



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



**ESTUDIO PREDICTIVO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA A CORTO Y
MEDIANO PLAZO EN LOS MUNICIPIOS DIEGO IBARRA Y SAN JOAQUÍN
DEL ESTADO CARABOBO UTILIZANDO MÁQUINA DE VECTOR DE
SOPORTE**

CARPENTIERO ENZO
CASTELLANOS SHIRLEY

NAGUANAGUA, JUNIO 2008



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



**ESTUDIO PREDICTIVO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA A CORTO Y
MEDIANO PLAZO EN LOS MUNICIPIOS DIEGO IBARRA Y SAN JOAQUÍN
DEL ESTADO CARABOBO UTILIZANDO MÁQUINA DE VECTOR DE
SOPORTE**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO
ELECTRICISTA**

CARPENTIERO ENZO
CASTELLANOS SHIRLEY

NAGUANAGUA, JUNIO 2008



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes miembros del jurado asignado para evaluar el trabajo especial de grado titulado “Estudio predictivo de la demanda eléctrica a corto y mediano plazo en los municipios Diego Ibarra y San Joaquín del estado Carabobo utilizando Máquina de Vector de Soporte”. Realizado por los Bachilleres: Enzo G. Carpentiero S. y Shirley P. Castellanos P., hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Ing. Leopoldo Romero
TUTOR

Ing. Eva Monagas
JURADO

Ing. Francisco Naveira
JURADO

NAGUANAGUA, JUNIO 2008

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

ANEXO D

A N E X O E

ANEXO F

ANEXO G

ANEXO H

ANEXO I

ANEXO J

DEDICATORIA

A Dios por ayudarme, bendecirme, y guiarme en este largo camino, ya que sin su ayuda nada podemos hacer.

A mis Padres Sirley y Orlando, por estar conmigo, brindándome todo su apoyo y comprensión, por sembrar en mi ese ánimo de luchar para alcanzar tus metas, sinceramente mil gracias.

A mis hermanas Yoeinny y Geraldine y mis niños adorados Santiago y Gabriela, son la mejor familia que alguien podría tener los adoro a todos.

A mi gran amor William Rafael un millón de gracias por estar ahí, por ser como eres y por apoyarme en todo, en las buenas y en las malas de verdad que te amo con todas mis fuerzas.

A mi compañerito, hermano y amigo Enzo Giancarlo, de verdad que fue todo un honor para mi haber desarrollado este trabajo contigo, mejor equipo que este no pudo haber, definitivamente que Dios te bendiga y te acompañe hoy y siempre.

A mis amigos Carlitos, Nayla, Mariuska, Daniela, Jesenia, Alfredo, Gustavo, Ever, por todos los momentos compartidos durante toda mi carrera, a los cuales deseo el mejor éxito en este mundo.

Shirley Castellanos

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a nuestro tutor el Ingeniero Leopoldo Romero, por toda su valiosa ayuda en el desarrollo de este trabajo, sinceramente mil Gracias.

A los profesores Cesar Seijas Eva Monagas y María Mago, por su valiosa colaboración.

A Wilmer Seijas y a Iris infinitas gracias por brindarnos ese apoyo en todo momento, ya que gracias a ellos, se logro este tema, de todo corazón les deseo lo mejor del mundo. Dios los bendiga.

A la empresa CADAFE en particular al departamento de planificación representado por la Ing Nayleth Delgado por brindarnos la oportunidad de desarrollar este trabajo especial de grado en las instalaciones de la empresa, al Ingeniero y amigo Julio Mansilla, por su valiosísima ayuda, y por brindarnos sus de sus conocimientos para llevar a cabo este trabajo de grado. A la Ing Bella colmenares, a Wilmer, Oscar Vallejo, Oscar Guevara, Lisette Rodriguez, Carmen Paez, Eneida Henriquez de todo corazón por todo lo que nos enseñaron en la durante el desarrollo de este trabajo, sinceramente hicieron que la estadía en esta empresa fuese inolvidable.

A Carlos Sandoval, por ayudarnos, motivarnos, y estar ahí, Dios te bendiga de verdad.

Shirley Castellanos

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir, por regalarme una familia tan maravillosa, por poner a mi alrededor tan buenos amigos y por haber guiado, en cada momento, nuestros pasos en la realización de ésta meta tan añorada.

A mis padres, Moralba y Enzo, por estar conmigo en cada momento y apoyarme en cada decisión que he tomado, brindándome cada segundo infinito e incondicional cariño.

A mi hermana, Valeria, por quererme y compartir siempre conmigo. A mis otras dos hermanas, Marian y Andrea, porque las tres son razón de mi vivir y simplemente las adoro.

A Cori, por estar dispuesta cada momento que te necesité, y por levantarte todas esas mañanas conmigo, eres más que una segunda madre para mí. A Mami y Nonna, mis abuelas que tanto quiero, gracias por demostrarme cada día su cariño.

A ti, Tío Wilmer, gracias infinitas por haberme ayudado en la realización de ésta meta tan esperada por mí, eres artífice primordial y a quien le deberé esto por toda mi vida, en todo éste tiempo que estuvimos trabajando juntos me llenaste de inmensa satisfacción y orgullo, habiéndome transmitido todos tus conocimientos. También agradezco, con el corazón en la mano, a mi Tía Yris, porque siempre supiste y encontraste la forma de ayudarme de manera muy oportuna todas las muchas veces que te lo pedí, te lo devuelvo a cambio con este gran cariño que te tengo.

Al resto de mis tíos (Jazmín, Navis, Elizabeth, Naco, César, Fausto, Willy y Daniel) y primos (Jesús, Vane, Fer, Clau, Mariana, Faby y Giova), por ser siempre parte de mi punto de apoyo y fuente de inspiración y de ejemplo para seguir adelante en cada meta propuesta.

A mi casi hermana y compañera, Shir, fuiste definitivamente la mejor compañera que se podía tener en este camino tan largo que nos trajo hasta aquí. Trabajar con alguien como tú, simplemente hizo que todo fuese más fácil y ameno, Dios te bendiga siempre Güera.

A todos mis amigos, los de Maracay (César R., Nei, César G., Ange, Manuel), y todos aquellos con que compartí tan buenos momentos durante la carrera en Eléctrica (Carlos, William, Nayla, Alfredo, Dani, Jese, Marius, Gustavo, Ever, Marcos), los aprecio a todos.

Enzo Giancarlo Carpentiero Seijas

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Leopoldo Romero, por aceptar ser tutor del presente Trabajo Especial de Grado, y por toda la ayuda que constantemente nos estuvo brindando en el desarrollo del mismo.

A la Coordinación de Planificación CADAFE Carabobo, encabezado por la Ing. Nayleth Delgado, por habernos brindado la oportunidad de desarrollar el presente tema de Tesis, dentro de sus instalaciones, prestándonos en todo momento la colaboración necesaria para la finalización del mismo.

Al Ing. Julio Mansilla, a quién en gran medida le debemos el óptimo desarrollo del presente trabajo, por la constante ayuda que nos estuvo brindando siempre, además de todos los conocimientos que nos impartió, que sin duda alguna vale oro.

Al resto del personal de la Coordinación de Planificación, Ing. Bella Colmenares, Lisette Rodriguez, Carmen Páez, Óscar Vallejo, Óscar Guevara, Eneida Henriquez, gracias por toda su asistencia, apoyo y conocimientos brindados todo éste tiempo que estuvimos desarrollando el presente Trabajo Especial de Grado.

A mi Tío César, por toda la ayuda, colaboración y conocimientos brindados en el área de Máquina de Vector de Soporte. Asimismo, los profesores Sergio Villazana, Eva Monagas y Maria Mago, por la ayuda prestada en las distintas etapas que conllevó el desarrollo de la presente Tesis.

Al Ingeniero y amigo, Carlos Sandoval, por la mano brindada en todos esos momento que la necesitamos.

Enzo Giancarlo Carpentiero Seijas



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



“ESTUDIO PREDICTIVO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA A CORTO Y MEDIANO PLAZO EN LOS MUNICIPIOS DIEGO IBARRA Y SAN JOAQUÍN DEL ESTADO CARABOBO UTILIZANDO MÁQUINA DE VECTOR DE SOPORTE”

TUTOR: Ing. Leopoldo Romero
AÑO: 2008

AUTORES:
Carpentiero S. Enzo G

Castellanos P. Shirley P

RESUMEN

La unidad de planificación de la empresa CADAPE es la encargada de la realización del estudio del sistema eléctrico de distribución, a fin de mantener un equilibrio entre la energía entregada y la demanda. Es por ello que la empresa, para garantizar un servicio confiable y de calidad a sus suscriptores, plantea la necesidad de realizar un estudio de planificación en el eje San Joaquín y Diego Ibarra, municipios que en la actualidad han presentado un alto índice de crecimiento y desarrollo, condición que ha llevado al colapso del sistema de distribución existente. En este estudio se basa el siguiente Trabajo especial de Grado, que consta de cuatro etapas, inicialmente se realizó un diagnostico del sistema eléctrico actual, seguidamente haciendo uso de la información, programas y herramientas suministradas por la empresa, se establecieron las condiciones del sistema y mediante su comparación con los valores de calidad y flexibilidad, establecidos en el Manual de modelos normativos, se determino el estado del mismo. El estudio de predicción de demanda eléctrica a corto y mediano plazo, se realizo a través de una herramienta computacional máquina de vector de soporte (SVM) y de la teoría de los mínimos cuadrados, metodología empleada en la actualidad por CADAPE, y finalmente, se realizo la repartición de la demanda eléctrica por cuadrículas, lo que condujo a la ubicación de los centros de carga, punto de partida para la fijación de las subestaciones que permitan a corto y mediano plazo encarar la demanda eléctrica requerida en estos municipios. En base a los resultados obtenidos en el análisis de sistema presente, corto y mediano plazo, se establecieron las propuestas, que de su oportuna aplicación, resultará en un incremento en la confiabilidad, flexibilidad y calidad de servicio prestados a dichos municipios.

INDICE GENERAL.

INTRODUCCIÓN		xviii
CAPITULO I: EL PROBLEMA		
I.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
I.2	JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	3
I.3	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	4
I.3.1	Objetivos General	4
I.3.2	Objetivos Específicos	4
I.4	DELIMITACIONES	5
CAPITULO II: MARCO TEORICO		
II.1	ANTECEDENTES	7
II.2	BASES TEORICAS	9
II.2.1	CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION.	9
II.2.2	COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	12
II.2.2.1	Sistema de Subtransmisión.	12
II.2.2.1.1	Subestación de Distribución (S/E).	13
II.2.2.2	Sistema Primario.	18
II.2.3	CRITERIOS PARA LA PLANIFICACION DE SISTEMAS URBANOS DE DISTRIBUCION.	21
II.2.3.1	Estudio de la Demanda a Corto Plazo.	22
II.2.3.2	Estudio de la Demanda a Mediano Plazo.	22
II.2.3.2.1	Ubicación y Dimensionamiento de Subestaciones.	22

II.2.3.2.2	Factibilidad de Ampliación de la Subestaciones.	23
II.2.4	PROGRAMA DE ANALISIS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA (PADEE).	24
II.2.5	ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES UNIVARIANTES.	25
II.2.6	MÁQUINA DE VECTORES DE SOPORTE (SVM).	26
II.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	28

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

III.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	30
III.2	FASE METODOLOGICA.	31
III.3	UNIDAD DE ANÁLISIS, POBLACIÓN Y MUESTRA.	34
III.4	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	34
III.4.1	Técnicas de Recolección de Datos	34
III.4.2	Técnicas de Análisis de Información	35

CAPITULO IV: DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL.

IV.1	CARACTERÍSTICAS DE LAS SUBESTACIONES QUE SURTEN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LOS MUNICIPIOS DIEGO IBARRA Y SAN JOAQUÍN. CÁLCULO DE CAPACIDAD FIRME.	36
IV.1.1	Subestación Santa Clara.	36
IV.1.1.1	Características Generales	36
IV.1.1.2	Cálculo de Capacidad Firme	36
IV.1.2	Subestación Guacara I.	37
IV.1.2.1	Características generales	37

IV.1.2.2	Cálculo de Capacidad Firme	38
IV.1.3	Subestación Pruinca.	38
IV.1.3.1	Características Generales	38
IV.1.3.2	Cálculo de Capacidad Firme	39
IV.2	DESCRIPCIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS.	39
IV.3	ANÁLISIS DE LAS REDES ELÉCTRICAS.	43
IV.3.1	Análisis del Sistema Presente.	49

CAPITULO V: ESTIMACION DE LA DEMANDA ELÉCTRICA Y REPARTICION POR CUADRICULAS.

V.1	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA A CORTO Y MEDIANO PLAZO.	51
V.1.1	Pronósticos Mediante Modelo Estadístico (ARIMA)	51
V.1.2	Pronóstico a través de Máquina de Vector de Soporte (SVM).	56
V.1.3	Pronóstico a través del Módulo para la Graficación de Datos del Sistema de Control de Demandas de Eleoccidente.	63
V.2	REPARTICIÓN DE LA DEMANDA POR CUADRICULAS.	64
V.2.1	Cálculo del Centro de Carga	70
V.3	COMPARACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS EN EL PRONOSTICO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA: SVM Y MINIMOS CUADRADOS (DEMAGRAF).	71
V.3.1	DEMAGRAF	71
V.3.1.1	Ventajas	71
V.3.1.2	Desventajas	72
V.3.2	SVM	72
V.3.2.1	Ventajas	72

V.3.2.2	Desventajas	73
---------	--------------------	----

CAPITULO VI: SISTEMA PROPUESTO

VI.1	SISTEMA PROPUESTO PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL.	74
VI.1.1	Transferencias de carga al circuito Villas del Centro	76
VI.1.2	Construccion de el circuito la Pradera S/E Pruinca	78
VI.1.3	Transferencias de carga al circuito Coats S/E Guacara I.	79
VI.1.4	Transferencias de carga al circuito El Lago.	79
VI.1.5	Circuito Heinz, Covenal, y Montana Gráfica	80
VI.1.6	Construcción de circuitos El Guamacho y Mariara II	82
VI.2	SISTEMA PROPUESTO PARA CORTO PLAZO.	98
VI.3	SISTEMA PROPUESTO PARA MEDIANO PLAZO.	103
	CONCLUSIONES	108
	RECOMENDACIONES	110
	BIBLIOGRAFIA	112
	ANEXOS	115

INDICE DE FIGURAS

Nº	Título	Pág.
1	Estructura general de un sistema de potencia	10
2	Componentes del Sistema de Distribución	11
3	Esquema de Subtransmisión.	13
4	Esquema Barra Principal con Barra de Transferencia.	15
5	Esquema Anillo	16
6	Esquema Doble Barra	18
7	Circuito primario de distribución	19
8	Circuito primario en anillo.	20
9	Circuito primario mallado	21
10	Esquematización del programa PADEE y sus subprogramas.	25
11	Gráfica de datos de la demanda eléctrica del circuito San Joaquín normalizada	52
12	Serie estacionaria del circuito San Joaquín	53
13	Pronostico del circuito San Joaquín con Statgraphics	54
14	Grafica comparativa de series pronosticada y serie de valores reales. Circuito San Joaquín.	55
15	Ventana del programa winSVM	56
16	Archivo “Train.txt” del Circuito San Joaquín	57
17	Archivo “Validation.txt” del Circuito San Joaquín	58
18	Archivo “Test.txt” del Circuito San Joaquín	58
19	Archivo “train-svm.txt”.	60
20	Archivo “forecast.txt”, para el pronóstico de la demanda.	61
21	Gráfica de Demanda Eléctrica en Amperes Pronosticada del Circuito San Joaquín con SVM	62

Nº	Título	Pág.
22	Gráfica de Demanda Eléctrica en Amperes Pronosticada del Circuito San Joaquín con DEMAGRAF	63
23	Gráfico De Máxima Carga Por Circuito	89
24	Gráfico De Caída De Tensión Por Circuito.	90
25	Gráfico de máxima Carga y porcentaje de caída de tensión de los circuitos La Pradera, El Guamacho y Mariara II	91
26	Repartición de la Demanda por Cuadriculas, Ubicación del Centro de Carga por Municipio	104
27	Distribución de los circuitos por cuadriculas a mediano plazo.	105

INDICE DE TABLAS

Nº	Título	Pág.
1	Capacidad instalada S/E Santa Clara	36
2	Capacidad instalada S/E Guacara I	37
3	Capacidad instalada S/E Pruinca	38
4	Características de los alimentadores.	40
5	Puntos de Conexión y Seccionamiento entre Circuitos (S/E Santa Clara)	40
6	Puntos de Conexión y Seccionamiento entre Circuitos (S/E Guacara I)	43
7	Puntos de Conexión y Seccionamiento entre Circuitos (S/E Pruinca).	43
8	Resumen de resultados de la corrida del programa PADEE	48
9	Tabla del archivo Excel generado al “optimizar” el proceso de selección del Kernel	59
10	Microáreas y Áreas Vacantes	65
11	Tabla de Equivalencia de Zonificaciones del Área en Estudio	66
12	Tabla Factores de Carga y Potencia por Tipo de Consumidor	66
13	Tabla de MWH/Sus de Consumo Residencial para los municipios San Joaquín y Diego Ibarra	67
14	Tabla de ajuste de curvas del PROY	67
15	Índice de Consumo de Energía para Suscriptores Industriales	68
16	Índice de Consumo de Energía para Suscriptores Comerciales	69
17	Índice de Consumo de Energía para Suscriptores Agropecuarios	69
18	Tabla Resumen de Índices de Consumo de Energía	70
19	Resultados de las Simulaciones de las Propuestas del Sistema Presente Obtenidos con el Programa PADEE (% ΔV , % carga)	87

Nº	Título	Pág.
20	Resultados de las Simulaciones de las Propuestas del Sistema Presente Obtenidos con el Programa PADEE (KVA transferidos).	88
21	Resultados de las Simulaciones de las Propuestas del Sistema Presente Obtenidos con el Programa PADEE para los circuitos La Pradera, El Guamacho y Mariara II.	91
22	Resumen de operaciones propuestas para el sistema eléctrico presente	92
23	Resumen de mejoras propuestas para el sistema eléctrico presente.	94
24	Inversiones propuestas para el Sistema Presente.	96
25	Inversiones propuestas a Corto Plazo	99
26	Inversiones Propuestas para el Mediano Plazo	106

INTRODUCCION

En la actualidad, como consecuencia del crecimiento y desarrollo poblacional en algunos municipios del estado Carabobo, la calidad del servicio eléctrico se ha visto perjudicada producto de la falta de capacidad en el sistema de distribución existente para soportar la demanda actual.

Esta problemática aqueja a los municipios San Joaquín y Diego Ibarra del estado Carabobo, razón por la cual surge la necesidad de la realización de un estudio de planificación para estos sectores, fundamentado en el estado actual de dicho sistema y de la futura explotación industrial y residencial que se vislumbra para estos municipios.

Para ello, la unidad de planificación de CADAFE Región 6 plantea la realización de este proyecto de ingeniería, que consiste en el estudio del sistema eléctrico de distribución, haciendo uso del programa de análisis de distribución de energía eléctrica recientemente adquirido por la empresa PADEE, a fin de proponer las estrategias de aplicación inmediata que permitan mejorar las condiciones del sistema eléctrico actual, seguidamente hacer la estimación de la demanda eléctrica a corto y mediano plazo, con miras a dar soluciones viables y factibles que permitan encarar la futura ola de suscriptores y demanda de energía eléctrica. Para el pronóstico de la demanda eléctrica se hará uso de la herramienta de computación emergente Maquina de Vector Soporte, la cual esta basada en el aprendizaje estadístico, el cual permite obtener, a partir del entrenamiento de la misma, un subgrupo de datos (vectores de soporte) con el cual se pueda representar la forma de onda de la curva en estudio.

A través de esta metodología, se busca dar un avance en lo referente a la estimación de la demanda eléctrica, ya que se estima se tendrán resultados mas ajustados comportamiento no-lineal de la demanda eléctrica, y por ende, las soluciones propuestas estarán mas ajustadas a la realidad.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La Coordinación de Planificación de CADAFE Carabobo, es la estructura responsable de realizar estudios de planificación del sistema de Distribución, Subtransmisión y Transmisión en un nivel de tensión de 115 kV, en el Estado Carabobo. Dichos estudios abarcan:

- El análisis del comportamiento del Sistema Eléctrico, de la zona en estudio en el presente.
- Análisis de la demanda eléctrica actual, tomando en cuenta el uso planificado de la tierra y solicitudes de servicio eléctrico según planes trazados por iniciativa privada o estatal para la zona,
- Predecir la demanda a corto plazo (proyección a cuatro años) y a mediano plazo (proyección a ocho años).
- Determinación de los centro de carga de la zona de estudio a corto y a mediano plazo.

Estos análisis buscan realizar propuestas de obras, que permitan atender las exigencias de la demanda eléctrica actual, a corto y a mediano plazo. El alcance de la propuesta de obras comprende, transferencia de carga entre subestaciones vecinas, a través de la red de distribución, ampliaciones de la subestaciones existentes, o definición de la ubicación de una nueva subestación según el establecimiento de el o los centros de carga encontrados, a fin de garantizar, que el sistema de distribución opere dentro de los límites de confiabilidad y flexibilidad establecidos, y así cubrir los requerimientos de la carga

eléctrica para las distintas zonas del Estado Carabobo a los cuales se les presta el servicio de energía eléctrica.

En el eje oriental del Estado Carabobo se encuentran los municipios San Joaquín y Diego Ibarra, los cuales, en la mayor parte de la extensión de su territorio, son alimentados desde la subestación Santa Clara 115/34,5/13,8 kV, ubicada en la Carretera Nacional, tramo Mariara - San Joaquín, entre el cerro el Guamacho y el Distribuidor Santa Clara.

La S/E Santa Clara 115/34,5/13,8 kV, tiene una capacidad instalada de 66 MVA, en un nivel de 13.8KV y de 20 MVA en 34.5KV. En el patio de 115/13.8 kV, se cuenta con dos transformadores de 30/36 MVA, que alimentan 10 circuitos de distribución y en el patio de 115/34,5 kV, cuenta con un transformador de 20 MVA, para cuatro circuitos de subtransmisión, de los cuales solo uno está activo y alimenta la población de Ocumare de la Costa, en el estado Aragua (ver anexo A).

Actualmente, la utilización de los transformadores y circuitos de esta subestación, está llegando al límite máximo de capacidad de diseño, según se evidencia en los datos suministrados por CADAFE (según anexo B). En consecuencia, se evidencia pérdida de la confiabilidad del sistema eléctrico que abastece a los municipios Diego Ibarra y San Joaquín, debido a la saturación de los transformadores. Igualmente se denota reducción de la flexibilidad, según la información suministrada por CADAFE (de acuerdo al anexo B), dado que el factor de utilización de la mayoría de los circuitos que conforman la red de distribución de ambos municipios, superan ampliamente los rangos establecidos para garantizar dicha flexibilidad (el uso de las redes deben contar con un tercio de su capacidad nominal como reserva, es decir, un factor de utilización de 66.66 por ciento, según el Manual de Modelos Normativos para Sistemas de Distribución (1974) [1], usado en vigencia por la empresa). Y por último, también se observa la disminución de la calidad de la energía entregada, dado que el suministro eléctrico en los circuitos, alcanza la máxima capacidad de corriente en los conductores arvidal 4/0 (ver anexo C), con los que se

alimentan dichas cargas, y por ende, los niveles de caída de voltaje superan los valores referidos en la norma vigente de Calidad de Servicio para Sistemas de Distribución (2004) [2], en la que se establece que la variación porcentual permitida en media tensión medida en el punto de suministro, sea de un 6 por ciento del valor de la tensión nominal.

Basado en lo anteriormente expuesto, se plantea la necesidad de evaluar el sistema de distribución de estos municipios, revisando la situación actual a través del uso de un nuevo software recientemente empleado en la empresa; PADEE (Programa de Análisis de Redes de Distribución de Energía Eléctrica), que a través de sus distintos módulos, puede diagnosticar las características de cada circuito tramo a tramo, realizar análisis de flujo de carga, análisis de cortocircuitos trifásicos y monofásicos, entre otras características aplicables. Por otra parte, se propone la aplicación de una herramienta de computación emergente, como lo es la Máquina de Vector de Soporte (SVM, de sus siglas en inglés), a través del cual se pretende generar una proyección de la demanda eléctrica estimada y ajustada al comportamiento real (no lineal), del crecimiento poblacional e industrial. También se hará la estimación de la demanda eléctrica haciendo uso de la teoría de los mínimos cuadrados [1], herramienta empleada por CADAPE en la actualidad, con el objeto de comparar ambas metodologías, y finalmente; generar una solución viable, que satisfaga las necesidades energéticas de la zona.

I.2 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN.

La presente investigación busca determinar las características actuales de funcionamiento y estimar la demanda futura del sector para poder garantizar el suministro de un servicio eléctrico óptimo a los usuarios, quienes serían los principales beneficiarios. Las últimas revisiones del sistema eléctrico en estas regiones han sido realizadas en los años 1994 [3] y posteriormente una extraordinaria contratada por la

empresa “O.A. Asociados C.A.” en 1998 [4]. Es por ello que el desarrollo del presente trabajo de grado toma relevancia, en cuanto al cumplimiento de los lapsos para realizar un estudio de la demanda eléctrica a corto y mediano plazo (ocho años) como lo establece la normativa vigente.

Por otra parte, con la aplicación de la Máquina de Vector de Soporte, se busca dar vigencia a una metodología que podría representar un avance en la estimación y proyección de la demanda eléctrica, permitiendo dar una solución ajustada a las necesidades energéticas de una zona determinada -municipios Diego Ibarra y San Joaquín del estado Carabobo para este caso-, incorporando elementos o modelos que la validen, lo cual permita que esta herramienta represente una alternativa a los métodos usados en la actualidad.

I.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

I.3.1 Objetivo General.

Desarrollar el estudio de planificación que abarque el estudio predictivo de la demanda eléctrica a corto y mediano plazo en los municipios de Diego Ibarra y San Joaquín del Estado Carabobo utilizando la Máquina de Vector de Soporte a fin de mejorar la confiabilidad del sistema y calidad de Servicio.

I.3.2 Objetivos Específicos.

1. Diagnosticar el sistema eléctrico actual de los municipios Diego Ibarra y San Joaquín del estado Carabobo pertenecientes a la Región 6 de CADAFE.

2. Aplicar el Programa de Análisis de Redes de Distribución de Energía Eléctrica (PADEE), para evaluar las condiciones actuales del sistema eléctrico presente de los municipios San Joaquín y Diego Ibarra del estado Carabobo.
3. Aplicar la herramienta computacional de la máquina de vector de soporte (SVM) y la teoría de los mínimos cuadrados, para estimar la demanda eléctrica a corto y mediano plazo.
4. Comparar las ventajas y desventajas del uso de la máquina de vector de soporte y de la teoría de los mínimos cuadrados, como metodología de predicción de la demanda eléctrica.

I.4 DELIMITACIONES

De espacio (geográfico): El presente trabajo de grado comprende el estudio del sistema de Distribución, Subtransmisión y Transmisión (en 115 kV) que suministra energéticamente los municipios Diego Ibarra y San Joaquín del estado Carabobo.

De Tiempo: El estudio y recopilación de la información de los datos de la demanda eléctrica en los municipios en estudio, se tomará desde el año 2000 hasta el 2007. Los mismos suministrados por la Coordinación de Planificación de CADAFE Región 6.

De Contenido: El Estudio de la demanda eléctrica para los municipios Diego Ibarra y San Joaquín a corto y mediano plazo contempla el análisis de las condiciones del sistema eléctrico existente y predicción de la demanda eléctrica, esto en vista de las posibilidades de explotación económica que estos sectores sufrirán con el objeto de proponer las estrategias pertinentes relacionadas con estos planes de expansión, para así cubrir los requerimientos de la empresa en función de las demanda eléctrica de la zona estudiada.

El estudio pretende realizar la predicción a 4 y 8 años, tomando como año base el

2008, considerando incorporaciones de cargas conocidas. Este estudio no evalúa la influencia de las variables macroeconómicas y su variación en los años de estudio.

Para la predicción de la demanda eléctrica se utilizará la Máquina de Vectores de Soporte (SVM), la cual es bastante frecuente su uso en problemas de regresión. No es objeto de este trabajo el diseño de los algoritmos de la SVM, ni el desarrollo de las ecuaciones matemáticas inherentes a su definición.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

II.1 ANTECEDENTES.

Anteriormente se han realizado una serie de estudios relacionados con la planificación de sistemas eléctricos de distribución, en diferentes estados y municipios de Venezuela, en los cuales se identifican las diferentes metodologías utilizadas en la predicción de la demanda eléctrica, en base a esto, los antecedentes que se muestran a continuación, fueron seleccionados debido a que son los análisis mas recientes en este campo de investigación. Con respecto a la Maquina de vector soporte, cabe destacar que en la Universidad de Carabobo, se han llevado a cabo investigaciones que la utilizan como herramienta para el análisis de series de tiempo en aplicaciones en campo de la regresión, en base a esto los antecedentes seleccionados son los que se muestran a continuación.

GARCIA Jesaura, P.A. (1992) Realizaron un trabajo especial de grado en la Universidad de Carabobo denominado ANALISIS DEL SISTEMA PRESENTE Y PREDICCION DE LA DEMANDA EN LOS ALIMENTADORES DE 13.8KV DE LA SUBESTACION CAGUA – ESTADO ARAGUA. Este trabajo comprende el estudio de los alimentadores de la subestación Cagua, el mismo abarca el análisis de las condiciones de operación de las redes haciendo uso del paquete de programas de Modelo de Distribución Primaria (MDP) usado por Elecentro filial de Cadafe para el manejo de datos y la predicción de demanda haciendo uso de el método de la tendencia histórica. El principal aporte de esta investigación a éste trabajo de grado es que permite conocer las técnicas empleadas anteriormente para la predicción de demanda así como también conceptos y definiciones fundamentales en el área de distribución de energía eléctrica necesarios para la comprensión del tema.

GARCIA Adriana, G.R. (1994). Llevaron a cabo un trabajo de grado en la Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada (UNEFA) que llevaba por título ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA DEL EJE MARIARA – SAN JOAQUIN Y DE LA ESTIMACION DE LA DEMANDA A CORTO Y MEDIANO PLAZO. Este proyecto abarca el estudio predictivo de la demanda eléctrica para los municipios Mariara y San Joaquín haciendo uso del programa SAD para la determinación de las características de confiabilidad del sistema para así conocer las caídas de tensión por nodo y el porcentaje de carga por cada circuito que alimenta la zona de estudio a fin de definir las alternativas que permitiesen mejorar la confiabilidad del sistema de forma inmediata; para la determinación de la demanda a corto y mediano plazo se hizo uso de los programas del Modulo de Apoyo de Distribución (MAD) y Sistemas de Predicción de Demanda (SPD) empleados por Eleoccidente para este fin. La contribución de este trabajo a esta investigación es que permite conocer la metodología empleada anteriormente por Cadafe para la estimación de demanda eléctrica.

CARALLI Antonio, S.C. (2003). Realizaron un trabajo de maestría en la Universidad de Carabobo bajo el título USO DE LA MAQUINA DE VECTOR SOPORTE PARA LA PREDICCIÓN DE LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL. En este trabajo se propuso establecer un proceso de predicción del posible padecimiento de Hipertensión Arterial en personas, a través del mecanismo inteligente, basado en Maquina de Vector de Soporte. Este trabajo significa la aplicación de la SVM en el campo de la clasificación de variables.

CHOURIO Rafael, M.P. (2004). Hicieron el DISEÑO DE UN FILTRO ACTIVO DE ARMONICOS UTILIZANDO MAQUINAS DE VECTORES DE SOPORTE (SVM's), trabajo de grado que se llevo a cabo en la Universidad de Carabobo. En el mismo se contempló la sustitución del sistema de control de un Corrector Activo de Factor de Potencia por un sistema Regresor basado en Máquinas de Vectores de Soporte operando en

tiempo real. La SVM debió tomar muestras de las señales que afectan el desempeño del sistema, para generar una salida que controle el ciclo útil del dispositivo conmutador modulado en ancho de pulso. Con este aplicación se da validez a las Máquinas de Vectores de Soporte en un campo diferente al de nuestro trabajo investigativo, como lo es el área de los sistemas de distribución y la predicción de la demanda eléctrica.

VILLAZANA S. (2005). Llevo a cabo un trabajo de maestría en la Universidad de Carabobo denominado ESTIMACION DE LA RESISTENCIA ROTORICA DEL MOTOR DE INDUCCION USANDO MAQUINAS DE VECTORES DE SOPORTE. En este estudio se diseño un estimador de resistencia rotórica usando maquinas de vectores soporte (SVM), en el mismo se simuló el método de control de campo orientado indirecto, con variaciones de la resistencia del rotor del motor de inducción jaula de ardilla obteniéndose registros de la tensión y corrientes estatóricas para la determinación de errores en el flujo del rotor, con esta información se procedió al entrenamiento de la SVM en su aplicación de regresión para lograr la determinación de la resistencia del rotor. Esta aplicación de la SVM da una orientación de la gran utilidad de esta herramienta para dar soluciones en donde sea necesaria la predicción en el tiempo de variables.

II.2 BASES TEÓRICAS.

II.2.1 CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.

Un sistema eléctrico de potencia es, según Lukostchuk, A (2006) en su libro “Fallas en Sistemas de Potencia” [5], una red formada por un conjunto de componentes, cuya función es generar, transmitir y distribuir la energía eléctrica a los usuarios, bajo ciertas exigencias de continuidad de servicio, regulación de tensión y control de frecuencia esa función es realizada por las compañías de Electricidad que en Venezuela se pueden ser:

- Públicas: EDELCA, CADAPE, ENELBAR, ENELVEN, etc.

- Privadas: Electricidad de Caracas, CALIFE, ELEVAL, ELEBOL, etc.

En la figura 1 se representa esquemáticamente los principales elementos del sistema de potencia el cual básicamente se encuentra dividido en cinco subsistemas de acuerdo al nivel de tensión de los cuales se tiene generación, transmisión, subtransmisión, distribución y cargas.

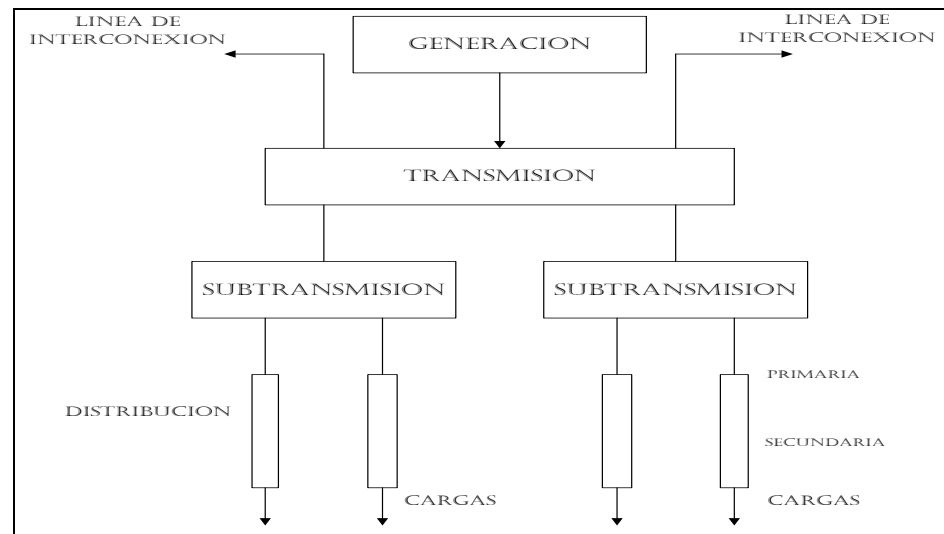


Figura 1: Estructura general de un sistema de potencia. Fuente: Lukostchuk A. (2006) “Fallas en Sistemas de Potencia”

Es importante destacar que para la adecuada operación de un sistema de potencia se debe tener en cuenta que el mismo debe disponer de una capacidad instalada que permita absorber los aumentos de la demanda, esto se consigue con una adecuada planificación; otro de los requisitos es garantizar calidad de servicio, esto es que el sistema sea capaz de mantener con un mínimo de interrupciones un nivel y rango adecuado de tensión y frecuencia, las bandas de tolerancia mundialmente son: 5 por ciento para la tensión y 2 por ciento para la frecuencia lo cual se obtiene con un adecuado equipo de control y un correcto dimensionamiento de las componentes y, finalmente, el sistema debe contar con los

recursos humanos y materiales que permitan repartir en forma económica la carga entre las diferentes centrales generadoras haciendo buen uso del sistema de transmisión y tomando en cuenta el rendimiento de los diferentes equipos que componen el sistema.

Según Naranjo A. (2004) [6], la energía producida en las estaciones de generación es transmitida por las líneas de alta tensión a las áreas de consumo, donde es necesario distribuirla efectuando varias etapas de transformación. Estas etapas de transformación y sus líneas asociadas constituyen lo que se denomina el sistema de distribución. Los grandes bloques que conforman al sistema de distribución son: el sistema de subtransmisión, el sistema primario y el sistema secundario. En la figura 2 se pueden observar conceptualmente en orden jerárquico los componentes de un sistema de distribución.

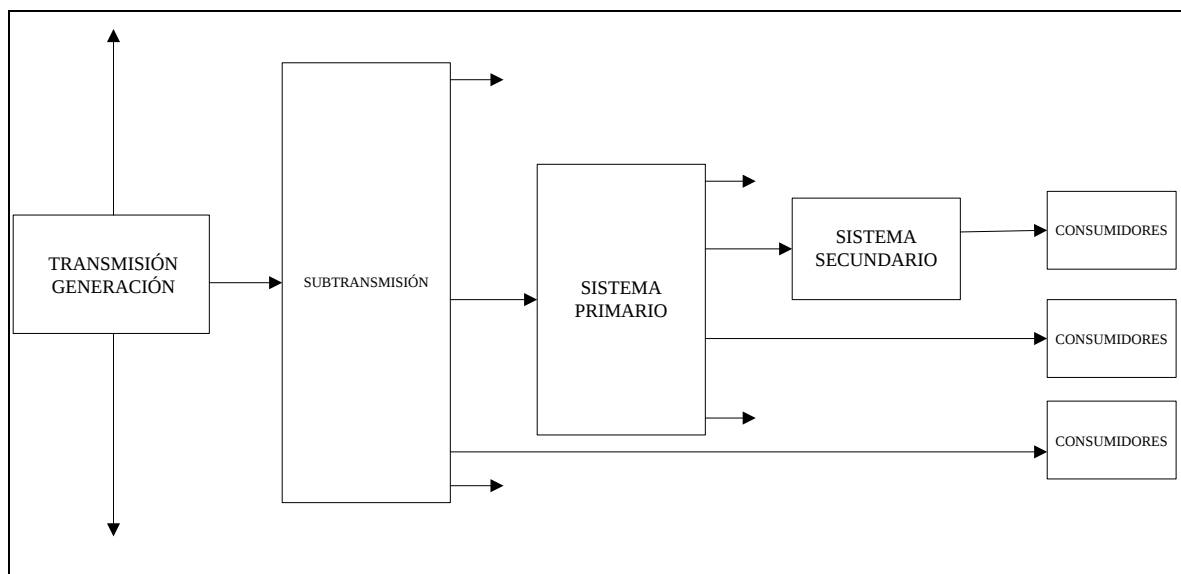


Figura 2: Componentes del Sistema de Distribución. Fuente: Naranjo A. (2004). “Proyecto del Sistema de Distribución Eléctrico”

Dentro del sistema de distribución se distinguen dos niveles bien diferenciados, como lo son, sistemas de distribución primaria y sistema de distribución secundaria. El

sistema de distribución primaria consiste en una ruta principal que se origina en las barras de la subestación y de los cuales se derivan los ramales y a su vez sub-ramales. Los bloques de potencia oscilan entre 0.5 – 5MVA y los niveles de tensión suelen ser 24KV (Electricidad de Caracas), 13.8KV, 34.5KV (CADAFE), 6.9KV (Electricidad de Caracas y Empresas Petroleras) y 4.16KV (Empresas Petroleras). Mientras que el sistema de distribución secundario está comprendido entre los circuitos primarios y las cargas y está constituido por los transformadores de distribución, circuitos secundarios, las acometidas y los circuitos de medición, estos alimentan directamente a consumidores residenciales, comercios y pequeñas industrias.

Por otra parte, el sistema de distribución está conformado por un gran número de elementos que manejan bloques de carga pequeños, en comparación a la cantidad de potencia que se opera en las otras etapas del sistema de potencia, implica una inversión importante, ya que a causa de la ramificación del sistema, el kilometraje de líneas de distribución y número de subestaciones y transformadores de distribución es comparativamente mayor que en generación y transmisión. Así, aproximadamente el costo del sistema de distribución suele llegar al 40 o 50 por ciento del costo del sistema de potencia.

II.2.2 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.

II.2.2.1 Sistema de Subtransmisión.

Las líneas de subtransmisión están generalmente alimentadas desde una subestación de transmisión y distribuyen energía a varias subestaciones de distribución. Algunos voltajes típicos son: 34,5 KV, 69 KV, 115 KV y 138 KV, manejando bloques de potencia entre 50 - 100MVA. Hay que advertir que es frecuente que haya más bien un desplazamiento hacia abajo en el uso de las tensiones existentes. Por ejemplo, una tensión que antes haya sido de subtransmisión puede pasar a ser de distribución primaria.

Los esquemas más frecuentes en el nivel de subtransmisión son como se aprecia en la figura 3: radiales, anillo o mallado.

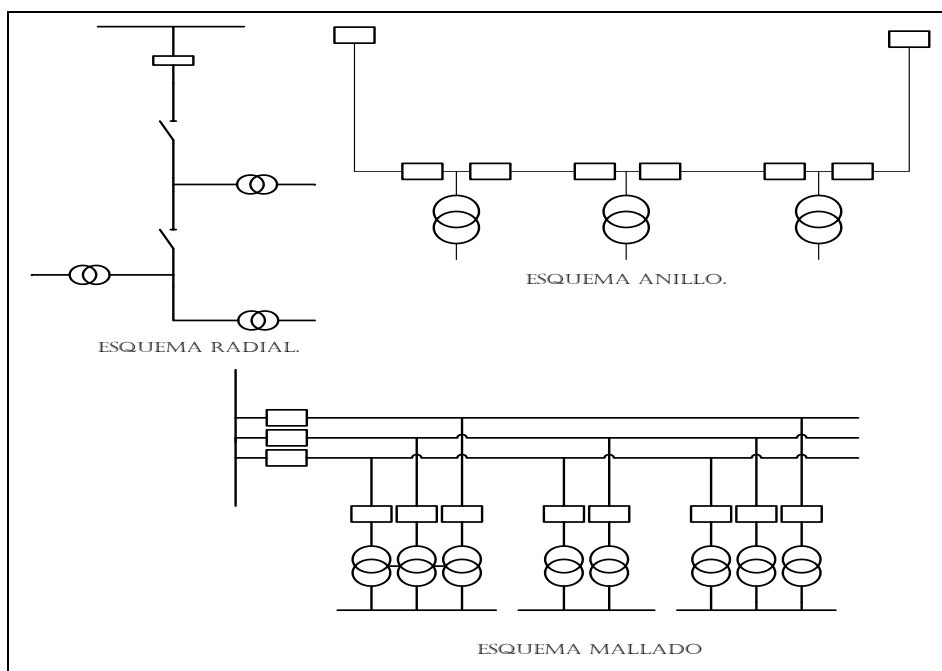


Figura 3: Esquema de Subtransmisión. Fuente: Naranjo A (2004). “Proyecto del Sistema de Distribución Eléctrico”

II.2.2.1.1 Subestación de Distribución (S/E).

En vista de la posibilidad de construcción de una subestación como estrategia de optimización de la confiabilidad y calidad de servicio eléctrico a mediano plazo en la zona de San Joaquín y Mariara, surge la necesidad de conocer los diferentes esquemas de subestaciones de distribución existentes. En virtud de lo anteriormente expuesto, Naranjo A (2004) [6] define a la Subestación de Distribución como la transformación del nivel de subtransmisión al nivel primario de distribución. La S/E comprende, además de los transformadores, los elementos de protección de la entrada, los sistemas de control, los

servicios auxiliares, alimentadores, etc.

El autor antes mencionado acota, que según su construcción, las S/E son de tipo descubierto o blindado. Las primeras son usadas, por lo común, en sitios de poca densidad de carga, donde las líneas de entrada y salida son aéreas. En este caso las barras de alta tensión y baja tensión están al descubierto y soportadas en aisladores sujetos a estructuras metálicas. Éstas S/E son más económicas.

En este mismo orden de ideas, se tiene las S/E blindadas, las cuales tienen las partes con tensión bajo cubiertas metálicas. Los circuitos de entrada y salida están constituidos por cables que tienen acceso a la parte inferior de la estructura a través de tuberías o canales. Son de alta capacidad y tienen mayor número de circuitos primarios en comparación con las descubiertas. Estas son, además, las más indicadas para realizar esquemas de alta continuidad de servicio por su diseño compacto e invulnerabilidad a daños accidentales.

Según Puche L. (s/f) [7], define los esquemas de subestaciones usados en los niveles de distribución de la siguiente manera:

- Esquema de barra principal con barra de transferencia: está constituido por una barra principal y una de transferencia, que permita la transferencia de tramos, como se observa en la figura 4. Es decir, se trata de la inclusión de una barra auxiliar que permite la conexión de todos los circuitos a un disyuntor adicional, conocido como disyuntor de transferencia, el cual puede sustituir temporalmente y uno a la vez, a cualquier disyuntor de los tramos cuando deba recibir mantenimiento o salir de servicio por alguna razón particular. La conexión de cada tramo a la barra auxiliar se realiza mediante un seccionador conocido como seccionador de transferencia. La barra de transferencia normalmente está desenergizada y sólo quedaría energizada cuando cierre el disyuntor de acoplamiento.

Se hace notar, que la barra de transferencia no transportará la misma energía que la barra principal, puesto que sólo puede transferirse un tramo por vez, lo cual hace aceptable que la barra de transferencia sea diseñada y construida para una capacidad inferior a la de la barra principal, lo que implica un ahorro desde el punto de vista económico. Así mismo, como característica limitante, debido al mismo hecho de que el disyuntor de transferencia sólo puede sustituir a un disyuntor a la vez, entonces, no puede atenderse una doble contingencia en el caso de disyuntores que requieran ser atendidos simultáneamente, sin embargo, es lógico pensar que las probabilidades de que esto ocurra se reducen cuando se lleva a cabo un adecuado programa de mantenimiento.

Dentro de este marco de ideas se tiene que debido a sus ventajas económicas y operativas, CADAFE tiene este esquema normalizado para los niveles de 13.8, 34.5, 115 y 230 KV. Algunas subestaciones de esta empresa que tienen este esquema de operación son: S/E San Diego 230/115 KV en Carabobo; S/E Macaro 230/115 KV en Aragua; S/E La Fría 115/34.5 KV en Táchira; además de la S/E Santa Clara 115/34.5/13.8 objeto de nuestro estudio.

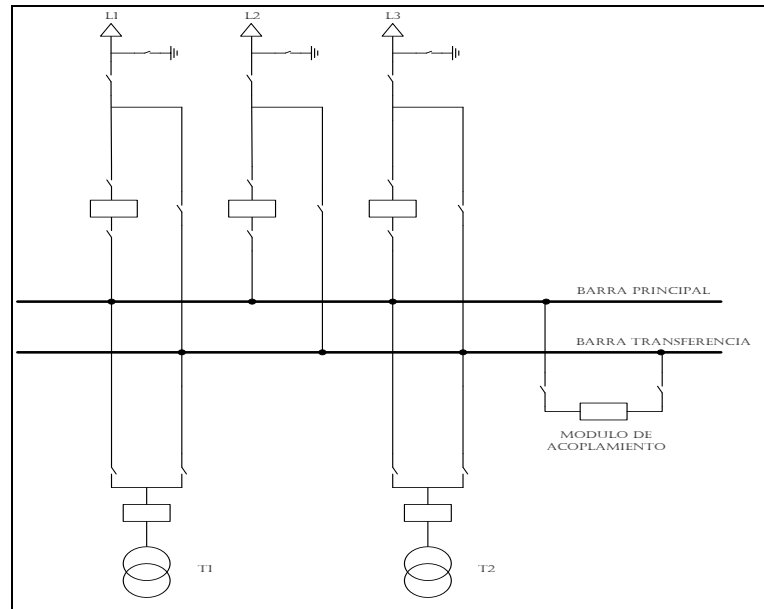


Figura 4: Esquema Barra Principal con Barra de Transferencia. Puche L (s/f). “Subestaciones Eléctricas”

- Esquema en anillo: Este arreglo difiere conceptualmente a los demás arreglos, principalmente, en el hecho de que no existe una barra principal propiamente dicha. Su configuración básica se muestra en la figura 5, y como puede observarse, existe igual número de disyuntores que de circuitos, equiparándose así al esquema de barra simple en lo relativo a aspectos económicos. No obstante, si un disyuntor requiere ser reparado o ser sometido a mantenimiento, no será necesario dejar fuera de servicio ningún tramo, convirtiéndose esto en una ventaja operativa.

Es de hacer notar que su principal limitación es que una vez concebida la disposición física del arreglo, el anillo no es susceptible de ser extendido, razón por la cual, este esquema tiende a ser empleado en subestaciones de distribución hasta niveles de 115 KV.

En Venezuela hay algunos ejemplos de subestaciones con este esquema en el sistema de ENELBAR en el estado Lara, entre las que podemos mencionar la subestación Centro y la subestación El Manzano.

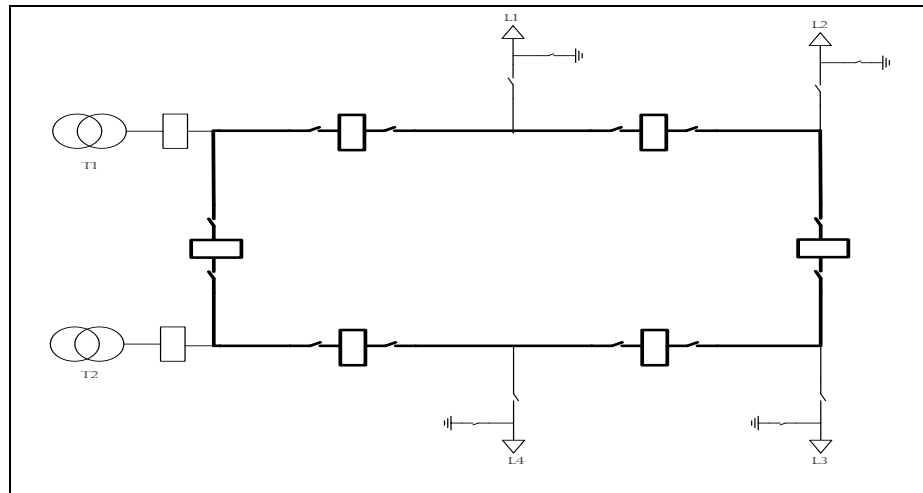


Figura 5: Esquema Anillo. Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008).

- Esquema de doble barra: A medida que se incrementa el nivel de voltaje del sistema se transportan mayores bloques de energía. Esto origina que los problemas que puedan ocurrir en una subestación pueden afectar de manera crítica al sistema del cual forman parte. Esta situación es atendida por el esquema de doble barra, el cual básicamente consiste de dos barras principales con idéntica jerarquía, a las cuales tienen acceso todos los circuitos de la subestación mediante sus respectivos seccionadores de barra (ver figura 6).

En su condición normal de trabajo, sólo uno de los seccionadores debe estar cerrado. Ambas barras pueden ser conectadas entre sí mediante un disyuntor de acople quien con su condición (abierto o cerrado) determina si las barras están trabajando en paralelo o en forma independiente.

Por otra parte, con este tipo de arreglo se permite hacer mantenimiento en frío (circuito no energizado) a cualquiera de los conductores y aisladores de las barras principales puesto que todos los circuitos pueden conectarse a una de las dos barras liberando así a la otra. Este tipo de mantenimiento no puede realizarse de manera segura y económica en los esquemas analizados con anterioridad sin provocar una interrupción del servicio en toda la subestación.

En Venezuela hay varias subestaciones importantes con este arreglo. Entre ellas podemos mencionar a la S/E Santa Teresa 400/230/115 KV en Miranda; S/E Valencia 230/115 KV en Carabobo y S/E El Tigre 230/115 KV en Anzoátegui.

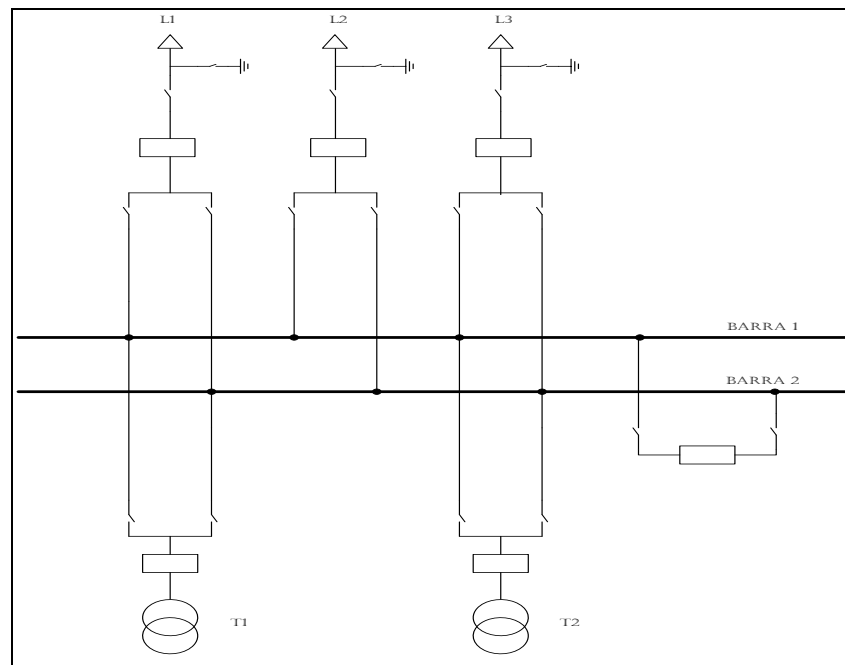


Figura 6: Esquema Doble Barra. Fuente: Puche L (s/f). “Subestaciones Eléctricas”

II.2.2.2 Sistema Primario.

La disposición que puede tomar el circuito primario puede tener muchas soluciones; pero generalmente la práctica impone una o dos alternativas, de acuerdo con la intensidad de carga o la calidad de servicio que se deba tener.

- **Primario radial:** lo que define al circuito radial es que está alimentado normalmente desde un solo punto de alimentación, que es la salida de la protección primaria (interruptor o “recloser”) en la barra de la S/E. Como se muestra en la figura 7, consiste en crear un eje de distribución que se denomina troncal. Los transformadores de distribución están conectados a este eje por sectores de menor sección de conductor, llamados ramales o laterales.

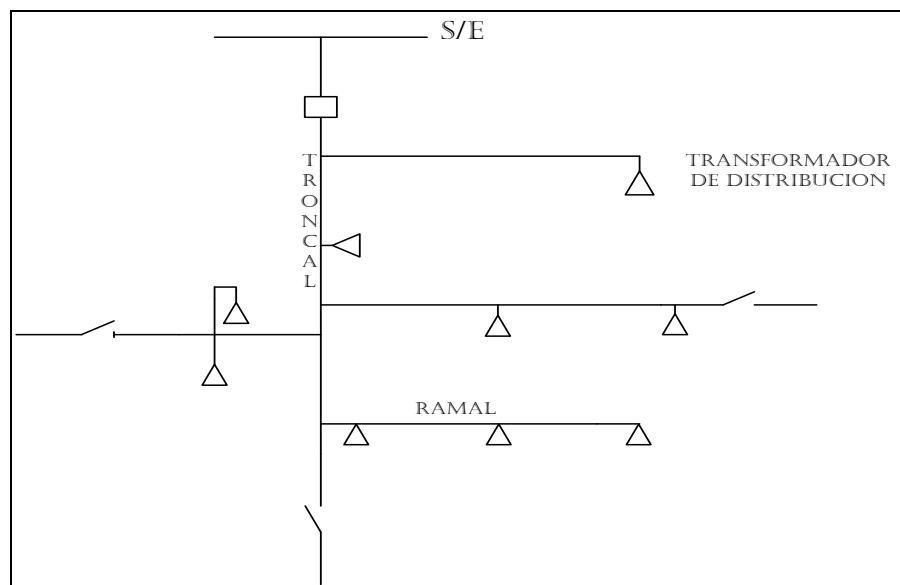


Figura 7: Circuito primario de distribución. Naranjo A (2004). “Proyecto del Sistema de Distribución Eléctrico”

El sistema radial opera normalmente desde una fuente de suministro, pero es muy deseable proveer interconexión a otros circuitos para poder alimentar la zona en

caso de falla en una parte del circuito o cuando se interrumpe el servicio de energía para efectuar reparaciones o ampliaciones al sistema.

- **Primario en anillo:** está constituido por dos circuitos primarios troncales, enlazados por un interruptor o seccionalizador normalmente abierto. En este sistema, se prevé generalmente que toda la carga pueda ser alimentada desde un extremo, como puede ser cuando se presenta una avería, como se muestra en la figura 8.

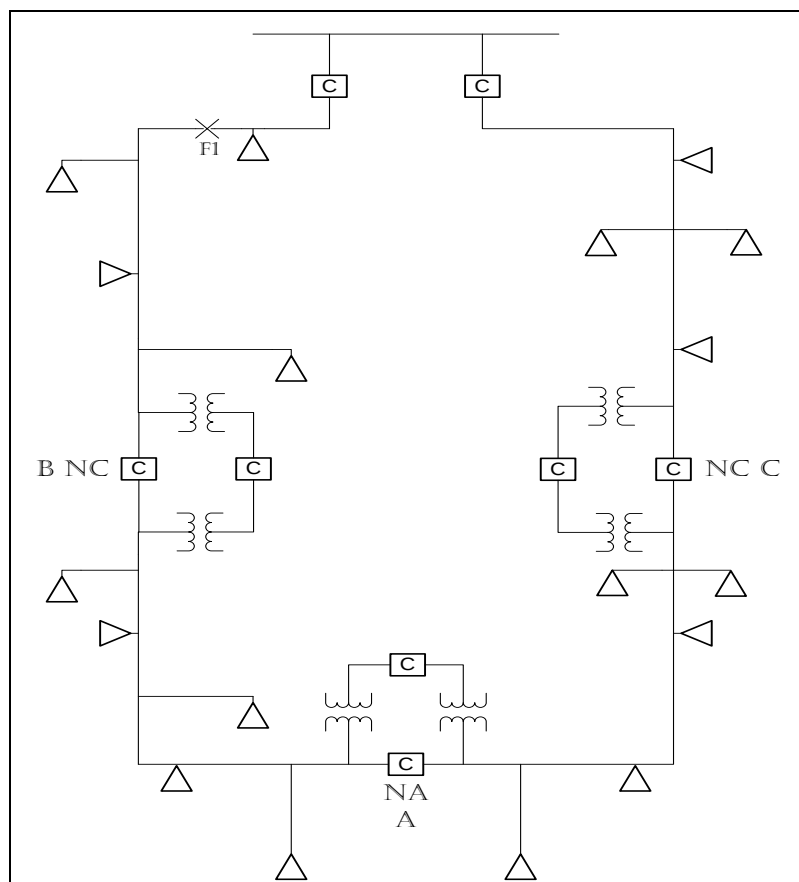


Figura 8: Circuito primario en anillo. Fuente: Naranjo A (2004). “Proyecto del Sistema de Distribución Eléctrico”

- **Primario mallado:** en este tipo de distribución los circuitos primarios se interconectan entre ellos formando una red en paralelo. De esta manera y por medio del uso de protección adecuada es posible evitar las interrupciones que provienen de las líneas de subtransmisión y los transformadores de subestación, pero el circuito mismo donde ocurre la falla deja sin servicio a una carga apreciable por el tiempo que tome la localización y el restablecimiento mediante la operación de los equipos de seccionamiento manual. Este tipo de esquema es poco utilizado en la práctica por sus complicaciones operativas, complejidad de la protección y poca flexibilidad ante el crecimiento de la carga.

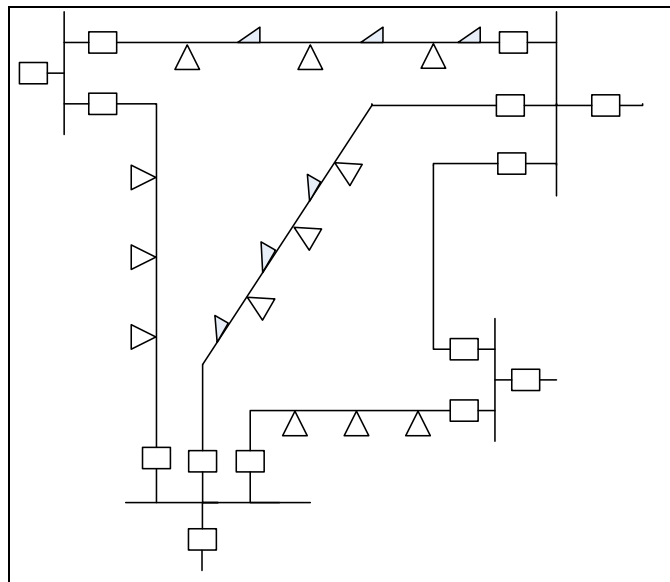


Figura 9: Circuito primario mallado. Fuente: Naranjo A (2004). “Proyecto del Sistema de Distribución Eléctrico”

II.2.3 CRITERIOS PARA LA PLANIFICACION DE SISTEMAS URBANOS DE DISTRIBUCION.

El aumento de la demanda eléctrica como consecuencia del crecimiento económico que ocurre en determinadas zonas, hacen la necesidad de contar con criterios que permitan

prever, con suficiente antelación, la ubicación y capacidad de las futuras fuentes de energía y las posibles configuraciones de las redes en el futuro. Es por esta razón, que se estudian las diferentes alternativas aplicables a corto y mediano plazo que permitan garantizar la continuidad de servicio, para ello se tiene el Manual de Modelos Normativos para Sistema de Distribución. Caracas. INELECTRA S.A [1]. Según lo expuesto en el mismo, las redes de distribución primaria, debido a sus características dinámicas y su relación con la carga, se planifican a corto plazo y la ubicación de nuevas fuentes de energía se programan a mediano plazo, debido a que estas requieren de mayor tiempo de construcción y son menos sensibles al comportamiento propio de la demanda.

II.2.3.1 Estudio de la demanda a corto plazo.

El estudio de la demanda a corto plazo contempla inicialmente el análisis del estado del sistema de distribución actual a fin programar inversiones que permitan mejorar el estado del mismo de forma inmediata. Estas podrían ser, programar el mantenimiento de las redes eléctricas existentes, construcción de redes de alimentación primaria, transferencia de carga a subestaciones vecinas etc. Todo esto con el objeto de satisfacer la demanda actual y mantener las condiciones de operación bajo los criterios de calidad y confiabilidad de servicio.

II.2.3.2 Estudio de la demanda a mediano plazo.

La metodología de planificación para la estimación de la demanda a mediano plazo consiste en el análisis de las configuraciones del sistema a través de las cuales se pueda suplir la demanda eléctrica que se prevea exista a mediano plazo (4-8 años). Además, se debe considerar la posibilidad bien sea de la ubicar y diseñar una nueva subestación o ampliación de las ya existentes.

II.2.3.2.1 Ubicación y dimensionamiento de subestaciones.

La ubicación correcta de una subestación debe ser en el centro de carga del área de influencia de la misma, sin embargo hay factores que alteran la ubicación de ésta entre los que se pueden citar: acceso a las líneas de transmisión, costo del terreno, costo de las pérdidas en los alimentadores primarios entre otras. Otro de los aspectos a considerar es el impacto que tengan las subestaciones propuestas a las ya existentes, ya que el objetivo fundamental que se tiene en dicha construcción es mejorar sus condiciones de operación; además, se debe tener en cuenta el crecimiento de la demanda eléctrica dando como resultado el desplazamiento de los centros de carga por lo que la ubicación de la subestación debe garantizar que aun con el transcurso de los años, ésta siga funcionando dentro de los límites de calidad y confiabilidad de servicio.

Para el dimensionamiento de las subestaciones, se tiene en cuenta el Criterio de Capacidad Firme, que según lo establecido en las normas ANSI C-57.92 [1], enuncia que la capacidad transformadora de una subestación de distribución, o grupo de subestaciones, debe ser tal que con un transformador fuera de servicio aun sea posible alimentar la totalidad de la demanda. Esta se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$C_f = 1.3 \times (N_{tr} - 1) \times C_N \quad (2.1)$$

Donde:

1.3: Sobrecarga permisible en los transformadores.

C_f : Capacidad firme.

N_{tr} : Numero de transformadores. Si existe más de uno en la subestación se usa el de menos capacidad

C_N : Capacidad Nominal.

De lo expresado se deduce lo siguiente:

- Las subestaciones aisladas no poseen capacidad firme ya que solo disponen de un transformador.
- La carga que podría suplir una subestación en condiciones normales puede ser aumentada mejorando la capacidad firme del sistema previendo una alimentación de emergencia de las subestaciones vecinas.

II.2.3.2 Factibilidad de ampliación de la subestaciones.

Para la ampliación de una subestación debe verificarse dos aspectos fundamentales los cuales son:

- Espacio físico en la subestación.
- Capacidad de la línea de alimentación.

II.2.4 PROGRAMA DE ANALISIS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA (PADEE).

Es un conjunto de programas de análisis, cálculos de flujos de cargas y energías de las redes de distribución de energía eléctrica. Los programas se manejan en torno a los planos elaborados en Autocad y en ambiente Windows. La base CAD brinda un fácil y rápido manejo de la información geo-espacial proporcionando el sistema de información necesario en el área de distribución. Utiliza tecnologías GIS y tecnología de diseño asistido por computadora. El manejo de datos es gráfico, los programas toman automáticamente de los planos los datos y los resultados se presentan con colores y señales gráficas que destacan los puntos más relevantes del análisis. Los resultados son de tipo impreso.

El PADEE desarrollado nacionalmente por el ingeniero Jorge Matheus consta de los siguientes subprogramas:

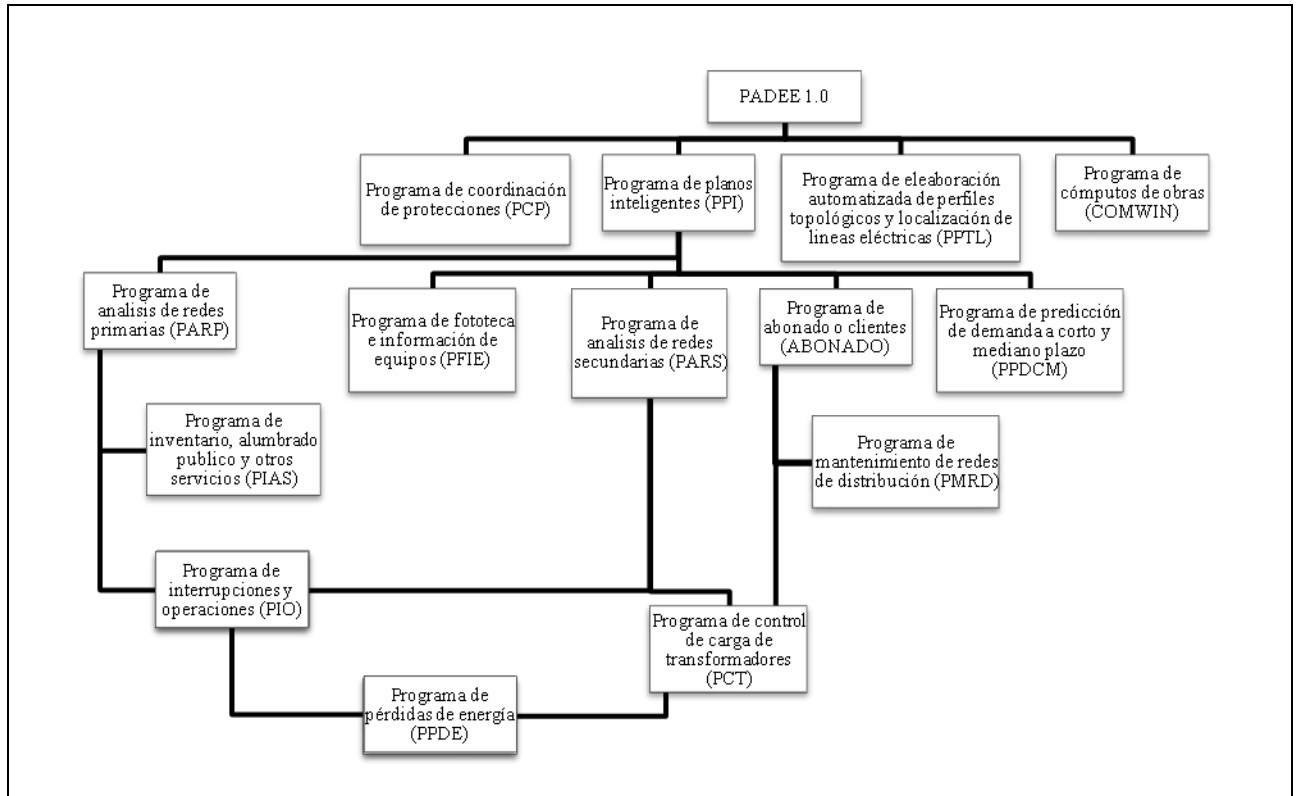


Figura 10: Esquematización del programa PADEE y sus subprogramas. Carpentiero, Castellanos (2008)

II.2.5 ANALISIS DE SERIES TEMPORALES UNIVARIANTES.

Para la introducción de los datos en la Máquina de Vector de Soporte, éstos requieren de un procesamiento previo para lograr la predicción de la variable en estudio, este procesamiento lleva a la necesidad del análisis de la series tiempo a fin de conocer el comportamiento de la variable.

Los métodos tradicionales estadísticos para predecir el comportamiento de una variable están basados en modelos lineales. Estos modelos como el análisis de regresión, o

más recientemente la utilización de modelos auto regresivo basados en autoregresión $AR(p)$, siendo “p” el orden del modelo, (ver Anexo D) predicen el valor futuro de la variable únicamente de aquellos valores pretéritos de la misma mas una componente aleatoria considerada ruido blanco (componente de error). El modelo “Promedio Móvil” $MA(q)$, siendo “q” el orden del modelo, considera que la variable a predecir depende de las componentes aleatorias y de sus valores anteriores; también existen modelos basados en la combinación de ambos.

Los modelos mencionados anteriormente al aplicarlos a las series de tiempo, en este caso a curvas de demanda de energía eléctrica, permiten obtener resultados admisibles desde el punto de vista del pronóstico, siempre y cuando estas series exhiban un comportamiento lineal, relativamente estacionarias sin cambios abruptos de pendiente.

II.2.6 MÁQUINA DE VECTORES DE SOPORTE (SVM).

Recientemente surgen los modelos procedentes de la inteligencia artificial para el análisis de las series de tiempo, constituidos entre otras por las herramientas computacionales denominadas Redes Neuronales Artificiales (RNA) y las Máquinas de Vectores de Soporte (SVM).

Aunque no se cuenta con antecedentes importantes en el área de predicción aplicando los vectores de soporte para regresión, las SVM permiten estimar la función subyacente (regresión) de los datos predecesores de la variable sin las complicaciones que se presentan en las RNA, esta cualidad es de importancia y permite utilizarla como punto de partida para el desarrollo de esta investigación usando esta herramienta en la predicción de los valores de series de tiempo no lineales

Las SVM son usadas en aplicaciones en el campo de la clasificación y regresión de

funciones. La tarea que tendrá que ejecutar la SVM para el presente trabajo es el de regresión, en cuyo caso el término SVM puede ser reemplazado por SVR (Support Vector Regression). En el caso de clasificación se quiere hallar un hiperplano óptimo que separe, por ejemplo, dos clases de objetos. Para ello, es necesario minimizar la norma del vector w (función del hiperplano). Mientras que en el caso de regresión, la meta es construir un hiperplano que esté lo más cercano posible a los puntos datos. En este caso, el objetivo principal es seleccionar un hiperplano con una norma pequeña y simultáneamente minimizar la suma de las distancias de los puntos datos al hiperplano. Al seleccionar dicho hiperplano óptimo, se obtienen los Vectores de Soporte, los cuales son un sub-conjunto de los datos totales, y ellos constituyen los puntos con los que se puede representar el hiperplano característico.

Por tratarse de datos con un comportamiento no lineal, la SVM para conseguir dicho plano de orden superior, es decir función característica, transforma los datos hacia un espacio de rasgos F (espacio de orden superior), en donde dichos datos puedan tener un comportamiento más lineal. La manera de realizar dicha transformación, es a través de las conocidas funciones Kernels. Existen diferentes tipos de funciones Kernel, como lo son: Radial, Anova, Dot, Polinómica, etc.

Por ende, Las máquinas de vectores de soporte se pueden definir como un sistema diseñado para lograr el entrenamiento eficiente de una máquina de aprendizaje lineal en un espacio de rasgos inducido, respetando los fundamentos de la teoría de la generalización, y explotando de la teoría de la optimización la técnica de programación cuadrática convexa. Las bases de esta interesante teoría están detalladas en el Anexo E.

II.3 Definición de Términos:

- Demanda: es la carga en KVA o KW durante un periodo de tiempo determinado. Es importante conocer el valor de la demanda máxima en los ciclos de carga, pues es este el valor que rige la elección de la capacidad de los equipos.
- Factor de carga: en un ciclo cualquiera, es la relación entre la demanda máxima y la capacidad nominal del equipo individual o sistema. La expresión del factor de carga es: $FC = \frac{\int P \cdot dt}{T \cdot P_m}$; donde T es el periodo, P es la potencia instantánea y Pm la máxima.
- Factor de demanda: se define así la relación de la demanda máxima a la carga conectada en un sistema, teniendo en cuenta que se define por carga conectada, las capacidades nominales de los aparatos receptores de corriente.
- Factor de diversidad y demanda diversificada: es la relación entre la suma de las demandas individuales y la demanda combinada. Este factor es siempre mayor que la unidad debido a la falta de coincidencia en las demandas, y su conocimiento es de vital importancia en el proyecto de distribución eléctrica, pues influye directamente en la capacidad de los elementos del sistema. Se define así: $F_{div} = \frac{D_1 + D_2 + \dots + D_m}{D_{max}}$
- Factor de utilización: es la relación entre la demanda máxima y la capacidad nominal del equipo individual o sistema.
- Calidad: es la capacidad de operación dentro de un intervalo preestablecido de tensión y frecuencia.
- Continuidad: se define como la rata de disponibilidad del sistema de

distribución, la cual depende de la probabilidad de fallas de los elementos y de la capacidad de reposición del sistema.

- Confiabilidad: es la garantía de la continuidad del servicio eléctrico, siendo una responsabilidad compartida entre el sistema de distribución y el resto del sistema de potencia. Se mide generalmente en términos de la frecuencia probable en la que ocurrieron las interrupciones y la duración promedio de reestablecimiento que ellas exijan.
- Flexibilidad: se define como la facilidad de adaptación a los cambios que puedan surgir. Esto se refiere a la previsión de cambios en el uso de la energía o de la distribución geográfica de la carga, y no como comúnmente se malinterpreta, al relacionar éste término con cambios en la magnitud de la demanda eléctrica, lo cual es previsión de reserva.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

En esta sección del trabajo de investigación se indica a qué tipo pertenece la investigación, describe el conjunto de pasos ordenados para llevarla a cabo y que permitieron la obtención de la información a fin de obtener solución al problema planteado.

III.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Basado en lo expuesto por Hernández Sampieri (1997)[8], la siguiente investigación es de tipo descriptiva, este tipo de investigación busca “medir y evaluar diversos aspectos, dimensiones o componentes importantes del fenómeno a investigar; consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento” en este trabajo, a través de los datos de demanda eléctrica para años anteriores se determinara el pronóstico a corto plazo y mediano plazo con errores de estimación minimizados, haciendo uso de la máquina de vector de soporte (SVM).

De acuerdo con la definición de Fideas Arias (1999) [9], “La investigación documental es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos”, por lo tanto este trabajo aplica como investigación documental ya que uno de los procesos en la realización de esta investigación es la elaboración de un marco teórico conceptual acerca del funcionamiento y aplicaciones de Máquinas de Vector de Soporte, y fundamentos de lo concerniente al sistema de distribución de energía eléctrica con el apoyo principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos.

III.2 FASE METODOLÓGICA.

FASE 1: Diagnosticar el sistema eléctrico actual de los municipios Diego Ibarra y San Joaquín del estado Carabobo.

1.1 Identificar las características generales de la subestación Santa Clara.

1.2 Actualización del sistema eléctrico presente, esta actividad comprende:

1.2.1 Actualizar vialidad: realizar las modificaciones correspondientes al último plano de vialidad existente.

1.2.2 Levantamiento de las redes de campo: consiste en recorrer los circuitos existentes y hacer las modificaciones pertinentes sobre el último levantamiento hecho.

1.2.3 Dibujo de planos: dibujar en limpio las modificaciones en los puntos 1.2.1 y 1.2.2, para así obtener el sistema presente actualizado.

FASE 2: Aplicar el Programa de Análisis de Redes de Distribución de Energía Eléctrica (PADEE) evaluando el sistema eléctrico presente de la zona. Caso estudio: municipios San Joaquín y Diego Ibarra del estado Carabobo.

2.1 Obtención de las características generales de los alimentadores provenientes de la subestación haciendo uso del programa de análisis de redes de distribución de energía eléctrica PADEE a través de su modulo de planos inteligentes (PPI) y haciendo uso de los planos actualizados (fase 1). De este proceso se obtendrá:

2.1.1 Los MVA conectados por circuitos, así también se verificaran las cargas conectadas, calibres y características de los alimentadores.

2.1.2 La caída de tensión y pérdidas en las secciones, cortocircuito en los alimentadores, ubicación óptima de capacitores o compensación reactiva y calculo de carga total del alimentador en base a la carga conectada por medio del modulo de programa de análisis de red primaria (PARP) del PADEE.

2.2 Análisis del sistema presente en base a los resultados generados en el punto 2.1.2.

2.3 Elaboración de planes de acción inmediata a partir de los resultados obtenidos en 2.1 y haciendo uso del manual de Diseño de sistemas de Distribución a corto plazo (1985) a fin de mejorar la confiabilidad del sistema presente.

FASE 3: Aplicar la herramienta computacional de la Máquina de Vector de Soporte (SVM) y la teoría de los mínimos cuadrados para la predicción de la demanda eléctrica a corto y mediano plazo.

3.1 Recopilación de datos: demanda máxima de cada alimentador (mínimo de cinco (5) años).

3.1.1 Obtención de la historia de la demanda en amperios de cada alimentador.

3.1.2 Demarcación de alimentadores: haciendo uso de los planos actualizados se procede a la diferenciación de los alimentadores de la zona de estudio en el plano de trabajo.

3.2 Estimación de la Demanda eléctrica haciendo uso de SVM.

3.2.1 Determinar a través del programa Statgraphics por medio del modulo de “Métodos de series de tiempo descriptivos” el pronostico de la demanda eléctrica por circuito.

3.2.2 Determinar por SVM el pronóstico de la demanda eléctrica por circuito.

3.3 Estimación de la Demanda Eléctrica haciendo uso del módulo DEMANDA de predicción a través de tendencia de mínimos cuadrados, usado por CADAPE.

3.4 Determinar la repartición de la carga eléctrica por cuadrículas, a través del programa MAD (Módulo de Apoyo de Distribución).

3.4.1 Subdividir el área en estudio en cuadrículas de 25 hectáreas cada una.

3.4.2 Definir las microáreas de influencia en la región, es decir las aéreas que circundan los circuitos que la alimentan.

3.4.3 Demarcar en el plano de la región, las áreas según el uso de la tierra, de acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano solicitado en las Alcaldías y en MINDUR (Ministerio de Desarrollo Urbano).

3.4.4 Una vez concluidos los puntos 3.4.1, 3.4.2 y 3.4.3 se procede, por cuadrículas y microáreas, la diferenciación del porcentaje en hectáreas perteneciente a cada tipo de uso de tierra correspondiente.

3.4.5 Los datos obtenidos en el punto 3.4.4 son cargados en el programa MAD, y de la misma forma, los índices de crecimiento (MWH/SUS o HEC) de los distintos tipos de zonificación tomados de los planos de MINDUR de la zona (R1, R2, R3, I, etc)

3.4.6 Con los valores de demanda eléctrica por cuadrícula para corto y mediano plazo, se procede al cálculo del centro de carga.

FASE 4: Comparar las ventajas y desventajas del uso de la máquina de vector de soporte y de la teoría de los mínimos cuadrados como procedimiento de predicción de la demanda eléctrica.

4.1 En base a los resultados obtenidos en las secciones 3.2 y 3.3 y haciendo uso de la matriz de ponderación, como técnica de evaluación de alternativas, se procede a la comparación de los procedimientos.

III.3 UNIDAD DE ANÁLISIS, POBLACIÓN Y MUESTRA.

En esta sección se pretende dar una orientación de sobre “que” se hará el estudio luego se procede a delimitar la población que va a ser estudiada y sobre la cual se pretende generalizar los resultados, y la muestra suele ser definida como un subgrupo de la población.(Sampieri y otros 2002).

Unidad de análisis: Como el análisis en esta investigación se basa en la predicción de la demanda eléctrica por circuito para los municipios de Mariara y San Joaquín del Estado Carabobo se establece como unidad de análisis a los circuitos de distribución de energía eléctrica, que son el objeto de este estudio a partir de los cuales se pretende generar los resultados.

Población: la población queda delimitada por los circuitos de distribución pertenecientes a las subestaciones de Cadafe.

Muestra: la muestra son los circuitos provenientes de la subestación Santa Clara que surten de energía eléctrica a los municipios de Diego Ibarra y San Joaquín del Estado Carabobo los cuales son: Heinz, El Lago, San Joaquín, San Bernardo, Montana Gráfica, Aguas Calientes, El Deleite, Mariara, Covenal y Libertad. Además, los circuitos Coats y Camachera de la subestación Guacara I y el circuito Villas del Centro de la subestación Pruinca, que alimentan ciertas poblaciones del municipio San Joaquín

III.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

III.4.1 Técnicas de Recolección de datos:

En función de los objetivos definidos en el presente estudio, se emplearán una serie de técnicas de recolección de la información orientadas de manera esencial a alcanzar los fines

propuestos. Las técnicas utilizadas para recopilar la información serán las siguientes:

- Planos del Sistema de Distribución de energía eléctrica de los municipios Diego Ibarra y San Joaquín suministrados por CADAFE región 6.
- Planillas generadas por el programa de Análisis de redes de distribución de energía eléctrica PADEE con resultados de MVA conectados por circuitos, Caída de tensión, pérdidas, cortocircuitos, ubicación de capacitores, y carga total por circuito.
- Datos de la demanda eléctrica por circuito en Amperios a partir del año 2000 a través del Modulo de mantenimiento del banco de datos del sistema de control de Demandas de CADAFE.
- Planillas de Usos Netos de la Tierra por Zonificación, obtenidas de información en las alcaldías Diego Ibarra y San Joaquín y MINFRA.
- Plan de Desarrollo Urbano (PDUL) de los municipios Diego Ibarra y San Joaquín.

III.4.2 Técnicas de Análisis de Información

- Programa de análisis de redes de distribución de energía eléctrica PADEE.
- Modulo Time Series Analyze del programa Statgraphics.
- Programa en ambiente Pascal para ordenamiento de matrices y calculo de derivadas discretas.
- Paquete de programas que conforman el sistema de predicción de demanda, específicamente se usó el módulo MAD (Módulo de Apoyo de Distribución).
- Software de la máquina de vector soporte (winSVM) para regresión.

CAPITULO IV

DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL.

IV.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS SUBESTACIONES QUE SURTEN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LOS MUNICIPIOS DIEGO IBARRA Y SAN JOAQUÍN. CÁLCULO DE CAPACIDAD FIRME.

IV.1.1 Subestación Santa Clara.

IV.1.1.1 Características generales: ubicada en la carretera nacional, tramo Mariara - San Joaquín, entre el cerro Guamacho y el distribuidor Santa Clara, provee energía eléctrica a los municipios San Joaquín y Diego Ibarra, casi en su totalidad a través de los circuitos Heinz, El Lago, San Joaquín, San Bernardo, Montana Gráfica, Aguas Calientes, El Deleite, Mariara, Covenal y Libertad en el nivel de tensión de 13.8 KV. En el nivel de 34.5KV, se tiene al circuito Ocumare, el cual no será objeto de estudio, ya que alimenta a la población de Ocumare de la Costa. (Ver anexo A).

Tabla 1. Capacidad instalada S/E Santa Clara.

Transf	MVAnom	KVnom	# Circuitos
1	30/36	115/13.8	6
2	30	115/13.8	4
3	20	115/34.5	4

Fuente: Carpentiero, Castellanos. (2008)

IV.1.1.2 Cálculo de Capacidad Firme:

$$\text{En 13.8 KV} \rightarrow C_f = 1.3 \times (N_{transf} - 1) \times C_n = 1.3 * (2 - 1) \times 30 \text{MVA} = 39 \text{MVA}$$

Por diseño, de acuerdo al cálculo anterior, esta subestación cumple con el criterio de capacidad firme, sin embargo, los transformadores 1 y 2 de dicha S/E tienen un factor de utilización de 98% y 90% respectivamente, y en estas condiciones hace inaplicable este criterio. (Ver anexo B)

En 34.5 KV → No posee capacidad firme, por tratarse de una subestación en esquema radial y solo con un transformador.

IV.1.2 Subestación Guacara I.

IV.1.2.1 Características generales: Ubicada en Guacara Estado Carabobo, ésta provee de energía a la población de Guacara y las industrias ubicadas en esta zona, de las cuales se derivan los nombres de la mayoría de los circuitos, ésta cuenta con un transformador en 34.5KV, del cual se derivan los circuitos Pruinca, Alcasa, SH Fundiciones II, y dos en 13.8KV con los circuitos El Morro, Coats, Camachera, Papeles Venezolanos, Guacara, Venoco, Bujías Champion y US Royal (Ver Anexo A). El circuito Camachera alimenta a la Hacienda El Banco, las Urbanizaciones Camachera y Gardenias, y al sector entre el Barrio Palo Negro y Cantaclaro del municipio San Joaquín. De igual forma, el circuito Coats surte de energía a la urbanización La Pradera ubicadas en el mismo municipio.

Tabla 2. Capacidad instalada S/E Guacara I

Transf	MVA _{nom}	KV _{nom}	# Circuitos
1	30	115/13.8	6
2	30	115/13.8	6
3	30	115/34.5	4

Fuente: Carpentiero, Castellanos. (2008)

IV.1.2.2 Cálculo de Capacidad Firme.

En 13.8 KV $\rightarrow C_f = 1.3 \times (N_{transf} - 1) \times C_n = 1.3 \times (2 - 1) \times 30 MVA = 39 MVA$. En este caso los transformadores 1 y 2 de dicha S/E, tienen un factor de utilización de 73% y 76% respectivamente. Por lo que en este caso, este criterio es aplicable.

En 34.5 KV $\rightarrow$ Para este nivel de tensión hay una sola unidad de transformación, por lo que no tiene capacidad firme, no obstante, en este caso se cuenta con la factibilidad de cumplir con el criterio de Sistema Firme (86.7% de las capacidades de transformación de las subestaciones vecinas).

IV.1.3 Subestación Pruinca.

IV.1.3.1 Características Generales: Ubicada en la zona industrial Pruinca entre el peaje Guacara y la estación de servicio Chacao, la misma es alimentada en 34.5KV a través del circuito del mismo nombre proveniente de la subestación Guacara I, ésta dispone de tres circuitos, de los cuales están operativos Gases Industriales y Villas del Centro, éste último puesto en funcionamiento el 15 de marzo del presente año, el cual está destinado a servir de energía eléctrica a las Urbanizaciones Villas del Centro y Ciudadela Negro Primero ubicadas en el municipio San Joaquín.

Tabla 3. Capacidad instalada S/E Pruinca

Transf	MVA _{nom}	KV _{nom}	# Circuitos
1	5	34.5/13.8	3

Fuente: Carpentiero, Castellanos. (2008)

IV.1.3.2 Cálculo de Capacidad Firme. Las subestaciones con un sólo transformador no poseen capacidad firme; en este caso, se debe tener en cuenta el nivel de carga del transformador de Guacara I que surte esta subestación. Según datos del informe mensual de actividades de las demandas máximas de la Gerencia de Producción de Cadafe, correspondiente a Diciembre del 2007, éste transformador tiene 3 circuitos en funcionamiento SH2, Alcasa, y Pruinca, actualmente con un factor de utilización de 45%.

IV.2 DESCRIPCIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS.

Haciendo uso de los planos generales de la zona en estudio suministrados por CADAFE, los cuales contienen información de las subestaciones de distribución, redes eléctricas y vialidad en base CAD, se procede al levantamiento de las redes haciendo el recorrido de los circuitos para recopilar información referente tanto a la vialidad, como a las características eléctricas de los circuitos como son calibres, puntos de seccionamiento, estado de operación de los seccionadores, nuevos tramos de redes y grupos de transformadores, para luego proceder a la actualización de los planos ya existentes.

En la tabla 4 se muestran los calibres y longitudes de los circuitos de la zona en estudio, producto de las actualizaciones realizadas para este trabajo de grado, donde también se pudo verificar los puntos de conexión que existen entre los circuitos, ya sean de la misma subestación o con subestaciones vecinas, esto a fin de realizar, en caso que así lo requiera, transferencias de cargas. En las tablas 5, 6 y 7 se presenta un resumen de los puntos de seccionamiento de los circuitos que surten de energía eléctrica a los municipios San Joaquín y Diego Ibarra.

Tabla 4. Características de los alimentadores.

S/E	Circuito	Calibre y Tipo de conductor (Troncal)	Long Troncal (Km)	Longitud total (Km)
Santa Clara	Heinz	4/0 ARVIDAL	5.5	5.61
	El Lago	4/0 ARVIDAL	7.97	22.28
	San Joaquín	4/0 ARVIDAL	11.11	41.09
	San Bernardo	4/0 ARVIDAL	12.01	52.00
	Montana Gráfica	4/0 ARVIDAL	2.03	10.25
	Aguas Calientes	4/0 ARVIDAL	8.09	31.13
	El Deleite	4/0 ARVIDAL	14.14	58.93
	Mariara	4/0 ARVIDAL	10.01	35.5
	Covenal	4/0 ARVIDAL	5.43	6.51
	Libertad	4/0 ARVIDAL	6.23	23.69
	Guacara I	Coats	9.9	36.71
		Camachera	10.77	39.37
Pruinca	Villas del Centro	4/0 ARVIDAL	5.7	20.92

Fuente: Carpintero, Castellanos. (2008)

Tabla 5. Puntos de Conexión y Seccionamiento entre Circuitos (S/E Santa Clara)

Circuito	Ptos de conexión con otros circuitos y circuitos de otras S/E	Ubicación
Heinz	San Bernardo	- En las proximidades de la Urb. San Bernardo. - Entre la empresa Alpla e Industria Química Carabobo.
	San Joaquín	En la Calle Carabobo de San Joaquín, cercano a la empresa Heinz.
El Lago	El Deleite	Entre la hacienda Las Cotuas y parcela La Tosca.
	Aguas Calientes	Autopista Regional del Centro frente al Barrio Bolívar del Municipio Diego Ibarra.
San Joaquín	San Bernardo	En la Calle Santander cruce con Calle Sucre de San Joaquín.
	Coats	En la Carretera Nacional, frente a la INOS de San Joaquín.

Circuito	Ptos de conexión con otros circuitos y circuitos de otras S/E	Ubicación
	Heinz	En la Calle Carabobo de San Joaquín, cercano a la empresa Heinz.
San Bernardo	San Joaquín	En la Calle Santander cruce con Calle Sucre de San Joaquín.
	Heinz	- En las proximidades de la Urb. San Bernardo. - Entre la empresa Alpla e Industria Química Carabobo.
	Camachera	- En la Calle Yaracuy de San Joaquín. - Calle paralela entre Andrés Eloy y Bermúdez. - En la Av. Segunda de San Joaquín. - Principio de la Calle Bermúdez, cruce con Calle paralela a la Calle La Manga. - En la Autopista Regional del Centro, a la altura del Barrio del Carmen Centro.
	Villas del Centro	Entre Ciudadela Negro Primero y Urb. Los Jabillos.
Montana Grafica	Mariara	En la Autopista Regional del Centro, cercano a la S/E Santa Clara.
	Libertad	- Frente a Lámparas Mariara, en la Calle Diego Ibarra. - En Calle Miranda Sur cruce con Bolívar Oeste. - En Calle Urdaneta, entre Calle Miranda Sur y Coromoto Sur. - En Calle Carabobo Sur. - En Av. Bolívar Oeste, frente a Campo Deportivo.
Aguas Calientes	El Lago	Autopista Regional del Centro frente al Barrio Bolívar del Municipio Diego Ibarra.
	Libertad	En la Autopista Regional del Centro, entre Sector 22 de Mayo y Grupo Covenal.
	Mariara	En Barrio Mariscal de Sucre.
	El Deleite	En la Autopista Regional del Centro, frente a Sector El Deleite.
El Deleite	El Lago	Entre la hacienda Las Cotuas y parcela La Tosca. Mariara.
	Aguas Calientes	En la Autopista Regional del Centro, frente a Sector El Deleite.
	Covenal	En la Autopista Regional del Centro, frente al Barrio Bolívar de Diego Ibarra.
	Mariara	Frente a la Plaza Bolívar de Aguas Calientes.

Circuito	Ptos de conexión con otros circuitos y circuitos de otras S/E	Ubicación
Mariara	Aguas Calientes	• En Barrio Mariscal de Sucre.
	El Deleite	• Frente a la Plaza Bolívar de Aguas Calientes.
	Montana Gráfica	• En la Autopista Regional del Centro, cercano a la S/E Santa Clara.
	Libertad	• En la Autopista Regional del Centro, frente al Grupo Covenal. • En el cruce de la Calle Carabobo y Calle Diego de Tovar de Diego Ibarra. • En Av. Bolivar Este, entre Calle Paez y Calle Diego de Tovar.
Covenal	El Deleite	• En la Autopista Regional del Centro, frente al Barrio Bolivar de Diego Ibarra.
Libertad	Mariara	• En la Autopista Regional del Centro, frente al Grupo Covenal. • En el cruce de la Calle Carabobo y Calle Diego de Tovar de Diego Ibarra. • En Av. Bolivar Este, entre Calle Paez y Calle Diego de Tovar.
	Aguas Calientes	• En la Autopista Regional del Centro, entre Sector 22 de Mayo y Grupo Covenal.
	Montana Gráfica	• Frente a Lámparas Mariara, en la Calle Diego Ibarra. • En Calle Miranda Sur cruce con Bolivar Oeste. • En Calle Urdaneta, entre Calle Miranda Sur y Coromoto Sur. • En Calle Carabobo Sur. • En Av. Bolivar Oeste, frente a Campo Deportivo.

Fuente: Carpentiero, Castellanos, (2008).

Tabla 6. Puntos de Conexión y Seccionamiento entre Circuitos (S/E Guacara I)

Circuito	Ptos de conexión con otros circuitos/ctos de otras S/E	Ubicación
Coats	San Joaquín	En la Carretera Nacional, frente a la INOS de San Joaquín.
	El Morro (S/E Guacara I)	En la Carretera Nacional, esquina de la empresa Jhonson Control.
Camachera	Villas del Centro	- En la Carretera Nacional, tramo San Joaquín, a la salida de la Urb. Villas del Centro - En la Carretera Nacional, esquina de Carabalis.
	San Bernardo	- En la Calle Yaracuy de San Joaquín. - Calle paralela entre Andrés Eloy y Bermúdez. - En la Av. Segunda de San Joaquín. - Principio de la Calle Bermúdez, cruce con Calle paralela a la Calle La Manga. - En la Autopista Regional del Centro, a la altura del Barrio del Carmen Centro.

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008).

Tabla 7. Puntos de Conexión y Seccionamiento entre Circuitos (S/E Pruinca).

Circuito	Ptos de conexión con otros circuitos/ctos de otras S/E	Ubicación
Villas del Centro	San Bernardo	Entre Urb Los Jabillos y Ciudadela Negro Primero. San Joaquin
	Camachera	- En la Carretera Nacional, tramo San Joaquín, a la salida de la Urb. Villas del Centro - En la Carretera Nacional, esquina de Carabalis.

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008).

IV.3 ANÁLISIS DE LAS REDES ELÉCTRICAS.

Una vez actualizadas las redes de la zona, se procede al análisis del sistema eléctrico actual mediante el uso del programa PADEE a través de su modulo PARP (Programa de Análisis de Redes Primarias), a fin de conocer en que tramos del circuito ocurre la máxima

caída de tensión, máxima condición de carga y porcentaje de pérdidas.

Una vez digitalizado el circuito, el procedimiento del PADEE es el siguiente:

- **IDENTIFICAR:** se selecciona el circuito a analizar, e inmediatamente el programa hace el recorrido del circuito, indiferentemente cual sea la complejidad del sistema de distribución. El software tiene la capacidad de identificar cuando un seccionador esta abierto o cerrado, cargas y calibres, además el usuario puede modificar las características del circuito como los son numero, nombre, factor de potencia, factor de diversidad, corriente medida. Este valor de corriente promedio por fase, asignado al alimentador para la corrida, se obtuvo a través del informe mensual de actividades de las Demandas máximas diarias, de la Gerencia de Producción de Cadafe, correspondiente a Diciembre 2007.
- **REPARTIR :** El sistema realiza una repartición de la carga del circuito medida en la subestación, proporcionalmente a la capacidad de transformación ubicada en el circuito y genera un reporte en la opción VER SALIDA con los siguientes resultados:
 - Carga asignada a cada transformador
 - Factor de utilización promedio de todos los transformadores del circuito.
 - Factor de potencia de las cargas asignadas a los transformadores.
 - Total de Demanda asignada.
- **ASIGNAR CARGAS:** mediante esta opción se toman las cargas repartidas y se graban sobre los atributos de los transformadores.

- **ANALIZAR:** El sistema realiza los flujos de carga dando resultados de la caída de tensión, corrientes por sección, y pérdidas en el circuito, este debe hacerse después de la opción Repartir, ya que toma los valores de carga asignados en la opción Repartir. En este punto, el software permite al usuario dibujar los tramos con problemas del circuito a analizar, en este proceso se definen los criterios del análisis como lo son máxima carga (66%) y máxima caída de tensión (4%), según los valores establecidos en la normativa de Cadafe [1]. Los resultados se generan en el reporte en la opción VER SALIDA, con los siguientes resultados:

- Caída de tensión al final de cada sección del circuito
- Corrientes y pérdidas en cada sección del circuito.
- Pérdidas y demandas totales en el circuito.

A continuación se realizó una descripción de los circuitos en estudio, en base a los resultados obtenidos en las corridas con el programa PADEE.

Circuito Heinz: Éste circuito es de tipo industrial, en la actualidad alimenta a la industria Heinz, de la cual se deriva su nombre, el mismo esta presentando una caída de tensión de 8.33% y una carga máxima de 77.33% con perdidas en el orden de los 390KW.

Circuito El Lago: Éste circuito presenta características residenciales con un alto porcentaje de cargas agrícolas el mismo tiene una caída de tensión de 2.06% y 31.99% de máxima carga, y unas pérdidas de 25.72 KW, por lo que se encuentra dentro de los criterios de calidad y confiabilidad de servicio establecidos por CADAPE por lo que podrá ser usado como aliviadero para los circuitos con los cual éste tiene seccionamiento.

Circuito San Joaquín Tiene características de carga residencial, con cargas de significativa importancia como los son Forjas Santa Clara y La Cantera (para construcción

del ferrocarril), el mismo esta presentando pérdidas en el orden de los 201KW, con una caída de tensión de 5.60% y máxima carga de un 82.63%, excediendo los criterios establecidos por la normativa de CADAFE.

Circuito San Bernardo: Este circuito posee cargas de tipo Industrial - Residencial, ya que alimenta a las industrias Alpla y Vicson, así como también a la Urbanización San Bernardo, y a los Barrios 19 de Abril y Cantaclaro de San Joaquín, y debido a la longitud del circuito está presentando una caída de tensión en el orden de los 13.04% y una carga de 110.74%. Por la longitud significativa de este circuito, las perdidas que se tienen en el mismo están en el orden de los 445KW.

Circuito Montana Gráfica: Tiene cargas solo de tipo industrial, y no presenta problemas técnicos ya que en la actualidad tiene una caída de tensión de 2.05% y una máxima carga de 60% valores que se encuentran dentro de los parámetros técnicos normalizados.

Circuito Aguas Calientes: este circuito tiene en su mayoría carga residencial, el mismo posee una significativa concentración de cargas, con una máxima carga de 109.76%; en vista de lo alejada que se encuentra la fuente de alimentación, tiene una caída de tensión de 14.09%, brindando de esta forma un servicio de baja calidad a los suscriptores de esta zona.

Circuito El Deleite: Tiene carga de tipo residencial- industrial, éste circuito es uno de los que presenta mayores problemas de caída de tensión con un valor de máxima caída de tensión de 18.43%, ya que éste alimenta a sectores bastante alejados de la fuente de alimentación, como lo son el Barrio Punta Palmita, El Asentamiento Las Huertas y la Granja el Rincón, aunado a esto, presenta secciones del circuito con calibres de conductor que nos son apropiados (cuellos de botella), presentando una máxima carga de 77.38%.

Circuito Mariara: Este circuito es de característica industrial, tiene una gran

concentración de cargas, alcanzando una carga máxima de 87.98%, también presenta graves problemas de caída de tensión consecuencia de la larga trayectoria que posee el circuito y por ende presentando unas pérdidas de 504KW.

Circuito Covenal: Es un circuito netamente industrial, el mismo tiene una caída de tensión de 1.92% y una máxima carga de 17.33%, con unas perdidas de 16.53KW, lo que demuestra las optimas condiciones en las que se encuentra dicho circuito, sirviendo de descarga a los circuitos vecinos.

Circuito Libertad: posee carga de tipo residencial – comercial, y en la actualidad esta presentando problemas de calidad de servicio ya que tiene una caída de tensión de 7.53% y una máxima carga de 80% y por ende con poca flexibilidad

Circuito Coats. Inicialmente este circuito era industrial, ya que alimentaba de forma expresa a la industria Coats, sin embargo, la misma ya no se encuentra en funcionamiento lo cual trajo la posibilidad de asignarle al mismo cargas de tipo residencial entre las que destacan las urbanizaciones El Roble y la Pradera. Éste presenta actualmente una caída de tensión de 5.66% y una carga máxima de 66.66%, que aunque respecto a calidad de servicio, está por encima de los valores normalizados por CADAFE, en cuanto a cargabilidad éste permite la transferencia de carga de circuitos vecinos ya que se encuentra en el limite que establece la normativa, por lo que se puede considerar en condiciones normales.

Circuito Camachera: Circuito con carga residencial con unas pocas cargas agrícolas a lo largo de su recorrido, tiene asignadas cargas de las urbanizaciones Camachera y La Castellana de San Joaquín, y está presentando problemas de máxima caída de tensión de 10.62% y 86.75% de máxima carga, valores que exceden los rangos normalizados.

Circuito Villas del Centro. Presenta características de carga de tipo residencial, es un

circuito relativamente nuevo, ya que fue puesto en funcionamiento en marzo del 2008, tiene una caída de tensión de 2.14% y una máxima carga de 21.33%, encontrándose en optimas condiciones por lo que se podrá usar como vía para descargar a los circuitos vecinos.

En la tabla 8, se presenta un resumen de los resultados de la corrida en el programa PADEE, donde se especifica la carga conectada, factor de utilización y de potencia, porcentaje de máxima carga y máxima caída de tensión, y perdidas por cada uno de los circuitos que componen el eje San Joaquín – Diego Ibarra.

Tabla 8. Resumen de resultados de la corrida del programa PADEE

S/E	Circuito	Carga total conectada (KVA)	F.U	F.P	% $\Delta V_{\max}$	Máxima carga	Pérdidas (KW)	Demanda
Santa Clara	Heinz	13082.50	0.56	0.90	8.78%	77.33%	390.57	7276 KVA 6545 KW 3180 KVAR
	El Lago	5995.50	0.50	0.85	2.06%	31.99%	25.72	3012 KVA 2558 KW 1590 KVAR
	San Joaquín	20138.50	0.39	0.98	5.60%	82.63%	201.84	7777 KVA 7618 KW 1567 KVAR
	San Bernardo	17985.00	0.44	0.85	13.04%	110.74%	445.62	7779.34 KVA 6608 KW 4106 KVAR
	Montana Grafica	6834.00	0.82	0.80	2.05%	60%	59.16	5646.88 KVA 4514.00 KW 3393.00 KVAR
	Aguas Calientes	9185.00	0.92	0.78	14.09%	109.76%	620.36	8533 KVA 6652 KW 5344 KVAR
	El Deleite	15398.00	0.47	0.80	18.43%	77.38%	657.77	7277 KVA 5818 KW 4371 KVAR
	Mariara	15222.50	0.54	0.82	13.08%	87.98%	504.70	8280.48 KVA 6786 KW 4745 KVAR
	Covenal	3937.50	0.32	0.72	1.92%	17.33%	16.53	1631.02 KVA 1173 KW 1133 KVAR

S/E	Circuito	Carga total conectada (KVA)	F.U	F.P	% $\Delta V_{\max}$	Máxima carga	Pérdidas (KW)	Demanda
	Libertad	10785.00	0.70	0.77	7.53%	80%	266.42	7529 KVA 5794 KW 4807 KVAR
Guacara I	Coats	19198.50	0.32	0.90	5.64%	66.66%	141.53	6273 KVA 5643 KW 2741 KVAR
	Camachera	10693.50	0.75	0.97	10.62%	86.75%	525.55	8027 KVA 7779 KW 1977 KVAR
Pruinca	Villas del Centro	2977	0.67	0.80	2.14%	21.33%	22.23	2008 KVA 1605 KW 1206 KVAR

Fuente: Carpentiero, Castellanos. (2008)

IV.3.1 Análisis Del Sistema Presente.

El análisis del sistema presente de las redes eléctricas de distribución de energía eléctrica, que abastecen de energía a los municipios Diego Ibarra y San Joaquín del estado Carabobo, arrojó como resultado un alto porcentaje de circuitos con problemas de excesiva caída de tensión -superior al 4%-, entre los que destacan el circuito El Deleite (15.56%), San Bernardo (15.43%), Aguas Calientes (14.09%), Mariara con 13.08% y Camachera con 10.62%, lo que se traduce en una baja calidad de servicio a los sectores que estos atienden.

Otro de los criterios empleados para éste análisis, es el de máximo porcentaje de carga, el cual no debe sobrepasar el 66.66% [1], para garantizar que el alimentador en estudio pueda suplir la carga de otro alimentador adyacente en caso de una contingencia, o que éste pueda alimentar nuevas cargas que se incorporen al sistema, en este sentido, se pudo observar que los circuitos San Bernardo (130.96%), Aguas Calientes (109.76%), Mariara (87.98%), Camachera (86.75%), San Joaquín (82.63%), Libertad (80%) son ejemplos de casos críticos que reflejan el no cumplimiento de este criterio, reduciendo de esta forma la flexibilidad del sistema eléctrico.

Las principales causas del incumplimiento de estos criterios son, ineficiente distribución de cargas, circuitos con longitudes muy largas y con alta demanda, bajo número de alimentadores para suplir la demanda eléctrica.

Los factores ya expuestos inciden de forma directa en la confiabilidad del sistema eléctrico, ya que de los trece circuitos que surten de energía a los municipios San Joaquín y Diego Ibarra solo cuatro de ellos se encuentran en condiciones óptimas y capaces de asumir carga de los circuitos vecinos en caso de una contingencia, ocasionando que ante la ocurrencia de la una falla, misma no pueda subsanarse en el menor tiempo posible, haciendo al sistema eléctrico menos óptimo.

CAPITULO V

ESTIMACION DE LA DEMANDA ELÉCTRICA Y REPARTICION POR CUADRICULAS.

V.1 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA A CORTO Y MEDIANO PLAZO.

Para la estimación de la demanda eléctrica, es indispensable contar con una data de demanda eléctrica confiable, a través del módulo DEMANDA de Cadafe, se obtuvieron los 95 datos de demanda eléctrica expresada en corriente (Amperios) de cada circuito en estudio (Enero 2000 – Noviembre 2007, ANEXO G), y en función de éstos valores se procedió a determinar un modelo predictivo que permitiese pronosticar el valor futuro de la variable.

Partiendo de esta premisa, se procederá a determinar tal modelo haciendo uso de la técnica basada en SVM, en vista de que no se cuenta con antecedentes en el uso de ésta metodología en pronósticos de circuitos de distribución de energía eléctrica, se hace indispensable el uso de una metodología paralela confiable y reconocida a fin de establecer una referencia o patrón de comparación, ésta corresponde a un modelo estadístico basado en ARIMA(p,q,d) (Anexo D), que ha sido ampliamente utilizado en la estimación de series de tiempo [10],[11] y de ésta forma medir la capacidad de la SVM, para seguir cambios en la tendencia de una serie de tiempo.

V.1.1 Pronósticos mediante Modelo Estadístico (ARIMA):

Empleando un modelo estadístico basado en ARIMA (p,q,d), se cargaron los datos de las demandas históricas de los circuitos (desde Enero 2000 hasta Noviembre 2007), en el software de análisis estadístico “STATGRAPHICS”. Siguiéndose de esta forma, el análisis propuesto por Fasanella (2005) [10].

En primer lugar, se normalizaron todos los datos de los circuitos, es decir, se aplicó una transformación lineal, de tal manera que los valores de demanda de los circuitos oscilasen entre -1 y 1 (ecuación 5.1). Condición que permite un mejor desempeño del modelo estadístico, al minimizar el efecto de los picos de demanda en el Error Medio Cuadrático (RMSE, de sus siglas en inglés).

La siguiente ecuación corresponde a la transformación lineal que condujo a la normalización:

$$Y_{norm} = 2 * \left[\frac{Y - Y_{min}}{Y_{max} - Y_{min}} \right] - 1 \quad (\text{Ec. 5.1})$$

Donde:

- Ynorm: Variable normalizada (Adimensional).
- Ymin: Valor mínimo de la variable sin normalizar (Amperes).
- Ymax: Valor máximo de la variable sin normalizar (Amperes).
- Y: Variable a normalizar (Amperes).

A continuación, se muestra la gráfica normalizada de los datos de históricos de la demanda eléctrica del Circuito San Joaquín

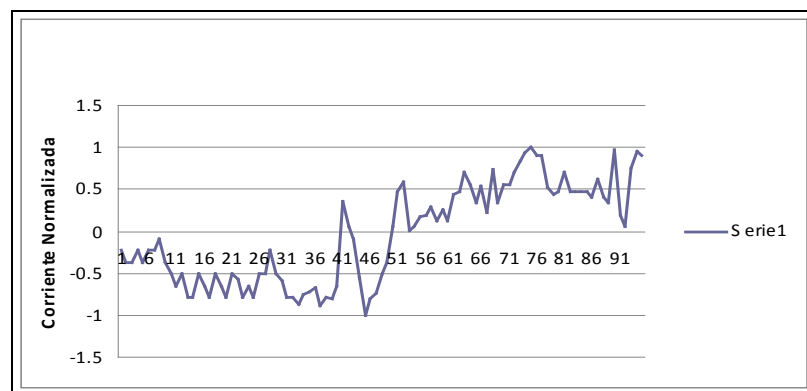


Figura 11. Grafica de datos de la demanda eléctrica del circuito San Joaquín normalizada.

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008).

De la gráfica anterior, se puede observar que la misma presenta una tendencia positiva (creciente), es por ello que se hace indispensable su derivación discreta (diferenciación), con miras a eliminar dicha tendencia; es decir, convertirla en estacionaria (valor medio cero). Es importante señalar, que todos los circuitos en estudio presentan esta misma tendencia (ver Anexo G), por lo que lo antes señalado es aplicable a todos (ver anexo H).

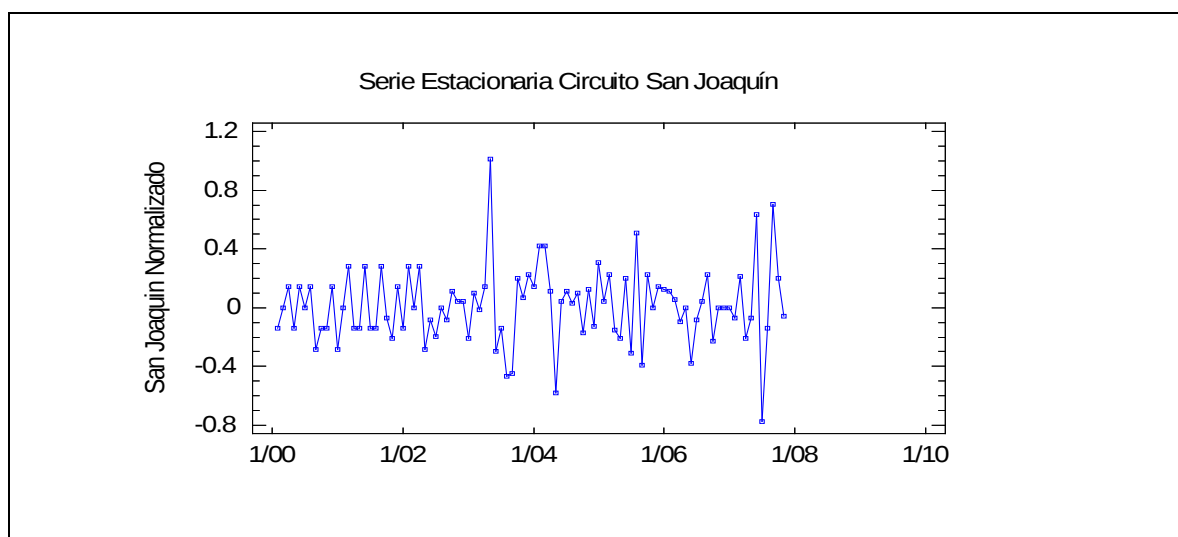


Figura 12. Serie estacionaria del circuito San Joaquín. Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

Haciendo uso del módulo de “Métodos de Series de Tiempo Descriptivos” de STATGRAPHICS, se procede a hacer el pronóstico de los valores futuros de la demanda. En éste modulo, el programa indica cinco opciones de modelos para realizar el pronóstico. En el Anexo H, se presenta el archivo de salida que genera el STATGRAPHICS, para la selección del modelo, además de las gráficas de los valores pronosticados de los circuitos en estudio. En la figura siguiente, se muestra la gráfica del circuito San Joaquín, usando el modelo ARIMA (1,1,0)

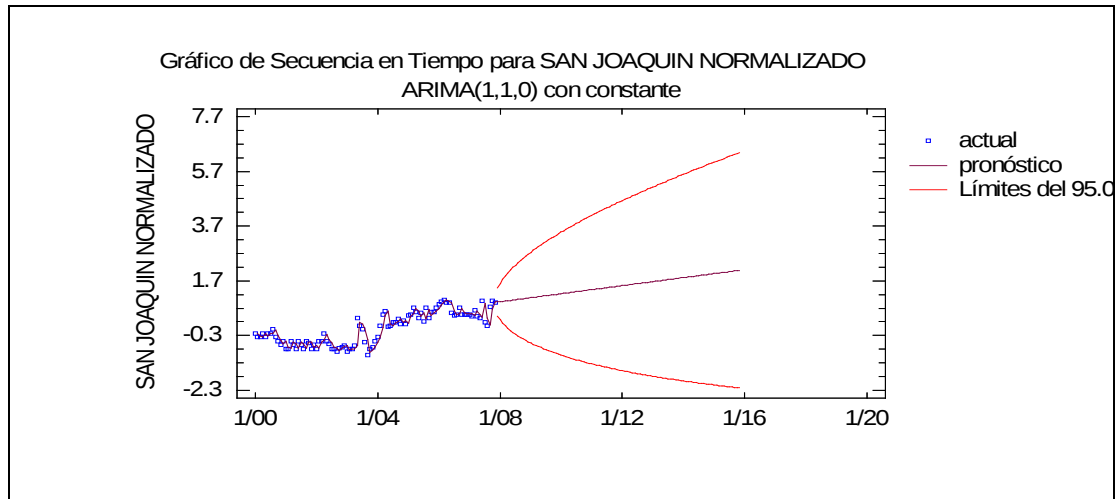


Figura 13. Pronostico del circuito San Joaquín con Statgraphics. Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

Lo que se concluye de la selección de este modelo ARIMA(1,1,0), es que el valor pronosticado subsiguiente depende del valor anterior conocido, más una componente de error; éste error es aquel entre el valor estimado anterior y el valor real conocido.

De la figura 13, se evidencia que a medida que se pronostican los 96 valores futuros (correspondientes a 8 años de demanda eléctrica), la curva adquiere una tendencia lineal, no obedeciendo al carácter fluctuante de los valores predecesores de la misma. Esto es debido a que en la etapa de pronóstico, no se cuentan con valores reales con los que se les pueda calcular el error respecto al valor pronosticado, y es así como la tendencia se vuelve netamente lineal, pues solo depende del valor predecesor.

De lo anteriormente expuesto, se puede concluir que el modelo ARIMA(p,q,d) tiene su máximo desempeño al calcular el valor “k+1”, es decir el inmediato siguiente, por lo que para corresponder a este hecho y obtener así su máximo desempeño, se debería trabajar con una data Octo-anual (cada ocho años), de modo tal que el valor “k+1” a estimar, fuese el valor de demanda eléctrica deseada (correspondiente al mediano plazo, 8 años). Pero este caso es hipotéticamente improbable, pues no se contaría con suficiente data histórica para

obtener el aprendizaje de la forma de onda de la serie.

Lo anterior queda evidenciado en la siguiente prueba realizada con el circuito San Joaquín, en donde se tomó como data de aprendizaje los valores correspondientes a Enero 2000 hasta Diciembre 2006, y se calculó, de ésta forma, el valor de Enero 2007 (es decir, el valor “ $k+1$ ”). Ésta ventana de 7 años de data de aprendizaje, se fue moviendo a través de los meses, y se continuó pronosticando el valor “ $k+1$ ”, y así se reconstruyó la gráfica de la demanda eléctrica correspondientes a Enero 2007 hasta Noviembre 2007 (los cuales eran los últimos 11 datos conocidos de la data histórica).

En la figura 14, se muestra la comparación entre la serie pronosticada de Enero 2007 – Noviembre 2007 y la serie de los valores reales de la misma. En ella se observa que con el calculo de los valores “ $k+1$ ” si se mantiene la tendencia fluctuante de la gráfica de valores conocidos.

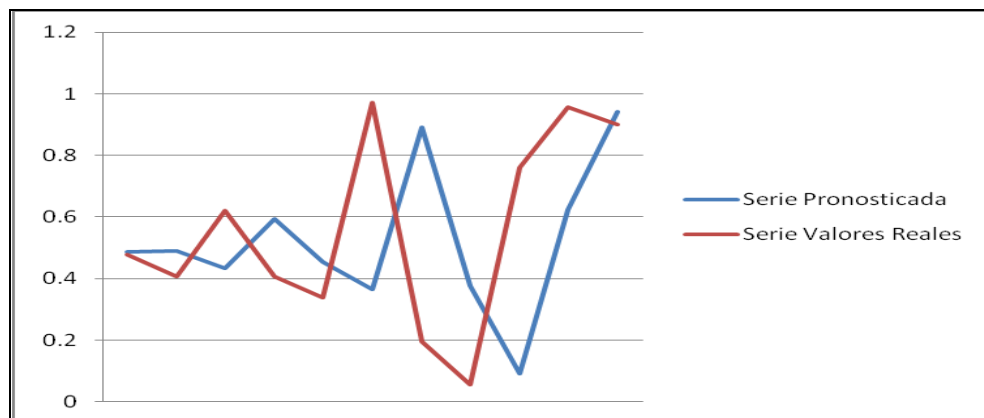


Figura 14. Grafica comparativa de series pronosticada y serie de valores reales.

Circuito San Joaquín. Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

V.1.2 Pronóstico a través de Máquina de Vector de Soporte (SVM).

Basados en la información obtenida por el análisis del programa STATGRAPHICS y por el modelo ARIMA(p,q,d), se procedió a realizar el pronóstico a través de la herramienta de computación emergente Máquina de Vector de Soporte.

Se utilizó winSVM, un software creado por Martin Sewell de la Universidad de Londres (UCL) en Inglaterra, el cual es una implementación para Windows de la Máquina de Vector de Soporte. Éste software permite de manera práctica y sencilla el ajuste de los parámetros básicos de la función Kernel, propia del concepto de SVM, tal como se observa en la figura 15:

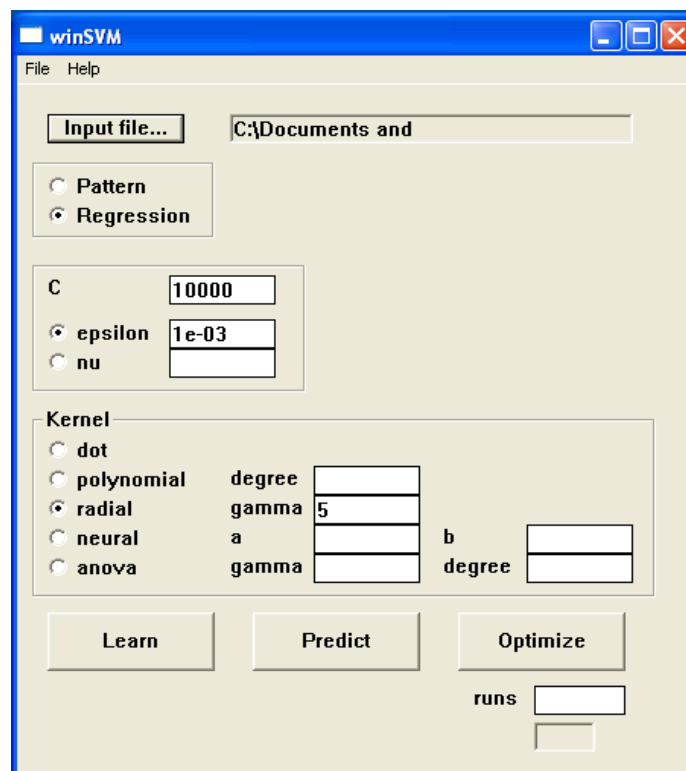


Figura 15. Ventana del programa winSVM. Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

Tal como se mencionó en el Capítulo 2, haciéndose referencia al Anexo E, la función Kernel es la transformación no-lineal que permite generar un hiperplano de orden superior. Es por ello que el óptimo desempeño de pronóstico de SVM depende de la apropiada selección de una función Kernel que se acople a la forma de onda fluctuante de las demandas eléctricas.

Previamente, para el ingreso de los datos al programa winSVM, se ordenaron los datos en una estructura matricial, en donde el numero de filas dependía de la cantidad de valores predecesores de la serie histórica de la demanda de los circuitos, y el numero de columnas depende del numero total de datos existentes.

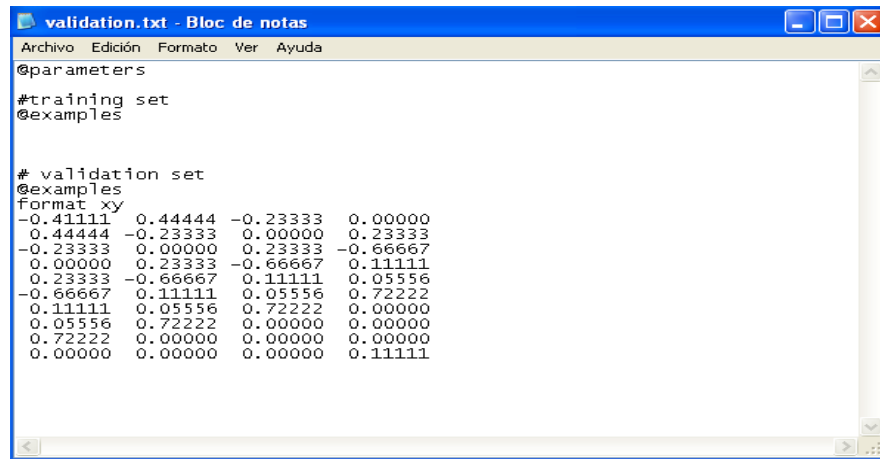
El proceso descrito anteriormente, es el resultado de la ejecución de un programa de elaboración propia en ambiente Pascal. Dicho programa, además de realizar el ordenamiento matricial, separa los datos en tres archivos (Train, Validation y Test), los cuales corresponden a las etapas de Entrenamiento, Validación y Prueba propias del proceso de SVM en la figura 16, 17 y 18 se muestra un ejemplo de los archivos Train.txt Validation.txt y Test.txt generado.

```

train.txt - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
@parameters
#training set
@examples
format xy
0.11111 -0.22222 0.11111 0.11111
-0.22222 0.11111 0.11111 -0.22222
0.11111 0.11111 -0.22222 0.00000
0.11111 -0.22222 0.00000 0.11111
-0.22222 0.00000 0.11111 0.00000
0.00000 0.11111 0.00000 0.11111
0.11111 0.00000 0.11111 0.11111
0.00000 0.11111 0.11111 0.00000
0.11111 0.11111 0.00000 0.11111
0.11111 0.00000 0.11111 -0.11111
0.00000 0.11111 -0.11111 0.00000
0.11111 -0.11111 0.00000 -0.22222
-0.11111 0.00000 -0.22222 0.00000
0.00000 -0.22222 0.00000 0.11111
-0.22222 0.00000 0.11111 -0.11111
0.00000 0.11111 -0.11111 0.00000
0.11111 -0.11111 0.11111 0.00000
-0.11111 0.11111 0.00000 0.11111
0.11111 0.00000 0.11111 0.05556
0.00000 0.11111 0.05556 0.16667
0.11111 0.05556 0.16667 -0.11111
0.05556 0.16667 -0.11111 -0.05556
0.16667 -0.11111 -0.05556 0.05556
-0.11111 -0.05556 0.05556 0.00000
-0.05556 0.05556 0.00000 0.00000
0.05556 0.00000 0.00000 0.00000
0.00000 0.00000 0.00000 0.06667
0.00000 0.00000 0.06667 0.04444
0.00000 0.06667 0.04444 0.27778
0.06667 0.04444 0.27778 0.27778

```

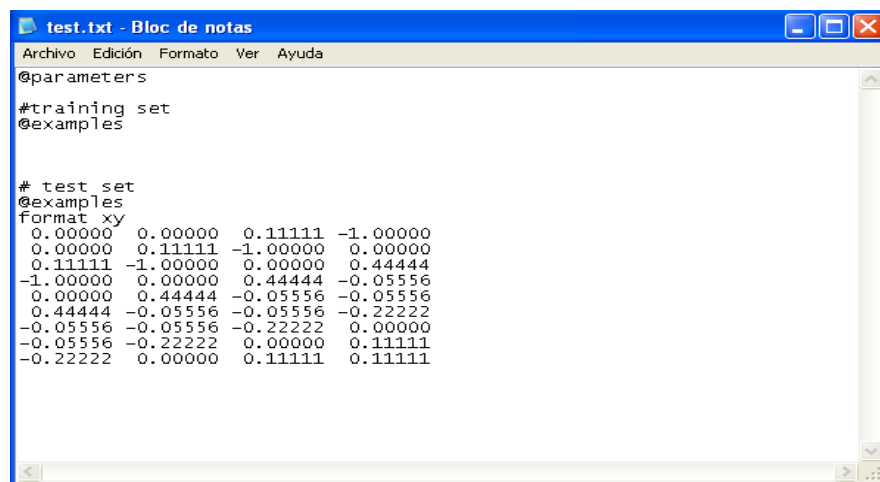
Figura 16: Archivo “Train.txt” del Circuito San Joaquín. Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008).



```
validation.txt - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
@parameters
#training set
@examples

# validation set
@examples
format xy
-0.41111 0.44444 -0.23333 0.00000
0.44444 -0.23333 0.00000 0.23333
-0.23333 0.00000 0.23333 -0.66667
0.00000 0.23333 -0.66667 0.11111
0.23333 -0.66667 0.11111 0.05556
-0.66667 0.11111 0.05556 0.72222
0.11111 0.05556 0.72222 0.00000
0.05556 0.72222 0.00000 0.00000
0.72222 0.00000 0.00000 0.00000
0.00000 0.00000 0.00000 0.11111
```

Figura 17: Archivo “Validation.txt” del Circuito San Joaquín. Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)



```
test.txt - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
@parameters
#training set
@examples

# test set
@examples
format xy
0.00000 0.00000 0.11111 -1.00000
0.00000 0.11111 -1.00000 0.00000
0.11111 -1.00000 0.00000 0.44444
-1.00000 0.00000 0.44444 -0.05556
0.00000 0.44444 -0.05556 -0.05556
0.44444 -0.05556 -0.05556 -0.22222
-0.05556 -0.05556 -0.22222 0.00000
-0.05556 -0.22222 0.00000 0.11111
-0.22222 0.00000 0.11111 0.11111
```

Figura 18: Archivo “Test.txt” del Circuito San Joaquín. Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

Partiendo del archivo generado “train.txt”, y con miras a conseguir la función Kernel más apropiada, se “optimiza” la selección del mismo usando la función “Optimize” del winSVM, en la cual el programa realiza un tanteo aleatorio de funciones Kernel, de acuerdo a un número de corridas (runs, en inglés) previamente ingresado. Al finalizar la optimización, el programa genera un archivo Excel con todas las funciones taneadas y sus respectivos RMSE (Error Medio Cuadrático), el cual sirve de patrón comparativo de

selección para la elección de la función Kernel más apropiada.

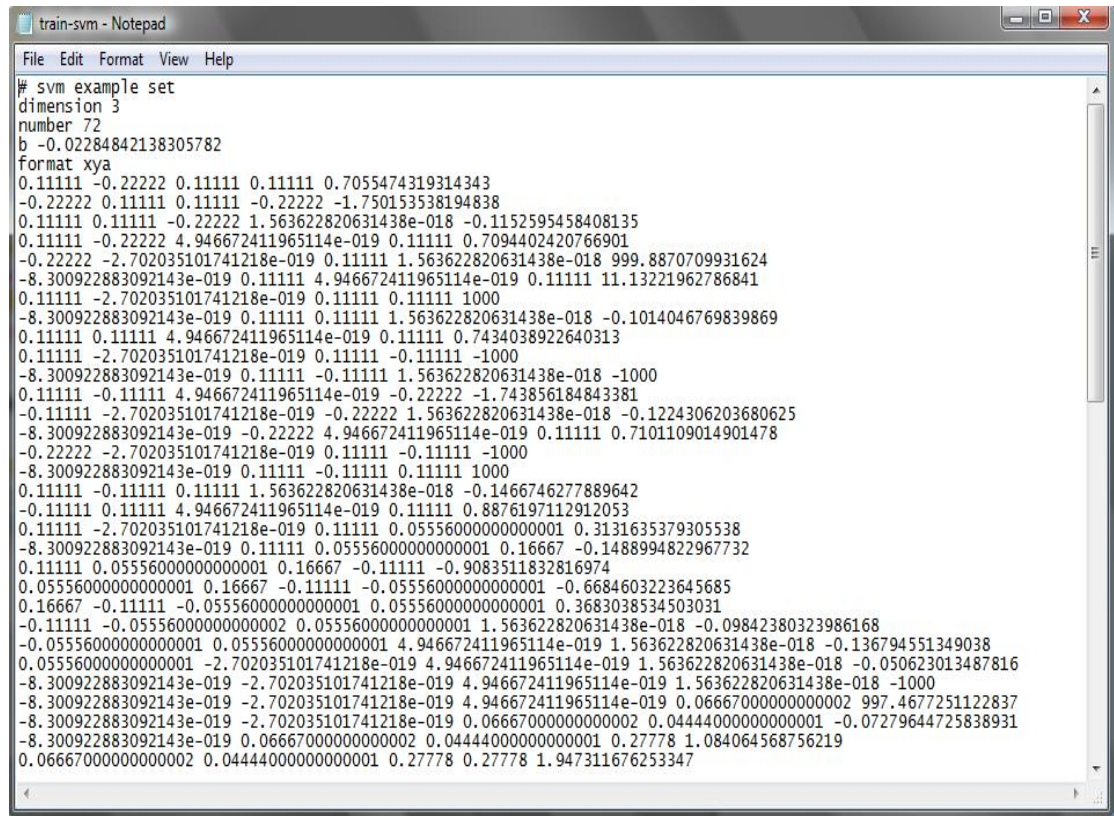
En la siguiente figura, se muestra la tabla generada en dicho archivo Excel, luego de correr la función “Optimize” para la selección del Kernel, se muestran sólo 10 de las funciones tanteadas para un número de “runs” de 100

Tabla 9: Tabla del archivo Excel generado al “optimizar” el proceso de selección del Kernel.

MSE	C	epsilon	kernel		
0.0003528	10000	1.00E-03	type radial	gamma 5	
0.00082315	10000	0.001	type radial	gamma 0.9	
0.0008333	10	1.00E-06	type anova	gamma 0.5	degree 5
0.00109217	100000	0.0001	type anova	gamma 0.3	degree 5
0.00141465	1000	1.00E-06	type radial	gamma 0.9	
0.00141636	100	1.00E-06	type polynomial	degree 6	
0.00353505	1	1.00E-06	type polynomial	degree 6	
0.00451613	10	0.0001	type polynomial	degree 5	
0.00508279	1	0.001	type radial	gamma 100	
0.00666602	1	0.1	type anova	gamma 1	degree 3

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

Una vez seleccionado el Kernel apropiado (con el que se generó el menor RMSE), se procede al “aprendizaje” de la Maquina de Vector de Soporte (Learn), con esto se genera un archivo en el cual se encuentran los Vectores de Soporte.



```
# svm example set
dimension 3
number 72
b -0.02284842138305782
format xya
0.11111 -0.22222 0.11111 0.11111 0.7055474319314343
-0.22222 0.11111 0.11111 -0.22222 -1.750153538194838
0.11111 0.11111 -0.22222 1.563622820631438e-018 -0.1152595458408135
0.11111 -0.22222 4.946672411965114e-019 0.11111 0.7094402420766901
-0.22222 -2.702035101741218e-019 0.11111 1.563622820631438e-018 999.8870709931624
-8.300922883092143e-019 0.11111 4.946672411965114e-019 0.11111 11.13221962786841
0.11111 -2.702035101741218e-019 0.11111 0.11111 1000
-8.300922883092143e-019 0.11111 0.11111 1.563622820631438e-018 -0.1014046769839869
0.11111 0.11111 4.946672411965114e-019 0.11111 0.7434038922640313
0.11111 -2.702035101741218e-019 0.11111 -0.11111 -1000
-8.300922883092143e-019 0.11111 -0.11111 1.563622820631438e-018 -1000
0.11111 -0.11111 4.946672411965114e-019 -0.22222 -1.743856184843381
-0.11111 -2.702035101741218e-019 -0.22222 1.563622820631438e-018 -0.1224306203680625
-8.300922883092143e-019 -0.22222 4.946672411965114e-019 0.11111 0.7101109014901478
-0.22222 -2.702035101741218e-019 0.11111 -0.11111 -1000
-8.300922883092143e-019 0.11111 -0.11111 0.11111 1000
0.11111 -0.11111 0.11111 1.563622820631438e-018 -0.1466746277889642
-0.11111 0.11111 4.946672411965114e-019 0.11111 0.8876197112912053
0.11111 -2.702035101741218e-019 0.11111 0.055560000000000001 0.3131635379305538
-8.300922883092143e-019 0.11111 0.055560000000000001 0.16667 -0.1488994822967732
0.11111 0.055560000000000001 0.16667 -0.11111 -0.9083511832816974
0.055560000000000001 0.16667 -0.11111 -0.055560000000000001 -0.6684603223645685
0.16667 -0.11111 -0.055560000000000001 0.055560000000000001 0.3683038534503031
-0.11111 -0.055560000000000002 0.055560000000000001 1.563622820631438e-018 -0.09842380323986168
-0.055560000000000001 0.055560000000000001 4.946672411965114e-019 1.563622820631438e-018 -0.136794551349038
0.055560000000000001 -2.702035101741218e-019 4.946672411965114e-019 1.563622820631438e-018 -0.050623013487816
-8.300922883092143e-019 -2.702035101741218e-019 4.946672411965114e-019 1.563622820631438e-018 -1000
-8.300922883092143e-019 -2.702035101741218e-019 4.946672411965114e-019 0.066670000000000002 997.4677251122837
-8.300922883092143e-019 -2.702035101741218e-019 0.066670000000000002 0.044440000000000001 -0.07279644725838931
-8.300922883092143e-019 0.066670000000000002 0.044440000000000001 0.27778 1.084064568756219
0.066670000000000002 0.044440000000000001 0.27778 0.27778 1.947311676253347
```

Figura 19: Archivo “train-svm.txt”. Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

En la figura 19, se muestra el archivo “train-svm.txt”, el cual se genera al entrenar la Máquina de Vector de Soporte con la función Kernel seleccionada, dicho archivo contiene la información referente a los Vectores de Soporte

Posteriormente, tomando el archivo generado “validation.txt”, se inicia el proceso de validación. Ésta etapa es la que sirve de confirmación para el Kernel seleccionado. De igual forma, en la etapa de prueba, usando el archivo “test.txt” se procede a “predecir” (Predict), dichos valores conocidos, de esta forma se establece la comparación entre dichos valores conocidos y generados, y así finalmente, poder aceptar o rechazar la función kernel.

A continuación de esta etapa, se inicia el proceso de pronóstico de los valores futuros. Para ello, se crea un archivo nuevo con los últimos valores conocidos y los

vectores de soporte, en donde el valor predicho será tomado en cuenta como entrada para el próximo pronóstico, continuando el proceso hasta llegar al año horizonte. En la figura 20, se muestra dicho archivo con los datos referentes al pronóstico de la demanda para el circuito San Joaquín.

```

0.16667 -0.11111 -0.055560000000000001 0.055560000000000001 0.3683038534503031
-0.11111 -0.055560000000000002 0.055560000000000001 1.563622820631438e-018 -0.09842380323986168
-0.055560000000000001 0.055560000000000001 4.946672411965114e-019 1.563622820631438e-018 -0.136794551349038
0.055560000000000001 -2.702035101741218e-019 4.946672411965114e-019 1.563622820631438e-018 -0.050623013487816
-8.300922883092143e-019 -2.702035101741218e-019 4.946672411965114e-019 1.563622820631438e-018 -1000
-8.300922883092143e-019 -2.702035101741218e-019 4.946672411965114e-019 0.066670000000000002 997.4677251122837
-8.300922883092143e-019 -2.702035101741218e-019 0.066670000000000002 0.044440000000000001 -0.07279644725838931
-8.300922883092143e-019 0.066670000000000002 0.044440000000000001 0.27778 1.084064568756219
0.066670000000000002 0.044440000000000001 0.27778 0.27778 1.947311676253347
0.044440000000000001 0.27778 0.27778 -0.033330000000000001 -0.3603444835945546
0.27778 0.27778 -0.033330000000000001 -0.033330000000000001 -0.3599956191276981
0.27778 -0.033330000000000001 -0.033330000000000001 -0.066670000000000002 -0.6075040293415016
-0.033330000000000001 -0.033330000000000001 -0.066670000000000002 1.563622820631438e-018 -0.1407298479553991
-0.033330000000000001 -0.066670000000000002 4.946672411965114e-019 0.02222 -0.1458137637597372
-0.066670000000000002 -2.702035101741218e-019 0.02222 -0.11111 -0.9627588913852656
-8.300922883092143e-019 0.02222 -0.11111 1.563622820631438e-018 -0.1137868949217031
0.02222 -0.11111 4.946672411965114e-019 -0.1 -1.234794602354063
-0.11111 -2.702035101741218e-019 -0.1 1.563622820631438e-018 -0.2081893642815794
-8.300922883092143e-019 -0.1 4.946672411965114e-019 -0.01111 0.6052990855656689
-0.1 -2.702035101741218e-019 -0.01111 1.563622820631438e-018 0.0999019233851057
-8.300922883092143e-019 -0.01111 4.946672411965114e-019 0.12222 3.164218961119656
-0.01111 -2.702035101741218e-019 0.12222 -0.01111 -0.1877753240934861
-8.300922883092143e-019 0.12222 -0.01111 -0.333330000000000001 -12.18150878528996
0.12222 -0.01111 -0.333330000000000001 0.11111 0.7043833019258906
-0.01111 -0.333330000000000001 0.11111 0.11111 0.7099963459681662
-0.333330000000000001 0.11111 0.11111 0.22222 1.533150370813833
0.11111 0.11111 0.22222 -0.11111 -0.918676071029511
0.11111 0.22222 -0.11111 0.044440000000000001 0.2211526646358999
0.22222 -0.11111 0.044440000000000001 0.033330000000000001 0.2026140459080369
-0.11111 0.044440000000000001 0.033330000000000001 0.033330000000000001 0.1711096843141368
0.044440000000000001 0.033330000000000001 0.033330000000000001 0.055560000000000001 -0.7949992770667682
0.033330000000000001 0.033330000000000001 0.055560000000000001 0.16667 1.484042495401053
0.033330000000000001 0.055560000000000001 0.16667 -0.16667 -1.336901324913951
0.055560000000000001 0.16667 -0.16667 0.11111 0.8231683912786794
0.16667 -0.16667 0.11111 0.055560000000000001 0.2906282890822481
-0.16667 0.11111 0.055560000000000001 -0.066670000000000002 -0.5880030176850213
0.11111 0.055560000000000001 -0.066670000000000002 0.1 0.61193011841423
0.055560000000000001 -0.066670000000000002 0.1 0.17778 1.187769979158064
-0.066670000000000002 0.1 0.17778 -0.077780000000000002 -0.6884220916054757
0.1 0.17778 -0.077780000000000002 0.01111 0.01621279970708651
0.17778 -0.077780000000000002 0.01111 -0.14444 -1.180635118163369
-0.077780000000000002 0.01111 -0.14444 0.11111 0.7389727887961639
0.01111 -0.14444 0.11111 0.17778 1.193761891991776
-0.14444 0.11111 0.17778 0.01111 -0.02269373948753206
0.11111 0.17778 0.01111 -0.077780000000000002 -0.7301186585621545
0.17778 0.01111 -0.077780000000000002 0.13333 0.868880885425343
0.01111 -0.077780000000000002 0.13333 0.055560000000000001 0.1179814690795575
-0.077780000000000002 0.13333 0.055560000000000001 -0.41111 -3.209690965117447
0.13333 0.055560000000000001 -0.411110000000000001 0.444440000000000001 3.17837570917715
0.055560000000000001 -0.41111 0.444440000000000001 -0.23333 -1.842066485989236

# forecast set
@examples
format x
0.00000 0.11111 0.11111

```

Figura 20: Archivo “forecast.txt”, para el pronóstico de la demanda. Carpentiero, Castellanos (2008)

En la figura 21 se muestra la gráfica de los valores predichos para el Circuito San Joaquín:

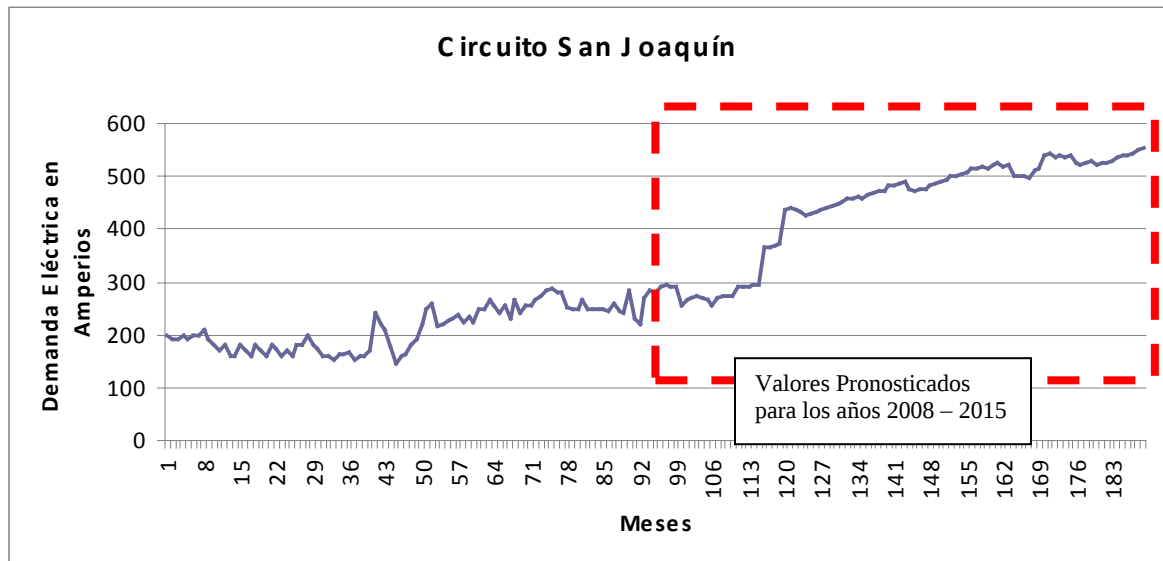


Figura 21: Gráfica de Demanda Eléctrica en Amperios Pronosticada del Circuito San Joaquín con SVM.

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

La función Kernel utilizada para este pronóstico fue: Radial gamma 5, usando un 80% de los datos para el entrenamiento (Train) y un número de tres entradas, es decir, tres datos predecesores de los cuales dependerá el valor futuro (o pronosticado). Los valores de Error (RMSE) obtenidos en la etapa de Validation y Test, fueron 0.00034212 y 0.000341771, respectivamente.

Las gráficas de pronóstico realizado para el resto de los circuitos bajo estudio se encuentran en el Anexo I.

V.1.3 Pronóstico a través del Módulo para la Graficación de Datos del Sistema de Control de Demandas de Eleoccidente.

Para la obtención de la demanda a corto y mediano plazo, la unidad de planificación de Eleoccidente hace uso de este módulo el cual permite graficar demandas simples de subestaciones, transformadores o circuitos. Al definir la zona y distrito se puede graficar series de demandas anuales haciendo uso de los datos históricos de la demanda, éste programa permite realizar un ajuste de las curvas, el mismo presenta cinco opciones de ajuste partiendo de la teoría de los mínimos cuadrados (recta, parábola, exponencial, hipérbola y geométrica) permitiendo extrapolar el valor de demanda para el año horizonte. El parámetro que mide la óptima selección de la curva de ajuste es el coeficiente de correlación el cual es un valor cuantitativo de la relación entre dos o mas variables y cuyo valor oscila entre -1 y 1, donde los valores cercanos a 1 indican proporcionalidad positiva y -1 inversa o negativa, si el coeficiente de correlación es 0 indica que no hay relación entre las variables. Las gráficas de los resultados de extrapolación se encuentran en el anexo J.

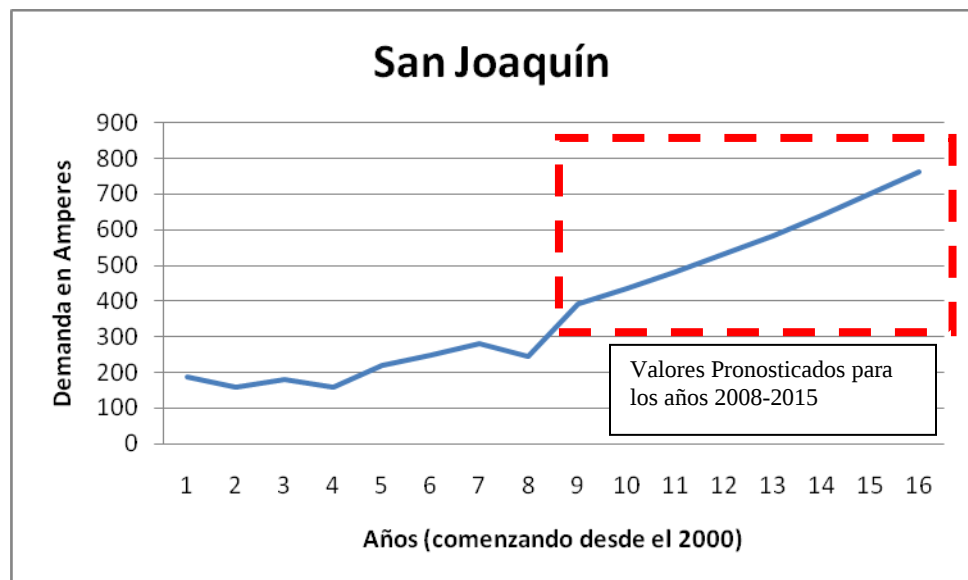


Figura 22. Gráfica de Demanda Eléctrica en Amperes Pronosticada del Circuito San Joaquín con DEMAGRAF. Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008).

La curva de tendencia usada por el Módulo DEMAGRAF para proyectar dicha demanda, fue una curva de ajuste parabólico, cuya ecuación característica es la siguiente: $Y = 4.4737 + 0.269X + 0.0434X^2$. Obteniéndose un Coeficiente de Correlación = 0.851802.

V.2 REPARTICIÓN DE LA DEMANDA POR CUADRICULAS.

Una vez que se ha pronosticado la demanda eléctrica de la zona en estudio para corto y mediano plazo, es necesario hacer la repartición de demanda por cuadrículas, a fin de calcular el punto de concentración de demanda, es decir el centro de carga. Éste es el punto óptimo para la ubicación en el futuro de subestaciones.

Dicha concentración de carga por cuadrícula depende de ciertos factores por cuadrículas, como lo son: los porcentajes de uso de tierra según MINFRA y los índices de consumo de energía de acuerdo a los tipos de carga residencial, comercial, agropecuaria, industrial, etc. Éste calculo de repartición de demanda se realizó a través del Módulo de Apoyo de Distribución (MAD), el cual requiere como datos de entrada los factores previamente mencionados, además de los factores de potencia y de carga de acuerdo al tipo de consumidor, siendo imprescindible la definición de las distintas microáreas y áreas vacantes presentes en la zona con sus respectivas valores de demanda eléctrica a corto y mediano plazo obtenidos en cálculos anteriores haciendo uso del software propuesto SVM.

Tabla 10. Microáreas y Áreas Vacantes

Microárea	Nombre	Demanda Presente (amp)	Demanda Corto Plazo (amp)	Demanda Medio Plazo (amp)
00000001	Área Vacante 1	0	212.76	297.97
00000002	Área Vacante 2	0	195.62	221.00
00000003	Área Vacante 3	0	287.25	335.70
00000004	Área Vacante 4	0	60.00	113.94
00000005	Área Vacante 5	0	51.22	70.77
91310001	Heinz	290	600.00	670.00
91310002	San Bernardo	310	473.00	563.02
91310003	San Joaquín	310	489.04	552.50
91310004	Libertad	300	403.18	517.48
91310005	Mariara	330	335.00	416.25
91310006	Covenal	50	105.55	123.77
91310007	El Lago	120	149.28	197.25
91310008	Montana Gráfica	225	249.79	384.75
91310009	El Deleite	290	358.52	512.67
91310011	Aguas Calientes	340	409.43	489.83
91311004	Coats	320	341.45	471.79
91311013	Camachera	250	296.47	404.71
91316002	Villas del Centro	80	100.00	189.90

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008).

A continuación se muestra una tabla en donde se presentan las equivalencias entre las zonificaciones usadas en CADAFE y las empleadas por MINFRA y las Alcaldías en los Planos de Desarrollo Urbano.

Tabla 11. Tabla de Equivalencia de Zonificaciones del Área en Estudio

Tipo de Zonificación	Zonificaciones indicadas por MINDUR	Descripción	Hab/Ha	Media habitacional (Hab/Fam)
R1	AR1, ND1, ND2		65-210	5
R2	AR2		265-580	5
R3	AR3, AE1		600-1800	5
R3C	AR4		800-1600	5
UBI	BI		600	5
A	AA		30	5
I	IE, IE1, NI, SI, ND-I		-	-

Fuente: Coordinación de Planificación, CADAFE Región 6, Carabobo (2008).

Tabla 12. Tabla Factores de Carga y Potencia por Tipo de Consumidor

Tipo de Zonificación	Factor de Potencia	Factor de Carga
AP	0.95	0.50
C	0.85	0.70
I	0.85	0.80
R1	0.88	0.61
R2	0.91	0.63
R3	0.91	0.63
R3C	0.95	0.60
A	0.87	0.55
UBI	0.95	0.50

Fuente: Coordinación de Planificación, CADAFE Región 6, Carabobo (2008).

Para el cálculo del Índice de Consumo de Energía, se parte de la información de la carga en MWH/Semestral en los municipios Diego Ibarra y San Joaquín, suministrada por la Coordinación de Apoyo a la Gestión Comercial y del Departamento de Oficiales de Gerencia de Grandes Usuarios de CADAFE Región 6.

- Índice de Consumo Residencial:

Tabla 13. Tabla de MWH/Sus de Consumo Residencial para los municipios San Joaquín y Diego Ibarra

Semestre	Suscriptores	MWH/Semestre	MWH/Sus
1-2003	22023	58801.41	2.67
2-2003	22207	64400.30	2.90
1-2004	22541	64241.85	2.85
2-2004	22636	68134.36	3.01
1-2005	22966	69311.39	3.018
2-2005	23011	82149.27	3.570
1-2006	23074	82697.22	3.584
2-2006	23404	73722.60	3.150
1-2007	23726	83539.25	3.521
2-2007	24254	104801.53	4.312

Fuente: Coordinación de Apoyo a la Gestión Comercial y Departamento de Oficiales de Gerencia de Grandes Usuarios de CADAFE Región 6 (2008).

Con los datos de MWH/Sus de la tabla anterior, se procedió a la extrapolación del valor de MWH/Sus promedio para el año horizonte, lo cual corresponde al valor del Índice de Consumo Residencial, a través del modulo PROY usado en CADAFE. Dicho modulo realiza el ajuste de los valores a distintos tipos de curvas, tomando aquella que tenga máximo coeficiente de correlación (valor cercano a 1).

Tabla 14. Tabla de ajuste de curvas del PROY

Tipo de Curva	Coeficiente de Correlación	Ecuación
Lineal	0.994801400	$Y = 2.5 + 0.1X$
Exponencial	0.996945200	$Y = 2.57e^{0.04X}$
Logarítmica	0.992456900	$Y = 2.5 + 0.5\log X$
Potencial	0.995653200	$Y = 2.53X^{0.16}$

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008).

De acuerdo al ajuste seleccionado para una curva exponencial, el Índice de Consumo Residencial para el año horizonte (2027) es 8.93 MWH/Sus.

- Índice de Consumo Industrial:

Se seleccionó una muestra de nueve industrias en la zona de estudio, y se tomaron los MWH/Año y el área (Ha) ocupada por cada una de ellas, y posteriormente, a partir de estos datos, se calculó el índice promedio por suscriptores industriales.

Tabla 15. Índice de Consumo de Energía para Suscriptores Industriales

Industria	Área (Ha)	MWH/Año
ALPLA	6	20525.937
VICSON	4.75	12208.097
Montana Gráfica	5.15	7498.475
Heinz	18	12025.053
Tetra-Pak	3	662.512
Alfareria	11.4	1066.740
KIA	3.84	324.576
VENCOR	3	2594.42
Forjas Santa Clara	5.04	1082.23
Indice de Consumo Industrial (MWH/Ha) = 935.29		

Fuente: Departamento de Oficiales de Gerencia de Grandes Usuarios de CADAFE Región 6 (2008).

- Índice de Consumo Comercial:

Para el cálculo del Índice de Consumo Comercial, se promedió la demanda anual en MWH de los comercios en la zona, y se dividió entre el área promedio ocupada por los mismos.

Tabla 16. Índice de Consumo de Energía para Suscriptores Comerciales

Comercio	Área (Ha)	MWH/Año
Comercio promedio	0.5	194.952
Índice de Consumo Comercial (MWH/Ha) = 389.094		

Fuente: Departamento de Oficiales de Gerencia de Grandes Usuarios de CADAFE Región 6 (2008).

- Índice de Consumo Agropecuario:

El Índice de Consumo Agropecuario se calculó tomando la demanda promedio en MWH/Año y el área en hectáreas de las haciendas existentes en los municipios Diego Ibarra y San Joaquín.

Es de destacar que a diferencia de los suscriptores residenciales, no fue necesario proyectar estos datos al año horizonte, debido a que éste tipo de suscriptores crece en bloques a través del tiempo y su carga es puntualizada, ya que ocupa una extensión de terreno muy grande y su densidad de carga es muy baja. Por lo tanto, el índice fue calculado con los datos de suscriptores agropecuarios del último año (2007).

Tabla 17. Índice de Consumo de Energía para Suscriptores Agropecuarios

Año	Área (Ha)	MWH/Año
2007	10	158.279
Índice de Consumo Comercial (MWH/Ha) = 15.827		

Fuente: Coordinación de Apoyo a la Gestión Comercial (2008).

- Índice Consumo de Alumbrado Público (Vialidad):

Los criterios asumidos en el cálculo del alumbrado público, fueron la utilización de un solo tipo de luminaria (250 W), en correspondencia con una calle promedio de 10m. de ancho, con postes cada 30m., debido a que el alumbrado publico funciona durante 12 horas al día, se tomó un factor de carga de 0.5.

$$MWH / Ha = \frac{n^{\circ} Postes * PotLum * 10^{-6} * 8760}{LCalle * AnchoCalle * 10^{-4}} * 0.5 \quad (Ec. 5.2)$$

$$MWH/Ha = 37.23.$$

Tabla 18. Tabla Resumen de Índices de Consumo de Energía

Tipo de Consumidor	Índice de Consumo
Residencial	8.93 (MWH/Sus)
Industrial	935.29 (MWH/Ha)
Comercial	389.094 (MWH/Ha)
Agropecuario	15.827 (MWH/Ha)
Alumbrado Público	32.73 (MWH/Ha)

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008).

V.2.1 Cálculo del Centro de Carga

Como se ha mencionado, luego de obtener la repartición de la demanda eléctrica por cuadrículas, se procede al cálculo del centro de carga en corto y mediano plazo, a fin de poder establecer en estos puntos las futuras subestaciones que se propondrán.

Como el centro de carga lo representa un punto $P = (X_{cc}, Y_{cc})$, se calculan las coordenadas X_{cc} y Y_{cc} , según las siguientes ecuaciones:

$$X_{cc} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i * Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (\text{Ec. 5.3})$$

$$Y_{cc} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i * Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (\text{Ec. 5.4})$$

En el capítulo VI, se muestra en la figura 26 la repartición de la demanda eléctrica por cuadrículas y con la respectiva ubicación del centro de carga tanto para el municipio San Joaquín como para el municipio Diego Ibarra.

V.3 COMPARACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS EN EL PRONOSTICO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA: SVM Y MINIMOS CUADRADOS (DEMAGRAF).

V.3.1 DEMAGRAF:

V.3.1.1 Ventajas:

- Realiza la ejecución de la proyección “rápidamente”, por tratarse de un modulo desarrollado como software, con amplio uso previamente en esta clase de aplicaciones.
- En la actualidad es ampliamente conocido por el personal de CADAFE y su uso se les hace cómodo y fácil.

V.3.1.2 Desventajas:

- Realiza la proyección de la demanda a través de un limitado número de curvas de ajuste (exponencial, recta, parabólica, geométrica).
- Utiliza como fundamento básico la teoría de los mínimos cuadrados (ajuste lineal de curvas), limitando así su efectividad con datos no-lineales, como es el caso de las curvas de demanda eléctrica.
- Debido a limitaciones en el diseño del software induce a realizar la proyección por años, pues la opción mensual tiene como límite de pronóstico sólo 35 meses de los 96 necesarios para estudios de planificación, generando un coeficiente de correlación menor y por lo tanto un pronóstico menos óptimo.

V.3.2 SVM:

V.3.2.1 Ventajas:

- Permite el pronóstico (regresión) de variables de comportamiento no-lineal, haciendo más genérico su universo de aplicación.
- A través de la optimización de los datos, se genera un amplio número de ecuaciones, en base a las funciones de tendencia, como lo son: Dot, radial, polynomial, neural y anova, con las cuales se puede pronosticar el comportamiento de la variable en el tiempo.

- Es un software libre en ambiente Windows, que posee versiones en lenguaje Java y Matlab.

V.3.2.2 Desventajas:

- Ejecutar este software requiere previamente de un “pre-procesamiento” a objeto de encontrar el modelo más apropiado; por ejemplo, se requiere de la diferenciación de la data de entrenamiento, eliminando la tendencia propia de la curva y causando que los datos tengan un valor medio cero lo que trae como consecuencia que el tiempo de ejecución de este software es prolongado debido a que aun se encuentra en etapa experimental para este tipo de aplicaciones, presentando, por ejemplo, una carencia de automatización en el proceso de regresión, pues cada valor futuro va en dependencia de sus datos predecesores.

CAPITULO VI

SISTEMA PROPUESTO.

VI.1 SISTEMA PROPUESTO PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL.

En base a los resultados que se obtuvieron en el programa PADEE para el análisis del sistema presente se establecieron algunas estrategias de aplicación inmediata con miras a solventar los problemas de caída de tensión y máxima carga y de esta forma mejorar la confiabilidad y calidad de servicio para las zonas en estudio.

Entre las alternativas propuestas para tal fin destacan:

- Reordenamiento de la carga, esto es, realizar transferencias de cargas entre circuitos.
- Ubicación de Reguladores de Tensión y bancos de condensadores con el objeto de mejorar la caída de tensión en las redes.
- Cambios de calibre de conductor.
- Construcción de tramos de conductor y de esta forma establecer nuevos puntos de transferencia

Según quedo evidenciado en el anexo B, los transformadores de potencia en el nivel de 13.8KV de la S/E Santa Clara tienen un factor de utilización del más del 90%, esto se traduce en poca confiabilidad en el sistema eléctrico, ya que si se presentase una contingencia en uno de los transformadores de dicha S/E, el sistema no tendría la capacidad de absorber la demanda del transformador fallado.

Sin embargo, el limitarse a la realización de transferencias no genera mayor cambio en la carga de los transformadores de dicha S/E, ya que simplemente se está transfiriendo carga de un circuito a otro, sin alterar de forma significativa la carga de los transformadores de dicha S/E, por lo que se requiere la incorporación de un transformador en la S/E Santa Clara y la construcción de otros circuitos que permitan reducir la carga de los transformadores y por ende reducir los niveles de carga y caída de tensión de los circuitos ya existentes.

El parámetro que permite medir la demanda real del sistema es la “demanda potencial”, este valor se calcula en base a los MVA solicitados, MVA instalados, la carga total conectada y los factores de utilización de los transformadores; en la medida que este valor exceda la unidad implica que la demanda requerida por el sistema es mayor a la demanda total conectada, confirmando de esta forma la necesidad de instalar otro transformador.

$$D_{potencial} = \frac{MVA_{total} + MVA_{solicitados}}{Capacidad\ total} = \frac{59.411 + 22.677}{60} = 1.368$$

Nota: Los MVA solicitados se obtuvieron de acuerdo a las solicitudes de certificaciones de servicio en el eje San Joaquín y Diego Ibarra desde Enero de 2008 a Marzo de 2008.

No obstante, los factores que definen la posibilidad de instalar un nuevo transformador en la S/E son, la capacidad de la línea de alimentación en 115KV y el espacio físico disponible en el terreno de la misma. De acuerdo a información suministrada por el personal de CADAFE, en la S/E Santa Clara, si existe terreno disponible para la ampliación de la misma. En cuanto a la capacidad de la línea, según datos suministrados por la Coordinación de Transmisión de CADAFE, el autotransformador a ubicar en la subestación Caña de Azúcar 230/115KV, de la cual provienen las líneas de 115KV que alimentan a la S/E Santa Clara, permitirá al

sistema operar al 60 por ciento de carga, lo que permitirá la incorporación de este nuevo transformador al sistema.

Tomando en consideración la situación actual de los circuitos según resultados del análisis del sistema presente (capítulo IV) las opciones en función de mejorar la confiabilidad y calidad de servicio, aplicables de forma inmediata son las siguientes:

VI.1.1 Transferencias de carga al circuito Villas del Centro

Tomando en consideración la condición del circuito Villas del Centro proveniente de la S/E Pruinca, el cual actualmente presenta una caída de tensión de 2.14% y una carga máxima de 23.33%, se propone la transferencia de carga de los circuitos con los cuales éste tiene seccionamiento, los cuales son San Bernardo de la S/E Santa Clara y Camachera de la S/E Guacara I.

El circuito San Bernardo en la actualidad presenta una caída de tensión de 13.04% y carga máxima de 110.74%, valores que exceden la normativa de calidad de servicio usada en vigencia por Cadafé [1], es por ello que se plantea transferir la carga de la urbanización los Jabillos y el Barrio 19 de Abril, zonas que recientemente se encuentran servidas por dicho circuito, al circuito Villas del Centro, esto a fin de disminuir la carga y mejorar los niveles de caída de tensión en el mismo.

Por otra parte se tiene en dicho circuito una carga de vital importancia para este sector, esta es la bomba INOS ubicada en la calle La Manga de San Joaquín, la misma esta presentando graves problemas de calidad de servicio, ya que el circuito que la alimenta tiene una caída de tensión de 10.29%, - según resultados de la corrida del sistema eléctrico actual en el PADEE- entre las alternativas propuestas se busca mejorar la caída de tensión en el circuito que alimenta dicha carga.

El circuito Camachera tiene una caída de tensión de 10.62% y una carga máxima de 86.75%, para disminuir los niveles de carga de éste circuito, se transferirá al Villas del Centro las cargas que del circuito Camachera ubicadas a ambos lados de la autopista regional en San Joaquín (poner punto de referencia).

Debido a la excesiva caída de tensión que presentan estos circuitos, se instalarán bancos de condensadores, a fin de reducir la caída de tensión en los mismos. Las alternativas propuestas llevan intrínsecas inversiones y operaciones las cuales son:

- Cierre de cortacorrientes entre ciudadela Negro Primero y Urbanización Los Jabillos. San Joaquín.
- Construcción de tramo de línea en 3# 4/0 ARV de interconexión entre circuito Villas del Centro y Camachera aproximadamente a 750 mts de la ciudadela Negro Primero en la Autopista Regional del Centro.
- Apertura de seccionadores al final de calle La Manga (cerca de la INOS), y al final de la calle Andrés Eloy Blanco San Joaquín.
- Cierre de seccionador en avenida La Segunda. San Joaquín
- Apertura de seccionadores al final de callejón Coromoto cruce con calle La Indiana. San Joaquín.
- Instalación de dos bancos de Reguladores de Tensión (5% de regulación), ubicados en las cercanías del Distribuidor Santa Clara, por la carretera vieja Valencia-Maracay, y en la Autopista Regional del Centro en las alturas de la Urb. San Bernardo, respectivamente.

La ejecución de tales propuestas permiten la disminución de la carga del circuito San Bernardo de 110.74% a 65.83%, equivalente a reducir en 1.59 MVA la carga de ese circuito, la caída de tensión, se logra una disminuir de 13.04% a 3.82%.

VI.1.2 Construcción del Circuito La Pradera S/E Pruinca

Tomando en cuenta la ampliación de la S/E Pruinca a 10 MVA, se propone la construcción de un circuito que permitirá dividir la carga de los circuitos Camachera y Coats, éste último a su vez, recibirá, posteriormente, carga proveniente del circuito San Joaquín. El circuito propuesto “La Pradera” atenderá la carga de la Urb. La Pradera, que actualmente es alimentada desde Coats, además, la carga de la Urb. Las Gardenias, Urb. Castellana y las cargas referidas a la Hacienda El Banco, todas éstas alimentadas inicialmente desde el circuito Camachera. Contemplándose las siguientes obras/operaciones:

- Construcción de circuito calibre 4/0 ARV, de aproximadamente 5.8 Km.
- Instalación de 3 juegos de seccionadores, para colocar en las derivaciones de las urbanizaciones a atender (La Pradera, Las Gardenias y La Castellana).

La aplicación de estas propuestas mejorará el perfil de carga del circuito Camachera, pues inicialmente presentaba un porcentaje de carga de 86.75%, y disminuyó a 50.53%; por otra parte, la caída de tensión varió de 10.62% a 5.84%. El circuito La Pradera cuenta con un porcentaje de carga de 53.25% y una caída de tensión de 3.14%.

VI.1.3 Transferencia de carga al circuito Coats S/E Guacara I

Entre las alternativas aplicables de forma inmediata, se propuso la transferencia de carga del circuito San Joaquín de la S/E Santa Clara al circuito Coats de Guacara I, permitiendo aliviar la condición de emergencia que se tiene en los transformadores de la S/E Santa Clara. En base a lo anteriormente expuesto, se propone la transferencia del sector Brisas del Lago y el resto de la carga comprendida entre la Calle Páez y el Rio Ereigue Sur, hasta el Parcelamiento Carmen en San Joaquín, actualmente servido a través del circuito San Joaquín, al circuito Coats mediante las siguientes obras/operaciones.

- Instalación de un juego de seccionadores a la altura del Barrio Brisas del Lago, a fin de permitir el seccionamiento entre el Circuito San Joaquín y Coats.
- Construcción de tramo de línea en 4/0 ARV en la calle La Diablera en posteadura ya existente, para interconexión entre el circuito Coats y el circuito San Joaquín (aproximadamente 350 m).

La aplicación de estas propuestas permitirá reducir la carga del circuito San Joaquín de 86.63% a 63.54% aproximadamente en 1.8 MVA, la caída de tensión se reduce de 5.6% a 2.87%. El circuito Coats quedaría con 48.21% de carga y 5.98% de caída de tensión.

VI.1.4 Transferencias de carga al circuito El Lago.

El circuito El Lago de la S/E Santa Clara, tiene una caída de tensión de 2.03 % y una carga de 31.99%, es por ello que, se buscara transferirle carga de los circuitos

aledaños, esto sin exceder de una manera significativa su carga y perjudicar la caída de tensión en el mismo. Este circuito tiene punto de seccionamiento con el circuito el Deleite, el cual es uno de los que presenta mas problemas ya que tiene una caída de tensión de 18.75% y una carga máxima de 77.65% y en vías de mejorar estos niveles se propone transferir la carga del Barrio Punta Palmita de Mariara a este circuito, a través de las siguientes operaciones:

- Apertura de cortacorriente entre la Hacienda Las Cotúas y Parcela La Tosca. Mariara.
- Instalación de seccionadores (NA) en el circuito El Deleite, en la Autopista Regional del Centro, aproximadamente a 700 mts de el túnel de La Cabrera.
- Instalación de Regulador de Tensión (3% de regulación), en Calle en frente a la Agropecuaria La Cuchuela.

El circuito El Lago pasaría de tener una carga máxima de 31.99% a 43.96% con una caída de tensión de 3.66%.

VI.1.5 Circuito Heinz, Covenal, y Montana Gráfica

Estos circuitos están destinados a alimentar exclusivamente cargas industriales; el circuito Covenal tiene una caída de tensión de 1.92% y una carga máxima de 17.33%, éste alimenta desde un circuito exclusivo al Grupo Covenal del cual se deriva su nombre, y se encuentra en óptimas condiciones de cargabilidad y calidad de servicio.

Sin embargo, el Hospital Simón Bolívar de Mariara., actualmente está presentando problemas de calidad de servicio, (fluctuaciones de tensión caída de tensión de 9%), por lo que se plantea la transferencia de esta importante carga, que esta siendo alimentada desde el circuito Aguas Calientes, al circuito Covenal ya que, en vista de la no coincidencia en los picos de demanda de ambos circuitos, se seguirá brindando un buen servicio eléctrico a ambos suscriptores. Esta obra permitirá reducir la caída de tensión en esta importante carga y garantizar mayor flexibilidad, ya que se seguiría dando respaldo a través del circuito Aguas Calientes.

El circuito Montana Grafica alimenta a las empresas Montarca, Fabimar, Supolca, Imeca, Lámparas Mariara y Montana Gráfica, entre otras cargas, el mismo tiene caída de tensión 2.05% y una carga de 60%, cumpliendo de esta forma con los criterios de flexibilidad y calidad de servicio requeridos para redes de distribución. Sin embargo, el circuito Heinz aún y cuando solo tiene conectada la industria Heinz, está presentando problemas de caída de tensión, aproximadamente 8.7% de caída y 77.33% de carga, por lo que se sugiere el cambio de conductor del troncal de 4/0 ARV a 336 ARV, por tratarse de un circuito expreso industrial, además se plantea la instalación de un banco regulador de tensión (3% de regulación), a fin de mejorar los niveles de caída de tensión en el mismo, y de esta forma brindar mayor calidad de servicio a éste importante suscriptor.

Las operaciones propuestas para garantizar buen servicio a los suscriptores de estos importantes circuitos son:

- Instalación de un banco Regulador de Tensión (3% de regulación), a 3 Km de la salida de la S/E Santa Clara.
- Cambio de Calibre del conductor del circuito Heinz, de 4/0 ARV a 336

ARV. Aproximadamente 5.5 Km.

- Construcción de tramo de línea en 3# 4/0 ARV, desde el grupo Covenal hasta el Hospital Simón Bolívar de Mariara. Aproximadamente 2 Km.
- Apertura de cortacorriente que permite alimentación del Hospital desde el circuito Aguas Calientes.
- Instalación de Regulador de Tensión (4% de regulación), frente al Barrio Bolivar en la Autopista Regional del Centro.

Una ejecutadas estas obras el circuito Covenal queda con 41.78% de máxima carga y 3.9% de caída de tensión, el circuito Heinz disminuye la caída de tensión de 8.7% a 3.87% y el porcentaje de carga de 77.33% a 54.49%. El circuito Montana grafica no sufre ninguna modificación.

VI.1.6 Construcción de circuitos El Guamacho y Mariara II

Para la incorporación de dos nuevos circuitos se requiere la ampliación de la S/E Santa Clara, la capacidad del transformador a instalar será de 30 MVA - considerando que cada circuito tendrá una carga de 6MVA - ya que se necesitan dos circuitos para aliviar a la carga de El Deleite, Libertad, Aguas Calientes y Mariara, y una salida de reserva para garantizar flexibilidad al sistema.

La salida del circuito el Guamacho podrá ir en triple terna desde la subestación Santa Clara hasta Lámparas Mariara, junto con el circuito Montana Gráfica y Mariara II, con la finalidad de usar la misma posteadura.

La salida del circuito Mariara II como ya se dijo, se hará desde la misma posteadura de Montana Gráfica, a partir de Lámparas Mariara, se irá en doble terna con Montana Grafica, luego con Libertad y finalmente con el circuito Mariara hasta la plaza Bolívar de Aguas Calientes.

La construcción del circuito El Guamacho, tiene como objetivo principal aliviar la condición de carga de los circuitos Libertad y Aguas Calientes, cuidando que éste nuevo circuito no exceda los límites de flexibilidad y calidad de servicio que establecen las normativas de CADAFE, por lo que se le asignará gran parte de la carga del circuito Libertad, las cuales son los barrios La Democracia, las Flores y Las Cocuicitas. A través del circuito Libertad, previamente descargado con circuito El Guamacho, se aprovechará para descargar al circuito Aguas Calientes, y este último se le fijará la carga del circuito El Deleite (Barrio el Deleite) y Mariara (Barrio Vista Alegre).

El circuito Mariara II, tendrá como objetivo principal reducir los niveles de carga y caída de tensión de los circuitos Mariara y El Deleite que se encuentran en condición crítica respecto a caída de tensión y cargabilidad.

El circuito Mariara de acuerdo a su configuración tiene una sola vía de alimentación lo que reduce las vías de transferencia y el circuito El Deleite está presentando tales problemas de caída de tensión debido a que está bastante alejado de la fuente (S/E), por lo que se propone que el circuito Mariara II asuma la carga del barrio Aguas Calientes y parte de la carga del Deleite hacia la Granja El Rincón y el Asentamiento Las Huertas (al final del circuito El Deleite).

Las obras y operaciones propuestas para tal fin son:

- Construcción del circuito El Guamacho en 4/0 ARV desde la

subestación Santa clara (aproximadamente 2.3 Km) en posteadura ya existente.

- Construcción del circuito Mariara II en 4/0 ARV desde subestación Santa Clara de aproximadamente 7 Km en posteadura ya existente.
- Construcción de tramo de línea 3 # 2 ARV en el circuito Libertad en la calle Carabobo sur hasta el Mercal en Mariara, de aproximadamente 300 mts.
- Apertura de seccionador frente al conjunto Residencial Mariara.
- Instalación de seccionador NA frente al Hospital Simón Bolívar de Mariara.
- Apertura de seccionador del circuito Mariara al final de de calle Colombia. Mariara.
- Apertura de seccionador en la plaza Bolívar de Aguas Calientes.
- Interconexión entre circuitos Aguas Calientes y Mariara en el Barrio Vista Alegre de Mariara.
- Apertura de seccionador del circuito Aguas Calientes en la autopista Caracas – Valencia a aproximadamente 1.3 Km del Grupo Covenal.
- Cierre de seccionador entre circuito Aguas Calientes y el Deleite frente en la autopista regional del centro frente a el Barrio El Deleite.

- Cambio de calibre de conductor de 3# 1/0 ARV a 3# 4/0 ARV en el circuito El Deleite a 1.8 Km aproximadamente de el Barrio El Deleite.
- Instalación de seccionador NA en la carretera frente a la Fila La Guaricha.
- Cambio de calibre de conductor a 3# 4/0 desde la plaza Bolívar de Aguas Calientes hasta final de calle Aguas Calientes.
- Construcción de tramo en 3# 4/0 ARV de interconexión entre circuitos Mariara y El Deleite.
- Instalación de Banco de Regulador de Tensión (3%), ubicado en la Autopista Regional del Centro al frente de la Manga de Coleo.
- Instalación de Banco de Regulador de Tensión (4% de regulación), para ubicar en la Autopista Regional del Centro, frente a la Urb. Los Chaguaramos. Esto con intención de mejorar la caída de tensión en el circuito El Deleite.
- Instalación de Banco Regulador de Tensión (3%), para mejorar el perfil de caída de tensión del circuito Mariara, en la Autopista Regional del Centro en las cercanías de la Urb. La Estancia.
- Instalación de Banco de Regulación de Tensión (3%), en la Autopista Regional del Centro, frente al Barrio Libertador, a fin de disminuir la caída de tensión en el circuito Libertad.

Una vez realizadas las propuestas mencionadas el circuito Libertad disminuye

su carga desde 80% a 59.32% equivalentes a 1.85 MVA, presentando al final una caída de tensión de 3.68%; El circuito Aguas Calientes pasa de 109.76% de máxima carga a 48.23%, que representan una disminución de aproximadamente 4MVA con una caída de tensión máxima de 3.91%. El circuito El Deleite se logra reducir su máxima caída de tensión de 18.75% a 3.96% mejorando significativamente la calidad de servicio para los suscriptores de esta zona, mientras que se reduce la carga en 4 MVA, significando una reducción del porcentaje de carga de 77.65% a 49.22%, y finalmente el circuito Mariara se logra mejorar la caída de tensión de 13.08% a 3.82% y disminuir su carga en aproximadamente 2 MVA, significando una mejora del perfil de cargabilidad de 87.98% a 57.60%.

Llevando a cabo las alternativas propuestas para mejorar la flexibilidad y calidad de servicio del sistema presente, las condiciones de los circuitos es la que se muestra en la tabla 19, en algunos casos la caída de tensión supera a los límites establecidos por la normativa de CADAFE (4%), pero según la Norma de Calidad de Distribución de Energía Eléctrica, se permite un porcentaje de caída de tensión de 6%. Por otra parte, se puede evidenciar que en la S/E Santa Clara, se redujo la carga en los transformadores en aproximadamente 11.6 MVA, tabla 20. En las figuras 23 y 24 se observa una representación gráfica de estos resultados

Tabla 19. Resultados de las Simulaciones de las Propuestas del Sistema Presente Obtenidos con el Programa PADEE (% ΔV , % carga)

S/E	Transf.	Circuito	Condición Actual			Propuesta Sistema Presente		
			Amp	% ΔV	%Carga	Amp	% ΔV	%Carga
Santa Clara	1	Heinz	290	8.63	77.33	283.3	3.97	54.49
		El Lago	120	2.06	31.99	167	3.66	43.96
		San Joaquín	310	5.6	82.63	266	2.97	63.54
		San Bernardo	310	13.04	110.74	254.9	3.82	65.83
		Montana Gráfica	225	2.05	60	225	2.05	60
		Aguas Calientes	340	14.09	109.76	183.3	3.91	48.23
	2	El Deleite	294.5	18.75	77.65	125.2	3.96	49.22
		Mariara	330	13.08	87.98	218.9	3.82	57.60
		Covenal	50	1.48	13.33	158.7	3.90	41.78
		Libertad	300	7.53	80	225.4	3.68	59.32
Guacara I	2	Coats	250	5.64	66.66	183	5.98	48.21
		Camachera	320	10.62	86.75	192	5.84	50.53
Pruinca	1	Villas del Centro	80	2.14	21.33	158.5	5.9	42.39

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

Tabla 20. Resultados de las Simulaciones de las Propuestas del Sistema Presente Obtenidos con el Programa PADEE (KVA transferidos).

S/E	Transf.	Circuito	KVA (antes)	KVA (después)	KVA Transferidos	KVA Transferidos Totales /Transf..
Santa Clara	1	Heinz	7276.25	6850.93	↓ 425.32	↓ 6504
		El Lago	3011.56	4194.26	↑ 1182.7	
		San Joaquín	7777.2	6033.86	↓ 1743.4	
		San Bernardo	7779.34	6195.49	↓ 1583.85	
		Montana Gráfica	5696.88	5696.88	0	
		Aguas Calientes	8532.73	4599.03	↓ 3933.7	
	2	El Deleite	7276.90	4066.2	↓ 3210.7	↓ 5139
		Mariara	8279.87	5493.61	↓ 2786.26	
		Covenal	1254.81	3983.98	↑ 2729.2	
		Libertad	7528.99	5657.83	↓ 1871.16	
Guacara I	2	Coats	6273.42	4597.64	↓ 1675.8	↓ 4883.03
		Camachera	8026.68	4819.45	↓ 3207.23	
Pruinca	1	Villas del Centro	2007.61	3989.01	↑ 1182.7	↑ 1182.7

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

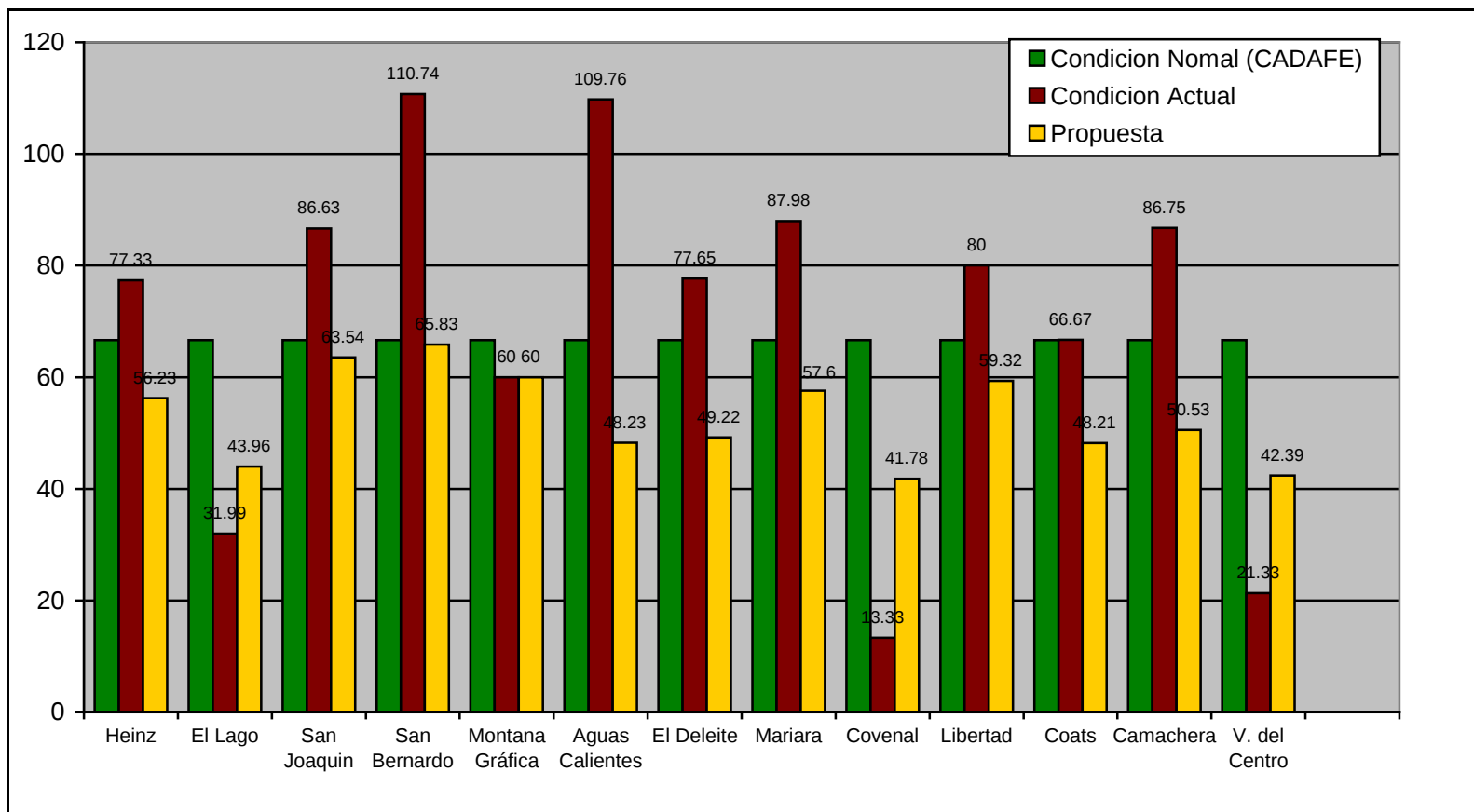


Figura 23. Gráfico de máxima carga por circuito. Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008).

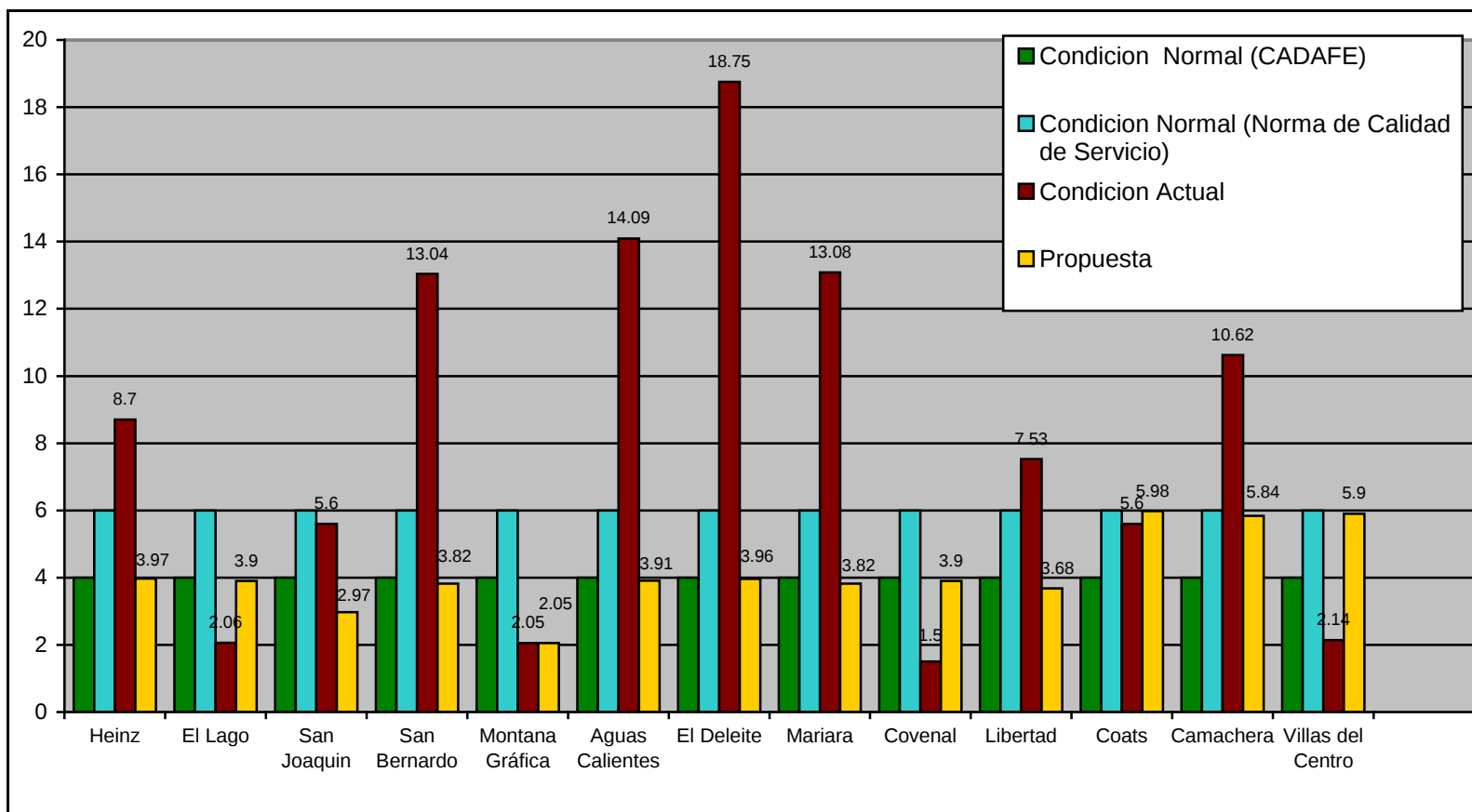


Figura 24. Gráfico de caída de tensión por circuito. Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008).

Las condiciones de carga y caída de tensión de los circuitos El Guamacho y Mariara II propuestos, son como se muestra a continuación:

Tabla 21. Resultados de las Simulaciones de las Propuestas del Sistema Presente Obtenidos con el Programa PADEE para los circuitos La Pradera, El Guamacho y Mariara II.

S/E	Transf.	Circuito	Demanda (Kva)	Propuesta		
				Amp	%ΔV	%Carga
Santa Clara	3	El Guamacho	4015.21	167.9	3.87	58.19
		Mariara II	3283.23	130.8	3.97	34.42
Pruinca	1	La Pradera	5077.91	202	3.14	53.25

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

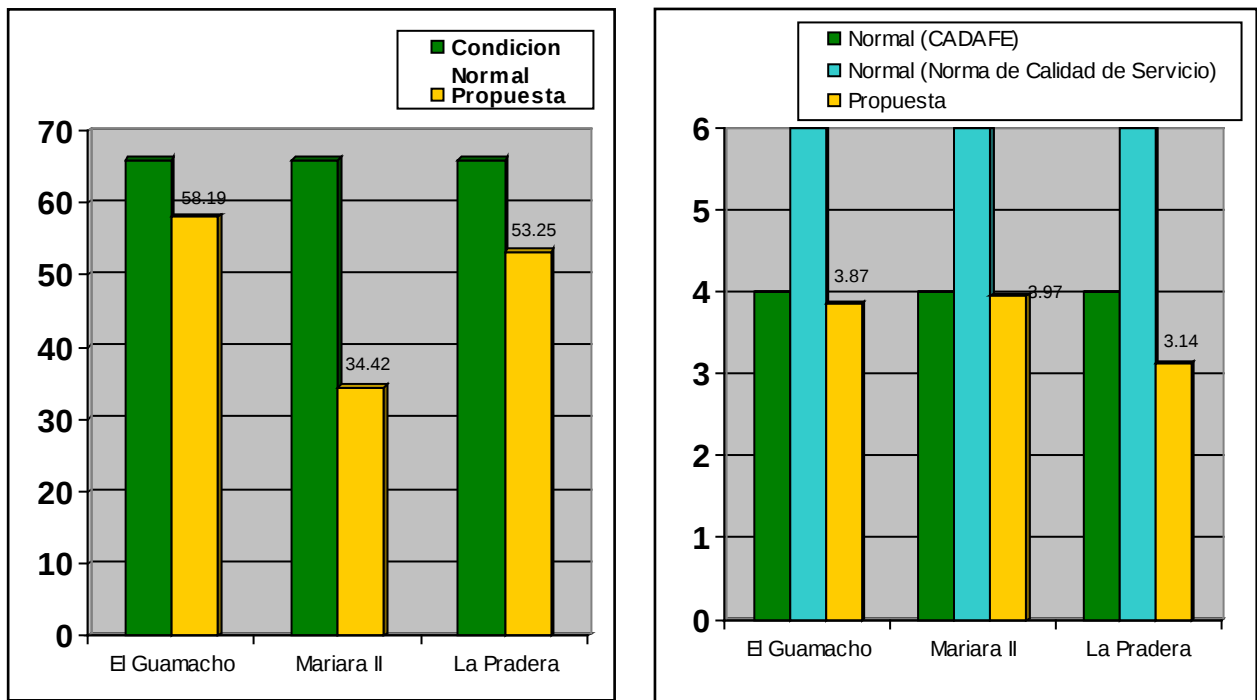
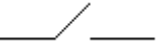
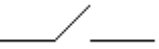
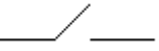
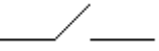
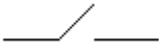
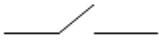
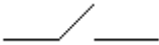
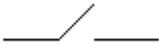
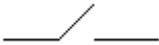


Figura 25. Gráfico de máxima Carga y porcentaje de caída de tensión de los circuitos La Pradera, El Guamacho y Mariara II. Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

Tabla 22. Resumen de operaciones propuestas para el sistema eléctrico presente.

S/E	Circuito	Operación	Ubicación
Santa Clara	El Lago		Entre la Hacienda Las Cotúas y Parcela La Tosca. Mariara
	San Joaquín		En calle La Principal (frente al Barrio Brisas del Lago)
	San Bernardo		Entre ciudadela Negro Primero y Urbanización Los Jabillos. San Joaquín
			Al final de calle La Manga. San Joaquín
			Al final de la calle Andrés Eloy Blanco San Joaquín
	Aguas Calientes		Calle detrás del Hospital Simón Bolívar. Mariara
			En la autopista Caracas – Valencia a aproximadamente 1.3 Km del Grupo Covenal
	El Deleite		Frente en la autopista regional del centro frente al Barrio El Deleite.
Santa Clara	Mariara		Al final de de calle Colombia. Mariara

S/E	Circuito	Operación	Ubicación
			En la plaza Bolívar de Aguas Calientes
	Libertad		Frente al conjunto Residencial Mariara. Mariara.
Guacara I	Camachera		En la Carretera Nacional, en la entrada de la Urb. La Pradera.
			Avenida La Segunda. San Joaquín
			Al final de callejón Coromoto cruce con calle La Indiana. San Joaquín
			En la calle aledaña al C.C. Cariaprima.
			En la calle circundante a la Mini Granja La Consolación
			En la Carretera Nacional, en la entrada a la Urb. Las Gardenias.
Pruinca	Villas del Centro		Entre ciudadela Negro Primero y Urbanización Los Jabillos. San Joaquín

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

LEYENDA:

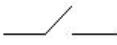
-  Seccionador Cerrado
-  Seccionador Abierto
-  Cortacortante Abierto
-  Cortacortante Cerrado

Tabla 23. Resumen de mejoras propuestas para el sistema eléctrico presente.

S/E	Circuito	Obras	Ubicación
Santa Clara	Heinz	Instalación de un banco de Reguladores de Tensión (3% de regulación)	A una distancia de 3 Km de la salida de la S/E Santa Clara.
	El Lago	Instalación de un banco de Reguladores de Tensión (3% de regulación)	Calle ubicada frente a la Agropecuaria la Cuchuela
	San Bernardo	Instalación de dos Reguladores de Tensión (5% de regulación)	El primero, en las cercanías de la S/E Santa Clara, en la Carretera Nacional Valencia-Maracay. El segundo, en la Autopista Regional del Centro, a la altura de la Urb. San Bernardo.
	Aguas Calientes	Interconexión entre circuitos Aguas Calientes y Mariara	En el Barrio Vista Alegre de Mariara.
		Instalación de un banco de Reguladores de Tensión (3% de regulación)	En la Autopista Regional del Centro, paralelo a la Manga de Coleo.
	El Deleite	Cambio de calibre de conductor de 3# 1/0 ARV a 3# 4/0 ARV	Aproximadamente a 1.8 Km a del Barrio El Deleite.
		Instalación de seccionadores NA	A la altura de la autopista, aproximadamente a 700 mts de el túnel de La Cabrera
		Instalación de seccionadores NA	En la carretera frente a la Fila La Guaricha.
		Instalación de un banco de regulación (4%)	Localizado en la Autopista Regional del Centro, frente a la Urb. Los Chaguaramos.
	Mariara	Cambio de calibre de conductor a 3# 4/0 ARV	Desde la plaza Bolívar de Aguas Calientes hasta final de calle Aguas Calientes

S/E	Circuito	Obras	Ubicación
Santa Clara	Mariara	Construcción de tramo de línea de 300 mts en 3# 4/0 ARV.	Al final de la calle Aguas Calientes.
		Instalación de Regulador de Tensión de 3% de regulación	En Autopista Regional del Centro, frente a la Urb. La Estancia.
	Covenal	Construcción de tramo de línea de aproximadamente 2 Km en 3 # 4/0 ARV.	Desde el grupo Covenal hasta el Hospital Simón Bolívar de Mariara
	Libertad	Construcción de tramo de línea de 300 mts en 3 # 2 ARV.	En la calle Carabobo Sur hasta el Mercal en Mariara
		Instalación de seccionadores (NA)	Frente al Hospital Simón Bolívar de Mariara
		Instalación de banco de Reguladores de Tensión (3%).	En tramo de la Autopista Regional del Centro, a la altura del Barrio Libertador.
Guacara I	Coats	Construcción de tramo de línea de aproximadamente 350 mts en 3# 4/0 ARV, en posteadura ya existente	En la calle La Diablera, San Joaquín
	Camachera	Instalación de banco de condensadores 3x 100 KVAR	En las instalaciones de la Hacienda. El Banco. San Joaquín.
Pruinca	Villas del Centro	Construcción de tramo de línea en 3# 4/0 ARV de interconexión entre circuito Villas del Centro y Camachera	Aproximadamente a 750 mts de la ciudadela Negro Primero en la autopista regional del centro.

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

Tabla 24. Inversiones propuestas para el Sistema Presente.

Ubicación	Proyecto	Descripción	Costo (BsF)
Mariara	Transformador 115/13.8 KV 30 MVA (S/E Santa Clara)	Ampliación de la capacidad de la subestación en el patio de 13.8 KV, que sustente la construcción de los nuevos circuitos que servirán de aliviadero a la condición actual de los circuitos de la región.	1.875.000,00
Mariara	Cambio de Calibre 4/0 ARV a 336 ARV 5.5 Km	Cambio de Calibre de todo el circuito Heinz, de 4/0 ARV a 336 ARV, a fin de mejorar la calidad de servicio prestada a éste importante suscriptor industrial.	990.000,00
Mariara	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 2.3 Km (S/E Santa Clara)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, circuito “El Guamacho”, descrito anteriormente, y que permitirá aliviar la condición crítica de los circuitos Libertad y Aguas Calientes.	249.000,00
Mariara	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 7 Km (S/E Santa Clara)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, circuito “Mariara II”, descrito previamente, que servirá para descargar los circuitos ya existentes Mariara, El Deleite	750.000,00

Ubicación	Proyecto	Descripción	Costo (BsF)
Mariara	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 5.8 Km (S/E Santa Clara)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, circuito “La Pradera”, descrito previamente, que servirá para descargar los circuitos ya existentes Coats y Camachera.	1.044.000,00
San Joaquín	Transformador 34.5/13.8 KV 10 MVA (S/E Pruinca)	Aumento de capacidad de la S/E Pruinca, de 5 MVA a 10 MVA. Para satisfacer la demanda eléctrica de los sectores que actualmente alimenta el circuito Villas del Centro, y Urb. La Pradera.	537.000,00
Mariara / San Joaquín	Banco de Reguladores de Tensión 10% de Rango de Regulación	Compra e instalación de 10 bancos de Regulación de Tensión, a ubicar en los circuitos Heinz, El Lago, San Bernardo, Aguas Calientes, Mariara, El Deleite, Libertad, Covenal, Mariara II. A fin de mejorar el perfil de caída de tensión.	3.900.000,00

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008).

VI.2 SISTEMA PROPUESTO PARA CORTO PLAZO.

Para el periodo a corto plazo, es decir a 4 años, se plantea el aumento de capacidad de la S/E Pruinca a 20 MVA, a fin de atender los futuros aumentos de la demanda eléctrica en la zona norte de la Autopista Regional del Centro en San Joaquín. En correspondencia a éste aumento, se debe plantear el incremento de la capacidad en el patio de 34.5 KV de la S/E Guacara I (de esta S/E parte el circuito Pruinca, que alimenta a la S/E homónima).

Por otra parte, y basado en el resultado obtenido de la repartición de cuadrículas a mediano plazo, se plantea la construcción de una S/E de Transmisión (115/13.8) en el sector de Mariara, cuyo Centro de Carga se establece en el punto de máxima concentración de demanda a mediano plazo, es decir, se trabaja con las condiciones del peor escenario posible (ver figura 26). La razón por la que se plantea una S/E de esta magnitud, es debido al índice de carga que se proyecta para la zona a corto y mediano plazo, requiriéndose así 10 circuitos nuevos para servir de energía eléctrica la región. Ésta S/E se alimentara desde la S/E Caña de Azúcar (230/115 KV).

Además, se propone el aumento de capacidad de la S/E Santa Clara en el patio de 34.5 KV, a fin de servir de fuente al circuito que alimentará la futura S/E a establecerse en la población de San Joaquín a mediano plazo.

Tabla 25. Inversiones propuestas a Corto Plazo

Ubicación	Proyecto	Descripción	Costo (BsF)
Mariara	S/E Diego Ibarra 115/13.8 KV 2 x 30 MVA	Construcción de una S/E de Transmisión (115/13.8 KV), a fin de cubrir la demanda que se proyecta para el municipio Diego Ibarra a corto y mediano plazo.	18.300.000,00
Mariara	Bahía de 115 KV (S/E Caña de Azúcar)	Adecuación completa para la Bahía de 115 KV en la S/E Caña de Azúcar, para sustentar la Línea de Transmisión que alimentará la S/E Diego Ibarra propuesta.	645.000,00
Mariara	Línea AT 115 KV 4.5 Km	Construcción de una Línea en Alta Tensión (115 KV) desde la S/E Caña de Azúcar (230/115 KV), para alimentar a la nueva S/E “Diego Ibarra”.	1.740.000,00
Mariara	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 2 Km (S/E Diego Ibarra)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, para el suministro eléctrico a las zonas Vista Alegre, Fila La Guaricha.	360.000,00
Mariara	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 5.5 Km (S/E Diego Ibarra)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, a fin de suplir de energía eléctrica los sectores que circundan la zona Este de Mariara.	990.000,00

Ubicación	Proyecto	Descripción	Costo (BsF)
Mariara	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 7.5 Km (S/E Diego Ibarra)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, para servir de energía eléctrica al sector Nor-Este de Mariara, la Granja “El Rincón”, Asentamiento “Las Huertas”, Barrio Aguas Calientes.	1.350.000,00
Mariara	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 3 Km (S/E Diego Ibarra)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, con el fin de alimentar las zonas del Este de Mariara circundantes a la Autopista Regional del Centro.	540.000,00
Mariara	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 1 Km (S/E Diego Ibarra)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, para el suministro de electricidad para el Barrio Vista Alegre y el Parcelamiento El Deleite	180.000,00
Mariara	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 2.5 Km (S/E Diego Ibarra)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, a fin de suministrar energía eléctrica al Barrio 19 de Abril, Cerro El Calvario, Sector 22 de Mayo, y zonas circundantes.	450.000,00
Mariara	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 3 Km (S/E Diego Ibarra)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, para servir a la Ciudadela José Antonio Anzoátegui, Teneria El Puma, Barrio 1 de Diciembre, y sectores circundantes en un radio de 500m	540.000,00

Ubicación	Proyecto	Descripción	Costo (BsF)
Mariara	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 4 Km (S/E Diego Ibarra)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, para el suministro de electricidad de Sitio Agua Blanca, Lámparas Mariara, Barrio La Democracia, Barrio Las Cocuicitas, Las Brisas, y sectores que las rodeen.	720.000,00
Mariara	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 1.8 Km (S/E Diego Ibarra)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, troncal 4/0 Arvidal, para suplir de energía al Conjunto Residencial Mariara, Cerro La Cruz, Barrio Las Flores.	324.000,00
Mariara	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 2.7 Km (S/E Diego Ibarra)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor troncal 4/0 Arvidal, que servirá para alimentar las cargas a establecerse en el Barrio Mariscal Sucre, Barrio La Fajina, sectores entre Calle Aguas Calientes y Carretera Nacional.	486.000,00
Mariara	Transformador 115/34.5 KV 30 MVA (S/E Santa Clara)	Aumento de capacidad de la S/E Santa Clara, nivel de 34.5 KV, con un transformador extra de 30MVA, a fin de suplir la carga que en 4 años se incorporaría al establecerse la industria Cartones Corrugados. Además, desde este transformador se alimentará la S/E San Joaquín (34.5/13.8 KV) que se plantea para mediano plazo.	1.100.000,00
San Joaquín	Transformador 34.5/13.8 KV 10 MVA (S/E Pruinca)	Aumento de capacidad de la S/E Pruinca, de 10 MVA a 20 MVA con la incorporación de un transformador 10 MVA, 34.5/13.8 KV. Para abastecer el crecimiento en la demanda eléctrica que se proyecta para los sectores que actualmente alimenta dicha subestación	537.000,00

Ubicación	Proyecto	Descripción	Costo (BsF)
San Joaquín	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 4 Km (S/E Santa Clara)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, troncal 4/0 Arvidal, para suplir de energía eléctrica las cargas a establecerse en el área que circunda el tramo norte de la Autopista Regional del Centro, entre el Canto del Diablo, Distribuidor Santa Clara y hacia el Oeste hasta el Barrio Cantaclaro, a corto plazo.	720.000,00
San Joaquín	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 3 Km (S/E Santa Clara)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, troncal 4/0 Arvidal, para servir de aliviadero al circuito San Bernardo, tomando las cargas que actualmente éste alimenta en la parte sur de la Autopista Regional del Centro, Urb. San Bernardo y sectores circundantes.	540.000,00
San Joaquín	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 1.5 Km (S/E Santa Clara)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, troncal 4/0 Arvidal, a fin de servir de energía eléctrica las cargas a establecerse en la zona norte entre San Joaquín y Mariara, en las inmediaciones del Canto del Diablo.	220.000,00
Guacara	Transformador 115/34.5 KV 30 MVA (S/E Guacara I)	Aumento de capacidad de la S/E Guacara I, en el patio de 34.5 KV, con un transformador extra de 30 MVA. Para corresponder al aumento de la S/E Pruinca, la cual es alimentada desde ésta subestación en 34.5 KV.	1.100.000,00

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008).

VI.3 SISTEMA PROPUESTO PARA MEDIANO PLAZO.

A mediano plazo se propone la construcción de la S/E San Joaquín (34.5/13.8 KV, 2x10 MVA), para alimentar las sectores que conforman el casco central del municipio San Joaquín, disponiendo de cuatro circuitos para tal fin.

Ésta S/E se establecerá en un terreno ubicado en las inmediaciones de la Hacienda Carabalis, punto donde se encuentra el Centro de Carga, de acuerdo a los resultados obtenidos en la repartición de la demanda por cuadrículas a mediano plazo como se muestra en las figuras 26 y 27, en ellas se observa, la carga total conectada por cuadrícula; para el cálculo de centro de carga se vio en la necesidad de sectorizar la carga, esto es, calcular un centro de carga para el municipio San Joaquín y un centro de carga para el Municipio Diego Ibarra, en este sentido los centros de carga son los mostrados en dicha figura, donde las cuadrículas con tonalidades rojizas (rosado, fucsia, naranja) representan los circuitos asociados a la subestación San Joaquín propuesta para mediano plazo, las cuadrículas con tonalidades azul-morado representan los circuitos perteneciente a la subestación Diego Ibarra a instalarse a corto plazo, las cuadrículas en gris y verde-amarillo son los asociados a las subestaciones Pruinca y Santa Clara respectivamente.

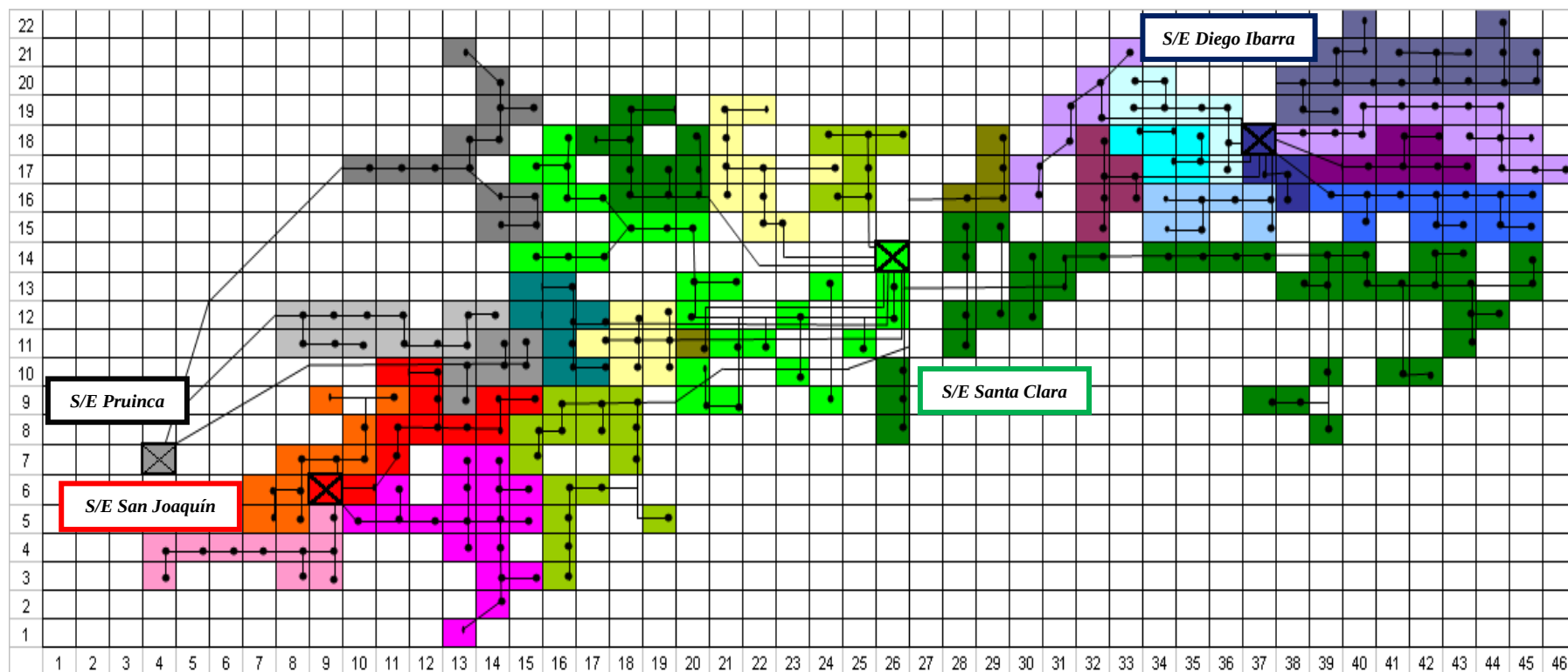


Figura 27. Distribución de los circuitos por cuadriculas a mediano plazo. Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008).

Tabla 26. Inversiones Propuestas para el Mediano Plazo

Ubicación	Proyecto	Descripción	Costo (BsF)
San Joaquín	S/E San Joaquín 34.5/13.8 KV 2 x 10 MVA	Construcción de una S/E de Distribución (34.5/13.8 KV), a fin de cubrir la demanda que se proyecta para el municipio San Joaquín a mediano plazo.	8.160.500,00
San Joaquín	Línea MT 34.5 KV 10.2 Km	Construcción de una Línea en Media Tensión (34.5 KV) desde la S/E Santa Clara (115/34.5/13.8 KV), para alimentar a la S/E “San Joaquín” propuesta en este trabajo.	2.040.000,00
San Joaquín	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 3 Km (S/E San Joaquín)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, a fin de alimentar las cargas proyectadas para la Urb. La Pradera, Urb. Tierra del Sol, Urb. Guayabal, y sectores circundantes.	540.000,00
San Joaquín	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 4.3 Km (S/E San Joaquín)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, para servir las cargas existentes y aquellas que se establecerán en las zonas adyacentes a la Hacienda el Banco, Urb. Castellana, Urb. Las Gardenias.	774.000,00
San Joaquín	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 2.5 Km (S/E San Joaquín)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, para alimentar las cargas contiguas a la Urb. Villa del Centro, Urb. Villas del Centro.	450.000,00
San Joaquín	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 4.7 Km (S/E San Joaquín)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, a fin de suministrar electricidad a la Urb. La Camachera, Barrio José Tomas Gallardo y sectores adyacentes.	846.000,00

Ubicación	Proyecto	Descripción	Costo (BsF)
San Joaquín	Línea 13.8 KV 4/0 ARV 9 Km (S/E Pruinca)	Construcción de una Línea de 13.8 KV, conductor 4/0 Arvidal, para servir de energía a la Urb. Los Jabillos, Barrio 19 de Abril, y cargas ubicadas al norte de estos sectores.	1.620.000,00

Fuente: Carpentiero, Castellanos (2008)

CONCLUSIONES

Luego de analizar el sistema eléctrico presente de los municipios Diego Ibarra y San Joaquín, se tiene que el 70 por ciento del total de los circuitos que alimentan la región, presentan problemas, ya sea debido a la caída de tensión o el exceso de carga que se mantiene en los conductores, disminuyendo así el nivel de calidad y flexibilidad del servicio eléctrico prestado.

Como medida correctiva a esta situación, se plantearon transferencias entre circuitos, a fin de descargar a aquellos que sobrepasaran los niveles de cargabilidad normalizados. Además, se propusieron cambios de calibre de conductores, en tales casos donde la carga superaba la capacidad de diseño; finalmente, como últimas medidas correctivas para el sistema presente, se plantearon la construcción de dos circuitos nuevos desde la S/E Santa Clara, y otro circuito proveniente desde la S/E Pruinca, además de la instalación de Reguladores de Tensión en un total de nueve circuitos con excesivo nivel de caída de tensión.

De este mismo análisis, se percibe que la S/E Santa Clara se encuentra condicionada a un factor de utilización de 98%, por lo que se imposibilita contar con la aplicación del criterio de Capacidad Firme. A su vez, por tratarse de una S/E en un esquema radial a nivel de 115 KV, ubicada en el extremo final del mismo, se hace inaplicable el criterio de Sistema Firme, pues no es posible la transferencia con alguna S/E vecina en caso de operaciones de emergencia.

Al realizar la proyección de la demanda eléctrica a corto y mediano plazo, se evidencia que ésta supera la capacidad instalada, tanto en la S/E Santa Clara como en los demás circuitos que alimentan a la zona en estudio, provenientes de la S/E Guacara I y S/E Pruinca, es por ello que se hace necesaria la construcción de una S/E 115/13.8 KV en la

población de Mariara a corto plazo, en respuesta al crecimiento que presentará dicha población para los años venideros. Cabe destacar que ésta S/E propuesta mejorará no solo la situación de la población de Mariara en cuanto a calidad de servicio, sino que permitirá la aplicabilidad del criterio de Sistema Firme a la S/E Santa Clara, al contarse con ésta nueva S/E vecina como punto de transferencia en caso de emergencias.

A mediano plazo, tomando en cuenta el crecimiento de la demanda eléctrica que presentará el municipio San Joaquín, se plantea la construcción de una S/E 34.5/13.8 KV de 2x10 MVA de capacidad, alimentándose desde el patio de 34.5 KV de la S/E Santa Clara, aumentado con un transformador extra de 30MVA.

Por otra parte, cabe considerar que la Máquina de Vector de Soporte (SVM), como procedimiento para la proyección de demandas eléctricas, presenta una ventaja que la sitúa un paso adelante con respecto a las demás metodologías empleadas (Mínimos Cuadrados en el caso de CADAPE), la cual es su óptimo desempeño con datos con comportamiento no-lineal (como es el caso de los circuitos eléctricos).

Los resultados obtenidos con la aplicación de SVM, fueron comparados con la proyección de la demanda arrojada desde un software de análisis estadístico de amplio uso comercial, como lo es STATGRAPHICS. Ésta comparación permitió validar los valores obtenidos a corto y mediano plazo por SVM, pues el software STATGRAPHICS dentro de sus graficas de resultados, generaba un limite de validez del 95%, es decir que cualquier valor dentro de éste limite es considerado como óptimo y aceptable, resultando así, que las curvas obtenidas por SVM correspondieron a valores dentro de este limite de confiabilidad.

BIBLIOGRAFIA

- [12] BURGES C. (1998) A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition. Boston, Estados Unidos. Kluwer Academic Publishers.
- [13] CADAFE (2000). Instructivo de actividades para usar el sistema de predicción de demanda. ELECENRO
- [1] CADAFE (1974) Manual de Modelos Normativos para Sistema de Distribución. Caracas. INELECTRA S.A.
- [14] CARAGEA D. y Otros (2001). Gaining Insights Into Support Vector Machine Patterns Classifiers.
- [15] CHOURIO R., M. P. (2004). Diseño de un filtro activo de armónicos utilizando Máquinas de Vectores de Soporte (SVM's). Universidad de Carabobo.
- [3] GARCIA A., G. R. (1994). Estrategias para mejorar la confiabilidad del sistema de distribución de energía eléctrica del Eje Mariara – San Joaquín y de la estimación de demanda a corto y a mediano plazo. Instituto Universitario Politécnico de las Fuerzas Armadas Nacionales.
- [16] GARCIA J., P. A. (1992). Análisis del sistema presente y predicción de la demanda en los alimentadores de 13.8KV de la subestación Cagua – Estado Aragua. Universidad de Carabobo.

- [17] GUNN S. (1998). Support Vector Machines for Classification and Regression. Faculty of Engineering, Science and Mathematics School of Electronics and Computer Science. University of Southampton.
- [10] FASANNELA M (2004). Predicción de series de tiempo usando máquinas vectoriales de soporte. Caso estudio: series de tiempo económicas Venezolanas. Universidad de Carabobo.
- [9] FIDIAS ARIAS (1999) El proyecto de investigación. Guía para su elaboración. Caracas. Editorial Episteme.
- [8] HERNANDEZ R. y Otros. Metodología de la investigación. Mexico. McGraw-Hill
- [5] LUKOSTCHUK, A. (2006) Fallas en Sistemas de Potencia. Universidad de Carabobo. Valencia.
- [18] MONTENEGRO M, (1993) Adecuación y Redistribución de las Redes Eléctricas del Rectorado. Universidad de Carabobo.
- [6] NARANJO A. (2004) Proyecto de Sistemas de Distribución Eléctricos. 1° Edición. Editorial Equinoccio.
- [2] NORMAS DE CALIDAD DEL SERVICIO DE DISTRIBUCION DE ELECTRICIDAD. (2004) Gaceta Oficial 38.006 Calidad de Energía.
- [4] O.A. ASOCIADOS C.A. (1998). Revisión del sistema eléctrico de los municipios San Joaquín, Diego Ibarra, Guacara y Carlos Arvelo.
- [19] PEREZ E. (1993) Estudio de Planificación del Sistema del Sistema de Distribución a

corto mediano y largo plazo del sector Zuata Estado Aragua. Universidad de Carabobo.

[7] PUCHE L. (s/f). Subestaciones Eléctricas. Universidad de Carabobo.

[20] RESENDIZ J. (2006) Las Máquinas de Vector de Soporte para la identificación en línea. México D.F., México. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

[11] SEIJAS C., C. A. (2004). Estimación del Potencial de la Membrana Celular Usando Máquinas de Vectores de Soporte. IV Congreso Venezolano de Ingeniería Eléctrica. Universidad Simón Bolívar. Caracas.

[21] SMOLA A, S. B. (1998). A tutorial on support vector regression. NeuroCOLT.

[22] VAPNIK V. (1995). The nature of Statical Learning Theory Springer – Verlag New York.

[23] VILLAZANA S. (2004). Estimación de la resistencia retórica del motor de inducción usando maquinas de vectores de soporte. Universidad de Carabobo.

RECOMENDACIONES

Las estrategias sugeridas para el mejoramiento de la calidad y flexibilidad del sistema de distribución de energía eléctrica en los municipios San Joaquín y Diego Ibarra, son producto del estudio de planificación (sistema presente, corto y mediano plazo) realizado en este Trabajo Especial de Grado, de esta forma, la puesta en práctica oportunamente de las mismas, proporcionará un mejoramiento en la calidad de servicio prestada a dichos municipios.

Se recomienda también, mantener actualizado el Plan de Desarrollo Urbano, proporcionado por las Alcaldías y por el Ministerio de Infraestructura, con miras a futuros estudios eléctricos que se programen en los municipios Diego Ibarra y San Joaquín.

Igualmente, se exhorta a llevar un registro actualizado de las planillas SUS-50, proporcionadas por la Coordinación de Apoyo a la Gestión Comercial, ya que en estas se reflejan los índices de consumo de energía por tipo de Suscriptor, información imprescindible para los estudios de repartición de demanda eléctrica por cuadrículas.

Se plantea la revisión de las normas referentes a calidad de servicio eléctrico de la empresa CADAFE, que en conjunto a la Normativa de Calidad de Servicio de Distribución de Energía Eléctrica, se llegue a una estandarización de los criterios aplicables, que lleven a un mejor servicio de energía eléctrica. De esta misma forma, se propone a consideración la normalización del calibre 336 ARV, como conductor para distribución de electricidad a cargas que representen un importante bloque de energía.

Por otra parte, y en consideración a los resultados obtenidos en el presente Trabajo Especial de Grado, se recomienda que el procedimiento utilizado para pronósticos de la

demanda eléctrica sea Máquina de Vector de Soporte, ya que como se demostró, este sistema genera estimaciones de la demanda eléctrica más óptimos y realistas, significando una ventaja respecto al sobre-dimensionamiento, al momento de realizar el diseño de los sistemas propuestos para corto y mediano plazo. En este mismo orden de ideas, se recomienda para un futuro trabajo investigativo, en base a la Máquina de Vector de Soporte, diseñar un software que incorpore los distintos módulos usados en CADAFE para el proceso completo de proyección, pronóstico y repartición de la demanda eléctrica por cuadrículas, de esta forma, se estaría dando vigencia a una metodología que serviría de relevo a la actualmente usada en la empresa CADAFE, basada en módulos en sistema operativo ambiente MS-DOS (MAD, SPD, PROY, entre otros).