

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

USO DE ESTRUCTURAS MODULARES DE EMERGENCIA
DURANTE EL RESTABLECIMIENTO DE LÍNEAS DE
TRANSMISIÓN COLAPSADAS Y SU SIMULACIÓN
MEDIANTE EL SOFTWARE LINDSEY

REPORTE DE ACTIVIDAD Y DESEMPEÑO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTA
VÍCTOR SUÁREZ MEZA

ASESOR DE REPORTE PROFESIONAL
DR. ANTONIO RAMOS PAZ

MORELIA; MICHOACÁN, NOVIEMBRE DE 2011

Agradecimientos

Agradezco de manera muy especial a mis padres y hermanos, por todo su apoyo y cariño incondicional que me otorgaron durante toda mi formación académica.

Cariñosamente también agradezco a mi esposa, quien fue la que me motivo para cumplir esta meta.

A todos mis amigos, compañeros de trabajo y profesores académicos, gracias por su valioso apoyo durante todo este proceso.

A la Comisión Federal de Electricidad por brindarme todas las facilidades durante mi formación profesional y apoyo durante la realización de esta memoria técnica.

En general, a todos los que me han brindado su ayuda.

Dedicatoria

Esta dedicatoria es para mis padres y hermanos, quienes siempre me apoyaron de manera incondicional; a mi esposa y a mi hija (que en paz descanse), ya que gracias a ellos he logrado realizar este trabajo con esfuerzo, entusiasmo y dedicación.

Resumen

Durante 10 años mi desempeño profesional lo he desarrollado en la Comisión Federal de Electricidad; en el área de Construcción por un lapso de 3 años y en el área operativa de Transmisión, perteneciente a la Gerencia Regional de Transmisión Occidente de la Subdirección de Transmisión, por 7 años, donde actualmente sigo laborando. Las actividades que he desempeñado son:

- Supervisión de los trabajos de construcción de la Subestación Eléctrica de 115/13.8 kV de servicios propios de la presa hidroeléctrica El Cajón en el estado de Nayarit.
- Apoyo en el restablecimiento de líneas de transmisión dañadas por fenómenos naturales, utilizando estructuras modulares de emergencia y supervisando la instalación de estructuras definitivas.
- Supervisión de los trabajos de construcción y puesta en servicio de nuevas líneas de transmisión.
- Coordinación, planificación y ejecución de trabajos de mantenimiento en líneas de transmisión.
- Capacitación al personal de las brigadas de mantenimiento de líneas de transmisión, sobre los tipos de estructuras modulares de emergencia y los métodos de izaje que se pueden utilizar durante el restablecimiento de estructuras colapsadas.

Con este trabajo se pretende dar a conocer al personal académico de la Facultad de Ingeniería eléctrica, el análisis que se realiza para poder determinar el tipo de estructura modular de emergencia y el método de izaje que se deben de utilizar para el restablecimiento en el menor tiempo posible de estructuras colapsadas por fenómenos naturales o vandalismo, para poner en servicio nuevamente las líneas de transmisión.

Contenido

Agradecimientos	ii
Dedicatoria.....	iii
Resumen.....	iv
Lista de Figuras.....	vii
Lista de Tablas	ix
Lista de Símbolos y Abreviaturas	x
Capítulo 1 Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Justificación	2
1.4 Metodología	3
1.5 Conclusiones	4
Capítulo 2 Estructuras Modulares de Emergencia para Líneas de Transmisión.	5
2.1 Componentes y Accesorios.....	7
2.1.1 Placa de Cimentación o Base.....	7
2.1.2 Articulación Universal.....	8
2.1.3 Sección Caja	9
2.1.4 Placa para Retenidas	9
2.1.5 Sección Columna	10
2.1.6 Tornillos ERS	11
2.1.7 Aisladores y HERRAJES.....	11
2.2 Límites Mecánicos	13
2.3 Tipos de Estructuras Modulares de Emergencia más Usados en CFE	14
2.3.1 Tipo Chainette.....	15

2.3.2	Tipo Delta	16
2.3.3	Tipo Bandera.....	17
2.3.4	Tipo Tensión	18
2.3.5	Tipo 4 Columnas.....	19
2.4	Técnicas de Izaje de Estructuras Modulares de Emergencia	20
2.4.1	Mediante el uso de Grúa	20
2.4.2	Mediante el uso de Helicóptero	22
2.4.3	Pivoteada sobre su Base utilizando una Pluma de Polea Abierta.	23
2.4.4	Armada con Pluma Flotante o Deslizante.....	24
2.5	Conclusiones	25
Capítulo 3 Software Lindsey		27
3.1	Configuración	28
3.2	Conductor.....	28
3.3	Carga.....	29
3.4	Perfil.....	30
3.5	Geometría.....	31
3.6	Izaje.....	32
3.7	Conclusiones	33
Capítulo 4 Utilización de Estructura Tipo Delta en la Zona de Transmisión Colima.		34
4.1	Cálculo de la Estructura a Utilizar	35
4.2	Método de Izaje	38
4.3	Conclusiones	39
Capítulo 6 Conclusiones		41
Bibliografía		42

Lista de Figuras

Figura 1.1	Ubicación de los Centros de Reparación y Centros de Acopio de CFE.	3
Figura 2.1	Centros de Reparación y Centro de Acopio de la GRTOC.....	5
Figura 2.2	Equipo Especial de la GRTOC.....	6
Figura 2.3	Diferencia en la altura entre ambas marcas (Prinex 8.46 plg y Lindsey 14 plg).8	
Figura 2.4	Diferencia entre las bases de articulación universal Lindsey y Prinex.	8
Figura 2.5	Diferencia entre la sección caja Lindsey y Prinex.	9
Figura 2.6	Placas para retenidas.	10
Figura 2.7	Diferencia entre módulos Prinex y Lindsey.	10
Figura 2.8	Tornillo ERS.	11
Figura 2.9	Resumen de límites mecánicos.	14
Figura 2.10	Estructuras tipo Chainette.	15
Figura 2.11	Estructura tipo Delta.....	16
Figura 2.12	Estructuras tipo Bandera.	17
Figura 2.13	Estructuras tipo Tensión.....	18
Figura 2.14	Estructura tipo 4 Columnas.	20
Figura 2.15	Estructura pivoteada a 2/3 de su base con grúa.....	21
Figura 2.16	Izaje de estructura utilizando el método de centro de gravedad.	21
Figura 2.17	Izaje de estructura mediante el uso de helicóptero.....	22
Figura 2.18	Traslado de estructura de un sitio diferente a su instalación.....	23
Figura 2.19	Estructura pivoteada sobre su base y levantada con apoyo de una pluma fija. 23	
Figura 2.20	Estructura pivoteada sobre su base y levantada con apoyo de una pluma movil.	24
Figura 2.21	Estructura armada módulo por módulo con apoyo de una pluma flotante o deslizante.	24
Figura 3.1	Información del software al arranque del programa.	27
Figura 3.2	Pantalla de inicio del programa Lindsey.	27
Figura 3.3	Tipos de estructuras modulares de emergencia.....	28

Figura 3.4 Características del cable conductor e hilo de guarda que se deben suministrar.	29
Figura 3.5 Parámetros de carga para el cálculo de las estructuras modulares de emergencia.	30
Figura 3.6 Parámetros sobre el perfil de la estructura a instalar.....	30
Figura 3.7 Perfil de la estructura modular de emergencia a instalar.	31
Figura 3.8 Pantallas sobre geometría de las estructura modulares de emergencia.	32
Figura 3.9 Análisis de izaje de las estructura modulares de emergencia.....	33
Figura 4.1 Seguimiento a la trayectoria del huracán JOVA.	34
Figura 4.2 Estructura colapsada por efectos del huracán JOVA.	35
Figura 4.3 Perfil de la estructura tipo Delta a instalar.	36
Figura 4.4 Resultado de la estructura tipo Delta a instalar.	37
Figura 4.5 Análisis para izaje con grúa de la estructura tipo Delta a instalar.....	38
Figura 4.6 Izaje con grúa de la estructura tipo Delta.....	39
Figura 4.7 Estructura tipo Delta en servicio.	40

Lista de Tablas

Tabla 2.1 Elementos principales de las estructuras de modulares de emergencia existentes en la GRTOC.	6
Tabla 2.2 Diferencias de longitud y peso de componentes Lindsey y Prinex	7
Tabla 2.3 Aisladores y herrajes utilizados en estructuras modulares de emergencia.	12
Tabla 2.4 Usos que se han dado de las estructuras modulares de emergencia en el ámbito de la GRTOC	25

Lista de Símbolos y Abreviaturas

ACSR	Cable de aluminio concéntrico y núcleo de acero galvanizado
CFE	Comisión Federal de Electricidad
GRTOC	Gerencia Regional de Transmisión Occidente
CR	Centro de Reparación
CA	Centro de Acopio
kV	Kilovolt
v	volt
km	Kilómetro
kN	Kilonewton
kg	Kilogramo
cm	centímetro
mm	milímetro
m	Metro
plg	Pulgada
pie	pie
lbs	Libras
lbs/pie	Libras/pie
Ton	Tonelada
Wt	Claro Medio Vertical
Wd	Claro Medio horizontal

Capítulo 1 Introducción

1.1 Antecedentes

El sistema de eléctrico de energía consta de varios elementos esenciales para que realmente la energía eléctrica tenga una utilidad en el ámbito residencial, industrial, etc. Todo comienza en las plantas generadoras de energía eléctrica, en las cuales existen varias formas de generar la energía (plantas geotérmicas, nucleares, hidroeléctricas, térmicas, eólicas, etc.). Después de ese proceso la energía creada se tiene que acondicionar de cierta manera para que en su transportación a los centros de consumo se tenga el mínimo de pérdidas de esa energía, y para eso está el proceso de elevación de voltaje. Para transmitir la energía se tiene alta tensión o voltaje y menos corriente para que existan menores pérdidas en el conductor, ya que la resistencia varía con respecto a la longitud y como estas líneas son demasiado largas las pérdidas de electricidad por calentamiento serían muy grandes. Finalmente esa electricidad llega a los centros de distribución y éstos la envían a los centros de consumo ya acondicionada de acuerdo a sus instalaciones ya sean 110, 127, 220 v, etc.

1.2 Objetivos

El presente reporte tiene como finalidad presentar de una manera simple el análisis que se realiza mediante el software de LINDSEY para determinar el tipo de estructura modular de emergencia y método de izaje a utilizar para el restablecimiento de estructuras dañadas.

Los objetivos particulares son:

- Se conozca el equipo y el material que se utiliza en el armado de estructuras modulares de emergencia.
- Determinar la metodología más adecuada para la atención de fallas permanentes en las líneas de transmisión, mediante la utilización del software Lindsey para determinar el tipo de estructura modular de emergencia a utilizar.

- Se conozca las técnicas de levantamiento y montaje de las estructuras modulares de emergencia.

1.3 Justificación

Dada la importancia que existe para la CFE de mantener la operación de las diferentes líneas de transmisión de energía eléctrica del país, y que por sus condiciones topográficas y trayectorias se ven expuestas a fenómenos naturales o ataques directos. En el área de Transmisión se tiene establecido el “Plan de Restablecimiento de Emergencias en Líneas de Transmisión”, para lo cual se han buscado alternativas para hacer reparaciones provisionales en forma rápida y segura a dichas líneas que sufran colapsos. En 1993 se adquirieron las primeras estructuras modulares de emergencia que son ligeras de peso, resistentes, de fácil transporte y reutilizables con las que se puedan formar diferentes tipos de arreglos.

Las estructuras modulares de emergencia no requieren cimentación especial por lo que pueden ser usadas en cualquier nivel de voltaje como estructuras de suspensión, deflexión y/o tensión; puesto que sus componentes están estandarizados, pueden ser usados combinados entre sí para los diferentes arreglos. Su verticalidad depende de las retenidas tanto en el levantamiento como durante su operación; podemos decir que son un tipo especial de estructuras arriostradas (retenidas).

El uso de estas estructuras de rápido ensamble, es un recurso utilizado por nuestra empresa en la reparación del daño en forma provisional, dando tiempo para reparar las estructuras autosoportadas dañadas y dejar las Líneas de Transmisión en condiciones definitivas de funcionamiento.

Con la finalidad de poder atender cualquier contingencia que se presente en las líneas de transmisión, la CFE cuenta con 33 CR y 11 CA distribuidos estratégicamente en toda la república, en la Figura 1.1 se indica la ubicación de cada uno de ellos.



Figura 1.1 Ubicación de los Centros de Reparación y Centros de Acopio de CFE.

La Red Eléctrica que está más expuesta a fenómenos naturales es la que se encuentra ubicada en las Gerencias Regionales de Transmisión Baja California, Occidente, Oriente, Sureste y Peninsular; con 75,530 estructuras.

Cabe señalar que para su correcta utilización el fabricante incluyó, adicional a los componentes propios de las estructuras, un programa de cálculo y análisis por computadora, así como manuales de montaje para su correcta instalación, estos últimos se han estado actualizando de acuerdo a las experiencias que se han tenido.

1.4 Metodología

En este reporte se indican los diferentes métodos de izaje que se pueden utilizar para el montaje de las estructuras de modulares de emergencia, tomando en cuenta el tipo de uso

que tenía la estructura dañada (suspensión, deflexión o remate), considerando las recomendaciones obtenidas del software LINDSEY, con la finalidad de que se realicen los trabajos dentro de los parámetros de seguridad.

En CFE se cuenta con diversos manuales operativos y procedimientos de Mantenimiento vigentes.

1.5 Conclusiones

La CFE cuenta en la actualidad con 992 líneas, que corresponden a 57,388 km de líneas de transmisión y 138,608 estructuras instaladas. La GRTOC es responsable de 159 líneas (50 de 400 kV, 98 de 230 kV, 6 de 161 kV, 4 de 115 kV y 1 de 69 kV), que corresponden a 9,812.5 km, es decir un 17 % de la red del sistema eléctrico nacional y por su ubicación geográfica se encuentra expuesta a daños provocados por los efectos de fenómenos naturales que se presentan por las costas del Océano Pacífico, los cuales pueden ser huracanes o sismos.

Capítulo 2 Estructuras Modulares de Emergencia para Líneas de Transmisión.

Las estructuras modulares de emergencia, pueden ser de la marca LINDSEY o PRINEX, se conforman por columnas o módulos de aluminio de alta resistencia, los cuales se ensamblan uno con otro muy fácilmente mediante tornillería. La finalidad de este tipo de estructuras es el de restablecer las líneas de transmisión falladas en el menor tiempo posible mediante la sustitución provisional de la estructura metálica (torre) autoportada que se encuentre dañada o colapsada, dando el tiempo suficiente para instalar la nueva estructura metálica.

Para poder atender cualquier contingencia que se presente en las líneas de transmisión, en el mapa de la Figura 2.1 se muestran los 4 CR y 1 CA con que cuenta la GRTOC y en la Tabla 2.1 el inventario de los elementos principales de cada uno de ellos.



Figura 2.1 Centros de Reparación y Centro de Acopio de la GRTOC.

Tabla 2.1 Elementos principales de las estructuras de modulares de emergencia existentes en la GRTOC.

COORDINACION DE TRANSMISION
GERENCIA REGIONAL DE TRANSMISIÓN OCCIDENTE

		ELEMENTOS DE ESTRUCTURAS DE EMERGENCIA		CENTRO DE REPARACIÓN													
No	CONCEPTO	MARCA	U	CANT. MIN. REQ. X CHAINETTE 40.8 m.	MANZANILLO		CARAPAN		INFIERNILLO		TEPIC		FERNILLO		SUBTOTAL		
					EXIST.	NEC.	EXIST.	NEC.	EXIST.	NEC.	EXIST.	NEC.	EXIST.	NEC.	EXIST.	NEC.	
1	BASE CIMENTACIÓN	LINDSEY	PZA.	2	11	0	26		6		8		4		55		
		PRINEX	PZA.		0						1				1		
2	ARTICULACIÓN	LINDSEY	PZA.	2	11	0	29		6		9		4		59		
		PRINEX	PZA.		0						1				1		
3	SECCIÓN DE COLUMNA DE 7 pies	LINDSEY	PZA.	2 ó 6	14	0	16		27		33		6		96		
		PRINEX	PZA.		0										0		
4	SECCIÓN DE COLUMNA DE 14 pies	LINDSEY	PZA.	2 ó 8	39	0	46		36		36		16		173		
		PRINEX	PZA.		0										0		
5	SECCIÓN DE COLUMNA DE 21 pies	LINDSEY	PZA.	10 ó 2	30	0	34		30		34		12		140		
		PRINEX	PZA.		0										0		
	PLACA PARA RETENIDAS DE 0° / 0°	LINDSEY	PZA.	4	11	0	65		7		4		10		97		
		PRINEX	PZA.		0										0		
7	PLACA PARA RETENIDAS DE 45° / 0°	LINDSEY	PZA.	4	19	0	91		22		11		8		151		
		PRINEX	PZA.		0										0		
8	PLACA PARA RETENIDAS DE 45° / 45°	LINDSEY	PZA.	10	44	0	43		39		55		16		197		
		PRINEX	PZA.		0										0		
9	SECCIÓN CAJA	LINDSEY	PZA.	6	18	0	73		13		25		12		141		
		PRINEX	PZA.		0		4				2				6		

También se tiene equipo especial como vehículos todo terreno tipo unimog, retroexcavadoras, equipos de tendido y helicópteros entre otros, para el mantenimiento y atención de emergencia en líneas de transmisión, en la Figura 2.2 se muestran algunos de estos equipos.



Figura 2.2 Equipo Especial de la GRTOC.

2.1 Componentes y Accesorios

La Comisión Federal de Electricidad utiliza dos marcas de estructuras modulares, Lindsey y Prinex, las cuales son compatibles entre sí en sus componentes, debido a que se basan en las normas IEEE-1070; pero con algunas variantes, en la Tabla 2.2 se marcan algunas de ellas.

Tabla 2.2 Diferencias de longitud y peso de componentes Lindsey y Prinex

No	SECCION	LINDSEY		PRINEX	
		LONGITUD	PESO	LONGITUD	PESO
1	Cimentación	0.36 m	250 kg	0.215 m	201 kg
2	Articulación	2.13 m	252 kg	2.13 m	267 kg
3	Columna 7 plg	2.13 m	122 kg	2.13 m	170 kg
4	Columna 14 plg	4.25 m	188 kg	4.25 m	250 kg
5	Columna 21 plg	6.40 m	256 kg	6.40 m	322 kg
6	Platinas 0/45°	1.22x0.89	23 kg	1.22x0.89	30 kg
7	Platinas 45/45°	1.22x0.89	23 kg	1.22x0.89	30 kg
8	Platinas 0/0°	1.22x0.89	23 kg	1.22x0.89	30 kg
9	Sección Caja	0.46 m	120 kg	0.58	115 kg

2.1.1 Placa de Cimentación o Base

La base es el soporte de la columna de la estructura de modular de emergencia, fabricada en aluminio de alta resistencia y diseñada para ser colocada sobre el terreno, mismo que requiere una nivelación para evitar deslizamientos. Así mismo debe ser asegurada con 4 puntillas de 1 ¼ (32 mm) de pulgada de diámetro por 1.5 m de largo, colocada en los orificios existentes en el centro de cada cara de la base junto a las asas, siendo enterrada verticalmente hasta la altura de la caja. Cabe señalar que existe una diferencia de altura entre las marcas que se manejan en CFE, Figura 2.3.



Figura 2.3 Diferencia en la altura entre ambas marcas (Prinex 8.46 plg y Lindsey 14 plg).

2.1.2 Articulación Universal

Cuenta con una rótula de acero galvanizado en su extremo inferior que le permite girar 90° en cuatro direcciones indicados por flechas en la base de cimentación de la articulación, esto facilita el armado de la columna en piso. Además cuenta con dos discos unidos que permite girar 360° en su eje, estos discos están separados mediante una junta de un material no metálico para evitar la fricción. Para el traslado y almacenaje se utilizan 4 pernos que evitan su movimiento, volviéndola rígida. En la Figura 2.4 se muestran las diferencias que existen entre las marcas Lindsey y Prinex.

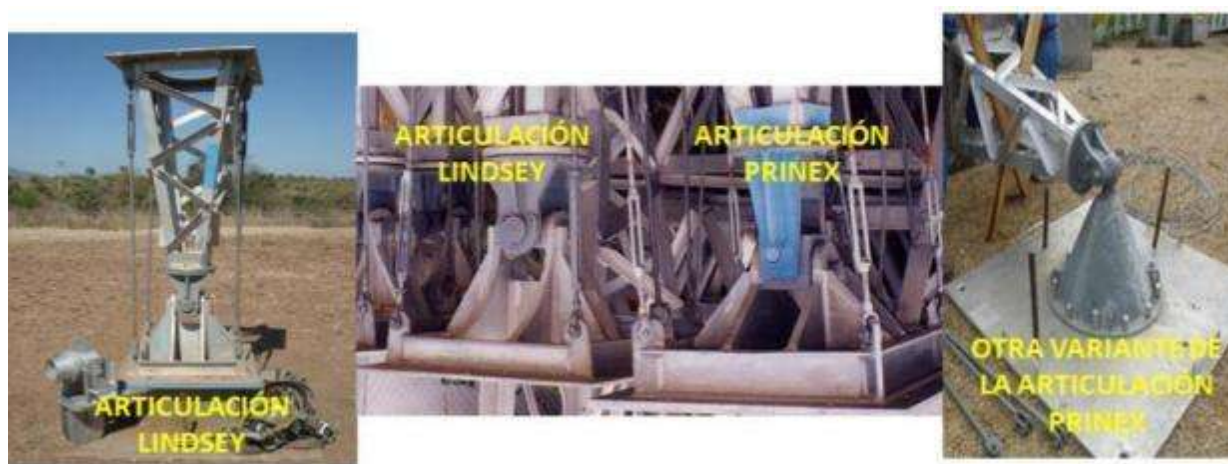


Figura 2.4 Diferencia entre las bases de articulación universal Lindsey y Prinex.

2.1.3 Sección Caja

La sección de caja cuenta con barrenos en dos de sus caras opuestas, dispuestos de tal manera que cualquier aislador del tipo pedestal puede ser utilizado en forma horizontal. Para la marca Prinex se deberá utilizar el accesorio adaptador para aislador tipo poste, en la Figura 2.5 se muestran los tipos existentes en las dos marcas que se manejan en CFE.

Las cajas se instalan entre dos secciones de columnas, teniendo la función de soportar el puente en una estructura de tensión, sostener los aisladores tipo poste o cantiléver que dan la separación entre conductor y columna en estructuras de suspensión.



Figura 2.5 Diferencia entre la sección caja Lindsey y Prinex.

2.1.4 Placa para Retenidas

Su función es alojar las retenidas, hilo de guarda y cadena de aisladores a través de grilletes hasta de $\frac{3}{4}$ "; además de los barrenos para el ensamble entre las secciones de columna, cuenta con seis barrenos ovalados localizados a $1 \frac{1}{16}$ " del borde (tres en dos de sus lados). Existen tres tipos de placas para retenida: $0^\circ/0^\circ$, $0^\circ/45^\circ$ y $45^\circ/45^\circ$, Figura 2.6. La placa de retenida $0^\circ/0^\circ$ es usada para tensiones horizontales, la placa de $0^\circ/45^\circ$ es usada en retenidas intermedias y superiores o cuando hay tensión horizontal en un lado y vertical por el otro, y la placa de $45^\circ/45^\circ$ se usa cuando hay tensiones verticales en ambos lados.

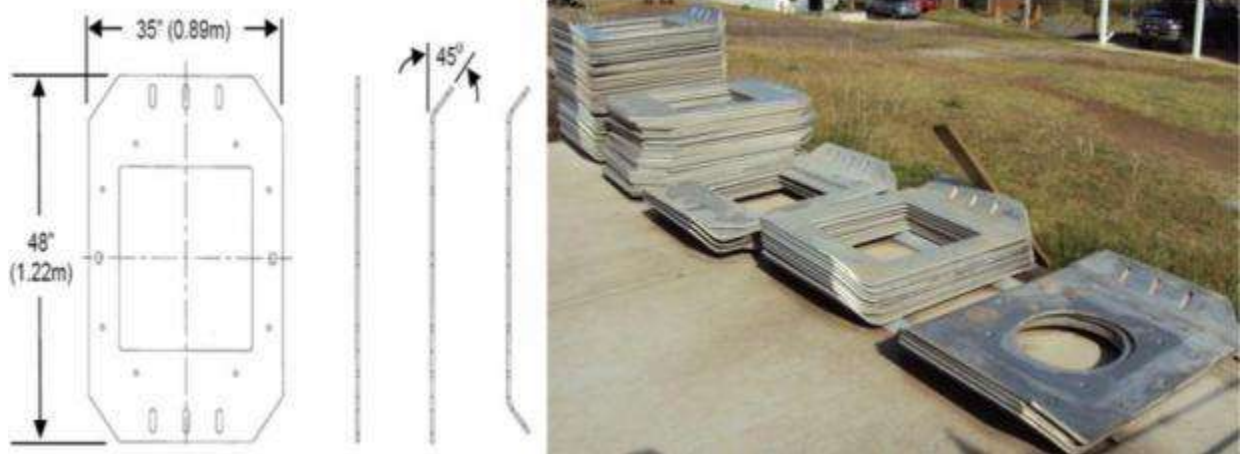


Figura 2.6 Placas para retenidas.

2.1.5 Sección Columna

Las secciones de columna son fabricadas con celosías soldadas para darle rigidez en el caso de la marca Lindsey y por medio de tornillería tipo remache en el caso de la marca Prinex, Figura 2.7. En el extremo de cada sección tienen una placa con ocho barrenos (2 por lado) de 11/16 plg de diámetro para su ensamble y 4 barrenos (1 por lado) en el centro de 13/16 plg de diámetro para maniobras. En un extremo tienen un perno guía de 4 pulgadas y en el lado contrario otro de 6 pulgadas de longitud, mismos que tienen la función de facilitar la alineación en el montaje. Existen tres tipos de secciones columna: 7 pies, 14 pies y 21 pies, con los cuales se pueden armar columnas o estructuras de la altura requerida, así como dar la separación necesaria de los conductores.



Figura 2.7 Diferencia entre módulos Prinex y Lindsey.

2.1.6 Tornillos ERS

Son utilizados para la unión de los diferentes módulos estructurales (7, 14 y 21 pies) tienen una característica especial, la cual reside en la resistencia que tienen al corte, pues están diseñados para que se rompan antes de que los módulos sufran daño. Estos tornillos tienen indicadas las letras ERS en la cabeza y son de acero, son de una medida de 5/8 x 3 ½ plg de largo con tuerca y arandela plana, se rompe a 30,000 libras, se ilustran en la Figura 2.8.



Figura 2.8 Tornillo ERS.

2.1.7 Aisladores y Herrajes

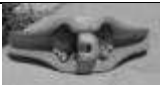
Para las estructuras modulares de emergencia se recomienda utilizar aislamiento sintético, para evitar sobrepeso en la estructura.

Los aisladores y herrajes que se empleen deben soportar las tensiones calculadas a través del programa de análisis estructural con que se cuenta (Lindsey Emergency Restoration System Prospot 5.0.57), mismo que fue proporcionado por el proveedor.

Durante maniobras y al dejar trabajando la estructura, deben emplearse siempre grilletes de herraje de $\frac{3}{4}$ plg en los barrenos de las placas de retenidas. Así mismo se debe verificar que los remates preformados a tensión plena que se utilicen para anclar las retenidas, deben contar con su abrasivo en la parte interior, en caso contrario deben ser desechados con la finalidad de evitar accidentes. Los aisladores de hule silicón de suspensión deben estar colocados de tal manera que los herrajes queden bien acomodados y no provoque torsión, para evitar el rompimiento en el casquillo. A continuación en la Tabla 2.3 se muestran los aisladores y herrajes más comunes usados en el armado de estructuras modulares de emergencia, su requerimiento depende del tipo de estructura a armar y del número de conductores. Cuando sea necesario adquirir nuevos herrajes, éstos deben cumplir con la NRF- 043-CFE-2005; Herrajes y Conjunto de Herrajes para Líneas de Transmisión Aéreas con Tensiones de 115 a 400 kV.

Tabla 2.3 Aisladores y herrajes utilizados en estructuras modulares de emergencia.

	Aislador de hule silicón para suspensión
	Aisladores de hule silicón tipo poste o cantiléver.
	Adaptador para ensamble de conjunto de herraje
	Guarda cabos para cable de acero 9/16 plg
	Remates preformados para cable de acero 9/16 plg
	Yugo universal
	Templador Ojo - Ojo

	Extensión ajustable (Machete)
	Eslabón de acero galvanizado
	Grillete de herraje de acero galvanizado
	Clema de suspensión
	Cable de acero para unir dos columnas (Violín)

2.2 Límites Mecánicos

Durante el armado de las estructuras modulares de emergencias existen algunas restricciones que deben ser consideradas con la finalidad de no rebasar las características de diseño de cada uno de sus componentes que se ilustran en la Figura 2.9.

- Emplear módulos de menor tamaño en parte inferior de columna.
- El dobles de celosías de módulos, debe quedar por arriba
- No utilizar columnas deformadas o con celosías faltantes
- Retirar los cuatro tensores de base articulada
- Los barrenos de las platinas, soportan una tensión de 30,000 lbs.
- Cada sección resiste 65,000 lbs. de compresión y un momento de flexión de 140,000 lbs/pie.
- No utilizar cable de hilo de guarda como retenida definitiva.
- Usar siempre tornillos ERS de acero 5/8" * 3 1/2", que rompe a 30,000 lbs, mismos que deben apretarse con torque de 70 a 90 lbs/pie.

Las estructuras Lindsey están diseñadas para cargas a compresión y no de doblamiento, por lo tanto las cargas en la estructura deberán ser compensadas con retenidas a la misma altura de dicha carga.

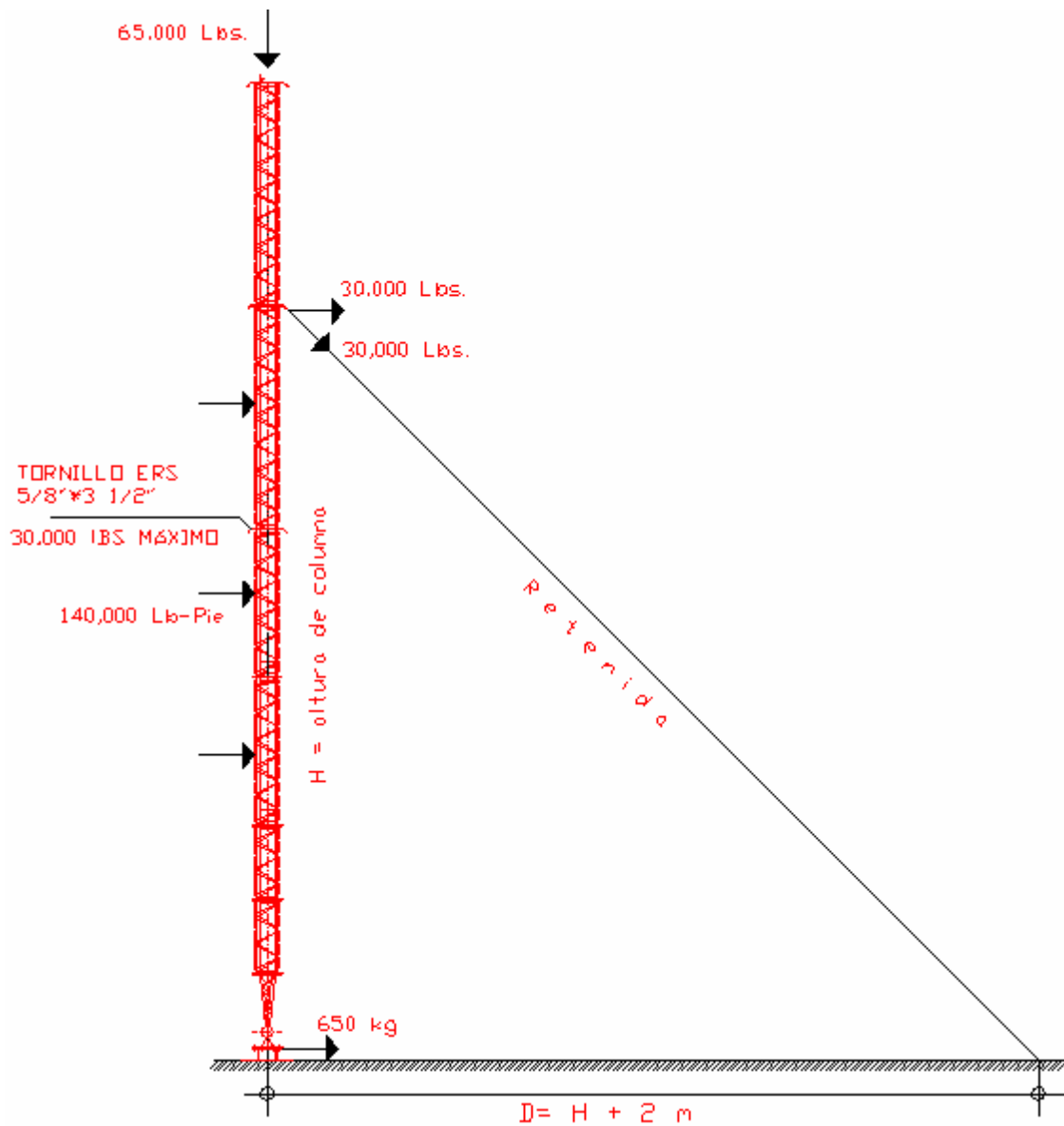


Figura 2.9 Resumen de límites mecánicos.

2.3 Tipos de Estructuras Modulares de Emergencia más Usados en CFE

A continuación se describen los tipos de Estructuras Modulares que son más utilizadas en CFE para restablecer el servicio de Líneas de Transmisión que se encuentran colapsadas.

2.3.1 Tipo Chainette

Consiste de dos columnas independientes, inclinadas aproximadamente 5° grados y unidas entre sí por un cable de acero colocado en la parte superior llamado Violín, como se muestra en la Figura 2.10. Estando las columnas levantadas se instala en la parte superior un arreglo de aisladores y herrajes llamado brasier donde se suspenden los cables conductores, posteriormente se da la inclinación a las columnas. Cabe señalar que la separación entre columnas depende del voltaje de la línea donde son instaladas.



Figura 2.10 Estructuras tipo Chainette.

Uso recomendado:

Deflexión máxima 5 grados.

- Claro medio horizontal para líneas de 400 kV:

Claro plano ($W_d/W_t = 1.0$) = 720 m

Claro de poco peso ($W_d/W_t = 1.7$) = 969 m

Claro de gran peso ($W_d/W_t = 0.7$) = 546 m

- Claro medio horizontal para líneas de 230 kV:

Claro plano ($W_d/W_t = 1.0$); = 780 m

Claro de poco peso ($W_d/W_t = 1.7$) = 1,326 m

Claro de gran peso ($W_d/W_t = 0.7$) = 546 m

2.3.2 Tipo Delta

Este arreglo se utiliza principalmente cuando se reemplazan estructuras de suspensión en líneas de 230 kV y 115 kV, ubicándose la estructura modular de emergencia sobre el eje de la línea. Este arreglo, Figura 2.11, consiste de una columna, en la que se instala en la parte superior una platina de $45^\circ / 45^\circ$ para las retenidas, abajo del modulo superior una sección de caja, en la parte inferior otras dos platinas de $45^\circ / 45^\circ$, bajo del segundo modulo se instala otra sección de caja y en la parte inferior otras dos platinas de $45^\circ / 45^\circ$, estas se utilizan para las retenidas y aisladores de tensión. En las secciones de caja se colocan aisladores en cantiléver que forman la disposición de conductores en DELTA.



Figura 2.11 Estructura tipo Delta.

Uso recomendado:

Deflexión máxima 5 grados.

- Claro medio horizontal máximo para líneas de 400 kV es de 539 m
- Claro medio horizontal para líneas de 230 kV:
Claro plano ($W_d/W_t = 1.0$) = 900 m

Claro de poco peso ($W_d/W_t = 1.7$) = 1,020 m

Claro de gran peso ($W_d/W_t = 0.7$) = 700 m

2.3.3 Tipo Bandera

Este arreglo se utiliza para reemplazar una estructura de suspensión con conductores en disposición vertical, también se puede emplear en cambios de dirección aceptando una deflexión máxima de 25° grados de su tangente. Este arreglo consta de una columna en la que se instala en la parte superior una platina de $45^\circ / 45^\circ$ y en la parte inferior del módulo se instala una sección de caja, en la parte inferior otra platina de $45^\circ / 45^\circ$, posteriormente se repite el arreglo para el segundo y tercer módulo, contando de la parte superior hacia abajo, un ejemplo de estas estructuras se ilustran en la Figura 2.12.



Figura 2.12 Estructuras tipo Bandera.

Uso recomendado:

Líneas de 230 kV, deflexión máxima 25 grados.

Claro plano ($W_d/W_t = 1.0$) = 800 m

Claro de poco peso ($W_d/W_t = 1.7$) = 1,360 m

Claro de gran peso ($W_d/W_t = 0.7$) = 560 m

2.3.4 Tipo Tensión

Estas estructuras se usan para rematar conductores en una sola de sus caras o en las 2, a manera de tangente (180°) o para deflexionar una línea hasta 90° . En función de la tensión aplicada, se utilizarán los distintos módulos, secciones de caja, y aisladores sintéticos y tipo cantiléver, estos últimos son empleados para dar separación de los puentes. La decisión de utilizar una o más columnas está en función de la tensión mecánica de los conductores y la altura requerida para los libramientos, en la Figura 2.13 se muestra algunos de los usos de este tipo de estructuras.



Figura 2.13 Estructuras tipo Tensión.

Uso recomendado:

- Estructura tipo tensión para una fase (un solo lado):

Líneas de 400 kV:

Claro medio horizontal máximo: 1,200 m

Líneas de 230 kV:

Claro medio horizontal máximo: 1,200 m

- Estructura tipo tensión para una fase (deflexión de 0-60 grados):

Líneas de 400 kV:

Claro medio horizontal máximo: 1,350 m

Después de 30 grados utilizar doble retenida posterior.

Líneas de 230 kV:

Claro medio horizontal máximo: 1,350 m

Después de 40 grados utilizar doble retenida posterior.

- Estructura tipo tensión para 3 fases (un solo lado):

Líneas de 400 kV:

Claro medio horizontal máximo: 1,000 m

Utilizar retenidas dobles en cada fase.

Líneas de 230 kV:

Claro medio horizontal máximo: 1,200 m

Utilizar retenidas en cada fase.

- Estructura tipo tensión para 3 fases (deflexión de 0-60 grados):

Líneas de 400 kV (poco común):

Claro medio horizontal máximo: 500 m

Utilizar retenidas dobles en cada fase y en cada dirección.

Líneas de 230 kV:

Claro medio horizontal máximo: 1,000 m

Utilizar retenidas en cada fase y en cada dirección.

2.3.5 Tipo 4 Columnas

Este tipo de estructuras se utiliza en tangente (0°), se acepta una deflexión máxima de la línea de 5° grados. La virtud de esta estructura es su aplicación en grandes claros en suspensión, se recomienda utilizarla cuando se tengan claros verticales (Wt) mayores a 750 m y en aquellos casos donde la estructura tipo CHAINETTE no resuelva la necesidad específica, en la Figura 2.14 se muestra un ejemplo de este tipo de estructuras.



Figura 2.14 Estructura tipo 4 Columnas.

Uso recomendado:

Líneas de 400 kV, deflexión máxima 5 grados.

Claro plano ($Wd/Wt = 1.0$) = 1,300 m

Claro de poco peso ($Wd/Wt = 1.7$) = 1,714 m

Claro de gran peso ($Wd/Wt = 0.7$) = 824 m

2.4 Técnicas de Izaje de Estructuras Modulares de Emergencia

Durante el restablecimiento de líneas dañadas, usando estructuras modulares de emergencia, se hace necesario aplicar alguna técnica de izaje de acuerdo a las características particulares del terreno, experiencia del personal y equipo con que se cuente en el sitio de la estructura colapsada. A continuación se describen las diferentes técnicas que se pueden utilizar.

2.4.1 Mediante el uso de Grúa

La estructura debe ser armada con su base en el sitio donde se usará en posición horizontal. Con la finalidad de reducir el momento de deflexión es recomendable levantar la estructura a 2/3 desde la base con la grúa, como se muestra en la Figura 2.15, de igual manera es

posible sujetar la columna de su centro de gravedad, lo que disminuirá la necesidad de una grúa de mayor capacidad, cuidando solamente la longitud suficiente del brazo de dicha grúa. Al realizarse la maniobra se debe considerar que las retenidas provisionales y definitivas estén colocadas, para que la grúa pueda soltar la columna y se pueda iniciar con los arreglos necesarios para la colocación de los conductores.



Figura 2.15 Estructura pivoteada a $\frac{2}{3}$ de su base con grúa.

Otro de los métodos de izaje con grúa consiste en localizar el centro de gravedad de una columna armada, como se muestra en la Figura 2.16, logrando con esto el uso de una grúa de menor tamaño.



Figura 2.16 Izaje de estructura utilizando el método de centro de gravedad.

2.4.2 Mediante el uso de Helicóptero

La estructura se arma con su base en el sitio donde se usará en posición horizontal, de preferencia sobre durmientes de madera para que sea más fácil que se rompa la inercia al iniciar el izaje con el helicóptero, como se muestra en la Figura 2.17, para este método se deben de considerar las condiciones de clima, temperatura, altitud, terreno, peso de la estructura y combustible que debe traer la máquina. Así mismo, debe existir comunicación constante entre la tripulación y el personal de campo.



Figura 2.17 Izaje de estructura mediante el uso de helicóptero.

Otro de los métodos de izaje con helicóptero se muestra en la Figura 2.18 y consiste en armar la estructura en un lugar diferente a donde se pretende usar y transportarla completa con sus retenidas, mismas que deben estar sujetas a la base articulada.



Figura 2.18 Traslado de estructura de un sitio diferente a su instalación.

2.4.3 Pivoteada sobre su Base utilizando una Pluma de Polea Abierta.

Se arma la columna en posición horizontal, se instala la pluma auxiliar en piso perfectamente venteada. Una vez izada la pluma, misma que cuenta con una polea abierta en el extremo superior, se procede a colocar la maniobra de izaje de la estructura, sujetándola a $2/3$ de distancia de la base hacia la punta, para alojar el cable de acero que nos servirá para levantar la columna mediante un winch o tirfor de 3 ton, ya que este cerca de su vertical se detiene la maniobra y se anclan las retenidas, como se muestra en la Figura 2.19, acto seguido se plomea la columna utilizando montacargas y posteriormente se retira la pluma ayudándose de la columna para bajarla a piso.



Figura 2.19 Estructura pivoteada sobre su base y levantada con apoyo de una pluma fija.

Otro de los métodos de izaje con pluma de polea abierta es cuando esta se va acostando mientras que la columna se va levantando, como se muestra en la Figura 2.20, este método se utiliza con las estructuras de la marca PRINEX.



Figura 2.20 Estructura pivoteada sobre su base y levantada con apoyo de una pluma móvil.

2.4.4 Armada con Pluma Flotante o Deslizante.

Esta maniobra se utilizará cuando el terreno y las condiciones de clima no permiten utilizar otra maniobra de izaje o cuando por razones de seguridad se levanta una columna hasta donde su flexión lo permite, continuando su armado módulo por módulo con la pluma flotante, como se ilustra en la Figura 2.21. Esta pluma no requiere de instalación de vientos provisionales ya que va fija a los módulos de la columna que se esté armado.



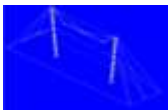
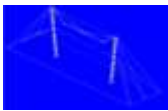
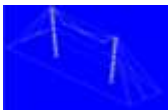
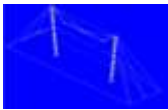
Figura 2.21 Estructura armada módulo por módulo con apoyo de una pluma flotante o deslizante.

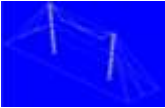
2.5 Conclusiones

Para todos los casos y por cuestiones de seguridad no se deben armar estructuras de más de 40 m, así mismo considerar retenidas intermedias cuando los conductores se encuentren a una altura mayor de 25 m. En la Tabla 2.4 se indica un resumen de las aplicaciones que se les ha dado en la GRTOC.

Conociendo los diferentes tipos de estructuras modulares de emergencia, los métodos de izaje y el terreno donde se pretende remplazar alguna estructura colapsada, es posible determinar la metodología a utilizar para el restablecimiento de la línea en el menor tiempo posible, apoyándonos siempre con el software de Lindsey.

Tabla 2.4 Usos que se han dado de las estructuras modulares de emergencia en el ámbito de la GRTOC

AÑO	FENÓMENO NATURAL	LT'S AFECTADAS	ESTRUCTURAS UTILIZADAS	TIPO DE ESTRUCTURA
1993	HURACÁN CALVIN	TPX-93550-CMD	2 CHAINETTE 230 KV	
1993	HURACÁN LIDIA	MZD-A3600-TED	5 CHAINETTE 400 KV	
1994	EZLN	PIT-A3110-MTA	1 CHAINETTE 400 KV	
1998	RÍO BALSAS	LCP-93230/93240-NKS	1 REMATE 230 KV	
1998	T.T. JULIETTE	TED-A3590-TSN	2 CHAINETTE 400 KV	

1999	RÍO ADJUNTAS	COL-73719-TEC	2 DELTA 115 KV	
2000	TROMBA V. COLIMA	MNZ-A3230- ATN	1 CHAINETTE 400 KV	
2002	HURACÁN KENNA	TED-73840-SIN SIN-73850-PEN PEN-73710-ACA	3 DELTA 115 KV 1 DELTA 115 KV 2 DELTA 115 KV	
2008	DAÑO EN CIMENTACIONES	VIL-93420-SIC	1 BANDERA 230 KV.	
2011	INSTALACIÓN DE BAY PASS	VIL-93430-FTM	2 BANDERA 230 KV.	
2011	HURACÁN JOVA	TPX-73C30-APP	1 DELTA 115 KV	

Capítulo 3 Software Lindsey

Lindsey Pro Spot funciona en Windows 98/2000/XP o superior. Además, se requiere que al instalar este software, el usuario tenga permisos de administrador local en la máquina, así como internet explorer versión 6.0 o superior. Al ser ejecutado presenta las pantallas que se muestran en las Figura 3.1 y Figura 3.2.

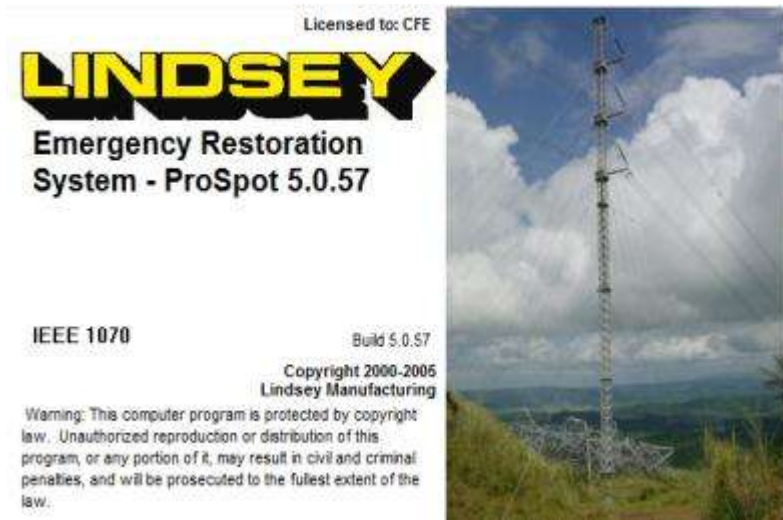


Figura 3.1 Información del software al arranque del programa.

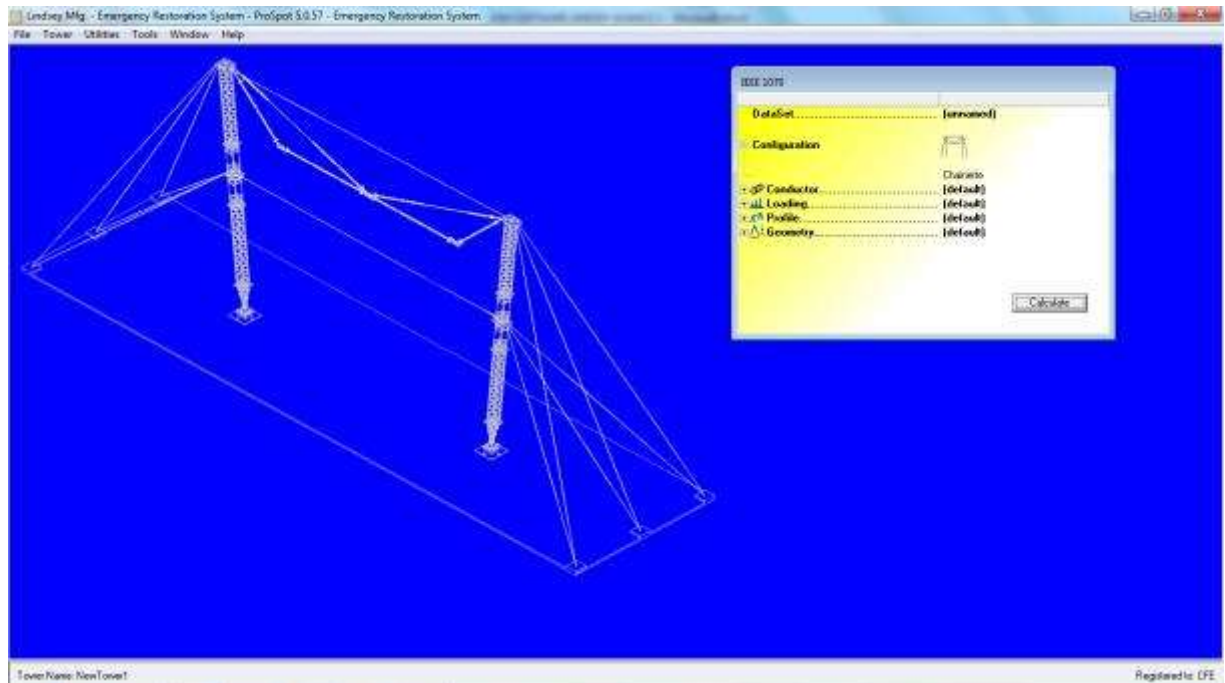


Figura 3.2 Pantalla de inicio del programa Lindsey.

A fin de poder diseñar o analizar una estructura, hay cinco áreas básicas de información que se deberán llenar: configuración, conductor, carga, perfil y geometría.

A continuación se muestra paso a paso las consideraciones que se toman para desarrollar el cálculo de las cargas mecánicas que soporta una estructura modular de emergencia seleccionada y sus retenidas.

3.1 Configuración

Al seleccionar la opción “**configuración**”, el programa nos despliega una pantalla con las ocho configuraciones de torre diferentes que se pueden elegir: chainette, 4 columnas, remate o tensión, bandera, deflexión, delta, tipo H con 1 circuito vertical y tipo H con 2 circuitos vertical. En la Figura 3.3 se muestran cada uno de estos tipos de estructuras.

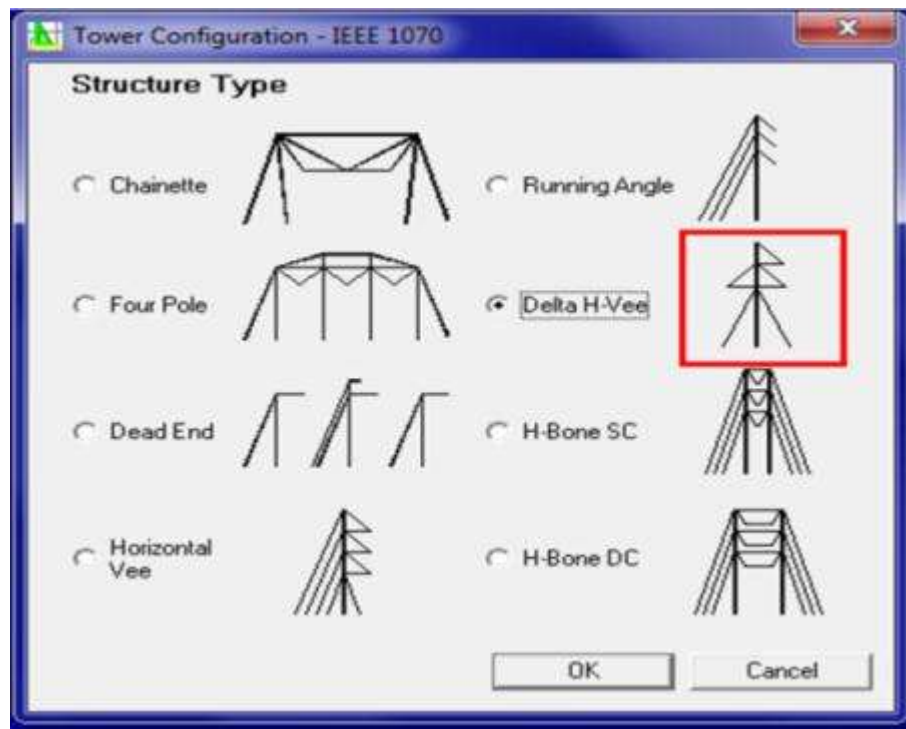


Figura 3.3 Tipos de estructuras modulares de emergencia.

3.2 Conductor

En esta pantalla se introducen los parámetros correspondientes al tipo de conductor e hilo de guarda que se van a utilizar durante el restablecimiento de las líneas falladas, mismos

que se mencionan a continuación: número de conductores por fase, diámetro, peso y la tensión a la que va a trabajar, en la Figura 3.4 se indican estos parámetros. Cabe señalar que por cuestiones de seguridad, la tensión que se ponga no debe ser mayor al 20 % del valor de ruptura del cable seleccionado. Dependiendo del tiempo y la temporada en que estará trabajando la estructura modular de emergencia se puede o no instalar el hilo de guarda.

	Conductor	OHGW	
Quantity per Phase:	1	☐	
Diameter:	2.95	0	cm
Unit Weight:	1.72	0	kg/m
Tension 1:	28	0	kN
Tension 2:	0	0	kN
Tension 3:	0	0	kN

Description
Enter number of sub-conductors per phase. (Bundle)

Load Restore Defaults OK Cancel

Figura 3.4 Características del cable conductor e hilo de guarda que se deben suministrar.

3.3 Carga

En la Figura 3.5 se muestra la pantalla de “carga”, misma que se refiere a los datos que se deben de considerar para el cálculo de la estructura seleccionada, los cuales son: velocidad del viento sobre el conductor, velocidad del viento sobre la columna, si existe posibilidad de acumulación de hielo sobre el conductor, la tensión a la que vamos a trabajar; así como los factores de forma, carga vertical, carga horizontal, sobrecarga de tensión en la línea y excentricidad o pandeo de la columna.

Loading Name CONDUCTOR 477 Y VIENTO 80 KM/H

Wind on Conductor: 305.1 Pa
 Wind on Column: 305.1 Pa
 Radial Ice: 0 cm
 Conductor / OHGW Tension: Tension 1
 Shape Factor: 3.2
 Vertical Overload: 1.5
 Horizontal Overload: 2.5
 Line Tension Overload: 1.65
 Additional Eccentricity: 15 cm

Description
 Enter the wind pressure on the projected sub-conductor/OHGW area. The program will automatically multiply by the horizontal OLF. The table below lists pressure for various wind velocities based on the formula:
 $1 \text{ Pascal} = 0.04767 \times (\text{km/hr})^2 = 1 \text{ N/m}^2 = 0.1019 \text{ kg/m}^2$

km/hr	m/s	Pascal
80	22.2	305.1
100	27.8	476.7
120	33.3	686.4
140	38.9	934.3
160	44.4	1220.4

Buttons: Load, Restore Defaults, OK, Cancel

Figura 3.5 Parámetros de carga para el cálculo de las estructuras modulares de emergencia.

3.4 Perfil

Con la finalidad de continuar con el análisis, se suministran los datos correspondientes a los claros o separación de las estructuras adyacentes a la colapsada y la altura existente entre las 3 torres, como se muestra en la Figura 3.6. Así mismo se considera la altura existente del conductor al piso y en caso de que exista alguna deflexión se debe considerar dicho ángulo (para los caso estructuras colapsadas en tangente se considera una desviación de máximo 5 grados).

Profile
Line Profile / Span and Conductor Height Data
 Profile Name: CONDUCTOR 477
 Total Line Angle: 5 degrees
 Wind Span: 434 m
 Weight Span: 380.70 m
 Ratio of Wind Span to Weight Span: 1.14
 Desired Conductor Height: 19 m
 Calculate Wind/Wt Span...
 Description: Enter the total conductor/OHGW line angle.
 Plan View diagram showing Total Line Angle.

Calculate Span Info
Span Calculation Worksheet
 Wind Span 1: 0 m
 Wind Span 2: 0 m
 Height 1: 0 m
 Height 2: 0 m
 Description: Horizontal span from Tower 1 to the ERS structure.
 Diagram showing Tower 1, ERS, and Tower 2 with spans and heights.
 Buttons: OK, Cancel

Figura 3.6 Parámetros sobre el perfil de la estructura a instalar.

Una vez cargados los datos solicitados en las pantallas que se muestran en la Figura 3.6 nos muestra el perfil de la estructura modular de emergencia con relación a las estructuras adyacentes como el de la Figura 3.7, por lo que se puede confirmar que los datos sean congruentes con lo recabado en campo.

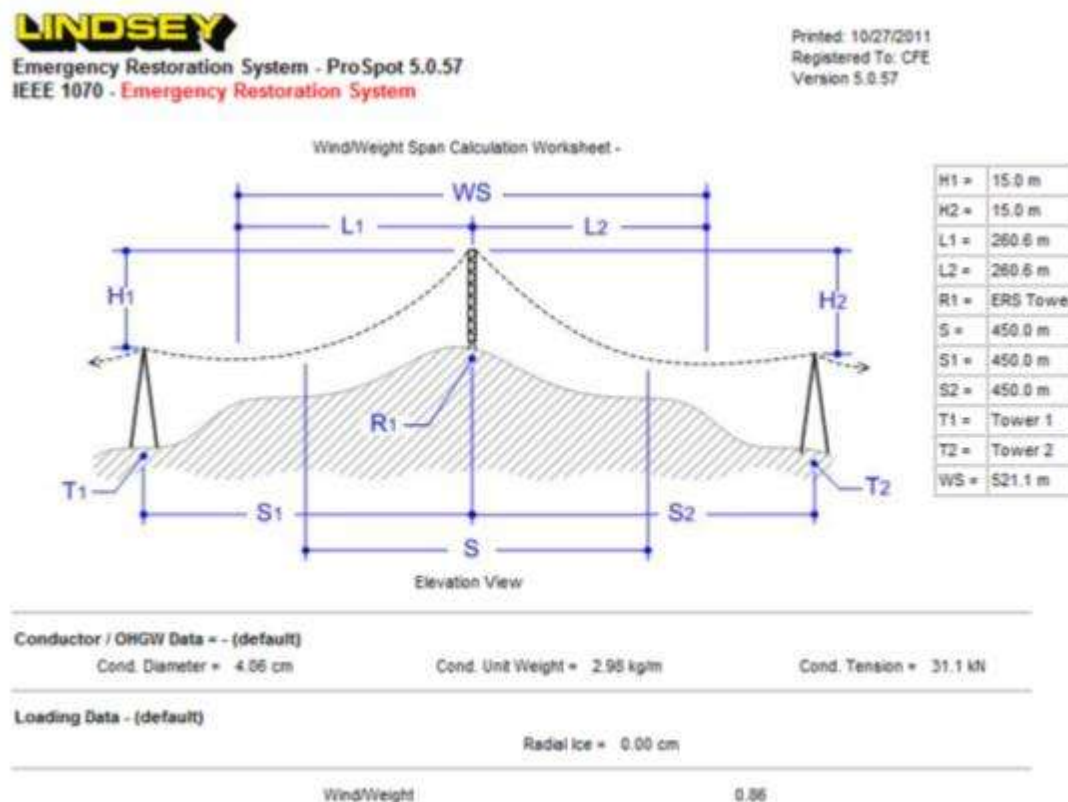


Figura 3.7 Perfil de la estructura modular de emergencia a instalar.

3.5 Geometría

En esta opción del programa se suministran los datos correspondientes a las distancias de los aislamientos a instalar, de acuerdo al voltaje de la línea, así mismo se selecciona el tipo más adecuado de retenidas a utilizar en la estructura. Cabe señalar que el tipo de geometría o características a utilizar son únicas para cada configuración de las estructuras modulares de emergencia, por lo que las pantallas son diferentes para cada caso, como se muestra en la Figura 3.8. Así mismo es necesario comentar que para los casos que se refieren al

conductor, carga y perfil, las pantallas son comunes para todas las estructuras modulares de emergencia.

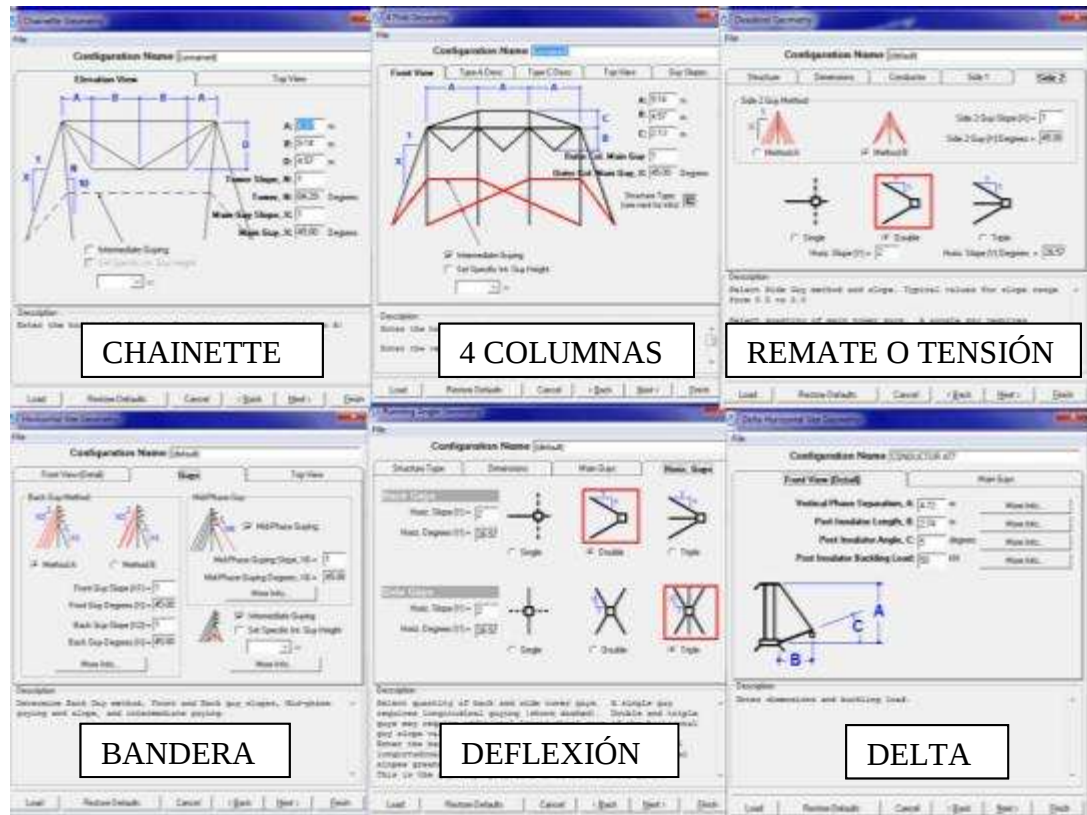


Figura 3.8 Pantallas sobre geometría de las estructura modulares de emergencia.

3.6 Izaje

Con este programa es posible realizar un análisis del tipo de izaje a utilizar, considerando los equipos disponibles en el momento de la emergencia, entre los que se encuentran el izaje con grúa, con helicóptero, con winch y el pluma con polea abierta en conjunto con el winch. En la Figura 3.9 se muestra el análisis que se ejecuta con la finalidad de revisar las tensiones al momento de levantar las columnas y así determinar el equipo más adecuado a utilizar de acuerdo a sus capacidades de carga de cada uno de ellos.

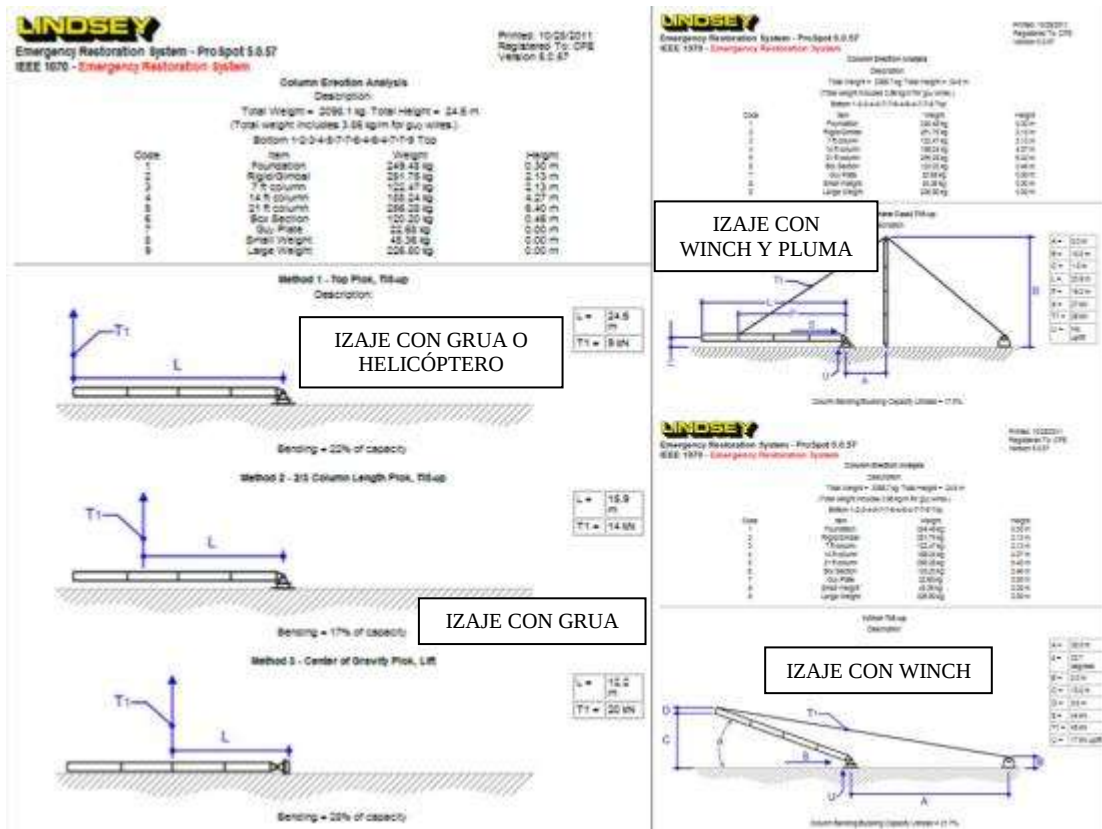


Figura 3.9 Análisis de izaje de las estructura modulares de emergencia.

3.7 Conclusiones

Con el uso de esta herramienta se disminuyen los actos de inseguridad, ya que es posible detectar si la estructura modular de emergencia o sus componentes se encuentran al límite de sus capacidades de trabajo, en caso de que se pretenda utilizar una estructura con una carga mayor, el mismo programa no nos permite realizar dicho el análisis.

Capítulo 4 Utilización de Estructura Tipo Delta en la Zona de Transmisión Colima.

Cuando existe amenaza de daños a las instalaciones eléctricas por acercamiento de algún huracán, en la CFE se implementa el plan de emergencia, como fue el caso del huracán “JOVA” de categoría 2, que tocó tierra en las costas del pacífico en las primeras horas del 12 de octubre del 2011, como se muestra en la Figura 4.1, este meteoro provocó gran cantidad de lluvia y vientos de gran intensidad en las costas de los estados de Jalisco y Colima.



Figura 4.1 Seguimiento a la trayectoria del huracán JOVA.

Debido a la presencia y cercanía de este huracán se presentaron en la zona de Manzanillo, Colima rachas de vientos de hasta 120 kilómetros por hora y lluvias de gran

intensidad que provocaron el desbordamiento de ríos y por lo tanto daños a la infraestructura eléctrica de CFE en varias líneas de 115 kV y menores, como se ilustra en la Figura 4.2.



Figura 4.2 Estructura colapsada por efectos del huracán JOVA.

4.1 Cálculo de la Estructura a Utilizar

Después del paso del huracán, se inicia la revisión y evaluación de daños. Se localiza la torre 61 de suspensión colapsada de la línea Tapeixtles-73C30-Apasco de 115 kV, de acuerdo al tipo de torre y disposición de los conductores se opta por instalar una estructura modular de emergencia tipo Delta, para lo cual se realiza el análisis que se muestra en la Figura 4.3 y Figura 4.4. Para este análisis se tomaron en cuenta los siguientes datos:

- Conductor ACSR 477
- Diámetro del conductor 2.18 cm
- Resistencia de ruptura del conductor 86.52 KN
- Velocidad del viento 80 km/h

- Peso del conductor 0.975 kg/m
- Claro interpostal entre estructuras 60 y 61 de 364 m.
- Claro interpostal entre estructuras 61 y 62 de 504 m.

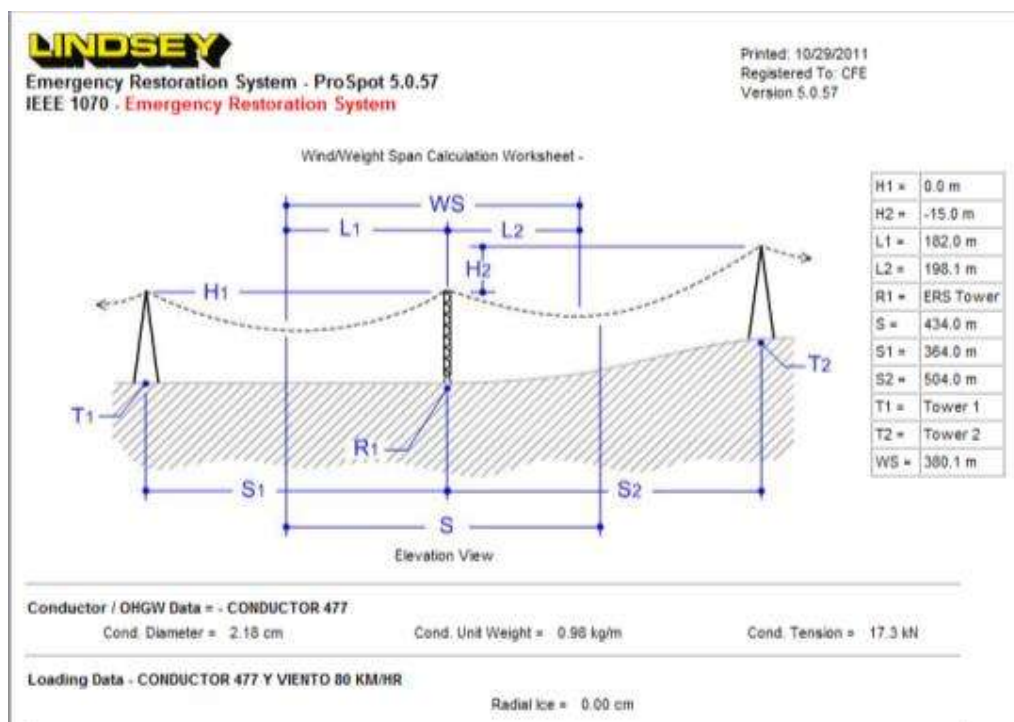
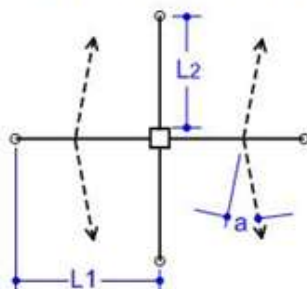


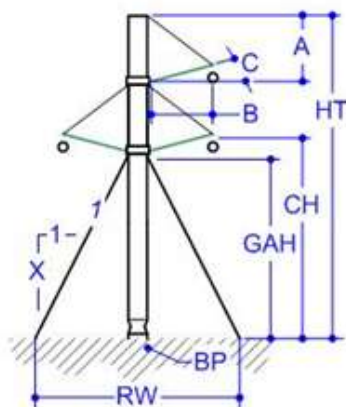
Figura 4.3 Perfil de la estructura tipo Delta a instalar.

Delta H-Vee - ESTRUCTURA 61



Longitudinal guying (L2) = Attach to column at 24 m with anchors located between 11 and 24 m from the column base.

Plan View



Elevation View

A =	4.7 m
a =	3.0 degrees
B =	2.7 m
BP =	28.13 kPa
C =	5.0 degrees
CH =	19.7 m
GAH =	19.5 m
HT =	28.9 m
L1 =	20.1 m
RW =	40.2 m
X =	1.0

Conductor / OHGW Data - CONDUCTOR 477

Cond. Diameter = 2.18 cm	Cond. Unit Weight = 0.98 kg/m	Cond. Tension (Tension 1) = 17.3 kN
OHGW Diameter = 0.00 cm	OHGW Unit Weight = 0.00 kg/m	OHGW Tension (Tension 1) = 0.0 kN

Loading Data - CONDUCTOR 477 Y VIENTO 80 KM/HR

Conductor Wind = 305.1 Pa	Column Wind = 305.1 Pa	Radial Ice = 0.00 cm	Addl. Ecc. = 10.0 cm
Shape Factor = 3.20	OLF Vertical = 1.50	OLF Horizontal = 2.50	OLF Line Tension = 1.65

Wind and Weight Span Data - ESTRUCTURA 61

Allowable Wind Span = 434.0 m	Allowable Weight Span = 380.7 m
-------------------------------	---------------------------------

Insulator Loads

Max Post Insulator Load = -12 kN, 5 kN	Max Suspension Insulator Tensile Load = 7 kN
Guy Loads (kN)/Lead	
Guying Load = 67kN	

Figura 4.4 Resultado de la estructura tipo Delta a instalar.

De acuerdo al resultado del programa, se armó una estructura de 28.9 m utilizando el siguiente material: una placa de cimentación, una base articulada, 2 módulos de 7 pies, 2 de 14 y 2 de 21, así como 2 cajas para aisladores y un juego de retenidas.

4.2 Método de Izaje

El método de izaje utilizado para la estructura modular de emergencia tipo Delta, fue el de grúa, Figura 4.5 y Figura 4.6, ya que no era posible utilizar un helicóptero por las condiciones del clima.

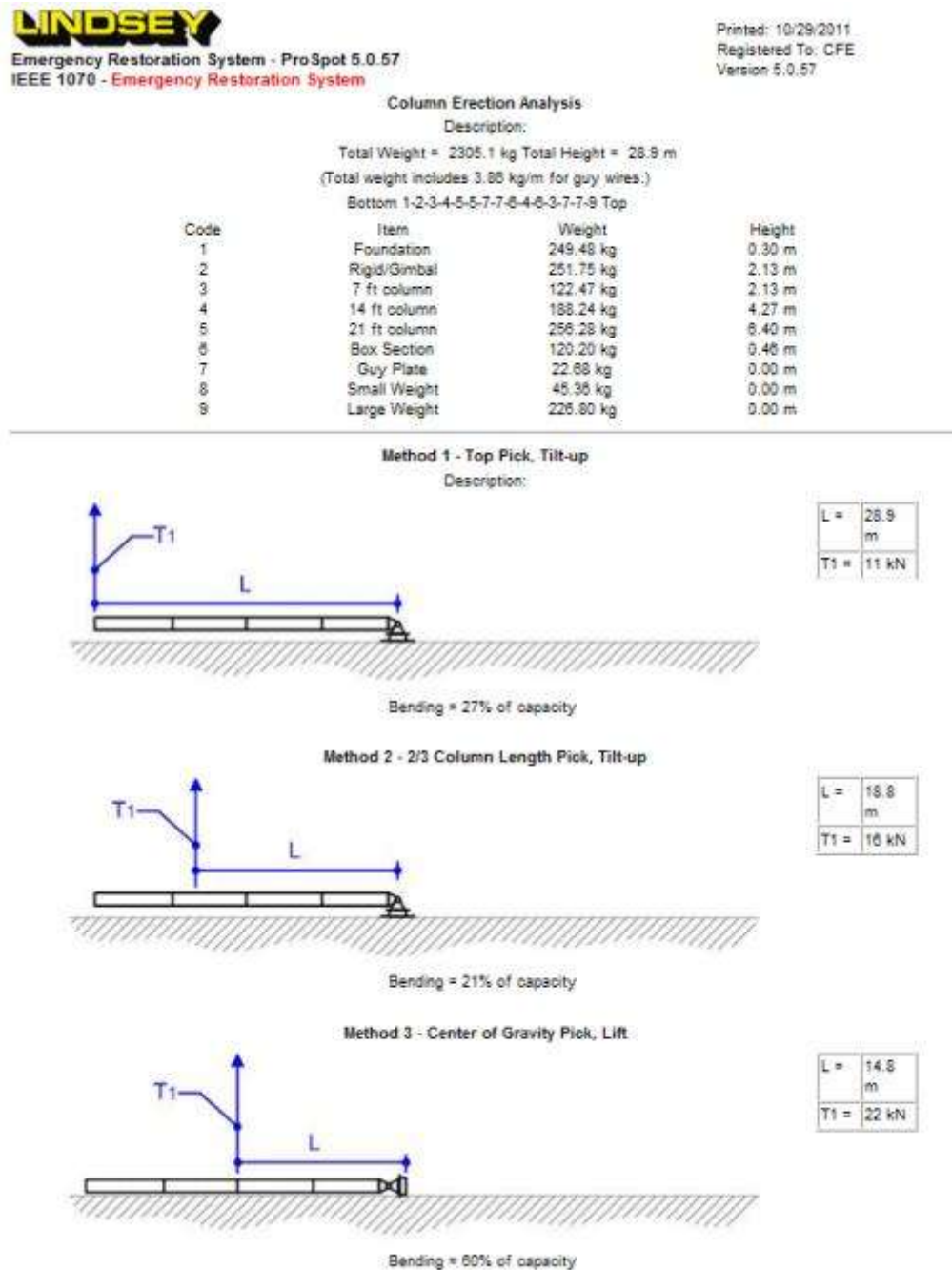


Figura 4.5 Análisis para izaje con grúa de la estructura tipo Delta a instalar.



Figura 4.6 Izaje con grúa de la estructura tipo Delta.

4.3 Conclusiones

Gracias a experiencia del personal fue posible el armar y poner en servicio la estructura modular de emergencia en un tiempo continuo de aproximadamente de 8 horas, si se hubiera tomado la opción de instalar una estructura autosoportada, el tiempo necesario que se tendría que emplear sería de aproximadamente 48 horas, razón por la cual las estructuras modulares de emergencia siguen siendo en la CFE la mejor opción para los restablecimientos en corto plazo. En la Figura 4.7 se muestran la estructura ya en servicio.



Figura 4.7 Estructura tipo Delta en servicio.

Capítulo 6 Conclusiones

La aplicación de las estructuras modulares de emergencia en la CFE se ha vuelto indispensable en el restablecimiento oportuno de daños provocados por fenómenos naturales o vandalismo en las líneas de transmisión, ya que por su diseño son muy versátiles en su armado para su pronta instalación y retiro, debido a que no requieren de una cimentación especial y solamente se requiere de retenidas para mantenerlas erguidas; son reutilizables y se pueden usar tanto para suspensión, deflexión o remate; son fabricadas con aluminio de alta resistencia lo que las hace ligeras y facilita su almacenaje y transporte.

Cabe señalar que la GRTOC año con año realiza cursos de capacitación para su personal de campo sobre el armado de estructuras modulares de emergencia y sus diferentes métodos de izaje, gracias a esta capacitación constante ha sido posible ir reduciendo los tiempos de restablecimiento e incrementado la seguridad del personal durante los trabajos de restablecimiento de estructuras colapsadas.

Así mismo quiero mencionar que en lo que se refiere a las estructuras modulares de emergencia y su aplicación en la CFE, mi participación ha sido como instructor de los cursos de izaje en la GRTOC y apoyar en el restablecimiento de las contingencias que se han presentado en las líneas de transmisión.

Bibliografía

[CFE 2006]

C.F.E. [GUI-EME-001 “Guía Práctica para la Utilización de Estructuras Modulares de Emergencia”].

[IEEE 2006]

IEEE Norma [IEEE-1070-STD-2006 “Guide for the Design and Testing of Transmission Modular Restoration Structure Components”]

[CFE 2008]

C.F.E. [GUI-EME-002 “Guía de Armado e Izaje de Estructuras Modulares de Emergencia”].

[CFE 2002]

C.F.E. Norma de Referencia [NRF-005-CFE-2002 “Aisladores de Suspensión Sintéticos para Tensiones de 13.8 a 138 kV”].

[CFE 2006a]

C.F.E. Norma de Referencia [NRF-044-CFE-2006 “Aisladores de Suspensión Sintéticos para Tensiones de 230 a 400 kV”].

[CFE 2004]

C.F.E. Norma de Referencia [NRF-043-CFE-2004 “Herrajes y Conjunto de Herrajes para Líneas de Transmisión Aéreas con Tensiones de 115 a 400 kV”].

[LINDSEY 2005]

LINDSEY Programa de cálculo [Lindsey Emergency Restoration System Pro Spot 5.0.57]

[CFE 2000]

C.F.E. Procedimiento [GSELT/SGLT-03, 2000 “Atención de Emergencias de Líneas de Transmisión Afectadas por Fenómenos Naturales, Actos de Vandalismo y Otros”].

[CFE 2010]

C.F.E. Revista [“Fallas, Estadísticas y Trabajos Relevantes en Líneas de Transmisión”].