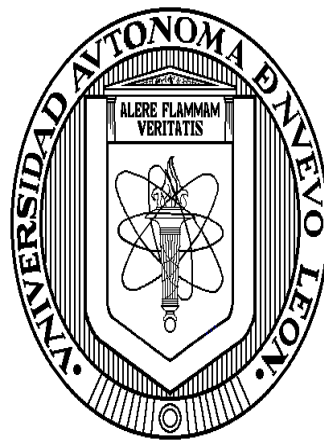


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



**APLICACIÓN DE ALGORITMOS GENÉTICOS EN LA PLANEACIÓN
DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN**

POR

ING. JORGE ARMANDO SOLÍS DÁVILA

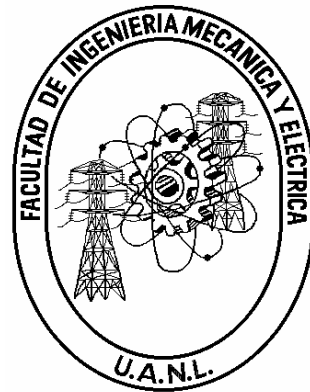
**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA ELÉCTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA**

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L. DICIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



**APLICACIÓN DE ALGORITMOS GENÉTICOS EN LA PLANEACIÓN
DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN**

POR

ING. JORGE ARMANDO SOLÍS DÁVILA

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA ELÉCTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA**

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L. DICIEMBRE DE 2007

DEDICATORIAS

A mi Familia:

A mi esposa Myrna y mis hijos Jorge y Renata por su apoyo y comprensión y sobre todo por la gran motivación que generan en mi persona.

A mis padres por ese gran impulso inicial que me dieron.

A mis maestros:

A mi maestro y mentor el Dr. Salvador Acha Daza por su apoyo y dedicación en el desarrollo de la maestría.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento al Dr. Ernesto Vázquez Martínez, asesor de este trabajo por su gran motivación, apoyo y dedicación para llevar a un feliz termino el presente trabajo de tesis.

De igual forma agradezco a las Autoridades de CFE que me permitieron y apoyaron para participar en esta Maestría y a todos los compañeros que participaron en esta aventura y juntos nos apoyamos para lograr terminarla victoriosamente.

RESUMEN

Fecha de graduación diciembre de 2007

Jorge Armando Solís Davila.

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

**Título del Estudio: APLICACIÓN DE ALGORITMOS GENÉTICOS EN
LA PLANEACIÓN DE SISTEMAS DE
DISTRIBUCIÓN.**

**Número de página: 59 Candidato para el grado de Maestría en Ciencias de la
Ingeniería Eléctrica con especialidad en Potencia.**

Área de estudio: Sistemas de Distribución Eléctrica.

Propósito y Método de Estudio: El problema de la planeación de redes de distribución es complejo debido a las altas inversiones que representan el adicionar elementos en estas redes de transmisión – distribución y a las variables de calidad del voltaje que representan restricciones difíciles de vencer un momento dado. El propósito este trabajo es proporcionar las bases necesarias para codificar en un software un modelo aplicando algoritmos genéticos tales como mutaciones, cruza y selección, que nos proporcionen una representación de los mejores escenarios en como se conectaría el sistema de transmisión – distribución.

Contribuciones y conclusiones: Se presenta una metodología la cual es posible codificar y aplicar para sistemas de transmisión – distribución, la cual proporcionara escenarios que cumplirán con la normatividad aplicada en la División de distribución Golfo Norte.

FIRMA DEL ASESOR:

Dr. Ernesto Vázquez Martínez

CONTENIDO

Capítulo	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 MOTIVACIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 OBJETIVO	4
1.4 ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	4
2. PLANEACIÓN DELA EXPANSIÓN DE REDES ELÉTRICAS.....	6
2.1 OBJETIVO DE LA PLANEACIÓN	6
2.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN/DISTRIBUCIÓN	7
2.3 LEYES DE TRNSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN.....	10
2.4 DIFERENTES TIPOS DE DISEÑO DE LOS SISTEMÁS DE DISTRIBUSIÓN	16
2.5 TOPOLOGÍA TRONCAL Y MULTITRONCAL	18
2.6 CONFIABILIDAD EN LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN/DISTRIBUCIÓN	19
2.6.1 ÍNDICE DE LA FRECUENCIA PROMEDIO DE INTERRUPCIÓN DEL SISTEM.....	21
2.6.2 ÍNDICE DE LA FRECUENCIA PROMEDIO DE INTERRUPCIÓN POR USUARIO	21
2.6.3 INDICE DE LA DURACIÓN PROMEDIO DEL	

SISTEMA	22
2.64 ÍNDICE DE LA FRECUENCIA PROMEDIO DE INTERRUPCIONES MOMENTÁNEAS	22
2.7 ANÁLISIS USANDO LOS ÍNDICES DE CONFIABILIDAD	22
2.8 CONCLUSIONES	23
3. ALGORITMOS GENÉTICOS	25
3.1 ALGORITMOS GENÉTICOS	25
3.2 DEFINICIÓN DE UN ALGORITMO GENÉTICO	25
3.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS	26
3.4 DIFERENCIAS ENTRE ALGORITMOS GENÉTICOS Y LOS MÉTODOS TRADICIONALES DE BUSQUEDA	28
3.5 ESQUEMAS DE REPRESENTACIÓN	28
3.6 OPERADORES	29
3.6.1 SELECCIÓN	29
3.6.2 CRUZA	30
3.6.3 MUTACIÓN	32
3.6.4 OTROS OPERADORES	33
3.7 APLICACIÓN DE ALGORITMOS GENÉTICOS	33
3.8 OPERACIÓN DE UN ALGORITMO GENÉTICO	34
3.9 ALGORITMOS GENÉTICOS EN SISTEMAS DE POTENCIA	39
3.10 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	39
4. ALGORITMOS GENÉTICOS EN LA PLANEACIÓN ÓPTIMA MULTIESCENARIO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	41

4.1	INTRODUCCIÓN.....	41
4.2	MODELO DE PLANEACIÓN DE DISTRIBUCIÓN.....	42
4.2.1	BASE DE DATOS	45
4.2.2	INICIALIZACIÓN DE VARIABLE	45
4.2.3	GENERACIÓN DE POBLACIÓN BASE.....	46
4.2.4	EVALUACIÓN	46
4.2.4.1	ANÁLISIS TÉCNICO.....	46
4.2.4.2	EVALUACIÓN ECONOMICA.....	47
4.2.5	CODIFICACIÓN GENÉTICA.....	48
4.2.6	APLICACIÓN ALGORITMOS GENÉTICOS.....	48
4.2.7	DECODIFICACIÓN GENÉTICA	49
4.2.8	ACTUALIZACIÓN DE DATOS Y SELECCIÓN DE PLANES BASES.....	49
4.2.9	RESULTADO FINAL.....	50
4.3	RESTRICCIONES	50
4.4	RESULTADOS	51
4.5	CONCLUSIONES.....	52
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
5.1	CONCLUSIONES.....	54
5.2	APORTACIONES.....	55
5.3	RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS	55
5.4	RESTRICCIONES	56
	BIBIOGRAFÍA	57
	APÉNDICE A.- GLOSARIO	59

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA O TABLA	Página
2.1 Sistema de Transmisión/Distribución.....	8
2.2 Diagrama de un Sistema Transmisión/Distribución diferenciado Por voltaje.....	11
2.3 Estadística de 10 años de interrupciones por nivel, en un sistema de transmisión/distribución	12
2.4 Red de distribución de media tensión.....	14
2.5 Área de influencia de subestaciones cubriendo todo el espacio de cargas	15
2.6 Los cuatro elementos que conforman una subestación, deben de reunirse con exactitud sin estos no es posible que se de una.....	15
2.7 Tres tipos de diseño de sistemas de transmisión/distribución	17
2.8 Topología de dos diferentes tipos de distribución en media tensión.....	19
2.9 Tipos de interruptores.....	20
3.1 Operador de cruzamientos con un punto fijo.....	31
3.2 Operador de cruzamiento con dos puntos fijos	32
3.3 Pseudos-código de un Algoritmo Genético	34
3.4 Evaluación de la población inicial de cromosomas.....	35
3.5 Formación de la ruleta en base al nivel de aptitud de cada Cromosoma.....	36
3.6 Cruzamiento de los cromosomas 1 y 2.....	37
3.7 Cruzamiento de los cromosomas 3 y 4.....	37
3.8 Evaluación de la segunda generación de cromosomas.....	38
4.1 Diagrama de bloques del algoritmo genético para aplicarse en el desarrollo de redes de distribución	44

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. MOTIVACIÓN

Los sistemas de transmisión y distribución de potencia, están formados por cientos de elementos como son líneas, subestaciones, transformadores, redes, etc., todos ellos interconectados y operando en conjunto para suministrar potencia a los usuarios.

Tradicionalmente los sistemas eléctricos concentran la generación en pocos puntos con fuertes capacidades concentradas, teniéndose la necesidad de mover la potencia de estos puntos ubicados por lo general a grandes distancias (1).

Debido a la importancia de los sistemas eléctricos de potencia se requieren planes de fuertes inversiones a corto, mediano y largo plazo.

En la actualidad este proceso de planeación de redes de transmisión y distribución se efectúa mediante métodos estáticos, los cuales representan el comportamiento de la red de transmisión - distribución en un instante, teniendo que con cualquier variación que se presente en la red de transmisión – distribución será necesario reiniciar todo el procedimiento

1.2. ANTECEDENTES

Tradicionalmente a las empresas eléctricas se les ha dado una concesión para el suministro eléctrico en una región, asumiendo la obligación de servir y cumplir los requisitos para trabajar dentro de una estructura de precios regulados. Los precios regulados están basados en el costo y en la planeación de la empresa basada en

la minimización de costos, la empresa puede esperar hacer un retorno razonable de sus inversiones y recobrar todos sus costos, pero se debe trabajar para reducir los costos tanto como sea posible. En la planeación tradicional de una empresa eléctrica, las necesidades de expansión son definidas por la obligación de servir, y los objetivos de planeación fueron definidos considerando los precios basados en los costos. El foco de atención de la planeación es encontrar la alternativa de menor costo para servir a todos los usuarios. Adicionalmente, como único proveedor del servicio eléctrico, la empresa asume una gama de servicios como función básica para sus usuarios, esto significa que tienen la obligación de determinar e implementar al mínimo costo, el uso eficiente de la energía y otros recursos, es decir, realizar una planeación integral de los recursos.

Por lo tanto el suministro de potencia eléctrica está entre los negocios más intensos desarrollados en la actualidad. Las instalaciones requeridas de transmisión y distribución necesitan de terreno para derechos de acceso y sitios para las subestaciones, equipo de potencia para transmisión, distribución, protección y control, y una labor intensa de construcción, todos involucrando un gasto considerable. Los arreglos o planes para instalaciones nuevas o repotenciaciones normalmente requieren de varios años, significando que una compañía eléctrica usualmente debe de planear cuando menos cinco, y en algunas ocasiones tanto como diez años por adelantado.

La planeación de sistemas de transmisión - distribución es un proceso de toma de decisiones que busca el identificar el mejor programa de compromisos de recursos futuros y acciones para lograr las metas de la utilitaria de servicios(1). Ordinariamente, estas metas incluyen consideraciones financieras, minimizando costos y maximizando utilidad junto con calidad de servicio y estándares de confiabilidad, como también otros criterios, incluyendo impacto ambiental, imagen pública, y flexibilidad futura. Generalmente, el objetivo del proceso de planeación de transmisión distribución es determinar una expansión ordenada y económica de equipo e instalaciones para cumplir con la demanda eléctrica futura de la utilitaria con un nivel aceptable de confiabilidad. Esto involucra el determinar los tamaños,

localidades, interconexiones, y aplicación oportuna de adiciones de futuras instalaciones, un programa compatible de compromisos de “recursos distribuidos no-tradicionales”, así como administración orientada a la demanda, generación y almacenaje distribuidos, y automatización. Tal planeación es una tarea difícil, con tendencias recientes de márgenes para el diseño cada vez más estrechos, aumento de tiempos para las actividades previas para agregar los equipos, y el incremento de restricciones regulatorias.

Un plan viable para el sistema de transmisión - distribución debe proporcionar, no solamente una buena economía, también debe cumplir con los estándares y criterios para equipos, diseño, topología, cargas. La empresa debe determinar que todas estas características son necesarias para cumplir sus objetivos. El criterio tradicional considera los estándares de tensión y otras características de la calidad del servicio que satisfagan las necesidades de sus clientes de manera apropiada. Seguridad es una de las mayores consideraciones, un número de estándares o criterios establecen la cargabilidad de equipos, localización, aplicación y protección para garantizar una operación segura en condiciones normales y en caso de falla. El ajuste y la coordinación de protecciones tienen un papel fundamental en la confiabilidad del servicio, pero su mayor función es asegurar tanto como sea posible que las fallas de equipo no causen ningún daño a ninguna persona o al equipo primario (1).

Dando frente a este problema, se han desarrollado diversos modelos basados en las técnicas de Optimización Numérica, Programación Dinámica, Programación Entera Mixta, Métodos Heurísticos y Descomposición de Benders entre otros; orientándose recientemente hacia la aplicación de algoritmos genéticos. Esto debido a limitaciones de los modelos antes citados en cuanto a las capacidades computacionales, tamaño de redes a modelar, calidad de los datos y número de simplificaciones principalmente.

Por otra parte, los algoritmos genéticos han demostrado adaptarse adecuadamente a problemas de multiobjetivos, dinámicos y de grandes dimensiones, razón por la que buscamos utilizarlos en este trabajo.

1.3. OBJETIVO

El objetivo de esta tesis es sentar las bases de un modelo de planificación de expansión de sistemas de distribución, que permita minimizar los costos de operación e inversión, manteniendo estándares de servicio y abastecimiento según normativas de Comisión Federal de Electricidad. El modelo esta basado en la aplicación de algoritmos genéticos para que en trabajos posteriores se efectúe la codificación en “software” para su aplicación.

1.4. ESTRUCTURA DE LA TESIS

En el capítulo 2 se exponen los objetivos de un proceso de planeación de una red de transmisión - distribución, haciendo énfasis en las problemáticas que se presentan el dimensionar y ubicar en el tiempo los diversos elementos que conforman una red de transmisión distribución.

En el capítulo 3 se presenta una descripción de las principales características de un algoritmo genético como una herramienta de optimización en un espacio de búsqueda. Se indica la importancia de la representación del problema en el esquema de un cromosoma, y se describen los distintos operadores que se utilizan para cambiar la estructura del cromosoma. Finalmente se indica el algoritmo básico de un algoritmo genético y se mencionan algunas de sus aplicaciones.

En el capítulo 4 se presenta la metodología y el diagrama de flujo que se propone para la aplicación algoritmos genéticos para resolver problemas multiescenario en la planeación de redes de distribución; el propósito es reducir costos y/o pérdidas así como mejorar la regulación de voltaje aumentando la confiabilidad de la red para sus usuarios.

En el capítulo 5 se explican las conclusiones derivadas de la aplicación de la metodología propuesta para la aplicación de algoritmos genéticos en planificación multiecenario, así como las aportaciones y recomendaciones para trabajos futuros.

CAPITULO 2

PLANEACIÓN DE LA EXPANSIÓN DE REDES ELÉCTRICAS

2.1 Objetivo de la Planeación

La planeación es un proceso que consiste en dimensionar y ubicar en un periodo del tiempo las nuevas instalaciones, tomando decisiones en busca de identificar el mejor programa de compromisos de recursos futuros y acciones para lograr las metas de satisfacer la demanda de energía eléctrica. Normalmente, estas metas incluyen consideraciones financieras – minimizando costos y maximizando utilidad – junto con calidad de servicio y estándares de confiabilidad, como también otros criterios, incluyendo impacto ambiental, imagen pública, y flexibilidad futura.

Generalmente, el objetivo del proceso de planeación de un sistema de transmisión - distribución es determinar una expansión ordenada y económica de equipo e instalaciones para cumplir con la demanda eléctrica futura de los usuarios con un nivel aceptable de confiabilidad. Esto involucra el determinar los tamaños, localidades, interconexiones, y aplicación oportuna de adiciones futuras a las instalaciones de transmisión, subestación y distribución. Teniendo en cuenta que se debe de contar con un sistema de transmisión - distribución robusto es decir que sea capaz de suministrar los requerimientos de los usuarios y a su vez no ser demasiado costoso en su construcción manteniendo un adecuado nivel de confiabilidad.

De todos los elementos que conforman un sistema de transmisión - distribución el que se puede ver como el más importante son las subestaciones cuya función es

tomar potencia del lado de alta tensión del nivel de transmisión o subtransmisión, reducir el voltaje y distribuir la potencia a través de un determinado número de alimentadores primarios en el área asignada. Y en unión de todas las subestaciones necesarias cubrir el área que le corresponde atender a la compañía. Las subestaciones son elementos importantes en el comportamiento tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Las decisiones de donde localizar las nuevas subestaciones y que capacidad instalar en cada una de ellas, son los movimientos estratégicos en la planeación del suministro de energía eléctrica. Las subestaciones son el punto de unión entre el sistema de transmisión y el sistema de distribución de ahí la importancia, pero aún más importante es que definen el punto de donde saldrán los alimentadores de distribución. Las subestaciones definen restricciones sobre el sistema de transmisión, porque tienen que llegar a ellas y entregar la potencia, aún en casos donde es costoso y poco confiable.

Otro punto no menos importante que se debe de mantener observado en una planeación de sistemas de transmisión - distribución, es la confiabilidad con que se suministra la energía. Confiabilidad es el término que normalmente se utiliza en la continuidad con la que las compañías eléctricas proporcionan el servicio, y que normalmente se busca que sea mayor al 99.9%

2.2 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN - DISTRIBUCIÓN

Los sistemas de transmisión - distribución están formados un gran número de elementos operando en conjunto para trasladar la potencia necesaria del punto de generación al punto de consumo de los usuarios (Fig. 2.1). En este capítulo se mencionan las reglas que hay que seguir para un sano desarrollo de un sistema transmisión - distribución.

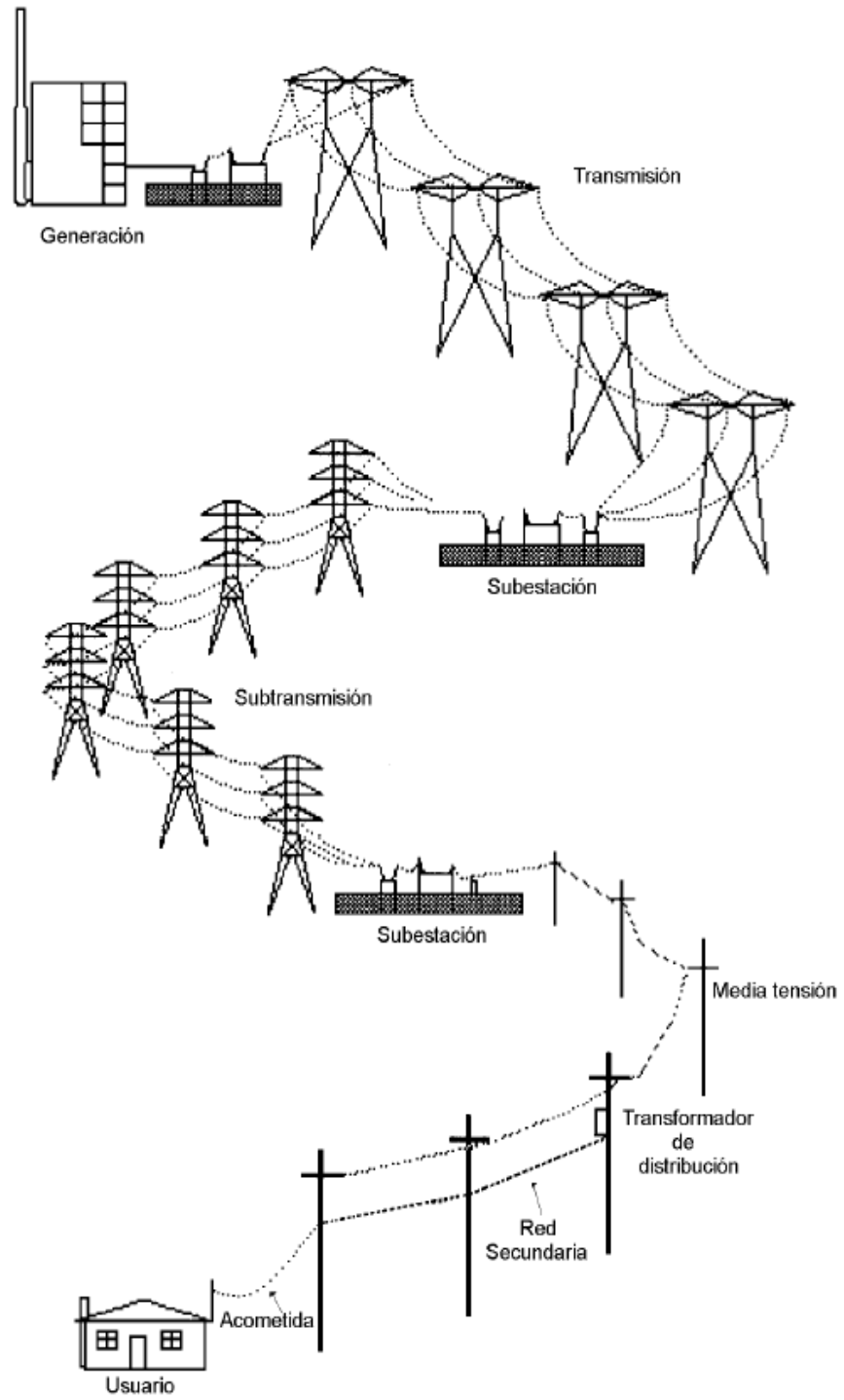


Fig. 2.1 Sistema de Transmisión/Distribución.

La misión del sistema de Transmisión - Distribución es:

1. Cubrir el territorio que sirve, alcanzando todos los usuarios.
2. Tener suficiente capacidad para suministrar la demanda pico de sus clientes.
3. Proporcionar una alta confiabilidad en el suministro.
4. Proporcionar una tensión estable a sus clientes.

Las fuertes inversiones que son necesarias para mantener un sistema de transmisión - distribución nos llevan a tener un especial cuidado en la forma que se irán añadiendo elementos al sistema especialmente los de mayor tamaño e importancia, de los que destacan las subestaciones de distribución debido a que por lo alto de su inversión, no es permitido mantener instalaciones ociosas o con baja utilización.

El suministro de la potencia eléctrica debe de darse por parte de la compañía suministradora de una manera estable e ininterrumpible, es decir suministrar la potencia de forma que sea suficiente para cubrir lo demandado por el usuario a lo largo de todo el tiempo, además de estar en condiciones aceptables de uso, lo anterior significa que se debe de proporcionar la tensión sin grandes fluctuaciones de manera que permita que los equipos eléctricos de los usuarios funcionen apropiadamente, lo que es un objetivo en la planeación de los sistemas de transmisión distribución.

Suministrar una potencia eléctrica constante es complicado de obtener en los sistemas eléctricos, esto principalmente a que la tensión varía inversamente con la demanda eléctrica, disminuye cuando la carga se incrementa y aumenta cuando la carga disminuye.

2.3 LEYES DE TRANSMISIÓN - DISTRIBUCIÓN

Para efectuar un correcto diseño de las redes de distribución existen las denominadas leyes de los sistemas de transmisión - distribución (1):

1. En los casos de trasladar bloques de energía una gran distancia, es más económico hacerlo en una tensión mayor.
2. Una línea de mayor tensión tendrá un costo mayor que una de menor tensión, pero tendrá una capacidad mayor. Existirá una reducción de costos si la línea se usa para mover grandes bloques de potencia, dentro de su propia capacidad.
3. El uso de una tensión de 120/240 volts o de 250/416, no son económicamente útiles para mover potencia más que unos cientos de metros. El uso de estos niveles de tensión es adecuado solo para una distribución "local" de energía, de lo contrario resulta inaceptable desde el punto de vista de pérdidas, caída de tensión y costo del equipo.
4. Existe un alto costo asociado al cambio del nivel de tensión en un sistema de potencia; la transformación de la tensión es uno de los mayores costos, a pesar de que la potencia por si misma no se mueve a ninguna distancia.
5. Es más económico producir potencia en grandes cantidades; esto significa que es más eficiente producir potencia en pocos lugares utilizando grandes generadores.

6. La potencia es suministrada en pequeñas cantidades a una tensión de 120 a 250 volts. En promedio un usuario tiene una demanda de 1/10000 ó 1/100000 de un generador grande.

Un sistema de transmisión - distribución esta diseñado en base a los conceptos anteriores y como ejemplo de la distribución de los elementos podemos tener el diagrama que se muestra en la Fig. 2.2.

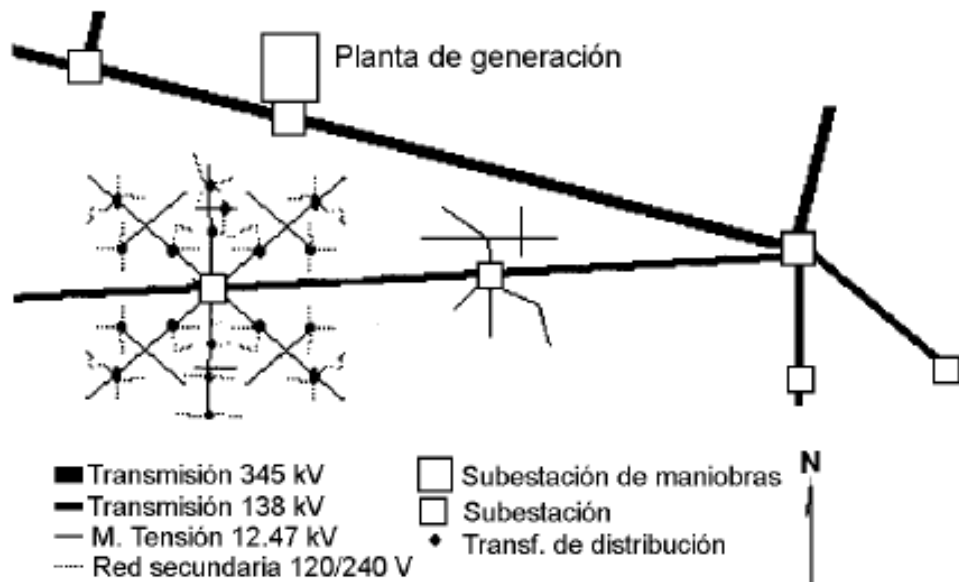


Fig. 2.2. Diagrama de un Sistema Transmisión - Distribución diferenciado por voltajes.

Los grandes bloques requeridos para satisfacer la demanda de los usuarios son trasladados en un principio en tensiones superiores (400 o 230 kV), conforme se van acercando a los puntos de consumo, estas tensiones se van transformando a niveles de tensión más seguras de ser manejadas (138 o 115 kV) los cuales son los voltajes utilizados para la subtransmisión, posteriormente estos voltajes se reducen para pasar al sistema de distribución (13.8 o 34.5 kV), y finalmente para llegar a los domicilios se transforman a sistemas de baja tensión (< 1000 volts),

en cada uno de estos pasos de reducción de voltaje los elementos que intervienen se van incrementan considerablemente, por lo que las posibilidades de falla van aumentando tal como se muestra en la figura 2.3.

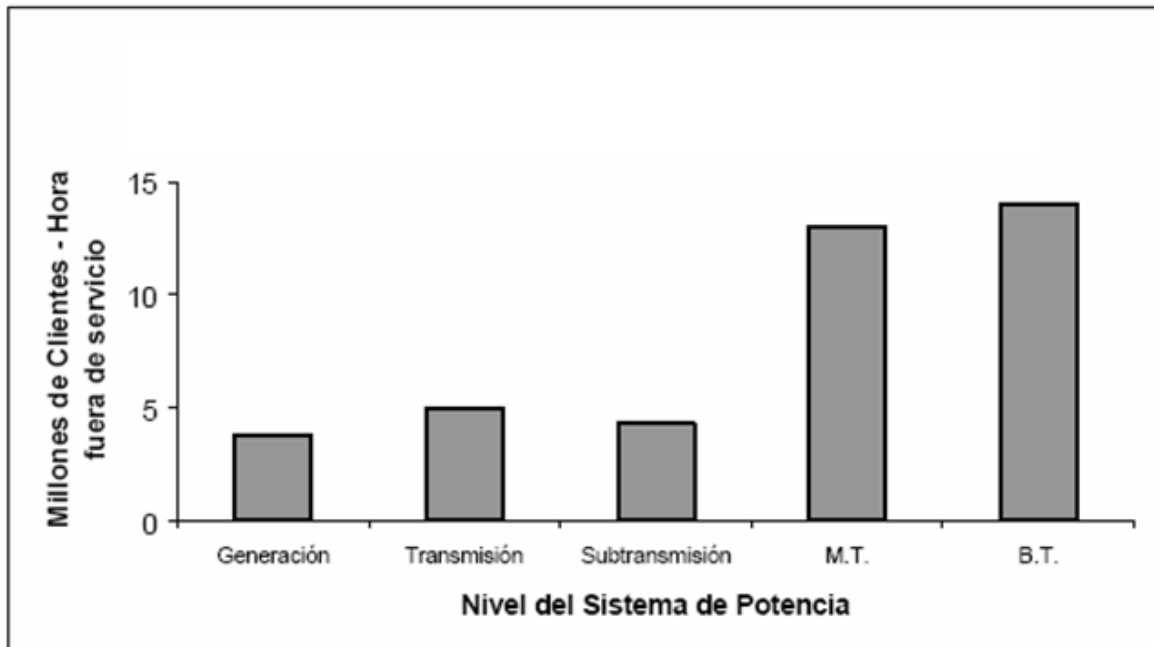


Fig. 2.3. Estadística de 10 años de interrupciones por nivel, en un sistema de transmisión/distribución.

De lo anterior se puede definir una serie de características de un sistema de transmisión - distribución esta serían (1):

- ✓ El nivel nominal de tensión y la capacidad promedio de los diferentes equipos, es cada vez menor a medida que nos movemos de la generación hacia el cliente.

- ✓ Las líneas de transmisión operan a una tensión entre 69 y 138 KV, teniendo capacidades entre 50 y 2000 MW. Como contraste los circuitos de media tensión operan entre 2.2 y 34.5 kV, teniéndose capacidades entre 2 y 27 MW.
- ✓ Como resultado tenemos que la capacidad total de cada nivel (número de unidades por su capacidad promedio) se incrementa a medida que nos movemos hacia el cliente. Por ejemplo, un sistema de potencia con 4500 MVA de capacidad en subestaciones de distribución, tener 6200 MVA de capacidad en circuitos de media tensión y 9000 MVA de capacidad instalada en transformadores de distribución.
- ✓ La confiabilidad del sistema eléctrico disminuye a medida que se incrementan el número de elementos que lo conforman, y esto se va presentando, en un sistema de transmisión - distribución en tanto nos acercamos eléctricamente hacia el cliente.

Haciendo una recapitulación deduciremos, que uno de los elementos de mayor importancia en el sistema son los transformadores, dado que son los puntos de unión entre la red de transmisión y los alimentadores de distribución. Una de sus características es que pueden resistir sobrecargas del 40% por periodos de 4 horas durante emergencias, cooperando así a mejorar la confiabilidad del sistema.

Las subestaciones no pueden proporcionar energía por mucho tiempo sobre los niveles a los que fueron diseñadas, por lo que es de vital importancia planear su ubicación para que las subestaciones mantengan su área de influencia como se indica en la Fig. 2.4.

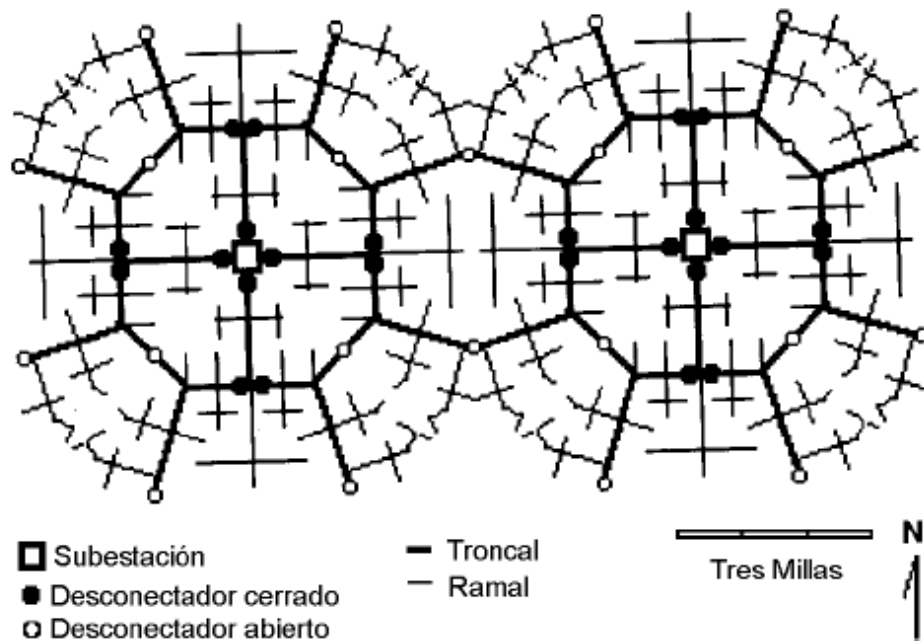


Fig. 2.4. Red de distribución de media tensión.

La potencia se distribuye de las subestaciones de distribución a través de los circuitos de media tensión, en la forma como se indica en la figura 2.4. Los desconectores abiertos hacen que el sistema eléctricamente opere en forma radial, aún cuando físicamente se tiene una malla. Las dos subestaciones tienen cada una cuatro alimentadores y su área de influencia definida(2). El objetivo es que las áreas de influencia de cada subestación cubran toda un área para una demanda de energía pre-definida ver Fig. 2.5.

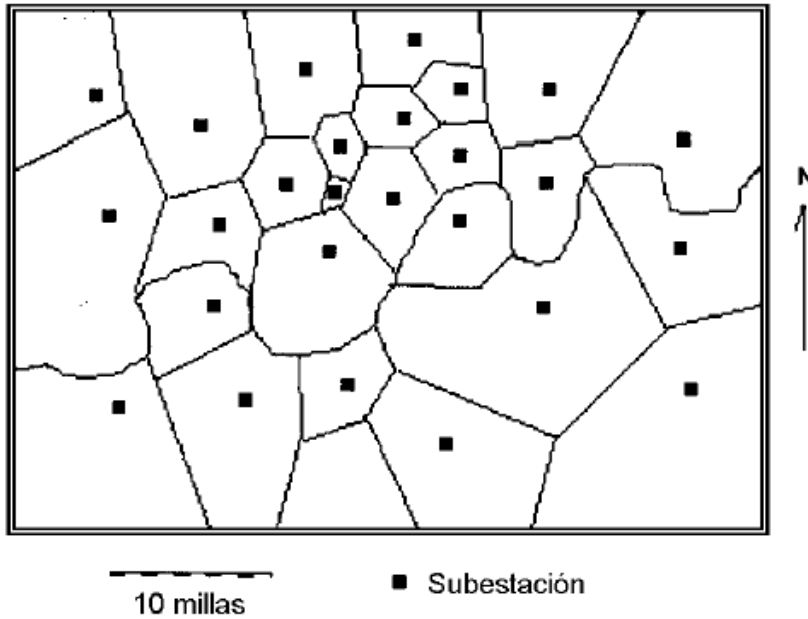


Fig. 2.5. Área de influencia de subestaciones cubriendo todo el espacio de cargas.

Una regla general es, que cada subestación debe tener suficiente capacidad para suministrar la demanda máxima de todos los usuarios de su área(2); de igual manera, los alimentadores que reciben la energía de la barra de baja tensión, deben tener la suficiente capacidad para transportar la potencia requerida para los usuarios.

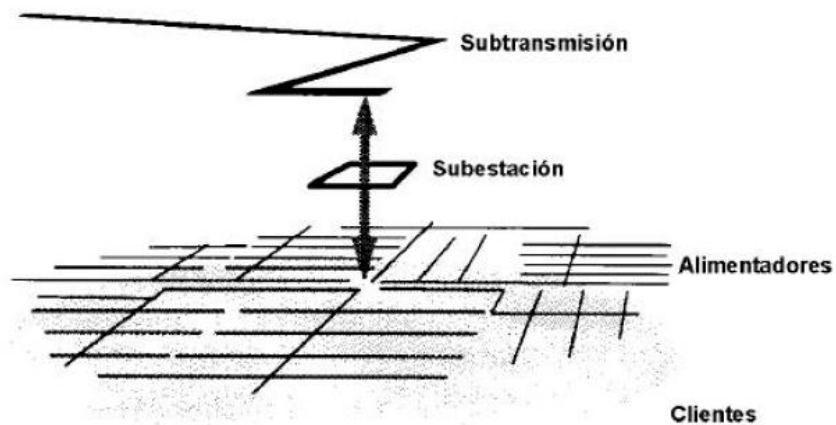
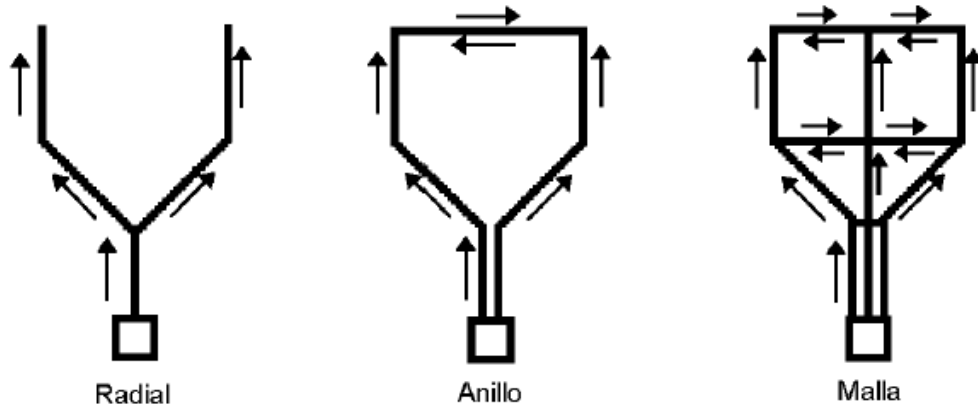


FIG. 2.6. Los cuatro elementos que conforman una subestación, deben de reunirse con exactitud sin estos no es posible que se de una.

Se considera que una subestación está formada por 4 elementos: La acometida de subtransmisión, la subestación misma, los alimentadores y los clientes. El servicio eléctrico no puede ser suministrado si los 4 elementos no funcionan en forma conjunta (ver Fig. 2.6.). La planeación de subestaciones debe considerar el impacto que tendrá la capacidad y el lugar donde se localiza la subestación sobre los cuatro elementos que la conforman.

2.4 DIFERENTES TIPOS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.

Fundamentalmente se tienen 3 formas diferentes de topologías, que las diferentes empresas eléctricas utilizan. En la Fig. 2.7. se indican los sistemas radial, anillo y malla (1) que difieren en como los alimentadores de distribución están conectados a la subestación. La mayoría de los sistemas de distribución son diseñados como sistemas radiales, este se caracteriza por tener una sola trayectoria entre cada usuario y la subestación. La potencia fluye únicamente de la subestación hacia el usuario por una trayectoria única, misma que cuando se interrumpe, se presenta una pérdida en el suministro de la potencia hacia el usuario. Este tipo de diseño es el más ampliamente usado por los sistemas de distribución, en Estados Unidos llega hasta un 99%. La razón por la cual se tiene un porcentaje tan alto es debido a las siguientes ventajas: Es mucho más económico, más simple de planear, diseñar y operar. En general la red secundaria también se diseña y opera en forma radial.



2.7. Tres tipos de diseño de sistemas de transmisión/distribución.

La mayoría de los sistemas de distribución de media tensión radiales, son construidos como mallas pero operados radialmente por desconectores abiertos en ciertos puntos, esto resulta en una configuración eléctrica radial. El ingeniero de planeación determina la configuración de la red, el tamaño de cada alimentador del sistema en la malla y decide donde deben estar los puntos de apertura para una adecuada operación del conjunto de alimentadores radiales.

Una opción en los diseños de los sistemas radiales, es el uso de ramales monofásicos o con dos fases para suministrar potencia en distancias cortas, de esta forma se tienen redes más económicas, tendiendo únicamente las fases que sean necesarias para cubrir la demanda de los clientes.

Se debe de estar consiente que los sistemas radiales son menos confiables que en anillo o malla ya que existe una sola trayectoria entre la subestación y el usuario. Si cualquier elemento de esta única trayectoria falla, se presenta una interrupción en el suministro de potencia. Cuando se presenta la falla de un elemento se deberá reparar para restablecer el servicio, transfiriendo parte de los usuarios a otro alimentador no fallado, hasta que el elemento fallado es restablecido. Este procedimiento de transferencia de carga minimiza el tiempo de interrupción al usuario cuando existe interrupción preparada para recibir dicha

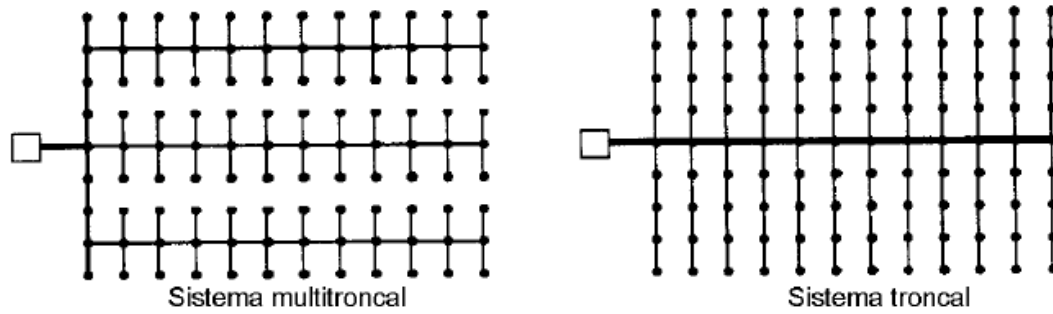
carga y esto únicamente se puede llevar a cabo si se tiene construida la red de una forma mallada.

A pesar de su aparente debilidad, los sistemas de distribución radial cuando son bien diseñados, contruidos y operados, generalmente presentan altos índices de confiabilidad.

El sistema mallado es más caro que el sistema de distribución radial, su uso es para áreas con densidad de carga muy alta y en donde las instalaciones deben ser subterráneas, en donde las reparaciones y el mantenimiento son difíciles por el congestionamiento en el tráfico de vehículos. El sistema mallado puede costar un poco más que el sistema en anillo porque requiere un poco más de conductor. El sistema en anillo requiere “doble capacidad” para incrementar la confiabilidad. En regiones densamente pobladas como el centro de grandes áreas metropolitanas, el sistema mallado no es inherentemente más caro que un sistema radial que alimente la misma área y la misma carga.

2.5 TOPOLOGIA TRONCAL Y MULTITRONCAL.

La Figura 2.8. ilustra los conceptos básicos de dos formas diferentes de un sistema de distribución radial de media tensión. Cada una tiene ventajas y desventajas para ciertas situaciones y ninguna es superior a otra en términos de confiabilidad, costo, facilidad en la protección y calidad del servicio.



2.8. Topología de dos diferentes tipos de distribución en media tensión

En el nivel de la red secundaria ésta se conecta al sistema directamente de transformadores de distribución usando circuitos radiales.

2.6 CONFIABILIDAD EN LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN/DISTRIBUCIÓN

La confiabilidad del sistema se refiere a la continuidad con que la compañía eléctrica esta suministrando la potencia a los usuarios(2). Sin embargo, esta continuidad es interrumpida por diversos fenómenos que se presentan en el sistema según se indica en la Tabla 2.1.

Tipo de interrupción	Definición
Instantánea	Una interrupción restablecida inmediatamente y de forma completa por equipo automático, o una falla transitoria que no causa operación en el equipo de protección. Típicamente es menor a 15 seg.
Momentánea	Una interrupción restablecida ya sea por seccionamiento en forma manual en el sitio donde un operador este inmediatamente disponible o de manera automática por telecontrol, usualmente es menor a tres minutos.
Temporal	Una interrupción restablecida en forma manual por un operador quién no está inmediatamente disponible. Usualmente es de 30 minutos.
Sostenida	Alguna interrupción que no es instantánea, momentánea, o temporal. Normalmente es mayor a una hora.

Tabla 2.1. Tipos de interrupciones

En el apéndice A, se encuentran las definiciones de distintos conceptos relacionados con la planeación de redes eléctricas.

Dos aspectos fundamentales asociados la continuidad del servicio son la frecuencia y la duración de las fallas y estas a su vez se definen como:

Frecuencia de fallas: es el número de interrupciones que tiene un servicio durante un periodo de tiempo.

Duración de la falla: es el tiempo que tarda en restablecer la compañía eléctrica el servicio.

Lo anterior pone de manifiesto lo complejo que es para las empresas eléctricas el medir su competitividad en base a la continuidad del servicio. Una forma de

cuantificar la continuidad del servicio es a través de índices para la medición de la confiabilidad de una red eléctrica. Estos índices son el índice de la frecuencia promedio de interrupción del sistema, índice de la frecuencia promedio de interrupción por usuario, índice de la duración promedio del sistema e índice de la frecuencia promedio de interrupciones momentáneas(1):

2.6.1. ÍNDICE DE LA FRECUENCIA PROMEDIO DE INTERRUPCIÓN DEL SISTEMA (SAIFI) (System Average Interruption Frequency Index)

Es el promedio del número de interrupciones por usuario durante el periodo de análisis. Esto es el número total de interrupciones a los consumidores que ocurrieron en el año, dividido entre el número total de usuarios en el sistema.

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{Número de interrupciones al usuario}}{\text{Total de usuarios del sistema}}$$

2.6.2. ÍNDICE DE LA FRECUENCIA PROMEDIO DE INTERRUPCIÓN POR USUARIO (CAIFI) (Customer Average Interruption Frequency Index)

Es el número promedio de interrupciones experimentadas por usuarios quienes han tenido al menos una interrupción durante el periodo.

$$\text{CAIFI} = \frac{\text{Número de interrupciones al usuario}}{\text{Número de usuarios que han tenido al menos una interrupción}}$$

2.6.3. ÍNDICE DE LA DURACIÓN PROMEDIO DEL SISTEMA (SAIDI)

(System Average Interruption Duration Index)

Es la duración promedio de todas las interrupciones del servicio al usuario durante el periodo de análisis. Aquí, el total de minutos-usuarios de interrupción es sumado y dividido entre el número total de usuarios en el sistema.

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{Suma de la duración de todas las interrupciones a los usuarios}}{\text{Número de usuarios que han tenido al menos una interrupción}}$$

2.6.4. ÍNDICE DE LA FRECUENCIA PROMEDIO DE INTERRUPCIONES MOMENTÁNEAS (MAIFI) (Momentary Average Interruption Frequency Index)

Es el promedio del número de interrupciones momentáneas (y algunas veces instantáneas) del servicio al usuario durante el periodo de análisis.

$$\text{MAIFI} = \frac{\text{Número de interrupciones momentáneas a usuarios}}{\text{Total de usuarios del sistema}}$$

2.7. ANÁLISIS USANDO LOS ÍNDICES DE CONFIABILIDAD

Los índices de confiabilidad son usados para evaluar el historial y datos recientes y para revelar tendencias y patrones, exponer problemas, e indicar como y cuando la confiabilidad puede ser mejorada. Son usados para predecir y evaluar (estudio analítico) las mejores propuestas de solución probables para resolver problemas identificados. La combinación de los efectos de cable usado (directamente enterrado en algunas áreas residenciales), árboles plantados cuando el área era reciente y que finalmente alcanzaron una altura en la que rozan con los conductores aéreos, etc. El Ingeniero de Planeación usa estos criterios como una obligación de diseño: algún plan aceptable que muestre tener un promedio esperado de frecuencia y duración de una interrupción equivalente o mejor que las

metas incorporadas al SAIDI y SAIFI (de otra manera el plan diluiría toda la confiabilidad del sistema).

La mejor forma de direccionar la confiabilidad en la planeación de la distribución es usar esto directamente como un criterio en la evaluación de varias alternativas. En esta aproximación, la frecuencia y la duración de la interrupción del servicio son calculadas para cada alternativa de diseño de potencial y comparado para incorporar criterios de confiabilidad, para asegurar el cumplimiento de todos los nuevos diseños, adiciones, y cambios operativos.

2.8. CONCLUSIONES

Un sistema de transmisión/distribución transporta potencia de los puntos de generación al lugar donde están los clientes, su misión es suministrar potencia a los usuarios a través de diferentes equipos localizados en todo el territorio de servicio, su capacidad es proporcional a la demanda eléctrica local, con la posibilidad de que en los límites de diferentes zonas o áreas, se puedan efectuar transferencias de carga por necesidades locales. Desde el punto de vista de ingeniería diseñar un sistema con estas características es sencillo pero el problema es diseñarlo a un costo mínimo.

Un sistema de transmisión y distribución está compuesto de diferentes niveles jerárquicos interconectados, cada nivel requiere cumplir su papel de suministrar potencia al siguiente nivel, estos niveles son:

- Transmisión
- Subtransmisión
- Subestaciones
- Alimentadores de media tensión
- Transformadores, red secundaria, acometidas y medidores
- Usuarios.

El sistema de transmisión - distribución suministra el producto de las empresas eléctricas. Este producto debe ser suministrado a cada cliente en su domicilio, con alta confiabilidad y en condiciones de usarse continuamente. En forma individual cada elemento del sistema de transmisión y distribución es sencillo por si mismo, la complejidad de la mayoría de los sistemas de transmisión/distribución es debido a la interacción de miles de elementos interconectados. Buscar economía y confiabilidad en un sistema de transmisión y distribución significa buscar un equilibrio entre costos, calidad de servicio y ahorros.

La confiabilidad de los servicios es uno de los mejores factores de peso en los usuarios para percibir que tan bien su compañía de electricidad esta realizando su trabajo. Una compañía debe establecer metas apropiadas de confiabilidad y tomar medidas para planear, dirigir y operar su sistema para llevar a cabo los niveles marcados de frecuencia y duración en la interrupción de un usuario. Varios índices de confiabilidad pueden ser usados para darle un seguimiento a la frecuencia y duración de las interrupciones de los usuarios cuando termina el tiempo en determinada situación dentro del sistema de distribución, en orden para identificar los problemas y asegurarse que las metas sean alcanzadas.

La comparación de los índices de confiabilidad entre diferentes compañías se dificulta debido a diferencias en los datos reunidos, definiciones, y prácticas de registro. La confiabilidad variará considerablemente entre compañías, debido a razones de clima y terreno. La forma recomendada para establecer objetivos de confiabilidad para un sistema, es estudiar los resultados recientes y tratar de establecer cuando son confiables y cuando no lo son, estableciendo criterios basados en estas diferencias. La planeación basada en el valor, si bien causa dificultades, es también útil, particularmente en el caso donde la confiabilidad es indispensable para alguna industria en especial y consumidores comerciales.

CAPITULO 3

ALGORITMOS GENÉTICOS

3.1 ALGORITMOS GENETICOS

En este capítulo se hará una descripción de las principales características de un algoritmo genético como una herramienta de optimización en un espacio de búsqueda. Se indica la importancia de la representación del problema en el esquema de un cromosoma y se describen los distintos operadores que se utilizan para cambiar la estructura del cromosoma. Finalmente se indica el algoritmo básico de un algoritmo genético y se mencionan algunas de sus aplicaciones.

3.2 DEFINICIÓN DE UN ALGORITMO GENÉTICO

Los algoritmos genéticos son esquemas de representación que aplican una técnica de búsqueda basada en la teoría de la evolución de Charles Darwin(3). Están basados en los procedimientos naturales de selección, en que los individuos más aptos de una población son los que sobreviven al adaptarse más fácilmente a las características de su entorno en el cual se encuentran. Biológicamente, este proceso se controla por los genes de un individuo, en los cuales se encuentra la codificación de cada uno de sus atributos o características de un ser vivo y que pueden ser transferidos a sus descendientes cuando se reproducen.

En los procesos naturales, la evolución puede ocurrir cuando se presentan las siguientes condiciones:

- Un individuo es capaz de reproducirse.
- Existe una población completa de estos individuos.
- Hay gran variedad o diferencias entre los individuos que se reproducen.
- Dentro de la variedad hay algunas diferencias en la habilidad para sobrevivir, es decir, existen individuos con mayor habilidad para adaptarse.

La combinación de los genes de un individuo forman cromosomas, que en conjunto proyectan las cualidades de cada ser vivo. Esta estructura biológica refleja indirectamente el grado de supervivencia, de adaptación y el nivel de reproducción; así, los individuos que más se adaptan a su medio ambiente son los que más sobreviven a las adversidades y más se reproducen, transmitiendo esas cualidades a las siguientes generaciones originando seres cada vez con mayor capacidad y facilidad de adaptarse a su entorno (3).

Una definición formal de un algoritmo genético es la propuesta por John Koza:

“Es un algoritmo altamente paralelo que transforma un conjunto de objetos matemáticos individuales, con respecto al tiempo, usando operaciones modeladas de acuerdo al principio Darwiniano de reproducción y supervivencia del más apto, a través de un conjunto de operaciones genéticas de entre las que destaca la combinación sexual. Cada uno de los objetos matemáticos suele ser una cadena de caracteres (letras o números) de longitud fija que se ajusta al modelo de las cadenas de cromosomas y se les asocia con una cierta función matemática que refleja su aptitud” (3).

3.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

Los algoritmos genéticos son procedimientos adaptativos para la búsqueda de soluciones en espacios complejos inspirados en la evolución biológica, con

patrones de operación basados en el principio Darwiniano de la reproducción y supervivencia de los individuos que mejor se adaptan al entorno en que viven.

La aplicación más común de los algoritmos genéticos ha sido la solución de problemas de optimización, en donde han mostrado ser muy eficientes y confiables. Sin embargo, no todos los problemas pueden ser resueltos por un algoritmo genético, por lo que se recomienda analizar las siguientes características del problema:

- a) Su espacio de búsqueda debe de ser finito, es decir, sus posibles soluciones deben de estar limitadas dentro de cierto rango.
- b) Debe de poderse definir una función de aptitud que indique que tan buena o mala es una respuesta.
- c) Las soluciones deben de codificarse de una forma que resulte relativamente fácil de implementar en una computadora.

Es recomendable utilizar un algoritmo genético en la solución de problemas con espacios de búsqueda discretos, aunque sean muy grandes; sin embargo también pueden aplicarse para espacios de búsqueda continuos, de preferencia cuando exista un rango de soluciones relativamente pequeño.

La función de aptitud es aquella que permite evaluar las diferentes respuestas y determina el objeto del problema de optimización. Aunque los algoritmos genéticos únicamente maximizan, la minimización puede implementarse como el recíproco de la maximización. La particularidad que presenta la función de aptitud es que se debe “castigar” las malas soluciones y “premiar” a las buenas, de forma que sean estas últimas las que se propaguen con mayor rapidez.

La codificación más común es por medio de cadenas binarias, aunque se han utilizado también números reales y letras. Esta forma de codificación originalmente fue propuesta por John Holland (<http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/holland>)

.GAIntro.htm) y actualmente es muy popular debido a que resulta muy sencilla de implementar.

3.4 DIFERENCIAS ENTRE ALGORITMOS GENÉTICOS Y LOS MÉTODOS TRADICIONALES DE BÚSQUEDA.

Los algoritmos genéticos difieren en algunos aspectos respecto a los métodos tradicionales (3):

- a) Los algoritmos genéticos trabajan con la codificación del conjunto de parámetros, no con los parámetros en sí.
- b) Los algoritmos genéticos es una población de puntos, no un punto en particular, es decir, evalúan un grupo de soluciones buscando el óptimo en lugar de un punto a la vez.
- c) Los algoritmos genéticos evalúan las posibles soluciones (función de aptitud), sin aplicar ningún proceso de inferencia.
- d) Los algoritmos genéticos usan reglas de transiciones probabilísticas en lugar de reglas determinísticas.

3.5 ESQUEMAS DE REPRESENTACIÓN

Los algoritmos genéticos requieren un conjunto de parámetros para que el problema de optimización sea codificado con una cadena de longitud finita por medio de un conjunto de caracteres. En forma análoga a la codificación genética de los seres vivos, cuyas características físicas están almacenadas en los genes y que en conjunto forman los cromosomas, los algoritmos genéticos codifican las características de los problemas para cada elemento de la población, formando

cadena finitas de símbolos. Esto es, que las variables que representan los parámetros del problema pueden ser representadas a través de cadenas de bits, codificando sus valores en forma discreta, por lo tanto, el primer paso para aplicar un algoritmo genético para encontrar la solución a un problema es codificarlo con cromosomas artificiales tradicionalmente formados de 1's y 0's, de tal manera que la máquina genética manipule las representaciones finitas de las soluciones y no las soluciones en si.

3.6 OPERADORES

La mecánica de los algoritmos genéticos es muy simple, ya que solamente involucra copiar cadena de caracteres e intercambiar subcadenas aplicando algunos operadores.

Los operadores básicos utilizados en algoritmos genéticos son los siguientes:

- Selección.
- Cruza.
- Mutación.

3.6.1 Selección

La selección (3) es un proceso en el cual cada cadena individual es copiada de acuerdo a los valores de su función de aptitud f . Intuitivamente se puede pensar que la función f es una medida de rendimiento, utilidad o bienestar que se desea maximizar. Copiar cadenas de acuerdo a esa función significa que aquellas cadenas con un valor más alto, van a tener una probabilidad más alta de contribuir o aportar a la siguiente generación.

Este operador es una versión artificial de la selección natural, según la Teoría de Darwin de la supervivencia de los individuos más capaces, aptos y superiores sobre los demás.

3.6.2 Cruza

La cruza (3) es un operador que básicamente consiste en intercambiar subcadenas de una población por medio de un punto de corte y se puede aplicar a un par de cadenas de dos formas:

- a) Seleccionar un punto de cruza fijo en cada una de las cadenas.
- b) Seleccionar dos números enteros k entre 1 y la longitud de la cadena menos uno $[1, \text{long} - 1]$ en forma aleatoria que determinen los puntos de cruza.

Normalmente la cruza se maneja dentro de la implementación del algoritmo genético como un porcentaje que indica con qué frecuencia se efectuará. Esto significa que no todas las parejas de cromosomas se cruzarán, sino que habrá algunas que pasarán intactas a la siguiente generación. De hecho existe una estrategia en la que el individuo más apto a lo largo de las distintas generaciones no se cruza con nadie y se mantiene intacto hasta que surge otro individuo mejor que él, que lo desplazará.

A medida de ejemplo, se tienen las siguientes cadenas:

A= 01101

B= 11000

Si el punto de cruce se define en la posición tres, el cruzamiento genera las dos cadenas siguientes (ver Fig. 3.1.):

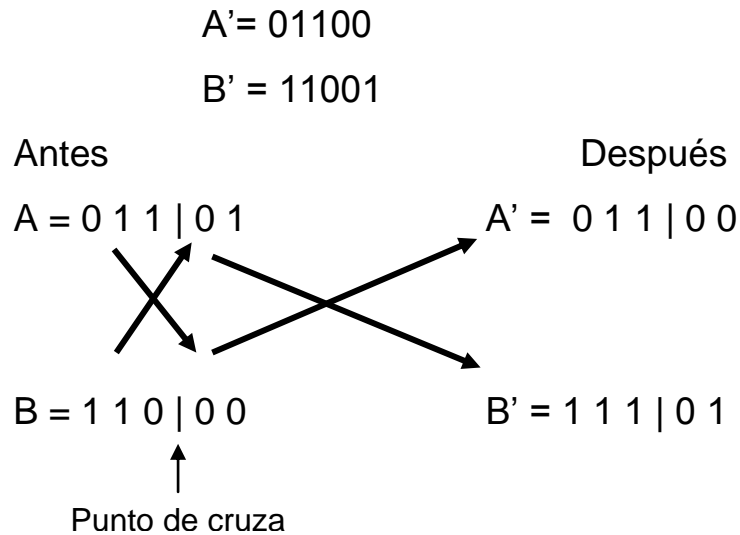


Fig. 3.1. Operador de cruzamiento con un punto fijo.

También se puede aplicar dos puntos de cruce entre los individuos. En este caso se mantienen los genes de los extremos y se intercambian los del centro.

Considerando el mismo ejemplo, pero aplicado dos puntos de cruce (en las posiciones 1 y 4), el resultado es el siguiente (ver Fig. 3.2):

$$A' = 01001$$

$$B' = 11100$$

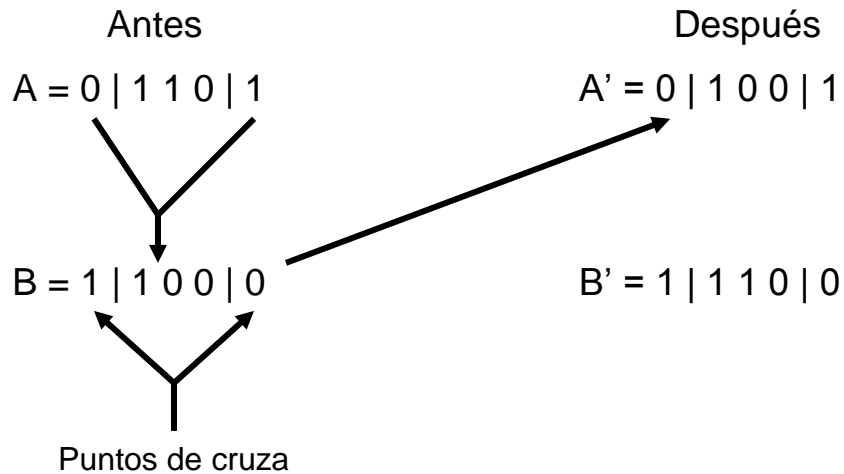


Fig. 3.2. Operador de cruzamiento con dos puntos fijos.

3.6.3 Mutación

La mutación (3) realiza un cambio a uno de los genes de un cromosoma elegido aleatoriamente. Cuando se usa una representación binaria, un bit se sustituye por su complemento (un cero se cambia por un uno y viceversa). Este operador permite la introducción de nuevo material cromosómico en la población, tal y como sucede con sus equivalentes biológicos.

Al igual que la cruce, la mutación se maneja como una probabilidad que indica con que frecuencia se efectuará, aunque a diferencia de la cruce, esta ocurre más esporádicamente (la probabilidad de cruce normalmente se encuentra de 0.6 a 0.95 mientras que el de mutación normalmente oscila entre 0.001 y 0.01) (Fogel, 1995).

La mutación es necesaria debido a que, aunque la selección y la cruce son operadores efectivos de búsqueda de un algoritmo genético, ocasionalmente dejan de analizar material genético útil. El operador de mutación protege al

algoritmo genético de pérdidas prematuras de oportunidades de análisis de secciones del espacio de soluciones, cuando se utiliza conjuntamente con los otros operadores genéticos. Sin embargo, debido a que la probabilidad de aplicarse es muy baja, es considerado un operador secundario (Goldberg, 1989).

3.6.4 Otros operadores

Existen variantes (3) de los operadores antes descritos que permiten alterar el comportamiento de un algoritmo genético. Por ejemplo, resultados teóricos han comprobado que la convergencia de un algoritmo genético hacia la solución de un problema es difícil de obtener, sin embargo, algunos estudios han arrojado resultados que permiten comprobar que ciertas modificaciones al operador de cruce puede generar cualquier punto del espacio de soluciones mientras que otros operadores no lo logran. También debe de considerarse que generar diversos puntos no asegura una búsqueda eficiente. Debe de haber un balance adecuado entre la generación y la exploración de poblaciones además de las características particulares de cada población como su representación y su tamaño, que permita obtener un resultado apropiado durante la búsqueda (Fogel, 1989). A la fecha no existe un procedimiento exacto y consistente para determinar el tamaño ideal de la población y el número de generaciones que deben analizarse en un problema particular, por lo que aún son temas de investigación.

3.7 APLICACIONES DE ALGORITMOS GENÉTICOS

Los algoritmos genéticos son particularmente aplicados a problemas de optimización en diferentes áreas del conocimiento, tales como biología, con simulaciones de evolución de poblaciones de organismos (3) (Rosemberg, 1967), adaptaciones de estructuras que responden a disponibilidad espacial y temporal de alimentos (3) (Sannier y Goodma, 1987); en ciencias computacionales con análisis de algoritmos (3) (Raghavan y Birchard, 1979), identificación automática probabilística (3) (Gerardy, 1982); en ingeniería e investigación de operaciones,

con trabajos de optimización estructural (3) (Goldberg y Kuo, 1985), diseño de filtros adaptables y recursivos (3) (Etter, Hicks y Cho, 1982), diseño de configuración de tableros (3) (Glover, 1986); se han desarrollado aplicaciones para el procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones como el reconocimiento explícito de clases de patrones usando comparación parcial (3) (Stadnyk, 1987); en ciencias exactas con la solución de ecuaciones no lineales (3) (Shaefer, 1985); incluso en ciencias sociales con trabajos como simulación de la evolución de normas de comportamiento (3) (Axelrod, 1985) por mencionar solo algunas.

3.8 OPERACIÓN DE UN ALGORITMO GENÉTICO

La operación completa de un algoritmo genético simple puede ilustrarse mediante el pseudo código mostrado en la Fig 3.3 (3) ; en este caso primero se genera aleatoriamente la población inicial, después se evalúa mediante la aptitud de los cromosomas que la forman y procede a aplicar los operadores genéticos, y finalmente se generan nuevas poblaciones de cromosomas que serán posteriormente evaluadas, y así sucesivamente.

```
generar población inicial, G(0);
evaluar G(0);
t:=0;
repetir
    t:=t+1;
    generar G(t) usando G(t+1);
    evaluar G(t);
hasta encontrar una solución;
```

Fig. 3.3. Pseudos-código de un Algoritmo Genético.

Consideremos el caso de maximización de la función $f(x) = x^2$, donde x adopta valores entre 0 y 31. Para implementar un algoritmo genético en este problema, primero se deben codificar las variables del problema en cadenas de longitud finita. Para este problema en particular, se consideran cadenas de cinco bits, ya que con esa cantidad de bits se pueden obtener números entre 0 (00000) y 31 (11111). Con la función objetivo definida como el cuadrado de la representación decimal de cada cromosoma y la codificación de los cromosomas, se procede a simular el proceso de generación de poblaciones en un algoritmo genético mediante la aplicación de los operadores de selección, cruce y mutación.

A continuación se presentan los dos métodos para la realización de la sección:

Ruleta: La ruleta es un método muy simple que consiste en crear una ruleta en la que cada cromosoma tiene asignada una fracción proporcional a su aptitud. Suponiendo que se tiene una población de cuatro cromosomas cuyas aptitudes se muestra en la Fig. 3.4, se forma una ruleta (Fig. 3.5) en base a los porcentajes indicados en la cuarta columna de la Fig. 3.4.

CROMOSOMAS	CADENA	APTITUD	% DEL TOTAL
1	01101	169	14
2	11000	576	49
3	01000	64	6
4	10011	361	31
TOTAL		1170	100.00
PROMEDIO		293	
MÁXIMO		576	

Fig. 3.4. Evaluación de la población inicial de cromosomas.

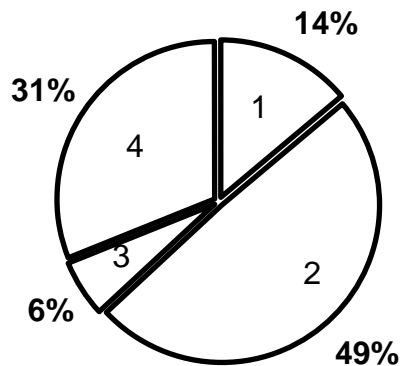


Fig. 3.5. Formación de la ruleta en base al nivel de aptitud de cada cromosoma.

Esta ruleta se gira cuatro veces (debido a que la población esta formada de esta cantidad de cromosomas) para determinar qué individuos se seleccionarán. Debido a que los individuos más aptos se les asignó un área mayor de la ruleta, se espera que éstos sean seleccionados un mayor número de veces que los menos aptos.

Realizando una simulación del proceso de la ruleta, se obtiene que el cromosoma 2 fue elegido dos veces, el cromosoma 1 fue elegido una vez, al igual que el cromosoma 4, y el cromosoma 3 no fue elegido.

El Torneo: (3) En este método se baraja la población y después se hace competir a los cromosomas en grupos de tamaño predefinido (normalmente compiten en parejas) en un torneo en que el resulten ganadores aquellos que tengan valores de aptitud más altos. Si se efectúa un torneo por parejas, entonces la población se debe de barajar dos veces. Nótese que esta técnica garantiza la obtención de múltiples copias del mejor individuo entre los progenitores de la siguiente generación. Para lograrlo, se asigna una probabilidad de selección p_s , se seleccionan aleatoriamente dos cromosomas de la población y se genera un

número aleatorio x entre 0 y 1; si $x > p_s$, entonces se selecciona el cromosoma con mayor aptitud; en caso contrario, se escoge el cromosoma con aptitud menor.

El siguiente paso es aplicar el operador de cruce entre los cromosomas que resultaron seleccionados. En este caso particular, se realizan parejas entre los cromosomas 1 y 2 y el 3 y 4. Para la primera se determina en forma aleatoria el bit 4 como el punto de cruce, realizando las cadenas indicadas en la Fig. 3.6.

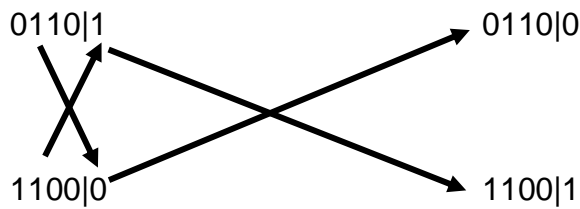


Fig. 3.6. Cruzamiento de los cromosomas 1 y 2.

Para la segunda pareja de cromosomas, se determina el bit 2 aleatoriamente como el punto de cruce originando los nuevos cromosomas indicados en la Fig. 3.7.

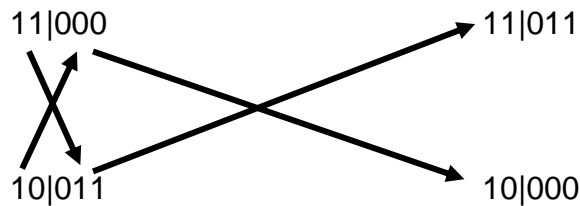


Fig. 3.7. Cruzamiento de los cromosomas 3 y 4.

El siguiente operador, llamado mutación, se aplica a bits en particular. Si se asume una probabilidad de mutación para este problema de 0.001, con una transferencia de 20 bits (4 cromosomas de 5 bits cada uno), resulta que $20 * 0.001 = 0.02$ bits que serán sometidos a este operador durante una generación en particular. En este caso en particular, debido a que el número de bits es muy reducido (0.002), no hay bits que sean cambiados de 0 a 1 o viceversa.

Una vez terminado este proceso (selección, cruza y mutación), la nueva generación está lista para ser evaluada. Para hacerlo, se decodifican las nuevas cadenas de bits y se calcula la función de aptitud. Los resultados de la evaluación de la segunda generación se muestran en la Fig. 3.8; se puede notar que el algoritmo genético combina nociones de alto rendimiento para generar un mejor comportamiento, logrando incrementar el valor máximo y el promedio en la nueva generación.

CROMOSOMAS	CADENA	APTITUD
1	01100	144
2	11001	625
3	11011	729
4	10000	256
TOTAL		1754
PROMEDIO		439
MÁXIMO		729

Fig. 3.8. Evaluación de la segunda generación de cromosomas.

3.9 ALGORITMOS GENÉTICOS EN SISTEMAS DE POTENCIA

Han habido intentos de aplicar los Algoritmos Genéticos para solucionar los problemas en el área de Sistemas de Potencia, hasta ahora, a nuestro entender, planificación de distribución multiescenario no se ha desarrollado pero. En lo referente a los puntos siguientes uno puede encontrar en los informes los intentos de enfoques para los problemas de:

- Agrupar y reducción de la red.
- Distribución óptima de capacitares.
- Optimización de voltaje.
- Harmónicas.
- Observación de sistemas.
- Control de Potencia Reactiva.
- Análisis de flujos de carga.

3.10 CONCLUSIONES DEL CAPITULO

En este capítulo se presentan las principales características de los algoritmos genéticos, sus características principales, presentando los principales operadores: selección, cruce y mutación, los cuales son sencillos de implementar en un algoritmo computacional.

También se describe como un algoritmo genético trabaja con poblaciones de nodos, mientras que otras técnicas lo hacen con un solo nodo a la vez, manteniendo un conjunto de nodos bien adaptados, se reduce la probabilidad que el algoritmo genético no alcance un óptimo local como solución final.

Las reglas de transición de un algoritmo genético son estocásticas a diferencia de otros métodos con reglas determinísticas, es decir, usa elecciones aleatorias para guiar el proceso de búsqueda.

CAPITULO 4

ALGORITMOS GENÉTICOS EN LA PLANEACIÓN ÓPTIMA MULTIESCENARIO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

4.1 Introducción

Actualmente los algoritmos genéticos están siendo aplicados para resolver problemas multiescenario (4) en la planeación de redes de distribución con el propósito de reducir costos y/o pérdidas, así como mejorar la regulación de voltaje aumentando la confiabilidad de la red para sus usuarios.

Para hacer la optimización de la planeación de redes normalmente se utilizan modelos estáticos, que entregaban una solución en un instante. Ensayos en la planeación dinámica, consideraron la evolución de la demanda a través del tiempo y en consecuencia los cambios en la topología de la redes (nuevos switcheos, nuevas subestaciones, reforzamientos, etc) teniendo una combinación indefinida de sucesos, cuando se aplican a una red de tamaño real. Estos estudios bajo las condiciones antes descritas llevan a los ingenieros a tener que tomar decisiones entre que reforzar o que proyectos tendrán que postergar su realización en un futuro para poder soportar la demanda de la red. Por ejemplo el uso económico de la carga en cables, la reutilización de trayectoria de líneas, la reestructuración de la red por el ingreso de nuevas subestaciones, etc.

Con lo mencionado anteriormente podemos quedarnos en la incertidumbre si en realidad los algoritmos genéticos, pueden ayudar en el diseño de redes de

distribución o resolver problemas de la planeación de la distribución de una manera eficiente. La respuesta es si, ya que al ser los algoritmos genéticos intrínsecamente paralelos. La mayoría de los otros algoritmos son en serie y sólo pueden explorar el espacio de soluciones hacia una solución en una dirección al mismo tiempo, y si la solución que descubren resulta subóptima, no se puede hacer otra cosa que abandonar todo el trabajo hecho y empezar de nuevo. Sin embargo, ya que los algoritmos genéticos tienen descendencia múltiple, pueden explorar el espacio de soluciones en múltiples direcciones a la vez. Si un camino resulta ser un callejón sin salida, pueden eliminarlo fácilmente y continuar el trabajo en avenidas más prometedoras, dándoles una mayor probabilidad en cada ejecución de encontrar una mejor solución, por ejemplo:

- La inclusión de múltiples alimentadores en alguna trinchera
- La posibilidad de descalificar una línea en algún estado y rehusar otras en mejor estado.
- La posibilidad de generar soluciones con algún apertura de loops, los cuales pueden ser analizados desde un punto de vista:
 - Considerando multiobjetivos.
 - Distribución natural de la demanda con factores de diversidad.
 - No es necesario que se especifique por anticipado en cual año podría construirse una sustitución o introducir un punto de servicio.

4.2 MODELO DE PLANEACIÓN DE DISTRIBUCIÓN

Un modelo de planeación de redes de distribución debe contemplar atributos propios de los sistemas eléctricos con el fin de recrear las situaciones en la forma más real posible, y donde es necesario contemplar ciertos puntos para que este modelo se apegue lo más posible a lo real.

El objetivo es minimizar el costo de las nuevas instalaciones así como los costos de operación, además de conseguir un aceptable nivel de confiabilidad, bajo las siguientes restricciones(4):

- a. Operación de las redes bajo una configuración radial.
(Aunque pueden existir lazo abiertos)
- b. Restricciones de caídas de voltaje. (regulación)
- c. Especificaciones de demanda.
- d. Flujos de potencia posibles, normalmente restringidos por límites térmicos de la línea.
- e. Posibles localizaciones de sitios de subestaciones y líneas.

Los gastos de la instalación pueden ser divididos en tres: Costo de la Subestación, costo de la capacidad de expansión de la subestación y el costo de los nuevos alimentadores. Las pérdidas de potencia en la red pueden ser tomadas en los costos de operación. Elementos ya existentes (subestaciones o alimentadores) no son incluidos en los costos de inversión en el modelo, sin embargo, sus pérdidas de potencia si son tomadas en cuenta.

Una vez tomados los puntos anteriores podemos ver diagrama de flujo de un posible modelo

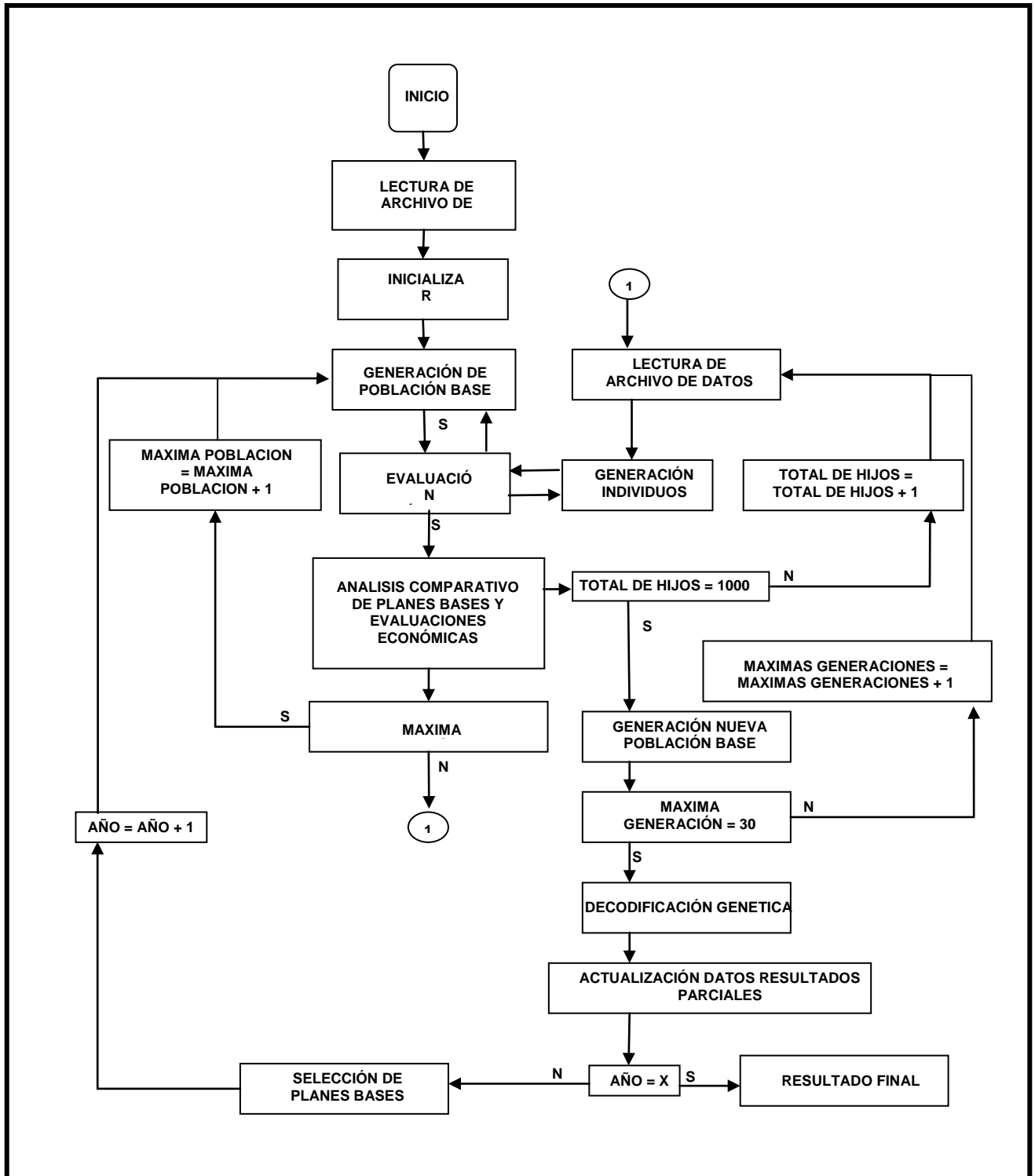


Fig 4.1 Diagrama de bloques del algoritmo genético para aplicarse en el desarrollo de redes de distribución.

4.2.1 BASE DE DATOS

El cual inicia con la lectura de la Base de datos que estará formada por los datos que contienen la información del problema y que son la representación de los elementos necesarios para la representación de la red , esta base de datos esta conformada en unos primeros los parámetros básicos por los números de alimentadores del modelo, de subestaciones y cargas por años, en segundo termino los datos de los alimentadores donde se indicará a longitud de la línea, costos de construcción e instalación de la línea, esto se verá como un costo fijo y esto se hará para cada una de las posibles trayectorias de enlace que conformen el estudio, teniendo que definir si son nodos de entrada o nodos de salida. El tercer bloque de información estará conformado por la información de la subestaciones, donde se señalaran los costos de construcción e instalación (C. Fijo), y los costos de operación y mantenimiento (C. Variable), y la capacidad de potencia en kVA de cada una de ellas, esto nos llevara a una identificación única de cada nodo, Por último el cuarto bloque corresponde al de las cargas, o centros de consumos para cada uno de los años del estudio, es decir este bloque almacenará las demandas presentes y futuras.

4.2.2 Inicialización de Variables

En este bloque son configuradas ciertas variables del programa (4), adecuándolas a exigencias del modelo. Se definen la cantidad de planes iniciales a crear, la población base y número de generaciones principalmente. Es necesario tomar en cuenta que existen reglas al momento de correr los algoritmos genéticos para asegurar que se lleve a una solución óptima estas son:

Número Máximo de generaciones entre 10 y 40

Número máximo de individuos que componen una población entre 100 y 600.

Número máximo de hijos generados entre 100 y 1800.

4.2.3 Generación de Población Base

En el tercer bloque se da paso a la generación de planes que representan posibles soluciones al problema de expansión de la red. Los cuales pasarán a formar parte de una primera generación la cual al igual que todas las generaciones se tendrá que evaluar cada uno de los planes mediante un proceso de filtración donde se eliminando aquellos rutas que se repitan con el fin de obtener planes ordenados y así facilitar el análisis.

4.2.4 Evaluación

El cuarto bloque esta enfocado a realizar un proceso de evaluación el cual deberá de componerse de dos partes (4), siendo la primera la que corresponde al análisis técnico, mientras que la segunda se refiere al análisis económico.

4.2.4.1 Análisis Técnico:

En este punto se verificará que se cumplan con las restricciones señaladas por los usuarios más algunos propios de los sistemas de distribución eléctricos, entre los que se citan:

- i. **Existencia de Líneas:** Cada plan contiene una serie de líneas o tramos que transportan la energía a los centros de carga, razón por la cual es necesario ver si estas líneas contempladas en el plan en particular existen en el plan base.
- ii. **Restricción de conectividad:** Estas restricción hace referencia a la obligatoriedad de conectar cada centro de consumo y punto de enlace contemplado en un plan al menos a una subestación.
- iii. **Restricciones de carga:** Esta restricción hace referencia al abastecimiento de las cargas, es decir, se verifica que todos

los centros de consumo, para un año particular de estudio, esten contemplados en el plan.

- iv. **Restricción de rentabilidad:** Esta restricción hace referencia al diseño de la red de distribución, la cual puede presentar básicamente dos tipos de configuración, radial o en anillo. Dada la complejidad de las redes en anillo buscaremos que el modelo proporcione únicamente soluciones radiales, eliminando aquellas que contengan anillos, o cargas abastecidas por más de una subestación.

Finalmente si un plan no cumple con alguna de las restricciones es rechazado y se vuelve al bloque anterior para la generación de un nuevo plan. Por otra parte, si el plan es factible comienza la etapa correspondiente a la evaluación económica.

4.2.4.2 Evaluación económica

La evaluación económica se realiza comparando el plan en cuestión con cada uno de los planes bases, incluido el óptimo del periodo anterior, si existe. Con base en lo anterior, se genera una matriz para cada plan base, que se compondrá de 6 columnas, las dos primeras registrarán los nodos de partida y llegadas correspondiente a las líneas, cargas y subestaciones, mientras que en la tercera se registrará la información respecto a la energía transportada por las líneas en operación y la cuarta las pérdidas. La quinta indica si el tramo es nuevo o existente, mientras que la sexta, el año de construcción si así lo indica la columna anterior. Con dicha información podemos obtener los costos variables dados por las pérdidas en las líneas y los costos fijos de construcción y mantenimiento, con lo que se definirá el valor presente del plan.

Es necesario que tomemos en cuenta que para la viabilidad del plan se deberá de hacer un análisis de la demanda ya que si la capacidad del sistema en el plan es menor al de la demanda se deberá de desechar el plan.

Finalmente, los planes evaluados satisfactoriamente son almacenados en una gran matriz de planes, que constituye la población base para la aplicación de algoritmos genéticos, quedando sus dimensiones determinadas por la población máxima.

4.2.5 Codificación Genética

El quinto bloque tiene como función el de la codificación, es decir, transformar la información almacenada en la matriz de planes factibles en un código binario, conformado por dos líneas, la primera indica las construcciones en operación, donde un “1” es el string, “m” indica que el tramo “m” del plan se encuentra en operación y por ende “0” implica que se encuentra desactivado, la segunda línea indica el año de entrada en operación, de esta forma se construye una nueva matriz que llamaremos “Mgenetico”, donde cada columna representa un “ADN” con toda la información de la red más un string final que almacena el valor presente del plan.

4.2.6 Aplicación algoritmos genéticos

El sexto bloque inicializa la aplicación del algoritmo genético (4), este proceso se subdivide en las etapas de generación de nuevos individuos, evaluación y selección de nuevas población.

- **Generación de nuevos individuos:** A partir de la matriz Mgenetico se seleccionan dos ADN's en forma aleatoria, selección, siendo el primero el padre, mientras que el segundo es la madre, luego se les aplica el operador genético crossover, utilizando el del tipo multipunto, que determina que posiciones del padre y de la madre quedan reflejadas en la formación de la descendencia. Seguidamente, una porción de los nuevos hijos son mutados, donde en forma aleatoria se cambia un string del código binario.

- Evaluación:** Los nuevos individuos son comparados con sus progenitores, si uno de ellos es idéntico entonces se le asigna un valor económico, de otra forma el individuo es analizado tanto técnica como económicamente, previa decodificación, es decir, el ADN es nuevamente codificado en base decimal para ser evaluado nuevamente en el bloque 4 “Evaluación”.
- Selección de nueva población:** Una vez generado el total de nuevos individuos factibles determinado por el total de hijos, se procede con el ordenamiento y selección de los mejores según la función fitness o valor económico, considerando tanto a los nuevos individuos como a los de la población base, pues de esta forma se evita la pérdida del óptimo.

Este proceso se repite dependiendo del número de generaciones que se desean.

4.2.7 Decodificación genética

El séptimo bloque es el encargado de la decodificación, es decir, recuperar los planes a base decimal ya sea para la evaluación técnica y económica, o para la presentación final de los resultados al usuario.

4.2.8 Actualización de Datos y Selección de Planes Bases

El octavo bloque es el de actualización de planes. A partir del genético se obtiene una serie de planes incluido el óptimo para el primer año en estudio, los que son utilizados como base, Planes Base, para la obtención de los planes futuros. De esta forma el modelo no sólo genera óptimos anuales, sino que además entrega un óptimo global para todo el horizonte de estudio.

Terminando el proceso de optimización se determinarán los mejores planes bases, evaluados tanto técnica como económicamente para de ahí sentar las bases para la planificación a largo plazo.

4.2.9 Resultado Final

En este bloque se presentan los proyectos bases determinados en el bloque anterior. Los resultados pueden ser observados por el usuario mediante las tablas resultantes, en donde se señalarán las instalaciones para cada uno de los años en estudio, configuración de la red, ubicación de elementos y años de entrada en operación.

4.3 Restricciones

De las restricciones más importantes que se tienen es la programación del software y la introducción de variables que conlleva esta acción ya que la presente tesis únicamente plantea la metodología que a nuestro juicio se debería de seguir para obtener los resultados deseados. Aunque este sistema no tiene un número máximo estipulado de nodos es necesario, que una vez hecha la programación esta sea probada con un número máximo de nodos y efectuar los arreglos para hacer al software para reducir los tiempos de simulación.

También se considera una posible restricción el encontrar la manera de conseguir la sensibilidad necesaria en la simulación de las variables de costos fijos y variables, caída de voltaje, ampasidad de conductores, capacidad de generación para dar prioridad a una u otra variable, que dependiendo del caso se considere como sobresaliente al resto.

El poder analizar la red de distribución considerando loops es algo que se deberá de solucionar ya que el presente metodología considera la alimentación en forma radial de todos los nodos participantes.

4.4 Resultados

El método que presentamos en este trabajo puede analizar diferentes escenarios que presentaremos como crecimiento manteniendo la red en alimentación radial a cada uno de sus nodos y manteniendo dentro de los límites que le solicitemos los parámetros de costos de fijos, costos variables, los costos de construcción y las restricciones de caída de voltaje y ampacidad de sus conductores. Manteniendo un flujo de potencia equilibrado entre todos los nodos componentes de la red analizada dándonos posibles localizaciones de sitios de subestaciones. Tomando en cuenta en cada uno de los caso las pérdidas de potencia ubicándolas en uno de los años de estudio y dándonos la capacidad de la subestación, así como los beneficios de incluir nuevos elementos en la red tanto subestaciones como líneas estos elementos además de darnos una mayor confiabilidad nos proporcionan capacidad adicional y disminuyen las pérdidas del sistema.

Este sistema contribuirá a la toma de decisiones del ingeniero encargado de desarrollar la red de distribución proporcionando las opciones de cómo construir la red de distribución. Mejorando y dando certidumbre a las políticas de crecimiento de la red de distribución evitando los cambios de dirección en las políticas aplicadas, ya que en a la fecha al no contar con un algoritmo que desarrolle este tipo de crecimientos nos topamos en una manera muy frecuente con los cambios o errores en el seguimiento de las políticas establecidas provocado principalmente por el comportamiento dinámico con el que actualmente se comportan las redes de distribución.

Continuamos recalcando que lo que se presenta en esta tesis es una metodología que hemos analizado y que se considera como la más viable para ser aplicada en los sistemas con los que tenemos contacto, quedando como un reto importante el elaborar la programación del software.

Como futuros desarrollos es importante resaltar la flexibilidad del modelo, es decir, poder adaptar o relajar ciertas restricciones según las características propias de cada sistema, logrando de esta manera reducir tiempos de simulación y memoria. Además se deberá de buscar la manera de poder analizar la dirección de los flujos de en casos no radiales así como considerar las caídas de voltaje.

4.5 Conclusiones

En el presente trabajo se ha buscado desarrollar y analizar un modelo que busca resolver el problema de expansión de sistemas de distribución eléctrica, es decir, determinar en forma óptima tanto la localización, dimensionamiento de subestaciones así como la topología de los conductores.

Bajo los criterios anteriores se buscó una metodología basada en algoritmos genéticos buscando la eficiencia que demuestran en diversas aplicaciones en otras áreas dando resultados de alta eficiencia en problemas dinámicos, de multiobjetivos y de grandes dimensiones.

Los algoritmos genéticos son en esencia una simulación del mecanismo evolutivo propio de la naturaleza, donde a partir de una población base se obtienen una serie de nuevos individuos cuyo grado de aptitud aumenta de generación en generación.

De esta forma, el modelo presentado emplea esta técnica creando individuos, los cuales en sus estructuras contienen un plan factible de solución, con los segmentos de redes y subestaciones en operación, más un nivel de aptitud o función fitness asociada. Seguida de un proceso evolutivo a través de los métodos cruzamiento, Recombinación y Mutación, donde son modificados en forma heurística la estructura de los individuos, enfocándose a la selección, principalmente de aquellos con mayor grado de aptitud.

El modelo descrito se espera se adapte adecuadamente a las exigencias técnicas y económicas de los sistemas de distribución eléctrica que utilizamos en CFE.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones derivadas de este trabajo son:

- Como principal conclusión se presenta la metodología de planeación de redes de transmisión - distribución utilizando como base los algoritmos genéticos.
- Fincar las bases de un modelo de planeación basado en algoritmos genéticos que se puede aplicar en la División de Distribución Golfo Norte de la Comisión federal de Electricidad.
- Se presento un panorama de cómo se lleva en la actualidad la planeación de redes de transmisión - distribución.
- Se describieron las leyes más importantes en la planeación de redes de transmisión - distribución.
- Se sentaron las bases para la utilización de las diversas formas de algoritmos genéticos que son utilizados en la metodología presentada.

5.2. APORTACIONES

Las principales aportaciones derivadas de este trabajo son:

- La principal aportación es la presentación del diagrama de flujo el cual se adapta mejor a las restricciones técnicas y económicas aplicadas en la División Golfo Norte de la Comisión Federal de Electricidad,
- La descripción de los diversos métodos de mutación que usan los algoritmos genéticos, para generar las siguientes generaciones que se vienen convirtiendo en las posibles soluciones.
- Sentar las bases para que en posteriores trabajos se efectúe la decodificación del software.
- La mención de cómo efectuar la conformación de los cromosomas que llevarán la información de las redes de distribución eléctrica existentes y las demandas actuales y futuras de estas.

5.3. RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS.

Las recomendaciones para realizar trabajos futuros en esta área del conocimiento son:

- Implementar el modelo propuesto en algún software.
- En el desarrollo del software se tendrá que buscar algún arreglo para sensibilizar cada uno de los factores que se consideran como de relevancia para las redes de transmisión - distribución como la impedancia de conductores, costos de construcción, caída de voltaje, etc.

- Una vez desarrollado el modelo en algún software implementar las pruebas de los modelos propios, utilizando la red de la División Golfo Norte de la Comisión Federal de Electricidad.
- Evaluar comparativamente los resultados arrojados por el uso de la metodología propuesta y la utilizada en la actualidad por la División de distribución Golfo Norte de la Comisión Federal de Electricidad.
- Evaluar la factibilidad de utilizar otras técnicas para la planeación de redes de transmisión - distribución; como son Computación Evolutiva y Templado Simulado.

5.4. RESTRICCIONES

Las restricciones más importantes del modelo desarrollado son:

- El diagrama de flujos y la metodología implícita presentan un problema que será necesario resolver que es el manejo de redes cerradas o loops, ya que se considera que todos los nodos están conectados en forma radial.
- También en dentro de la metodología propuesta se puede observar que no se considera ninguna restricción o premio para la confiabilidad del sistema de transmisión distribución. La cual es considerada muy importante en cualquier sistema de transmisión - distribución.

BIBIOGRAFÍA

- | REF | AUTOR |
|-----|---|
| 1 | H. LEE WILLIS (POWER DISTRIBUTION PLANNING REFERENCE BOOK), 1997. |
| 2 | H. LEE WILLIS (SPATIAL ELECTRIC LOAD FORECASTING), 1996. |
| 3 | MC. BRUNO LOPEZ TAKEYAS (APLICACIÓN DE ALGORITMOS GENETICOS PARA LA ASIGNACIÓN DE CARGA ACADEMICA EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR) UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE INEGNIERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA, FEBRERO DEL 2000. |
| 4 | FRANCOIS MAURICE MONTAGNON CASANOVA (PLANIFICACIÓN DE LA EXPANSIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN VÍA ALGORITMOS GENÉTICOS) PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE CHILE ESCUELA DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELÉCTRICA, 1999. |
| 5 | http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/holland .GAIntro.htm |
| 6 | RODRIGO CUADROS Q. (MODELO INTEGRADO DE TARIFICACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA) DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELÉCTRICA UNIVERSIDAD DE CHILE, 2007. |
| 7 | JOSÉ PEDRO GARCÍA SABATER (MODELOS Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES. PROCEDIMIENTOS PARA PENSAR) DEPARTAMENTO DE ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS, E.F. Y C., 2005. |
| 8 | DUANE HANSELMAN AND BRUCE LITTLEFIELD (MATLAB), 1997. |
| 9 | ADAM MARCZYKY (ALGORITMOS GÉNÉTICOS Y COMPUTACIÓN EVOLUTIVA), 2004. |
| 10 | VLADIMIRO MIRANDA (GENETIC ALGORITHMS OPTICAL MULTISYAGE DISTRIBUTION NETWORK PLANNING) INST. DE ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTADORES AND FACULTADE DE ENGENHARIA DA UNIV. DO PORTA, PORTUGAL 1994. |

- 11 RAÚL SAHUEZA H. (APLICACIÓN DE ALGORITMOS GENÉTICOS AL PROBLEMA DE PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN) UNIVERSIDAD DE TARAPACA, CHILE 1999.

DEFINICIONES RELACIONADAS CON LA PLANEACIÓN DE REDES ELÉCTRICAS

Disponibilidad: Es el período de tiempo en que el servicio esta disponible. Esta probabilidad (estado-estable) de que la potencia estará disponible.

Tasa de falla: Es el número de veces que una unidad o un conjunto de equipos se espera que falle durante un período determinado de tiempo (usualmente un año), la cual puede ser mucho menos de uno por año (ejemplo 0.125 veces/año).

Retiro de equipo: En el análisis de confiabilidad se le conoce cuando un conjunto de equipos son removidos y son la causa de la falta de continuidad en el flujo de potencia, teniendo como resultado una interrupción programada.

Duración: Es el intervalo de tiempo que dura una interrupción o salida, según sea el caso.

Duración de la interrupción: Es el período de tiempo desde que se interrumpe el servicio hasta que éste es restablecido.

Frecuencia de la interrupción: Es el promedio de veces que se interrumpe el servicio que se espera en un período de tiempo determinado (usualmente un año).

Tiempo promedio de falla: Es el tiempo promedio en el que se espera que un equipo que esta en servicio falle.

Tiempo promedio de reparación (MTTR): Es el tiempo promedio en el que se espera reparar un componente o equipo fallado en el sistema.

Tiempo de reparación: Es el tiempo que se requiere para devolver a su condición original un componente o equipo del sistema fallado, a su operación normal. Se relaciona su causa y efecto, con la duración de la interrupción, pero son conceptos diferentes aunque en un momento dado los tiempos de estos pueden ser iguales.

Salidas: Es una falla total o parcial del sistema suministrador de potencia, debido a una línea caída, a un transformador fuera de servicio o a cualquier componente del sistema fuera de operación, debido a acontecimientos inesperados o circunstancias planeadas.

Restablecimiento: Es el retorno del servicio de energía eléctrica después de una interrupción, porque fue reparado el componente que provocó la interrupción o porque se realizaron maniobras en el sistema eléctrico de distribución.

Tiempo de restablecimiento: Es el tiempo requerido para restablecer el servicio debido a una interrupción de un usuario o de una parte del sistema. También, en la transmisión y distribución se le conoce como el tiempo requerido para restablecer segmentos del sistema eléctrico no fallados o bien la configuración completa con arreglos temporales, aunque el desperfecto no haya sido reparado por completo. (Por ejemplo, dejar un tramo de conductor flojo o dejar fuera un segmento de la configuración que no tiene usuarios).