



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

“CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN AÉREAS DE 115KV”

Reporte de Experiencia Laboral que presenta:

CÉSAR SALVADOR PÉREZ GÓMEZ

PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

ASESOR:

INGENIERO ELECTRICISTA

IGNACIO FRANCO TORRES

Morelia, Michoacán

Febrero del 2018

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecer a Dios por permitirme llegar hasta aquí, tener un trabajo digno y estar con mi familia que es lo que más quiero.

Quiero agradecer a mis padres por darme la vida y apoyarme en las diferentes etapas de mi vida, por hacer de mí una persona de bien y de provecho para la sociedad y darme las herramientas necesarias para sobrevivir en este mundo.

A mi esposa por estar conmigo en las buenas y en las malas pero sobre todo por brindarme el apoyo en mi trabajo, ya que no es nada fácil esperarme siempre al cuidado de mis hijas, también por el apoyo en este momento tan importante en esta etapa de mi vida.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por abrirme sus puertas y ser para mí, mi segunda casa en la etapa de estudiante de ingeniería.

A la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, a los profesores por la enseñanza que me transmitieron durante esa etapa de mi vida y por darme las herramientas necesarias para salir al campo laboral, en especial al Ing. Ignacio franco por brindarnos su apoyo para que esto se hiciera realidad.

DEDICATORIAS

Quiero dedicar este trabajo a mis padres que fueron los que me dieron la vida y gracias a ellos y a la ayuda de Dios aquí estamos viviendo esta etapa tan importante.

A mi esposa Lupita por todo el apoyo, paciencia y comprensión que me ha brindado durante este tiempo que llevamos juntos.

A mis hermanos, en especial a mi hermana Damarys por todo el apoyo que me ha brindado en todo momento a mí y a mis padres.

Al grupo de ex alumnos de la facultad de Ingeniería Eléctrica por brindarme su apoyo durante este trabajo.

ÍNDICE

Agradecimientos	ii
Dedicatorias	iii
Índice.....	iv
Resumen	vii
Palabras Clave	vii
Abstract	viii
Keywords.....	viii
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tablas	xi
Glosario de Términos	xii
Capítulo 1.- Introducción.....	1
1.1.- Antecedentes Académicos	1
1.2.- Antecedentes Laborales	1
Capítulo 2.- Construcción de Líneas de Subtransmisión Aéreas (115 KV)	3
2.1.- Tipos de Torres de Alta Tensión	3
2.2.- Antecedentes	3
2.3.- Definición	3
2.4.- Tipos de Líneas de Subtransmisión.....	5
2.4.1.- Obra Civil de Líneas Aéreas de SUBTRANSMISIÓN	6
2.4.2.- Excavaciones.....	8
2.4.2.1.- Descripción.....	8
2.4.2.2.- Ejecución	8
2.4.3.- Cimentaciones	10
2.4.3.1.- Acero De Refuerzo ^[3]	10
2.4.3.2.- Descripción.....	10
2.4.3.3.- Ejecución	11
2.4.4.- Concreto en Cimentaciones ^[3]	13

2.4.4.1.- Descripción.....	13
2.4.4.2.- Ejecución	13
2.4.5.- Nivelado de bottom-panel.....	14
2.4.6.- Relleno y compactado	16
2.4.6.1.- Descripción.....	16
2.4.6.2.- Ejecución	16
2.5.- Obra electromecánica de líneas aéreas de subtransmisión	16
2.5.1.- Montaje de estructuras para 115 KV	16
2.5.1.1.- Montaje de Torres de Acero ^[2]	17
2.5.1.2.- Descripción.....	17
2.5.1.3.- Ejecución	17
2.5.2.- Montaje de postes Morelos I, II y III ^[1]	18
2.5.2.1.- Descripción.....	18
2.5.2.2.- Ejecución	19
2.5.3.- Montaje ^[1] de postes troncocónicos	19
2.5.3.1.- Descripción.....	19
2.5.3.2.- Ejecución	19
2.5.4.- Montaje de postes de sección I ^[1]	19
2.5.4.1.- Descripción.....	20
2.5.4.2.- Ejecución	20
2.5.5.- Sistema de Tierras ^[1]	20
2.5.6.- Vestido de estructuras.....	23
2.5.7.- Tendido y tensado de cables ^[1]	25
2.5.7.1.- Tendido Y Tensado De Cable Conductor. ^[1]	26
2.5.7.2.- Tendido Y Tensado De Cable De Guarda Convencional.	26
2.5.7.3.- Tendido Y Tensado De Cable De Guarda Con Fibra Óptica (CGFO). ^[1]	26
2.5.8.- Colocación de amortiguamiento en cable	28
2.5.8.1.- Amortiguadores	28
2.5.8.1.1.- Definición	28
2.5.8.1.2.- Ejecución	28

2.5.9.- Señalización aérea de líneas aéreas de subtransmisión	29
2.5.9.1.- Señalización a Base de Pintura en Estructuras.....	29
2.5.9.1.1.- Cruzamientos Con Líneas de Transmisión y Carreteras Federales ^[2]	29
2.5.9.1.2.- Líneas de Subtransmisión en las Proximidades con Aeropuertos ^[2]	30
2.5.9.2.- Señalización a Base de Boyas en Cable de Guarda.....	31
2.5.9.2.1.- Líneas de Subtransmisión en Proximidades con Aeropuertos y Zonas de Tráfico Aéreo ^[2]	31
2.5.9.2.2.- Líneas de Subtransmisión en Cruzamientos con Barrancas Profundas ^[2]	31
CAPITULO 3.- Conclusiones y Recomendaciones	33
3.1.- Conclusiones.....	33
3.2.- Recomendaciones	33
Bibliografía	34

RESUMEN

En este reporte de experiencia laboral explicamos el proceso a seguir para la construcción de una línea de subtransmisión aérea de 115 KV basada en ocho etapas para su construcción: localización y verificación de la trayectoria de la línea, las excavaciones de las estructuras, las cimentaciones, el sistema de tierras, el montaje de las estructuras, el tendido y tensado de los cables y la señalización en las estructuras, lo anterior basado en las normas y en las especificaciones de comisión federal de electricidad.

El presente reporte de experiencia laboral está basado en la experiencia que he obtenido desde el mes de mayo del 2011 a la fecha.

PALABRAS CLAVE

CPTT (Coordinación de proyectos de transmisión y transformación), LAPEM (Laboratorio de pruebas electromecánicas), LDAT (Línea de alta tensión), Torres de remate, Deflexion.

ABSTRACT

In this work experience report we explain the process to be followed for the construction of a 115 KV aerial subtransmission line based on seven stages for its construction: location and verification of the trajectory of the line, excavations of structures, foundations, The assembly of the structures, the laying and tensioning of the cables and the signaling in the structures, the previous one based on the norms and in the specifications of federal commission of electricity.

This work experience report is based on the experience I have gained since May 2011 to date.

KEYWORDS

CPTT (Coordination of Projects of Transmission and Transformation), LAPEM (Electromechanical Testing Laboratory), LDAT (High Voltaje Line), Tensión Towers, Deflection.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.-ESQUEMA DE GENERACIÓN, TRANSMISIÓN, SUBTRANSMISIÓN, DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. .	4
FIGURA 2.-TORRE DE SUSPENSIÓN	4
FIGURA 3.- POSTES MORELOS	4
FIGURA 4.- POSTE TRONCOCÓNICO	5
FIGURA 5.- POSTES DE SECCIÓN I	5
FIGURA 6.- PLANO DE PLANTA Y PERFIL DE LA TRAYECTORIA DE LA LÍNEA	7
FIGURA 7.- LOCALIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS	7
FIGURA 8.- COLOCACIÓN DE MOJONERAS.....	7
FIGURA 9.- EXCAVACIÓN PARA LA CIMENTACIÓN DE UNA TORRE DE REMATE	9
FIGURA 10.- EXCAVACIÓN MANUAL PARA POSTE TRONCOCÓNICO	9
FIGURA 11.- EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA PARA POSTES TIPO MORELOS	10
FIGURA 12.- EXCAVACIÓN MANUAL PARA POSTE DE SECCIÓN I	10
FIGURA 13.- PLANO PARA EL ARMADO DE VARILLA PARA LA CIMENTACIÓN DE UNA TORRE DE ACERO	11
FIGURA 14.- ARMADO DE VARILLA PARA LA CIMENTACIÓN DE UNA TORRE DE ACERO	11
FIGURA 15.- PLANO PARA EL ARMADO DE VARILLA PARA LA CIMENTACIÓN DE UN POSTE TRONCOCÓNICO.....	12
FIGURA 16.- ARMADO DE VARILLA PARA UN POSTE TRONCOCÓNICO	12
FIGURA 17.- PLANO PARA EL ARMADO DE VARILLA PARA LA CIMENTACIÓN DE UN POSTE TIPO MORELOS	12
FIGURA 18.- ARMADO DE VARILLA PARA LA CIMENTACIÓN DE UN POSTE TIPO MORELOS.....	13
FIGURA 19.- CIMENTACIÓN DE POSTE TRONCOCÓNICO TERMINADA	14
FIGURA 20.- CIMENTACIÓN DE POSTE MORELOS TERMINADA	14
FIGURA 21.- NIVELACIÓN DE BOTTOM-PANEL.....	15
FIGURA 22.- NIVELACIÓN DEL BOTTOM-PANEL	15
FIGURA 23.- CIMENTACIÓN DE TORRE TERMINADA.....	16
FIGURA 24.- MONTAJE DE TORRE CON GRÚA HIDRÁULICO	18
FIGURA 25.- TORRE MONTADA CON PLUMA FLOTANTE	18
FIGURA 26.- TORRE MONTADA COMPLETA	18
FIGURA 27.- SISTEMA DE TIERRAS PARA POSTES TRONCOCÓNICOS.....	21
FIGURA 28.- SISTEMA DE TIERRAS PARA TORRES.....	22
FIGURA 29.- CONEXIÓN DE CABLE A VARILLA	22
FIGURA 30.- CABLE SOLDADO A VARILLA	22
FIGURA 31.- CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PARA UN CONDUCTOR POR FASE	23
FIGURA 32.- CONJUNTO DE TENSIÓN PARA UN CONDUCTOR POR FASE	24
FIGURA 33.- CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PARA CABLE DE GUARDA.....	25
FIGURA 34.- CONJUNTO DE TENSIÓN PARA CABLE DE GUARDA	25
FIGURA 35.- TENDIDO DE CABLE CONDUCTOR.....	27
FIGURA 36.- TENDIDO DE CABLE CONDUCTOR.....	27
FIGURA 37.- DINAMÓMETRO PARA MEDIR LA TENSIÓN EN EL CABLE	27
FIGURA 38.- EQUIPO DE FRENADO O DEVANADORA	27
FIGURA 39.- EQUIPO DE TENSIÓN O TRACCIONADORA.....	27
FIGURA 40.- EMPALMADORA PARA COMPRIMIR GRAPA DE TENSIÓN.....	28
FIGURA 41.- COMPRESIÓN DE GRAPA DE TENSIÓN.....	28
FIGURA 42.- AMORTIGUADOR DE VIBRACIÓN.....	29

FIGURA 43.- AMORTIGUADOR EN CABLE	29
FIGURA 44.- SEÑALIZACIÓN EN CRUCES CON LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y CARRETERAS FEDERALES.....	30
FIGURA 45.- SEÑALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN LAS PROXIMIDADES CON AEROPUERTOS.....	30
FIGURA 46.- SEÑALAMIENTO EN ESTRUCTURAS EN LAS PROXIMIDADES CON AEROPUERTOS Y ZONAS CON TRÁFICO AÉREO	31
FIGURA 47.- SEÑALAMIENTO EN BARRANCAS PROFUNDAS.....	32

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.- LISTA DE DISTRIBUCIÓN	6
TABLA 2.- DETERMINACIÓN DE UN SISTEMA DE TIERRAS	21
TABLA 3.- ELEMENTOS DE UN CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PARA CONDUCTOR	23
TABLA 4.- ELEMENTOS DE UN CONJUNTO DE TENSIÓN PARA CONDUCTOR	24
TABLA 5.- ELEMENTOS DE UN CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PARA CABLE DE GUARDA.....	24
TABLA 6.- ELEMENTOS DE UN CONJUNTO DE TENSIÓN PARA CABLE DE GUARDA	25
TABLA 7.- ELEMENTOS DE UN AMORTIGUADOR DE VIBRACIÓN	28

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ACSR	Cable de aluminio con alma de acero
BOTTOM-PANEL	Cuerpo de la torre para su nivelación
CFE	COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD
CGFO	Cable de guarda con fibras ópticas
PROCTOR	Ensayo de compactación
STUBS	Acero cubierto en la cimentación de la torre
SWIVEL	Eslabones giratorios

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- ANTECEDENTES ACADÉMICOS

- ESCUELA PRIMARIA FEDERAL “LEANDRO VALLE”

CICLO ESCOLAR: 1989 – 1995

PURUANDIRO, MICHOACÁN

- ESCUELA SECUNDARIA FEDERAL “DÁMASO CÁRDENAS”

CICLO ESCOLAR: 1995 - 1998

PURUANDIRO, MICHOACÁN

- COLEGIOS DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DE ESTADO DE MICHOACÁN

ESPECIALIDAD: PROGRAMACIÓN

CICLO ESCOLAR: 2000 – 2003

PURUANDIRO, MICHOACÁN

- UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

ESPECIALIDAD: ING ELÉCTRICA

CICLO ESCOLAR 2003 – 2010

MORELIA, MICHOACÁN

1.2.- ANTECEDENTES LABORALES

Egrese de la Facultad de Ingeniería Eléctrica en Enero del 2010, después comencé a buscar empleo, comenzando a trabajar ese mismo mes como ayudante de mantenimiento industrial, con un contratista de la industria privada en Ciudad Industrial de Morelia dentro de la empresa DE ACERO.

Posterior en Mayo del 2011 comienzo a trabajar como residente de obra en la empresa GRUPO MYTE SA DE CV, empresa que se dedica a la construcción de obra civil y electromecánica de subestaciones, líneas aéreas y subterráneas de subtransmisión (115 KV).

Actualmente trabajo como residente de obra en la contratista GRUPO MYTE S.A. DE C.V.

Dentro de mis funciones como residente de obra están las siguientes:

- Aprovechar al máximo los recursos de la empresa.
- Revisión de los proyectos en campo con la finalidad de llevarlos a cabo en el menor tiempo posible.
- Identificación de la ubicación de cada una de las estructuras que componen la línea de subtransmisión.
- Identificación de los tipos de estructuras con la finalidad de solicitar todos materiales adecuados para su correcta instalación.
- Coordinación del personal para que realicen con eficacia los trabajos en obra.

CAPÍTULO 2.- CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN AÉREAS (115 KV)

2.1.- TIPOS DE TORRES DE ALTA TENSIÓN

Existen una gran variedad de torres de transmisión^[2] como son conocidas, entre ellas las más importantes y más usadas son las torres de remate, la cual debe ser mucho más fuertes para soportar las grandes tracciones generadas por los elementos antes mencionados, usadas generalmente cuando es necesario dar un giro con un ángulo determinado, para cruzar carreteras, evitar obstáculos, así como también cuando es necesario elevar la línea para subir un cerro o pasar por debajo/encima de una línea existente.

Existen también las llamadas torres de suspensión, las cuales no deben soportar peso alguno más que el del propio conductor. Este tipo de torres son usadas para llevar al conductor de un sitio a otro, tomando en cuenta que sea una línea recta, que no se encuentren cruces de líneas u obstáculos.

2.2.- ANTECEDENTES

Las líneas aéreas^[6] de subtransmisión eléctrica (115 KV) comenzaron a existir por la necesidad de trasportar la energía eléctrica que llegaba de las plantas generadoras de energía eléctrica a las subestaciones de potencia o para llevar energía de una subestación de distribución a otra, ya que relativamente estas eran distancias más cortas, disminuye el voltaje para poder transmitirlo a las subestaciones de distribución, para ahí finalmente repartir a los usuarios.

En la Figura 1 presentamos un esquema que nos representa esta explicación.

2.3.- DEFINICIÓN

[5]Una línea de subtransmisión de energía eléctrica o línea de alta tensión es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cable de aluminio con alma de acero (A), como por sus elementos de soporte: las torres de alta tensión, los

postes troncocónicos, los postes Morelos, las estructuras conformadas por postes de sección I, etc.



FIGURA 1.-ESQUEMA DE GENERACIÓN, TRANSMISIÓN, SUBTRANSMISIÓN, DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

En las siguientes figuras se muestran ejemplos de estos tipos de estructuras.



FIGURA 2.-TORRE DE SUSPENSIÓN



FIGURA 3.- POSTES MORELOS



FIGURA 4.- POSTE TRONCOCÓNICO



FIGURA 5.- POSTES DE SECCIÓN I

2.4.- TIPOS DE LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN

Básicamente existen dos tipos de líneas de subtransmisión^[2]:

- La aérea
- La subterránea

Para lo cual en este reporte de experiencia laboral hablaremos de la construcción de las líneas aéreas de subtransmisión.

Para su construcción se divide en dos partes:

1. Obra civil
2. Obra electromecánica

2.4.1.- OBRA CIVIL DE LÍNEAS AÉREAS DE SUBTRANSMISIÓN

Para comenzar a construir una línea aérea de subtransmisión^[2] se debe partir con la verificación en campo de la trayectoria de la línea y la localización de las estructuras que conforman la línea, colocando una mojonera en cada una de estas, este trabajo se realiza con la ayuda de un topógrafo, CFE proporciona al contratista una lista de distribución de las estructuras que conforman la línea (tabla 1), también proporciona un plano de planta y perfil de la trayectoria de la línea (figura 4), para que el contratista con la verificación en campo se asegure de que están correctas tanto la trayectoria de la línea, como las estructuras que la conforman.

TABLA 1.- LISTA DE DISTRIBUCIÓN

FORMATO DE LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS													
LDAT MORELIA POTENCIA - LAGUNILLAS ENTRONQUE SE PEDREGAL													
V E R T I C A L	M E D I O	E F E C T I V O	N o . E S T R U C T	T I P O S Y A L T U R A S D E L A S E S T R U C T. U T M	D E F L E X I O N	U B I C A C I O N D E L A S E S T R U C T. E N M T S. U T M k i l o m e t r a j e	U B I C A C I O N D E L A S E S T R U C T. E N M T S. U T M X	U B I C A C I O N D E L A S E S T R U C T. E N M T S. U T M Y	T E N S I O N E N M E T R O S			N o . H O J A	
									1	2	4		
			1	2 PMOII		0.000							1
		98.960	2	PMO II		98.960							
		98.970	3	2 PMO II	77°41'42" IZQ	197.930							
		125.050	4	2 PMO III	33°51'24" DER	322.980							
		96.790	5	2 PMO II	30°12'47" IZQ	419.770							
		90.110	6	PMO II		509.880							
		90.060	7	2 PMO II	10°21'46" DER	599.940							
		152.730	8	PMO II		752.670							
		113.780	9	2 PMO II	2°19'29" IZQ	866.450							
		150.000	10	TAR30 2P		1016.450							
		388.080											

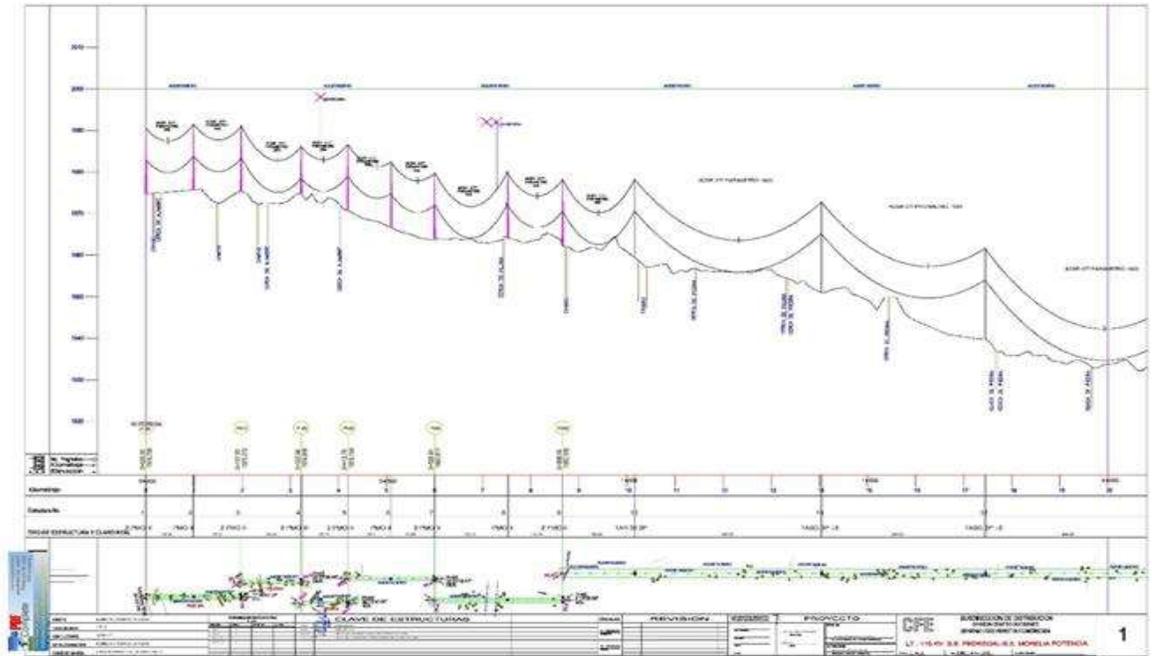


FIGURA 6.- PLANO DE PLANTA Y PERFIL DE LA TRAYECTORIA DE LA LÍNEA



FIGURA 7.- LOCALIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS



FIGURA 8.- COLOCACIÓN DE MOJONERAS

2.4.2.- EXCAVACIONES

2.4.2.1.- DESCRIPCIÓN

Las excavaciones^[3] son las cepas que se efectúan para formar la sección de desplante en las cimentaciones de las estructuras y se ubican de acuerdo a las dimensiones del proyecto.

2.4.2.2.- EJECUCIÓN

Una vez terminada la verificación de la trayectoria de la línea y la localización de cada una de las estructuras, se debe continuar con las excavaciones para las estructuras, dependiendo del tipo de estructura que se vaya a colocar y del tipo de terreno varían las dimensiones de la excavación, ya que en algunas estructuras se requiere de una cimentación de la cual vamos hablar más adelante como en el caso de las torres, los postes Morelos y los postes troncocónicos y en otras únicamente se requiere la excavación para colocar directamente la estructura, como es el caso de las estructuras conformadas con postes de sección I.

Estas excavaciones se pueden hacer manuales o con algún tipo de maquinaria, esto lo define prácticamente el tipo de terreno (La resistencia que se nos presente).

Para determinar el tipo de terreno se consideran los siguientes tipos de material:

Material tipo I: Se entiende por tal, al producto de las excavaciones que se pueda extraer con pala de mano, auxiliándose de pico y barra.

Material tipo II: Se entiende por tal, al producto de las excavaciones que para su extracción se requiera el uso de pico y barra, auxiliándose de pala de mano para rezagar.

Material tipo II-A: Se entiende por tal, al producto de las excavaciones, que contengan boleos y material compactado y que para su extracción se requiera del uso de barretas o rompedoras.

Material tipo III: Se entiende por tal, al producto de excavación que para su extracción se requiera del uso de explosivos.

A continuación presentamos algunos ejemplos de los tipos de excavaciones:

- Excavación con maquinaria para la cimentación de una torre de remate, la cual debe tener las siguientes dimensiones:
 - Ancho 2.80 metros.
 - Profundidad 2.20 metros.



FIGURA 9.- EXCAVACIÓN PARA LA CIMENTACIÓN DE UNA TORRE DE REMATE

- Excavación manual para un poste troncocónico de suspensión la cual debe tener las siguientes dimensiones:
 - Diámetro = 1.35 metros.
 - Profundidad = 4 metros.



FIGURA 10.- EXCAVACIÓN MANUAL PARA POSTE TRONCOCÓNICO

- Excavación con maquinaria pesada para una estructura con postes Morelos II que se va utilizar como una estructura de remate.

La cual debe tener las siguientes dimensiones:

- Ancho: 2.25 metros.
- Profundidad: 2.50 metros.



FIGURA 11.- EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA PARA POSTES TIPO MORELOS

- Excavación manual para una estructura conformada por postes de sección I, la cual debe tener las siguientes dimensiones:
 - Diámetro = 0.80 metros
 - Profundidad = 2.00 metros



FIGURA 12.- EXCAVACIÓN MANUAL PARA POSTE DE SECCIÓN I

2.4.3.- CIMENTACIONES

2.4.3.1.- ACERO DE REFUERZO^[3]

2.4.3.2.- DESCRIPCIÓN

Son las varillas de acero que van ahogadas dentro del concreto para que tomen o ayuden a absorber cualquier clase de esfuerzo.

2.4.3.3.- EJECUCIÓN

Terminadas las excavaciones continuamos con las cimentaciones, para las cuales requerimos hacer los armados de acero de refuerzo para su cimentación, armados que están conformados de varillas de diferentes calibres (3/8", 1/2", 3/4", y 1"), el tipo de armado depende del tipo de estructura, para la mayoría de las torres y postes Morelos requerimos un armado conformado de parrillas y bastones, ya que están conformadas de una zapata y un dado y para el caso de los postes troncocónicos requerimos únicamente un armado de forma cilíndrica.

También para estas cimentaciones Comisión Federal de Electricidad nos pide una cierta resistencia para el concreto (200kg/cm^2 y 250kg/cm^2), para lo cual el contratista requiere realizar las pruebas de laboratorio correspondientes para comprobar dicha resistencia.

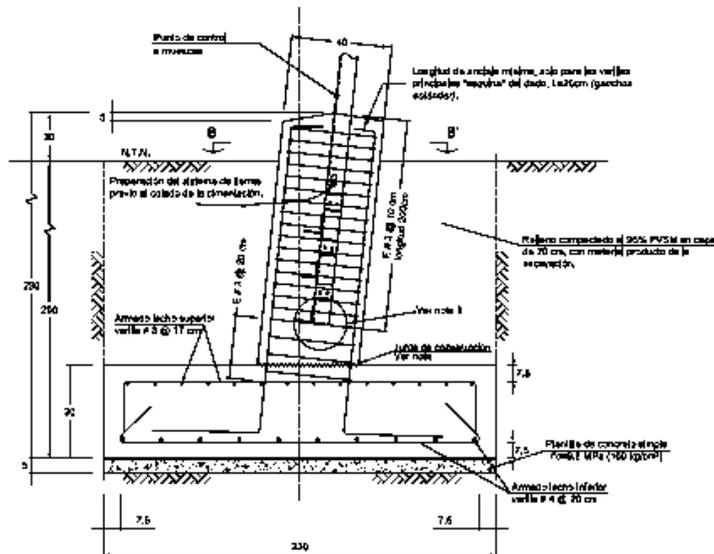


FIGURA 13.- PLANO PARA EL ARMADO DE VARILLA PARA LA CIMENTACIÓN DE UNA TORRE DE ACERO



FIGURA 14.- ARMADO DE VARILLA PARA LA CIMENTACIÓN DE UNA TORRE DE ACERO

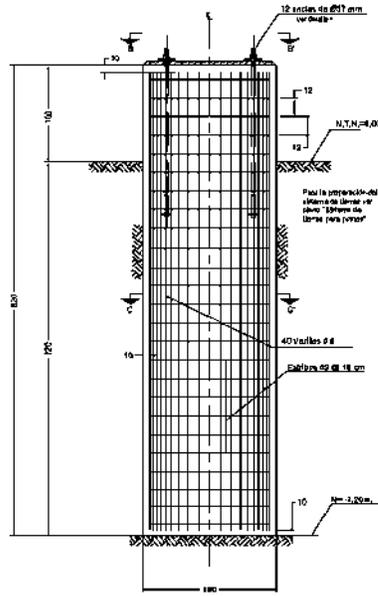


FIGURA 15.- PLANO PARA EL ARMADO DE VARILLA PARA LA CIMENTACIÓN DE UN POSTE TRONCOCÓNICO



FIGURA 16.- ARMADO DE VARILLA PARA UN POSTE TRONCOCÓNICO

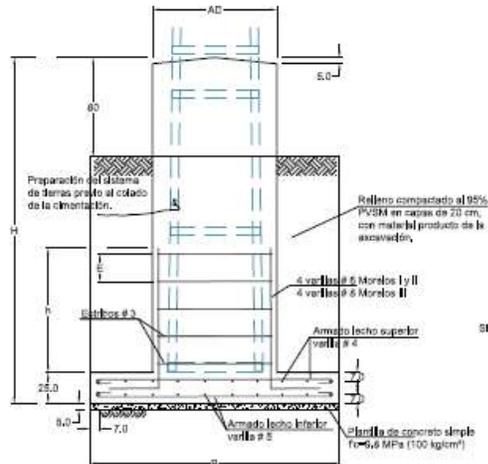


FIGURA 17.- PLANO PARA EL ARMADO DE VARILLA PARA LA CIMENTACIÓN DE UN POSTE TIPO MORELOS



FIGURA 18.- ARMADO DE VARILLA PARA LA CIMENTACIÓN DE UN POSTE TIPO MORELOS

2.4.4.- CONCRETO EN CIMENTACIONES^[3]

2.4.4.1.- DESCRIPCIÓN

Es la mezcla de materiales pétreos inertes, cemento, agua y aditivos que se especifiquen en las proporciones adecuadas que al endurecerse adquieren la resistencia mecánica, durabilidad y características requeridas para la construcción de los cimientos de las estructuras.

2.4.4.2.- EJECUCIÓN

Una vez terminados y colocados los armados de varilla continuamos con la colocación del concreto, para esta parte es muy importante si se va colar a una altura mayor a 2 metros utilizar manga para evitar una segregación de los materiales y pierda su resistencia, así como también se requiere vibrar el concreto para que no queden poros en la cimentación.

También para estas cimentaciones Comisión Federal de Electricidad, nos pide una cierta resistencia para el concreto ($200\text{kg}/\text{cm}^2$ y $250\text{kg}/\text{cm}^2$), para lo cual el contratista requiere realizar las pruebas de laboratorio al concreto a los 7, 14 y 28 días de su colocación, para comprobar dicha resistencia.



FIGURA 19.- CIMENTACIÓN DE POSTE TRONCOCÓNICO TERMINADA

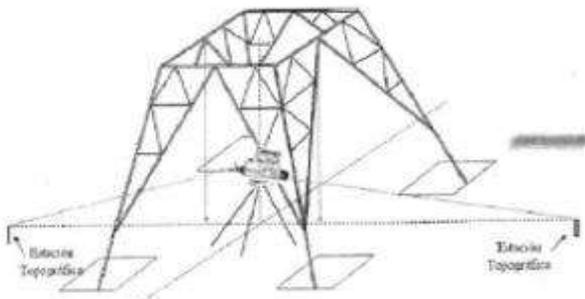


FIGURA 20.- CIMENTACIÓN DE POSTE MORELOS TERMINADA

2.4.5.- NIVELADO DE BOTTOM-PANEL

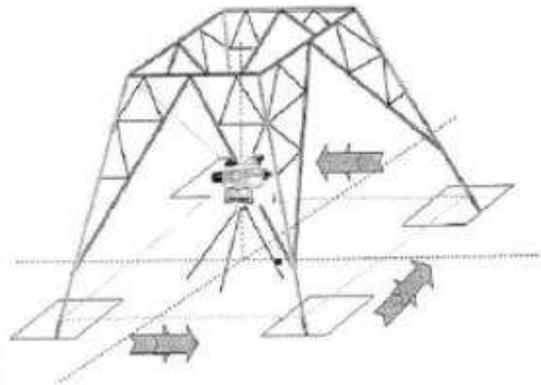
Para el caso de las torres de acero^[2], para su cimentación se requiere: ya sea de la nivelación de los stubs o de la nivelación del bottom-panel, es de gran importancia que el bottom-panel se nivele perfectamente para que el montaje de la estructura se realice de forma adecuada. Existen varias maneras de realizar esta nivelación en este caso hablaremos del procedimiento de suspensión: el cual se trata de suspender el bottom-panel mediante una grúa o montacargas, una vez suspendido con la ayuda de una estación total se procede a centrar el bottom-panel sobre la tangente de la línea y nivelar las cuatro patas, para finalmente verificar las distancias entre muescas de las cuatro patas de la torre, verificando estos tres datos fundamentales se procede a realizar un buen nivelado, para poder colocar el concreto en cada una de las patas de la torre.

NIVELACIÓN DE BOTTOM PANEL MEDICION 2



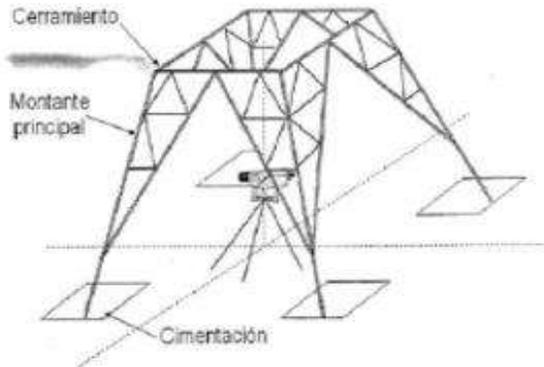
Medición 1 Se coloca el nivel en el centro de la torre y se nivela, se toma una medida del cerramiento a un punto de la cementación, a través del montante.

NIVELACIÓN DE BOTTOM PANEL MEDICION 1



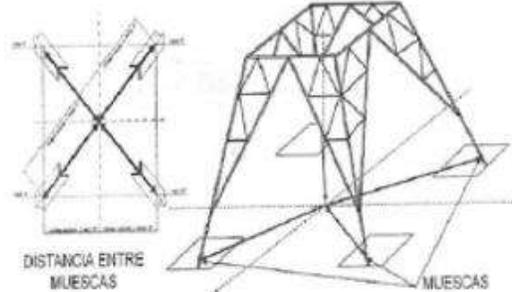
Posteriormente se repite la operación con los siguientes montantes hasta completar la nivelación.

NIVELACIÓN DE BOTTOM PANEL MEDICION 1



Se coloca nuevamente el nivel en el centro y se nivela, ahora se manda una visual a un punto donde exista una estación topográfica Finalmente se verifica que la torre quede en línea sobre el eje de la trayectoria.

NIVELACIÓN DE BOTTOM PANEL MEDICION 3



Esta medición y las anteriores se deben realizar antes de colocar el concreto en la cimentación, se medirán las distancias entre muescas, partiendo del plano de montaje para stubs (montante principal). Se medirá tomando como base el centro de la torre hacia cada una de las muescas, verificando que las mediciones coincidan con los datos del plano.

FIGURA 21.- NIVELACIÓN DE BOTTOM-PANEL



FIGURA 22.- NIVELACIÓN DEL BOTTOM-PANEL



FIGURA 23.- CIMENTACIÓN DE TORRE TERMINADA

2.4.6.- RELLENO Y COMPACTADO

2.4.6.1.- DESCRIPCIÓN

El relleno y compactado[3], consiste en la devolución del material producto de la excavación a estas, si es compactable. Si a juicio de Comisión, el material no es compactable, se empleara material de banco de préstamo.

2.4.6.2.- EJECUCIÓN

Una vez terminada la cimentación El Contratista debe rellenar y compactar hasta obtener una compactación del 80% al 85% de la prueba proctor dejando nuevamente la excavación perfectamente cubierta.

El relleno deberá hacerse en capas de 25 cm, la compactación es con pisón de mano de 12 kg, de peso mínimo y con dimensiones máximas de 20X20 cm, este trabajo se ejecutará llevando control de humedad en cada capa.

El Contratista debe realizar las pruebas de compactación indicadas por la Comisión, estando presente el representante de la Comisión quien verificará la buena compactación. El contratista entregará el reporte de dichas pruebas realizadas por un laboratorio especializado.

2.5.- OBRA ELECTROMECAÁNICA DE LÍNEAS AÉREAS DE SUBTRANSMISIÓN

2.5.1.- MONTAJE DE ESTRUCTURAS PARA 115 KV

2.5.1.1.- MONTAJE DE TORRES DE ACERO^[2]

2.5.1.2.- DESCRIPCIÓN

Es la operación que consiste en armar e instalar las torres en los sitios fijados por el proyecto y dejarlas preparadas para el tendido y tensionado de los cables.

2.5.1.3.- EJECUCIÓN

Una vez nivelada la base (bottom-panel), construida la cimentación y ejecutado el relleno y compactado del material en las cepas, se puede continuar con el armado y montaje de los cuerpos superiores.

Para realizar esta actividad se tiene que considerar el espacio que existe donde se va realizar el montaje de la estructura, ya que se puede montar pieza por pieza o pre-armar los cuerpos abajo para después subirlos armados con la ayuda de plumas.

Existen básicamente cuatro métodos para realizar el montaje de las torres, esto considerando las condiciones del lugar y el equipo que se tenga para realizar la actividad:

1.- **Montaje con grúa hidráulica:** este método se utiliza cuando contamos con el acceso adecuado y el espacio para poder maniobrar con grúa el montaje ya sea de los cuerpos de la torre o armada la torre completamente.

2.- **Montaje con pluma flotante:** es uno de los métodos más usados consiste en ir montando la torre de sección por sección con la ayuda de una pluma, soga y poleas, la pluma se va subiendo conforme se termina de montar cada sección hasta llegar a la cúspide de la torre que es cuerpo recto.

3.- **Pieza por pieza:** este método se utiliza en lugares de difícil acceso para trasladar equipo o maquinaria y se traslada el fierro en bestias de carga, por lo que se va montando la torre de pieza por pieza.

4.- **Montaje con helicóptero:** este método se utiliza para casos de emergencia, donde se presente algún desastre natural y se requiere de un montaje rápido.



FIGURA 24.- MONTAJE DE TORRE CON GRÚA HIDRÁULICO



FIGURA 25.- TORRE MONTADA CON PLUMA FLOTANTE



FIGURA 26.- TORRE MONTADA COMPLETA

2.5.2.- MONTAJE DE POSTES MORELOS I, II Y III^[1]

2.5.2.1.- DESCRIPCIÓN

Es la operación que consiste en instalar cada una de las secciones del poste Morelos I, II ó III de acuerdo a los planos de proyecto.

Estas estructuras de acero, se montaran y armaran en los sitios determinados por el proyecto y de acuerdo con los planos proporcionados por la Comisión.

2.5.2.2.- EJECUCIÓN

Para el montaje de los postes Morelos requerimos de una grúa hidráulica de capacidad mínima de 15 toneladas y un alcance de 20 metros, este poste consta de solo tres secciones y la primera se monta desde que se realiza la cimentación ya que esta queda ahogada en el concreto.

2.5.3.- MONTAJE^[1] DE POSTES TRONCOCÓNICOS

2.5.3.1.- DESCRIPCIÓN

Es la operación que consiste en instalar cada una de las secciones del poste troncocónico de acuerdo a los planos de proyecto así como también el ensamble de las crucetas tanto de conductor como de guarda.

2.5.3.2.- EJECUCIÓN

Se deben alinear las secciones y acoplarlas lo más posible utilizando para ello una grúa adecuada a las dimensiones y peso de cada una de las secciones y tomando en cuenta la altura total del poste por montar.

Estando ya alineadas y acopladas cada una de las secciones proceder a utilizar una bomba hidráulica provista de dos pistones de 30 ton. Cada uno, para lograr el empotramiento de proyecto, utilizando para ello las orejas de las secciones por empotrar. No se debe por ningún motivo rebasar la presión de 700 kg/cm² durante el accionamiento de la bomba. Se podrá utilizar otro método previa autorización de la Comisión.

Para el montaje del poste troncocónico se requiere de una grúa hidráulica con capacidad mínima de 35 a 60 toneladas dependiendo del tipo de poste y numero de secciones que lo componen y un alcance de 30 a 40 metros de altura y se puede montar completo o por secciones ya que estos postes se componen de dos, tres o cuatro secciones.

2.5.4.- MONTAJE DE POSTES DE SECCIÓN I^[1]

2.5.4.1.- DESCRIPCIÓN

Esta actividad consiste en instalar en cepas, excavadas previamente, postes de concreto armado de sección I, para formar estructuras de 2 o 3 postes unidos entre sí, por medio de crucetas y contravientos metálicos de acero galvanizado que sirven para mantener la estabilidad de los postes, así como su verticalidad. Estas estructuras ya armadas, se anclaran al terreno por medio de retenidas de acero con su correspondiente ancla.

2.5.4.2.- EJECUCIÓN

Para el montaje de este tipo de poste requerimos de una grúa con capacidad mínima de 10 toneladas y un alcance de 10 metros, este tipo de poste es el de menor dimensión que se maneja para la línea de subtransmisión.

2.5.5.- SISTEMA DE TIERRAS^[1]

Una vez terminado el montaje de las estructuras se comienza a realizar el sistema de tierras, el cual consiste en el hincado de varillas a una cierta distancia de cada una de las patas de la torre e interconectadas por medio de cable de cobre o cable de acero recubierto con cobre.

Tanto el cable de guarda como el sistema de tierras forman la protección más eficiente en cuanto a las descargas atmosféricas se refiere, Por lo que se hace necesario instalar en cada estructura un sistema de tierras adecuado y acorde para transmitir la energía al terreno natural y evitar que se afecte la operación de la línea.

El sistema de tierras adecuado se diseña de acuerdo a los resultados que arroja un estudio de resistividad de suelo.

A continuación se presenta una tabla que nos determina el diseño del sistema de tierras dependiendo de la resistividad que nos presenta el terreno.

TABLA 2.- DETERMINACIÓN DE UN SISTEMA DE TIERRAS

Diseño de sistema de tierras para torres			
Intervalo de resistividad Ohms-m	Longitud de contra antena en m	Longitud de contra antena Por estructura en m.	Número de varillas por estructura
Menor a 100	3	12	4
100 a 300	6	24	8
300 a 500	12	48	12
500 a 750	24	96	20
750 a 1000	30	120	24

Diseño de sistema de tierras para postes			
Intervalo de resistividad Ohms-m	Longitud de contra antena en m	Longitud de contra antena Por estructura en m.	Número de varillas por Estructura
Menor a 100	3	6	2
100 a 300	6	12	4
300 a 500	12	24	6
500 a 750	24	48	8
750 a 1000	30	60	12

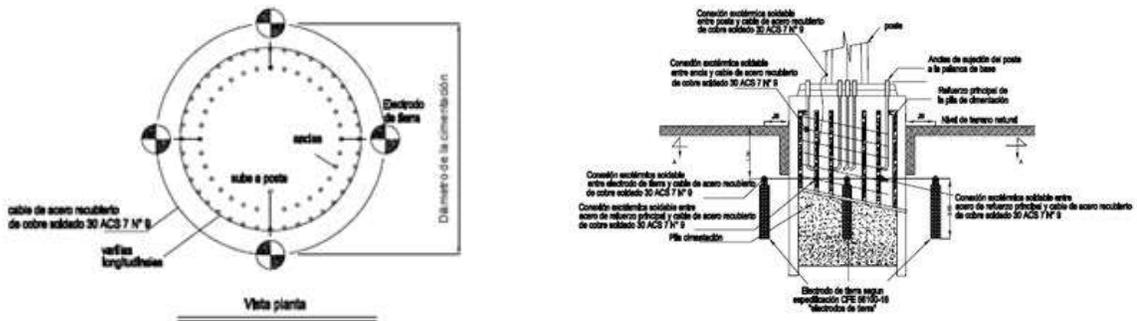


FIGURA 27.- SISTEMA DE TIERRAS PARA POSTES TRONCOCÓNICOS

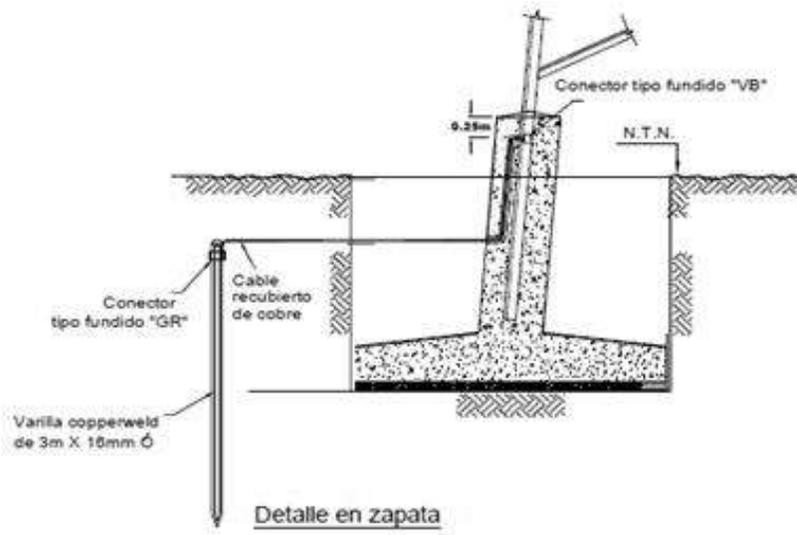


FIGURA 28.- SISTEMA DE TIERRAS PARA TORRES



FIGURA 29.- CONEXIÓN DE CABLE A VARILLA



FIGURA 30.- CABLE SOLDADO A VARILLA

2.5.6.- VESTIDO DE ESTRUCTURAS

La actividad previa al tendido de conductor, es el vestido de las estructuras, consiste en sujetar a las estructuras el herraje que es parte del conjunto de tensión y suspensión.

La tabla 3 nos muestra^[4] los elementos de un conjunto de suspensión para 115 KV.

TABLA 3.- ELEMENTOS DE UN CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PARA CONDUCTOR

Parída	Descripción	Cant.	Unid.
①	Grillete 4HU-TM	1	pza
②	Horquilla "Y" bola corta	1	pza
③	Aislador de vidrio 25SVC111C	9	pza
④	Calavera ojo corta	1	pza
⑤	Grapa de suspensión	1	pza

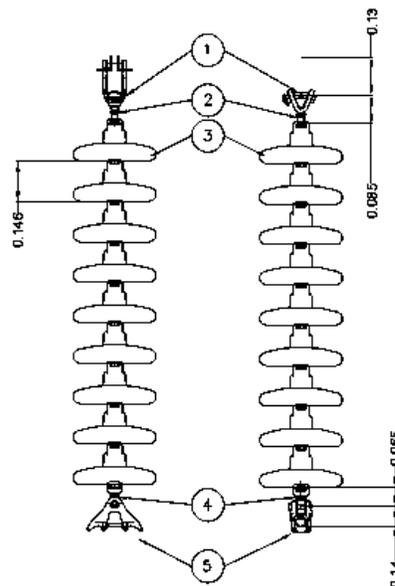


FIGURA 31.- CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PARA UN CONDUCTOR POR FASE

La tabla 4 nos muestra^[4] los elementos que conforman un conjunto de tensión para cable conductor en una torre de 115 kv.

TABLA 4.- ELEMENTOS DE UN CONJUNTO DE TENSIÓN PARA CONDUCTOR

Partida	Descripción	Cant.	Unid.
①	Grillete 5HST-TM	1	pza
②	Horquilla "Y" bola larga	1	pza
③	Aislador de vidrio 255VC111C	10	pza
④	Calevera horquilla "Y" bola larga	1	pza
⑤	Grapa de tensión a compresión	1	pza

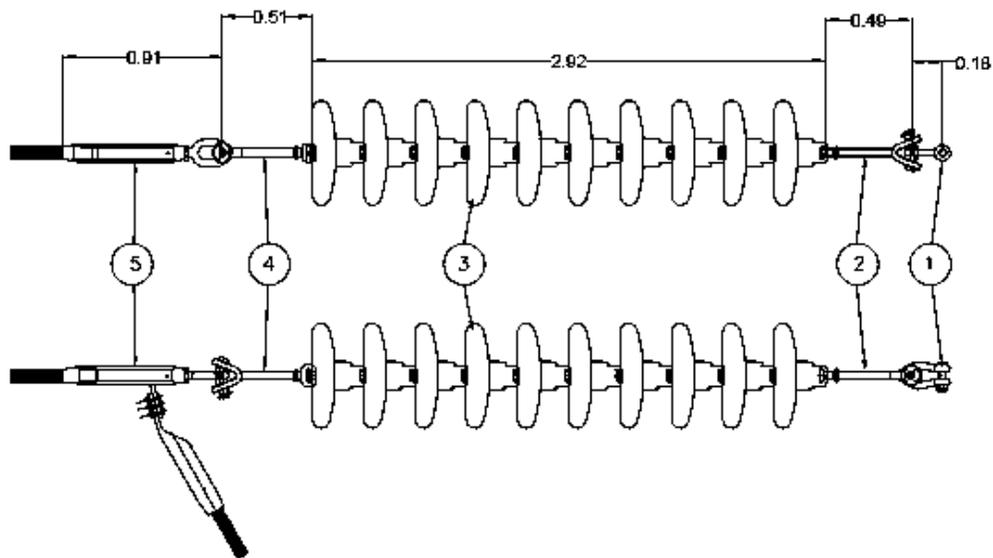


FIGURA 32.- CONJUNTO DE TENSIÓN PARA UN CONDUCTOR POR FASE

La tabla 5 nos muestra^[4] los elementos que conforman un conjunto de suspensión para el cable de guarda en una torre de 115 kv.

TABLA 5.- ELEMENTOS DE UN CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PARA CABLE DE GUARDA

partida	descripción	cantidad	unidad
1	Eslabón	2	Pza.
2	Grillete 5HS-TM	2	Pza.
3	Grapa suspensión	2	Pza.
4	Conector paralelo mecánico	2	Pza.
5	Conector paralelo mecánico	2	Pza.

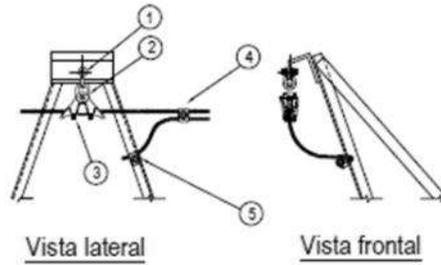


FIGURA 33.- CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PARA CABLE DE GUARDA

La Tabla 6 nos muestra^[4] los elementos que conforman un conjunto de tensión para el cable de guarda en una torre de 115kv.

TABLA 6.- ELEMENTOS DE UN CONJUNTO DE TENSIÓN PARA CABLE DE GUARDA

Partida	Descripción	Cent.	Unid.
①	Grapa de tensión a compresión	2	pza
②	Conector paralelo mecánico	1	pza
③	Grilete	2	pza

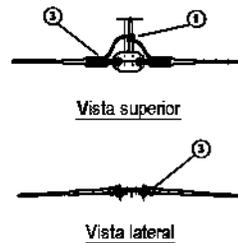


FIGURA 34.- CONJUNTO DE TENSIÓN PARA CABLE DE GUARDA

2.5.7.- TENDIDO Y TENSADO DE CABLES^[1]

Esta actividad consiste en colocar el cable conductor, el guarda convencional o el guarda con fibra óptica a lo largo de la trayectoria de la línea, así como también en colocar empalmes para unir cables, rematar y colocar puentes en las estructuras que nos indique el proyecto (estructuras de remate).

2.5.7.1.- TENDIDO Y TENSADO DE CABLE CONDUCTOR. ^[1]

Consiste en el tendido de los cables en forma definitiva y esto se realizara bajo el procedimiento de tensión mecánica controlada, evitando que cable conductor tenga contacto con el suelo, el equipo para esta actividad se compone de una unidad de frenado conocida también como devanadora y otra de tensión conocida también como traccionadora o malacate, se utilizara para el tendido un cable guía que deberá conectarse al cable conductor por medio de eslabones giratorios (swivel) para evitar las cocas en el cable y mordazas tipo calcetín sencillo para que el cable no se suelte cuando lo están jalando. En cada una de las estructuras por las que pasara el cable se colocaran poleas en las cadenas de aislamiento. Una vez tendido y tensionado el cable conductor se instalara los puentes y se colocaran remates de acuerdo a los planos de proyecto.

2.5.7.2.- TENDIDO Y TENSADO DE CABLE DE GUARDA CONVENCIONAL.

[1]Este tendido y tensionado también se hace por el procedimiento de tensión mecánica controlada. Estos cables tienen la función de proteger la línea de transmisión de las descargas atmosféricas. Este tipo de cable puede ser acero galvanizado o aluminio soldado, de 7 hilos trenzados a la izquierda.

2.5.7.3.- TENDIDO Y TENSADO DE CABLE DE GUARDA CON FIBRA ÓPTICA (CGFO). ^[1]

Al igual que los anteriores este tendido y tensionado también se hace por el procedimiento de tensión mecánica controlada, aunque a diferencia de los tendidos anteriores el de fibra óptica debe planearse desde la ubicación de los empalmes ópticos, se debe determinar con anterioridad la longitud de los carretes de tal manera que se ubiquen los empalmes ópticos en torres predeterminadas, en entronques ópticos y en las estructuras dentro de las subestaciones. Para la instalación del CGFO en las estructuras de las líneas de transmisión, se requieren herrajes especiales, los cuales son: herrajes de tensión y suspensión, herrajes de guía y fijación, conectores dobles para aterrizar el cable al sistema de tierra o con los elementos de la estructura.

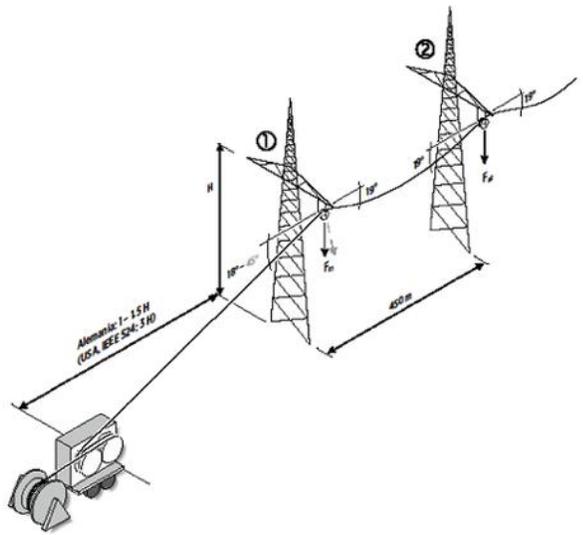


FIGURA 35.- TENDIDO DE CABLE CONDUCTOR



FIGURA 36.- TENDIDO DE CABLE CONDUCTOR



FIGURA 37.- DINAMÓMETRO PARA MEDIR LA TENSION EN EL CABLE



FIGURA 38.- EQUIPO DE FRENADO O DEVANADORA



FIGURA 39.- EQUIPO DE TENSION O TRACCIONADORA



FIGURA 40.- EMPALMADORA PARA COMPRIMIR GRAPA DE TENSION



FIGURA 41.- COMPRESIÓN DE GRAPA DE TENSION

2.5.8.- COLOCACIÓN DE AMORTIGUAMIENTO EN CABLE

2.5.8.1.- AMORTIGUADORES

2.5.8.1.1.- DEFINICIÓN

[1]Son elementos de acero que evita que las vibraciones provocadas por el viento sobre los cables se transmitan a las estructuras.

2.5.8.1.2.- EJECUCIÓN

Se deben colocar dos amortiguadores por fase, en claros de 100 a 300 metros, uno en cada extremo y a un metro de la clema de suspensión o grapa de tensión, y cuatro amortiguadores por fase, para claros mayores de 300 metros, se colocan dos en cada extremo.

TABLA 7.- ELEMENTOS DE UN AMORTIGUADOR DE VIBRACIÓN

No.	Nombre		Cantidad	Acabado
1	Grapa de sujeción	Aleación de aluminio-silicio alta resistencia mecánica.	1	Libre de bordes cortantes y aristas
2	Opresor	Aleación de aluminio-silicio alta resistencia mecánica.	1	Libre de bordes cortantes y aristas
3	Cable mensajero	Acero	1	Galvanizado especial por inmersión en caliente de acuerdo con la norma NMX-B-395.
4	Contrapeso	Acero o hierro fundido, de aluminio-silicio, aleación de aluminio o zinc sólida	2	Para el acero o hierro fundido debe ser galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo con la norma NMX-H-004
5	Tornillo	Cabeza hexagonal, acero al carbono, acero inoxidable o de aleación de aluminio	1	Galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo con la norma NMX-H-004, solo en acero al carbono.
6	Tuerca	Hexagonal, acero al carbono, acero inoxidable o de aleación de aluminio	1	Galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo con la norma NMX-H-004, solo en acero al carbono.
7	Arandela plana	Acero al carbono alta resistencia u acero inoxidable	1	Galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo con la norma NMX-H-004, solo en acero al carbono.
8	Arandela de Presión	Acero al carbono alta resistencia u acero inoxidable	1	Galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo con la norma NMX-H-004, solo en acero al carbono.

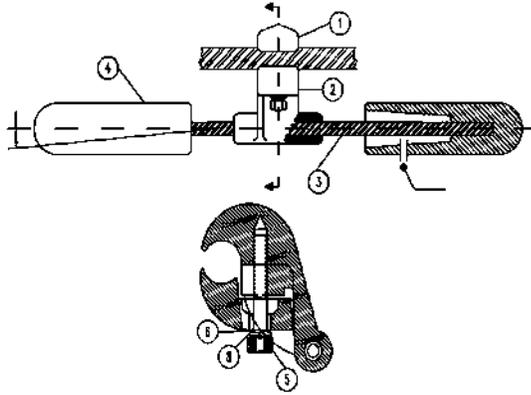


FIGURA 42.- AMORTIGUADOR DE VIBRACIÓN



FIGURA 43.- AMORTIGUADOR EN CABLE

2.5.9.- SEÑALIZACIÓN AÉREA DE LÍNEAS AÉREAS DE SUBTRANSMISIÓN

2.5.9.1.- SEÑALIZACIÓN A BASE DE PINTURA EN ESTRUCTURAS

2.5.9.1.1.- CRUZAMIENTOS CON LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y CARRETERAS FEDERALES^[2]

En los casos en que la línea de Subtransmisión dentro de su trayectoria, presente cruzamientos con líneas de transmisión o carreteras federales, deben pintarse de color rojo las crucetas de cable de guarda y conductor de las estructuras adyacentes al cruzamiento y de color amarillo las crucetas de cable de guarda y conductor de las dos estructuras anteriores y las dos posteriores a las estructuras adyacentes, como se muestra en la figura siguiente:

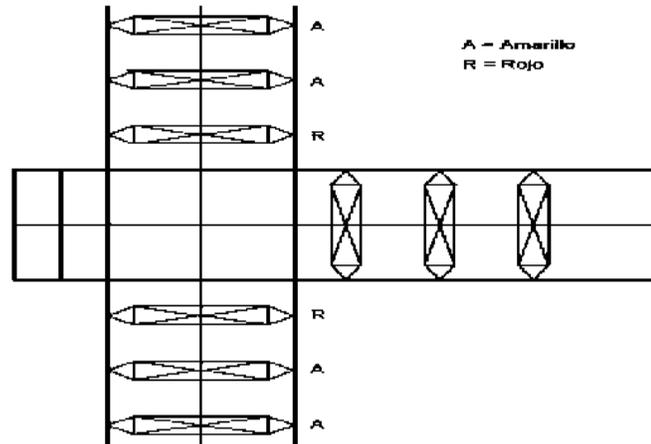


FIGURA 44.- SEÑALIZACIÓN EN CRUCES CON LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y CARRETERAS FEDERALES

2.5.9.1.2.- LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN EN LAS PROXIMIDADES CON AEROPUERTOS^[2]

Atendiendo a las disposiciones fijadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y con el fin de proporcionar seguridad a las maniobras aéreas y a las líneas de transmisión de Comisión, se deberán pintar la totalidad de las estructuras que se localicen en un radio de 4 km. respecto al centro geométrico del área de operaciones del aeropuerto o del cono de aproximación en el caso de pistas aéreas. Dichas estructuras deberán de pintarse de blanco y rojo, en bandas alternadas que contrasten entre sí. El ancho de las bandas deberá ser de 1/7 de la altura total de las estructuras, como se muestra en la figura siguiente:

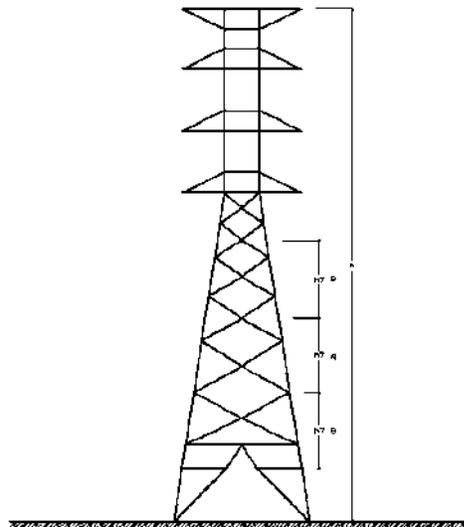


FIGURA 45.- SEÑALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN LAS PROXIMIDADES CON AEROPUERTOS

2.5.9.2.- SEÑALIZACIÓN A BASE DE BOYAS EN CABLE DE GUARDA

2.5.9.2.1.- LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN EN PROXIMIDADES CON AEROPUERTOS Y ZONAS DE TRÁFICO AÉREO^[2]

En todos los casos de líneas que presenten proximidades con aeropuertos deberán instalarse boyas de señalización en los cables de guarda con mayor altura, debiéndose dividir el claro entre dos estructuras en cuatro partes, de tal forma que queden instaladas tres boyas en forma alternada en caso de existir dos cables en dicho claro, como se muestra en la figura siguiente:

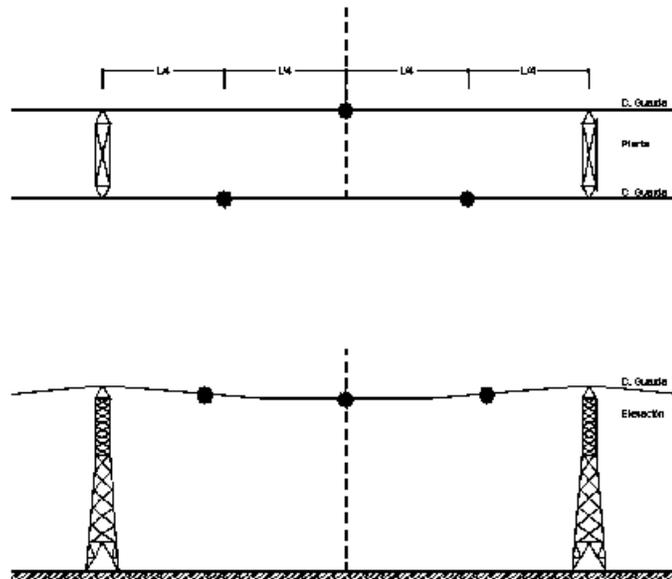


FIGURA 46.- SEÑALAMIENTO EN ESTRUCTURAS EN LAS PROXIMIDADES CON AEROPUERTOS Y ZONAS CON TRÁFICO AÉREO

2.5.9.2.2.- LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN EN CRUZAMIENTOS CON BARRANCAS PROFUNDAS^[2]

Como caso especial en cruzamientos de líneas de subtransmisión con barrancas profundas y amplias, debe de instalarse en este claro boyas de señalización tanto en los cables más altos (cable de guarda), como en los más bajos (cable conductor), esto con el objeto de evitar accidentes por tráfico aéreo en ambos sentidos, en este claro se deben colocar 5 boyas a una distancia de 50 metros tomando como referencia el eje central del cruzamiento, como se muestra en la figura siguiente:

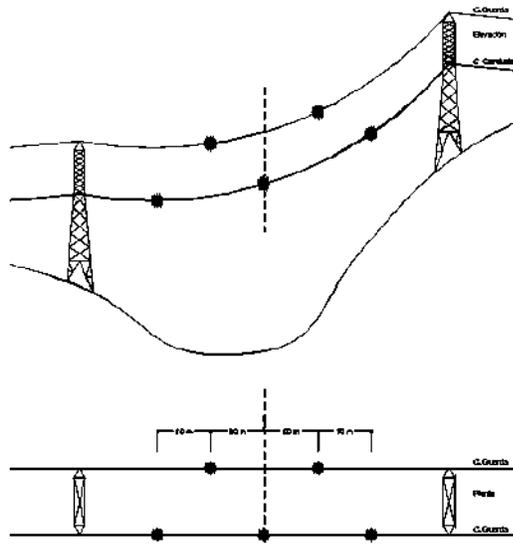


FIGURA 47.- SEÑALAMIENTO EN BARRANCAS PROFUNDAS

CAPITULO 3.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1.- CONCLUSIONES

En el presente reporte de experiencia laboral explicamos a grandes rasgos el proceso que debe de seguir el contratista para la construcción de una línea de subtransmisión aérea de 115 KV en base a las normas y especificaciones de comisión federal de electricidad.

Para el proceso de construcción requerimos realizar las siguientes etapas:

1. Localización y verificación de la trayectoria de la línea
2. Las excavaciones
3. Las cimentaciones
4. El sistema de tierras
5. El montaje de estructuras
6. El tendido y tensionado de cable conductor y de guarda
7. La señalización de las estructuras
8. Entrega y recepción de la obra.

Una vez terminada la obra la contratista debe hacer la entrega a comisión federal de electricidad y esta debe realizar la recepción después de realizar una revisión minuciosa de la obra en campo y verificar todos los cumplimientos con respecto a las normas y a las especificaciones.

3.2.- RECOMENDACIONES

Para llevar a cabo una construcción confiable de una línea de subtransmisión aérea debemos apegarnos por completo a las normas, especificaciones y planos para construir de comisión federal de electricidad.

La contratista debe de cumplir por completo con los requerimientos de los materiales que va a utilizar en obra, ya que debe entregar a comisión federal de electricidad el certificado de calidad de cada uno de los materiales que se utilizaron para ejecutar la obra.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Especificación CFE JA000-62, LAPEM “Montaje Electromecánico de Líneas de Transmisión” Abril de 2000
- [2] Especificación CPTT-DDLT-001/02 “Especificación para diseño de líneas de transmisión aéreas” Febrero 2007 México
- [3] Especificaciones generales para construcción de líneas aéreas de subtransmisión desde 69 kV hasta 115 kV. Ingeniería En Distribución, Marzo 2003
- [4] Catalogo CECOHESA en línea, Consulta: 25 Enero 2018, disponible en: <http://www.cecohesa.com.mx/CATALOGO%20CECOHESA.pdf>
- [5] Norma NRF-014. <http://lapem.cfe.gob.mx/normas/nrf/pdfs/f/NRF-014.pdf>
- [6] <https://es.slideshare.net/joselizana58/sistemas-de-generacion-y-transmision-electrica>