

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Ingeniería Eléctrica

**RECONFIGURACIÓN DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN,
SUBESTACIÓN SANTIAGUITO (C.F.E. DCO) EN MORELIA
MICHOACÁN**

TESIS

**Que para obtener el Título de
INGENIERO ELECTRICISTA**

**Presenta
Raúl Puente Castellanos**

**Asesor de Tesis
Dr. Carlos Pérez Rojas**

Octubre del 2010

Veni·Vidi·Vici

Agradecimientos

A mis padres y familia que sin ellos hubiese sido muy difícil concluir de esta manera mi carrera, a su apoyo y confianza que depositaron en mí, con la promesa de seguir siempre adelante, porque gracias a su apoyo y consejo he llegado a realizar la más grande de mis metas, la cual constituye la más grande y valiosa herencia que pudiese recibir. Sabiendo que no habrá una manera de agradecer toda una vida de dedicación, sacrificio y esfuerzo, quiero que sepan que este logro es también suyo.

Agradezco a todos los profesores que estuvieron involucrados en mi desarrollo personal e intelectual, a la Facultad de Ingeniería Eléctrica que me permitió cursar mis estudios en ella y llegar a este punto de mi vida. A mi asesor el Dr. Carlos Pérez Rojas que me apoyó en todo momento para que este trabajo de investigación de tesis fuera llevado a cabo y pudiera concluirlo con éxito.

Agradezco a personas que me ayudaron y apoyaron en mi estancia, personas que sin tener ninguna necesidad, me apoyaron y ayudaron de la mejor manera y de todo corazón, le agradezco esas personas que fueron como un ángel para mí cuando más lo necesite y creía que las cosas estaban perdidas.

El logro y la satisfacción obtenida después de terminar la carrera, no solo es parte de mí, sino de todos aquellos que siempre estuvieron a mi alrededor y es gracias a ellos que en este momento me encuentro en esta situación tan favorable y satisfactoria de mi vida por lo que es un logro que comparto ampliamente y sin excepción alguna.

Dedicatoria

Esta tesis está principalmente dedicada a mi familia, Mi padre: Raúl Puente Castillo que siempre estuvo a mi lado y apoyándome siempre en cada momento que lo necesitaba y que se ha sacrificado tantos años de su vida para darme ese apoyo, a mi madre: Ma. Elena Castellanos Echeverría que me brindo incondicionalmente su amor, su apoyo, comprensión, paciencia; gracias a ella la carrera profesional y de la vida hubiese sido mucho más difícil y por eso ahora soy quien soy y es a la que debo mi vida, a mis hermanos: Carlos, Francisco y Elena, pues ellos también se sacrificaron para que yo pudiera concluir mi carrera, mi abuelita Guadalupe que siempre me aconsejo y me dio fuerza para hacer esto realidad y no ceder ante las situaciones adversas, a mis tíos que siempre han estado presentes en las peores situaciones por las que me he enfrentado a lo largo de la vida y sin condiciones me han apoyado siempre.

Gracias por hacer de mi travesía una aventura que jamás olvidare y por la cual estoy eternamente agradecido de haber vivido.

Resumen

Este trabajo representa una parte importante de información respecto al ordenamiento de las líneas de media tensión que actualmente se encuentran instaladas y un proyecto de reacomodo de éstas, de la parte norte de la ciudad de Morelia Michoacán, aquí podemos ver la configuración actual de los circuitos de la zona de cuatro subestaciones que son Santiaguito, Morelia Industrial, Tarímbaro y Aeropuerto.

Las normas son parte fundamental y no menos importante para el buen manejo y funcionamiento del circuito, a las cuales hacemos referencia en un capítulo para ver la importancia de éstas.

Se podrá observar la utilidad de la herramienta Google Earth para apoyarnos en la ubicación de los circuitos, así mismo para hacer una rápida localización de las fallas que pudiesen existir y la manera de corregirlas. Todo se muestra en el entorno gráfico y amigable de esta herramienta.

Se habla de los tipos de protecciones para los circuitos y la importancia que estos equipos tienen, así como la localización de ellos en las distintas subestaciones y a lo largo de los circuitos para protección de los mismos.

Se hace una comparación general de la vista de los mapas de las redes de media tensión que actualmente se tienen hechos en AutoCAD con los hechos aquí con Google Earth, viendo cómo cambia la perspectiva de éstos, haciendo que su ubicación sea más sencilla y familiar a la vista.

Principalmente se hace mención a la subestación Santiaguito, ya que ésta cuenta con una cantidad importante de usuarios, además que estos mismos van incrementándose de manera considerable, por lo que se requiere que las líneas de transmisión se reconfiguren de acuerdo a la capacidad requerida. Se ponen en comparación dos circuitos, el que actualmente se encuentra en operación con un circuito propuesto para que se sustituya de cierta forma el anterior, ya que se utilizarán tramos del circuito actual.

Contenido

Agradecimientos -----	III
Dedicatoria -----	IV
Resumen -----	V
Contenido -----	VI
Lista de figuras -----	VIII
Lista de símbolos y abreviaciones -----	IX
 Capítulo 1. Introducción -----	 1
1.1. Antecedentes, descripción general del problema -----	2
1.2. Objetivo de la tesis -----	4
1.3. Justificación -----	4
1.4. Metodología -----	5
1.5. Descripción de los capítulos -----	5
 Capítulo 2. Normatividad -----	 6
2.1. Introducción -----	6
2.2. Antecedentes -----	7
2.3. Objetivo -----	8
2.4. Marco jurídico -----	8
2.5. Normas para el proyecto -----	8
 Capítulo 3. Utilización del Google Earth (G.E.) -----	 10
3.1. Introducción -----	10
3.2. Características -----	10
3.3. Posicionamiento global -----	11
3.4. Creación de carpetas -----	12
3.5. Trazado de rutas y circuitos -----	15
3.6. Marcas de posición -----	16

3.7. Medición de distancias -----	17
Capítulo 4. Equipos de Protección y Seccionamiento (EPROSEC) -----	20
4.1. Introducción -----	20
4.2. Componentes -----	20
4.3. Características de los Sistemas de Protección (SP) -----	21
4.4. Protecciones de líneas de transmisión -----	23
4.5. Algunos elementos de protección -----	24
4.6. Uso de equipos -----	30
Capítulo 5. Mapas de la red de distribución actual VS mapas de la red de distribución nueva	33
5.1. Introducción -----	33
5.2. Mapa de las redes de las cuatro subestaciones -----	33
5.3. Subestación Santiaguito -----	36
5.4. Magnitud de una falla en Subestación Santiaguito -----	38
5.5. Mantenimiento -----	41
Capítulo 6. Inversión y observaciones -----	43
6.1. Introducción -----	43
6.2. Inversión -----	43
6.3. Observaciones -----	44
Capítulo 7. Conclusiones -----	45
Referencias -----	47

Lista de Figuras

Capítulo 3.

Figura 3.1. Coordenadas de posicionamiento global -----	11
Figura 3.2. Subestación Santiaguito vista desde un ángulo de inclinación ----	12
Figura 3.3. Creación de carpetas -----	13
Figura 3.4. Edición de carpetas -----	14
Figura 3.5. Carpetas y subcarpetas -----	14
Figura 3.6. Creación de una de las rutas -----	16
Figura 3.7. Edición de marcas de posición -----	17
Figura 3.8. Medición de una distancia en línea recta -----	18
Figura 3.9. Medición de distancia a manera de ruta -----	19

Capítulo 4.

Figura 4.1. Protecciones de la red de la Subestación Santiaguito -----	32
--	----

Capítulo 5.

Figura 5.1. Circuitos de media tensión visto en AutoCAD -----	34
Figura 5.2. Circuitos de media tensión visto en G.E. -----	34
Figura 5.3. Circuitos en relieve y fotos en burbuja en G.E. -----	35
Figura 5.4. Circuitos de media tensión de la Subestación Santiaguito -----	36
Figura 5.5. Circuitos de media tensión propuestos -----	37
Figura 5.6. Representación de la zona afectada -----	39
Figura 5.7. Representación de la zona afectada -----	40
Figura 5.8. Imagen de los tramos a construir -----	41

Lista de Símbolos y Abreviaturas

C.F.E.	Comisión Federal de Electricidad
DCO	División Centro Occidente
EPROSEC	Equipos de Protección y Seccionamiento
NOM	Norma Oficial Mexicana
SIG	Sistema de Información Geográfica
LT	Línea de Transmisión
SP	Sistema de Protección
CSN	Cuchillas Seccionadoras de Navaja
CUN	Cuchillas Unipolares de Navaja
R	Restauradores
D	Desconectadores
S	Seccionalizadores
CCF	Corta Circuito Fusible
COG	Cuchillas de Operación en Grupo
G.E.	Google Earth
AC	AutoCAD
K	Kilo
M	Mega
G	Giga
<i>Mts</i>	Metros
W	Watts
<i>Hz</i>	Hertz
<i>Whr</i>	Watt-hora
V	Voltaje
I	Corriente

Capítulo 1

Introducción

Después de que la electricidad es generada en las plantas generadoras el siguiente paso es transmitirla y así pueda llegar a todos los centros de consumo, casas, fábricas, escuelas, hospitales, entre otros. Para lo anterior se necesita la Red Eléctrica a lo largo y ancho de todo México. Esta red está formada por Torres, Líneas de Transmisión y Subestaciones, apoyados por equipos de Protección, Comunicaciones y Control. Las líneas de transmisión son los caminos que usan los electrones para fluir y así crear una corriente eléctrica y están constituidas por acero y aluminio. Las Torres que sostienen las líneas de transmisión, por medio de unos aisladores de porcelana o silicón que evitan que la electricidad brinque a las torres que están construidas de acero puro para soportar la temperatura ambiente así como las diferentes condiciones meteorológicas que se presentan.

En las subestaciones de Transformación, es donde se aumenta o se reduce el nivel de tensión eléctrica, dependiendo de la necesidad. Si aumenta se define como alta tensión la cuál puede viajar largas distancias para reducir las pérdidas. A la inversa si se reduce se define como baja tensión y se utiliza para entregar a los centros de consumo.

En la parte más alta de las torres se ubica un cable que se llama hilo de guarda el cual a su vez tiene en su interior varias fibras de vidrio llamadas en su conjunto fibra óptica y a través de ellas viajan señales luminosas que se transforman en voz, datos e imágenes. Este hilo de guarda protege a las líneas de Transmisión de descargas atmosféricas.

La red de distribución está integrada por las líneas de subtransmisión con niveles de tensión de 138, 115, 85 y 69 KV; así como, las de distribución en niveles de 34.5, 23, 13.8, 6.6, 4.16 y 2.4 KV y baja tensión.

Actualmente la energía eléctrica se ha convertido en un recurso indispensable para el desarrollo, bienestar y comodidad de la sociedad.

Una manera de mantener estos aspectos es la eficiencia en la distribución, la garantía de un servicio constante con las mínimas interrupciones y en caso de haberlas, que tengan

una corta duración; para ello es necesario contar con una organización y mapas de líneas de distribución para la detección e identificación de las fallas y así dar solución a la brevedad posible para garantizar el suministro del servicio.

Así mismo en la desorganización de las líneas de transmisión existe un factor secundario que es la contaminación visual; este aspecto afecta la imagen de las zonas tanto urbanas como rurales que a menudo son causados por mala organización de las líneas de transmisión o por cuestiones de crecimiento de la zona que en su momento pareciera ser la mejor solución pero actualmente no resulta ser tan factible; por lo que se procura mantener un ambiente despejado y que sea arquitectónicamente armonioso y estético de acuerdo a la zona en cuestión sin faltar a la normatividad que debe de existir en las instalaciones para garantizar la seguridad de cualquier persona, vehículo u obras que se encuentren alrededor de la misma.

La herramienta a utilizar será el G.E. para representar gráficamente los circuitos, ya que este software nos permite visualizar de manera real lo que se pretende realizar.

1.1 Antecedentes

La Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) es una empresa del gobierno mexicano que genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica para más de 27.7 millones de clientes, lo que representa a casi 80 millones de habitantes, e incorpora anualmente más de un millón de clientes nuevos.

La infraestructura para generar la energía eléctrica está compuesta por 177 centrales generadoras, con una capacidad instalada de 50,403 megawatts (MW).

El 22.73% de la capacidad instalada corresponde a 21 centrales construidas con capital privado por los Productores Independientes de Energía (PIE).

En la C.F.E. se produce la energía eléctrica utilizando diferentes tecnologías y diferentes fuentes de energético primario. Tiene centrales termoeléctricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, geotermoeléctricas, eoloeléctricas y una nucleoeléctrica.

Para conducir la electricidad desde las centrales de generación hasta el domicilio de cada uno de sus clientes, la C.F.E. tiene más de 739 mil kilómetros de líneas de transmisión y de distribución.

El suministro de energía eléctrica llega a cerca de 137 mil localidades (133,345 rurales y 3,356 urbanas) y el 96.84% de la población utiliza la electricidad.

En los últimos diez años se han instalado 42 mil módulos solares en pequeñas comunidades muy alejadas de los grandes centros de población. Esta será la tecnología de mayor aplicación en el futuro para aquellas comunidades que aún no cuentan con electricidad.

En cuanto al volumen de ventas totales, 83.3% lo constituyen las ventas directas al público; 15.5% se suministraban a la extinta empresa Luz y Fuerza del Centro, y el 1.2% restante se exporta.

Si bien el sector doméstico agrupa 88.17% de los clientes, sus ventas representan 26.56% del total de ventas al público. Una situación inversa ocurre en el sector industrial, donde menos de 1% de los clientes representa más de la mitad de las ventas.

La C.F.E. es también la entidad del gobierno federal encargada de la planeación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), la cual es plasmada en el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE), que describe la evolución del mercado eléctrico, así como la expansión de la capacidad de generación y transmisión para satisfacer la demanda en los próximos diez años, y se actualiza anualmente.

El compromiso de la empresa es ofrecer servicios de excelencia, garantizando altos índices de calidad en todos sus procesos, al nivel de las mejores empresas eléctricas del mundo.

C.F.E. es un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

La investigación de tesis fue hecha en Morelia, Michoacán, analizando la zona Norte de la ciudad de las subestaciones de Santiaguito, Morelia Industrial, Aeropuerto y Tarímbaro en colaboración con el departamento de distribución de la Subestación Santiaguito en Morelia Michoacán.

Actualmente la C.F.E. sigue tratando de ofrecer el mejor servicio de suministro de energía eléctrica, por lo cual se ha visto en la necesidad de reordenar sus instalaciones para ampliar el número de servicios que se le demanda, en este caso, la zona en cuestión deberá ser reordenada, ya que en su momento no se tenía idea del crecimiento de la ciudad a tal magnitud, pues a pesar de la planeación que en su momento se llevo a cabo, ésta no fue

suficiente, ya que no había conocimiento de la ubicación exacta de las colonias, calles y mucho menos los domicilios que actualmente existen.

1.2 Objetivo de la tesis

El objetivo de esta tesis es saber con exactitud la ubicación de las líneas de distribución eléctrica para hacer un reordenamiento de las mismas y poder tener un mayor control de las cargas y en caso de falla, facilitar la detección y corrección de las mismas para garantizar el suministro eléctrico a los usuarios. En el momento que alguna falla no pueda ser restablecida de inmediato; el circuito en cuestión pueda conectarse a otro y así garantizar que el circuito eléctrico estará disponible bajo cualquier perturbación.

Se tratará de que las instalaciones sean más eficientes, eficaces, sin olvidar el aspecto económico y que tengan una rápida respuesta con la ayuda de dispositivos automáticos de restablecimiento que serán instalados en puntos estratégicos de la red así como la opción de aislar secciones falladas para su reparación.

Un beneficio importante será el del mantenimiento del circuito, facilitando la identificación de problemas que pudiese haber en la red, además de que al reordenarse y balancear las cargas de todos los circuitos, éstos tendrán menores pérdidas y su caída de tensión será menor.

Identificar circuitos con mayor fuga de energía eléctrica mediante la comparación de energía facturada y energía suministrada al sistema.

1.3 Justificación

La investigación se llevará a cabo debido a que la ciudad de Morelia está en crecimiento por lo que se requiere cumplir con la demanda eléctrica, pero esto no solamente implica el generarla para satisfacerla, sino que además se requiere hacer un reordenamiento de las cargas y de las líneas de distribución así como cambio de calibres de cables en algunas zonas, pues es indispensable hacer cálculos para la nueva carga que éstos llevarán y tal vez los antiguos cables no soporten la nueva carga.

Además se trata de tener menores pérdidas en las líneas y sobre todo tener el control de las fallas que puedan ocurrir. Sería muy difícil encontrar fallas en el sistema si éste se encuentra desordenado, porque solamente se fue instalando conforme el crecimiento de la

ciudad; con esto nos referimos a que no se tuvo una planeación para un futuro. Por lo cual tratamos de reordenarlo, trazar las nuevas rutas del sistema teniéndolo documentado de manera digital para su rápido y fácil acceso, todo esto para mejorar el servicio.

1.4 Metodología

Se utilizará el método inductivo, ya que éste va de lo particular a lo general. Será empleado el método inductivo cuando de la observación de los hechos particulares obtenemos proposiciones generales, o sea, es aquél que establece un principio general una vez realizado el estudio y análisis de hechos y fenómenos en particular.

La inducción es un proceso mental que consiste en inferir de algunos casos particulares observados la ley general que los rige y que vale para todos los de la misma especie.

1.5 Contenido de la tesis

En el capítulo 1 se dará una introducción de lo que se pretende hacer con esta investigación así como el uso de la herramienta utilizada.

El capítulo 2 expondrá la normatividad que deberá cumplirse para propósitos operativos de las instalaciones eléctricas.

El capítulo 3 contiene la utilización básica de G.E.

El capítulo 4 Indica algunos de los Elementos de Protección y Seccionamiento (EPROSEC).

El capítulo 5 contendrá datos de los mapas de la red de distribución actual y la situación en la que se encuentra la misma, se hará una comparación con la red de distribución que sea la nueva propuesta.

El capítulo 6 obtendrá términos generales de inversión y las observaciones en cuanto al proyecto, beneficios y aportaciones para investigaciones futuras.

El capítulo 7 contiene las conclusiones.

Capítulo 2

Normatividad

2.1 Introducción

Para entender la Norma Oficial Mexicana (NOM) hay que pensar en esa figura omnipresente pero poco tangible del Estado, que entre otras funciones, tiene la de cuidar sus propios “bienes”, ya sean bosques, aguas, selvas, fauna, pero sobre todo a sus ciudadanos. Las NOM tienen como principal objetivo prevenir los riesgos a la salud, la vida y el patrimonio y por lo tanto son de observancia obligatoria.

Las NOM son las regulaciones técnicas que contienen la información, requisitos, especificaciones, procedimientos y metodología que permiten a las distintas dependencias gubernamentales establecer parámetros evaluables para evitar riesgos a la población, a los animales y al medio ambiente. Están presentes en prácticamente todo lo que te rodea, agua embotellada, licuadoras, llantas, ropa, etc.

El gobierno es el encargado de identificar los riesgos, evaluarlos y emitir las NOM. Sin embargo en el proceso se suman las consideraciones de expertos externos provenientes de otras áreas. Las NOM están conformadas por comités técnicos integrados por todos los sectores interesados en el tema, no únicamente gobierno sino también por investigadores, académicos y cámaras industriales o de colegios de profesionistas. Antes de que una norma entre en funcionamiento, debe existir un consenso entre el Comité Consultivo Nacional, donde a través de Profeco, tú como consumidor también tienes un representante, puesto que son discusiones de carácter técnico y científico.

Las normas son importantes para planear y llevar a cabo un proyecto de semejante magnitud, no se puede prescindir de ellas ya que esto implicaría dejar pasar la seguridad que es indispensable para el bienestar de las personas.

Se deben acatar todas las normas a las que se haga referencia para mantener un estándar en las instalaciones, tanto para su uso, instalación y mantenimiento.

Las normas de distribución- Construcción de Sistemas Subterráneos, obedecen a la

necesidad de tener una reglamentación a nivel nacional, para uniformizar la calidad y al mismo tiempo simplificar la construcción de líneas y redes subterráneas conforme a un criterio técnico-económico. Manejando un concepto enfocado a transmitir armonía con el entorno y un diseño y construcción de sistemas subterráneos a favor del respeto al medio ambiente.

2.2 Antecedentes

Las primeras normas nacionales se editaron en 1974 y estuvieron vigentes hasta el 20 de noviembre de 1992, la segunda edición estuvo vigente hasta el 5 de marzo de 1997, la tercera edición estuvo vigente hasta el 1 de mayo del 2002, la cuarta edición estuvo vigente hasta 11 de marzo del 2005, la quinta edición estuvo vigente hasta el 1 de diciembre de 2008; actualmente a treinta y cuatro años de la implantación de las primeras Normas nacionales se presenta su sexta edición, la cual incorpora los avances tecnológicos que han permitido la modernización de las técnicas de construcción, así como el empleo de materiales, equipos y accesorios más eficientes, que permiten abatir costos, sin menoscabo de la confiabilidad y seguridad que proporcionan los Sistemas Subterráneos.

Para la optimización de los proyectos, se incorpora la herramienta de diseño y configuración de redes de distribución subterránea de baja tensión asistida por computadora “Conjunto Transformador Red Secundaria” CTRS, la cual facilita el diseño de redes optimizadas, considerando demanda, pérdidas de energía eléctrica, costos de inversión y operación. En la sección correspondiente a alta tensión se incluyen consideraciones técnicas para su diseño, obra civil y electromecánica, así como animaciones que muestran la elaboración de empalmes y terminales de las principales tecnologías que actualmente se emplean en C.F.E.

Esta actualización considera los comentarios y aportaciones a la versión anterior durante su vigencia y los derivados de los Congresos en Sistemas de Distribución Subterránea, de parte de fabricantes, desarrolladores, contratistas y personal de C.F.E. de todo el país.

Se presenta en un disco compacto multimedia, con el mismo contenido que el libro impreso, que cuenta con una interfaz gráfica intuitiva y vanguardista, empleando

animaciones tridimensionales manipulables. Además se preparó una versión adecuada para internet con vínculos de consulta a especificaciones y normas de referencia de C.F.E. vigentes, que también permite futuras actualizaciones en línea indicando las secciones que han sido modificadas.

2.3 Objetivo

Establecer a nivel Nacional en el área de Distribución de la *Comisión Federal de Electricidad*, los criterios, métodos, equipos y materiales utilizados en la planeación, proyecto y construcción de Redes de Distribución, que permitan lograr con la máxima economía, instalaciones eficientes que requieran un mínimo de mantenimiento.

2.4 Marco Jurídico

- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- Norma Oficial Mexicana-008-SCFI Sistema General de Unidades de Medida.
- Norma Oficial Mexicana-001-SEDE Instalaciones Eléctricas.

2.5 Normas para el proyecto

El proyecto está basado en las normas de C.F.E. en las cuales se muestra específicamente todo lo que se debe hacer en instalaciones aéreas, subterráneas de media tensión.

Estas son:

- Construcción de Líneas Aéreas
- Construcción de Líneas Subterráneas
 - CFE-BMT-EOCEMAH
 - CFE-BMT-DP
 - CFE-BMT-C
 - CFE-AT-C

- CFE-EOCOE AT
- CFE-G
- CFE-AT-DP

Las normas se utilizarán en este proyecto ya que deben acatarse lo mejor posible, ya que, el cauce de un río, un terreno que se encuentre por el paso de las líneas, alguna construcción no contemplada, las condiciones del terreno y así infinidad de razones por las cuales no siempre podemos cumplir todas las especificaciones pero debemos apegarnos lo mayormente posible a ellas, y solo se logra conociéndolas a la perfección.

Las normas que se aplican en líneas aéreas difieren de las instalaciones de líneas subterráneas, cada una de ellas tienen sus especificaciones por lo que no debemos ignorarlas. Hay lugares que se pueden hacer las instalaciones subterráneas y otras no, al igual con las aéreas, por lo mencionado anteriormente, es por eso que debemos saber con exactitud lo que podemos utilizar para resolver favorablemente este tipo de situaciones que pueden afectar el proyecto.

Capítulo 3

Utilización del Google Earth (G.E.)

Esta herramienta fue utilizada gracias a que nos da una imagen del terreno de manera real por el cual estamos trazando los circuitos. Así tendremos mayores posibilidades de hacer alguna modificación.

3.1 Introducción

G.E. es un programa informático similar a un Sistema de Información Geográfica (SIG), creado por la empresa Keyhole Inc., que permite visualizar imágenes en 3D del planeta, combinando imágenes de satélite, mapas y el motor de búsqueda de Google que permite ver imágenes a escala de un lugar específico del planeta. En este programa también se incorpora Google Maps, ya que el G.E. le sirve para encontrar las calles, avenidas, negocios y ampliarlas de una manera muy legible.

Cabe mencionar que en esta ocasión se hizo el trazado de los circuitos en una versión gratuita de esta herramienta, por lo que en algunas zonas no se tiene exactamente mostrada la ciudad de manera actual. Existe la posibilidad de obtener datos más recientes de actualización de la ciudad si se cuenta con la licencia que permite el uso de G.E. de manera más actualizada.

3.2 Características

G.E. permite introducir el nombre de un hotel, colegio o calle y obtener la dirección exacta, un plano o vista del lugar. También se pueden visualizar imágenes vía satélite del planeta. También ofrece características en tercera dimensión (3D) como dar volumen a valles y montañas, y en algunas ciudades incluso se han modelado los edificios. La forma de moverse en la pantalla es fácil e intuitiva, con cuadros de mandos sencillos y manejables.

Además, es posible compartir con otros usuarios enlaces, medir distancias geográficas, ver la altura de las montañas, ver fallas o volcanes y cambiar la vista tanto en horizontal como en vertical.

G.E. también dispone de conexión con GPS (Sistema de Posicionamiento Global), alimentación de datos desde fichero y base de datos en sus versiones de pago.

También tiene un simulador de vuelo de G.E. bastante real con el que se puede sobrevolar cualquier lugar del planeta.

3.3 Posicionamiento global

Primeramente ubicamos la zona a actualizar, la zona de ejemplo será la de la subestación de Santiaguito, ubicada en la posición 19.724444 , -101.186389 estas coordenadas las podemos introducir en la barra de búsqueda en la pestaña de “Volar a”, seguido de un clic en el recuadro de Buscar, de la siguiente manera:



Fig. 3.1. Se observa como el G.E. nos posiciona en el lugar que corresponde a las coordenadas de posicionamiento global.

De esta forma, el G.E. nos moverá a la posición donde se encuentra la subestación

de Santiaguito, el resultado se muestra en la figura 3.1.

Haciendo zoom con la rueda del mouse o con las opciones de navegación que aparecen a la derecha de la pantalla, podemos situarnos en la posición deseada, ya que estas opciones nos permiten movernos en cualquier dirección, así como cambiar el plano cartesiano para orientarnos según nos convenga; incluso podemos inclinarnos a un determinado ángulo, figura 3.2.

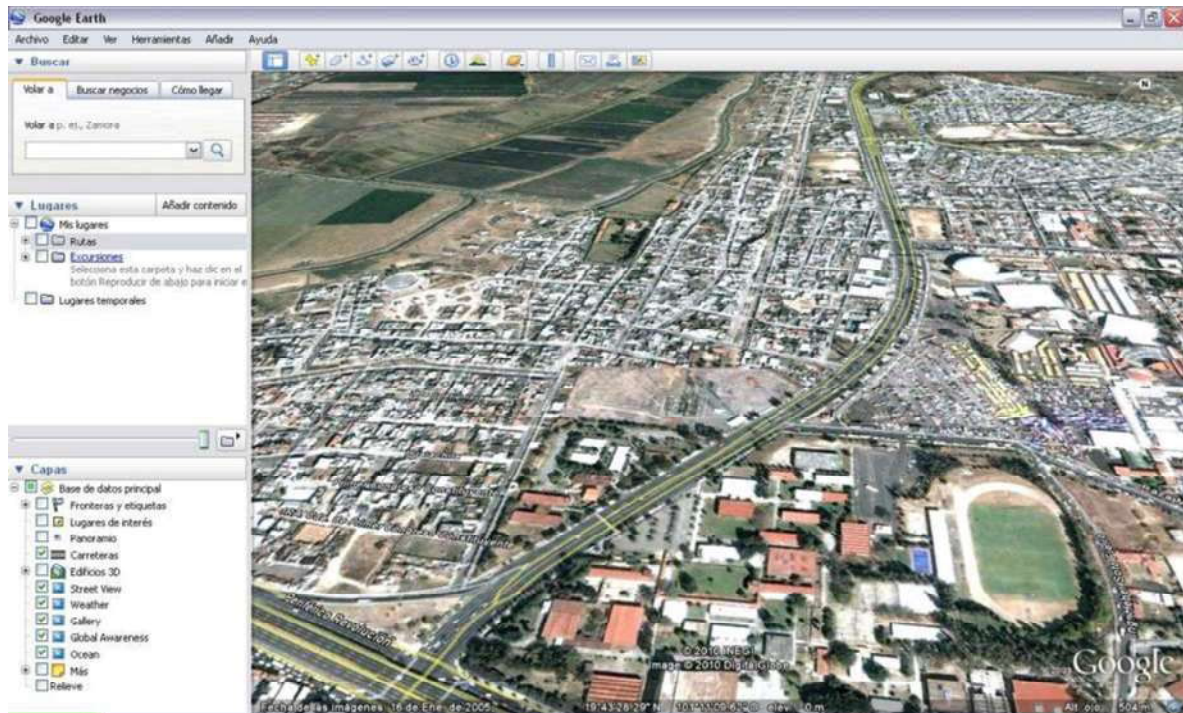


Fig. 3.2. Imagen de vista de la subestación de Santiaguito vista desde un ángulo de inclinación.

3.4 Creación de carpetas

Esto se hace con la finalidad de tener de manera ordenada todos nuestros datos, debemos organizarlas de tal manera que nos sea fácil encontrar cualquier dato que busquemos. Sin esta separación en carpetas tendríamos una lista interminable de datos introducidos en un solo apartado, lo cual nos causaría un gran problema al momento de necesitarlos, pues tendríamos que repasar todos estos datos en la búsqueda de alguno en específico.

Además, esta separación nos permite hacer una visualización solamente de los datos que deseamos, de otra manera nos sería tedioso activar o desactivar todos y cada uno de los

datos requeridos individualmente, no obstante, de esta manera se activa o desactiva todo un grupo en específico.

A continuación se explica la manera en la cual se crearon estas carpetas:

En la pantalla aparece en la parte izquierda, un apartado que indica los lugares, en este caso “Mis lugares”, aquí daremos clic derecho sobre el icono; en la ventana seleccionamos “Añadir-Carpeta” y damos clic. Figura 3.3.

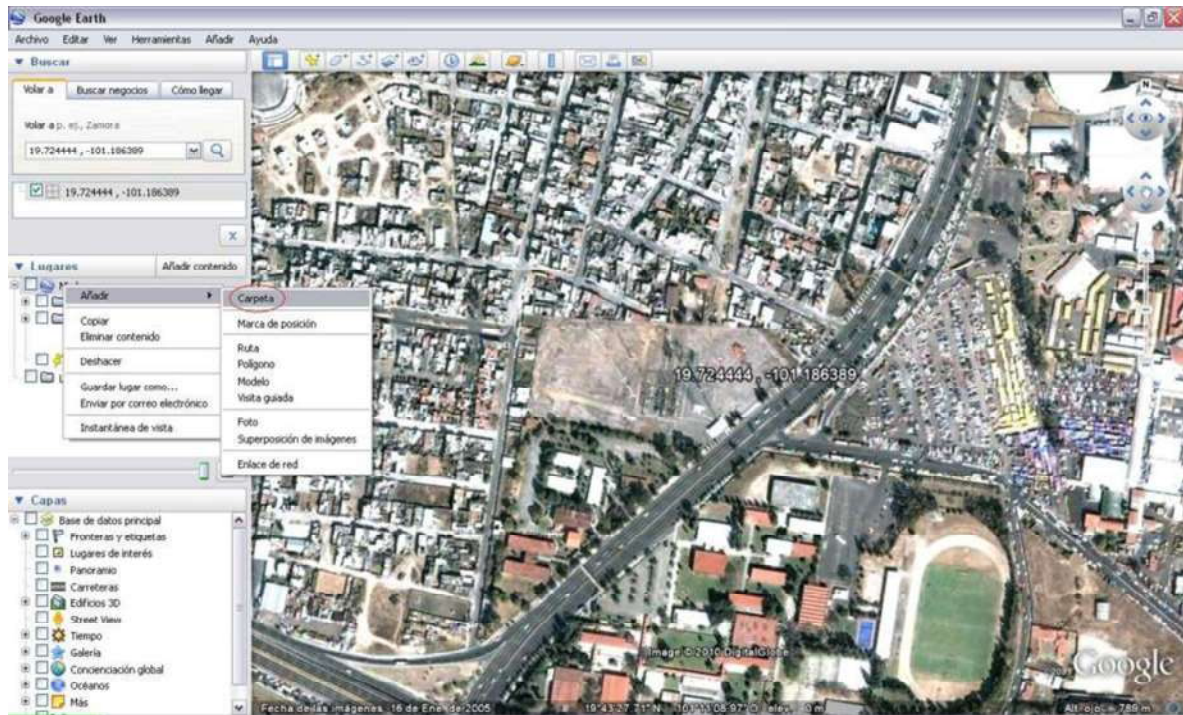


Fig. 3.3. Representación de creación de carpetas.

Aparecerá un recuadro en el cual indicaremos el nombre de nuestra carpeta, en este caso la nombraremos “Rutas”. Si nos parece adecuado podemos dar una descripción de lo que se encontrará dentro de la misma. Damos clic en “Aceptar”; se ha creado la carpeta. Figura 3.4.

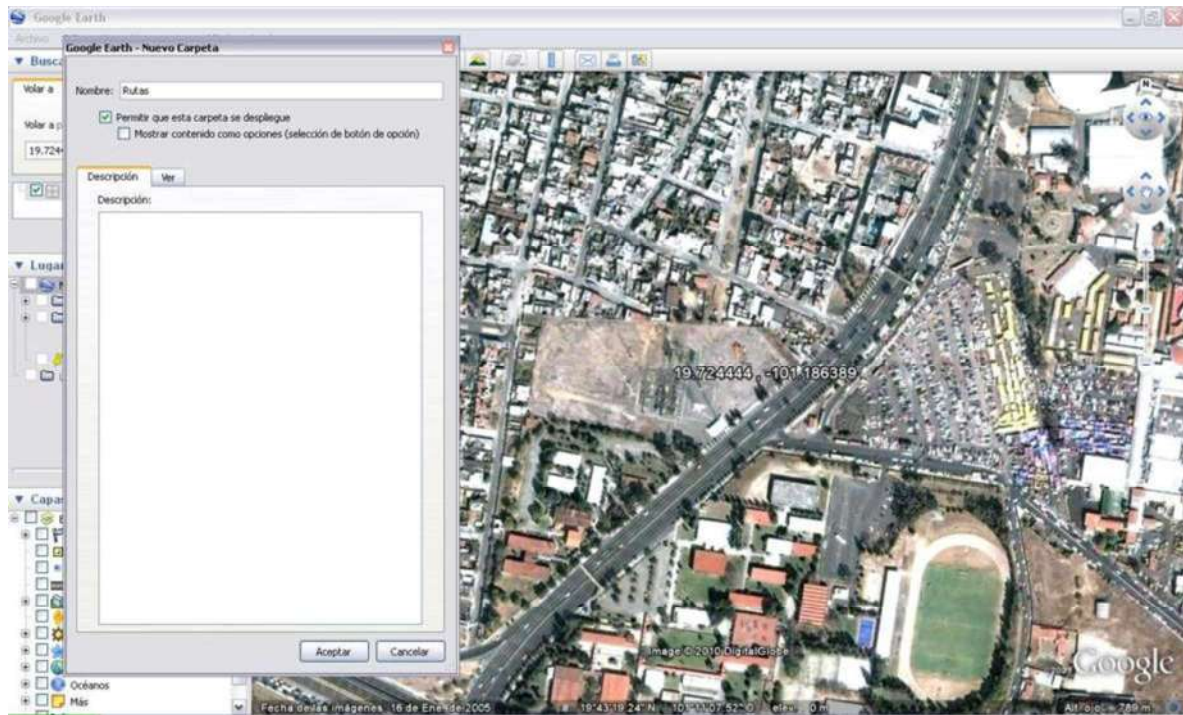


Fig. 3.4. Representación de edición de carpetas.

Del mismo modo podemos crear subcarpetas según sea conveniente. Figura 3.5.

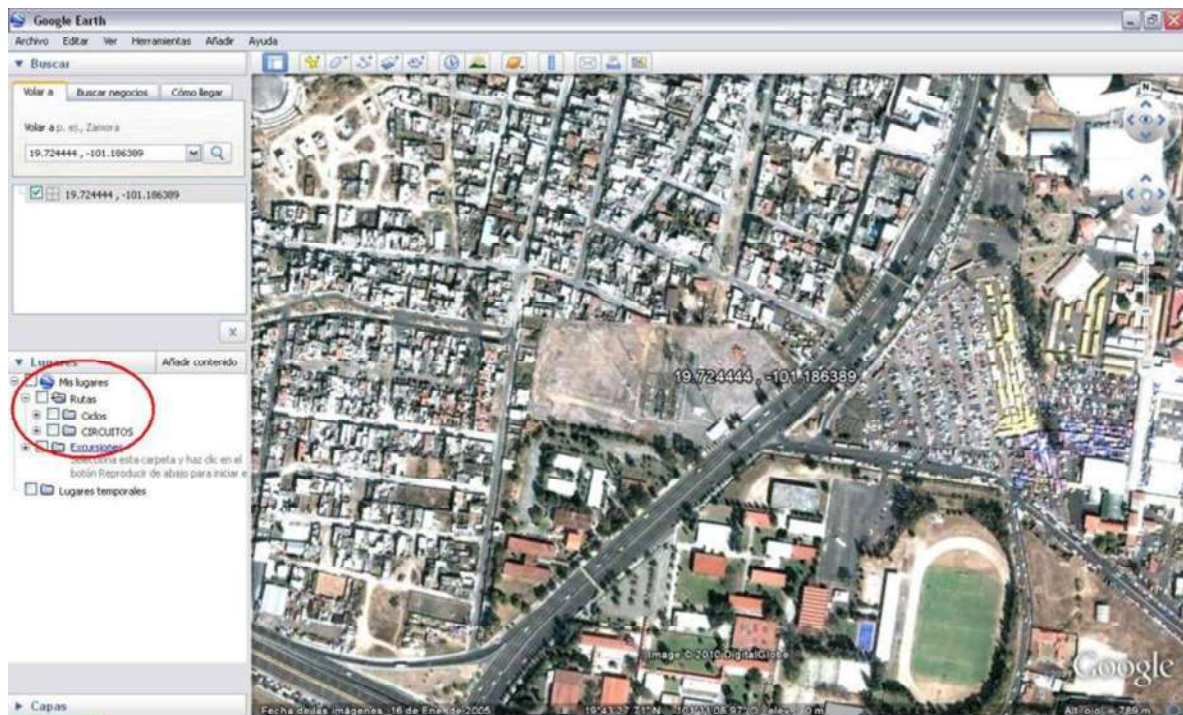


Fig. 3.5. Se observa la manera en la cuál pueden quedar ordenadas las carpetas y subcarpetas.

Para poder guardar esta carpeta debemos entrar al menú “Archivo-Guardar-Guardar Mis lugares”, de esta manera se guarda en el ordenador lo contenido en este apartado.

3.5 Trazado de rutas y circuitos

El trazado de las rutas y circuitos de las líneas de media tensión fue hecha de manera tal que se pueda distinguir un circuito de otro, tales circuitos pueden ser observados desde una distancia casi a nivel de suelo.

Aquí se separaron de manera individual cada circuito, ubicados en subcarpetas de tal forma que se pueda poner a la vista o quitarlo para analizar o visualizar algún circuito de nuestro interés; asimismo los Elementos de Protección y Seccionamiento (EPROSEC), calles, distancias del proyecto para condiciones futuras y ciclos de la parte de comercial fueron ubicados en una carpeta independiente para su fácil y rápida ubicación para observación y/o modificación.

Primeramente, ya habiendo creado la carpeta, se dará clic derecho sobre la misma, seleccionando Anadir-Ruta. En la ventana, se elegirá el nombre adecuado de acuerdo a la ruta a trazar, en ella, podemos seleccionar, color y varias opciones de formato, así como ponerlas a cierto nivel del suelo.

Ahora sin cerrar la ventana damos clic sobre el mapa y éste dejará indicado el inicio de la ruta y así sucesivamente, cada clic indicará la siguiente posición trazando una línea recta de un punto a otro; una vez terminada la ruta solamente se da clic en Aceptar, Figura 3.6.

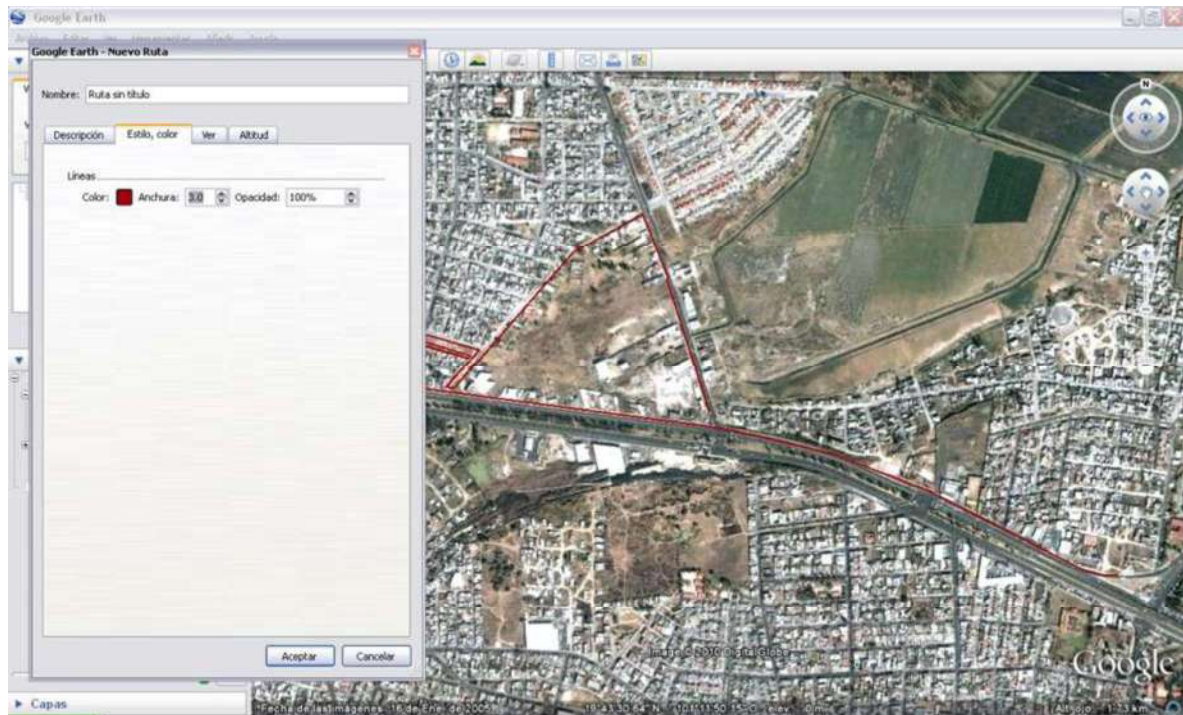


Fig. 3.6. Se observa la creación de una de las rutas.

3.6 Marcas de posición

Las marcas de posición fueron utilizadas para propósitos de señalización de calles, subestaciones, inicio y fin de ciclos, distancias y los Elementos de Protección y Seccionamiento de los circuitos.

Para añadir estas marcas de posición, se da clic derecho sobre la carpeta que deseamos que contenga la marca y seleccionamos Añadir-Marca de posición. Aparecerá una ventana en la que, al igual que en las anteriores, podemos editar distintas características que nos ayuden a su identificación, también podemos cambiar el icono que nos parezca más adecuado. Ahora solamente movemos la marca a la posición deseada y damos clic en aceptar. Lo anterior puede observarse en la figura 3.7.

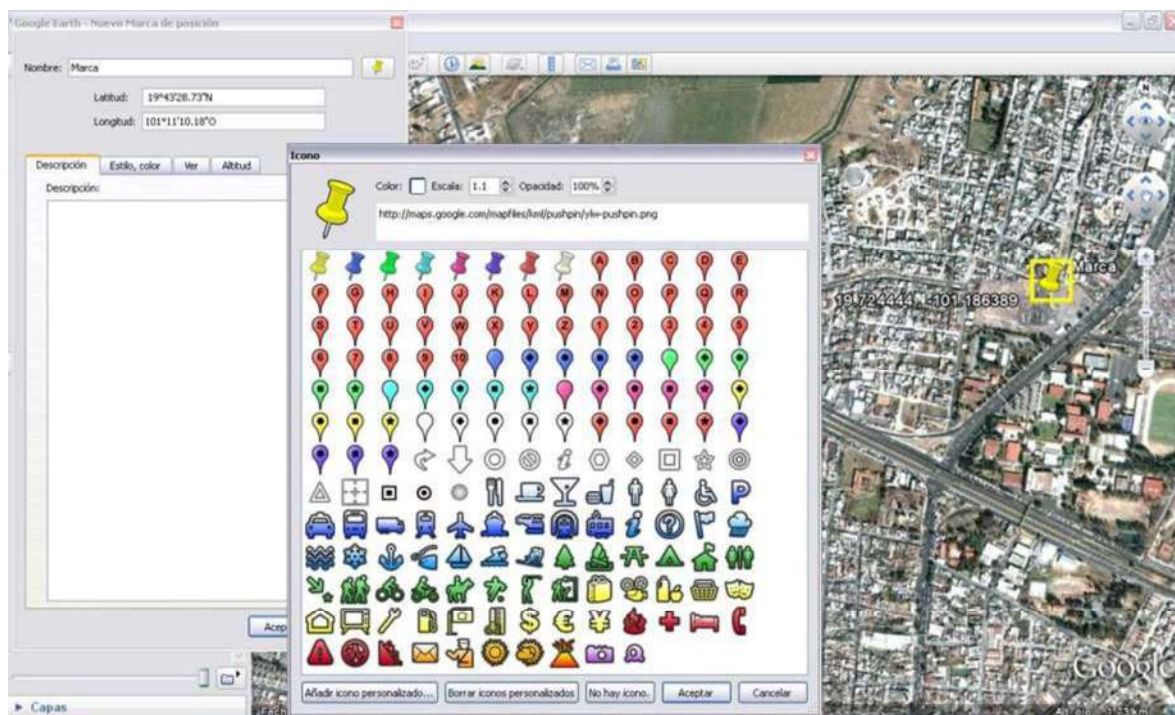


Fig. 3.7. Se observa la manera en la que editamos las marcas de posición y las distintas figuras que podemos elegir según nos parezca conveniente.

3.7. Medición de distancias

El G.E. nos permite hacer mediciones de distancias en el terreno de manera muy acertada; esta opción es muy favorable ya que no tenemos que ir físicamente al lugar para tomar esas distancias que necesitamos.

Para la medición tenemos que ubicarnos en una posición de la cuál se quiera tener la medición. Enseguida, en la barra de herramientas de la parte superior ubicamos el icono de la regla, en la cual daremos clic.

A continuación nos aparece un recuadro con dos pestañas, una con la leyenda “línea” y otra “ruta”. Estando en la pestaña de línea habrá un recuadro indicándonos la escala en la cual queremos tomar la medición y una línea indicándonos la dirección en grados; esta opción solamente nos servirá para medir la distancia de un punto a otro de manera lineal, para utilizarla basta con dar clic en el punto inicial y final, figura 3.8.

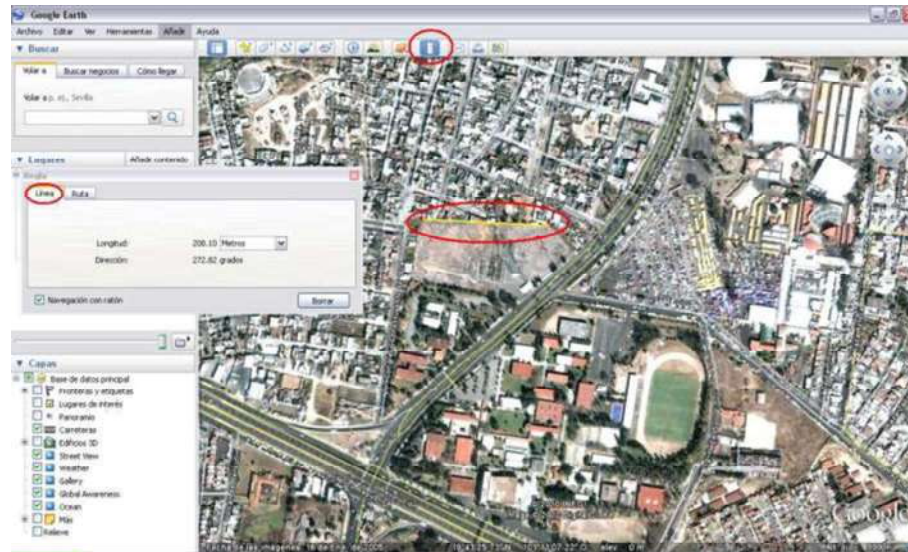


Fig. 3.8. Representación de la medición de una distancia en línea recta.

Si damos clic en la pestaña de “Ruta” nos presentará en un recuadro la escala en la cuál nos estará indicando la medición; esta opción nos permitirá hacer la medición de una distancia a manera de ruta, así tendremos la posibilidad de medir distancias en varios puntos, por ejemplo, la distancia de las líneas de transmisión desde la subestación a un punto en específico, para utilizarla basta con dar clic en todos los puntos por los cuales pasará la ruta, en el recuadro ira apareciendo de manera automática la suma de estas distancias, figura 3.9.

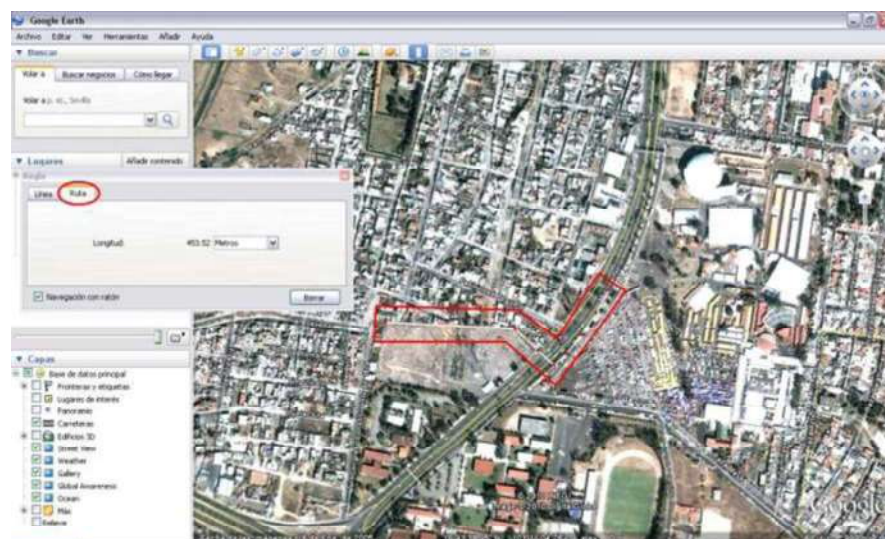


Fig. 3.9. Representación de la medición de una distancia a manera de Ruta.

Por todo lo anterior podemos ver el porqué de la utilización de esta herramienta, ya que es una manera muy práctica y fácil de establecer los trazados de las líneas de transmisión, además, todo se muestra en un entorno gráfico demasiado amigable pero sobre todo, es lo más cercano a la realidad, algo que nos beneficia de una manera altamente productiva pues no nos perderemos entre líneas de dibujos sino que ahora estaremos ubicados entre las calles que realmente existen.

Capítulo 4

Equipo de Protección y Seccionamiento (EPROSEC)

4.1 Introducción

Las Protecciones de los sistemas eléctricos son una parte integral de éstos, tienen como trabajo evitar la destrucción de un conjunto de equipos o dispositivos interconectados en una tarea común por causa de una falla que podría iniciarse de manera simple y después extenderse sin control en forma encadenada. El sistema de protecciones debe aislar la parte donde se ha producido la falla buscando perturbar lo menos posible la red.

4.2 Componentes

Los sistemas eléctricos se componen generalmente de los siguientes elementos:

- *Elementos transductores;* que permiten saber en qué estado está el sistema. En esta categoría se clasifican los transformadores de corriente y los transformadores de tensión. Éstos se pueden entender como una interfaz de ajuste entre el sistema eléctrico y los relés de protección. Reducen los parámetros de corriente y de potencial, respectivamente, a valores adecuados que permiten alimentar las entradas de los dispositivos de detección.
- *Los relés de protección o relevadores;* que ordenan disparos en caso de falla. Son el cerebro del sistema de protecciones ya que contienen la lógica que deben seguir los interruptores. Se comunican con el sistema eléctrico por medio de los elementos de medida y ordenan operar a dispositivos tales como interruptores, reconectadores u otros.

- *Los interruptores*; que hacen la conexión o desconexión de las redes eléctricas. Son gobernados por los relés y operan directamente el sistema de eléctrico.
- *Sistema de alimentación del sistema de protecciones*. Se acostumbra alimentar, tanto interruptores como relés con un sistema de alimentación de energía eléctrica independiente del sistema de alimentación protegido con el fin de garantizar autonomía en la operación. De esta forma los relés e interruptores puedan efectuar su trabajo sin interferir. Es común que estos sistemas sean de tensión continua y estén alimentados por baterías o pilas.
- *Sistema de comunicaciones*. Es el que permite conocer el estado de interruptores y relés con el fin de poder realizar operaciones y analizar el estado del sistema eléctrico. Existen varios sistemas de comunicación.

Algunos de éstos son:

- *Nivel 0*. Sistema de comunicaciones para operación y control en sitio.
- *Nivel 1*. Sistema de comunicaciones para operación y control en cercanías del sitio.
- *Nivel 2*. Sistema de comunicaciones para operación y control desde el centro de control local.
- *Nivel 3*. Sistema de comunicaciones para operación y control desde centros de control nacional.

4.3 Características de los Sistemas de Protección (SP)

Fiabilidad

Es el grado de certeza con el que el relé de protección actuará, para un estado prediseñado. Es decir, un relé tendrá un grado de fiabilidad óptima, cuando éste actúe en el momento en que se requiere, desde el diseño.

Seguridad

La seguridad, se refiere al grado de certeza en el cual un relé no actuará para casos en los cuales no tiene que actuar. Por lo que un dispositivo que no actúe cuando no es necesario, tiene un grado de seguridad mayor que otros que actúan de forma inesperada,

cuando son otras protecciones las que deben actuar.

Selectividad

Este aspecto es importante en el diseño de un SP (sistema de protección), ya que indica la secuencia en que los relés actuarán, de manera que si falla un elemento, sea la protección de este elemento la que actúe y no la protección de otros elementos. Asimismo, si no actúa esta protección, deberá actuar la protección de mayor capacidad interruptiva, en forma jerárquica, precedente a la protección que no actuó. Esto significara que la protección que espera un tiempo y actúa, se conoce como dispositivo de protección de respaldo.

Velocidad

Se refiere al tiempo en que el relé tarda en completar el ciclo de detección-acción. Muchos dispositivos detectan instantáneamente la falla, pero tardan fracciones de segundo en enviar la señal de disparo al interruptor correspondiente. Por eso es muy importante la selección adecuada de una protección que no sobrepase el tiempo que tarda en dañarse el elemento a proteger.

Simplicidad

El aspecto de la simplicidad es, como su nombre lo indica, se refiere al número de elementos que se utilizan para un sistema de protecciones, mientras menos dispositivos se empleen, más simple será y por lo tanto más fácil su mantenimiento, a la vez que se reduce el costo total del SP. Pero en ocasiones la simplicidad puede llevar a un costo mayor, debido al uso de elementos multifuncionales, que simplifican el esquema general de protecciones, y que realizan diferentes funciones siendo por esto de costo más elevado.

Economía

Cuando se diseña un SP lo primero que se debe tener en cuenta es el costo de los elementos a proteger. Mientras más elevado sea el costo de los elementos y la configuración de la interconexión de éstos sea más compleja, el costo de los SP será de mayor magnitud. A veces el costo de un SP no es el punto a discutir, sino la importancia de

la sección del SE (Sistema Eléctrico) que se debe proteger, lo recomendable es siempre analizar múltiples opciones para determinar cuál de ellas es la que satisface los requerimientos de protección al menor costo.

4.4 Protecciones de líneas de transmisión

La Línea de Transmisión (LT) es el elemento del sistema eléctrico de potencia destinado a transportar la energía, desde su generación hasta el punto de distribución para su consumo, por lo que se considera como el elemento más importante en el suministro de energía eléctrica. Y forma parte de la red de transporte de energía eléctrica.

El esquema de protección de una LT está formado por una protección primaria y protecciones de respaldo, siendo la primaria de alta velocidad y las de respaldo con acción retardada.

El objeto de la característica de alta velocidad de la protección primaria es debido a que ésta debe actuar en la menor cantidad de tiempo posible tratando de aislar la falla del sistema, las de respaldo son de acción retardada, ya que tienen que esperar a que la protección primaria actúe, si no es así lo harán éstas. Esto no significa que las de respaldo solo actuarán en caso de que la primaria no actúe.

La gran desventaja es que la protección de respaldo aísla una sección de mayor dimensión que la primaria.

Existen varios factores que afectan el diseño y operación de un SP en Líneas de Transmisión, los cuales son: configuración de la red y niveles de tensión, entre otros.

Los esquemas de protección que se pueden utilizar en una LT, son: Protección contra sobre corriente (PSC), Protección de distancia (PD), Protección de hilo piloto (PHP), y la protección híbrida (PH).

Las protecciones que se aplican a las líneas de transmisión se dividen en dos grupos principales, el de protecciones primarias y el de protecciones de respaldo como se describen a continuación:

1. Primaria
 - a. Diferencial con hilo piloto
 - b. Comparación de fase con onda portadora (carrier), o hilo piloto con tono

- de audio
 - c. Comparación direccional con relevadores de distancia y onda portadora, o hilo piloto con tonos de audio.
2. Respaldo
- a. Distancia
 - b. Sobre corriente direccional de fases y tierra

4.5 Algunos elementos de protección

4.5.1 Cuchillas desconectadoras

Llamados también Seccionadores, son interruptores de una subestación o circuitos eléctricos que protegen a una subestación de cargas eléctricas demasiado elevadas. Son muy utilizadas en las centrales de transformación de energía eléctrica de cada ciudad. Consta de las siguientes partes:

1. *Contacto fijo*. Diseñado para trabajo rudo, con recubrimiento de plata.
2. *Multicontacto móvil*. Localizado en el extremo de las cuchillas, con recubrimiento de plata y muelles de respaldo que proporcionan cuatro puntos de contacto independientes para óptimo comportamiento y presión de contacto.
3. *Cámara interruptiva*. Asegura la interrupción sin arco externo. Las levas de las cuchillas y de la cámara interruptiva están diseñadas para eliminar cualquier posibilidad de flameo externo.
4. *Cuchillas*. Fabricadas con doble solera de cobre. La forma de su ensamble proporciona mayor rigidez y alineación permanente, para asegurar una operación confiable.
5. *Contacto de bisagra*. Sus botones de contacto troquelado y plateados en la cara interna de las cuchillas, en unión con un gozne plateado giratorio y un resorte de presión de acero inoxidable, conforman un diseño que permite combinar óptimamente la presión de contacto, evitando puntos calientes pero facilitando la operación y estabilidad de las cuchillas.
6. *Aisladores tipo estación*. De porcelana, dependiendo del tipo de seccionador varía el número de campanas.

7. *Base acanalada.* De acero, con buje de bronce que proporciona una operación suave. No requiere mantenimiento y resiste la corrosión.
8. *Mecanismo de operación.* Permite una amplia selección de arreglos de montaje para diferentes estructuras.

La maniobra de operación con estas cuchillas implica abrir los interruptores que las cuchillas en el caso de desconexión. Y cerrar antes las cuchillas después los interruptores en el caso de conexión.

Esto es debido a que los seccionadores son un tipo de apartamiento eléctrica más de seguridad, que de corte propiamente dicho, pues su objetivo es proporcionar una seguridad visual de desconexión real ante operaciones que requieren desconexión. De esta forma, un operario trabajando puede ver visualmente que la desconexión se ha llevado a cabo, y que no sufrirá ninguna clase de daños, aunque exista un fallo en los interruptores, y que las cuchillas pueden tener peligro de arco eléctrico mientras que los interruptores no.

4.5.2 Disyuntor

Un disyuntor o interruptor automático es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos. A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática.

Se fabrican disyuntores de diferentes tamaños y características lo cual hace que sea ampliamente utilizado en viviendas, industrias y comercios.

Características y tipos

Los parámetros más importantes que definen un disyuntor son:

- *Calibre o corriente nominal.* Corriente de trabajo para la cual está diseñado el dispositivo.
- *Voltaje de trabajo.* Tensión para la cual está diseñado el disyuntor.
- *Poder de corte.* Intensidad máxima que el disyuntor puede

interrumpir. Con mayores intensidades se pueden producir fenómenos de arco voltaico, fusión y soldadura de materiales que impedirían la apertura del circuito.

- *Poder de cierre.* Intensidad máxima que puede circular por el dispositivo en el momento de cierre sin que éste sufra daños por choque eléctrico.
- *Numero de polos.* Número máximo de conductores que se pueden conectar al interruptor automático.

Los disyuntores más comúnmente utilizados son los que trabajan con corrientes alternas, aunque existen también para corrientes continuas.

4.5.3 Interruptor magneto- térmico

Un interruptor termo magnético, o disyuntor termo magnético, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por lo tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

4.5.4 Disyuntor magnético

Un disyuntor magnético es un interruptor automático que utiliza un electroimán para interrumpir la corriente. En funcionamiento normal, ésta pasa por la bobina del electroimán creando un campo magnético débil. Si la intensidad es mayor de un determinado valor, el campo magnético creado es suficientemente fuerte como para poner en funcionamiento un dispositivo mecánico que interrumpe la corriente eléctrica. El valor de esta corriente suele ser de entre 2 y 10 veces mayor que la corriente nominal, protegiendo al circuito de posibles cortocircuitos.

Se suelen usar para proteger motores con arrancadores cuando estos últimos disponen de protección térmica integrada.

4.5.5 Fusibles

En electricidad, se denomina fusible a un dispositivo construido por un soporte adecuado, un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por Efecto Joule, cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos.

4.5.6 Fusible de alta capacidad de ruptura

Este tipo de fusible, más comúnmente conocido como “NH” y como su nombre lo dice, tienen una alta capacidad de ruptura o de corte frente a las corrientes de cortocircuito. Su habilidad consiste en interrumpir la corriente de cortocircuito en un brevísimo lapso de tiempo (0.5ms) con lo cual se minimizan los efectos de estas corrientes. La capacidad de limitación de la corriente de corto circuito suele ser menor y está acorde con la corriente nominal del cartucho fusible. La fabricación de estos cartuchos fusible se hacen por tamaños.

4.5.7 Fusible de cartucho

Fusible utilizado en las instalaciones eléctricas en domicilios. Es una forma más evolucionada y segura que los Fusibles de rosca. Está situado en un cuerpo de porcelana, dentro del cual se coloca un cartucho, dentro del cual está el conductor fusible. Estos cartuchos se venden con el conductor y ofrecen dificultades para repararlo, asegurando así que el que se instala es de capacidad requerida, por que debe ser nuevo. Se denominan tipo “DIAZED”. En la parte superior de dichos cartuchos hay una chapita de colores convencionales de acuerdo con la intensidad nominal.

4.5.8 Fusible de lámina

Fusible generalmente utilizado en los Estados Unidos. En Argentina se los denomina “americanos”. Consiste en una pieza de esa forma colocada dentro de un cilindro de material aislante, salvo los extremos. Dicha pieza se coloca a presión sobre dos horquillas, y la lámina es fácilmente recambiable.

4.5.9 Fusible de rosca

El fusible de rosca utilizado en las instalaciones eléctricas domiciliarias. Consiste en un cuerpo de porcelana, dentro del cual se aloja un trozo de alambre o conductor por el cual pasa la corriente a proteger. Cuando ésta toma un valor peligroso, este hilo conductor se funde, cortando el paso de la corriente. Para que el arco producido por este corte se apague rápidamente, se lo llena a veces con arena de cuarzo seca. Estos fusibles se colocan sobre un cuerpo de porcelana con rosca, llamado interceptor o base VZ, que se pueden tener varias formas comerciales. Estos fusibles llevan rosca Edison.

4.5.10 Fusibles de automoción

Los fusibles de automoción son una clase de fusible usado para proteger el cableado y el equipamiento eléctrico de un vehículo. Normalmente, están tasados para circuitos de un máximo de 24 V en corriente continua, pero algunos tipos están tasados para circuitos de hasta 42 voltios. Se usan a veces en productos eléctricos que no tienen que ver con los automóviles.

4.5.11 Guarda-motor

Un guarda-motor es un disyuntor magneto-térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos.

Las características principales de los guarda-motores, al igual que de otros interruptores automáticos magneto-térmicos, son la capacidad de ruptura la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a la falta de fase.

4.5.12 Interruptor diferencial

Un interruptor diferencial, también llamado disyuntor por corriente diferencial o residual, es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de las derivaciones causadas por faltas de aislamiento entre los conductores activos y tierra o masa de los aparatos.

En esencia, el interruptor diferencial consta de dos bobinas, colocadas en serie con

los conductores de alimentación de corriente y que producen campos magnéticos opuestos y un núcleo o armadura que mediante un dispositivo mecánico adecuado puede accionar unos contactos.

4.5.13 Pararrayos

Un pararrayos es un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo ionizando el aire para llamar y conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a construcciones o personas.

4.5.14 Presostato

El presostato también es conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

4.5.15 Puesta a tierra

La puesta a tierra es una unión de todos los elementos metálicos que, mediante cables de sección suficiente entre las partes de una instalación y un conjunto de electrodos, permite la desviación de corrientes de falla o de las descargas de tipo atmosférico, y consigue que no se pueda dar una diferencia de potencial peligrosa en los edificios, instalaciones y superficie próxima al terreno.

4.5.16 Relé de Buchholz

En el campo de la distribución y transmisión de energía eléctrica, el relé de Buchholz, también llamado relé a gas o relé de presión repentina, es un dispositivo de seguridad montado sobre algunos transformadores y reactores que tengan una refrigeración mediante aceite, equipado con una reserva superior llamada “conservador”. El relé de Buchholz es usado como un dispositivo de protección sensible al efecto de fallas dieléctricas dentro del equipo.

El relé tiene dos formas de detección. En caso de una pequeña sobrecarga, el gas producido por la combustión de gas suministrado se acumula en la parte de arriba del relé y fuerza al nivel de aceite a que baje. Un switch flotante en el relé es usado para disparar una señal de alarma. Este mismo switch también opera cuando el nivel de aceite es bajo, como

en el caso de una pequeña fuga del refrigerante.

En caso de producirse un arco, la acumulación de gas es repentina, y el aceite fluye rápidamente dentro del conservador. Este flujo de aceite opera sobre el switch adjunto a una veleta ubicada en la trayectoria del aceite en movimiento. Este switch normalmente activa un circuito interruptor automático que aísla el aparato antes de que la falla cause un daño adicional.

4.5.17 Toma de tierra

El hilo de tierra, también denominado toma de conexión a tierra, puesta a tierra, polo a tierra, conexión a tierra, conexión de puesta a tierra o simplemente tierra, se emplea en las grandes instalaciones eléctricas para evitar el paso de corriente al usuario por fallo del aislamiento de los conductores activos.

La toma a tierra es un camino de poca resistencia a cualquier corriente de fuga para que cierre el circuito “a tierra” en lugar de pasar a través del usuario. Consiste en una pieza metálica enterrada en una mezcla especial de sales y conectada a la instalación eléctrica a través de un cable.

En las líneas de alta tensión de la red de transporte de energía eléctrica el hilo de tierra se coloca en la parte superior de las torres de apoyo de los conductores y conectado eléctricamente a la estructura de éstas, que, a su vez, están dotadas de una toma de tierra cubre una doble función: por una parte protege a las personas de una derivación accidental de los conductores de alta tensión, y por otra, al encontrarse más alto que los citados conductores, actúan como pararrayos, protegiendo al conjunto de las descargas atmosféricas, que de esta forma son derivadas a tierra causando el mínimo daño posible a las instalaciones eléctricas.

4.6 Uso de equipos

Algunos de los equipos mencionados anteriormente, han sido utilizados para la red de distribución. Como se ha estado mencionando, estos nos permiten tener una mayor protección en las líneas de transmisión y así asegurar y garantizar el suministro de energía eléctrica a los usuarios.

En los circuitos se ha utilizado en su mayoría protecciones como lo son:

- (CSN) Cuchillas Seccionadoras de Navaja
- (R) Restauradores
- (D) Desconectadores
- (S) Seccionalizadores
- (CCF) Cortacircuito Fusible
- (COG) Cuchillas de Operación en Grupo (operación con carga)

Estos elementos están dispuestos de manera tal que proporcionen una mayor eficacia en la red.

Se podría tener equipo de protección cada determinada distancia, número de postes, cantidad de usuarios afectados, ramal del circuitos y entre éstas mismas, pero solo se dispone de cierto número de protecciones de acuerdo a la factibilidad de utilizarlos, ya que no se puede disponer de protecciones al por mayor pues el costo de éstas es elevado y la instalación no sería muy redituable en cuanto a costo de operación y mantenimiento por lo que solo se cuenta con un número estratégico de éstas y dependiendo de la necesidad de la red, será seleccionada de manera adecuada el equipo de protección.

Aquí se muestra un mapa general de las protecciones utilizadas actualmente en los circuitos de media tensión de la zona de la subestación Santiaguito, figura 4.1. Éstos están representados por marcadores de forma cuadrada y del color correspondiente a cada circuito así como las siglas que identifican el tipo de equipo utilizado en esa zona.

Capítulo 5

Mapas de la red de distribución actual vs mapas de la red de distribución nueva

5.1 Introducción

Es muy importante saber con exactitud en donde se encuentran localizadas las líneas de distribución y los equipos de protección para poder determinar soluciones a un problema de la manera más eficaz posible; así mismo es importante ya que podemos hacer modificaciones a la red de manera virtual para ver con exactitud cómo se llevará a cabo, medir distancias, equipo a instalar y utilizar antes de llevarla a la práctica.

Aquí se muestran los mapas de la red de distribución actual de media tensión así como la ubicación de los equipos de protección, estos mismos están divididos en circuitos de distintos colores para su fácil reconocimiento.

Los mapas de la red de distribución nueva se muestra en una sección independiente de la actual para poder ser comparada de manera adecuada y puedan verse los cambios significativos y el beneficio que éste traerá a consecuencia de su modificación.

5.2 Mapa de las redes de las cuatro subestaciones

Como se ha venido haciendo mención de la practicidad del G.E. como herramienta de apoyo para ubicación de ciertos circuitos, aquí se muestra la comparación de ambas herramientas para la ubicación; G.E. y AutoCAD.

Aquí se muestra el mapa de los circuitos de las cuatro subestaciones; Santiaguito, Morelia Industrial, Tarímbaro y Aeropuerto. En él se puede apreciar la magnitud de estos circuitos y la importancia de su actualización.

Vista de AutoCAD, figura 5.1.

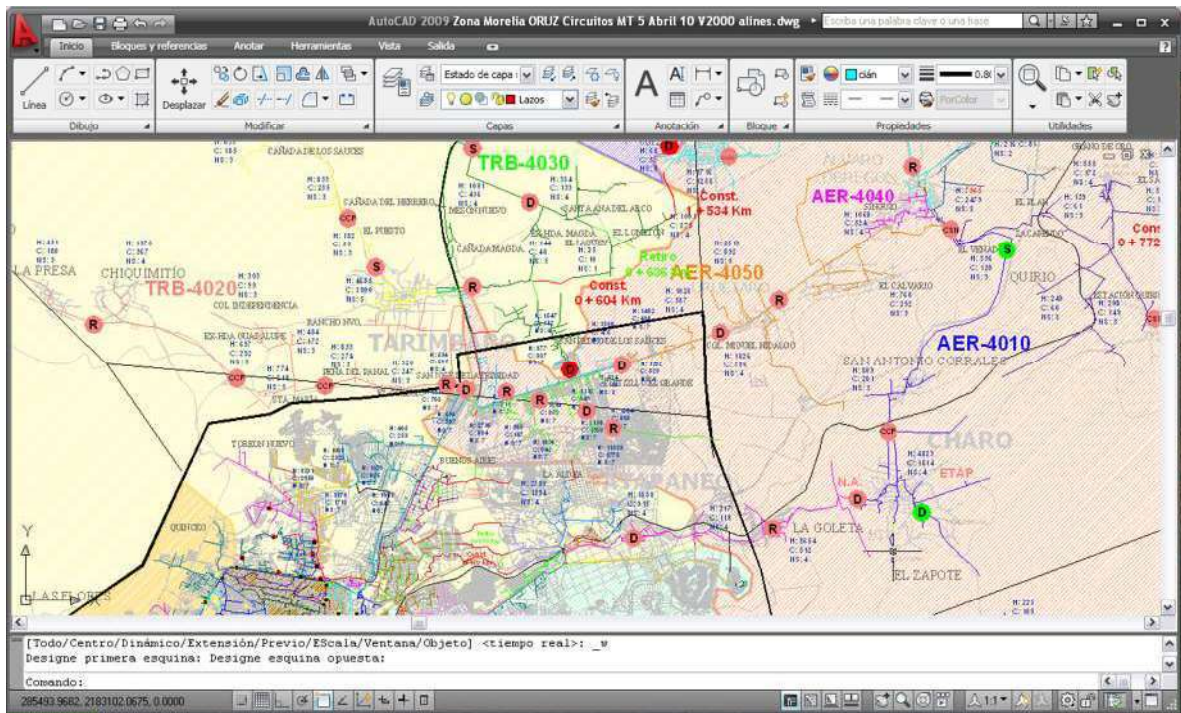


Fig. 5.1. Representación de los circuitos de media tensión de las cuatro subestaciones, visto en AutoCAD.

Vista desde G.E., figura 5.2.

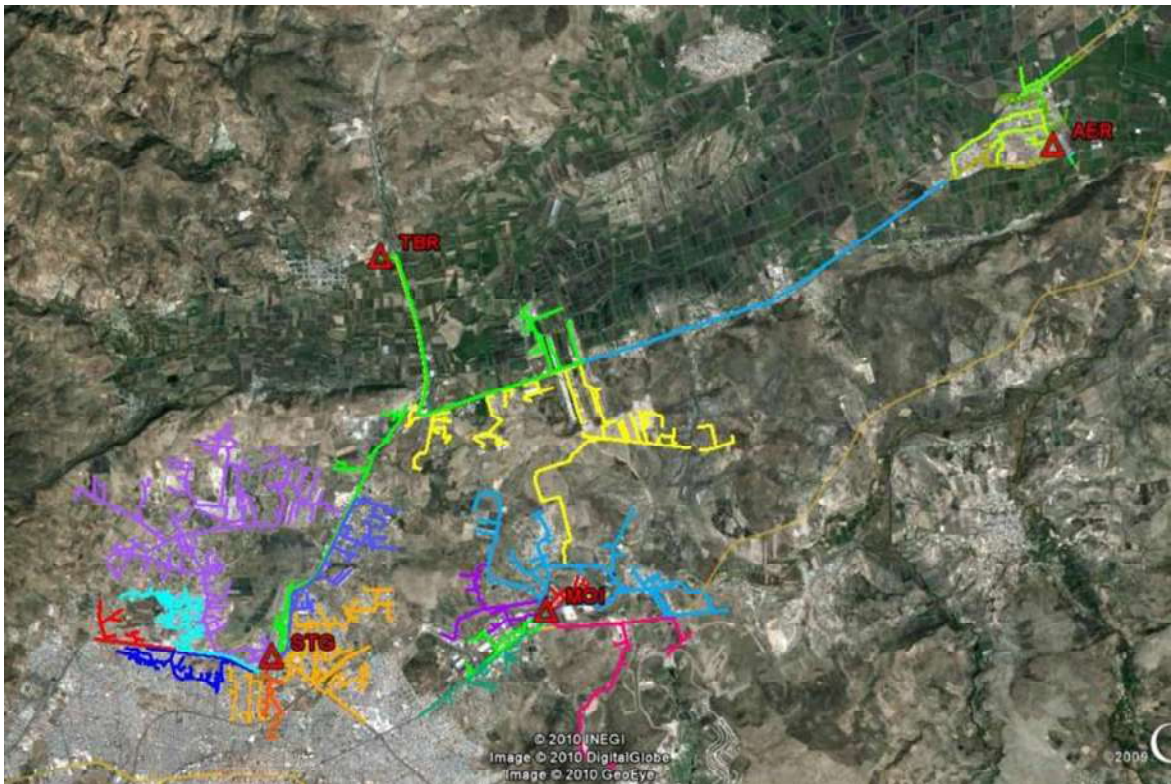


Fig. 5.2. Representación de los circuitos de media tensión de las cuatro subestaciones G.E..

En la imagen anterior pueden observarse los circuitos y las subestaciones correspondientes a éstos mismos.

En las imágenes podemos hacer una comparación de cómo cambia el panorama de observación de los circuitos. Si bien en ambos existen los mismos circuitos, en G.E. a comparación de Autocad puede darse una idea mucho más apreciable de las condiciones del terreno y de la ubicación, asimismo podemos hacer acercamientos a manera de relieve en G.E. de tal forma que podemos darnos cuenta del terreno, como cerros, y nos muestra calles y nombres, y como material adicional, fotos de manera real en algunos puntos principales o incluso en calles; datos que en AutoCAD debemos introducir manualmente. El G.E. nos evita introducir estos datos y en dado caso de no tenerlos podemos introducirlos de igual manera. En AutoCAD estas zonas no las podemos ver a menos que se haga un dibujo solamente para representar dichas zonas.

Una imagen representativa de lo que se menciona se muestra a continuación, figura 5.3.



Fig. 5.3. Imagen que muestra zonas de los circuitos a manera de relieve y fotos en burbuja tomadas en G.E.

Cada burbuja es una imagen a la cual podemos acceder de manera que la podemos

ver en una toma panorámica de 360°.

5.3 Subestación Santiaguito

En esta parte solo se llevará a cabo la comparación de los circuitos de la subestación Santiaguito debido a que por ahora solamente se cuenta con la información para planificar esta subestación, además de que de las cuatro subestaciones que se consideran para esta zona, la subestación Santiaguito es la que cuenta con el mayor número de usuarios, por lo tanto es muy importante actualizar esta zona a la brevedad posible.

En la siguiente imagen, figura 5.4, se observa más a detalle solamente los circuitos de la subestación Santiaguito que actualmente se encuentran en operación.

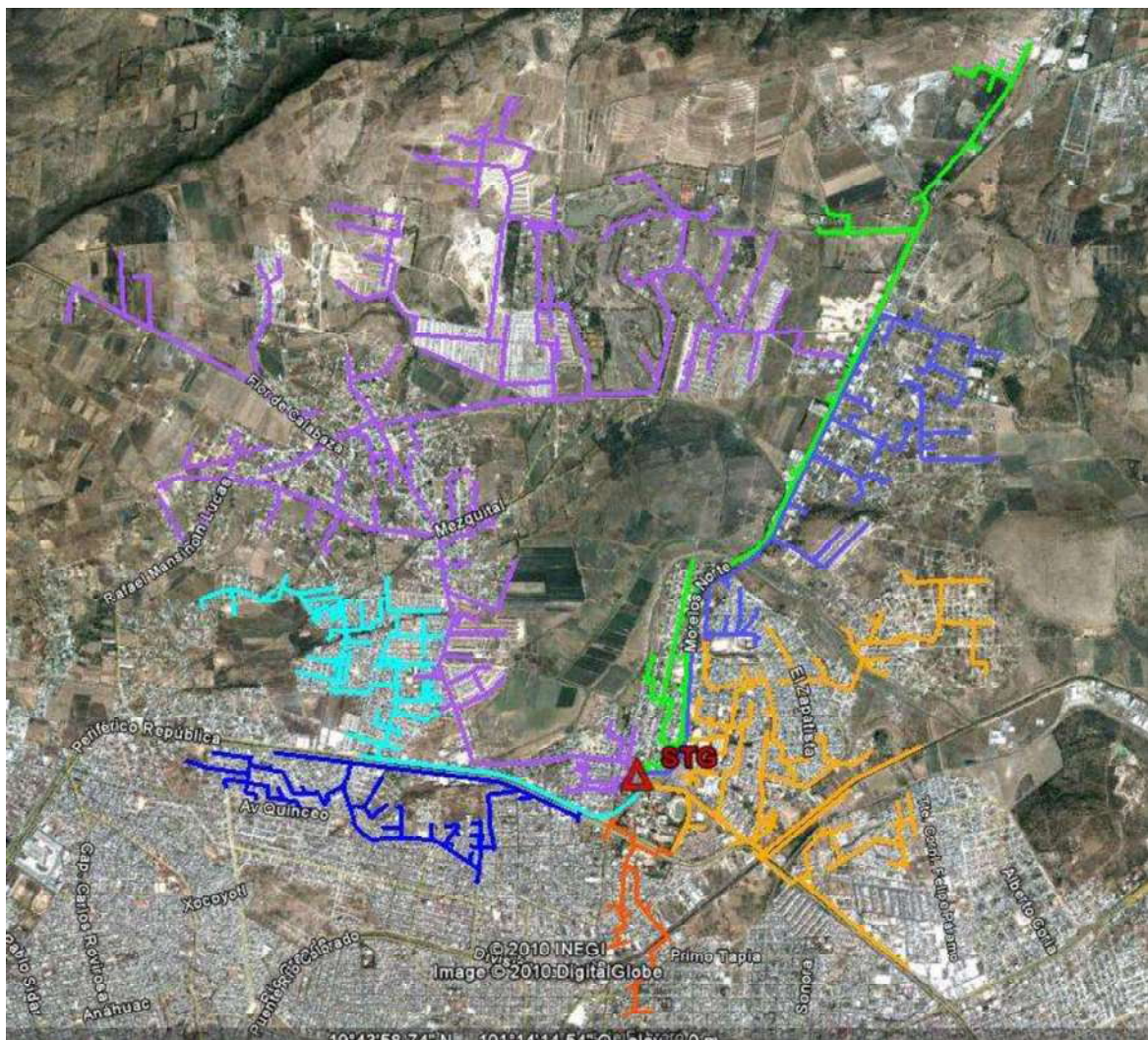
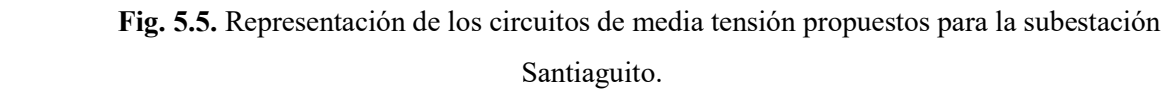


Fig. 5.4. Representación de los circuitos de media tensión actuales de la subestación Santiaguito.

Este circuito morado representa un problema que afecta a una cantidad considerable de usuarios ya que cualquier zona que falle provoca que estos usuarios queden afectados dejándolos sin servicio eléctrico.



Ahora en la figura 5.5., se observa cómo este circuito de color morado ahora ha

sido rediseñado cediendo parte del mismo a otros circuitos para equilibrar las cargas y poder extender aún más el alcance del mismo.

Al observar la nueva distribución de los circuitos de la red de media tensión puede apreciarse como se abarca una sección que aún no se encuentra habitada, pero que nos facilitará en un futuro poder dar servicios a esta zona sin tener que volver a reacomodar la red de circuitos.

Asimismo en la nueva red, se pretende saber con mayor exactitud donde ocurrió la falla y poder corregirla lo más rápido posible.

La nueva red pretende que sean circuitos meramente visibles como ramales, circuitos ordenados que sean fácilmente identificables el uno del otro, que cada uno abarque una zona específica sin que se traslapen uno con otro, esto tiene también como finalidad que pueda llevarse un mejor control de las zonas con mayor consumo de energía, las que más pérdidas representan al circuito y llevar un control por la parte de cobro en el consumo de energía.

5.4 Magnitud de una falla en Subestación Santiaguito

Ahora se observa que alguna falla en alguna rama de cualquier circuito de los mostrados, ninguno afectará a una cantidad de usuarios como los que había afectados en la configuración anterior.

Para ejemplificar se supone una falla en una rama del circuito de color morado para ver la magnitud del problema, figura 5.6.

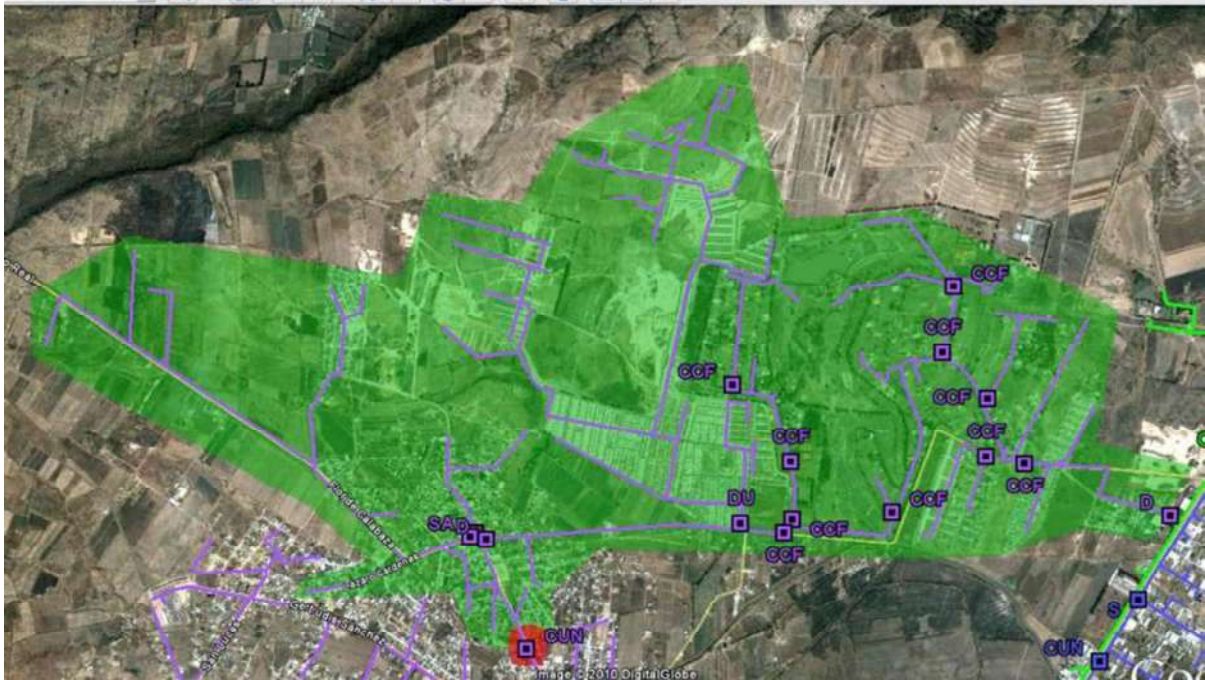


Fig. 5.6. Representación de la zona afectada

En la figura 5.6., podemos darnos cuenta de la magnitud del problema; en caso de que una falla haga que actúe el equipo marcado con rojo, provocará que los usuarios de la zona marcada con verde se vean afectados por este problema. Como puede verse es una cantidad considerable de usuarios afectados y es por eso que es necesario reordenar los circuitos para evitar un problema de este tipo.

También es claro que al haber alguna falla en alguna sección de cualquiera de los circuitos mostrados, provocaría que se quedaran sin servicio una cantidad de usuarios tan grande como la que observamos anteriormente.

Ahora haciendo una comparación de las dos configuraciones, se supone una falla ubicada en la misma zona para visualmente hacer comparaciones. Este efecto puede verse claramente en la imagen mostrada a continuación, figura 5.7.



Fig. 5.7. Representación de la zona afectada.

En la imagen de la figura 5.7 puede verse claramente la magnitud de la zona afectada, que, en comparación con la imagen de la figura 5.6, esta zona es mucho más pequeña, por lo tanto, la cantidad de usuarios afectados es también mucho menor.

Cabe mencionar que al haber una falla al inicio de cualquiera de los circuitos, ésta provocará que todos los servicios de ese circuito se vean afectados, pero existe la posibilidad de hacer una restauración de servicios cediendo la carga a otro de los circuitos temporalmente mientras se da solución al problema.

Por otra parte, para hacer que este proyecto quede parcialmente concluido deberá construirse alrededor de 56.2 KM de líneas de media tensión pudiéndose hacer más grande esta distancia debido a futuras modificaciones o ampliaciones a la red.

Aquí puede verse los nuevos tramos que se requiere sean construidos, figura 5.8.

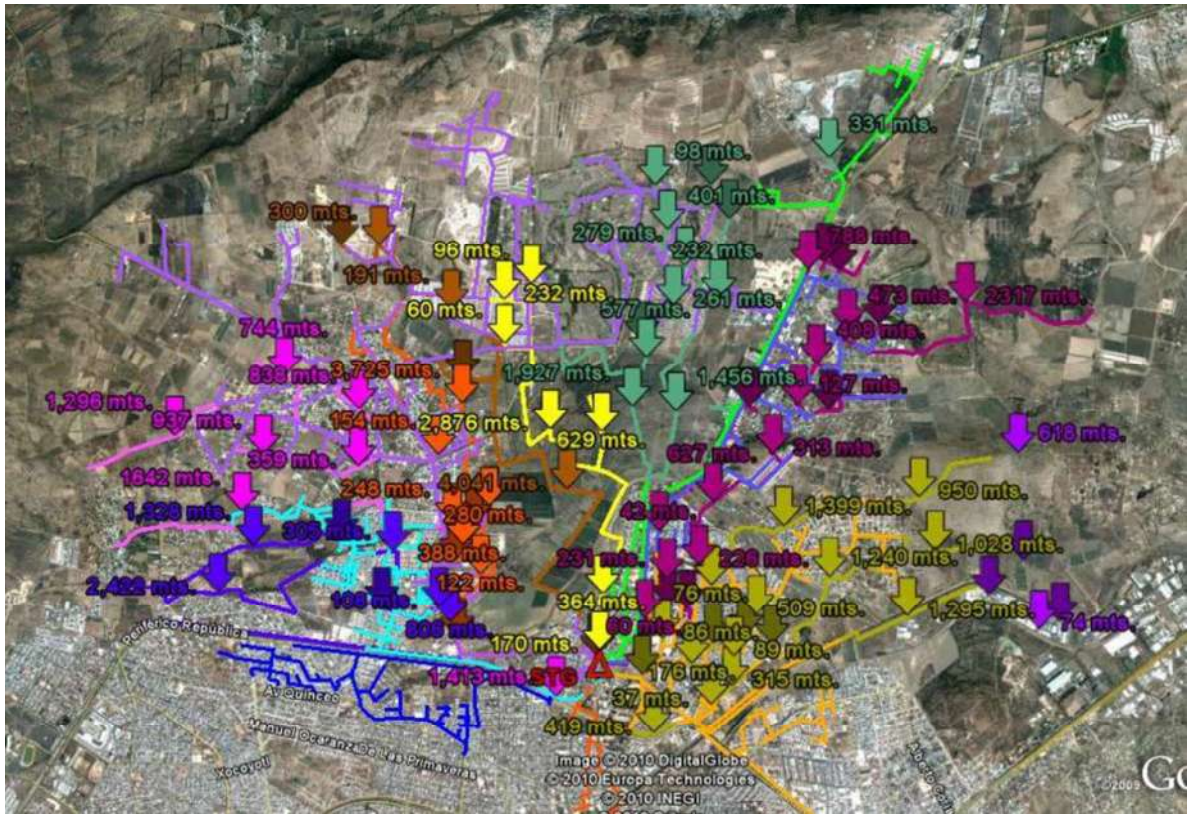


Fig. 5.8. Imagen de los tramos a construir.

En la figura 5.8., se muestran los tramos a construir, se señalan los tramos y las distancias de éstos. Esta imagen además está comparando ambos circuitos, uno encima del otro para así identificar los tramos que pueden ser utilizados para la nueva configuración y los tramos que se requiere se construyan.

5.5 Mantenimiento

El mantenimiento es una parte importante de la calidad del servicio, ya sea un mantenimiento preventivo o correctivo, éste podrá hacerse de manera más eficiente debido al reacomodo de los circuitos de manera de ramas definidas tanto a manera de una sola línea sin tantas derivaciones como zonas.

Con esta reconfiguración las líneas de transmisión tendrán menores problemas, por lo que serán más fiables, tendrán un beneficio adicional como es la opción de crecimiento,

las fallas serán fácilmente identificables ya que ahora está planteado cualquier circuito de una manera virtual que facilita su ubicación en cualquier parte y además de ser guiados por nombres de calles y colonias, también pueden ser ubicadas por zonas conocidas físicamente, lo que lleva a ir directamente al punto de falla, se afectarán zonas más pequeñas que teniendo la configuración anterior, evitando que una cantidad mayor de usuarios se vean afectados por estos indeseables acontecimientos.

Adicionalmente, la contaminación visual es una parte importante a tratar y evitar, con estos ordenamientos se espera una reducción considerable de este tipo de contaminación, como lo son las líneas de baja tensión que atraviesan avenidas principales y hacen que sea desagradable a la vista, claro está, que no debemos ignorar las normas establecidas para este tipo de redes, no se debe prescindir de ellas a nuestra conveniencia.

Otro beneficio que se pretende obtener en un plazo considerablemente corto, es la instalación de una red de comunicaciones que llevará la información de todas las lecturas de los medidores de cada uno de los usuarios, comunicando a éstos con una base de datos que permitirá suministrar o quitar el servicio de manera automática a falta de pago, disminuyendo los gastos que operación que involucran el tener que desconectar los servicios físicamente a los domicilios, este ahorro, no solo es económico, también se traduce en tiempo, tiempo que un trabajador puede emplear en obras de mayor prioridad como mantenimiento.

Capítulo 6

Inversión y observaciones

6.1 Introducción

La inversión es uno de los puntos más importantes, pues sin capital no podría llevarse a cabo un proyecto de esta magnitud; deben tomarse consideraciones para saber si es rentable el proyecto, esto es, si se recuperará la misma en un determinado periodo de tiempo.

Existen observaciones en cuanto al reordenamiento de los circuitos las cuales nos muestran la importancia y magnitud del proyecto.

6.2 Inversiones

Es muy importante considerar la inversión que deberá de hacerse, deberá considerarse la factibilidad que existe al invertir en estos proyectos, si son costeables y el beneficio obtenido, ya sea a corto, mediano o largo plazo.

La inversión tiene tres variables a considerar como son:

- Rendimiento esperado, positivo o negativo, es la compensación obtenida por la inversión, su rentabilidad.
- Riesgo aceptado, la incertidumbre sobre cuál será el rendimiento real que se obtendrá al final de la inversión, que incluye además la estimación de la capacidad de pago.
- Horizonte temporal, a corto, mediano o largo plazo; es el periodo durante el que se mantendrá la inversión.

También hay razones las cuales determinan una inversión por las que las empresas invierten, en última instancia encontramos que las empresas compran bienes de capital cuando esperan obtener con ello un beneficio, es decir, unos ingresos mayores que los

costos de la inversión. Esta sencilla manera de afirmación contiene tres elementos esenciales determinantes de la inversión:

- Los ingresos, una inversión genera a la empresa unos ingresos adicionales si le ayuda a vender más. Eso induce a pensar que un determinante muy importante de la inversión es el nivel global de producción.
- Los costos: los tipos de interés más los impuestos.
- Las expectativas. La inversión es sobre todo una apuesta por el futuro, una apuesta a que el rendimiento de la inversión será mayor que sus costos.

Una parte que ayuda a economizar el proyecto; es el análisis de todos los cables que actualmente se encuentran instalados y hacer reciclaje de éstos y utilizarlos en zonas en las cuales sería factible utilizarlo. Con esto se pretende que se desperdicie el menor material posible para no elevar el costo de la realización del proyecto.

6.3 Observaciones

En este proyecto se observa que se debe invertir demasiado capital para obtener un beneficio real tanto a corto, mediano y largo plazo.

Esta inversión es necesaria para llevar a cabo el proyecto y que éste sea exitoso, claro está, que el beneficio obtenido será paulatino ya que a corto plazo, los usuarios que cuenten con el servicio contarán con un servicio de mejor calidad; a mediano y largo plazo, C.F.E. podrá proporcionar servicios a un número mucho mayor de usuarios gracias a la ampliación de la red.

La actualización de la red llevará un tiempo considerable de realización y trabajos antes de que sea terminado por completo, de hecho el proyecto tiene un gran camino que seguir por lo que podrá ser utilizada esta información para llevar a cabo las siguientes actualizaciones de la red, tanto de este circuito de la subestación Santiaguito como las otras subestaciones restantes de Morelia Industrial, Tarímbaro y Aeropuerto, correspondientes a esta zona.

Así mismo la empresa tendrá una mejor manera de solucionar los problemas que se presenten ya que contará con una fácil identificación de los circuitos ya que se muestran en un plano real de la ciudad.

Capítulo 7

Conclusiones

Las conclusiones se dividen en varios puntos los cuales reflejan la importancia de este proyecto, desde la toma de decisiones hasta el proyecto en fase de realización. Éstas reflejan la importancia del proyecto, no solo para C.F.E. sino además para la población y empresas que requieran de servicio eléctrico económico y eficiente.

Una desventaja que podemos tener por ahora en el proyecto es la actualización de las imágenes de la ciudad, ya que ésta es una versión de uso libre; si es conveniente podría mejorar esta parte obteniendo la licencia del software. Los mapas de las líneas deben ser actualizados, esto requiere por ahora un trabajo tedioso, ya que debemos vaciar toda la información disponible y organizarla de una manera conveniente.

De manera contraria existen factores positivos, los cuales se mencionan a continuación:

- La nueva red propuesta se muestra de una manera unificada y ordenada a manera de ramales.
- Cumple las normas de C.F.E.
- Debido a que las líneas se encuentran mejor ordenadas, la carga ha sido distribuida uniformemente por lo cual habrá menos pérdidas y menores caídas de tensión, lo cual se traduce en eficiencia y eficacia del circuito eléctrico.
- Nos facilita la localización de puntos de falla.
- Facilita la localización, visualización e identificación de un circuito en específico.
- El mantenimiento preventivo y correctivo será mucho más fácil de realizar.
- El personal tendrá una mejor orientación de los circuitos al referirse al mapa de G.E., ya que muestra la ciudad de manera real y casi a nivel de piso.

- El crecimiento de los circuitos podrá seguirse haciendo con esta misma configuración.
- Será más fácil hacer la identificación de las zonas con mayor carga.
- El proyecto tiene la flexibilidad de ser modificado para seguir con la actualización de las subestaciones restantes.
- Podemos identificar los tramos a retirar y reciclar.
- El archivo que contenga los circuitos no requiere mucho espacio.

Referencias

Entrevista:

[Rico Ávila 2010]

Rico Ávila Jaime, Subestación Santiaguito y C.F.E.. Morelia, Mich. Marzo de 2010.

Internet:

[C.F.E. 2010]

C.F.E.. Quienes somos. marzo de 2010.

<http://www.C.F.E..gob.mx/QuienesSomos/Paginas/QuienesSomos.aspx>.

[C.F.E. 2010]

C.F.E.. Transmisión. marzo de 2010.

<http://www.C.F.E..gob.mx/QuienesSomos/publicaciones/Paginas/Transmisión.aspx>.

[C.F.E. 2010]

C.F.E.. Transmisión y distribución. marzo de 2010.

<http://www.C.F.E..gob.mx/QuienesSomos/estadisticas/Paginas/Transmisionydistribucion.aspx>

[PROFECO 2010]

PROFECO. Que son las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). marzo de 2010.

<http://revistadelconsumidor.gob.mx/?p=7077>

[WIKIPEDIA 2010]

WIKIPEDIA. Google Earth. marzo de 2010. http://es.wikipedia.org/wiki/Google_Earth

[WIKIPEDIA 2010]

WIKIPEDIA. Protecciones de sistemas de potencia.

http://es.wikipedia.org/wiki/Protecciones_de_sistemas_de_potencia

[WIKIPEDIA 2010]

WIKIPEDIA. Cuchillas desconectadoras.

http://es.wikipedia.org/wiki/Cuchillas_desconectadoras