	Polietileno.
SAIDI	System average interruption duration index.
SAIFI	System average interruption frequency index.
SAP	System information.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition.
SEN	Sistema Eléctrico Nacional.
SIMIP	Sistema Integrado de Mantenimiento de la Información de los Planos.
SOD	Sistema de Operación de Distribución.
S/E	Subestación.
TTA	Tiempo total de interrupción anual.
UCV	Universidad Central de Venezuela.

SIMBOLOGIA Y ABREVIATURAS

p.u.	Por unidad.
F.U.	Factor de Utilización.
Kms	kilometros
kV	kilovolt.
kVA	kilovol-Ampere.
kVA Inst.	kilovol-Ampere Instalados.
kVA Int.	kilovol-Ampere Interrumpidos.
MCM	Mil Circular Mil.
MVA min.	Mega Vol-Ampere minutos.
Perd.	Pérdidas.
Transf.	Transformador.
Máx.	Máximo.
Emer.	Emergencia.
Prop.	Propuestas
CMS	Conector modular seccionable.

INTRODUCCIÓN

La C.A. La Electricidad De Caracas actualmente esta trabajando en la planificación a corto plazo (2 Años) de los circuitos y subestaciones más críticas de la red de distribución considerando las condiciones de operación actuales de las S/E's y circuitos, el análisis de fallas, sensibilidad de los clientes, mantenimientos mayores, pérdidas técnicas y no técnicas, penalizaciones de acuerdo a la ley eléctrica. Para complementar esta actividad y hacer que los tiempos de respuesta sean oportunos de tal manera de minimizar el impacto de la energía dejada de vender y mejorar la operación en la red a corto plazo mediante la búsqueda de nuevas estrategias y procedimientos, se debe realizar los estudios específicamente en la Región Centro a aquellos circuitos de distribución que más impactan en la confiabilidad del sistema y en los costos operativos considerando los indicadores de desempeño como el SAIDI, SAIFI y CAIDI, de tal manera de contribuir a mejorar la calidad del servicio prestado.

En este Trabajo Especial de Grado se realizó el estudio de confiabilidad considerando los indicadores SAIDI, SAIFI y CAIDI; en la condición actual de los circuitos seleccionados y sus circuitos adyacentes. Se tomó en cuenta los proyectos que se encuentran actualmente en desarrollo o se encuentran aprobados y pendientes por ejecución, el crecimiento a corto plazo, cargas concentradas importantes que se planean introducir al sistema. Ya evaluado el sistema en su condición actual y los proyectos en desarrollo, se plantearon posibles soluciones que mejoren los indicadores de confiabilidad mencionados, costos de confiabilidad y recomendaciones a los problemas encontrados.

En el Capítulo I se realizó una breve reseña sobre el Sistema Eléctrico Nacional. Y sobre la red de distribución de la Electricidad de Caracas.

En el Capítulo II se delimitó el alcance del estudio, se realizó el planteamiento del problema, se fijaron los objetivos generales y objetivos específicos de este estudio.

En el Capítulo III se presenta el basamento teórico sobre el cual se ha desarrollado el estudio de confiabilidad, conceptos básicos, definiciones, técnicas de cuantificación de la confiabilidad, índices de confiabilidad.

En el Capítulo IV se especifica la metodología que se siguió para el análisis de los circuitos, parámetros de operación, estrategias de mejoras basadas en las normas internas de diseño y operación de la EDC. En el capítulo V se realizó el estudio operativo y de confiabilidad de los circuitos en su condición actual.

En el Capítulo VI se evaluaron los proyectos que se encuentran actualmente en desarrollo o se encuentran aprobados y pendientes por ejecución, el crecimiento a corto plazo, cargas concentradas importantes que se planean introducir al sistema.

En el Capítulo VII se plantean una serie de medidas para mejorar los circuitos en estudio y sus circuitos adyacentes. En este capítulo también se realizaron estudios operativos y de confiabilidad de los circuitos incluyendo las propuestas realizadas con el fin de evaluar la eficiencia de los planteamientos realizados.

Por último se presentan las conclusiones a las que se llegaron al realizar éste estudio y recomendaciones para la mejora de los circuitos.

CAPÍTULO I

1. SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL Y LA ELECTRICIDAD DE CARACAS.

1.1 El Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

Es el encargado de llevar el servicio eléctrico desde sus centros de generación, hasta sus consumidores finales. Se divide en tres sectores: Generación, Transmisión y Distribución.

El SEN lo conforman 11 empresas eléctricas CADAFE, EDELCA, ENELVEN, ENELCO, ENELBAR, la EDC con su empresa filial CALEY; ELEBOL, CALIFE, ELEVAL y SÉNECA.

1.1.1 Generación:

La generación de energía eléctrica, consiste en transformar alguna clase de energía no eléctrica (química, mecánica, térmica, hidráulica, luminosa, eólica, etc., en energía eléctrica). Para la generación industrial de energía eléctrica se recurren a instalaciones denominadas centrales eléctricas, que ejecutan alguna de las transformaciones mencionadas. Constituyen el primer escalón del SEN. [1]

Las empresas CADAFE, EDELCA, EDC y ENELVEN suplen el 98,8% de la energía eléctrica que se consume en el país. El porcentaje restante proviene del Sector Autoabastecido (Petróleos de Venezuela, productores independientes e industrias con generación propia).

La capacidad instalada del SEN alcanza los 22.540,1 MW y está compuesta por un 65% de generación hidráulica (14.597 MW) y el 35% restante de origen

térmico, específicamente 4.366,0 MW a vapor, 3.107,1 MW a gas y 470,0 MW en Ciclo Combinado.

1.1.2 Transmisión:

La red de transmisión de energía eléctrica es parte del SEN, esta constituida por los elementos necesarios para llevar hasta las S/E de distribución, llevando a través de grandes distancias la energía generada en las centrales eléctricas.

La red de transmisión forma grandes anillos que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a las S/E de distribución.

El sistema de transmisión lo integran las líneas con niveles de tensión a 765, 400, 230, 138 y 115 kV propiedad de las empresas que integran el SEN, cuya longitud total alcanzan para el año 2007 10.999,6 km.

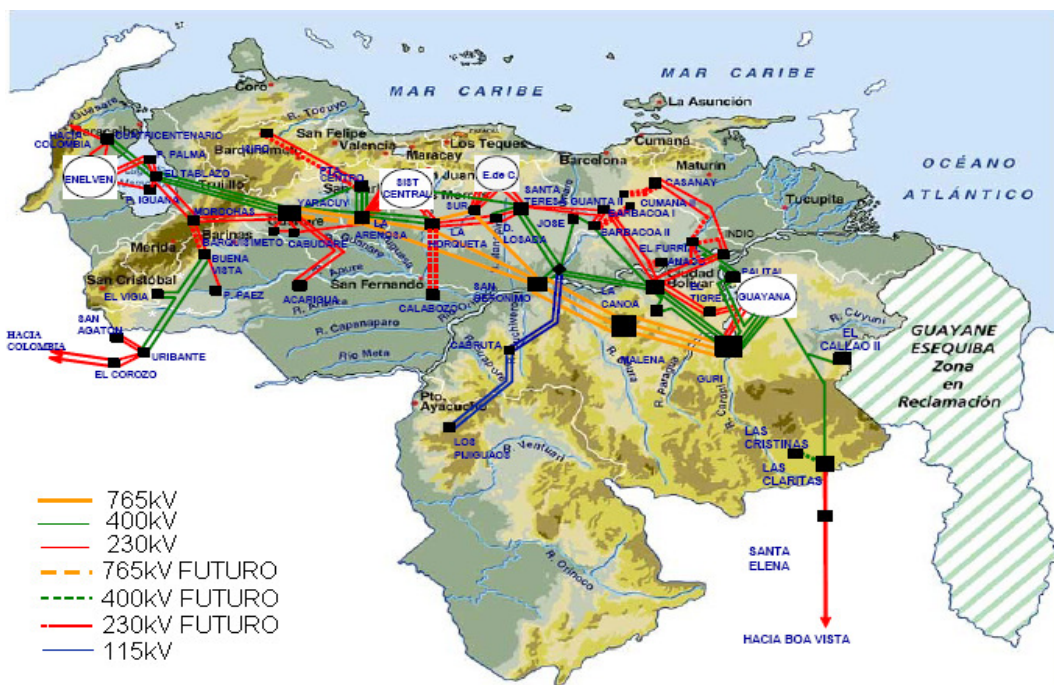


Figura 1.

Específicamente en el caso de la EDC la red de transmisión consta de tramos aéreos y subterráneos, en los niveles de 30kV, 69kV y 230kV, cubriendo un total de 2430 kms. [2]

1.1.3 Distribución:

La red de distribución es el conjunto de líneas en distintas tensiones necesarias para llegar a los clientes desde las S/E de distribución. En el caso específico de la EDC estos niveles de tensión son 12,47 kV y 4,8 kV. También la conforman el conjunto de instalaciones para reducir la tensión hasta los valores utilizables por los clientes. Estas redes de distribución son de forma radial partiendo desde la S/E de distribución hasta el transformador de distribución y luego al cliente, estas pueden ser aéreas o subterráneas.

Los equipos que se pueden encontrar en un circuito de distribución son los siguientes:

- S/E de distribución: Es la encargada de suministrar la energía a cada circuito de distribución. La EDC cuenta con 73 S/E de distribución.
- Interruptores: Equipos mecánicos capaces de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condición normal y de emergencia de los circuitos. También son utilizados como medio de seccionamiento de los circuitos y para realizar interconexiones entre los circuitos de la misma y otras S/E.
- Transformadores de distribución: Se encargan de transformar la tensión del sistema de media tensión a los valores de tensión utilizables por el cliente.
- Protectores de distribución: Interruptores que se colocan antes de un transformador de distribución o un cliente en media tensión, para proteger el

circuito de baja tensión de situaciones irregulares en media tensión y viceversa.

- Conductores: Elementos capaces de transmitir la energía eléctrica desde la S/E de distribución hasta los equipos de distribución y finalmente al cliente. Se pueden encontrar de distintos calibres y de distintas formas de aislamiento o desnudos.
- Cuchillas de seccionamiento: Son utilizados para aislar galvánicamente cambios de tipo de circuito aéreo a subterráneo y viceversa. También son utilizadas para realizar seccionamientos por distancia en circuitos aéreos.
- Conectores modulares seccionables: Se utilizan para realizar seccionamiento por distancia en circuitos subterráneos.
- Cargas en media tensión: A ciertos clientes se les es vendida la energía eléctrica a la tensión del circuito y éste posee sus equipos de transformación propios.
- Banco de condensadores: Conjunto de condensadores conectados a las líneas de distribución en puntos estratégicos para mantener la tensión en todos los puntos del circuito por encima del valor mínimo permitido.

1.2 Red de distribución, EDC.

Las labores de operación y mantenimiento de la red de distribución de la zona metropolitana de la EDC están organizadas en 4 unidades llamadas regiones, de acuerdo a la división en zonas geográficas del área capital:

- Región Centro.
- Región Este
- Región Oeste.
- Región Sureste.



Figura 2.

Cada una de las regiones tiene como responsabilidad realizar las siguientes labores:

- Operación y mantenimiento de la red de distribución eléctrica.
- Mantenimiento del alumbrado público de vías.
- Diseño y construcción de proyectos eléctricos para los clientes.

- Ejecución de los proyectos de adecuación.
- Expansión y mejora de la red y en el servicio prestado.
- Solución de averías y reclamos de servicio.

La red de distribución Zona Metropolitana también cuenta con las unidades de Planificación de Distribución, Operación de Distribución y Normas.

CAPÍTULO II

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

2.1 Planteamiento del problema:

En la C.A. La Electricidad de Caracas – Zona Metropolitana existen circuitos en los cuales el número de interrupciones y la duración de éstas es un problema tanto para clientes como para la empresa. Actualmente la EDC trabaja en la planificación a corto plazo de los circuitos y subestaciones más críticas de la red de distribución, considerando las condiciones reales de operación de los circuitos, análisis de falla, sensibilidad de los clientes, mantenimientos mayores, pérdidas técnicas y no técnicas, y penalizaciones de acuerdo a la ley eléctrica. Para complementar esta actividad y hacer que los tiempos de respuesta sean oportunos de manera de minimizar el impacto de la energía dejada de vender y mejorar la operación en la red a corto plazo mediante la búsqueda de nuevas estrategias y procedimientos, se deben realizar los estudios, específicamente en la región centro a aquellos circuitos de distribución que más impactan en la confiabilidad del sistema y en los costos operativos, considerando los indicadores de desempeño como el SAIDI, SAIFI y CAIDI y así contribuir a mejorar la calidad del servicio prestado.

2.2 Objetivo general:

Estudiar la planificación a corto plazo de los circuitos más críticos de la Región Centro, basados en los indicadores de confiabilidad SAIDI, SAIFI, CAIDI y la reducción de costos asociados a la operación.

2.3 Objetivos específicos:

- Analizar las interrupciones considerando el tiempo de reparación (Duración) y tasa de salida de los circuitos a estudiar.
- Estudiar las causas y síntomas de las interrupciones que afectan los circuitos.
- Determinar los indicadores de confiabilidad considerando la ley eléctrica, para determinar los circuitos con penalización.
- Calcular indicadores de confiabilidad SAIDI, SAIFI y CAIDI de los circuitos en estudio.
- Identificar los tipos de carga, su sensibilidad y clientes.
- Simular y evaluar las condiciones de operación normal y de emergencia de los circuitos seleccionados considerando el crecimiento a corto plazo.
- Evaluar sobrecarga, límites de tensión e interconexiones entre circuitos considerando mejoras en el diseño o topología de los circuitos en estudio.
- Estimar los mismos indicadores de confiabilidad SAIDI, SAIFI y CAIDI considerando las mejoras en el diseño o topología de los circuitos en estudio.
- Proponer las posibles soluciones, costos de confiabilidad y recomendaciones a los problemas encontrados.

CAPÍTULO III

3. CONCEPTOS UTILIZADOS EN LA PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO BASADA EN LOS INDICADORES DE CONFIABILIDAD SAIDI, SAIFI Y CAIDI.

3.1 Confiabilidad.

“La confiabilidad de distribución es definida por la IEEE como la capacidad del sistema de cumplir sin fallas su función dentro de un período especificado”. [3]

Otras definiciones de confiabilidad:

“El grado de un sistema de generación, transmisión y distribución de entregar energía eléctrica ininterrumpida a los clientes en demanda”. [4]

“La capacidad de un sistema eléctrico de entregar energía a los clientes en las especificaciones del contrato o estándares aceptables. La Confiabilidad se puede medir por la frecuencia, duración y magnitud de los efectos nocivos sobre el sistema”. [5].

3.1.1 Confiabilidad en sistemas de distribución.

En el pasado los sistemas de distribución han recibido mucha menos atención en referencia a las evaluaciones de confiabilidad con respecto a los sistemas de generación y transmisión. Esto se debe a que la operación inadecuada de los sistemas de generación y transmisión puede tener graves consecuencias para la sociedad y el ambiente.

En los sistemas de distribución los cortes de energía tienen un efecto mucho más localizado y de menor magnitud. Por esta razón se han dedicado menos esfuerzos a hacer evaluaciones cuantitativas de la aplicación de diferentes alternativas de diseño y mejoras a los circuitos de distribución. Sin embargo, el análisis de las estadísticas de los clientes dejados de servir es una de las herramientas más útiles para mejorar la continuidad del servicio eléctrico prestado al cliente.

Otros importantes aspectos deben ser considerados en la necesidad de evaluar la confiabilidad de los sistemas de distribución. Primero, aunque un determinado esquema de mejora de un circuito puede ser relativamente barato, en el conjunto de circuitos de distribución se gastan grandes cantidades de dinero. Segundo, es necesario garantizar un balance razonable en la confiabilidad de los componentes del SEN, teniendo en cuenta que en las estadísticas típicas el 70% de las interrupciones del servicio eléctrico, son causadas en el sistema de distribución. Tercero, existen alternativas disponibles con el fin de mejorar los valores de confiabilidad en los sistemas de distribución, tales como, creación de nuevos puntos de seccionamiento para mejorar la selectividad del circuito en caso de falla; creación de interconexiones entre circuitos cercanos para facilitar la recuperación de áreas afectadas por las interrupciones, entre otras. Para evaluar adecuadamente el costo de estas alternativas debe realizarse una evaluación cuantitativa de la confiabilidad de los circuitos con alguna de estas modificaciones o combinación de ellas.

3.1.2 Técnicas básicas de cuantificación de confiabilidad.

Antes de hablar sobre las técnicas de cuantificación básicas, definiremos el concepto de sistema o circuito de distribución radial, consiste en una serie de componentes incluyendo líneas, cables, interruptores, aisladores, barras, etc. Donde un cliente conectado en algún punto del sistema requiere que todos los componentes entre él y la S/E de distribución se encuentren operando adecuadamente.

En la figura 3 se muestra un sistema radial simple con 3 líneas A, B, C y 3 puntos de carga L1, L2 y L3.

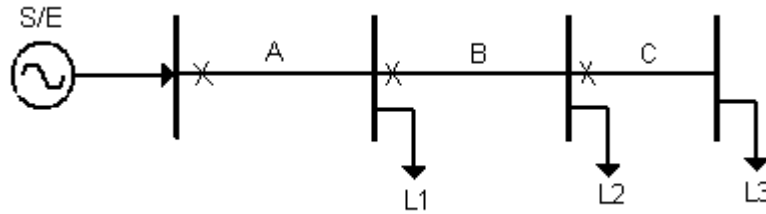


Figura 3.

Los circuitos radiales se pueden considerar sistemas serie y aplicarle los conceptos básicos de cuantificación de confiabilidad para sistemas serie.

Eventos simultáneos: como su nombre lo indica son aquellos que ocurren al mismo tiempo, en nuestro caso el cliente requiere que todos los elementos del sistema de distribución se encuentren operando, por ejemplo: para que la energía eléctrica llegue al cliente es necesario que el transformador de distribución y las líneas de distribución funcionen; para que el cliente reciba el servicio estos dos eventos independientes deben ocurrir simultáneamente.

Si cada uno de los eventos es independiente del otro, tenemos:

Probabilidad que ocurra A si ocurre B.

$$P(A | B) = P(A) \quad (1)$$

Probabilidad que ocurra B si ocurre A.

$$P(B | A) = P(B) \quad (2)$$

La probabilidad que ocurran los dos eventos es:

$$P(A \cap B) = P(A).P(B) \quad (3)$$

Si expandimos este concepto a un grupo de n elementos:

$$P(A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_i \cap \dots \cap A_n) = \prod_{i=1}^n P(A_i) \quad (4)$$

Conceptos básicos de cuantificación de confiabilidad para sistemas serie:

Los problemas de confiabilidad están usualmente relacionados con sistemas en el espacio discreto, es decir que solo pueden existir en uno de sus estados identificables. Estos sistemas se encuentran continuamente en un estado hasta que ocurre una transición, entonces permanecerán en otro estado hasta que ocurra una nueva transición.

Las técnicas presentadas a continuación corresponden a sistemas que pueden ser descritos como procesos estacionarios de Markov¹. Estos procesos se definen como un proceso estocástico discreto en el cual si se conoce la historia del sistema hasta su instante actual, su estado presente resume toda la información relevante para describir en probabilidad su estado futuro.

El enfoque de Markov se puede usar en una amplia gama de problemas de confiabilidad, incluyendo sistemas reparables o no reparables, series; paralelos o mixtos.

¹ **Andrei Andreyevich Markov** (14 de junio de 1856 - 20 de julio de 1922) fue un matemático ruso conocido por sus trabajos en la teoría de los números y la teoría de probabilidades.

Considerando el caso de un grupo de elementos (N_0) iguales, los cuales fueron evaluados, donde:

$N_s(t)$ = Número de elementos que no han fallado en un tiempo t.

$N_f(t)$ = Número de elementos fallados en el tiempo t.

$$N_0 = N_s(t) + N_f(t) \quad (5)$$

En el tiempo t la confiabilidad o función de elementos no fallados es:

$$R(t) = \frac{N_s(t)}{N_0} = \frac{N_0 - N_f(t)}{N_0} = 1 - \frac{N_f(t)}{N_0} \quad (6)$$

Al igual que la probabilidad de elementos fallados es:

$$Q(t) = \frac{N_f(t)}{N_0} \quad (7)$$

Tenemos:

$$\frac{dR(t)}{dt} = -\frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{1}{N_0} \frac{dN_f(t)}{dt} \quad (8)$$

Si $dt \rightarrow 0$, tenemos la función densidad de falla $f(t)$.

$$f(t) = \frac{1}{N_0} \frac{dN_f(t)}{dt} \quad (9)$$

Y si consideramos la tasa de falla como:

$$\lambda(t) = \frac{\text{Número de fallas por unidad de tiempo}}{\text{Número de componentes expuestos a falla}} \quad (10)$$

Donde el número de componentes expuestos a falla es N_0 .

La expresión general de la tasa de falla en el tiempo t es:

$$\lambda(t) = \frac{1}{N_s(t)} \frac{dN_f(t)}{dt} = \frac{N_0}{N_0} \frac{1}{N_s(t)} \frac{dN_f(t)}{dt} = \frac{N_0}{N_s(t)} \frac{1}{N_0} \frac{dN_f(t)}{dt} = -\frac{1}{R(t)} \frac{dR(t)}{dt} \quad (11)$$

$$\int_1^{R(t)} \frac{1}{R(t)} dR(t) = \int_0^t -\lambda(t) dt \quad (12)$$

$$\ln R(t) = \int_0^t -\lambda(t) dt \quad (13)$$

$$R(t) = e^{\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right]} \quad (14)$$

En el caso especial que λ sea independiente del tiempo.

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (15)$$

$$f(t) = -\frac{dR(t)}{dt} = \lambda e^{-\lambda t} \quad (16)$$

Si consideramos un elemento reparable donde sus tasas de falla y reparación son constantes.

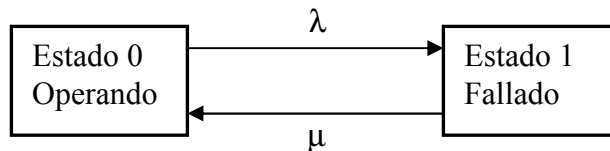


Figura 4.

Definimos:

$P_0(t)$ Probabilidad que el elemento este operando en el tiempo t .

$P_1(t)$ Probabilidad que el elemento este fallado en el tiempo t .

λ Tasa de falla.

μ Tasa de recuperación.

Las funciones de densidad de operación y falla son:

$$f_0 = \lambda e^{-\lambda t} \text{ y } f_1 = \mu e^{-\mu t} \quad (17)$$

Respectivamente.

La distribución exponencial negativa es la distribución de probabilidades más conocida y usada en las evaluaciones de confiabilidad. El factor más importante para que sea aplicable esta distribución es que la tasa de falla λ y la tasa de recuperación μ , sean constantes. Este es el mismo requisito para la utilización de la distribución de Poisson², por esto se puede decir que la distribución exponencial negativa es un caso especial de la distribución de Poisson.

Si consideramos que en los períodos de transición, el tiempo dt es lo suficientemente pequeño como para que no ocurra otro evento, tenemos:

$$P_0(t + dt) = P_0(t)(1 - \lambda dt) + P_1(t)(\mu dt) \quad (18)$$

$$P_1(t + dt) = P_1(t)(1 - \mu dt) + P_0(t)(\lambda dt) \quad (19)$$

² **Siméon Denis Poisson** (Pithiviers, Francia, 21 de junio de 1781-Sceaux, Francia, 25 de abril de 1840), fue un físico y matemático francés al que se le conoce por sus diferentes trabajos en el campo de la electricidad, también hizo publicaciones sobre la geometría diferencial y la teoría de probabilidades.

$$\frac{P_0(t+dt) - P_0(t)}{dt} = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) \quad (20)$$

Si $dt \rightarrow 0$

$$\frac{P_0(t+dt) - P_0(t)}{dt} \Big|_{dt \rightarrow 0} = \frac{dP_0(t)}{dt} = P_0'(t) \quad (21)$$

$$P_0'(t) = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) \quad (22)$$

Y similar:

$$P_1'(t) = \lambda P_0(t) - \mu P_1(t) \quad (23)$$

Aplicando la transformada de Laplace.

$$sP_0(s) - P_0(0) = -\lambda P_0(s) + \mu P_1(s) \quad (24)$$

$$P_0(s) = \frac{\mu}{s + \lambda} P_1(s) + \frac{1}{s + \lambda} P_0(0) \quad (25)$$

$$P_1(s) = \frac{\lambda}{s + \mu} P_0(s) + \frac{1}{s + \mu} P_1(0) \quad (26)$$

Donde $P_0(0)$ y $P_1(0)$ son las condiciones iniciales.

Solucionando el sistema de ecuaciones lineales:

$$P_0(s) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \left[\frac{P_0(0) + P_1(0)}{s} \right] + \frac{1}{\mu + \lambda} \frac{1}{s + \lambda + \mu} [\lambda P_0(0) - \mu P_1(0)] \quad (27)$$

$$P_1(s) = \frac{\lambda}{\mu + \lambda} \left[\frac{P_0(0) + P_1(0)}{s} \right] + \frac{1}{\mu + \lambda} \frac{1}{s + \lambda + \mu} [\mu P_1(0) + \lambda P_0(0)] \quad (28)$$

Se devuelve la transformada de Laplace, teniendo en cuenta:

$$\frac{1}{s+a} \xrightarrow{L^{-1}} e^{-at} \quad (29)$$

$$P_0(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} [P_0(0) + P_1(0)] + \frac{e^{-(\lambda+\mu)t}}{\mu + \lambda} [\lambda P_0(0) - \mu P_1(0)] \quad (30)$$

$$P_1(t) = \frac{\lambda}{\mu + \lambda} [P_0(0) + P_1(0)] + \frac{e^{-(\lambda+\mu)t}}{\mu + \lambda} [\mu P_1(0) - \lambda P_0(0)] \quad (31)$$

Sabiendo que: $P_0(0) + P_1(0) = 1$

$$P_0(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{e^{-(\lambda+\mu)t}}{\mu + \lambda} [\lambda P_0(0) - \mu P_1(0)] \quad (32)$$

$$P_1(t) = \frac{\lambda}{\mu + \lambda} + \frac{e^{-(\lambda+\mu)t}}{\mu + \lambda} [\mu P_1(0) - \lambda P_0(0)] \quad (33)$$

En la practica el elemento estará operando la mayoría del tiempo, por esto decimos: $P_0(0) = 1$ y $P_1(0) = 0$.

$$P_0(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda e^{-(\lambda+\mu)t}}{\mu + \lambda} \quad (34)$$

$$P_1(t) = \frac{\lambda}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda e^{-(\lambda+\mu)t}}{\mu + \lambda} \quad (35)$$

Estas son las probabilidades de que el elemento se encuentre operando o fallado respectivamente, si en $t = 0$ el elemento esta operando.

Si evaluamos los límites cuando $t \rightarrow 0$ de las ecuaciones de probabilidad, tenemos:

$$P_0 = P_0(\infty) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \quad (36)$$

$$P_1 = P_1(\infty) = \frac{\lambda}{\mu + \lambda} \quad (37)$$

Sistema serie:

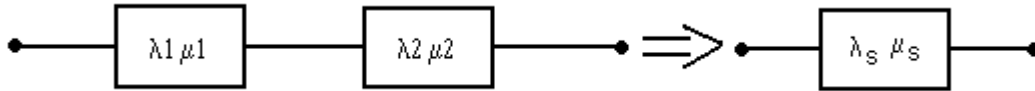


Figura 5.

λ_i = Tasa de falla de un elemento i , en un año.

μ_i = Tasa de reparación de un elemento i .

r_i = Tiempo de reparación promedio de un elemento i .

$$r_i = \frac{1}{\mu_i} \quad (38)$$

La probabilidad de que el sistema se encuentre operando (P_{UP}) es:

$$P_{up} = \frac{\mu_s}{\lambda_s + \mu_s} \quad (39)$$

Recordando el concepto de eventos simultáneos, definido en este capítulo, tenemos:

$$P_{up} = \frac{\mu_1 \mu_2}{\lambda_1 \lambda_2 + \mu_1 \mu_2} \quad (40)$$

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (41)$$

$$r_s = \frac{1}{\mu_s} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i}{\lambda_s} \quad (42)$$

λ_s es la tasa de falla de los elementos al mismo tiempo.

r_s es el tiempo de reparación promedio de todos los elementos involucrados.

La probabilidad que el sistema esté fuera de servicio en el periodo de un año (U_s), se puede relacionar con el tiempo de recuperación promedio y el tiempo promedio entre fallas o periodo T_s .

$$U_s = \frac{r_s}{T_s} \quad (43)$$

Los valores de m y T_s son conceptualmente distintos, pero para la mayoría de los sistemas son numéricamente similares, como se muestra en la figura 5.

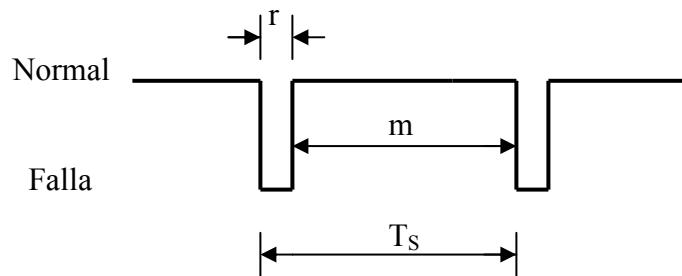


Figura 6.

Donde:

$$m = \frac{1}{\lambda} \quad (44)$$

$$U_s \approx \lambda_s r_s = \lambda_s \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i}{\lambda_s} = \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i \quad (45)$$

Con la ecuación (45) se puede calcular la probabilidad de falla en un año de cualquier punto de la figura 6, si contamos con los valores de tasa de falla y el tiempo de reparación promedio de cada elemento, considerando que las fallas son aperturas del elemento.

Estos conceptos básicos de confiabilidad no siempre representan por completo el comportamiento de los circuitos, pero son las bases para el cálculo de indicadores adicionales de confiabilidad.

Los índices de confiabilidad más utilizados se basan en la frecuencia y la duración de las interrupciones a los clientes, estos indicadores se presentan a continuación.

3.1.3 Indicadores de confiabilidad:

- SAIFI: Frecuencia media de interrupciones.

$$SAIFI = \frac{\text{Número_total_de_clientes_interrumpidos}}{\text{Número_total_de_clientes_instalados}} \quad (46)$$

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{fsi}}{Q_{Total}} \quad (47)$$

Donde:

λ_i es la tasa de falla y N_i es el número de clientes en un punto i .

Q_{fsi} : Número de clientes fuera de servicio en cada interrupción, excluyendo las interrupciones que afecten a más del 10% de los clientes por más de 24 horas y las interrupciones programadas.

Q_{Total} : Número total de clientes.

- SAIDI: Tiempo total promedio de interrupción.

$$SAIDI = \frac{\text{Suma de la duración total de las interrupciones}}{\text{Número total de clientes instalados}} \quad (48)$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n U_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{fsi} T_{fsi}}{Q_{Total}} \quad (49)$$

Donde:

U_i es el tiempo fuera de servicio.

T_{fsi} : Duración de cada interrupción.

- CAIDI: Duración promedio de cada interrupción.

$$CAIDI = \frac{\text{Suma de la duración total de las interrupciones}}{\text{Número total de clientes interrumpidos}} \quad (50)$$

$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n U_i N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i N_i} = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (51)$$

Indicadores similares que son calculados en la EDC:

- F: Frecuencia de interrupciones.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n kVA_{Interrumpidos}}{\sum_{i=1}^n kVA_{Instalados}} \quad (52)$$

$kVA_{Interrumpidos}$: kVA de capacidad instalada que fueron interrumpidos.

- TTA: Tiempo total anual de interrupciones.

$$TTA = \frac{\sum_{i=1}^n kVA_{Interrumpidos} \times D_i}{\sum_{i=1}^n kVA_{Instalados}} \quad (53)$$

D_i : Duración de cada interrupción.

A diferencia del SAIFI, SAIDI y CAIDI; el TTA y la Frecuencia se basan en los $kVA_{Instalados}$ e incluye las interrupciones programadas.

En la EDC el cálculo los indicadores SAIFI y SAIDI se realiza mediante una aproximación, ya que la EDC no dispone de la relación directa de los clientes conectados a cada transformador de distribución. La aproximación es la siguiente:

$$SAIFI_{(EDC)} = SAIFI_{(TTA^*)} \quad (54)$$

$$SAIDI_{(EDC)} = SAIDI_{(TTA^*)} \quad (55)$$

TTA^* : Valor de TTA que excluye interrupciones programadas e incluyen interrupciones en baja, media y alta tensión; así como las causadas por fallas en generación.

Aproximación del $SAIFI$ en función del $SAIFI_{(TTA^*)}$.

$$SAIFI_{(TTA^*)} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{Interrumpidos}}{Q_{Total}} = \frac{\Phi_{Interrumpidos} \times \sum_{i=1}^n kVA_{Interrumpidos}}{\Phi_{Instalados} \times \sum_{i=1}^n kVA_{Instalados}} \quad (56)$$

Φ : Relación Cliente vs. kVA en cada transformador de distribución en la EDC.

El coeficiente $[\Phi_{Interrumpidos} / \Phi_{Instalados}]$ es muy cercano a 1, ya que, el total de $kVA_{Interrumpidos}$ es una muestra representativa de los $kVA_{Totales}$.

$$SAIFI_{(EDC)} = SAIFI_{(TTA^*)} = \frac{\sum_{i=1}^n kVA_{Interrumpidos}}{\sum_{i=1}^n kVA_{Instalados}} \quad (57)$$

En lo que respecta a este estudio el término $SAIFI_{(EDC)}$ será llamado $SAIFI$.

Aproximación del $SAIDI$ en función del $SAIDI_{(TTA^*)}$.

$$SAIDI_{(TTA^*)} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{fsi} \cdot xT_{fsi}}{Q_{Total}} = \frac{\Phi_{Interrumpidos} \cdot x \sum_{i=1}^n kVA_{Interrumpidos} \cdot xD_i}{\Phi_{Instalados} \cdot x \sum_{i=1}^n kVA_{Instalados}} \quad (58)$$

Φ : Relación Cliente vs. kVA a nivel global en la EDC.

El coeficiente $[\Phi_{Interrumpidos} / \Phi_{Instalados}]$ es muy cercano a 1, ya que, el total de $kVA_{Interrumpidos}$ es una muestra representativa de los $kVA_{Totales}$.

$$SAIDI_{(EDC)} = SAIDI_{(TTA^*)} = \frac{\sum_{i=1}^n kVA_{Interrumpidos} \cdot xD_i}{\sum_{i=1}^n kVA_{Instalados}} \quad (59)$$

$$MVA_{\min} = kVA_{Interrumpidos} \cdot xD_i \cdot x0,001 \quad (60)$$

MVA_{\min} : MVA minutos interrumpidos.

$$SAIDI_{(EDC)} = \frac{1000x \sum_{i=1}^n MVA_{\min}}{\sum_{i=1}^n kVA_{\text{Instalados}}} \quad (61)$$

En lo que respecta a este estudio el término $SAIDI_{(EDC)}$ será llamado $SAIDI$.

CAPÍTULO IV

4. METODOLOGÍA Y PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LOS CIRCUITOS.

4.1 Metodología:

La metodología utilizada para la realización de este trabajo fue la siguiente:

Documentación y recopilación de la información de los circuitos en estudio: Planos de operaciones por circuito, Tasa de fallas por nivel y por circuito (Duración, MV Amin perdidos, Causas y síntomas), Tipo de red (Aéreo o subterráneo), Ventas por circuito, Relación Cliente- Transformador, Tipos de Servicio (residencial, comercial e industrial), Tasa de Reclamos de Baja tensión.

Selección de los estándares nacionales e internacionales de los indicadores de confiabilidad y de las condiciones de operación y diseño de la red de distribución.

4.1.1 Evaluación de dos escenarios.

4.1.1.1 Escenario de análisis y diagnóstico:

- Cálculo y evaluación del nivel de confiabilidad de los circuitos actuales considerando la data de interrupciones en 1 año:
 - ◆ Frecuencia media de interrupción (SAIFI): En la EDC se calcula de forma aproximada basándose en los MVA fuera de servicio y los kVA instalados por circuito.

- ◆ Tiempo total promedio de interrupción (SAIDI): Es un cálculo aproximado basado en los MVAmín fuera de servicio y los kVA conectados por circuito.
- ◆ Duración promedio de cada interrupción (CAIDI): Se calcula como el cociente SAIDI/SAIFI.
- Evaluación del diseño o topología actual de los circuitos que resulten más críticos, basados en la normativa existente y en los resultados de confiabilidad del punto anterior.
- Simulación en operación normal y de emergencia de los circuitos seleccionados, utilizando la demanda máxima promedio actual.

4.1.1.2 Escenario de planificación a corto plazo:

- Mejoras a la topología de los circuitos que resulten más críticos según el resultado anterior y considerando el crecimiento a corto plazo.
- Simulación en operación normal y de emergencia de los circuitos modificados, utilizando el estudio realizado por la Electricidad de Caracas de estimación de demanda a corto plazo.
- Evaluación de los indicadores de confiabilidad SAIFI, SAIDI y CAIDI de los circuitos modificados.

Basados en los dos escenarios anteriores se evaluó la confiabilidad y sus costos asociados después de las mejoras en el diseño o topología de los circuitos.

Análisis y evaluación de los resultados obtenidos.

Conclusiones y recomendaciones a que den lugar los resultados obtenidos.

4.2 Bases y premisas:

Se establecen el conjunto de parámetros que se tomarán en cuenta en este estudio.

Demanda actual: Para el cálculo de la demanda actual se utilizó el siguiente procedimiento.

- Se consultó la base de datos de la EDC (SCADA) para obtener la Corriente Promedio Máxima Diaria.
- Esta información se utilizó para crear el gráfico de demanda.
- Para calcular la demanda se utilizó los últimos 3 meses del período de estudio ya que este intervalo es el más representativo del comportamiento actual del circuito.
- Se calculó la moda y la desviación estándar de los valores acotados en tiempo.
- Se utilizó como límite inferior la moda y para el límite superior se utilizó la moda más 3 veces la desviación estándar.
- Teniendo ya los valores acotados adecuadamente en tiempo y magnitud se calculó el promedio (figura 6).

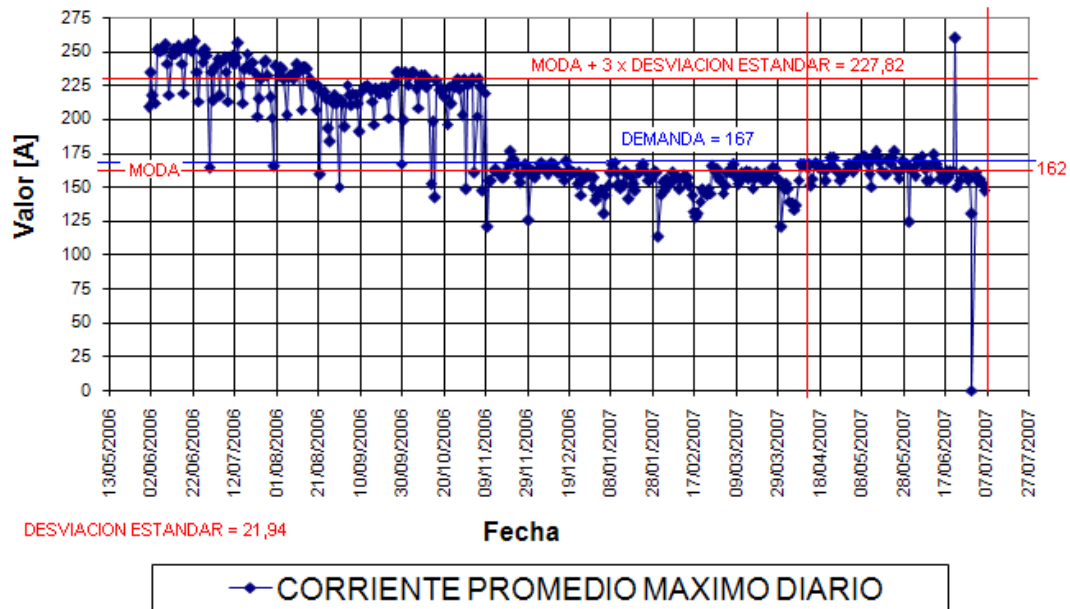


Figura 7.

4.2.1 Calidad y eficiencia:

Los siguientes parámetros se estudiaron usando el programa ASP, herramienta de uso interno de la EDC creada por ingenieros de la empresa. Es una herramienta que permite correr flujos de carga, calcular pérdidas técnicas de los circuitos, se pueden evaluar traspasos de carga, fallas y posibles recuperaciones.

- Sobrecarga de los circuitos:

Los circuitos se estudiaron en dos modos de operación, normal y de emergencia. En operación normal, el circuito puede operar por largos períodos de tiempo sin recibir daño y sin reducir su vida útil. Operando en emergencia el circuito puede operar por períodos cortos de tiempo sin sufrir daño y sin acortar su período de vida útil.

Los circuitos se pueden encontrar en uno de los siguientes tres estados.

- ◆ Operando en condición Normal: se dice que los circuitos funcionan adecuadamente y están en la capacidad de asistir a sus circuitos adyacentes (circuitos con los que tiene interconexión), cuando su conductor más cargado se encuentra operando a un valor menor al 100% de su capacidad máxima de diseño y a dos tercios ($2/3$) de su capacidad de emergencia.
- ◆ Operando por encima de $2/3$ de su operación de emergencia: El circuito funciona adecuadamente, pero no es capaz de asistir a sus circuitos adyacentes.
- ◆ Sobrecargado: El circuito se encuentra operando por encima del 100% de su capacidad máxima de diseño. El circuito sufre daños que comprometen la vida útil del mismo.
- Caída de tensión: La tensión en toda la extensión de los circuitos debe estar por encima de 0,95 p.u. ya que asegurando este valor se garantiza que el cliente no se vea afectado.
- Pérdidas técnicas: Los circuitos no deben exceder el valor referencial de 3% para pérdidas técnicas. Este es un valor recomendado más no una limitante de diseño, hay circuitos que por su gran extensión sus pérdidas en las líneas son más elevadas sobrepasando este valor referencial.
- Reactivos capacitivos: Se evalúan los bancos de condensadores conectados en los circuitos o la falta de ellos. Los bancos de condensadores en los circuitos de distribución se utilizan para garantizar que la tensión en los puntos más lejanos del circuito no bajen de la tensión mínima permitida.

4.2.2 Confiabilidad:

El diseño de los circuitos de distribución impacta directamente en su grado de confiabilidad, los circuitos con mayor seccionamiento serán más confiables que los circuitos con escaso seccionamiento, ya que el seccionamiento ayuda a ser más selectivo al circuito en caso de ocurrir alguna falla, el circuito es capaz de aislar la falla con mayor velocidad y con mínima pérdida de clientes servidos.

Para evaluar el seccionamiento y la operatividad de los equipos se solicitó los planos operativos de los circuitos y se revisó la topología de cada circuito, evaluándolos según la norma de diseño de la EDC.

- Regla 3: “Todo punto de transformación de capacidad igual o mayor a 750 kVA deberá estar conectado al circuito primario a través de dos (2) o más seccionadores rompe carga, que le permitan su transferencia a un sector alternativo. Quedan excluidos aquellos casos en que el transformador esta instalado en una ruta o ramal no interconectado. Nota: Para todo punto de transformación de cualquier capacidad destinado a servir cargas especiales como clínicas, hospitales, industrias de proceso crítico y edificaciones de importancia estratégica”. [6]
- Regla 4: Para circuitos subterráneos, “Cada 400 metros aproximadamente, de alimentador troncal o ramal, el empalme convencional se sustituirá por un empalme hecho con CMS”. [7]
- Regla 5: “Cuando exista una transición de subterráneo a aéreo o viceversa, se instalará un seccionador en el tramo aéreo. Si la transición está en el troncal o en un tramo interconectado, el seccionador deberá ser del tipo rompe carga”. [8]

- Regla 11: “No se permitirá la interconexión de más de 2 alimentadores en un mismo seccionador”. [9]
- Regla 18: Para circuitos aéreos, “Se seccionará el troncal cada 250 kVA de demanda, o cada 500 kVA de carga instalada, o cada un (1) Km. En el caso de alimentadores rurales el seccionamiento se hará cada 150 kVA de demanda, o cada 300 kVA de carga instalada, o cada 2 Km”. [10]

Para obtener la información sobre las distancias de los tramos de cada circuito se utilizó el SIMIP. Esta herramienta también se utilizó para recolectar la información sobre los conductores y determinar cuales se encontraron obsoletos.

- Seccionamiento: Los tramos de los circuitos deben cumplir con las distancias máximas de diseño estipuladas en la norma.
- Obsolescencia en equipos y conductores: los equipos obsoletos solo se sustituirán en caso de falla. Los conductores obsoletos (aislante de goma o papel plomo) se deben sustituir por conductores aislados con polietileno (PLT).
- Fallas, causas y síntomas: Se recolectó la información (cantidad de interrupciones, MVA_{\min} , $kVA_{Interrumpidos}$, causas de las interrupciones, materiales afectados) de la base de datos del SOD (SCADA) de las interrupciones ocurridas en un año (de 01/06/2006 a 31/05/2007) en los circuitos.

- SAIFI, SAIDI y CAIDI:
 - ◆ Con la información sobre las interrupciones obtenida del SCADA, se calculan los indicadores de confiabilidad en la condición actual con la aproximación descrita en el capítulo anterior.
 - ◆ Los indicadores de los circuitos mejorados se estimaron de la siguiente forma:
 - Se utilizaron las fallas registradas en el período de estudio.
 - Se ubicaron las fallas en el ASP, se simuló cada una de ellas realizando todas las posibles maniobras para evaluar con cual de ellas resultaba más eficiente la recuperación total o parcial de la carga interrumpida.
 - Se recopiló la información sobre los kVA int., tiempos de despeje y se comparó con la información de los circuitos en condición actual.
 - Se calcularon los MVA min. interrumpidos de los circuitos modificados, utilizando la ecuación (60).
 - Se calcularon los indicadores de confiabilidad utilizando las fórmulas especificadas en el capítulo 3.
- Equipos y conductores no operativos: se recolecta la información sobre los memos CCO de cada circuito del SAP, se evalúa la funcionalidad de los equipos o la falta de ellos según la norma de diseño de la EDC.

4.3 Estrategias de mejora.

En este estudio se plantearan dos tipos de estrategias de mejoras:

4.3.1 Estrategias para corregir errores de diseño.

Estas están basadas en las normas de diseño de sistemas de distribución de la EDC. No se requiere una jerarquización de estas estrategias ya que es primordial para el departamento de planificación de la red que los circuitos se encuentren bajo norma por la seguridad de los empleados y la satisfacción adecuada del servicio. Estas estrategias son las siguientes:

- Colocación de cuchillas de seccionamiento en los cambios de tipo de circuito de aéreo a subterráneo y viceversa. Es imprescindible contar con estas cuchillas para la rápida ubicación de las fallas.
- Crear seccionamiento en interruptores existentes en tramos que no cumplan con las distancias máximas impuestas por la norma.
- Colocar cuchillas de seccionamiento en los tramos de circuito aéreo que sobrepasen la distancia máxima permitida por la norma.
- Sustitución de empalmes convencionales, se deben sustituir los empalmes convencionales por CMS en los casos donde la distancia de los tramos subterráneos sea mayor a las permitida por la norma de diseño.
- Retirar los conductores que no poseen carga conectada ya que representan un riesgo innecesario para el circuito, ya que se puede presentar una falla en un sector que no se encuentra alimentando a ningún cliente.

- Sustituir interruptores subutilizados ya que es importante la optimización del uso de los vienes de la empresa.
- Crear interconexiones en los circuitos que no presenten al menos interconexión con 2 circuitos, ya que es importantes tener al menos 2 opciones de recuperación en situación de emergencia.
- Retirar interconexiones en interruptores que posean más de dos alimentadores, esta es una medida de seguridad para el personal que trabaje en estos circuitos.
- Colocar o reubicar banco de condensadores, para mantener la tensión de los circuitos por encima de 0,95 p.u..
- Intercambiar circuitos entra barras de la misma S/E, para mejorar la confiabilidad de estos.

4.3.2 Estrategias para corregir problemas operativos.

Estas consistes en solucionar problemas causados por el crecimiento de la demanda del servicio, el desgaste y tiempo en uso de los materiales y equipos. Estas estrategias se pueden jerarquizar por la magnitud de la inversión que requiere para su puesta en marcha, desde la que amerita la inversión más pequeña, hasta la de mayor costo. Las posibles estrategias son las siguientes:

- Traspasos de carga entre circuitos que poseen interconexiones entre ellos, es la solución más sencilla y de menor costo, solo es necesario haces maniobras en los interruptores, la limitante en el caso de la EDC es que la mayoría de los circuitos se encuentran operando en el tope de su capacidad o se encuentran sobrecargados imposibilitando esta acción.

- Sustitución de conductores sobrecargados y/o obsoletos. Al cambiar los conductores por uno de mayor calibre o por uno con aislante adecuado se logra que el circuito cuente con mayor capacidad y pueda manejar mayor carga.
- Crear nuevas copas en los circuitos que posean solo una, para así distribuir mejor la carga, aliviando el troncal de la copa existente.
- Traspasar carga a circuitos que se encuentren en las cercanías, para que se procure el mínimo trabajo de obras civiles.

4.4 Circuitos bajo estudio:

En estudios anteriores la EDC clasificó los más de 1000 circuitos que conforman su sistema de distribución según su criticidad, evaluando densidad de los circuito y sus clientes importantes.

De esta clasificación se determinó que una serie de circuitos necesitaban de ciertos estudios de confiabilidad para mejorar su funcionamiento ya que resultaron críticos. Estos circuitos críticos fueron distribuidos entre pasantes e ingenieros del área de planificación de la red, para su estudio.

Particularmente se analizaron 29 circuitos pertenecientes a las S/E Zulia, Apure, Aragua, Guarico y Sucre. Los circuitos se muestran en el anexo 1.1.

CAPÍTULO V

5. DIAGNÓSTICO DE LOS CIRCUITOS CONDICIÓN ACTUAL

Condición Actual: Consiste en estudiar en qué condiciones de operación se encuentran los circuitos en el período que va desde el 01/06/2006 hasta el 30/06/2007.

5.1 Demanda en condición actual.

Se utilizó como demanda actual el comportamiento de la demanda máxima promedio presente en cada circuito en los últimos tres meses del periodo de estudio. Ver anexo 1.2.

5.2 Interconexiones de los circuitos.

Los circuitos estudiados presentan una serie de interconexiones con circuitos de su misma S/E y circuitos de otras S/Es, de manera que se puedan realizar trasposos de carga entre circuitos en condición de emergencia para seguir prestando el servicio en zonas que se encuentren afectadas por fallas. Las interconexiones se muestran en el anexo 1.3.

5.3 Calidad y eficiencia:

- Sobrecarga: Al estudiar los circuitos en la condición actual de operación se encontraron las condiciones de operación mencionadas en el capítulo 4.

Los circuitos que se encontraron operando en condición normal fueron los siguientes:

CIRCUITO	
ZULIA A10	APURE B3
ZULIA A2	ARAGUA B1
ZULIA A4	ARAGUA B3
APURE B1	ARAGUA A3
APURE B9	ARAGUA A7
APURE B2	GUARICO A1
APURE A8	GUARICO B5
APURE A3	GUARICO A2
APURE A7	

Cuadro 1.

Estos circuitos mostrados en el cuadro 1, en condición actual son capaces de alimentar toda su carga sin riesgo de salidas por falla de algún conductor sobrecargado, también son capaces de asistir a alguno de sus circuitos adyacentes si este presentara alguna eventualidad sin afectar su carga usual.

Los circuitos Zulia A5 y Guarico A3 se encontraron operando por encima de dos tercios ($2/3$) de su valor de operación de emergencia en la condición actual. Estos circuitos son capaces de alimentar toda su carga sin riesgo de salidas por falla de algún conductor sobrecargado, pero en el caso de asistir a algún circuito adyacente, podrían presentar problemas e incluso causar una falla por sobrecarga que causaría la interrupción parcial o totalmente del servicio.

Los circuitos que se encontraron sobrecargados se muestran en el cuadro 2:

CIRCUITO	
ZULIA A7	ARAGUA A5
ZULIA A9	ARAGUA B2
ZULIA B2	ARAGUA A1
ARAGUA A2	SUCRE A1
ARAGUA A8	SUCRE A2

Cuadro 2.

Los circuitos mostrados en el cuadro 2 no son capaces de alimentar su carga en las horas picos causando recalentamiento en conductores y equipos que pueden causar la salida parcial o total del circuito, estos circuitos no están en la capacidad de asistir a sus circuitos adyacentes en caso de alguna eventualidad.

Los tramos más cargados de cada circuito se muestran en el anexo 1.4, en el gráfico 1 se muestran los porcentajes de carga de cada circuito en condición normal y de emergencia. Todos los conductores sobrecargados o cargados por encima de 2/3 de su valor máximo de operación en emergencia se muestran en el anexo 1.5.

- Caída de tensión: Los circuitos estudiados no presentan problemas de caída de tensión, la tensión mínima presente en estos circuitos es mayor a la tensión mínima permitida 95% (0,95p.u.), ver anexo 1.6. Este aspecto si bien en el interior del país representa un grave problema, en los circuitos de la EDC son pocas las probabilidades que esto ocurra ya que los circuitos son relativamente cortos, se encuentran cercanos a la S/E de distribución en comparación con los circuitos rurales.
- Pérdidas técnicas: El circuito Sucre A2 (3.42%) sobrepasa el valor referencial de 3% para fallas técnicas, las pérdidas técnicas de cada circuito se muestran en el anexo 1.7. Si bien las pérdidas técnicas no afectan el estudio de confiabilidad, es un parámetro a tomar en cuenta en el momento de evaluar la eficiencia del circuito.
- Reactivos capacitivos: No se registraron problemas con los condensadores o falta de ellos. Los reactivos capacitivos existentes se muestran en el anexo 1.8. Los reactivos capacitivos se utilizan para aumentar el nivel de tensión de algún circuito en sectores alejados de la S/E de distribución.

- Cargabilidad en transformadores de distribución: el F.U. promedio de los circuitos estudiados es de 46%, el F.U. de cada circuito se muestra en el anexo 1.1. El escenario ideal para estos circuitos es que se encuentren operando alrededor del 65% de su capacidad instalada, menos de este valor se puede considerar que los circuitos están subutilizados. Tampoco son recomendable valores mayores al 90% ya que deja muy poco margen para aumentos de demanda por alguna situación especial.

5.4 Confiabilidad:

- Seccionamiento:
 - ◆ En el anexo 1.9 se muestran los tramos de conductores por circuito que no cumplen con la distancia máxima permitida según la norma de seccionamiento (400m, Regla 4, Normas de Seccionamiento subterráneo; 1km, Regla #18, Normas de Seccionamiento en el caso aéreo). El cumplimiento de esta norma de diseño es importante ya que con un adecuado seccionamiento por distancia se hace más selectivo el circuito facilitando la recuperación del mismo en caso de falla y se disminuye el tiempo de ubicación de la falla para una más rápida acción del equipo de reparación.
 - ◆ Los conductores que no poseen cuchillas en el cambio de tipo de circuito de subterráneo a aéreo se muestran en el anexo 1.10 (Regla 5, Normas de Seccionamiento). Es necesario poder aislar los circuitos aéreos de los subterráneos para que, en caso de alguna eventualidad, el trabajo de las cuadrillas de reparación se más eficiente.
 - ◆ En el circuito Zulia A10 falta seccionamiento en una de las copas. El seccionamiento de las copas permite en caso de alguna falla en una de

ellas aislarla de tal forma que no sea necesario la interrupción del circuito completo sino solo la copa fallada.

- Obsolescencia en equipos y conductores: Es necesario mantener los equipos de los circuitos actualizados para el funcionamiento óptimo de circuitos. En el anexo 1.11 se muestran los conductores por circuito que se encuentran obsoletos.

- Calidad del servicio técnico:
 - ◆ En el anexo 1.12 se muestran la cantidad de interrupciones, MV Amin afectados en cada circuito.

 - ◆ Los índices SAIFI, SAIDI y CAIDI se muestran en el anexo 1.12.

- Equipos y conductores no operativos:
 - ◆ Los Memos CCO de los circuitos se muestran en el anexo 1.13.

 - ◆ Los interruptores que se encuentran subutilizados (Regla # 3, Normas de Seccionamiento), se muestran en el anexo 1.14.

 - ◆ Los Protectores de distribución que no poseen circuito de emergencia se muestran en el anexo 1.15.

 - ◆ Los conductores que no poseen carga conectada se muestran en el anexo 1.16.

- ◆ Los interruptores que se encuentran fuera de norma, seccionamiento con más de 2 alimentadores (Regla #11, Normas de Seccionamiento), se muestran en el anexo 1.17. Esta norma es de suma importancia para la seguridad del personal que maniobra dichos interruptores, ya que estos se encuentran en sótanos con espacio limitado y si en un interruptor hay tres conductores energizados la maniobra se hace mucho más riesgosa.

CAPÍTULO VI

6. DIAGNÓSTICO DE LOS CIRCUITOS CONDICIÓN FUTURA

Para hacer el diagnóstico de la condición futura se tomaron en cuenta tres aspectos:

- Los proyectos de adecuación pendientes por ejecutar en los años 2007 y 2008 en cada circuito. Estos proyectos son recomendaciones hechas en estudios anteriores realizados en la EDC, las cuales resultaron económicamente viables y se aprobaron para su realización incluyendo posibles traspasos de carga entre circuitos. Es de suma importancia evaluar los proyectos que se encuentra ejecutándose o por ejecutar ya que estos afectaran el comportamiento de los circuitos en el periodo de estudio.
- Crecimiento vegetativo y demanda estimada para los años 2007 y 2008. Se considera la estimación de demanda ya calculada por S/E y se extrapola a cada circuito. En el anexo 1.18 se muestra la demanda utilizada en la condición futura:
- La existencia de solicitudes para incorporar nuevos clientes con cargas de magnitud considerable para el periodo 2007-2008.

6.1 Proyectos aprobados por la EDC:

A continuación se describen los proyectos aprobados que se encuentra ejecutándose o en vías de ejecución, que son resultado de estudios anteriores

realizados por la EDC. Estos proyectos incluyen las siguientes estrategias de mejora de los circuitos estudiados:

- Instalar y/o sustituir transformadores o bancos de transformadores:
 - ◆ En el circuito Zulia A2 se planea conectar en el tramo LD2377_2 un banco de 3 transformadores de 300kVA c/u, con una demanda máxima de 750kVA. En este mismo circuito se planea sustituir el banco de transformadores de 3(50kVA), asociado al PD47962, por un banco de transformadores de 3(100kVA).
 - ◆ En el circuito Zulia A4 se planea conectar cercano al PD48916, un transformador de 500kVA, con una demanda máxima de 330kVA.
 - ◆ En el circuito Zulia A5 se plantea sustituir dos bancos de transformadores de 3(100kVA) c/u asociados al PD10532, propiedad del cliente, a un transformador de 1000kVA.
 - ◆ En el circuito Zulia A7 se plantea conectar cercano al PD3523, un transformador de 150kVA, con una demanda máxima de 105kVA.
 - ◆ En el circuito Aragua A2 está proyectado conectar 4MVA (Éxito Zona Rental). Este proyecto se realizara en 2 etapas, inicialmente se conectarán 2MVA y los 2MVA restantes se conectarán en el año 2008, por esta razón en esta condición se simulara agregando 4MVA.
- Crear interconexiones entre circuitos:
 - ◆ Se creará interconexión entre los circuitos Apure A2 y Apure B2.

- Traspaso de carga a otros circuitos:
 - ◆ Traspaso de PD719 (500kVA) del circuito Sucre A1 a Carabobo B1.
 - ◆ Traspaso de 800kVA instalados del circuito Sucre A2 al circuito Carabobo A4, los PD'S a traspasar: PD675 (150kVA), PD34995 (300kVA), PD29055 (300kVA), PD29056 (50kVA).
- Adecuación y reacondicionamiento de los circuitos:
 - ◆ Reacondicionamiento del tramo aéreo del circuito Sucre A2, entre las ubicaciones 53DL172 y 53DL152 de #2 a 1/0.
 - ◆ En el circuito Sucre A2 conectar el cable 1/0 existente y retirar en el cable #2 entre las ubicaciones 53DL152 y 53DL232.
 - ◆ Adecuación de la tanquilla 73DL677 del circuito Sucre A2 (Convertir Tranquillón en sótano).

6.2 Calidad y eficiencia:

- Sobrecarga:

Los circuitos que en condición futura se encontrarán operando en condición normal son los siguientes:

CIRCUITO	
ZULIA A10	ARAGUA B1
APURE B1	ARAGUA B3
APURE B9	ARAGUA A3
APURE B2	ARAGUA A7
APURE A8	GUARICO A1
APURE A3	GUARICO B5
APURE A7	GUARICO A2
APURE B3	

Cuadro 3.

Los circuitos Zulia A2, Zulia A5, Zulia A4 y Guarico A3 en esta condición se encontrarán operando por encima de dos tercios ($2/3$) de su valor de operación de emergencia son los siguientes:

Los circuitos que se encontrarán sobrecargados en esta condición se muestran a continuación:

CIRCUITO	
ZULIA A7	ARAGUA A5
ZULIA A9	ARAGUA B2
ZULIA B2	ARAGUA A1
ARAGUA A2	SUCRE A1
ARAGUA A8	SUCRE A2

Cuadro 4.

Los tramos más cargados de cada circuito se muestran en el anexo 1.19, en el gráfico 2 se muestran los porcentajes de carga de los conductores en condición

normal y de emergencia. Todos los conductores sobrecargados o cargados por encima de 2/3 de su valor máximo de operación en emergencia se muestran en el anexo 1.20.

- Caída de tensión: Los circuitos estudiados no presentaran problemas de caída de tensión, la tensión mínima presente en estos circuitos será mayor a la tensión mínima permitida 95% (0,95p.u.), ver anexo 1.21.
- Pérdidas técnicas: El circuito Sucre A2 (3,38%) sobrepasará el valor referencial de 3% para fallas técnicas. Ver anexo 1.22.
- Reactivos capacitivos: No se registraron problemas con los condensadores o falta de ellos.
- Cargabilidad en transformadores de distribución: el F.U. promedio de los circuitos estudiados es de 48%, el F.U. de cada circuito se muestra en el anexo 1.18.

6.3 Confiabilidad:

En este aspecto, el único cambio que se plantea es la sustitución del conductor obsoleto LD9199_6 en el circuito Sucre A2, de #2GN a 1/0AL5. El resto de los puntos mencionados en la condición actual se mantienen.

CAPÍTULO VII

7. ESTRATEGIAS DE ADECUACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS CIRCUITOS APLICANDO LAS PROPUESTAS.

Después de estudiar los proyectos asociados a cada circuito se plantearon estrategias que solucionen los problemas que persisten y se realizó el análisis operativo de estas propuestas, incluyendo el análisis comparativo de los índices de confiabilidad de cada circuitos antes y después de las mejoras.

7.1 Estrategias de adecuación propuestas para los circuitos en estudio.

7.1.1 Estrategias para corregir errores de diseño:

- Colocar cuchillas de seccionamiento en los cambios subterráneo-aéreo y aéreo-subterráneo en los siguientes conductores.

CIRCUITO	CONDUCTOR	CIRCUITO	CONDUCTOR	CIRCUITO	CONDUCTOR	
ZULIA A10	LD1629_5		LD6417_1	GUARICO B5	LD4856_4	
	LD11702_4		LD4247_3		LD487_4	
	LD16765_1		LD4247_4		LD488_2	
	LD15574_1		LD16768_1		LD505_13	
	LD10669_2		LD4321_1		LD2968_1	
	LD10669_4		LD4321_2		LD9219_1	
	LD10669_10		LD16547_1		LD2965_1	
	ZULIA A2		LD16765_2		LD16547_2	SUCRE A1
ZULIA B2	LD1675_1		LD16547_4			LD3651_1
	LD16499_1		LD16547_5			LD3650_1
	LD1655_1	LD9180_2	LD2862_2			
	LD1655_2	LD4197_4	LD2550_2			
ZULIA A5	ZULIA A4	LD4197_5	SUCRE A2	LD2966_1		
ARAGUA B3		LD4715_1		LD2966_2		
ARAGUA A3		LD4715_2		LD2966_4		
ARAGUA A2	LD39682_1	GUARICO A3	LD15848_1			

Cuadro 5.

- Crear seccionamiento.
 - ◆ En el circuito Zulia A10, colocar interruptor de 3 vías en la unión de los conductores CD1605_1-CD1605_5-CD1605_10.
 - ◆ Colocar cuchillas de seccionamiento cercanos a los PDs 18326 y 31886, del circuito Zulia A2.
 - ◆ En el circuito Zulia A9, cortar el conductor CD1621_6 cercano a la ubicación 22FL208 y colocar un CMS de 2 vías. Crear seccionamiento en el interruptor ID28920-ID28923.
 - ◆ Crean seccionamiento en el interruptor ID28920-ID28923, del circuito Zulia A4.
 - ◆ Retirar el conductor CD12298_1, que conecta el circuito Aragua A5 con el ID23720, sustituir el interruptor de 4 vías ID23720-ID23723 por uno de 3 vías, crear seccionamiento en este mismo circuito en el interruptor de 3 vías ID23724-ID23726.

- Sustituir empalme convencional entre los conductores.

CIRCUITO	SUSTITUIR POR	CONDUCTORES INVOLUCRADOS
ZULIA A10	CMS de 3 vías	CD1594_1, CD1594_2, nuevo
	CMS de 3 vías	CD6783_1, CD6783_2, CD6783_3
ZULIA A9	CMS de 3 vías	CD5516_1, CD5516_2, CD5516_3
	CMS de 3 vías	CD6416_3, CD6416_4, CD6416_5
	CMS de 3 vías	CD4324_3, CD4324_4, CD4324_6
	CMS de 3 vías	CD4326_2, CD4326_7, CD4326_8
ZULIA A5	CMS de 3 vías	CD5516_1, CD5516_2, CD5516_3
ZULIA A4	CMS de 3 vías	CD5643_1, CD5643_2, CD5643_3
	CMS de 3 vías	CD6417_3, CD6417_4, CD6417_5
APURE B1	CMS de 3 vías	CD5083_1, CD5083_2, CD5083_7
	CMS de 3 vías	CD4507_7, CD4507_8, CD4507_9
	CMS de 3 vías	CD4454_1, CD4454_2, CD4454_3
APURE B9	CMS de 3 vías	CD5109_1, CD5109_2, CD5109_3
	CMS de 3 vías	CD4861_1, CD4861_2, CD4861_3
	CMS de 4 vías	CD8849_1, CD8849_2, CD8849_3, CD8849_4
APURE B2	CMS de 3 vías	CD4058_3, CD4058_4, CD4058_5
APURE A3	CMS de 3 vías	CD4341_2, CD4341_3, CD4341_6
	CMS de 3 vías	CD4348_1, CD4348_5, CD4348_6
	CMS de 3 vías	CD2950_18, CD2950_4, CD2950_7
APURE A7	CMS de 3 vías	CD4860_1, CD4860_2, CD4860_3
	CMS de 3 vías	CD4859_2, CD4859_3, CD4859_4
	CMS de 3 vías	CD5477_3, CD5477_4, CD5477_7
GUARICO A1	CMS de 4 vías	CD4286_1, CD4286_2, CD4286_7, CD4873_2
	CMS de 4 vías	CD5527_3, CD5527_4, CD5527_5, CD5527_7
	CMS de 3 vías	CD5527_5, CD5527_8, CD5527_9
	CMS de 3 vías	CD6658_3, CD6658_4, CD6658_5
GUARICO A2	CMS de 3 vías	CD4448_2, CD4448_3, CD4448_6
	CMS de 3 vías	CD5676_7, CD5676_8, CD5676_9
	CMS de 3 vías	CD5554_3, CD5554_4, CD5554_5

Cuadro 6.

- Retirar los siguientes conductores que no poseen carga conectada:

CIRCUITO	CONDUCTOR	CIRCUITO	CONDUCTOR
ZULIA A2	LD6635_10	ARAGUA A2	CD9681_2
ZULIA A9	CD4326_6	ARAGUA A8	CD4452_8
ZULIA B2	LD6718_5		CD4449_2
ZULIA A4	LD4329_1	ARAGUA A5	CD11780_1
APURE B1	CD575_1		CD12222_5
	CD8512_5		CD4415_8
	CD8512_7		CD4415_9
APURE B9	CD4861_10	ARAGUA A7	CD6786_4
	CD9661_1	ARAGUA B2	CD4296_2
APURE A3	CD2950_5		CD4654_3
	CD4348_4		CD4654_4
ARAGUA B1	CD4386_12		ARAGUA A1
	CD9762_2	CD11825_1	
ARAGUA B3	CD12952_4	GUARICO A3	CD5873_8
ARAGUA A3	CD4242_2		SUCRE A2
	CD4242_11	CD2967_3	
	CD6503_7	CD2967_9	

Cuadro 7.

- Sustituir interruptores subutilizados:

CIRCUITO	INTERRUPTOR	VÍAS	SUSTITUIR POR
ZULIA A9	ID28881-ID28884	4	3 Vías
	ID27840-ID27843	4	3 Vías
	ID29111-ID29114	4	3 Vías
ZULIA A4	ID28984-ID28987	4	3 Vías
APURE B9	ID19852-ID19854	3	2 Vías
APURE B2	ID8047-ID8050	4	3 Vías
APURE A3	ID2779-ID2781	3	2 Vías
APURE A7	ID29410-ID29414	4	3 Vías
APURE B3	ID29410-ID29414	4	3 Vías
	ID12888-ID12890	3	2 Vías
ARAGUA B1	ID22749-ID22752	4	3 Vías
ARAGUA A2	ID10382-ID10385	4	RETIRAR
ARAGUA A5	ID20807-ID20810	4	3 Vías
	ID23720-ID23723	4	3 Vías
	ID24144-ID24147	4	3 Vías
ARAGUA A7	ID22766-ID22769	4	3 Vías
ARAGUA A1	ID18783-ID18786	4	RETIRAR
GUARICO A1	ID27537-ID27540	4	3 Vías
SUCRE A1	ID959-ID961	3	2 Vías
SUCRE A2	ID11133-ID11136	4	3 Vías

Cuadro 8.

- Crear interconexiones.
 - ◆ Crear interconexión entre los circuitos Apure B3 y Zulia B9.
 - ◆ En el PD41101 del circuito Apure B3, colocar Apure B9 como circuito emergente.
 - ◆ Crear interconexión entre los circuitos Aragua A1 y Aragua B1, a través del interruptor ID28230.
 - ◆ Interconectar los circuitos Guarico A1 y Guarico B2.

- Retirar interconexiones que se encontraron fuera de norma.
 - ◆ Retirar la conexión del circuito Aragua B1 con el interruptor de 4 vías ID24144-ID24147, retirar el conductor CD12574_1.
 - ◆ Retirar interconexión entre los circuitos Aragua A1 y Aragua B8 del interruptor ID24154-ID24157, sustituir interruptor de 4 vías ID24154-ID24157 por uno de 2 vías.
 - ◆ Retirar la interconexión entre los circuitos Aragua B1 y Aragua A5 en el interruptor de 4 vías ID23720-ID23723, sustituir este ID por uno de 3 vías.
 - ◆ Retirar interconexión entre los circuitos Zulia A5 y Zulia A1 en el interruptor ID27759-ID27762, sustituir el interruptor por uno de 3 vías.
 - ◆ Retirar la conexión entre los circuitos Aragua B3 y Aragua B8 en el interruptor de 4 vías ID23720-ID23723, sustituir este ID por uno de 3 vías.
- Colocar o reubicar banco de condensadores.
 - ◆ El banco de condensadores asociado al PD672, que originalmente se encontraba en Sucre A2 y al realizar el traspaso propuesto en el proyecto 6037669 quedó en Carabobo A4, se recomienda retirarlo de Carabobo A4 e instalarlo cercano al PD14242 de Sucre A2.

- Intercambiar circuitos entre barras.
 - ◆ Intercambiar de barra los circuitos Guarico A2 y Guarico B2.

7.1.2 Estrategias para corregir problemas operativos.

- Traspasos de carga.
 - ◆ Retirar interconexión entre los circuitos Aragua A2 y Aragua B6 del interruptor ID23465. Traspasar 3850 kVAinst del circuito Aragua A2 al circuito Aragua A5, los PD involucrados son PD44440, PD39187, PD46819, PD41674, PD44441, PD45704, PD35852 y PD41528.
 - ◆ Traspasar 2000kVA (PD40610) de venta en alta tensión del circuito Aragua A2 al circuito Aragua B7.
 - ◆ Traspasar 2300kVAinst, 1292kVA de demanda del circuito Aragua A8 al circuito Aragua A4, los PD's involucrados son PD42825, PD39189, PD41555; retirar interconexión del circuito Aragua A3 en el interruptor ID22599, cambiar conductor CD4243_2 de 20PLT15 a 250PLT15.
 - ◆ Traspasar 5070kVAinst, 3624kVA de demanda del circuito Aragua A5 al circuito Aragua B5, los PD involucrados son PD43002, PD43003, PD43004, PD43005, PD43006, PD41401, PD33441, PD43007, PD19865, PD19864 y PD43008. Y traspasar 1500kVAinst, 667kVA de demanda del circuito Aragua A5 al circuito Aragua B3.

- Sustitución de conductores sobrecargados y/o obsoletos:

CIRCUITO	CONDUCTOR	CALIBRE	SUSTITUIR POR:	CIRCUITO	CONDUCTOR	CALIBRE	SUSTITUIR POR:
ZULIA A2	CD1661_1	250PLT15	500PLT15	GUARICO B5	CD486_3	#2PPP	2PLT15
ZULIA A7	CD5641_6	250PLT15	500PLT15		CD1070_2	#2PPP	2PLT15
	CD6814_1	250PLT15	500PLT15		CD4856_2	4/0PPP	20PLT15
	LD6453_1	AL_1/0T	500PLT15		CD4856_3	#2PPP	2PLT15
	LD6453_4	AL_1/0T	500PLT15		CD4856_5	4/0PPP	20PLT15
	LD6453_5	AL_1/0T	AL_4/0T		CD4856_8	4/0PPP	20PLT15
	LD6453_6	AL_1/0T	AL_4/0T		CD4856_9	#2PPP	2PLT15
	CD13265_1	2PLT15	20PLT15		CD12370_2	#2PPP	2PLT15
ZULIA A9	CD5517_1	250PLT15	500PLT15	CD12370_3	#2PPP	2PLT15	
	CD6416_1	250PLT15	500PLT15	CD12370_7	#2PPP	2PLT15	
	CD6416_3	250PLT15	500PLT15	LD488_2	#2GN	2PLT15	
	CD6416_5	250PLT15	500PLT15	CD2962_2	4/0GN	250PLT15	
	CD6416_7	250PLT15	500PLT15	CD2965_4	#6GN	2/0PLT15	
	CD5838_1	250PLT15	500PLT15	CD9195_1	500GN	500PLT15	
	CD5838_3	250PLT15	500PLT15	CD9195_3	500GN	500PLT15	
	CD5838_7	250PLT15	500PLT15	CD9195_5	500GN	500PLT15	
ZULIA B2	CD4325_1	250PLT15	500PLT15	CD9219_9	#2GN	2PLT15	
	CD1675_1	250PLT15	500PLT15	LD2965_1	#6GN	1/0AL5	
	LD1675_4	AL_4/0T	CU_4/0T	LD2968_1	#6GN	1/0AL5	
	LD11933_1	AL_4/0T	CU_4/0T	LD9219_1	#2GN	1/0AL5	
	LD11299_1	AL_1/0T	AL_4/0T	LD9219_2	#2GN	1/0AL5	
	LD11299_2	AL_1/0T	AL_4/0T	CD2913_1	2/0PLT5	500PLT5	
	LD10675_1	AL_1/0T	AL_4/0T	CD2913_3	250PLT5	500PLT5	
ZULIA A5	CD1618_7	250PLT15	500PLT15	CD2913_10	250PLT5	500PLT5	
	CD1618_9	250PLT15	500PLT15	CD9219_7	2PLT5	2/0PLT5	
ZULIA A4	CD6417_1	250PLT15	500PLT15	CD2978_3	#2GN	2PLT15	
	CD6417_3	250PLT15	500PLT15	CD3007_1	#2GN	2PLT15	
	CD6417_5	250PLT15	500PLT15	LD3651_1	#2GN	1/0AL5	
ARAGUA A2	CD4441_1	250PLT15	500PLT15	LD9199_6	#2GN	1/0AL5	
	CD4441_4	250PLT15	500PLT15	CD2970_1	500GN	500PLT15	
	CD4441_5	250PLT15	500PLT15	CD2970_5	500GN	500PLT15	
ARAGUA A8	CD4453_1	250PLT15	500PLT15	CD2967_1	250PLT15	500PLT15	
	CD4453_2	250PLT15	500PLT15	CD2967_2	250PLT15	500PLT15	
ARAGUA B2	CD5521_1	250PLT15	500PLT15	CD2967_6	250PLT15	500PLT15	
	CD5520_1	20PLT15	250PLT15	CD2967_8	250PLT15	500PLT15	
	CD5520_3	20PLT15	250PLT15	CD2967_10	250PLT15	500PLT15	
	CD5520_7	2PLT15	20PLT15	CD2967_12	250PLT15	500PLT15	
	CD5520_10	2PLT15	20PLT15	CD2967_14	250PLT15	500PLT15	
GUARICO A3	LD1185_1	AL_1/0T	AL_4/0T	CD2966_1	250PLT15	500PLT15	
	LD1185_2	AL_1/0T	AL_4/0T	CD2966_3	250PLT15	500PLT15	
	LD1185_3	AL_1/0T	AL_4/0T	CD2966_6	250PLT15	500PLT15	
	LD1185_4	AL_1/0T	AL_4/0T	LD9199_1	2T506R	AL_1/0T	
				LD9199_2	2T506R	AL_1/0T	

Cuadro 9.

- Crear nuevas copas.
 - ◆ Desconectar unión entre los conductores CD5641_13 y CD5641_7 del circuito Zulia A7 y crear segunda copa que alimentara al conductor CD5641_7 a través de un conductor 500PLT15 que saldrá de la nueva copa con longitud aproximada de 985mts y será seccionado aproximadamente a 400mts de la S/E.

- Traspaso de carga a circuitos cercanos.
 - ◆ Traspaso de carga del circuito Sucre A2 al circuito Carabobo A4, los PDs a traspasar son: PD42844, PD24005, PD34660, PD35048, PD16285, PD12695 y PD12822 (1225kVAi).
 - ◆ Crear conexión entre los circuitos Aragua A1 y Aragua A3, traspasar 2600kVAinst, 1370kVA de demanda de Aragua A1 a Aragua A3.

- Adecuación de los circuitos.
 - ◆ Retirar el PD45509 subutilizado del circuito Apure B1.
 - ◆ Normalizar la situación del interruptor ID27462 del circuito Guarico A2, (La tierra del interruptor está del lado de la S/E no del lado de la carga como manda el plano, CCO 2006-3058).
 - ◆ En el circuito Sucre A2 cortar el CD2967_6 y empatar con CD2862_1, cortar CD2862_1.

7.2 Diagnóstico y análisis de los circuitos aplicando las propuestas.

- Consiste en estudiar los circuitos aplicando las propuestas asociadas a cada circuito. Para el análisis de las propuestas realizadas se utilizó la estimación de demanda para el año 2008 incluyendo los traspasos contemplados en condición futura y en las propuestas realizadas. Las demandas utilizadas para analizar las propuestas se muestra en el anexo 1.23.

7.2.1 Calidad y eficiencia:

- Sobrecarga: Los circuitos que se estudiaron, luego de aplicar las propuestas se encuentran operando en condiciones normales, ver anexos 1.24 y 2.3.

S/E Zulia:

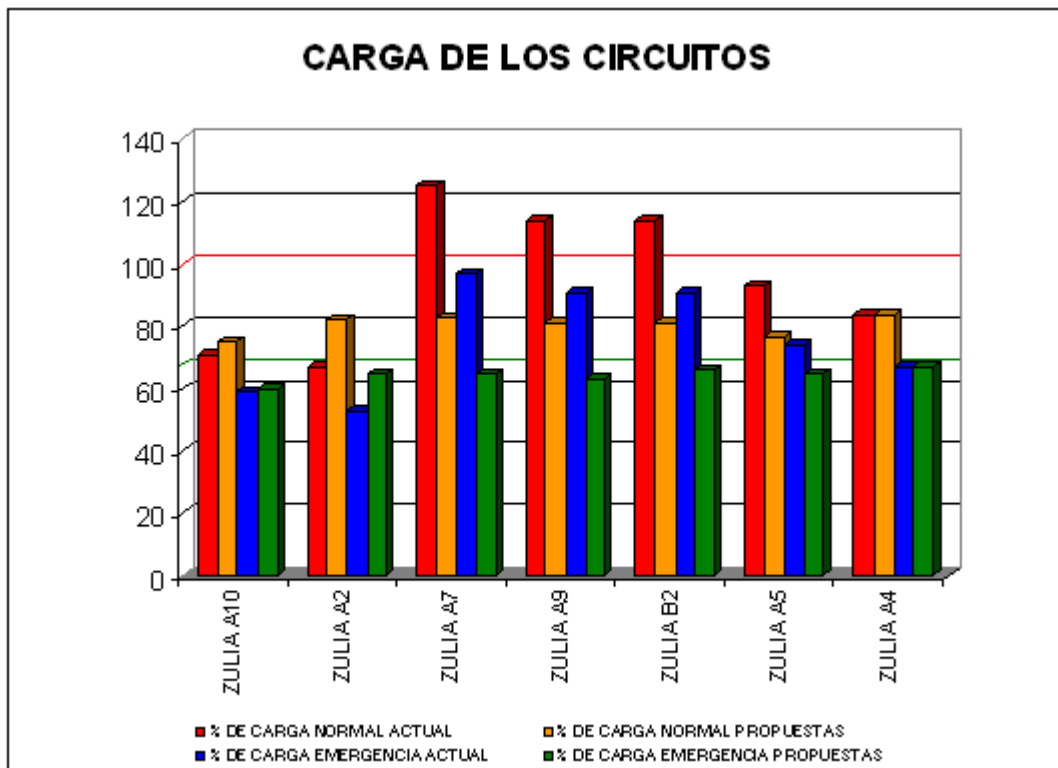


Gráfico 1.

En el gráfico 1 se puede observar las mejoras considerables en los niveles de carga de los circuitos de la S/E Zulia. En este caso específico las estrategias para solucionar problemas operativos se basaron en cambios de calibre de los conductores ya que la mayoría de los circuitos de esta S/E se encuentran operando al máximo de su capacidad y no es posible realizar traspasos entre ellos.

S/E Apure:

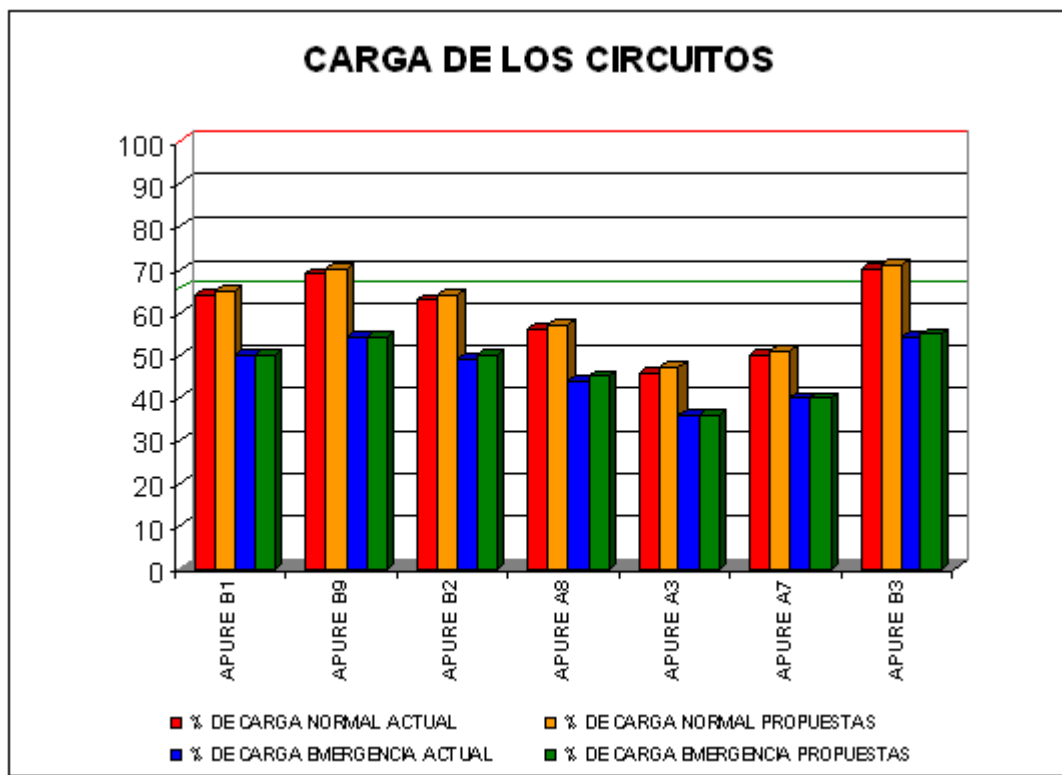


Gráfico 2.

Esta S/E como se muestra en el gráfico 2, no presentó problemas de sobrecarga en ninguna de las etapas del estudio.

S/E Aragua:

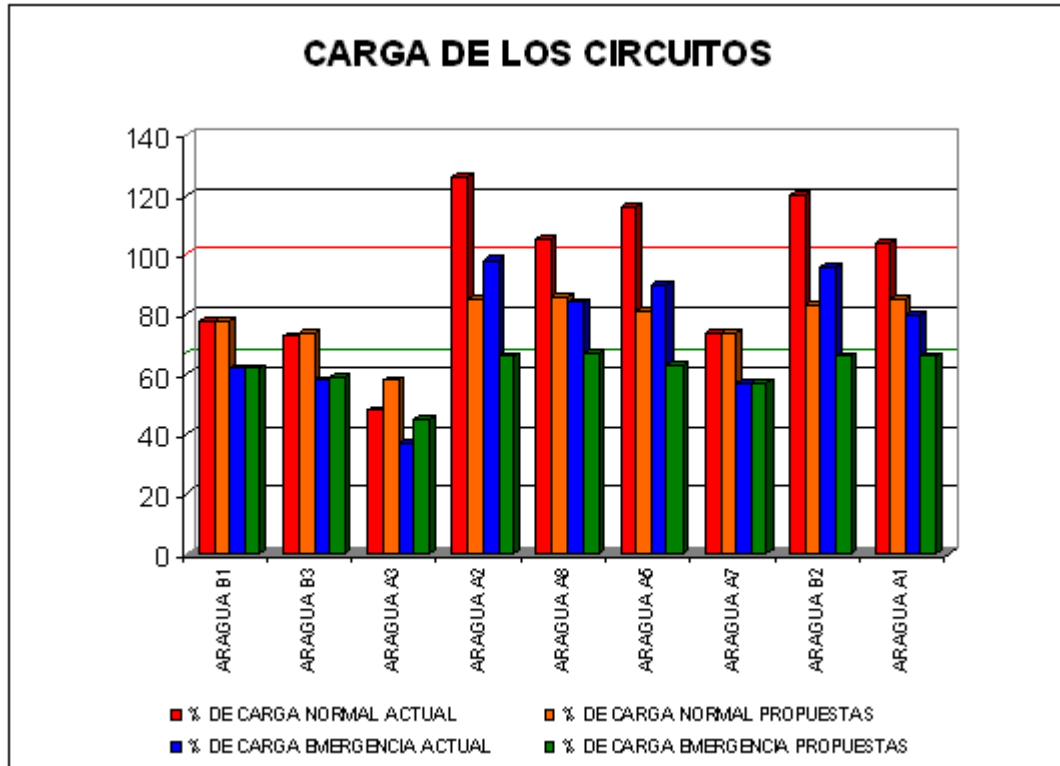


Gráfico 3.

En estos circuitos se contaba con la posibilidad de hacer traspasos entre circuitos interconectados ya que algunos circuitos todavía cuentan con capacidad para manejar más carga, esta fue una de las principales estrategias planteadas para esta S/E.

S/E Guarico:

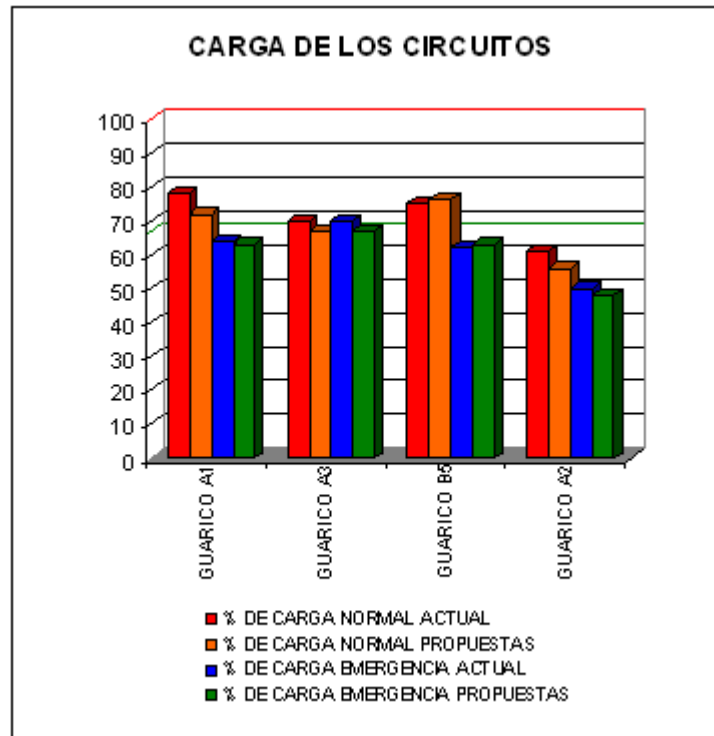


Gráfico 4.

En estos circuitos, en condición actual no se encontró problemas de sobrecarga, pero cuando se aplicó el crecimiento vegetativo en la condición futura algunos tramos del circuito Guarico A3 operaron por encima de $2/3$ de su valor máximo de emergencia, para solucionar esto se realizaron cambios de calibre de los conductores sobrecargados.

S/E Sucre:

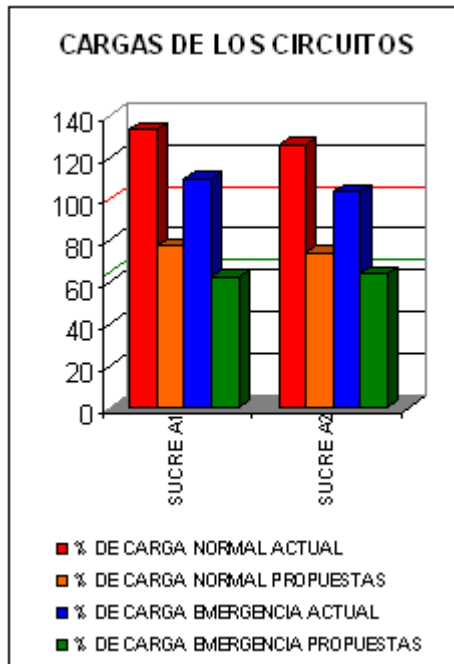


Gráfico 5.

En los circuitos de esta S/E se realizaron en su mayoría dos tipos de estrategias, cambios de conductores y traspasos de cargas, lo cual soluciona el problema satisfactoriamente, pero requiere de una inversión significativa ya que el traspaso propuesto es con un circuito con el cual no se posee interconexión.

- Caída de tensión: Los circuitos estudiados no presentan problemas de caída de tensión, la tensión mínima presente en estos circuitos es mayor a la tensión mínima permitida 95% (0,95p.u.), ver anexo 1.25.

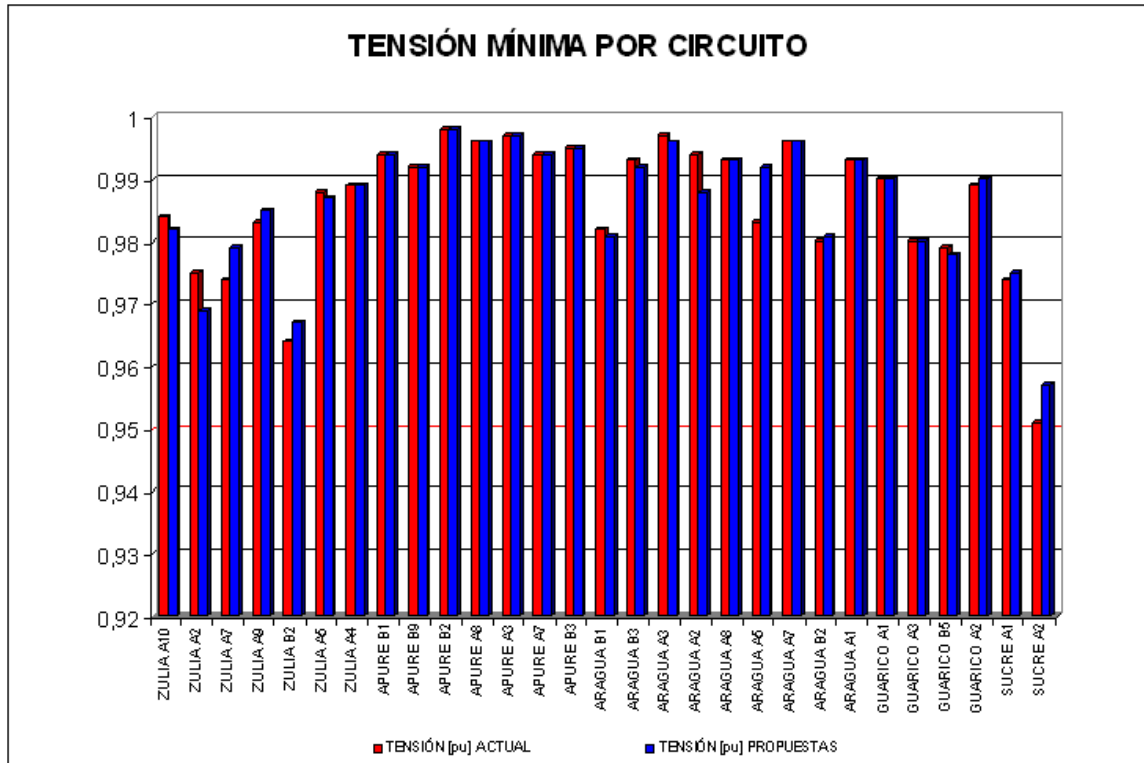


Gráfico 6.

En el gráfico 6 se muestra que en lo respecta a la tensión de los circuitos no hubo mayores variaciones, los circuitos originalmente no tenían problemas en este aspecto y a pesar de el crecimiento vegetativo de los circuitos, luego de las propuestas mantienen esta condición adecuada de funcionamiento.

- Pérdidas técnicas: El circuito Sucre A2 (3,08%) sobrepasa el valor referencial de 3% para fallas técnicas, al ser un valor referencial y al superar en solo 0,08% no amerita que se realice alguna inversión en solucionarlo. Ver anexo 1.26.

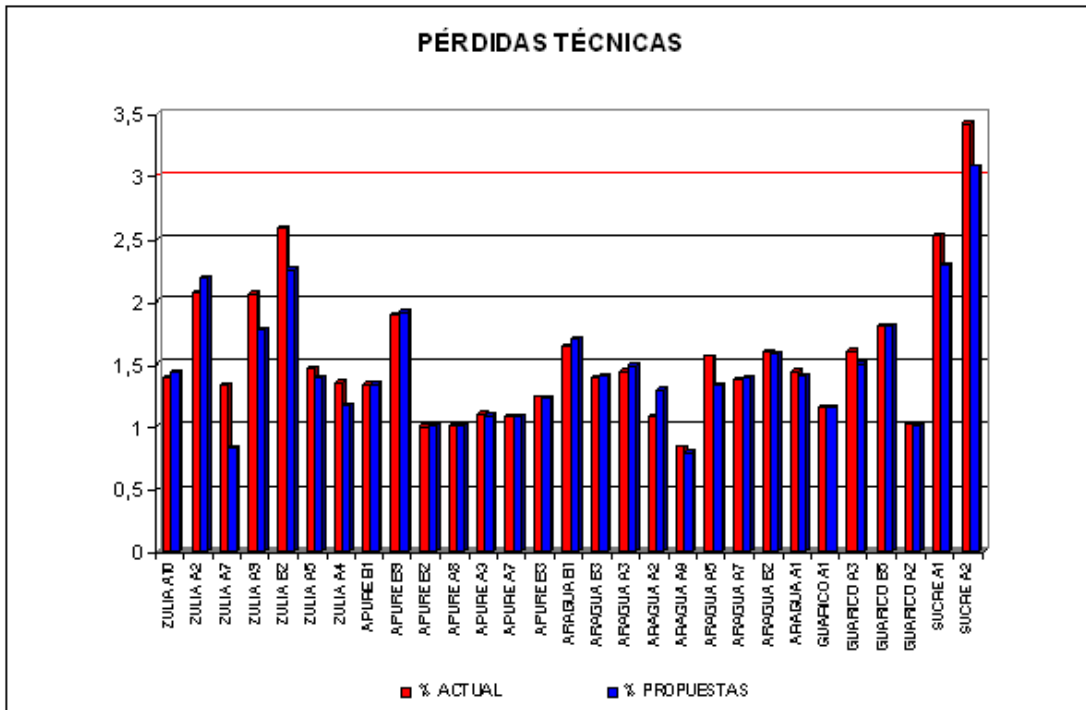


Gráfico 7.

- Reactivos capacitivos: No se registraron problemas con los condensadores o falta de ellos.
- Cargabilidad en transformadores de distribución: el F.U. promedio de los circuitos estudiados es de 49%, el F.U. de cada circuito se muestra en el anexo 1.27.

7.2.2 Confiabilidad:

- Seccionamiento: Bajo estas condiciones, los circuitos están en la capacidad de ser recuperados en su totalidad y a su vez poder asistir a sus circuitos adyacentes. El seccionamiento del circuito con las propuestas, se encontraría bajo norma (Normas de Seccionamiento).
- Obsolescencia en equipos y conductores:

No se encontraron conductores obsoletos ya que se cambiaron los que se encontraban en los circuitos Guarico B5, Sucre A1 y Sucre A2.

- Todos los equipos se encuentran operando bajo la Norma (Norma de diseño de La EDC).

S/E Zulia:

Cabe destacar que en los circuitos de esta S/E se realizaron una cantidad considerable de mejoras en el diseño ya que estos presentaban una gran cantidad de condiciones fuera de norma, en la mayoría con respecto al seccionamiento.

S/E Apure:

Las estrategias para estos circuitos fueron en su totalidad para la mejora del diseño, para que cumpla con las normas de sistemas de distribución de la EDC y para que sea más selectivo al momento de una contingencia para una respuesta más rápida. En su mayoría estas estrategias fueron la sustitución de empalmes convencionales por CMS y el retiro de los conductores y equipos que se encontraban subutilizados.

S/E Aragua:

En los circuitos de esta S/E se encontraron gran cantidad de situaciones fuera de norma, que en su mayoría fueron interconexiones en interruptores con más de 3 alimentadores, las cuales se solventan con las propuestas realizadas, si bien en esta S/E se realizaron una gran cantidad de propuestas, estas no ameritan una inversión muy grande, ya que en su mayoría no requieren obras civiles, ni compra de equipos.

S/E Guarico:

Estos circuitos presentaron gran cantidad de condiciones fuera de normas en su mayoría referentes al seccionamiento, que se solucionaron con las propuestas.

S/E Sucre:

Estos circuitos fueron los que presentaron menos situaciones fuera de norma de todos lo estudiados, estas situaciones fuera de norma fueron en su mayoría de seccionamiento, que se solucionaron en la aplicación de las propuestas.

- Calidad del servicio técnico:

Los índices SAIFI, SAIDI y CAIDI de todos los circuitos estudiados aplicando las propuestas se muestran en el anexo 1.27. Si comparamos por S/E los índices de confiabilidad de los circuitos originales, y los índices de confiabilidad de los circuitos después de aplicar las propuestas, tenemos:

S/E Zulia:

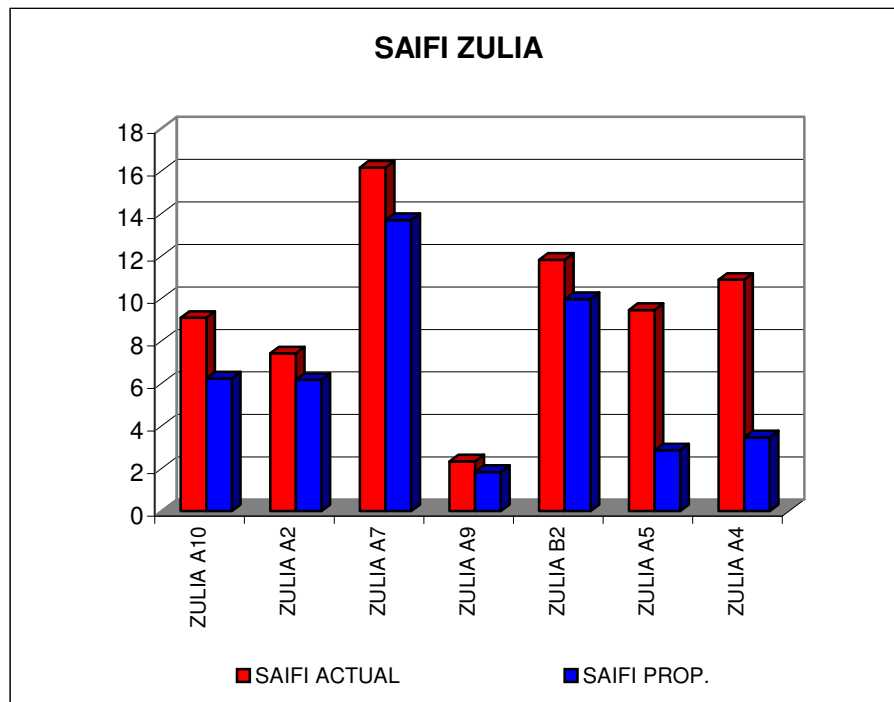


Gráfico 8.

Como se observa en el gráfico 8, en los circuitos de la S/E Zulia todos los indicadores SAIFI disminuyen, esto quiere decir que la cantidad de interrupciones en el período de estudio es menor aplicando las mejoras.

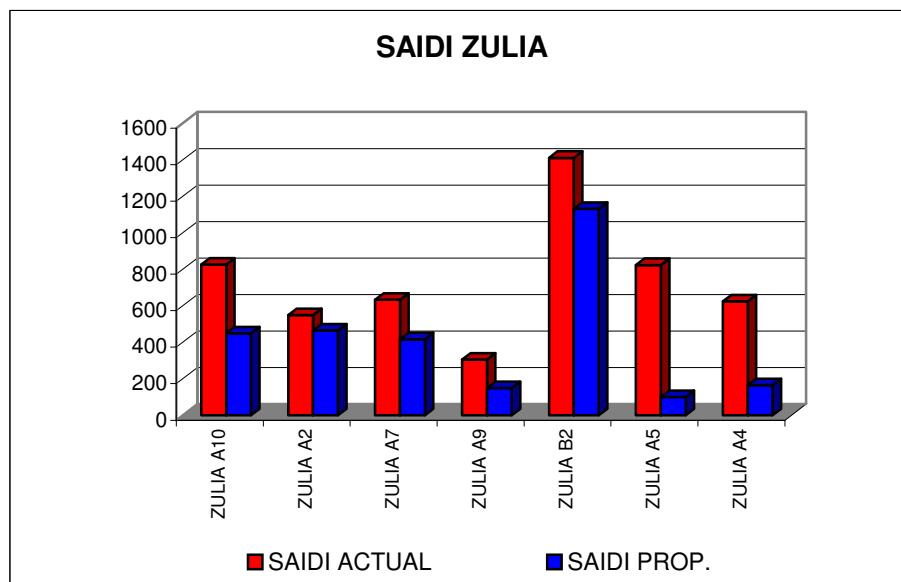


Gráfico 9.

Como ocurrió en el SAIFI, el SAIDI también disminuye en todos los circuitos, esto quiere decir que también disminuye el tiempo total de duración de las interrupciones.

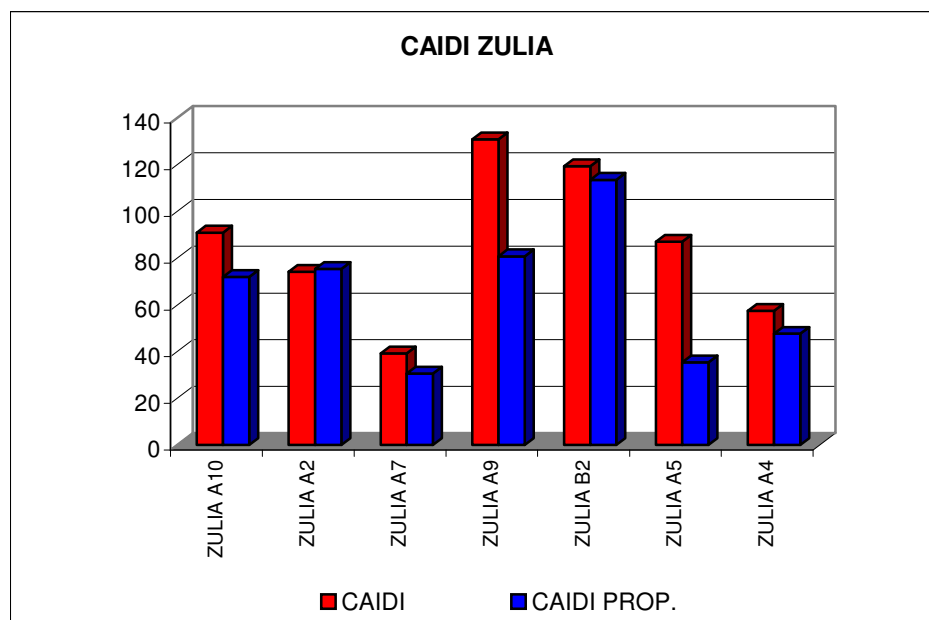


Gráfico 10.

En el caso de CAIDI observamos que disminuye en todos los circuitos, menos en Zulia A2, esto quiere decir que disminuyó la duración promedio de cada interrupción, solo para el caso del circuito Zulia A2, aumentó ligeramente.

S/E Apure:

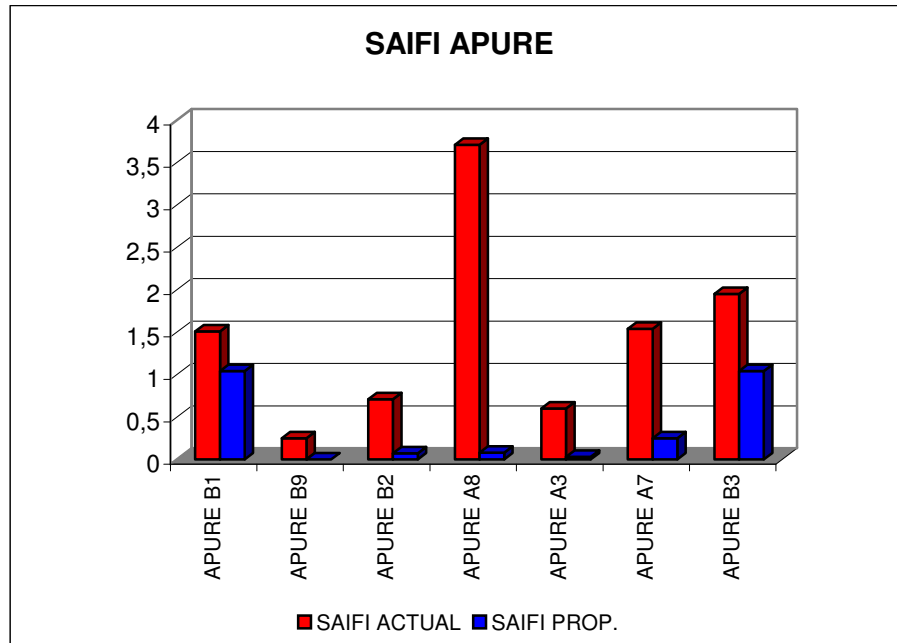


Gráfico 11.

En esta S/E la disminución de SAIFI fue significativa, es decir que las estrategias para mejorar el seccionamiento de estos circuitos fueron altamente efectivas.

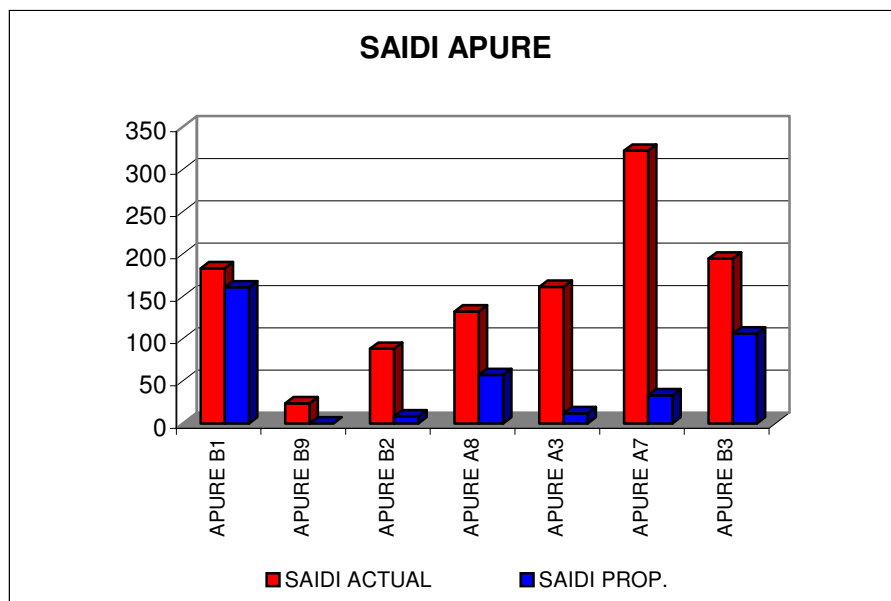


Gráfico 12.

Como ocurrió con el SAIFI, el SAIDI en los circuitos de la S/E Apure también disminuyó considerablemente, al mejorar el seccionamiento los circuitos se hicieron más selectivos y tienen una respuesta más rápida en caso de falla.

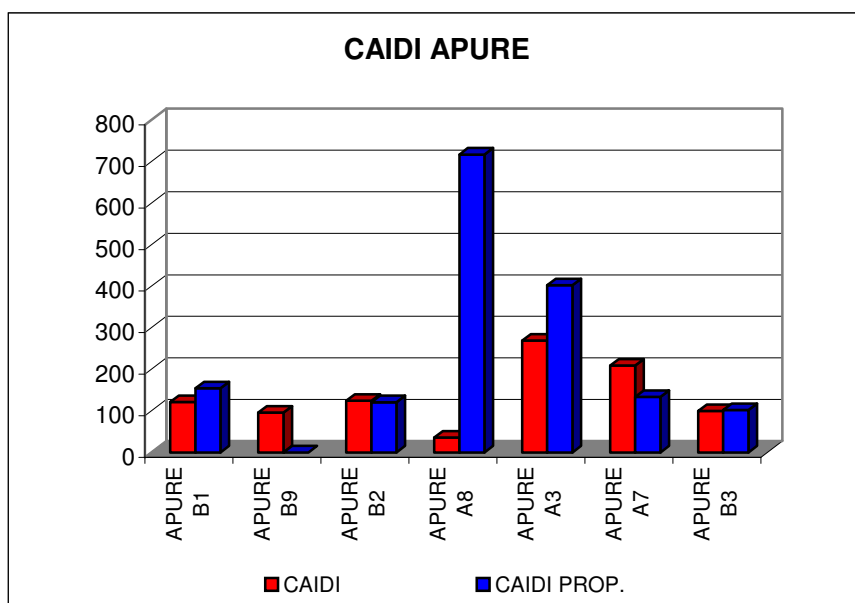


Gráfico 13.

El CAIDI en estos circuitos aumentó ya que este indicador es un cociente entre el SAIDI y el SAIFI, y en este caso en SAIFI hubo una disminución mucho mayor que la del SAIDI, es decir la frecuencia de las interrupciones se redujo más que la duración total promedio de ellas.

S/E Aragua:

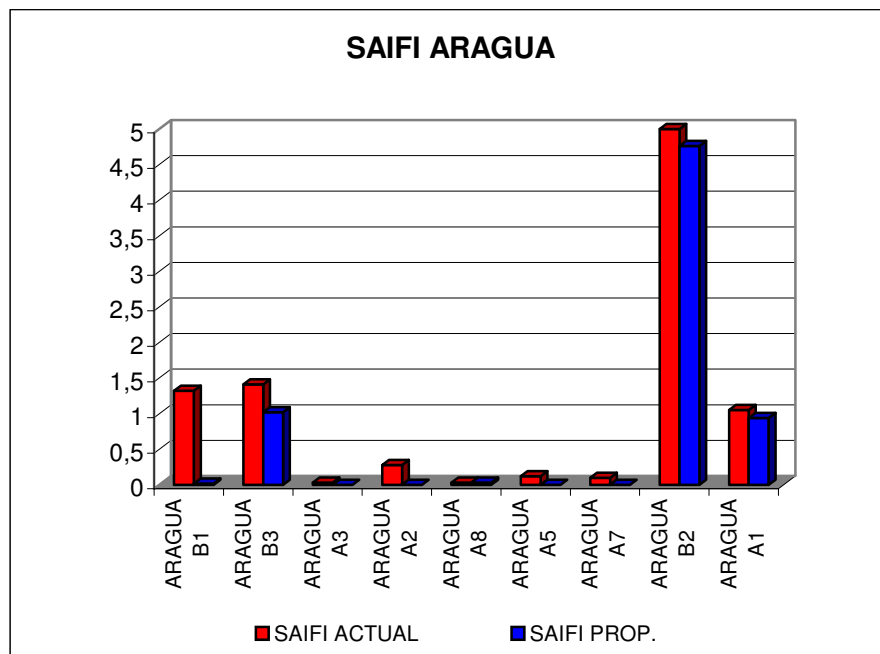


Gráfico 14.

Si bien en los circuitos estudiados de la S/E Aragua, el SAIFI se redujo, no fue en la misma proporción que en los otros circuitos, ya que estos circuitos se encontraron pocas interrupciones y que en estos circuitos se contemplaron gran cantidad de propuestas que mejoraban situaciones fuera de norma, pero que no mejoraban significativamente las selectividad de los circuitos.

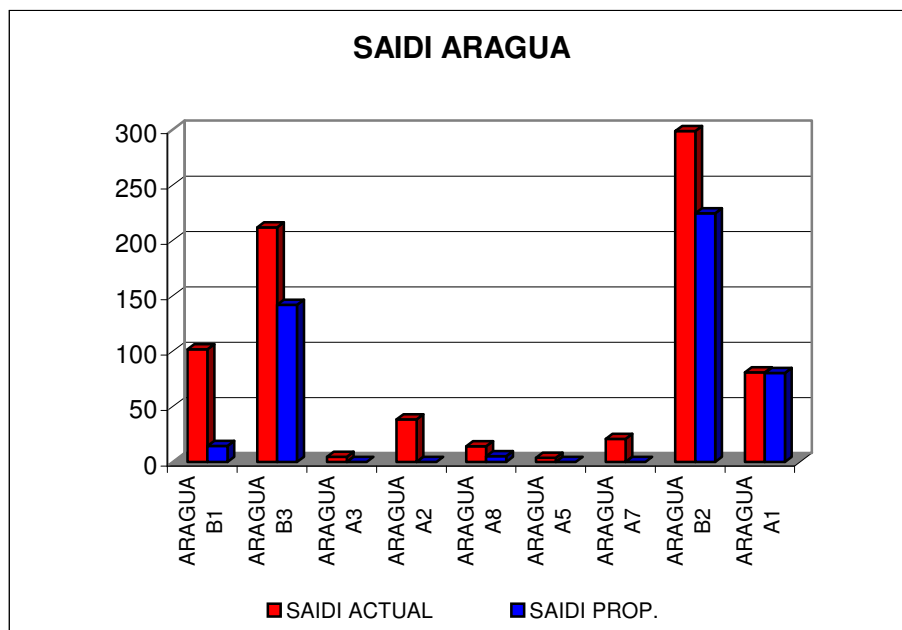


Gráfico 15.

Como ocurrió con el SAIFI, los indicadores SAIDI disminuyeron pero no en la magnitud que para otras S/E.

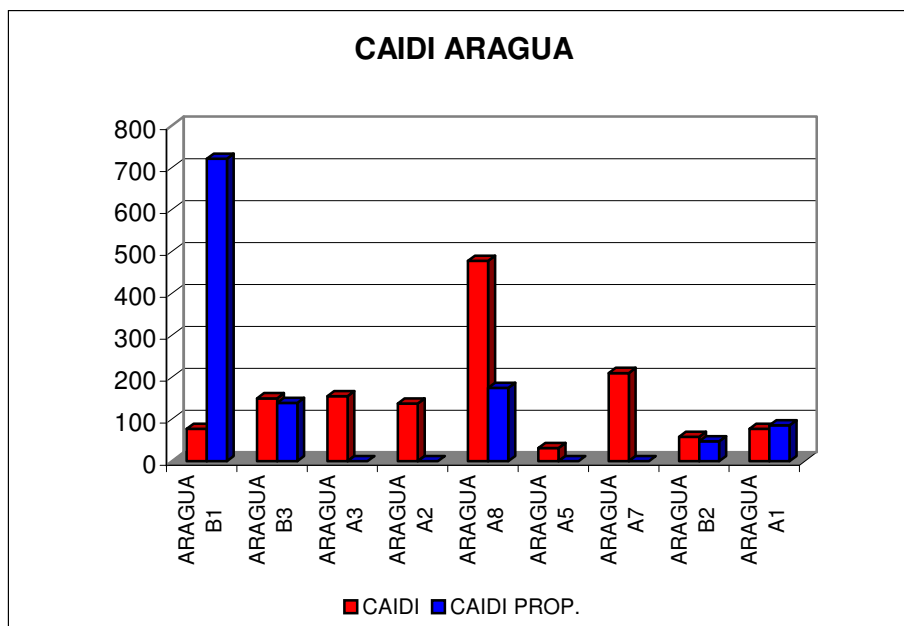


Gráfico 16.

La ocurrencia de estos circuitos es baja, por esta razón en algunos circuitos se ve un aumento considerable del CAIDI, en otro no aplica este indicador ya que no presentaron fallas.

S/E Guarico:

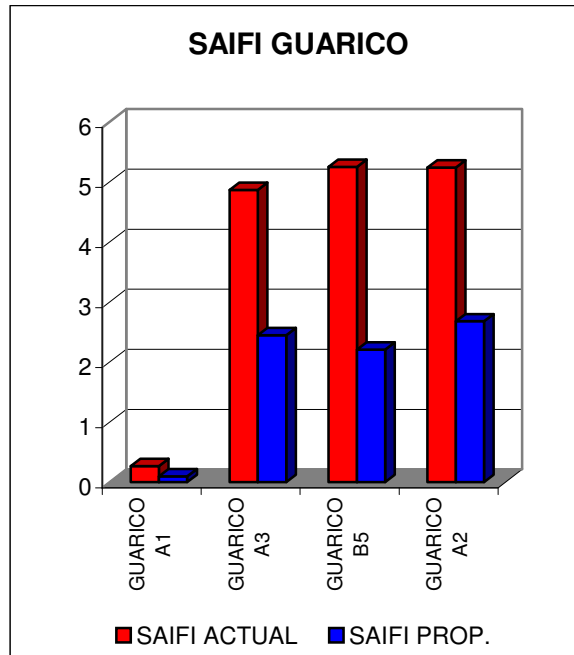


Gráfico 17.

En los circuitos de la S/E Guarico se realizaron una serie de propuestas para poner en norma el seccionamiento, que mejoraron la selectividad y a su vez la frecuencia de interrupción de estos.

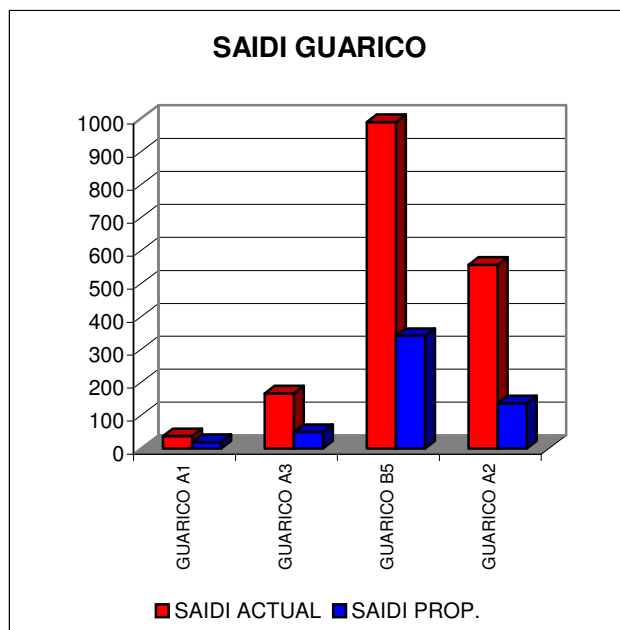


Gráfico 18.

Como ocurrió con el SAIFI, el SAIDI también mejor con las mejoras en el seccionamiento al hacer más selectivo el circuito.

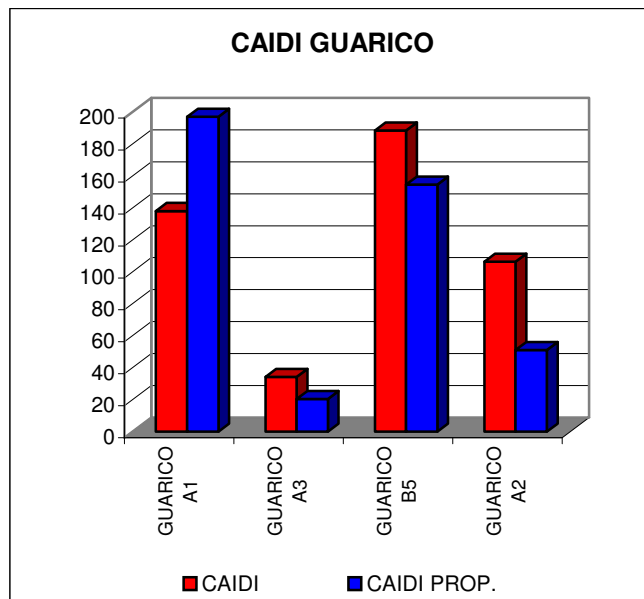


Gráfico 19.

Las estrategias propuestas mejoraron el CAIDI en los circuitos de la S/E Guarico excepto en el caso del circuito Guarico A1 que, la reducción del SAIFI fue mucho mayor que la reducción del SAIDI.

S/E Sucre:

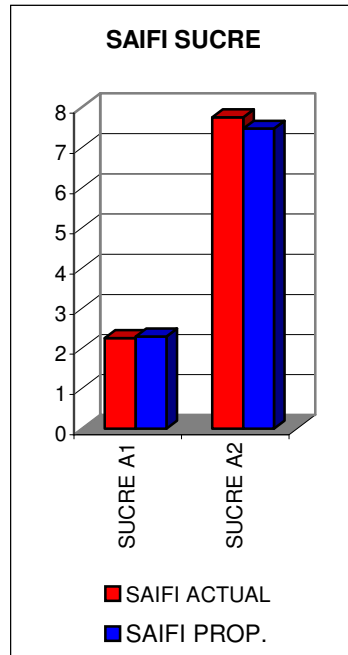


Gráfico 20.

En el circuito Sucre A1 aumento el SAIFI ya que si bien disminuyo la cantidad de interrupciones, también disminuyo los kVAint. En el circuito Sucre A2 ocurre una situación similar, pero en este caso la disminución de las interrupciones es más significativa que la reducción de los kVAint.

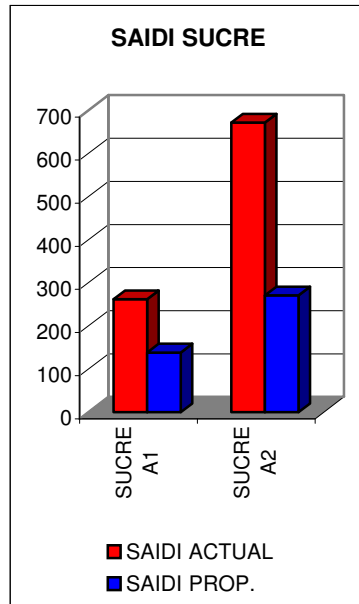


Gráfico 21.

Las mejoras en el seccionamiento de estos circuitos influye considerablemente en la duración total de las interrupciones (SAIDI), ya que disminuye el tiempo de respuesta del sistema. El CAIDI también disminuye con estas propuestas.

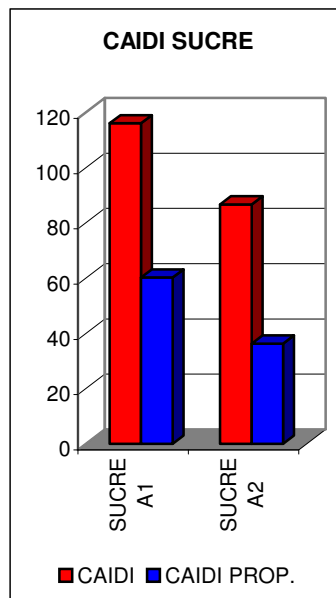


Gráfico 22.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se realizó el estudio operativo y se plantearon una serie de recomendaciones con el fin de mejorar a corto plazo los indicadores de confiabilidad SAIFI, SAIDI y CAIDI, de veintinueve (29) circuitos en estado crítico de la EDC Zona Metropolitana, Región Centro.

A continuación se indican las conclusiones extraídas del trabajo:

- La mayoría de los circuitos de la EDC Zona Metropolitana, Región Centro; se encuentran operando a su capacidad máxima o se encuentran sobrecargados.
- Las Subestaciones resultan insuficientes para servir toda la población de esta región, por lo cual se encuentran operando muy por encima de su capacidad nominal.
- La comunicación entre los departamentos de planificación y operaciones es insuficiente a la hora de resolver contingencias, el departamento de operaciones realiza maniobras y modificaciones a los circuitos que no siempre están bajo la norma de diseño de la EDC, desmejorando el diseño de los circuitos.
- En el sistema de circuitos se encuentran un número elevado de situaciones fuera de norma, que representan un peligro para el personal de la EDC y los equipos.
- Existe una cantidad significativa de equipos subutilizados u obsoletos que no permite el funcionamiento óptimo del sistema.

- En la EDC no existe un procedimiento estándar para el cálculo demanda actual y estimación de demanda de cada circuito, solo existe por subestación.
- En el caso del circuito Sucre A1 (sobrepasa el valor referencial para pérdidas técnicas), no se requiere inversión para solventar esta situación, ya que el valor de pérdidas de este circuito es muy cercano al referencial.
- Comparando los indicadores de confiabilidad de los circuitos antes y después de las mejoras se observan que:
 - ◆ SAIFI (Frecuencia Media de Interrupción): En los anexos 1.28 y 2.4, se observa una disminución considerable (cercano al 53% en promedio) del SAIFI, lo que quiere decir que la frecuencia con que se presentan las interrupciones del servicio se redujo a la mitad. En el caso particular del circuito Sucre A1, al aplicar las propuestas se redujo la cantidad de kVA interrumpidos y MVA minutos, pero a su vez las propuestas contemplaban trasposos a otros circuitos que disminuyeron en mayor proporción sus kVA instalados, por esta razón el SAIFI para este circuito aumentó ligeramente.
 - ◆ SAIDI (Tiempo Total Promedio de Interrupción): En los anexos 1.29 y 2.5, podemos observar una considerable reducción en la mayoría de los circuitos estudiados (cercano a 61% en promedio), lo que se traduce en una considerable reducción del tiempo total de interrupción.
 - ◆ CAIDI (Duración Promedio de cada Interrupción): Como se muestra en los anexos 1.30 y 2.6, se redujo la duración promedio de las interrupciones en la mayoría de los circuitos estudiados. En algunos circuitos se ve un

aumento considerable del CAIDI esto se debe a que estos circuitos presentaron una disminución considerable de la frecuencia de interrupción y la duración total promedio de interrupción no lo fue, teniendo como consecuencia el aumento de la duración de cada interrupción.

- La inversión que se requiere para realizar las modificaciones a los circuitos es superior al dinero que se recupera por la disminución de la energía dejada de vender en el período de estudio. Sin embargo tomando en cuenta que los circuitos modificados son mucho más eficientes, seguros, y que al estar los circuitos en condición óptima; son capaces de recuperar a sus circuitos adyacentes en caso de que estos se encuentren en contingencia, disminuyendo la energía dejada de vender del sistema a lo largo de los años subsiguientes, con lo que la inversión se recuperaría.
- Aplicando las propuestas a los circuitos estudiados se observa una considerable mejora en su confiabilidad, mejora que podría ser mayor si se realizara este mismo estudio a los circuitos adyacentes y se tomaran las medidas pertinentes para su mejora, debido que estos serían capaces de recuperar los circuitos estudiados en caso de contingencia, disminuyendo el tiempo de interrupción.

RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo las propuestas realizadas para la adecuación y mejora de los circuitos.
- Estandarizar el proceso de cálculo de demanda en la EDC, se propone el método utilizado en este trabajo.
- Para poder abarcar otras soluciones a los problemas que se presenten, se recomienda realizar los estudios de los circuitos por S/E ya que de esta manera se pueden tomar medidas de mayor magnitud teniendo en cuenta a todos los circuitos que estas afectan.
- Realizar el estudio de confiabilidad a los circuitos adyacentes y proponer estrategias de adecuación para estos, de tal manera que estén en la capacidad de recuperar los circuitos estudiados en caso de contingencia.
- La estimación de demanda por circuito si bien en este estudio no es relevante ya que el crecimiento en un año no es importante como para hacer un estudio de demanda, si este estudio se quisiese ampliar en tiempo sería necesario desarrollar un método adecuado para estimar la demanda por circuito.
- Se recomienda que las contingencias que se detecten en el sistema sean atacadas en conjunto por los departamentos de operaciones y planificación, de tal manera que la solución encontrada a dicha contingencia no contradiga las normas de diseño de la empresa.
- La creación de nuevas subestaciones y circuitos nuevos para aliviar los existentes, ya que están trabajando al tope de su capacidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Wikipedia La enciclopedia libre [en línea]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Portada> [Consulta : 2008].
- [2] EDC Vicepresidencia de Transmisión [en línea]. <http://www.edc-ven.com.ve/> [Consulta : 2008].
- [3] Powervar, solution for Power Quality, versión en español [en línea]. <http://www.powervar.com> [Consulta : 2008].
- [4] Evaluación de confiabilidad de sistemas de distribución. --EN: Revista en línea Facultad de Ingeniería, U.T.A. (Chile).--Vol 11, N° 1 (2003),p.p. 33-39.
- [5] Evaluación de confiabilidad de sistemas de distribución. --EN: Revista en línea Facultad de Ingeniería, U.T.A. (Chile).--Vol 11, N° 1 (2003),p.p. 33-39.
- [6] Norma de diseño (IID)6-2005: Aplicación de seccionamiento e interconexión manual en alimentadores de distribución. EDC.--11p.
- [7] Norma de diseño (IID)6-2005: Aplicación de seccionamiento e interconexión manual en alimentadores de distribución. EDC.--11p.
- [8] Norma de diseño (IID)6-2005: Aplicación de seccionamiento e interconexión manual en alimentadores de distribución. EDC.--11p.

[9] Norma de diseño (IID)6-2005: Aplicación de seccionamiento e interconexión manual en alimentadores de distribución. EDC.--12p.

[10] Norma de diseño (IID)6-2005: Aplicación de seccionamiento e interconexión manual en alimentadores de distribución. EDC.--15p.

BIBLIOGRAFÍA

Tesis.

Zárate, Miriam. Diseño De Un Taller De Acondicionamiento Y Recuperación Para Interruptores De Potencia./ Zárate Miriam (Tesis).-- Caracas: Universidad Católica Andrés Bello, 2007.

Normas.

Norma De Diseño (Iid)6-2005: Aplicación De Seccionamiento E Interconexión Manual En Alimentadores De Distribución. Caracas: Edc, 2005.

Libros.

Billinton, Roy And Allan, Ronald N. Reliability Evaluation Of Engineering Systems, 2da. Ed. New York Y Londres, 1992.

Billinton, Roy And Allan, Ronald N. Reliability Evaluation Of Power Systems, 2da. Ed. New York Y Londres, 1996.

Stevenson, William And Gringer John. Análisis De Sistemas De Potencia, 1ra Ed. Usa.

Internet.

La C.A. La Electricidad De Caracas, Scada [El Línea]. [Http://Www.Edc-Ven.Com.Ve/](http://www.Edc-Ven.Com.Ve/) [Consulta : 2007].

La C.A. La Electricidad De Caracas, Simip [El Línea]. [Http://Www.Edc-Ven.Com.Ve/](http://Www.Edc-Ven.Com.Ve/) [Consulta : 2007].

La C.A. La Electricidad De Caracas, Vicepresidencia De Distribución [El Línea]. [Http://Www.Edc-Ven.Com.Ve/](http://Www.Edc-Ven.Com.Ve/) [Consulta : 2007].

La Oficina De Operación De Sistemas Interconectados (Opsis) [El Línea]. [Http://Www.Opsis.Org.Ve/Home.Html](http://Www.Opsis.Org.Ve/Home.Html) [Consulta : 2008].

Cvg Electrificación De Caroní, C.A. (Cvg Edelca) [El Línea]. [Http://Www.Edelca.Com.Ve/Transmision/Descargas/Interconectado.Pdf](http://Www.Edelca.Com.Ve/Transmision/Descargas/Interconectado.Pdf) [Consulta : 2008].

Manuales.

Manual De Equipos Y Símbolos De La Red De Distribución./ Edc, Caracas, 2000.

Resumen Del Programa Asp V8. Alberto Naranjo.

GLOSARIO

ALIMENTADOR: Circuito de distribución en media tensión.

ALIMENTADOR AÉREO: Alimentador de instalación aérea (a la vista) en más de un cincuenta por ciento de su longitud.

ALIMENTADOR SUBTERRÁNEO: Alimentador de instalación subterránea (por debajo del nivel de la calzada) en más de un cincuenta por ciento de su longitud.

ALIMENTADOR DE DOBLE COPA: Aquellos Alimentadores que se bifurcan en dos (2) troncales distintos provenientes de un mismo interruptor principal de circuito en la Subestación. En adelante, se denominarán Alimentadores Doble Copa y cada uno de estos troncales se denominará Copa.

CARGABILIDAD: Porcentaje en el que se encuentran operando los circuitos con respecto a su capacidad instalada.

CONDICIÓN ACTUAL: Situación en la que se encuentran los circuitos actualmente.

CONDICIÓN FUTURA: Situación en que se encontraran los circuitos luego de efectuar los proyectos que se están ejecutando o por ejecutarse.

CONEXIÓN MODULAR SECCIONABLE (CMS): Dispositivo de empalme o derivación del Alimentador que permite segmentar el circuito. Su maniobra debe hacerse sin tensión.

COPA: Bifurcación de un circuito al inicio del troncal principal.

CRECIMIENTO VEGETATIVO: Crecimiento natural de la demanda por año.

DESVIACIÓN ESTANDAR: Es una medida (cuadrática) que informa de la media de distancias que tienen los datos respecto de su media aritmética, expresada en las mismas unidades que la variable.

INDICADOR: es una proposición que relaciona un fenómeno observable con un hecho no observable y sirve, por lo tanto, para "indicar" o sugerir la existencia o ciertas características de este último.

INTERCONEXIÓN: Unión de dos (2) Alimentadores a través de un Equipo de Seccionamiento, normalmente abierto, para recuperar carga de un alimentador transfiriéndola a otro, tanto en condiciones normales como de emergencia.

INTERRUPTORES: Equipo mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales de circuito, soportar e interrumpir corrientes en condiciones de falla o cortocircuito.

OPERACIÓN DE EMERGENCIA: El circuito se encuentra alimentando más de su carga instalada ya que en uno de sus circuitos adyacentes ocurrió alguna interrupción del servicio.

OPERACIÓN NORMAL: El circuito alimenta solo su carga instalada.

PÉRDIDAS TÉCNICAS: Son las perdidas en las líneas y transformadores.

POLIETILENO: Material aislante de del los conductores.

RAMAL: Tramo de línea distinto del troncal y conectado a este, generalmente con calibre inferior y que alimenta uno o más puntos de transformación. Los tramos considerados en esta Norma como ramales son los que tienen longitudes iguales o superiores a los ochenta (80) metros.

SECCIONADOR: Equipo que permite segmentar, interrumpir o interconectar un alimentador. Puede ser un equipo de seccionamiento operando en forma independiente o estar formando parte de un equipo de protección o transformación.

SECCIONADOR ROMPE CARGA: Seccionador capaz de despejar carga cuando amerite.

TRAMO: Toda parte de un Alimentador comprendida entre dos seccionadores.

TRONCAL: Ruta de mayor carga del Alimentador.

[ANEXO 1]

Anexo 1.1: Circuitos bajo estudio.

CIRCUITO	REGIÓN	TENSIÓN [kV]
ZULIA A10	CENTRO	4,8
ZULIA A2	CENTRO	12,47
ZULIA A7	CENTRO	12,47
ZULIA A9	CENTRO	12,47
ZULIA B2	CENTRO	12,47
ZULIA A5	CENTRO	12,47
ZULIA A4	CENTRO	12,47
APURE B1	CENTRO	12,47
APURE B9	CENTRO	12,47
APURE B2	CENTRO	12,47
APURE A8	CENTRO	12,47
APURE A3	CENTRO	12,47
APURE A7	CENTRO	12,47
APURE B3	CENTRO	12,47
ARAGUA B1	CENTRO	12,47
ARAGUA B3	CENTRO	12,47
ARAGUA A3	CENTRO	12,47
ARAGUA A2	CENTRO	12,47
ARAGUA A8	CENTRO	12,47
ARAGUA A5	CENTRO	12,47
ARAGUA A7	CENTRO	12,47
ARAGUA B2	CENTRO	12,47
ARAGUA A1	CENTRO	12,47
GUARICO A1	CENTRO	12,47
GUARICO A3	CENTRO	12,47
GUARICO B5	CENTRO	4,8
GUARICO A2	CENTRO	12,47
SUCRE A1	CENTRO	4,8
SUCRE A2	CENTRO	4,8

Anexo 1.2: Demanda por circuito Condición Actual.

CIRCUITO	TENSIÓN	DEMANDA MÁX. PROMEDIO		kVAins	F.U. %
	[kV]	[A]	[kVA]		
ZULIA A10	4,8	327	2719	3602,5	76
ZULIA A2	12,47	160	3456	10432,5	34
ZULIA A7	12,47	159	3435	14853	24
ZULIA A9	12,47	273	5897	10705	56
ZULIA B2	12,47	273	5897	8465	70
ZULIA A5	12,47	234	5055	11587,5	44
ZULIA A4	12,47	201	4342	9405	47
APURE B1	12,47	244	5271	15501,5	35
APURE B9	12,47	436	9418	15700	60
APURE B2	12,47	216	4666	9001	52
APURE A8	12,47	272	5875	9700,5	61
APURE A3	12,47	274	5919	17792	34
APURE A7	12,47	241	5206	18902,5	28
APURE B3	12,47	384	8294	20655	41
ARAGUA B1	12,47	213	4601	11527,5	40
ARAGUA B3	12,47	254	5487	12875	43
ARAGUA A3	12,47	272	5875	11800	50
ARAGUA A2	12,47	296	6394	18501	35
ARAGUA A8	12,47	402	8683	18800,5	47
ARAGUA A5	12,47	361	7798	19775	40
ARAGUA A7	12,47	231	4990	10750,5	47
ARAGUA B2	12,47	386	8338	20176,5	42
ARAGUA A1	12,47	323	6977	14500	49
GUARICO A1	12,47	251	5422	13203,5	42
GUARICO A3	12,47	225	4860	10975	45
GUARICO B5	4,8	466	3875	8120	48
GUARICO A2	12,47	240	5184	15967	33
SUCRE A1	4,8	281	2337	6325	37
SUCRE A2	4,8	380	3160	6805	47

Anexo 1.3.2: Interconexiones de los circuitos estudiados.

CIRCUITOS	BOLIVAR A1	APURE A4	APURE A5	APURE B5	APURE A9	ARAGUA A1	ARAGUA A2	ARAGUA A4	ARAGUA A5	ARAGUA A8	ARAGUA B1	ARAGUA B2	ARAGUA B3	ARAGUA B4	ARAGUA B5	ARAGUA B6	ARAGUA B8	ARAGUA A3	ARAGUA A6	ARAGUA B7	ARAGUA B9	LARA C1	LARA C3	LARA C4	TRUJILLO A1	GUARICO A1	GUARICO A2	GUARICO B2	SUCRE A3	TACHIRA A14	PORTUGUESA A8	SUCRE A12	TACHIRA A7	TACHIRA A10	TACHIRA A13		
ZULIA A10																																					
ZULIA A2																																					
ZULIA A7																																					
ZULIA A9																																					
ZULIA B2																																					
ZULIA A5																																					
ZULIA A4																																					
APURE B1																																					
APURE B9																																					
APURE B2																																					
APURE A8																																					
APURE A3																																					
APURE A7																																					
APURE B3	X	X	X	X	X																																
ARAGUA B1							X		X			X	X	X	X		X																				
ARAGUA B3						X	X		X		X																										
ARAGUA A3								X		X																											
ARAGUA A2						X			X		X	X			X	X																					
ARAGUA A8											X	X					X	X		X	X	X		X													
ARAGUA A5						X	X				X	X	X	X	X																						
ARAGUA A7																X			X																		
ARAGUA B2							X	X	X	X	X						X	X					X	X		X											
ARAGUA A1							X	X					X	X																							
GUARICO A1																											X										
GUARICO A3																																					
GUARICO B5																																					
GUARICO A2																											X		X								
SUCRE A1																														X	X	X					
SUCRE A2																																		X	X	X	X

Anexo 1.4: Conductores más cargados en condición normal y de emergencia (Actual).

CIRCUITO	% DE CARGA		TRAMO
	NORMAL	EMERGENCIA	
ZULIA A10	71	59	CD1605_2
ZULIA A2	67	53	CD1661_1
ZULIA A7	125	97	LD6453_1
ZULIA A9	114	91	CD5517_1
ZULIA B2	114	91	CD1675_1
ZULIA A5	93	74	CD1618_7
ZULIA A4	84	67	CD6417_1
APURE B1	64	50	CD8513_1
APURE B9	69	54	CD5108_2
APURE B2	63	49	CD9870_2
APURE A8	56	44	CD4067_1
APURE A3	46	36	CD4489_1
APURE A7	50	40	CD6544_4
APURE B3	70	54	CD4133_4
ARAGUA B1	78	62	CD4370_1
ARAGUA B3	73	58	CD4829_1
ARAGUA A3	48	37	CD12786_3
ARAGUA A2	126	98	CD12088_1
ARAGUA A8	105	84	CD4453_1
ARAGUA A5	116	90	CD9485_1
ARAGUA A7	74	57	CD6785_1
ARAGUA B2	120	96	CD5520_7
ARAGUA A1	104	80	CD9478_2
GUARICO A1	78	64	CD6658_7
GUARICO A3	70	70	LD1185_1
GUARICO B5	75	62	CD4872_1
GUARICO A2	61	50	CD5677_3
SUCRE A1	133	110	CD2913_1
SUCRE A2	126	103	CD2967_1

Excede capacidad normal.

Excede capacidad de emergencia.

Excede 2/3 de la capacidad de emergencia.

Anexo 1.5.1: Conductores sobrecargados por circuito (Actual).

CIRCUITO	TRAMO	CALIBRE	% DE CARGA	
			NORMAL	EMER.
ZULIA A7	CD5641_1	500T1506C	125	97
	CD5641_3	500T1506C	124	96
	CD5641_5	500T1506C	124	96
	CD5641_13	500T1506C	124	96
	CD5641_6	250T1506C	119	95
	CD13265_1	2T1506C	118	95
	LD6814_1	250T1506C	119	95
	LD6453_1	AL_10T	124	124
	LD6453_4	AL_10T	119	119
	LD6453_5	AL_10T	78	78
	LD6453_6	AL_10T	77	77
	LD16514_1	AL_10T	73	73
ZULIA A9	CD5517_1	250T1506C	114	91
	CD6416_1	250T1506C	100	79
	CD6416_3	250T1506C	97	77
	CD6416_5	250T1506C	95	76
	CD6416_7	250T1506C	94	75
	CD5838_1	250T1506C	94	75
	CD5838_3	250T1506C	94	75
	CD5838_7	250T1506C	91	72
CD4325_1	250T1506C	86	68	
ZULIA B2	CD1675_1	250T1506C	114	91
	CD1675_4	250T1506C	106	84
	LD1675_1	AL_40T	69	69
	LD11933_1	AL_40T	69	69
	CD6014_1	250T1506C	97	77
	CD6014_2	250T1506C	89	70
	LD11299_1	AL_10T	71	71
LD11299_2	AL_10T	70	70	
ZULIA A5	CD1618_7	250T1506C	93	74
	CD1618_9	250T1506C	91	72
ARAGUA A2	CD12088_1	500T1506C	126	98
	CD6782_11	500T1506C	126	98
	CD6782_10	500T1506C	122	95
	CD6782_8	500T1506C	122	95
	CD6782_13	500T1506C	120	93
	CD4439_7	500T1506C	120	93
	CD4439_9	500T1506C	120	93
	CD4439_14	500T1506C	93	72
	CD4441_1	250T1506C	122	98
	CD4441_4	250T1506C	118	94
	CD4441_5	250T1506C	118	94
	CD9682_1	250T1506C	85	68
CD9682_5	250T1506C	85	68	
ARAGUA A8	CD4452_1	500T1506C	97	76
	CD4453_1	250T1506C	105	84
	CD4453_2	250T1506C	95	76

Anexo 1.5.2: Conductores sobrecargados por circuito (Actual).

CIRCUITO	TRAMO	CALIBRE	% DE CARGA	
			NORMAL	EMER.
ARAGUA A5	CD9485_1	750T1506C	95	75
	CD9485_2	500T1506C	116	90
	CD12593_1	500T1506C	116	90
	CD12593_2	750T1506C	95	75
	CD4372_1	500T1506C	116	90
	CD4372_3	500T1506C	109	85
	CD4372_8	500T1506C	103	80
	CD4372_10	500T1506C	103	80
	CD4372_14	500T1506C	100	77
	CD4372_16	500T1506C	100	77
	CD4372_18	500T1506C	100	77
	CD4372_20	250PLT15	108	86
ARAGUA B2	CD5521_1	250T1506C	88	70
	CD5520_1	20T1506C	97	78
	CD5520_3	20T1506C	97	78
	CD5520_8	20T1506C	92	73
	CD5520_7	2T1506C	120	96
	CD5520_10	2T1506C	115	92
ARAGUA A1	CD9478_2	500T1506C	104	80
	CD9478_4	500T1506C	100	77
	CD4338_1	250T1506C	91	73
GUARICO A3	LD1185_1	ALPLT_10V	70	70
SUCRE A1	CD2913_1	20T1506R	133	110
	CD2913_3	250T1506R	89	73
	CD2913_10	250T1506R	82	67
	CD2962_2	40GA5R	68	68
SUCRE A2	CD2970_1	500G506R	106	88
	CD2970_2	500T1506R	88	71
	CD2970_5	500G506R	105	87
	CD2970_7	500T1506R	87	71
	CD2967_1	250T1506R	126	103
	CD2967_2	250T1506R	126	103
	CD2967_6	250T1506R	123	101
	CD2967_8	250T1506R	87	72
	CD2967_10	250T1506R	87	71
	CD2967_12	250T1506R	84	69
CD2967_14	250T1506R	83	68	

Excede capacidad normal.

Excede capacidad de emergencia.

Excede 2/3 de la capacidad de emergencia.

Anexo 1.6: Tensión mínima por circuito (Actual).

Circuito	Nodo	Tensión [pu]
ZULIA A10	4310_76	0,984
ZULIA A2	4302_286	0,975
ZULIA A7	PD48478_185	0,974
ZULIA A9	4309_129	0,983
ZULIA B2	4322_286	0,964
ZULIA A5	4305_124	0,988
ZULIA A4	4304_179	0,989
APURE B1	4431_65	0,994
APURE B9	4439_59	0,992
APURE B2	4432_53	0,998
APURE A8	4428_140	0,996
APURE A3	PD21608_130	0,997
APURE A7	PD46468_111	0,994
APURE B3	4433_191	0,995
ARAGUA B1	PD36735_136	0,982
ARAGUA B3	4643_344	0,993
ARAGUA A3	4623_168	0,997
ARAGUA A2	4622_182	0,994
ARAGUA A8	PD39121_60	0,993
ARAGUA A5	4625_167	0,983
ARAGUA A7	4627_59	0,996
ARAGUA B2	4642_393	0,98
ARAGUA A1	4621_169	0,993
GUARICO A1	PD33598_66	0,99
GUARICO A3	5203_260	0,98
GUARICO B5	5225_127	0,979
GUARICO A2	PD47589_148	0,989
SUCRE A1	6601_141	0,974
SUCRE A2	6602_172	0,951

Anexo 1.7: Perdidas técnicas por circuito (Actual).

CIRCUITO	CARGA	KVA INST	F.U.	PERD. LINEAS		PERD. CU TRANSF.		PERD. FE TRANSF.		TOTAL
	[KVA]	[KVA]		[KW]	[%]	[KW]	[%]	[KW]	[%]	[%]
ZULIA A10	2719	3602	76	21,46	0,79	13,14	0,49	2,86	0,11	1,39
ZULIA A2	3456	10432	34	49,02	1,42	9,23	0,27	13,02	0,38	2,07
ZULIA A7	9319	15277	62	115,44	1,24	0,01	0,01	6,98	0,08	1,33
ZULIA A9	5897	10705	56	65,98	1,12	33,28	0,57	21,53	0,37	2,06
ZULIA B2	5899	8465	70	98,13	1,67	37,78	0,65	15,33	0,26	2,58
ZULIA A5	5055	11587	44	37,8	0,75	14,41	0,29	21,15	0,42	1,46
ZULIA A4	4342	9405	47	38,09	0,88	10,11	0,24	9,81	0,23	1,35
APURE B1	5271	15501	35	12,49	0,24	8,76	0,17	48,5	0,93	1,34
APURE B9	9418	15700	60	39,39	0,42	82,77	0,88	55,05	0,59	1,89
APURE B2	4666	9000	52	4,62	0,1	23,14	0,5	18,39	0,4	1
APURE A8	5875	9700	61	13,08	0,23	24,96	0,43	20,08	0,35	1,01
APURE A3	5919	17792	34	8,78	0,15	4,91	0,09	50,34	0,86	1,1
APURE A7	5206	18900	28	14,21	0,28	3,59	0,07	37,74	0,73	1,08
APURE B3	8294	20652	41	21,91	0,27	27,72	0,34	50,99	0,62	1,23
ARAGUA B1	4601	11527	40	44,7	0,98	9,5	0,21	20,41	0,45	1,64
ARAGUA B3	5487	12875	43	15,23	0,28	29,63	0,55	29,7	0,55	1,38
ARAGUA A3	5875	11800	50	7,35	0,13	34,13	0,59	42,18	0,72	1,44
ARAGUA A2	6394	18501	35	15,18	0,24	9,57	0,15	43,53	0,69	1,08
ARAGUA A8	8684	18800	47	30,57	0,36	3,75	0,05	36,43	0,42	0,83
ARAGUA A5	7798	19775	40	62,76	0,81	12,83	0,17	44,67	0,58	1,56
ARAGUA A7	4990	10750	47	11,56	0,24	21,59	0,44	34,31	0,69	1,37
ARAGUA B2	8338	20176	42	54,02	0,65	31,32	0,38	46,1	0,56	1,59
ARAGUA A1	6977	14500	49	20,31	0,3	40,58	0,59	38,21	0,55	1,44
GUARICO A1	5423	13203	42	31,12	0,58	3,92	0,08	26,65	0,5	1,16
GUARICO A3	4860	10975	45	51,79	1,07	12,18	0,26	12,95	0,27	1,6
GUARICO B5	3875	8120	48	36,22	0,94	22,87	0,6	9,9	0,26	1,8
GUARICO A2	5185	15967	33	29,62	0,58	1,88	0,04	20,49	0,4	1,02
SUCRE A1	2337	6325	37	41,29	1,77	8,79	0,38	8,86	0,38	2,53
SUCRE A2	3160	6804	47	91,06	2,89	10,09	0,32	6,52	0,21	3,42

Anexo 1.8: Reactivos capacitivos por circuito.

Circuito	Capacs [kVAr]
ZULIA A10	300
ZULIA A2	0
ZULIA A7	0
ZULIA A9	0
ZULIA B2	600
ZULIA A5	0
ZULIA A4	0
APURE B1	0
APURE B9	0
APURE B2	4800
APURE A8	0
APURE A3	0
APURE A7	0
APURE B3	0
ARAGUA B1	0
ARAGUA B3	0
ARAGUA A3	0
ARAGUA A2	0
ARAGUA A8	0
ARAGUA A5	0
ARAGUA A7	0
ARAGUA B2	0
ARAGUA A1	0
GUARICO A1	4800
GUARICO A3	0
GUARICO B5	300
GUARICO A2	0
SUCRE A1	600
SUCRE A2	150

Anexo 1.9.1: Tramos de conductores que no cumplen con la distancia máxima.

CIRCUITO	TRAMOS	L [m]	TOTAL [m]	CIRCUITO	TRAMOS	L [m]	TOTAL [m]
ZULIA A10	CD1594_1	293	739	APURE B1	CD5083_1	279	666
	CD1594_2	306			CD5083_2	27	
	CD1594_4	140			CD5083_4	226	
	CD1605_1	467	826		CD5083_6	134	
	CD1605_3	50			CD5083_1	279	
	CD1605_4	127			CD5083_7	122	
	CD1605_5	182			CD5083_9	220	
	CD6783_1	218	474		CD4507_1	5	
	CD6783_3	256			CD4507_3	112	
ZULIA A2	LD10671_10	37	1230		CD4507_5	67	
	LD10671_11	961			CD4507_7	166	
	LD10671_12	232			CD4507_9	107	
ZULIA A7	CD5641_1	406	869	CD4507_12	143		
	CD5641_3	282		CD4507_16	26		
	CD5641_5	181		CD4507_14	109		
ZULIA A9	CD1621_2	863	863	CD4454_1	350		
	CD6402_1	569	745	CD4454_3	218		
	CD6402_4	176		CD4454_5	25		
	CD6416_1	236	667	CD4454_7	137		
	CD6416_3	192		CD4454_9	96		
	CD6416_5	180		CD4454_10	107		
	CD6416_7	59		795	CD5109_1	535	
	CD4324_1	149	CD5109_2		692		
	CD4324_3	80	CD5109_1		535		
	CD4324_6	366	CD5109_3		322		
	CD4324_8	200	CD5109_5		238		
	CD4326_1	22	502		CD8849_1	437	
	CD4326_2	202		CD8849_4	122		
	CD4326_7	35		CD8849_6	103		
CD4326_10	243	CD8849_7		40			
ZULIA A5	CD5516_1	354	482	CD4861_1	401		
	CD5516_3	89		CD4861_3	96		
	CD5516_4	39		CD4861_5	36		
ZULIA A4	CD5643_1	372	775	CD4861_7	5		
	CD5643_3	403		CD4861_9	224		
	CD6417_1	135	1113	CD4861_11	9		
	CD6417_3	340		APURE B2	CD4058_1	30	
	CD6417_5	638			CD4058_3	394	
	CD4327_1	68	CD4058_5		33		
	CD4327_3	78	CD4058_10		59		
	CD4327_5	211	CD4058_12		217		
CD4327_7	63	597	CD4058_13	156			
CD4327_8	177						

Anexo 1.9.2: Tramos de conductores que no cumplen con la distancia máxima.

CIRCUITO	TRAMOS	L [m]	TOTAL [m]	CIRCUITO	TRAMOS	L [m]	TOTAL [m]	
APURE A3	CD4341_1	28	768	APURE B3	CD2951_2	184	792	
	CD4341_2	452			CD2951_5	608		
	CD4341_4	26			CD5385_1	137		
	CD4341_6	262			CD5385_3	108		
	CD4348_1	86	1137		CD5385_7	96	751	
	CD4348_3	86			CD5385_9	37		
	CD4348_6	70			CD5385_12	5		
	CD4348_8	39			CD5385_17	262		
	CD4348_10	186			CD5385_18	106		
	CD4348_12	300			ARAGUA B1	CD4362_1		554
	CD4348_21	91		CD4362_3		87		
	CD4348_13	279		CD4362_5		155		
	CD4348_1	86	CD4362_7	358				
	CD4348_3	70	600	CD4362_9	112	1101		
	CD4348_5	135		CD8593_1	329			
	CD4348_14	111		CD8593_3	231			
	CD4348_17	69		CD8593_5	101			
	CD4348_19	129		CD8593_7	318			
	CD2950_1	181	752	ARAGUA B3	CD8593_12	122	797	
	CD2950_18	276		CD9738_1	433			
CD2950_7	27	CD9738_2		49				
CD2950_9	25	CD9738_3		158				
CD2950_11	90	CD9738_5		157				
CD2950_15	49	ARAGUA A3		CD12786_1	150	744		
CD2950_17	104			CD12786_3	357			
			CD12786_7	237				
APURE A7	CD5644_1	313	939	ARAGUA A3	CD6503_1	53	576	
	CD5644_4	18			CD6503_3	172		
	CD5644_3	608			CD6503_9	41		
	CD5118_1	176	573		CD6503_10	304		
	CD5118_3	134			CD6503_11	6		
	CD5118_6	156			ARAGUA A2	CD6782_1		552
	CD5118_8	107	CD6782_2	96				
	CD4860_1	199	CD6782_4	34				
	CD4860_3	636	CD6782_11	269				
	CD4859_6	5	880	CD4442_1		111	576	
	CD4859_1	210		CD4442_3	291			
	CD4859_2	499		CD4442_6	41			
	CD4859_4	166	933	CD4442_7	80	711		
	CD5477_1	350		CD4442_9	53			
	CD5477_3	243		ARAGUA A8	CD6758_1		321	
CD5477_7	137	CD6758_2		384				
CD5477_9	96		CD6758_4	6				
CD5477_10	107							

Anexo I.9.3: Tramos de conductores que no cumplen con la distancia máxima.

CIRCUITO	TRAMOS	L [m]	TOTAL [m]	CIRCUITO	TRAMOS	L [m]	TOTAL [m]
ARAGUA A5	CD4372_1	13	964	SUCRE A1	CD9195_1	46	716
	CD4372_3	84			CD9195_2	54	
	CD4372_8	77			CD9195_3	73	
	CD4372_10	156			CD9195_4	397	
	CD4372_14	190			CD9195_5	146	
	CD4372_16	49			CD2913_1	5	473
	CD4372_18	71	CD2913_3		41		
	CD4372_20	159	CD2913_10		202		
	CD4372_22	165	CD2913_13		225		
	CD4283_1	181	1266		CD9219_1	54	462
	CD4283_5	460			CD9219_4	151	
CD4283_7	155	CD9219_6		97			
CD4283_9	137	CD9219_7		21			
CD4283_11	333	CD9219_10		93			
GUARICO A1	CD4286_1	220	931	CD9219_12	46	786	
	CD4286_2	432		LD10851_2	191		
	CD4286_3	279		LD10851_3	319		
	CD5527_1	166	LD10851_4	93			
	CD5527_3	145	LD10851_5	183			
	CD5527_5	821	1472	CD2964_1	5	437	
	CD5527_8	334		CD2964_7	155		
	CD5527_6	6		CD2964_9	181		
	CD6658_1	214		CD2964_11	5		
	CD6658_3	261	1164	CD2964_13	39		
CD6658_5	281	CD2964_16		52			
CD6658_7	408	SUCRE A2		CD2970_1	155	901	
CD4448_1	220		CD2970_2	365			
CD4448_2	186		CD2970_5	355			
CD4448_3	47		CD2970_7	26			
CD4448_5	158		CD2967_1	33	737		
CD12116_1	121	CD2967_2	91				
CD12116_3	350	CD2967_6	101				
CD5676_3	85	CD2967_8	108				
CD5676_7	304	CD2967_10	217				
CD5676_8	109	CD2967_12	88				
CD5676_11	88	783	CD2967_14	99			
CD5676_13	197		SUCRE A2				
CD5554_1	113						
CD5554_3	286						
CD5554_4	271						
		670					

Anexo 1.10: Conductores sin seccionamiento en el cambio de tipo de circuito.

CIRCUITO	CONDUCTOR
ZULIA A10	LD1629_5
ZULIA A2	LD11702_4
	LD16765_1
	LD15574_1
	LD10669_2
	LD10669_4
	LD10669_10
ZULIA B2	LD1675_1
ZULIA A5	LD16499_1
	LD1655_1
	LD1655_2
ZULIA A4	LD6417_1
	LD4247_3
	LD4247_4
	LD16768_1
	LD4321_1
	LD4321_2
	LD16547_1
	LD16547_2
	LD16547_4
	LD16547_5
LD9180_2	
ARAGUA B3	LD4715_1
ARAGUA A2	LD39682_1
GUARICO A3	LD4197_4
	LD4197_5
	LD15846_2
GUARICO B5	LD15848_1
	LD4856_4
	LD487_4
	LD488_2
SUCRE A1	LD505_13
	LD2968_1
	LD9219_1
SUCRE A3	LD2965_1
	LD9208_1
	LD9208_3
SUCRE A2	LD3002_1
	LD3651_1
	LD3650_1
	LD2862_2
	LD2550_2
	LD2966_1
LD2966_2	
	LD2966_4

Anexo 1.11: Conductores Obsoletos.

CIRCUITO	CODIGO	TIPO	LONG. [mts]	CAMBIAR POR
GUARICO B5	CD486_3	#2PPP	34	2PLT15
	CD1070_2	#2PPP	319	2PLT15
	CD4856_2	4/0PPP	93	20PLT15
	CD4856_3	#2PPP	10	2PLT15
	CD4856_5	4/0PPP	242	20PLT15
	CD4856_8	4/0PPP	362	20PLT15
	CD4856_9	#2PPP	25	2PLT15
	CD12370_2	#2PPP	98	2PLT15
	CD12370_3	#2PPP	149	2PLT15
	CD12370_7	#2PPP	44	2PLT15
LD488_2	#2GN	355	2PLT15	
SUCRE A1	CD2962_2	4/0GN	81	250PLT15
	CD2965_4	#6GN	62	2/0PLT15
	CD9195_1	500GN	46	500PLT15
	CD9195_3	500GN	73	500PLT15
	CD9195_5	500GN	146	500PLT15
	CD9219_9	#2GN	9	2PLT15
	LD2965_1	#6GN	57	1/0AL5
	LD2968_1	#6GN	107	1/0AL5
	LD9219_1	#2GN	31	1/0AL5
LD9219_2	#2GN	26	1/0AL5	
SUCRE A2	CD2978_3	#2GN	82	2PLT15
	CD3007_1	#2GN	92	2PLT15
	LD3651_1	#2GN	70	1/0AL5
	LD9199_6	#2GN	104	1/0AL5
	CD2970_1	500GN	155	500PLT15
	CD2970_5	500GN	355	500PLT15

Anexo 1.12: Índices de Confiabilidad (Actuales).

CIRCUITO	kVA Inst.	kVA INTERRUMPIDOS	MVA MINUTOS	CANTIDAD	SAIFI	SAIDI	CAIDI
ZULIA A10	3602,5	32720	2977,7	12	9,09	826,57	90,94
ZULIA A2	11432,2	84820	6288,5	21	7,42	550,07	74,14
ZULIA A7	14853	239930	9406,1	41	16,16	633,28	39,19
ZULIA A9	10705	24995	3276,6	6	2,34	306,09	130,81
ZULIA B2	8627,5	101920	12172,6	39	11,82	1410,91	119,37
ZULIA A5	11587,5	109547	9544,7	21	9,46	823,71	87,08
ZULIA A4	10597,5	115229	6620,7	20	10,88	624,75	57,43
APURE B1	15501,5	23279	2840,5	11	1,51	183,25	121,36
APURE B9	15700	3850	375,4	3	0,25	23,92	95,68
APURE B2	9001	6337	794,2	4	0,71	88,24	124,29
APURE A8	9700,5	35957	1282,4	10	3,71	132,2	35,64
APURE A3	19117	11400	3084,2	4	0,6	161,34	268,9
APURE A7	19202,5	29406	6186,3	10	1,54	322,17	209,21
APURE B3	20655	40192	4023,7	7	1,95	194,81	99,91
ARAGUA B1	11527,5	15112	1174,6	6	1,32	101,9	77,2
ARAGUA B3	12875	18135	2726,1	6	1,41	211,74	150,18
ARAGUA A3	12600	300	58,5	1	0,03	4,65	155
ARAGUA A2	18501	5154	711,6	5	0,28	38,47	137,4
ARAGUA A8	18800,5	443	269,4	2	0,03	14,33	477,67
ARAGUA A5	19775	2250	75,1	3	0,12	3,8	31,67
ARAGUA A7	10750,5	1000	226	1	0,1	21,03	210,3
ARAGUA B2	20176,5	103508	6028	11	5,14	298,77	58,13
ARAGUA A1	14500	15112	1174,6	6	1,05	81,01	77,16
GUARICO A1	13203,5	3463	492	3	0,27	37,27	138,04
GUARICO A3	10975	53343	1828,5	20	4,87	166,61	34,22
GUARICO B5	8120	42625	8034,1	16	5,25	989,43	188,47
GUARICO A2	15967,5	83621	8898,4	11	5,24	557,29	106,36
SUCRE A1	6325	14277	1658,2	5	2,26	262,17	116,01
SUCRE A2	6805	52674	4570,5	10	7,75	671,64	86,67

Anexo 1.13: Memos CCO pendientes.

Aviso	Descripción	Denominación	Circuito
2007-1234	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	PD19942	ZULIA A10
2007-1234	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	PD19942	ZULIA A10
2007-1007	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	ID15717	APURE B1
2007-1008	INCONSISTENCIA ENTRE PLANO PAPEL/SCADA	PD45509	APURE B1
2007-1215	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	ID15717	APURE B1
2007-1025	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	T1383	APURE B9
2007-1260	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	ID10654	APURE B9
2005-362	RC-Z3:CB Partido o deteriorado	PD14727	APURE B2
2006-2786	RC-Z2: INT. NO TRANSFIERE ID: 13844	ID13844	APURE B2
2007-1268	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	PD40311	APURE B2
2007-1357	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	ID24961	APURE B2
2007-1358	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	APURE B2	APURE B2
2007-1365	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	ID30220	APURE B2
2007-871	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	CD5080	APURE B2
2005-3248	RC-Z2 CB Partido deteriorado BT 97DL105	APURE B3	APURE B3
2006-2496	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	APURE B3	APURE B3
2007-1171	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	ID18104	APURE B3
2007-532	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	PD38786	APURE B3
2007-1202	CALIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO	T1297	ARAGUA B1
2007-1249	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	T661	ARAGUA B3
2002-3068	RC-Z1: INTERR. TANQUE DEFORMADO	ARAGUA B2	ARAGUA B2
2006-650	RC-Z1: REGISTRO DE C/VOLTAJE T: 3202	T3202	ARAGUA B2
2006-2186	INCONSISTENCIA ENTRE DIBUJO Y CAMPO	ARAGUA B2	ARAGUA B2
2007-826	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	ARAGUA B2	ARAGUA B2
2007-876	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	ARAGUA B2	ARAGUA B2
2006-1205	RC-Z1: REGISTRO DE C/VOLTAJE PD: 26109	PD26109	GUARICO A3
2007-968	MANTENIMIENTO RED DE DISTRIBUCION	PD37345	GUARICO A3
2002-3077	RC-Z2: EQUIPO TABLECEL DAÑADO	GUARICO A2	GUARICO A2
2006-3058	NORMALIZAR INT ID27462 TIERRA INVERTIDA	ID27462	GUARICO A2

Anexo 1.14: Interruptores subutilizados.

CIRCUITO	INTERRUPTOR	VÍAS
ZULIA A9	ID28881-ID28884	4
	ID27840-ID27843	4
	ID29111-ID29114	4
	ID28920-ID28923	4
ZULIA A5	ID27759-ID27762	4
ZULIA A4	ID28984-ID28987	4
APURE B9	ID19852-ID19854	3
APURE B2	ID8047-ID8050	4
APURE A3	ID2779-ID2781	3
APURE A7	ID29410-ID29414	4
APURE B3	ID29410-ID29414	4
	ID12888-ID12890	3
ARAGUA B1	ID22749-ID22752	4
ARAGUA B3	ID20239-ID20242	4
ARAGUA A3	ID10372-ID10375	4
ARAGUA A2	ID10382-ID10385	4
ARAGUA A5	ID20807-ID20810	4
ARAGUA A7	ID22766-ID22769	4
ARAGUA A1	ID18783-ID18786	4
GUARICO A1	ID27537-ID27540	4
SUCRE A1	ID959-ID961	3
SUCRE A2	ID7298-ID7300	3
	ID27986-ID27988	3

Anexo 1.15: Protectores de distribución sin emergencia.

CIRCUITO	PD
ZULIA A2	PD48743
ZULIA A7	PD36394
	PD48479
	PD35385
	PD32912
	PD48515
APURE A3	PD19070
APURE B3	PD41101
ARAGUA A1	PD44120

Anexo 1.16: Conductores sin carga.

CIRCUITO	CONDUCTOR
ZULIA A2	LD6635_10
ZULIA A9	CD4326_6
ZULIA B2	LD6718_5
ZULIA A4	LD4329_1
APURE B1	CD575_1
	CD8512_5
	CD8512_7
APURE B9	CD4861_10
	CD9661_1
APURE A3	CD2950_5
	CD4348_4
ARAGUA B3	CD12952_4
ARAGUA A3	CD4242_2
	CD4242_11
	CD6503_7
ARAGUA A2	CD9681_2
ARAGUA A5	CD11780_1
	CD12222_5
	CD4415_8
	CD4415_9
ARAGUA A7	CD6786_4
ARAGUA B2	CD4296_2
	CD4654_3
	CD4654_4
	CD4654_6
ARAGUA A1	CD11825_1
	CD5873_8
GUARICO A3	CD4306_3
SUCRE A2	CD2967_3
	CD2967_9

Anexo 1.17: Interruptores fuera de norma.

CIRCUITO	INTERRUPTOR
ZULIA A4	ID27759-ID27762
ARAGUA B1	ID24144-ID24147
	ID23720-ID23723
	ID24154-ID24157
ARAGUA B3	ID24154-ID24157
ARAGUA A2	ID23465-ID23468
ARAGUA A5	ID24144-ID24147
	ID23720-ID23723
	ID23465-ID23468
ARAGUA B2	ID24144-ID24147

Anexo 1.18: Demanda en Condición Futura.

Circuito	Dem Ac. [kVA]	kVA ins	% Crec.	Est. Dem 2008	Dem Agreg.	Dem 2008	KVAi Agreg.	Total KVAINS	F.U.2008
ZULIA A10	2719	3602,5	3,07	2803	0	2803	0	3602,5	78
ZULIA A2	3456	10432,5	2,14	3530	919	4449	1050	11482,5	39
ZULIA A7	3435	14853	2,14	3509	105	3614	150	15003	25
ZULIA A9	5897	10705	2,14	6024	0	6024	0	10705	57
ZULIA B2	5897	8465	2,14	6024	0	6024	0	8465	72
ZULIA A5	5055	11587,5	2,14	5164	0	5164	400	11987,5	44
ZULIA A4	4342	9405	2,14	4435	330	4765	500	9905	49
APURE B1	5271	15501,5	1,422	5346	0	5346	0	15501,5	35
APURE B9	9418	15700	1,422	9552	0	9552	0	15700	61
APURE B2	4666	9001	1,422	4733	0	4733	0	9001	53
APURE A8	5875	9700,5	1,422	5959	0	5959	0	9700,5	62
APURE A3	5919	17792	1,422	6004	0	6004	0	17792	34
APURE A7	5206	18902,5	1,422	5281	0	5281	0	18902,5	28
APURE B3	8294	20655	1,422	8412	0	8412	0	20655	41
ARAGUA B1	4601	11527,5	9,99	5061	0	5061	0	11527,5	44
ARAGUA B3	5487	12875	9,99	6036	0	6036	0	12875	47
ARAGUA A3	5875	11800	9,99	6462	0	6462	0	11800	55
ARAGUA A2	6394	18501	9,99	7033	4000	11033	4000	22501	50
ARAGUA A8	9693	18800,5	9,99	10662	0	10662	0	18800,5	57
ARAGUA A5	7798	19775	9,99	8578	0	8578	0	19775	44
ARAGUA A7	4990	10750,5	9,99	5489	0	5489	0	10750,5	52
ARAGUA B2	8338	20176,5	9,99	9171	0	9171	0	20176,5	46
ARAGUA A1	6977	14500	9,99	7675	0	7675	0	14500	53
GUARICO A1	5422	13203,5	1,54	5506	0	5506	0	13203,5	42
GUARICO A3	4860	10975	1,54	4935	0	4935	0	10975	45
GUARICO B5	3875	8120	1,54	3935	0	3935	0	8120	49
GUARICO A2	5184	15967	1,54	5264	0	5264	0	15967	33
SUCRE A1	2337	6325	1,77	2379	0	2379	0	6325	38
SUCRE A2	3160	6005	1,77	3216	-342	2874	-342	5663	51

Anexo 1.19: Conductores más cargados en condición normal y de emergencia (Futura).

Circuito	% de Carga		Tramo
	Normal	Emergencia	
ZULIA A10	75	60	CD1603_1
ZULIA A2	86	68	CD1661_1
ZULIA A7	125	97	CD5641_1
ZULIA A9	116	93	CD5517_1
ZULIA B2	116	93	CD1675_1
ZULIA A5	96	76	CD1618_7
ZULIA A4	92	73	CD6417_1
APURE B1	65	50	CD8513_1
APURE B9	70	54	CD5108_2
APURE B2	64	50	CD9870_2
APURE A8	57	45	CD4067_1
APURE A3	47	36	CD4489_1
APURE A7	51	40	CD6544_4
APURE B3	71	55	CD4133_2
ARAGUA B1	78	62	CD4370_1
ARAGUA B3	73	58	CD4829_1
ARAGUA A3	48	37	CD12786_3
ARAGUA A2	126	98	CD12088_1
ARAGUA A8	105	84	CD4453_1
ARAGUA A5	116	90	CD9485_1
ARAGUA A7	74	57	CD6785_1
ARAGUA B2	120	96	CD5520_7
ARAGUA A1	104	80	CD9478_2
GUARICO A1	78	64	CD6658_7
GUARICO A3	71	71	LD11185_1
GUARICO B5	76	63	CD4872_1
GUARICO A2	61	50	CD5677_3
SUCRE A1	136	112	CD2913_1
SUCRE A2	115	94	CD2967_1

Excede capacidad normal.

Excede capacidad de emergencia.

Excede 2/3 de la capacidad de emergencia.

Anexo 1.20.1: Conductores sobrecargados por circuito (Futura).

Circuito	Tramo	Calibre	% de Carga	
			Normal	Emergencia
ZULIA A2	CD1661_1	250T1506C	86	68
ZULIA A7	CD5641_1	500T1506C	125	97
	CD5641_3	500T1506C	124	96
	CD5641_5	500T1506C	124	96
	CD5641_13	500T1506C	124	96
	CD5641_6	250T1506C	119	95
	CD13265_1	2T1506C	118	95
	LD6814_1	250T1506C	119	95
	LD6453_1	AL_10T	124	124
	LD6453_4	AL_10T	119	119
	LD6453_5	AL_10T	78	78
	LD6453_6	AL_10T	77	77
	LD16514_1	AL_10T	73	73
ZULIA A9	CD5517_1	250T1506C	116	93
	CD6416_1	250T1506C	102	81
	CD6416_3	250T1506C	99	79
	CD6416_5	250T1506C	97	77
	CD6416_7	250T1506C	96	77
	CD5838_1	250T1506C	96	77
	CD5838_3	250T1506C	96	76
	CD5838_7	250T1506C	93	74
	CD4325_1	250T1506C	87	70
	ZULIA B2	CD1675_1	250T1506C	116
CD1675_4		250T1506C	108	86
LD1675_1		AL_40T	71	71
LD11933_1		AL_40T	71	71
CD6014_1		250T1506C	99	79
CD6014_2		250T1506C	90	71
LD11299_1		AL_10T	73	73
LD11299_2		AL_10T	71	71
LD10675_1		AL_10T	68	68
ZULIA A5	CD1618_7	250T1506C	96	76
	CD1618_9	250T1506C	93	74
ZULIA A4	CD6417_1	250T1506C	92	73
	CD6417_3	250T1506C	89	71
	CD6417_5	250T1506C	88	70
ARAGUA A2	CD12088_1	500T1506C	126	98
	CD6782_11	500T1506C	126	98
	CD6782_10	500T1506C	122	95
	CD6782_8	500T1506C	122	95
	CD6782_13	500T1506C	120	93
	CD4439_7	500T1506C	120	93
	CD4439_9	500T1506C	120	93
	CD4439_14	500T1506C	93	72
	CD4441_1	250T1506C	122	98
	CD4441_4	250T1506C	118	94
	CD4441_5	250T1506C	118	94
	CD9682_1	250T1506C	85	68
	CD9682_5	250T1506C	85	68

Anexo 1.20.2: Conductores sobrecargados por circuito (Futura).

Circuito	Tramo	Calibre	% de Carga	
			Normal	Emergencia
ARAGUA A8	CD4452_1	500T1506C	97	76
	CD4453_1	250T1506C	105	84
	CD4453_2	250T1506C	95	76
ARAGUA A5	CD9485_1	750T1506C	95	75
	CD9485_2	500T1506C	116	90
	CD12593_1	500T1506C	116	90
	CD12593_2	750T1506C	95	75
	CD4372_1	500T1506C	116	90
	CD4372_3	500T1506C	109	85
	CD4372_8	500T1506C	103	80
	CD4372_10	500T1506C	103	80
	CD4372_14	500T1506C	100	77
	CD4372_16	500T1506C	100	77
	CD4372_18	500T1506C	100	77
	CD4372_20	250PLT15	108	86
	CD4372_22	250PLT15	108	86
	ARAGUA B2	CD5521_1	250T1506C	88
CD5520_1		20T1506C	97	78
CD5520_3		20T1506C	97	78
CD5520_8		20T1506C	92	73
CD5520_7		2T1506C	120	96
CD5520_10		2T1506C	115	92
ARAGUA A1	CD9478_2	500T1506C	104	80
	CD9478_4	500T1506C	100	77
	CD4338_1	250T1506C	91	73
GUARICO A3	LD11185_1	ALPLT_10V	71	71
	LD11185_2	AL_10T	68	68
	LD11185_3	AL_10T	68	68
	LD11185_4	ALPLT_10V	68	68
SUCRE A1	CD2913_1	20T1506R	136	112
	CD2913_3	250T1506R	90	74
	CD2913_10	250T1506R	82	68
	CD2962_2	40GA5R	68	68
	CD9219_7	2T1506R	82	68

Excede capacidad normal.

Excede capacidad de emergencia.

Excede 2/3 de la capacidad de emergencia.

Anexo 1.21: Tensión mínima por circuito (Futura).

Circuito	Nodo	Tensión [pu]
ZULIA A10	4310_76	0,982
ZULIA A2	4302_286	0,967
ZULIA A7	PD48478_185	0,974
ZULIA A9	4309_129	0,983
ZULIA B2	4322_286	0,963
ZULIA A5	4305_124	0,987
ZULIA A4	4304_179	0,986
APURE B1	4431_65	0,994
APURE B9	4439_59	0,992
APURE B2	4432_53	0,998
APURE A8	4428_140	0,996
APURE A3	PD21608_130	0,997
APURE A7	PD46468_111	0,994
APURE B3	4433_191	0,995
ARAGUA B1	PD36735_136	0,981
ARAGUA B3	4643_344	0,992
ARAGUA A3	4623_168	0,997
ARAGUA A2	4622_505	0,988
ARAGUA A8	PD39121_60	0,992
ARAGUA A5	4625_167	0,982
ARAGUA A7	4627_59	0,996
ARAGUA B2	4642_393	0,978
ARAGUA A1	4621_172	0,994
GUARICO A1	PD33598_66	0,99
GUARICO A3	5203_260	0,98
GUARICO B5	5225_127	0,976
GUARICO A2	PD47589_148	0,989
SUCRE A1	6601_141	0,973
SUCRE A2	6602_172	0,951

Anexo 1.22: Perdidas técnicas por circuito (Futura).

CIRCUITO	CARGA	TKVAINST	F.UTIL	PERD. LINEAS		PERD. CU TRANSF		PERD. FE TRANSF		TOTAL
	[KVA]	[KVA]		[KW]	[%]	[KW]	[%]	[KW]	[%]	[%]
ZULIA A10	2803	3602	78	22,8	0,82	13,95	0,5	2,86	0,11	1,43
ZULIA A2	4449	11485	39	75,56	1,7	13,12	0,3	13,44	0,31	2,31
ZULIA A7	9319	15277	62	115,44	1,24	0,01	0,01	6,98	0,08	1,33
ZULIA A9	6024	11506	53	68,84	1,15	34,71	0,58	21,53	0,36	2,09
ZULIA B2	6026	9603	63	102,29	1,7	39,33	0,66	15,33	0,26	2,62
ZULIA A5	5164	12188	43	40,66	0,79	12,33	0,24	21,15	0,41	1,44
ZULIA A4	4765	10405	46	45,95	0,97	11,97	0,26	10,1	0,22	1,45
APURE B1	5346	15501	35	12,91	0,25	9,11	0,18	48,5	0,91	1,34
APURE B9	9552	14700	65	40,51	0,43	85,13	0,9	55,05	0,58	1,91
APURE B2	4733	9000	53	4,75	0,11	23,8	0,51	18,39	0,39	1,01
APURE A8	5959	9700	62	13,49	0,23	25,78	0,44	20,08	0,34	1,01
APURE A3	6005	17792	34	9,01	0,16	5,22	0,09	50,34	0,84	1,09
APURE A7	5281	18900	28	14,52	0,28	3,78	0,08	37,74	0,72	1,08
APURE B3	8412	20652	41	22,54	0,27	28,51	0,34	50,99	0,61	1,22
ARAGUA B1	5061	11527	44	50,94	1,01	13,18	0,27	20,41	0,41	1,69
ARAGUA B3	6036	12875	47	18,43	0,31	35,83	0,6	29,7	0,5	1,41
ARAGUA A3	6462	11800	55	8,89	0,14	41,28	0,64	42,18	0,66	1,44
ARAGUA A2	11034	22501	50	79,12	0,72	12,96	0,12	43,53	0,4	1,24
ARAGUA A8	10663	18800	57	39,34	0,37	13,79	0,13	36,43	0,35	0,85
ARAGUA A5	8578	19775	44	71,77	0,84	17,93	0,21	44,67	0,53	1,58
ARAGUA A7	5489	10750	52	14,05	0,26	27,31	0,5	34,31	0,63	1,39
ARAGUA B2	9171	20176	46	66,3	0,73	38,49	0,42	46,1	0,51	1,66
ARAGUA A1	7675	14500	53	24,57	0,33	49,07	0,64	38,21	0,5	1,47
GUARICO A1	5507	13203	42	31,47	0,58	4,28	0,08	26,65	0,49	1,15
GUARICO A3	4935	14275	35	47,58	0,97	12,58	0,26	12,95	0,27	1,5
GUARICO B5	3935	8120	49	37,33	0,95	23,55	0,6	9,9	0,26	1,81
GUARICO A2	5265	15967	33	29,82	0,57	2,13	0,05	20,49	0,39	1,01
SUCRE A1	2379	5825	41	43,19	1,82	8,59	0,37	7,96	0,34	2,53
SUCRE A2	2874	6004	48	81,42	2,84	9,47	0,33	5,98	0,21	3,38

Anexo I.23: Demanda aplicando propuestas.

Circuito	2008 C/T	kVA inst	Traspaso		2008 Prop.	kVAi Trasp.	F.U
			DEMANDA	kVA inst			
ZULIA A10	2803	3602,5	0	0	2803	3602,5	78
ZULIA A2	4449	11482,5	0	0	4449	11482,5	39
ZULIA A7	3614	15003	0	0	3614	15003	25
ZULIA A9	6024	10705	0	0	6024	10705	57
ZULIA B2	6024	8465	0	0	6024	8465	72
ZULIA A5	5164	11987,5	0	0	5164	11987,5	44
ZULIA A4	4765	9905	0	0	4765	9905	49
APURE B1	5346	15501,5	0	0	5346	15501,5	35
APURE B9	9552	15700	0	0	9552	15700	61
APURE B2	4733	9001	0	0	4733	9001	53
APURE A8	5959	9700,5	0	0	5959	9700,5	62
APURE A3	6004	17792	0	0	6004	17792	34
APURE A7	5281	18902,5	0	0	5281	18902,5	28
APURE B3	8412	20655	0	0	8412	20655	41
ARAGUA B1	5061	11527,5	0	0	5061	11527,5	44
ARAGUA B3	6036	12875	677	1500	6713	14375	47
ARAGUA A3	6462	11800	1370	2600	7832	14400	55
ARAGUA A2	11033	22501	-3724	-5850	7309	16651	44
ARAGUA A8	10662	18800,5	-1292	-2300	9370	16500,5	57
ARAGUA A5	8578	19775	-2577	-2720	6001	17055	36
ARAGUA A7	5489	10750,5	0	0	5489	10750,5	52
ARAGUA B2	9171	20176,5	0	0	9171	20176,5	46
ARAGUA A1	7675	14500	-1370	-2600	6305	11900	53
GUARICO A1	5506	13203,5	0	0	5506	13203,5	42
GUARICO A3	4935	10975	0	0	4935	10975	45
GUARICO B5	3935	8120	0	0	3935	8120	49
GUARICO A2	5264	15967	0	0	5264	15967	33
SUCRE A1	2379	4780	0	0	2379	4780	50
SUCRE A2	2874	4780	-566	-1225	2308	3555	65

Anexo 1.24: Conductores más cargados en condición normal y de emergencia (Propuestas).

Circuito	% de Carga		Tramo
	Normal	Emergencia	
ZULIA A10	75	60	CD1605_2
ZULIA A2	82	65	CD1661_3
ZULIA A7	83	65	LD6453_1
ZULIA A9	81	63	CD5517_1
APURE B2	64	50	CD9870_2
ZULIA A5	77	65	CD1654_1
ZULIA A4	84	67	CD2173_1
APURE B1	65	50	CD8513_1
APURE B9	70	54	CD5108_2
ZULIA B2	81	66	CD1675_1
APURE A8	57	45	CD4067_1
APURE A3	47	36	CD4489_1
APURE A7	51	40	CD6544_4
APURE B3	71	55	CD4133_2
ARAGUA B1	78	62	CD4370_1
ARAGUA B3	74	59	CD4829_1
ARAGUA A3	58	45	CD12786_3
ARAGUA A2	85	66	CD12088_1
ARAGUA A8	86	67	CD4452_1
ARAGUA A5	81	63	CD9485_1
ARAGUA A7	74	57	CD6785_1
ARAGUA B2	83	66	CD5520_5
ARAGUA A1	85	66	CD9478_2
GUARICO A1	72	63	CD6658_7
GUARICO A3	67	67	LD11185_7
GUARICO B5	76	63	CD4872_1
GUARICO A2	56	48	CD5677_3
SUCRE A1	77	63	CD2913_13
SUCRE A2	74	64	CD2970_1

Excede capacidad normal.

Excede capacidad de emergencia.

Excede 2/3 de la capacidad de emergencia.

Anexo 1.25: Tensión mínima por circuito (Propuestas).

Circuito	Nodo	Tensión [pu]
ZULIA A10	4310_76	0,982
ZULIA A2	4302_286	0,969
ZULIA A7	PD48478_185	0,979
ZULIA A9	4309_129	0,985
ZULIA B2	4322_286	0,967
ZULIA A5	4305_124	0,987
ZULIA A4	4304_179	0,989
APURE B1	4431_65	0,994
APURE B9	4439_59	0,992
APURE B2	4432_53	0,998
APURE A8	4428_140	0,996
APURE A3	PD21608_130	0,997
APURE A7	PD46468_111	0,994
APURE B3	4433_191	0,995
ARAGUA B1	PD36735_136	0,981
ARAGUA B3	4643_344	0,992
ARAGUA A3	4623_168	0,996
ARAGUA A2	4622_505	0,988
ARAGUA A8	PD39121_60	0,993
ARAGUA A5	4625_172	0,992
ARAGUA A7	4627_59	0,996
ARAGUA B2	4642_393	0,981
ARAGUA A1	4621_172	0,993
GUARICO A1	PD33598_66	0,99
GUARICO A3	5203_260	0,98
GUARICO B5	5225_127	0,978
GUARICO A2	PD47589_148	0,99
SUCRE A1	6601_141	0,975
SUCRE A2	6602_172	0,957

Anexo 1.26: Perdidas técnicas por circuito (Propuestas).

CIRCUITO	CARGA	TKVAINST	F.UTIL	PERD, LINEAS		PERD, CU TRANSF		PERD, FE TRANSF		TOTAL
	[KVA]	[KVA]		[KW]	[%]	[KW]	[%]	[KW]	[%]	[%]
ZULIA A10	2803	3602	78	22,8	0,82	13,95	0,5	2,86	0,11	1,43
ZULIA A2	4449	11485	39	69,61	1,57	13,16	0,3	13,44	0,31	2,18
ZULIA A7	9169	15277	61	67,53	0,74	0	0	6,98	0,08	0,82
ZULIA A9	6024	11506	53	49,78	0,83	34,92	0,58	21,53	0,36	1,77
ZULIA B2	6024	9603	63	79,52	1,33	39,61	0,66	15,33	0,26	2,25
ZULIA A5	5164	12188	43	37,4	0,73	12,35	0,24	21,15	0,41	1,38
ZULIA A4	4765	10405	46	32,76	0,69	12,07	0,26	10,1	0,22	1,17
APURE B1	5346	15501	35	12,91	0,25	9,11	0,18	48,5	0,91	1,34
APURE B9	9552	15700	61	40,51	0,43	85,13	0,9	55,05	0,58	1,91
APURE B2	4733	9000	53	4,75	0,11	23,8	0,51	18,39	0,39	1,01
APURE A8	5959	9700	62	13,49	0,23	25,78	0,44	20,08	0,34	1,01
APURE A3	6005	17792	34	9,01	0,16	5,22	0,09	50,34	0,84	1,09
APURE A7	5281	18900	28	14,52	0,28	3,78	0,08	37,74	0,72	1,08
APURE B3	8412	20652	41	22,54	0,27	28,51	0,34	50,99	0,61	1,22
ARAGUA B1	5061	11527	44	50,94	1,01	13,18	0,27	20,41	0,41	1,69
ARAGUA B3	6103	12875	48	18,84	0,31	36,63	0,61	29,7	0,49	1,41
ARAGUA A3	7832	11800	67	13,05	0,17	60,59	0,78	42,18	0,54	1,49
ARAGUA A2	7306	20501	36	45,63	0,63	4,23	0,06	43,53	0,6	1,29
ARAGUA A8	9371	18800	50	30,39	0,33	6,53	0,07	36,43	0,39	0,79
ARAGUA A5	6011	13700	44	19,94	0,34	22,1	0,37	36,84	0,62	1,33
ARAGUA A7	5489	10750	52	14,05	0,26	27,31	0,5	34,31	0,63	1,39
ARAGUA B2	9171	20176	46	58,05	0,64	38,57	0,43	46,1	0,51	1,58
ARAGUA A1	6305	14500	44	16,59	0,27	33,17	0,53	38,21	0,61	1,41
GUARICO A1	5507	13203	42	31,47	0,58	4,28	0,08	26,65	0,49	1,15
GUARICO A3	4935	14275	35	47,58	0,97	12,58	0,26	12,95	0,27	1,5
GUARICO B5	3935	8120	49	37,33	0,95	23,55	0,6	9,9	0,26	1,81
GUARICO A2	5265	15967	33	29,82	0,57	2,13	0,05	20,49	0,39	1,01
SUCRE A1	2379	5825	41	37,4	1,58	8,63	0,37	7,96	0,34	2,29
SUCRE A2	2308	2989	78	65,88	2,49	11,18	0,42	4,52	0,17	3,08

Anexo 1.27: Índices de Confiabilidad (Propuestas).

CIRCUITO	kVA Inst.	kVA INTERRUMPIDOS	MVA MINUTOS	CANTIDAD	SAIFI	SAIDI	CAIDI
ZULIA A10	3602,5	22466	1617,4	6	6,24	448,97	71,96
ZULIA A2	11482,5	70805	5342,3	11	6,17	465,26	75,41
ZULIA A7	15003	205375	6256,4	30	13,69	417,01	30,47
ZULIA A9	10705	19763	1600,2	3	1,85	149,49	80,81
ZULIA B2	8465	84336	9580,6	25	9,97	1131,79	113,52
ZULIA A5	11987,5	34218	1209,8	6	2,86	100,93	35,3
ZULIA A4	9905	34307	1635,7	4	3,47	165,14	47,6
APURE B1	15501,5	16081	2492,9	8	1,04	160,82	154,64
APURE B9	15700	0	0	0	0	0	---
APURE B2	9001	575	76,1	3	0,07	8,46	120,86
APURE A8	9700,5	769	556,3	3	0,08	57,35	716,88
APURE A3	17792	450	214,7	2	0,03	12,07	402,34
APURE A7	18902,5	4550	630,3	3	0,25	33,35	133,4
APURE B3	20655	21320	2195,3	2	1,04	106,29	102,21
ARAGUA B1	11527,5	226	166,3	1	0,02	14,43	721,5
ARAGUA B3	14375	14610	2038,9	4	1,02	141,84	139,06
ARAGUA A3	14400	0	0	0	0	0	---
ARAGUA A2	16500,5	0	0	0	0	0	---
ARAGUA A8	16500,5	351	86,5	1	0,03	5,25	175
ARAGUA A5	17055	0	0	0	0	0	---
ARAGUA A7	10750,5	0	0	0	0	0	---
ARAGUA B2	20176,5	95984	4531,9	7	4,76	224,62	47,19
ARAGUA A1	11900	11112	956,6	2	0,94	80,39	85,53
GUARICO A1	13203,5	1246	260	1	0,1	19,7	197
GUARICO A3	10975	26867	549,2	11	2,45	50,05	20,43
GUARICO B5	8120	17898	2773,8	7	2,21	341,61	154,58
GUARICO A2	15967	42699	2182,7	3	2,68	136,71	51,02
SUCRE A1	4780	10952	661,8	2	2,3	138,46	60,2
SUCRE A2	3555	26536	963,2	5	7,47	270,95	36,28

Anexo 1.28: SAIFI (Frecuencia Media de Interrupción).

CIRCUITO	SAIFI	SAIFI prop.	VARIACIÓN [%]
ZULIA A10	9,09	6,24	31,4
ZULIA A2	7,42	6,17	16,9
ZULIA A7	16,16	13,69	15,3
ZULIA A9	2,34	1,85	21
ZULIA B2	11,82	9,97	15,7
ZULIA A5	9,46	2,86	69,8
ZULIA A4	10,88	3,47	68,2
APURE B1	1,51	1,04	31,2
APURE B9	0,25	0	100
APURE B2	0,71	0,07	90,2
APURE A8	3,71	0,08	97,9
APURE A3	0,6	0,03	95
APURE A7	1,54	0,25	83,8
APURE B3	1,95	1,04	46,7
ARAGUA B1	1,32	0,02	98,5
ARAGUA B3	1,41	1,02	27,7
ARAGUA A3	0,03	0	100
ARAGUA A2	0,28	0	100
ARAGUA A8	0,03	0,03	0
ARAGUA A5	0,12	0	100
ARAGUA A7	0,1	0	100
ARAGUA B2	5,14	4,76	7,4
ARAGUA A1	1,05	0,94	10,5
GUARICO A1	0,27	0,1	63
GUARICO A3	4,87	2,45	49,7
GUARICO B5	5,25	2,21	58
GUARICO A2	5,24	2,68	48,9
SUCRE A1	2,26	2,3	-1,8
SUCRE A2	7,75	7,47	3,7

Anexo 1.29: SAIDI (Tiempo Total Promedio de Interrupción).

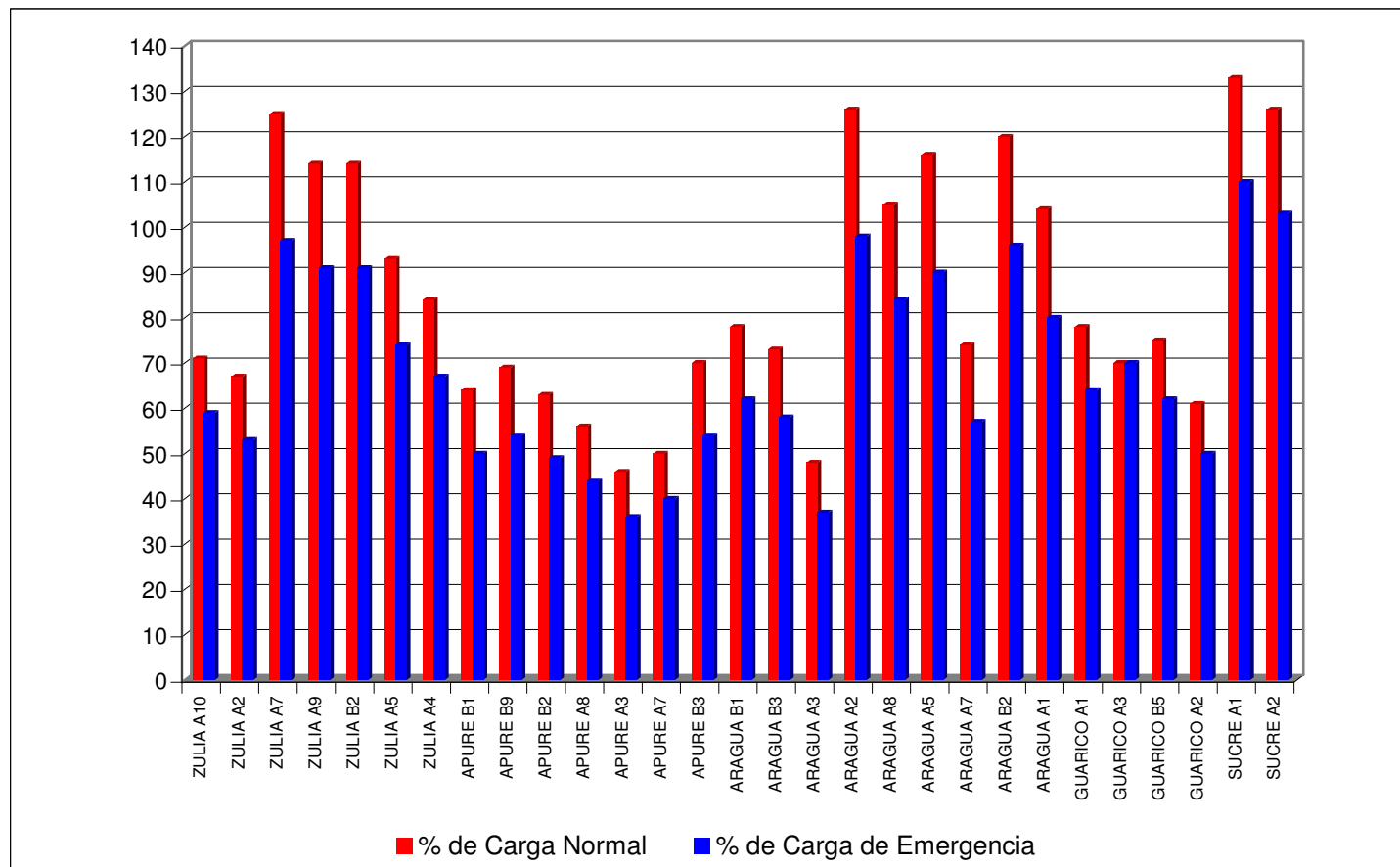
CIRCUITO	SAIDI	SAIDI prop.	VARIACIÓN [%]
ZULIA A10	826,57	448,97	45,7
ZULIA A2	550,07	465,26	15,5
ZULIA A7	633,28	417,01	34,2
ZULIA A9	306,09	149,49	51,2
ZULIA B2	1410,91	1131,79	19,8
ZULIA A5	823,71	100,93	87,8
ZULIA A4	624,75	165,14	73,6
APURE B1	183,25	160,82	12,3
APURE B9	23,92	0	100
APURE B2	88,24	8,46	90,5
APURE A8	132,2	57,35	56,7
APURE A3	161,34	12,07	92,6
APURE A7	322,17	33,35	89,7
APURE B3	194,81	106,29	45,5
ARAGUA B1	101,9	14,43	85,9
ARAGUA B3	211,74	141,84	33,1
ARAGUA A3	4,65	0	100
ARAGUA A2	38,47	0	100
ARAGUA A8	14,33	5,25	63,4
ARAGUA A5	3,8	0	100
ARAGUA A7	21,03	0	100
ARAGUA B2	298,77	224,62	24,9
ARAGUA A1	81,01	80,39	0,8
GUARICO A1	37,27	19,7	47,2
GUARICO A3	166,61	50,05	70
GUARICO B5	989,43	341,61	65,5
GUARICO A2	557,29	136,71	75,5
SUCRE A1	262,17	138,46	47,2
SUCRE A2	671,64	270,95	59,7

Anexo 1.30: CAIDI (Duración Promedio de cada Interrupción).

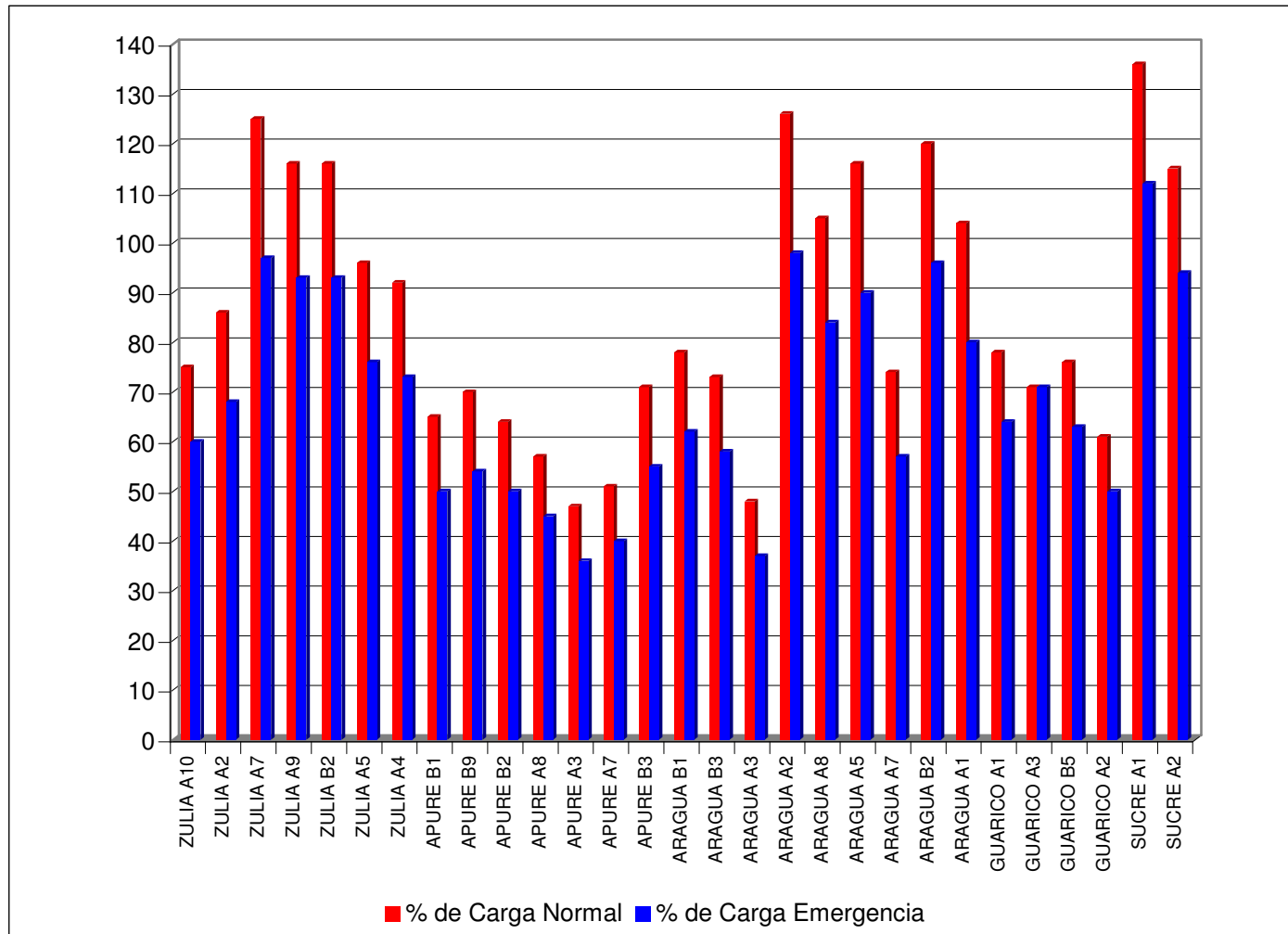
CIRCUITO	CAIDI	CAIDI
ZULIA A10	90,94	71,96
ZULIA A2	74,14	75,41
ZULIA A7	39,19	30,47
ZULIA A9	130,81	80,81
ZULIA B2	119,37	113,52
ZULIA A5	87,08	35,3
ZULIA A4	57,43	47,6
APURE B1	121,36	154,64
APURE B9	95,68	---
APURE B2	124,29	120,86
APURE A8	35,64	716,88
APURE A3	268,9	402,34
APURE A7	209,21	133,4
APURE B3	99,91	102,21
ARAGUA B1	77,2	721,5
ARAGUA B3	150,18	139,06
ARAGUA A3	155	---
ARAGUA A2	137,4	---
ARAGUA A8	477,67	175
ARAGUA A5	31,67	---
ARAGUA A7	210,3	---
ARAGUA B2	58,13	47,19
ARAGUA A1	77,16	85,53
GUARICO A1	138,04	197
GUARICO A3	34,22	20,43
GUARICO B5	188,47	154,58
GUARICO A2	106,36	51,02
SUCRE A1	116,01	60,2
SUCRE A2	86,67	36,28

[ANEXO 2]

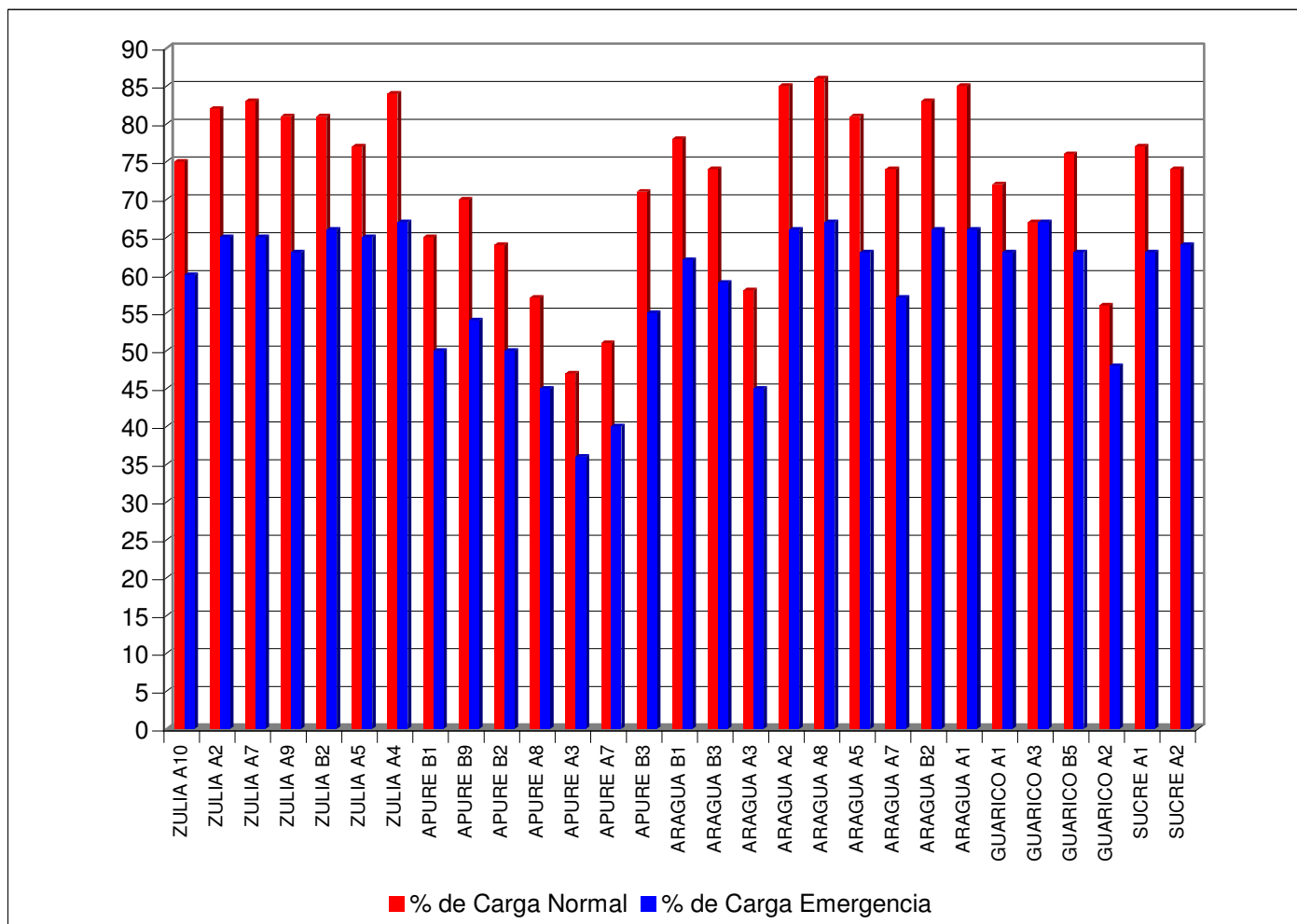
Anexo 2.1: Conductores más cargados en condición normal y de emergencia (Actual).



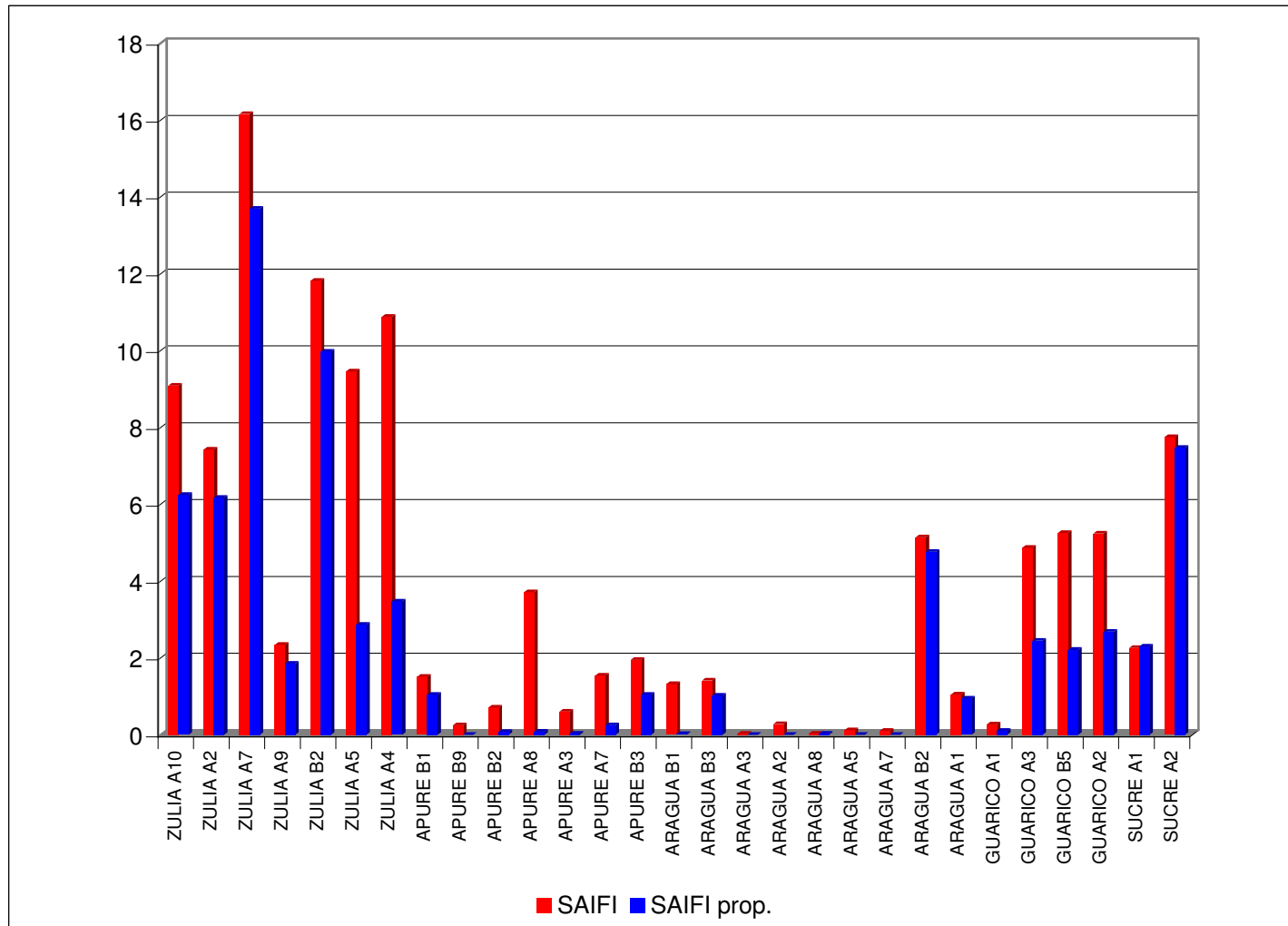
Anexo 2.2: Conductores más cargados en condición normal y de emergencia (Futura).



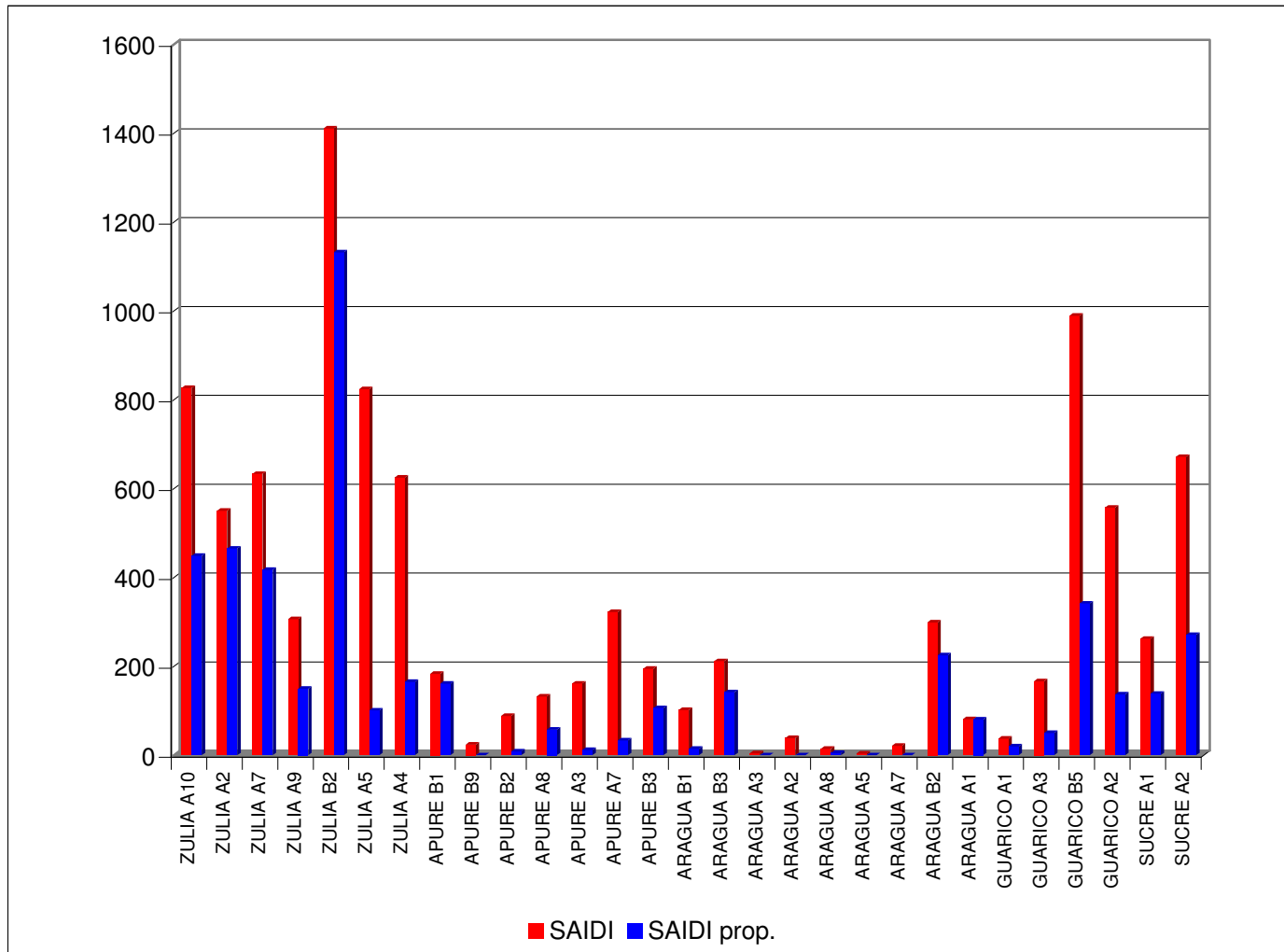
Anexo 2.3: Conductores más cargados en condición normal y de emergencia (Propuestas).



Anexo 2.4: SAIFI (Frecuencia Media de Interrupción).



Anexo 2.5: SAIDI (Tiempo Total Promedio de Interrupción).



Anexo 2.6: CAIDI (Duración Promedio de cada Interrupción).

