



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



Reporte de Experiencia Laboral “**Mejoramiento de la Imagen Urbana
en Instalaciones Eléctricas**” que presenta:

SALVADOR TORRES MENDOZA

Para obtener el Título de INGENIERO ELECTRICISTA

Asesor:

INGENIERO ELECTRICISTA

IGNACIO FRANCO TORRES

Morelia, Michoacán

Junio del 2014

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres quienes me han apoyado en todo momento e incondicionalmente durante toda mi vida de estudiante con su cariño y comprensión y con la cual aún tengo la dicha de compartir los mejores momentos de mi vida.

A mi esposa Silvia Gómez López quien a mi lado ha sido de gran apoyo ya que en las buenas y en las malas ha estado conmigo.

A mis hijos Chava, Kary y Lupita los cuales han sido la motivación de muchos logros que se me han dado en la vida y lo seguirán siendo.

A mis hermanos, ya que estuvieron conmigo en todo momento para ayudarme.

También agradezco enormemente a la Facultad de Ingeniería Eléctrica y a todos mis profesores por compartir un poco de sus conocimientos, por brindarme su ayuda y apoyo durante mi formación como profesionista, en toda la carrera.

Deseo agradecer también a mi asesor, Ing. Ignacio franco Torres por brindarme su apoyo en las asesorías, las cuales me permitieron desarrollar el presente proyecto de tesis.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que deseo agradecerles su amistad, consejos, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas de ellas aún siguen aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, y por todo lo que me han brindado.

Gracias a todos.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ánimos de superación.

A mi esposa, hijos y nieta por ser los seres queridos que me han motivado para seguir adelante.

A mis hermanos, primos y amigos, gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y anhelo de triunfo en la vida. Mil palabras no bastaran para agradecerles su apoyo, comprensión y consejos en los momentos más difíciles.

A todos los que directa e indirectamente ayudaron a la realización de este proyecto.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo sincero e incondicional.

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Imagen Urbana de Instalaciones Aéreas de un Centro Histórico	2
Figura 2 Combinación Red Eléctrica, Red Telefónica y Tele cable.....	2
Figura 3 Imagen Urbana de Instalaciones subterráneas fraccionamiento nuevo 1.....	3
Figura 4 Imagen Urbana de Instalaciones Subterráneas Fraccionamiento Nuevo 2.....	3
Figura 5 Sistema Radial, Red Media Tensión	5
Figura 6 Sistema en Anillo, Red Media Tensión.....	5
Figura 7 Trazo y Marcado de Componentes de la Instalación	18
Figura 8 Instalando Señalamientos y Protecciones.....	18
Figura 9 Excavación de la Zanja.....	19
Figura 10 Colocación de Registros de Media Tensión.....	20
Figura 11 Nivelado de Registro	20
Figura 12 Ductos para Línea Media Tensión.....	21
Figura 13 Ductos Para Línea de Media Tensión.....	21
Figura 14 Indicador de Peligro Subterráneo.....	21
Figura 15 Compactando Material de Relleno con Bailarina.....	22
Figura 16 Agregando Materiales con Medios Mecánicos.....	22
Figura 17 Compactando la Última Capa de Material.....	22
Figura 18 Excavación Por Medios Mecánicos.....	23
Figura 19 Compactando con Bailarina al Exterior de Registro.	23
Figura 20 Compactando con Bailarina Pozo de Visita Tipo X.	23
Figura 21 Nivelado de Registro de Baja Tensión.....	24
Figura 22 Colocación de Ductos de Baja Tensión.....	24
Figura 23 Sellado de Ductos de Baja Tensión en el Exterior.	25
Figura 24 Tirado de Ductos de Acometida.....	25
Figura 25 Orden en Las Acometidas Saliendo de los Registros.....	25
Figura 26 Sellado con Concreto por el Exterior del Registro.	26
Figura 27 Ductos de Acometidas cfe, de Alumbrado y Tele cable.....	26
Figura 28 Abocinado de Ductos Dentro del Registro.....	27
Figura 29 Base tronco piramidal para luminaria	27
Figura 30 Juego de anclas armadas.....	28
Figura 31 Ancla Armada y registro para alumbrado	28
Figura 32 Ductos de tele cable, Acometidas y Alumbrado	29
Figura 33 Base Para Transformador	29
Figura 34 Colocación de Transformador por medios mecánicos.....	31
Figura 35 Identificación de registro Media Tensión	31
Figura 36 Identificación de registro Baja Tensión.....	32
Figura 37 Accesorias de media tensión Instalados en transformador 3Øy 1Ø.....	34
Figura 38 Cableado der la red de baja tensión	34
Figura 39 Accesorios de Baja Tensión	35
Figura 40 Cableado e identificación de Acometidas	36
Figura 41 Cableado de Alumbrado Público	37
Figura 42 Armado de Luminaria.....	37

Figura 43 Transición de Línea Aérea a Subterránea..... 38

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características de los conductores de Aluminio.....	9
---	---

CONTENIDO

Agradecimientos	ii
Dedicatoria	iii
Listado de Figuras	iv
Lista de Tablas	vi
Contenido	vii
Resumen:	x
Palabras Clave.....	x
Abstract	xi
Keywords	xi
Capítulo 1 Introducción	1
1.1 Antecedentes Personales	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Objetivo	3
1.4 Marco Jurídico	4
1.5 Políticas	4
Capítulo 2 Diseño y Proyecto.....	5
2.1 Introducción	5
2.2 Tipos de Sistema.....	5
2.2.1 Sistema Radial Media Tensión	5
2.2.2 Sistema de Anillo Media Tensión.....	5
2.2.3 Sistema Radial en Baja Tensión.....	6
2.3 Aplicaciones.....	6
2.4 Tipo de Distribución	6
2.5 Red de Media Tensión	6
2.6 Características Eléctricas.....	7
2.7 Consideraciones Técnicas Para el Diseño del Proyecto.	7
2.8 Lineamientos Para la Elaboración de Proyectos.....	15
Capítulo 3 Construcción.....	17
3.1 Acuerdos y Sugerencias.....	17
3.2 Requisitos Para Iniciar la Obra.....	17

3.3	Obra Civil	17
3.3.1	Trazo.....	18
3.3.2	Señalizaciones y Protecciones	18
3.3.3	Excavaciones de Zanja.....	19
3.3.4	Colocación de Registros de Media Tensión y Nivelado	19
3.3.5	Colocación de Ductos de Media Tensión.....	20
3.3.6	Colocación de Registros de Baja Tensión y Nivelado.....	23
3.3.7	Colocación de Ductos de Baja Tensión.....	24
3.3.8	Abocinado con Concreto los Ductos Dentro del Registro.....	26
3.3.9	Colocación de Registros y Bases Para Alumbrado Público.....	27
3.3.10	Colocación de Ductos de Alumbrado y Tele cable	28
3.3.11	Bases de Concreto para transformadores y otros equipos.....	29
3.3.12	Limpieza General de la Obra.....	30
3.4	Obra Eléctrica y Electro-mecánica.....	30
3.4.1	Instalación de Transformadores y Equipo.....	30
3.4.2	Identificación de los Registros de Acuerdo al Plano.....	31
3.4.3	Cableado de Red de Media Tensión	32
3.4.4	Colocación de Accesorio de Media Tensión.....	33
3.4.5	Cableado de la Red de Baja Tensión.....	34
3.4.6	Colocación de Accesorios de Baja Tensión.....	35
3.4.7	Cableado de Acometidas	35
3.4.8	Cableado del Alumbrado Público.....	36
3.4.9	Armado y Colocación de Luminarios.....	37
3.4.10	Transición en Media Tensión.....	38
3.4.11	Aviso de Terminación de Obra.....	38
3.4.12	Supervisión de la Obra por el Ingeniero de Área.....	38
3.5	Pruebas en Campo	39
3.5	Recepción de la Obra.....	39
Capítulo 4	Materiales, Herramientas Manuales, Herramientas Mecánicas, Equipos y Accesorios:	41
4.1	Obra Civil.....	41
4.2	Transiciones	41
4.3	Cableado.....	41

4.4	Registro de media tensión.....	41
4.5	Registros de baja tensión.....	42
4.6	subestación.....	42
Capítulo 5	Conclusiones y Recomendaciones.....	43
Bibliografía	44

RESUMEN:

Por muchos años las instalaciones eléctricas se han construido auto-soportadas en postes de concreto, estas instalaciones de alguna forma afean el entorno en donde se encuentran; por tal motivo distintas dependencias gubernamentales como municipios, secretarías, INAH, desarrolladores de fraccionamientos y la propia CFE han unido esfuerzos para que las instalaciones en los nuevos desarrollos y centros históricos sean ocultas siguiendo un patrón llamado Normas de Distribución Subterránea las cuales están supervisadas por personal calificado para que las personas que construyen realicen los trabajos apeándose a ellas y sus modificaciones actuales.

Los avances tecnológicos en la fabricación de los accesorios que componen las instalaciones eléctricas subterráneas y la herramientas cada vez más modernas han hecho que este tipo de instalaciones sean cada vez más baratas y en la actualidad algunos diseños subterráneos comparados con los aéreos sean más económicos y eficientes y si así siguen los avances en el mejoramiento de estos accesorios con seguridad en muy poco tiempo las instalaciones eléctricas subterráneas serán en lo general más baratas que las aéreas.

Sabemos que los accesorios que se usan en las instalaciones eléctricas subterráneas deben de cumplir con una calidad y deben de estar por encima de los valores mínimos de seguridad eléctricamente permitido por las normas, debido a ello; estas instalaciones deben de ser más seguras y confiables de tal forma que aseguren la continuidad en el suministro de la energía eléctrica pese a las condiciones climatológicas extremas.

Los procedimientos que se deben de llevar a cabo para la planeación, construcción y entrega de las obras eléctricas deben de apearse a lo que indica el SISPROTER (sistema de procedimientos para la construcción de obras por terceros).

PALABRAS CLAVE

Redes eléctricas subterráneas, Imagen Urbana, CFE, SISPROTER, Construcción Eléctrica.

ABSTRACT

For many years the electrical installations have been built with in concrete posts, these facilities of somehow disfigure the environment where they are; that is why different government departments municipalities, Secretaries, INAH, as developers of subdivisions and the own CFE have joined forces so that installations in new developments and historic centres are hidden in a pattern called underground distribution standards which are supervised by qualified personnel so that people who build work sticking to them and their current amendments.

Technological advances in the manufacture of accessories that make up the underground installations and the most modern tools have been made that such facilities are increasingly cheaper and currently some underground designs compared with the air are more economic and efficient and if so follow the progress in the improvement of these accessories securely in a very short time the underground installations will be generally cheaper than the aerial.

We know that the accessories used in underground installations must comply with quality and must be above the minimum values of safety electrically allowed by the rules, as a result; These facilities should be more secure and reliable so as to ensure continuity in the supply of electricity despite the extreme weather conditions.

Procedures that must be carried out for the planning, construction and delivery of the electrical works must adhere to which indicates the SISPROTER (System of procedures for the construction of works by third parties).

KEYWORDS

Underground electrical networks, urban image, CFE, SISPROTER, electrical construction.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES PERSONALES

¿Quién he Sido? Yo termine mis estudios en la generación 80-85 en la facultad de Ingeniería Eléctrica de la UMSH de ahí me fui a CFE a realizar mis prácticas profesionales en la División Centro Occidente en el Departamento de Medición. Mi trabajo era patronificar Watthorímetros, TC's y TP's, básicamente era la calibración de los mismos; también ayude en los trabajos administrativos dentro de las oficinas.

Para ser honesto, la CFE en ese momento no era mí preferida ya que me sentía vigilado y claustrofóbico y eso hacía que mi libertad no existiera.

De ahí decidí buscar trabajo en lo que era entonces ciudad Industrial en Morelia y llegue a un taller de embobinados de transformadores de distribución y motores eléctricos en donde me dieron la oportunidad de entrar y ahí fue donde más a gusto estuve porque me gane la confianza del propietario y me dio un lugar en donde yo tomaba decisiones con los empleados de confianza y podíamos resolver problemas relacionados con el taller.

Después de tiempo vi la posibilidad de independizarme y lo hice, me instale más cerca de mi casa, fui a Moroleón en donde empecé a impartir clases en el CONALEP que al principio las horas eran muy pocas pero a vuelta de año, el número de horas se incrementó de tal manera que a los tres años yo ya tenía más horas que algunos maestros con mayor tiempo, al mismo tiempo puse un taller también de embobinado pero ahí lo que predominaba eran los motores de maquinaria textil (motores chicos) y los transformadores de control de los cuales embobinaba por montones.

Después de un tiempo también empecé a hacer instalaciones eléctricas dentro del ramo textil, lo cual fue un poco difícil porque en Moroleón el mercado en ese tiempo era de los recomendados y las instalaciones las hacían gente conocida así es que yo iba a todas de tal forma de ganarme su confianza y así poder meterme dentro de los proveedores de servicios en ese ramo.

Después de un tiempo empecé a tener más trabajo y cada vez más de tal forma que aproximadamente a los cuatro años de estar en Moroleón deje de dar clases en el CONALEP y me dedique de lleno al taller y a las Instalaciones Eléctricas las cuales cada día fueron tomando más formalidad ya que la Instalación ya la llevaba desde la subestación (Trámites

con CFE) hasta dentro de los talleres dándoles también una presencia diferente a la de los demás instaladores, esto quiere decir; que utilizaba los materiales adecuados de acuerdo a las necesidades eléctricas de cada caso tomando en cuenta la NOM-001 ya que para ese entonces la dependencia de Gobierno que revisaba los proyectos eléctricos era la SECOFI y estos proyectos los elaboraba y los llevaba hasta Guanajuato a que me los firmaran y me dieran el oficio para poder contratar en la CFE.

Con este tipo de trámites me di a conocer más en el medio de tal forma que el trabajo se incrementaba cada vez más.

En la actualidad sigo haciendo Instalaciones Eléctricas solamente pero ahora con más experiencia y más campo de acción a sus alrededores. Estoy contento y satisfecho con lo que hago, me gusta.

1.2 ANTECEDENTES

Sabemos que las instalaciones eléctricas construidas hace años dentro de la zona urbana, por lo general; se construyeron en forma aérea. Al paso de los años, estas instalaciones se han catalogado como un contaminante más en el medio ambiente, porque se ven feas.



Figura 1 Imagen Urbana de Instalaciones Aéreas de un Centro Histórico

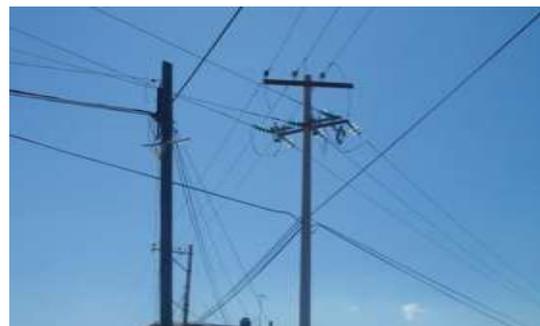


Figura 2 Combinación Red Eléctrica, Red Telefónica y Tele cable

Por ello las autoridades de los ayuntamientos, autoridades del INAH, de CFE, etc. han unido esfuerzos para cambiar estas instalaciones bajo un mismo patrón llamado NORMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA. Y las instalaciones eléctricas que eran aéreas (visibles) ahora se transformen en subterráneas (ocultas). Estos arreglos subterráneos se han ido mejorando atreves de los años ya sea con experiencias adquiridas y retroalimentadas en foros y conferencias así como en los avances tecnológicos en los materiales empleados para la elaboración de los accesorios utilizables en estas instalaciones y las herramientas manuales y mecánicas que nos han ayudado a ser más eficientes en nuestra mano de obra. Por todo lo anterior, ahora podemos construir instalaciones eléctricas subterráneas a precios competitivos con mucha mejor operatividad y confiabilidad en ellas.



Figura 3 Imagen Urbana de Instalaciones subterráneas fraccionamiento nuevo 1



Figura 4 Imagen Urbana de Instalaciones Subterráneas Fraccionamiento Nuevo 2

1.3 OBJETIVO

El objetivo de este reporte es dar a conocer a los alumnos, técnicos y profesionistas que les guste el área de construcción de redes de distribución eléctrica subterránea los criterios, métodos, equipos y materiales a utilizar en la planeación y construcción de las mismas que permitan lograrlas con una mayor economía, que sean eficientes y que requieran de mínimo de mantenimiento.

1.4 MARCO JURÍDICO

- LEY DEL SERVICIO PÚBLICO DE LA ENERGIA ELECTRICA
- LEY FEDERAL SOBRE METROLOGIA Y NORMALIZACION
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-1994 RELATIVA A LAS INSTALACIONES DESTINADAS AL USO DE LA ENERGIA ELECTRICA

1.5 POLÍTICAS

Se refiere a la responsabilidad que se debe de tener para realizar los trámites en el departamento de planeación, supervisión, construcción y recepción de las obras eléctricas que serán entregadas a la CFE se deben de apegar a las NORMAS vigentes y sus modificaciones.

Todos los trabajos deberán de ser construidos por personal calificado de tal forma que una vez entregadas a la CFE hayan sido convenientemente económicas y eficientes.

CAPÍTULO 2 DISEÑO Y PROYECTO

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo describiré el proceso de diseño y de proyecto de la obra eléctrica en general haciendo énfasis en la imagen urbana.

2.2 TIPOS DE SISTEMA

Aquí se describen de manera general los diversos tipos de sistema eléctricos que hay en el medio donde laboro y me desarrollo profesionalmente.

2.2.1 SISTEMA RADIAL MEDIA TENSIÓN

Es aquel cuya configuración en Media Tensión cuenta con una trayectoria.

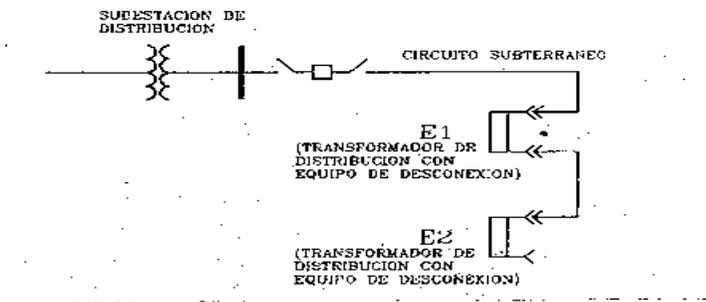


Figura 5 Sistema Radial, Red Media Tensión

2.2.2 SISTEMA DE ANILLO MEDIA TENSIÓN

Es aquel cuya configuración en Media Tensión cuenta con más de una trayectoria.

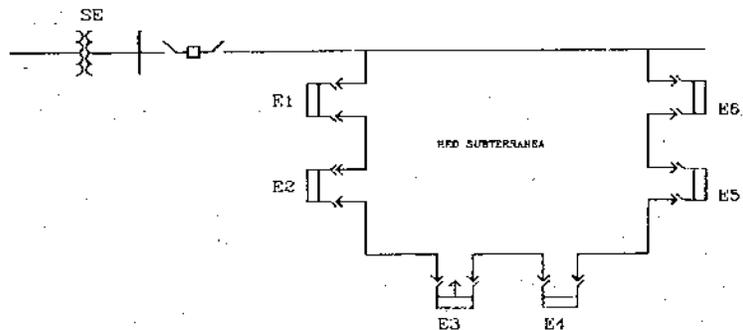


Figura 6 Sistema en Anillo, Red Media Tensión

2.2.3 SISTEMA RADIAL EN BAJA TENSIÓN

Es aquel cuya configuración en Baja Tensión cuenta con una trayectoria. Esto quiere decir que del Bus de Baja Tensión (Boquillas del Transformador) pueden salir diferentes circuitos 8 ó 10 pero sólo irán en una sola trayectoria sin enlazarse con ningún otro circuito.

Lo que están haciendo algunas regionales de CFE es que en algunos fraccionamientos habitacionales y centros comerciales en las Redes Subterráneas, le piden al contratista de la obra que en un registro clave o por seguridad hagan llegar los dos circuitos vecinos; esto con la finalidad de que en caso de falla en alguno de ellos puedan enlazar la carga al otro, siempre y cuando las condiciones se cumplan (calibre de conductor, caída de tensión, etc.). Pero aun así la operación sigue siendo Radial.

2.3 APLICACIONES

Las Normas Subterráneas se aplican:

- a) En todas las áreas de servicio donde se requiera una distribución subterránea de acuerdo a disposiciones Gubernamentales, Municipales o de CFE.
- b) En todos los proyectos que soliciten los desarrolladores de fraccionamientos

2.4 TIPO DE DISTRIBUCIÓN

Básicamente hablo de dos tipos de distribución en las cuales tengo experiencia:

- Distribución Residencial
- Distribución Comercial

Estos dos tipos de distribución son muy comunes dentro de los centros históricos ya que ahí se combinan las casas y comercios.

2.5 RED DE MEDIA TENSIÓN

En los centros históricos la CFE requiere que la continuidad en el suministro de energía eléctrica sea confiable, por tal razón; la CFE determina que la red de Media Tensión en esta zona sea configuración en anillo con una o dos fuentes de alimentación pero con operación radial en donde el anillo está construido estratégicamente del tal manera que los

seccionadores se mantenga NA y se accionen en forma automática o manual cuando se requiera la transmisión de carga.

2.6 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Cabe mencionar que la Media tensión va desde 13.2 KV a 34.0 KV en donde les informo que en el valor que tengo experiencia es de 13.2 KV.

Por lo general la distribución de un fraccionamiento es diferente a la de un centro histórico ya que en el fraccionamiento, por lo general se alimenta en alta tensión con una sola fase y por el lado secundario el voltaje es de 120/240v por otro lado, en los centros históricos se requiere que la alimentación en media tensión se 3f-4h, esto quiere decir; tres fases y cuatro hilos en donde el cuarto hilo es en neutro corrido desde la subestación o del punto más cercano.

2.7 CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DEL PROYECTO.

Para la elaboración de proyecto del centro histórico debemos de hacer un conteo de la DENSIDAD DE CARGA actual de las calles que se van a modificar, tomando en cuenta lo siguiente:

- Numero de servicios monofásicos
- Numero de servicios bifásicos
- Numero de servicios trifásicos
- Numero de servicios de baja tensión futuros
- Numero de servicios de media tensión futuros

Hecho lo anterior, podemos contabilizar en una forma aproximada las necesidades eléctricas tanto de Baja como de Media Tensión del lugar. Esto quiere decir que podemos empezar a trazar nuestro plano con las nuevas necesidades; esto es muy importante ya que tomando en cuenta también las necesidades de crecimiento podemos asegurar que en unos años NO se rompan en las calles arroyos ni banquetas por nuevas ampliaciones NO consideradas.

Otra consideración que debemos de tomar en cuenta para obtener la DENSIDAD DE CARGA correcta es hacer unos estudios socioeconómicos tanto para la distribución residencial como para la distribución comercial tomando en cuenta el crecimiento en por lo menos 5 años.

En combinación con los criterios anteriores es como se obtiene una DENSIDAD DE CARGA de valores confiables para que en un futuro (de preferencia lejano) No se tengan que hacer modificaciones a las instalaciones subterráneas nuevas.

NUMERO DE TRANSFORMADORES

Una vez definido las necesidades de Carga del lugar, debemos de obtener la capacidad de los transformadores así como el número de ellos sumando la carga total y dividiéndola entre el número de ellos comercialmente hablando, esto quiere decir; que tomando en cuenta las capacidades que normalmente se fabrican y existen en el mercado.

Cabe mencionar que las capacidades de los transformadores no deben de ser necesariamente igual en todo el centro histórico ya que este valor depende de la distribución de carga secundaria que se esté alimentando y del lugar que se esté tratando. (No será del mismo tamaño el transformador de un mercado al de una calle en donde predominen casas y comercios).

NUMERO DE CIRCUITOS

También debemos de definir de acuerdo a nuestra distribución, el número de circuitos que se van a instalar en el bus de baja tensión de o los transformadores que componen nuestra instalación subterránea. Para lograr lo anterior, debemos de empezar por colocar el transformador lo más centrado que se pueda de la carga a alimentar, esto con la finalidad de que nuestro circuitos no sean tan largos y podamos colocar más ya que debido a la posición es posible sacar circuitos en varias direcciones (por lo menos en las cuatro banquetas uno o dos circuitos).

Debemos de tomar en cuenta que de un transformador trifásico de 150 KVA o más podemos sacar hasta 10 circuitos con valores de carga pequeñas de tal forma que los calibres de los conductores sean adecuados para no calentarlos.

CALIBRE DE LOS CONDUCTORES

Para determinar el calibre de los conductores de cada circuito debemos de considerar la longitud del circuito, en base a eso; se cuenta el número de servicios de acuerdo a nuestra DENSIDAD DE CARGA considerada con anterioridad y así se determinan los KVA's por circuito y por fase. Una vez obtenida la carga se determina el calibre del conductor tomando en cuenta la Tabla 1 de Resistencia (R en Ω /Km) y Reactancia Inductivas (X_L en Ω /km) para cables de aluminio en configuración tríplex o cuádruplex para 600 volts. De diferentes calibres.

SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR mm²	RESISTENCIA en CA A 90 °C EN CA Ω/km	REACTANCIA INDUCTIVA (CUADRUPLEX O TRIPLEX) Ω/km
21.15 (4 AWG)	1.747	0.1087
33.6 (2 AWG)	1.100	0.1029
53.5 (1/0 AWG)	0.691	0.0995
67.5 (2/0 AWG)	0.548	0.0970
85.0 (3/0 AWG)	0.435	0.0949
107.2 (4/0 AWG)	0.345	0.0926
126.7 (250 KCM)	0.292	0.0934
152.6 (300 KCM)	0.244	0.0917
177.3 (350 KCM)	0.209	0.0904
202.8 (400 KCM)	0.183	0.0893
228.0 (450 KCM)	0.163	0.0885
253.4 (500 KCM)	0.147	0.0876
304.0 (600 KCM)	0.123	0.0880
354.7 (700 KC M)	0.106	0.0870
405.0 (800 KCM)	0.094	0.8610
456.0 (900 KCM)	0.084	0.0853
506.7 (1000 KCM)	0.076	0.0846

Tabla 1 Características de los conductores de Aluminio

Ejemplo: CALCULO DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR PARA UNA CALLE CON SOLO CASAS.

Para éste ejemplo suponemos que tenemos un circuito C1 que alimenta a 16 casas, el cual a lo largo de la calle partiendo del transformador T1 pasa por 4 registros (R) con las siguientes distancias y casas:

De T1 a R1 = 4 metros con 5 casas

De T1 a R2 = 54 metros con 3 casa
De T1 a R3 = 104 metros con 5 casas
De T1 a R4 = 154 metros con 3 casas

Los conductores de baja tensión serán en configuración triplex 2F-3H operación radial y con aislamiento de polietileno de cadena cruzada para 600V para instalarse en ductos de polietileno de alta densidad de 3" de diámetro para los circuitos de las casas y de polietileno de alta densidad de 1¼" de diámetro para las acometidas.

En este circuito C1 se entiende que se le conectan 16 casas de las cuales la fase A se le conecta 8 y a la fase B se le conectan otras 8. En este caso tienen cargas iguales y por lo tanto solo se hará el cálculo para la fase A.

La forma en que vamos a determinar el calibre del conductor es suponiendo que se conecta con un calibre de 1/0 y si al terminar los cálculos la caída es mayor al 3%, se cambia a otro calibre mayor de tal forma que la caída no sea mayor al 3%.

También debemos de fijar los otros parámetros como:

Voltaje de $V_{\phi-N} = 120$ Volts, KVA por casa = 0.80

Debemos de obtener la resistencia **R** y la reactancia inductiva **XL** de la Tabla 1

Para el cable 1/0 $R = 0.691 \Omega/\text{km}$ y $XL = 0.0995 \Omega/\text{km}$

Para el cable 3/0 $R = 0.435 \Omega/\text{km}$ y $XL = 0.0949 \Omega/\text{km}$

Con esto valores se obtiene la Impedancia **Z** de cada conductor como sigue:

$$\text{Para cable 1/0} \rightarrow Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{(0.691)^2 + (0.0995)^2} = 0.698 \Omega/\text{Km}$$

$$\text{Para cable 3/0} \rightarrow Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{(0.435)^2 + (0.0949)^2} = 0.6445 \Omega/\text{Km}$$

Como ya tenemos las impedancias de cada conductor, debemos de empezar a calcular las caídas de tensión con registro de mayor distancia siendo éste R4 y alimentado con un conductor de 1/0.

DATOS:

$L = 154$ metros. $V_{\phi-N} = 120$ Volts, Potencia = 0.80 KVA, $Z = 0.698 \Omega/\text{km}$, No. de casas = 3

Calculando la corriente **I** con la fórmula:

$$I = \frac{\text{Potencia} \times \text{No de Casas} \times 1000}{\text{voltaje}_{\phi-N}} = \frac{0.80 \times 3 \times 1000}{120} = 20 \text{ Amp}$$

Obtenida la corriente de la fase A, podemos obtener la caída de tensión con la fórmula:

$$V = \frac{I \times Z \times L}{1000} = \frac{20 \times 0.698 \times 154}{1000} = 2.14 \text{ Volts}$$

En por ciento será:

$$\%e = \frac{v \times 100}{v_{\phi-N}} = \frac{2.14 \times 100}{120} = 1.78\% \text{ para el R4}$$

Calculo para el registro R3

DATOS:

L = 104 metros, $V_{\phi-N} = 120$ Volts, Potencia = 0.80 KVA, No. de casas 5 y $Z = 0.698 \Omega/\text{km}$

La corriente será:

$$I = \frac{0.80 \times 4 \times 1000}{120} = 33.33 \text{ Amp}$$

La caída de tensión será:

$$V = \frac{33.33 \times 0.698 \times 104}{1000} = 2.4 \text{ Volts}$$

En por ciento será:

$$\%e = \frac{2.4 \times 100}{120} = 2.0\% \text{ para el R3}$$

De acuerdo a los resultados de **R4** en donde **e=1.78%**, y en **R3** la **e=2.0%** sumándolas ya tenemos un valor parcial de **e = 3.78%** lo cual nos indica que para este circuito la fase A, el conductor calibre 1/0 no es adecuado por alimentarlo. Por lo tanto haremos los cálculos con el conductor de calibre 3/0.

Para el registro R4 y alimentado con conductor de 3/0.

DATOS:

L=154 metros, $V_{\phi-N}=120$ volts, Potencia=0.80 KVA, No. de casas=3 y $Z=0.445 \Omega/\text{km}$

La corriente será:

$$I = \frac{0.80 \times 3 \times 1000}{120} = 20.00 \text{ Amp}$$

La caída de tensión será:

$$V = \frac{20 \times 0.445 \times 154}{1000} = 1.37 \text{ Volts}$$

En por ciento será:

$$\%e = \frac{1.37 \times 100}{120} = 1.14.0\% \text{ en el R4}$$

Para el registro R3 se tiene:

DATOS:

L=104 metros, $V_{\phi-N}=120$ volts, Potencia=0.80 KVA, No. de casas=5 y $Z=0.445 \Omega/\text{km}$

La corriente será:

$$I = \frac{0.80 \times 5 \times 1000}{120} = 33.33 \text{ Amp}$$

La caída de tensión será:

$$V = \frac{33.33 \times 0.445 \times 104}{1000} = 1.54 \text{ Volts}$$

En por ciento será:

$$\%e = \frac{1.54 \times 100}{120} = 1.28.0\% \text{ en el R3}$$

Para el registro R2 se tiene:

DATOS:

L=54 metros, $V_{\phi-N}=120$ volts, Potencia=0.08 KVA, No. de casas=3 y $Z=0.445 \Omega/\text{km}$

La corriente será:

$$I = \frac{(0.80)(3)(1000)}{120} = 20 \text{ Amp.}$$

La caída de tensión será:

$$V = \frac{(20)(0.445)(54)}{1000} = 0.48 \text{ volts}$$

En por ciento será:

$$\%e = \frac{0.48 \times 100}{120} = 0.40\% \text{ en el R2}$$

Para el registro R1 se tiene:

DATOS:

L=4 metros, $V_{\phi-N}=120$ volts, Potencia 0.80 KVA, No. de casas=5 y $Z=0.445 \Omega/\text{km}$

La corriente será:

$$I = \frac{(0.80)(5)(1000)}{120} = 33.33 \text{ Amp.}$$

La caída de tensión será:

$$V = \frac{(33.33)(0.445)(4)}{1000} = 0.59 \text{ Volts}$$

En por ciento será:

$$\%e = \frac{0.059 \times 100}{120} = 0.049\% \text{ en el R1}$$

Una vez hechos los cálculos para el conductor calibre 3/0, debemos de sumar todas las caídas

de tensión en por ciento y así se obtiene la caída total del circuito C1 esto es:

- El total de $e = \%e R1 + \%e R2 + \%e R3 + \%e R4 = 0.049 + 0.40 + 1.28 + 1.14$
- El total de $e = 2.86\%$

De acuerdo con el resultado anterior, el circuito C1 (fase A y fase B) de esta calle se debe de construir con Cable Tríplex 2+1 calibre 3/0.

Sabemos que el calibre del conductor del circuito lo determina la corriente que circula por él tomando en cuenta la caídas de tensión, esto es a mayor caída se debe de compensar con un mayor calibre, estos cálculos se realizan en forma repetitiva tomando en cuenta las variantes para cada bus (nodo, en nuestro caso cada bus se refiere a cada registro) como son la distancia y la carga, al final; se suman estas caídas parciales de cada bus y la suma es la caída total del circuito.

De acuerdo al cálculo debemos de considerar que las caídas de tensión para la red de distribución subterránea secundaria no deben de rebasar el 3% del valor de voltaje de suministro por cada circuito. También lo podemos hacer para cada acometida domiciliaria (1%) o para la red de media tensión (1%) tomando en cuenta la tabla respectiva.

Si la caída de tensión rebaza el 3%, esto quiere decir; que el calibre del conductor con el que hicimos .los cálculos NO es el adecuado por lo tanto, debemos de ajustar ya sea distancia del circuito, corriente por circuito o aumentar de calibre del conductor.

Existe un programa para determinar las caídas de tensión de cada circuito sin hacer tanto cálculo a mano, este programa facilita los trabajos pero en sí, es lo mismo si no lo tienes; ya que se llega al mismo resultado.

Elaboración de Planos

En la elaboración de planos debemos de considerar la colocación de todos los dispositivos eléctricos y mecánicos que componen la nueva instalación subterránea como son:

- Registros de media tensión
- Registros de baja tensión

- Trayectoria de los ductos de baja y media tensión
- Cruces de banqueta a banqueta
- Transformadores
- Muretes de mediación para alumbrado público
- Transiciones de baja y media tensión
- Puntos de conexión y desconexión manual y automática
- Acometidas domiciliarias
- Concentración de medidores
- Registros de tele cable
- Registros de alumbrado público
- Etc.

Cabe mencionar que las obras eléctricas subterráneas se lleva a cabo el SISPROTER (sistema y procedimientos para la construcción de obras por terceros) tomando en cuenta a tres integrantes que son:

EL DESARROLLADOR.- persona que requiere del servicio eléctrico llámese persona física, moral, dependencia Gubernamental, municipal, AC, etc. y es la persona que paga la obra.

EL DISEÑADOR.- persona que se encarga de llevar los trámites ante CFE por medio del SISPROTER además de definir el diseño del proyecto eléctrico en coordinación con Ing. de Planeación de CFE hasta obtener la Aprobación del mismo.

EL CONTRATISTA.- persona que se encarga de construir la obra de acuerdo al plano Aprobado y con la facultad de poder modificar el diseño, si al momento de construir existen obstáculos no previstos al momento de diseñar, claro; en común acuerdo con el Ing. supervisor de CFE. También es la persona que entrega la obra en forma física y administrativa para la completa satisfacción de CFE y el cliente.

En pláticas y coordinación con el Ing. Titular del departamento de planeación de la CFE y tomando en cuenta desde luego LAS NORMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA, se fijan los puntos estratégicos para la colocación de todos los componentes de nuestro nuevo proyecto subterráneo. Estas pláticas de oficina se combinan con visitas de campo hasta llegar a un acuerdo entre CFE y el contratista (debe de ser entre CFE y el diseñador).

Cuando la decisión está tomada entre CFE y el contratista, se debe de invitar en una forma integral a las demás empresas y dependencias que van a estar involucradas en los trabajos del mejoramiento de la imagen urbana, esto quiere decir; que invitamos a Tele cable, Alumbrado público, Obras públicas, Desarrollo Urbano, Agua potable y algunas otras empresas como Telmex que por lo general realizan sus planos y los ejecutan ellos mismos. Una vez en pláticas con todos los que intervienen en la instalación se define los espacios tanto en banquetas como en arroyo para la colocación de los ductos de cada uno, este acuerdo es muy importante porque así evitamos tanto cruce de señales y servicios, de tal forma que los trabajos quedan ordenados y seguros.

Los proyectos eléctricos dentro del centro histórico para su validación ante CFE deben de estar compuestos por una serie de planos que son:

- Plano de media tensión subterránea
- Plano de baja tensión subterránea
- Plano de alumbrado público
- Plano de tele cable
- Plano de obra civil
- Plano de obra electromecánica
- Plano eléctrico de la red de baja y media tensión Aérea que queda en operación en calles vecinas a la de la red subterránea.

2.8 LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS.

Los lineamientos que se deben de seguir para la Elaboración y Aprobación del proyecto de la red eléctrica de distribución subterránea son a través del sistema **SISPROTER** (sistema y procedimientos para la construcción de obras por terceros) son básicamente los tramites que se deben seguir en este sistema avalado por el departamento de planeación de la zona correspondiente de la C.F.E. los cuales son:

1. Visita previa en campo por el Ing. de Área de la agencia regional para el Vo-Bo.
2. Dar de alta al desarrollador en el SISPROTER por medio de sus datos.

3. Nos genera el número de registro del desarrollador.
4. El sistema nos genera la carta poder que debe de ser firmada por el desarrollador y dirigida al diseñador se firma y se sube.
5. Se solicita la factibilidad de servicio
6. El sistema nos da la factibilidad de servicio.
7. Se solicita la energía por medio del régimen de aportaciones.
8. Se genera el oficio resolutivo con las bases de diseño.
9. Se solicita la revisión y aprobación del proyecto eléctrico se sube el plano al sistema
10. Si todo está bien, el Ing. de planeación genera la aprobación del proyecto indicando la cantidad que se debe de pagar por la aprobación.
11. Una vez hecho el pago, se escanea y se sube al sistema dando lugar a que nos generen el convenio respectivo.
12. El desarrollador designa al contratista de la obra.
13. Se forma el primer paquete para la formalización por medio de las firmas y agregándole copias del IFE del desarrollador y del diseñador así como copia de su cedula profesional.

CAPÍTULO 3 CONSTRUCCIÓN

3.1 ACUERDOS Y SUGERENCIAS

Los acuerdos y sugerencia que se deben de tomar en cuenta durante la construcción de las redes de distribución subterránea entre los constructores y personal de la CFE es que deben de apegarse a las Normas y Procedimientos vigentes, esto quiere decir; que tanto constructores como el Ing. supervisor de la CFE deben de conocer el desarrollo del proyecto así como la aplicación de las Normas de redes de distribución subterráneas para que así la obra quede apegada a las Normas y procedimientos vigentes.

3.2 REQUISITOS PARA INICIAR LA OBRA.

Para iniciar la construcción de la obra de distribución en general, se debe de cumplir con los siguientes puntos:

- Aprobación del Proyecto.
- Convenio de Construcción.
- Bitácora Abierta de la Obra.

3.3 OBRA CIVIL

Consta de los siguientes pasos o etapas:

- Trazo (Equipo Topográfico o Cinta Métrica)
- Señalizaciones y Protecciones
- Excavaciones de Zanja
- Colocación de Registro de Media Tensión y Nivelado
- Colocación de Ductos de Media Tensión.
- Colocación de Registros de Baja Tensión y Nivelado.
- Colocación de Ductos de Baja Tensión y Tele Cable.
- Abocinado con Concreto de Ductos dentro del Registro.
- Colocación de Registro y Bases para Alumbrado Público.
- Colocación de Ductos Para Alumbrado y Tele cable.
- Base de Concreto para Transformadores y otros Equipos.
- Limpieza General De la Obra

3.3.1 TRAZO

El Trazo de los espacios para arroyo, banquetas, cocheras, andenes, etc. de la calle por lo general vienen indicados en los planos de la obra civil y los realiza el Ing. de la obra civil, así es que ese paso se lo dejamos a él. Lo que yo hago es marcar los lugares en donde van a ir nuestros componentes de la obra como son los registros de baja tensión, los de media, los de alumbrado, los de tele-cable, el transformador, los cruces de ductos de banqueta a banqueta, nuestra acometidas, las salidas y la posibles salidas de ductos de media tensión para subestaciones particulares, etc. Por lo general, la ubicación de los componentes de mi instalación los realizo con cinta métrica y ajustándonos a las peticiones de los vecinos ya que debemos de tenerlos muy en cuenta ya que de no hacerlo, también ellos son un elemento de peso para que la obra tenga sus tropiezos.



Figura 7 Trazo y Marcado de Componentes de la Instalación

3.3.2 SEÑALIZACIONES Y PROTECCIONES.

Una vez hecho el trazo, procedemos a delimitar el área de trabajo, instalando señalamientos como medio de protección. Estos señalamientos deben de ser alertadores y lo suficientemente claros para que todas las personas que pasen por ahí los identifiquen y así; evitemos un accidente.



Figura 8 Instalando Señalamientos y Protecciones

3.3.3 EXCAVACIONES DE ZANJA

El siguiente punto es la excavación la cual se hará con medios mecánico si no existen instalaciones viejas que aún estén en uso, tales como fibra óptica, red de agua potable, alumbrado público, etc. Que por lo general en los Centros Históricos si es posible que estas instalaciones aún estén en funcionamiento al momento de las primeras excavaciones; por tal motivo debemos de tomar las precauciones necesarias para que no nos metamos en problemas de reparaciones y multas y las excavaciones por lo general se realizan por medios manuales. Cabe mencionar que las excavaciones las empezamos a hacer una vez que el contratista de la obra civil tenga tirada la guarnición de concreto que divide al arroyo de la banqueta ya que ésta será el nivel a la que nosotros debemos de nivelar todos los registros que se coloque dentro de la banqueta. Para los registros que se coloquen en el arroyo se deben de tomar en cuenta las pendientes que el trazo civil indica en su plano.



Figura 9 Excavación de la Zanja.

3.3.4 COLOCACIÓN DE REGISTROS DE MEDIA TENSIÓN Y NIVELADO

Una vez hecha la excavación, tanto para los registros como para los ductos; se debe de colocar primero en los lugares previamente señalados de acuerdo al plano, los registros de Media Tensión y nivelarlos a ras de guarnición, la cual es nuestra referencia definitiva. El nivelado de los registro de Media Tensión en banqueta, los hacemos con medios mecánicos si el registro es muy pesado o con medios manuales si el registro es liviano. Cabe mencionar que No es recomendable tratar de nivelar los registros si no tenemos instalada la guarnición de la banqueta ya que si se instala y queda alto o bajo tenemos doble trabajo y aparte observaciones por parte de los vecinos y supervisores que denotan la falta de experiencia y capacidad del contratista.



Figura 10 Colocación de Registros de Media Tensión



Figura 11 Nivelado de Registro

3.3.5 COLOCACIÓN DE DUCTOS DE MEDIA TENSIÓN.

Como ya tenemos nuestros registros de Media Tensión en su lugar y nivelados, los que procede en colocar los ductos de Media Tensión, para ello; se debe de nivelar la cama de los ductos con material fino (arena) o de banco tomando en cuenta una ligera pendiente de registro a registro de acuerdo a al pendiente natural de la calle. Una vez terminado la colocación de los tubos, esto; se deben de tapar con una capa de material fino (arena) producto de banco. Al final de la capa de arena, se coloca la cinta indicadora de “PELIGRO” la cual es requisito para que en caso de excavación ésta le indique en un futuro a nuevas excavaciones que se debe de tener cuidado al escavar.

Aquí estamos llevando una cama de ductos para línea de media tensión por arroyo al centro histórico de esta ciudad.



Figura 12 Ductos para Línea Media Tensión



Figura 13 Ductos Para Línea de Media Tensión



Figura 14 Indicador de Peligro Subterráneo.



Figura 15 Compactando Material de Relleno con Bailarina.



Figura 16 Agregando Materiales con Medios Mecánicos.



Figura 17 Compactando la Última Capa de Material.

En estas imágenes estamos preparando y colocando un pozo de visita tipo X para este mismo trabajo.



Figura 18 Excavación Por Medios Mecánicos.



Figura 19 Compactando con Bailarina al Exterior de Registro.



Figura 20 Compactando con Bailarina Pozo de Visita Tipo X.

3.3.6 COLOCACIÓN DE REGISTROS DE BAJA TENSIÓN Y NIVELADO.

Una vez colocado los registros y ductos de Media Tensión se colocan los registros de Baja Tensión de acuerdo al nivel de la guarnición de banqueteta, tomando en cuenta las pendientes de la misma. Se cubren con una capa de tepetate producto de banco y se compacta.



Figura 21 Nivelado de Registro de Baja Tensión.

3.3.7 COLOCACIÓN DE DUCTOS DE BAJA TENSIÓN.

Una vez nivelado el registro de Baja Tensión, se colocan los ductos de Baja Tensión los indicados en el cuadro de ductos de los planos así como también los ductos de tele cable, se procede de la misma manera que en los ductos de Media Tensión, quedando también los de Baja Tensión tapados a otro nivel más superficial.



Figura 22 Colocación de Ductos de Baja Tensión.

Colocados los ductos de Media Tensión y de Baja Tensión Dentro de los boquetes de los registros, debemos de sellarlos con concreto para evitar las filtraciones de agua, por escurrimientos o rupturas de tubos de agua.



Figura 23 Sellado de Ductos de Baja Tensión en el Exterior.

En la colocación de los ductos de Baja Tensión También debemos de colocar pero en otra cama los ductos de Acometidas, Alumbrado público y Tele cable llevando a cabo los mismos procedimientos anteriores, se colocan todos los ductos que llevan los servicios a cada domicilio así como muretes de medición, registros para alumbrado público y bases para luminarios.



Figura 24 Tirado de Ductos de Acometida.



Figura 25 Orden en Las Acometidas Saliedo de los Registros

Se sellan también para evitar escurrimientos que pudieran penetrar al registro como sigue:



Figura 26 Sellado con Concreto por el Exterior del Registro.



Figura 27 Ductos de Acometidas cfe, de Alumbrado y Tele cable.

3.3.8 ABOCINADO CON CONCRETO LOS DUCTOS DENTRO DEL REGISTRO

Este paso de la instalación de la obra, también es muy importante ya que se deben de abocinar todos los ductos con concreto por dentro del registro; esta bocina debe de ser lo más lisa que se pueda hacer ya que así vamos a evitar que a la hora de estar cableando cualquier red, los cables no se nos atoraran ni rasparan y así nuestro trabajo tendrá una mejor calidad.



Figura 28 Abocinado de Ductos Dentro del Registro

3.3.9 COLOCACIÓN DE REGISTROS Y BASES PARA ALUMBRADO PÚBLICO.

Una vez colocados y tapados los ductos de Baja Tensión, procedemos a instalar los registro y bases tronco piramidales para el alumbrado público en el espacio designado en la banqueta previamente señalado.



Figura 29 Base tronco piramidal para luminaria

Hay casos en los que No es posible colocar las bases tronco-piramidales porque simplemente el espacio no es suficiente para el tamaño que las entrega el fabricante, en esos casos se coloca

solamente los juegos de anclas ya armadas para posteriormente colarlas y asegurarlas tanto en nivel de altura y separación de guarnición.



Figura 30 Juego de anclas armadas



Figura 31 Ancla Armada y registro para alumbrado

3.3.10 COLOCACIÓN DE DUCTOS DE ALUMBRADO Y TELE CABLE

Para nuestra instalación el tendido de ductos de alumbrado y tele-cable que también es la cama de la acometidas de CFE, viene siendo la última capa de ductos con la cual a este nivel ya estamos llegando al espacio que ocupara el concreto de la banqueta; esto quiere decir que colocándolos, los tapamos y compactamos del tal forma que quede el espacio que ocupa el concreto de banqueta. Cabe mencionar que las camas de los diferentes niveles de nuestro sistema se han ido tapando con materiales producto de banco dándole sus respectivas pendientes a cada una de acuerdo a trazo y compactando en cada capa como lo indica la Norma.



Figura 32 Ductos de tele cable, Acometidas y Alumbrado

3.3.11 BASES DE CONCRETO PARA TRANSFORMADORES Y OTROS EQUIPOS.

Las bases de los transformadores y otros equipos que se van a instalar en los centros históricos, solo hay de dos tipos las prefabricadas y las fabricadas en sitio. Por lo general en los centros históricos en un problema la colocación de los transformadores ya que ocupan mucho espacio y además se ven feos, debido a ello; siempre se les coloca en un lugar (Sin salirnos de lo señalado en el plano) que no se noten y ese lugar por lo general es una área verde las cual servirá con la vegetación para ocultar tamaña caja. En ese lugar es donde se coloca la base prefabricada (registro Base) o se fabrica una en sitio de acuerdo tomando en cuenta el diseño de Norma.

Si el presupuesto es suficiente, se opta por instalarlos dentro de registros tipo bóveda donde los costos tanto del registro como del transformador se incrementan en forma exagerada.



Figura 33 Base Para Transformador

3.3.12 LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA

Una vez terminada la etapa de los registros y los ductos, esperamos a que los de la obra civil tiren el concreto tanto en banquetas como en arroyo para que al momento de poder pisar empecemos nuestra limpieza en tapas de registros, marcos de las tapas, posibles escurrimientos de concreto dentro de los registros, roscas de las bases de alumbrado, arena y basura acumulada durante la construcción. También se debe de hacer limpieza dentro de los ductos y sobre todo si dentro de la construcción estábamos en época de lluvias y por descuidos tuvimos escurrimientos que pudieran haber permitido penetración de agua y lodos, la forma de hacerlo es utilizando una herramienta que se llama cepillo y si la suciedad es muy poca basta meter la guía y atarle de los dos extremos del ducto un trapo justo a la medida del diámetro del tubo y jalarlo de un extremo y sacar lo sucio y regresarlo para terminar el trapeado una vez que ya no salga nada, esto con la finalidad de estar listo para la siguiente etapa que es el cableado de la Red de Media Tensión, Red de Baja Tensión, Acometidas Y Red de Alumbrado Público.

3.4 OBRA ELÉCTRICA Y ELECTRO-MECÁNICA.

Se entiende por obra electromecánica: La acción que se realiza con todos los componentes y accesorios eléctricos y sea de maniobras mecánicas o manuales que tengan que ver con la instalación eléctrica subterránea.

3.4.1 INSTALACIÓN DE TRANSFORMADORES Y EQUIPO.

Por lo general, los transformadores que se instalan en los centros históricos son transformadores de pedestal ya sea monofásicos o trifásicos; estos transformadores se manipulan con una grúa con brazo mecánico ya que su peso amerita el uso de estas herramientas. Hay ocasiones en las que la grúa se substituye por el brazo de una retroexcavadora, es válido usarle siempre y cuando el operador de ésta sea una persona con experiencia ya que de no contar con ella, pueden ocurrir accidentes al personal o abolladuras al equipo.



Figura 34 Colocación de Transformador por medios mecánicos

3.4.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS REGISTROS DE ACUERDO AL PLANO.

Terminada la obra civil y antes de iniciar la instalación de los cables, se señalizan todos los ductos; esto con la finalidad de tener identificados los ductos que llegan al registro y salen de él tanto de Media como de Baja Tensión. Las acometidas domiciliarias se marcan con el número oficial de cada vivienda dado por Desarrollo Urbano Municipal.



Figura 35 Identificación de registro Media Tensión



Figura 36 Identificación de registro Baja Tensión

3.4.3 CABLEADO DE RED DE MEDIA TENSIÓN.

El cableado de los circuitos de media tensión se hace con cable de energía de 15 kv. debe de hacerse de acuerdo a lo asentado en el plano cuidando que las fases vayan según lo indicado en el registro, esto para no cruzarlas en los registros; debemos de cablear con tramos continuos de equipo a equipo o equipo a accesorio según el caso y en caso de usar empalmes, estos deben de pre-moldeados o termo contráctil aprobados por LAPEM.

Antes de meter el cable a los ductos, debemos de checar el estado físico del cable; observando los extremos del cable deben de venir sellados con manga termo contráctil. También debemos de checar la presencia de humedad, pelando uno 50 cm. Observamos los hilos de cobre y si están brillantes quiere decir que están en perfectas condiciones pero si al contrario están opacos, esto quiere decir que el cable tiene presencia de humedad y no se debe de instalar. Otro punto en donde nos podemos dar cuenta que el cable está en mal estado es en la pantalla semiconductora, esto es; si al tratar de desprenderla con la técnica común, ésta ofrece resistencia para despegarla significa que está en buenas condiciones pero se al contrario se retira con facilidad quiere decir que el cable está en malas condiciones y no se debe de instalar.

Una vez revisado el cable, este se puede instalar tomando en cuenta que debemos de montar al carrete en uno burros para que éste gire con mayor facilidad y no someter al cable a esfuerzos mecánicos cuando se hace sacándole vueltas al carrete. Si los tramos son muy largos debemos de usar poleas y malacates tomando en cuenta que se debe de poner una persona en cada registro para ir pasando el cable con cuidado.

Al terminar el cableado y antes de cortarlo se debe de dejar un excedente en cada registro de igual tamaño a la periferia del mismo para hacer el arreglo de la coca periférica que lleva cada uno.

3.4.4 COLOCACIÓN DE ACCESORIO DE MEDIA TENSIÓN

Los accesorios que se instalan en los extremos de los cables de media tensión, son dispositivos de seguridad en donde su instalación hace que las instalaciones del cable con los equipos permita una unión mecánica y eléctrica aceptable y confiable. Algunos accesorios que podemos mencionar son los siguientes:

Terminal Exterior. Esta terminal se usa por lo general en la transición de aéreo a subterráneo.

Codo de Operación con Carga (COC). Este accesorio se usa dentro de los transformadores de pedestal es el que recibe el cable de energía.

Inserto. Accesorio que se usa para enlace mecánico y eléctrico entre el codo COC y las boquillas del transformador de pedestal.

Adaptador Para Tierras. Es un accesorio que se utiliza para aterrizar la maya de tierras del cable de energía.

Conector Múltiple de Media Tensión. Este accesorio se utiliza en los casos en que un registro. Poso de visita o bóveda llegue la línea principal y se tenga que derivar la media tensión para otras acometidas públicas o particulares, de este accesorio se puede hacer; se conocen como J4, J6 y se instala según el caso.

Codo con Fusible. Este accesorio se utiliza en los J4 o J6 y es básicamente un Codo pero con Fusible.

Boquilla de Descanso. Sirve para colocar el COC en caso de retirarlo de la boquilla del transformador. Son maniobras que por lo regular hace personal de la CFE.

Tapones. Son accesorios que sirven para tapar los espacios que le sobraron a los J4 y J6 para futuros servicios en media tensión.

Apartarrayos de Boquilla. Este accesorio se instala en transformadores monofásicos en donde la terminal que queda libre cuando no se cierra el anillo en media tensión.

Cabe mencionar que existen otros accesorios que se utilizan en estas instalaciones. Estos accesorios al igual que el cable, su instalación requiere dejarlos unidos al sistema de tierras.



Figura 37 Accesorios de media tensión Instalados en transformador 3Øy 1Ø

3.4.5 CABLEADO DE LA RED DE BAJA TENSIÓN.

El cableado de la red de baja tensión es más simple pero no menos importante que la red de media tensión. El cableado requiere también de cuidados necesarios para no dañar el cable, se deben de usar burros para facilitar el trabajo y tener cuidado de al introducir el cable al registro no se raspe.

Los circuitos de baja tensión deben de ser de una sola pieza, esto quiere decir; que el cable de cada circuito debe de salir desde las boquillas del transformador hasta el final del mismo y no cortarlo hasta haber dejado la vuelta de cable en cada registro por los que pasa.



Figura 38 Cableado der la red de baja tensión

3.4.6 COLOCACIÓN DE ACCESORIOS DE BAJA TENSIÓN.

Los accesorios que se utilizan en los circuitos de baja tensión son adecuados para conectar el cable tanto a boquillas del transformador como conectores múltiples y acometidas en una forma segura y confiable, ya que ofrecen una conexión mecánica y eléctrica segura. Los accesorios más comunes en redes de baja tensión son:

Conector Múltiple. Este accesorio es la barra de conexiones de todas las acometidas siendo la terminal de cada circuito y se instala uno en cada registro por fase, esto quiere decir; que se instalan cuatro por registro en un sistema trifásico y tres por registro en un sistema monofásico. Estos pueden ser para 4, 6, 8, y 10 acometidas y los lugares no ocupados se quedan tapados con un tapón-chupón que ya trae el accesorio.

Juego de Conector y Manga. Este accesorio se usa para conectar las puntas de los cables tanto del circuito como de las acometidas al Conector Múltiple. En el conector se poncha el cable y se atornilla al múltiple y la manga sirve como aislante ya que se posiciona y se termo-fusiona al conector quedando instalada en forma segura.

Manga Sierre y Conector. Este accesorio sirve para derivar de conductor principal del circuito la toma en cada registro en donde va el conector múltiple sin cortar el cable del circuito, esto quiere decir que como el conductor del circuito es continuo; se hace un corte de forro en un punto intermedio de la coca dejada y se coloca la punta de cable que se va a derivar al conector múltiple, se unen con un conector paralelo Tipo H y se coloca la manga tipo sierre la cual se puede colocar con los conductores unidos y se termo-fusiona quedando una unión segura y aislada.

Siendo estos accesorios los más comunes para este tipo de instalaciones.



Figura 39 Accesorios de Baja Tensión

3.4.7 CABLEADO DE ACOMETIDAS.

El cableado de las acometidas es de los más sencillos ya que estamos trabajando en distancias máximas de 35 metros en donde el cableado se hace para servicios de dos, tres y cuatro cables de calibre 6 awg o 4 awg según el caso. Estas salen de conector múltiple de cada registro por medio de un conector y aislado con manga termo-contráctil. Cabe mencionar que en el registro se deben de marcar las acometidas con el número de la vivienda que corresponde, esto con la finalidad de localizarlos en una forma más fácil. La forma en que se deben de marcar es con una placa de aluminio de 3cm x 5 cm. Y con una herramienta de golpe se marca el número correspondiente para cada acometida, esta placa se cuelga al cable de la acometida cerca del conector múltiple en cada registro y así quedan identificados todas las acometidas.



Figura 40 Cableado e identificación de Acometidas

3.4.8 CABLEADO DEL ALUMBRADO PÚBLICO.

El cableado del alumbrado público, también es relativamente fácil ya que estamos cableando a distancias cortas (inter-postales) con cable por lo regular tripléx calibre 6 awg o 4 awg dependiendo de la distancia y carga del circuito. Los circuitos de alumbrado público se alimentan de su acometida y son independientes a los circuitos de baja tensión, esto quiere decir que van en ductos y con cable diferentes. Cuando vamos a cablear alumbrado público se debe de tener cuidado ya que estamos trabajando con conductores de diferente material cobre y aluminio para lo cual hay que instalar en cada caso conectores bimetálicos los cuales son adecuados para unir esto dos metales y no dejar una instalación que en poco tiempo no funcione por no haber instalado accesorios adecuados. La acometida del alumbrado se deriva por lo general del primer registro de baja tensión que se encuentra cerca del transformador y los más cerca de la instalación del murete de medición siendo su conexión idéntica a una acometida domiciliaria.

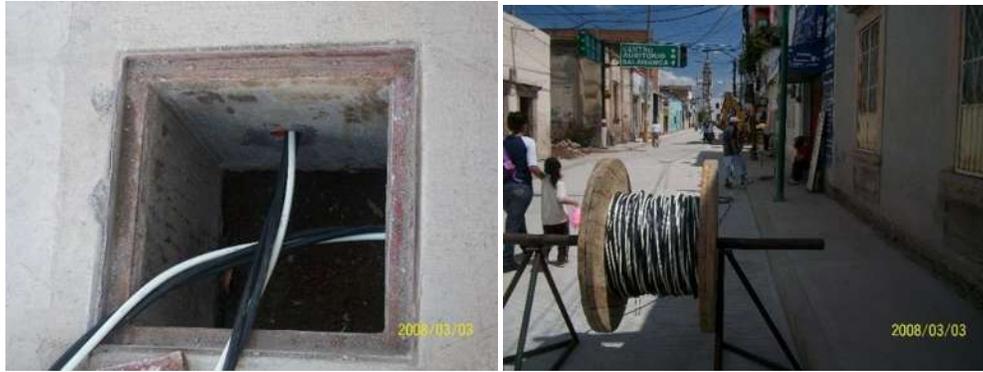


Figura 41 Cableado de Alumbrado Público

3.4.9 ARMADO Y COLOCACIÓN DE LUMINARIOS.

El armado y colocación de luminarios dentro de un centro histórico por lo general es de las actividades que se realizan al último ya que se instalan cuando las banquetas y arrollo están terminadas y en vísperas de la inauguración. El tipo de alumbrado instalado depende de la decisión tomada por el ayuntamiento el cual puede ser de Led, am, vsap. Inducción magnética, etc.



Figura 42 Armado de Luminaria

3.4.10 TRANSICIÓN EN MEDIA TENSIÓN.

La transición en media tensión es el punto en donde conectamos nuestra red de aérea a subterránea o de subterránea a aérea según sea el caso. Por lo regular estas transiciones se realizan en un poste y están compuestas por varios accesorios de protección y aislamiento adecuados para su correcta operación. Entre los accesorios podemos mencionar los cortacircuitos, apartarrayos, terminales Exterior, cable de energía, tubería, etc.



Figura 43 Transición de Línea Aérea a Subterránea

3.4.11 AVISO DE TERMINACIÓN DE OBRA.

Una vez terminados los trabajos eléctricos, mecánicos y de obra civil de toda la instalación, debemos de dar aviso de la **terminación de obra** mediante un oficio al supervisor por parte de la CFE, con este aviso se les da por enterados de que los trabajos han concluido y ellos en ese momento agendan la visita de revisión en campo.

3.4.12 SUPERVISIÓN DE LA OBRA POR EL INGENIERO DE ÁREA.

Cuando el Ing. de Área o supervisor se les ha notificado por oficio la terminación de obra, nos ponemos de acuerdo para la supervisión la cual consiste en revisar los planos contra todo lo instalado en campo y si la instalación se asemeja con lo proyectado, en Ing. supervisor nos indica que debemos de seguir con los siguientes pasos que son las pruebas eléctricas a todos los materiales instalados en la obra. Si por lo contrario al supervisar encuentra mucha

discrepancia entre lo proyectado y lo construido nos indica que lo modifiquemos de acuerdo a proyecto para poder continuar con las pruebas eléctricas de lo instalado.

3.5 PRUEBAS EN CAMPO

Las pruebas de campo, que se deben de hacer a los materiales y equipos eléctricos instalados dentro de la instalación subterránea, en el tiempo que yo tengo de contratista nunca me han pedido las pruebas en campo ya que los ingenieros dentro de la zona que yo construyo solamente me piden las pruebas de materiales y equipo que otorga el fabricante. Estas pruebas van acompañadas de documentación que se sube al sigla 03 las cuales son suficientes para que materiales y equipo lo reciba la CFE.

3.5 RECEPCIÓN DE LA OBRA.

Cuando la obra ya fue supervisada por el Ing. de CFE y a su completa satisfacción, nos firmó la bitácora de obra; en ese momento la obra se puede entregar al departamento de distribución integrando el segundo paquete de documentos los cuales a continuación menciono:

- 1.- Acta de Entrega Recepción.
- 2.- Inventario Físico Valorizado.
- 3.- Plano definitivo de la obra indicando modificaciones si las hubo.
- 4.- Digitalización de la obra al Deprored.
- 5.- Aviso de Terminación de Obra.
- 6.- Carta Finiquito.
- 7.- Bitácora de Obra.
- 8.- Carta Responsiva.
- 9.- Hojas de Prueba del Equipo.
- 10.- Facturas y Protocolos de Todo el Equipo y Materiales Instalados
- 11.- Pagos por Actualizaciones y de Libranzas.

Este segundo paquete se entrega en la oficina regional en original y tres tantos con firmas autógrafas y aquí es donde nosotros como contratista hemos terminado compromiso con el cliente y por lo tanto podemos ir a cobrar el saldo pendiente si es que lo hay.

CAPÍTULO 4 MATERIALES, HERRAMIENTAS MANUALES, HERRAMIENTAS MECÁNICAS, EQUIPOS Y ACCESORIOS:

Los materiales eléctricos que se utilizan en las redes de distribución subterránea ya sea de media tensión o de baja tensión, deben de ser materiales adecuados para ese fin esto ya que si se instalan materiales de fabricantes piratas donde no cumplan con las especificaciones de LAPEM; estos materiales van a fallar y al enterarse la CFE de quien hizo esa obra. Debemos de tener en cuenta que para la próxima obra nos van a revisar con lupa.

4.1 OBRA CIVIL.

Las herramientas que se utilizan en la etapa de la construcción de la red de distribución subterránea son las de mayor tamaño y costo ya que en ésta etapa se requiere de maquinaria pesada tales como Retroexcavadora, Grúa Hidráulica, Balarinas de Placa y Pisón, Picos, Palas, Barras, y Herramienta de Albañil, Cortadoras de Piso.

4.2 TRANSICIONES

En esta etapa las herramientas que se utilizan son: Banco Prensa, Llave Stilson. Limatón, Flejadora, Soplete, Pinzas Anderson, y Herramienta Para Subir al Poste.

4.3 CABLEADO

En el cableado las herramientas que he ocupado son: Burro Para Montaje del Carrete, Guía de Acero de 120 metros, Caletín, cizallas y navaja.

4.4 REGISTRO DE MEDIA TENSIÓN.

En los registros de media tensión las herramientas que se utilizan son: Pinzas Anderson, Cizallas, Navaja, Taladro, Marros y Cinceles.

4.5 REGISTROS DE BAJA TENSIÓN

En los registros de baja tensión las herramientas que se utilizan son: Pinzas Anderson, Cizallas, Navaja, Taladro, Marros y Cinceles.

4.6 SUBESTACIÓN.

Las herramientas que se utilizan aquí son: Pinzas Anderson, Cizallas, Navaja, Taladro, Marros, Cinceles y La Grúa Hidráulica.

CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber platicado de mi experiencia laboral y ver por medio de las ilustraciones el tipo de trabajo que desarrollo, quiero manifestar que dedicarse a las instalaciones eléctricas subterráneas es un trabajo, de mucha actividad ya que en éste se desarrollan aparte de las instalaciones eléctricas también trabajos de obra civil, aprende uno las distribuciones de otro tipo de instalaciones que de alguna forma estamos en relación con ellas y además vemos como con el esfuerzo de muchas personas las obras que tienen un principio también acaban, dándole al lugar un aspecto limpio y sin contaminantes en el entorno del cual se siente uno orgulloso de haber participado en esa obra y que funcione bien.

Recomiendo a todas los contratistas nuevos que se van a dedicar a este tipo de instalaciones que siempre que terminen cada trabajo se sientan orgullosos de lo que hicieron y valorando cada vez más su dedicación.

- Para tener éxito:
- Siempre hacer los contratos o arreglos con el cliente en forma segura y confiable.
- Siempre realizar los trabajos con conocimiento pleno de lo que se va a hacer.
- Siempre trabajar bajo un régimen de seguridad en el que no haya riesgos para nadie.
- Siempre usar el equipo de seguridad que los identifique.
- Siempre tener en cada obra un representante que se encargue de dirigir.
- Siempre debemos de cumplir en tiempo y calidad.
- Siempre hacer los trabajos con calidad y profesionalismo.
- No se debe hacer:
- Nunca debemos de hacer un trabajo que desconocemos.
- Nunca debemos de abandonar un trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Normas de Distribución y Construcción Subterráneas CFE
- (2) Norma Oficial Mexicana NOM001 Relativa a las Instalaciones Destinadas al suministro y Uso de la Energía Eléctrica.