INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

- REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL

DISPOSITIVO ELECTRO-NEUMÁTICO PARA PREVENIR COLAPSOS EN TORRES AUTO SOPORTADAS

- ASESOR EXTERNO

  ING. LIMBERG ENRIQUE GÓMEZ LÓPEZ

- ASESOR INTERNO

  ING. GERARDO FERNANDO DÍAZ BORREGO

- ALUMNO

  BEATRIZ ADRIANA GÁLVEZ SANTELIZ

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS A 08 DE DICIEMBRE DEL 2014.

CONTENIDO **PAGINA**

INTRODUCCIÓN. 5

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Antecedentes de la empresa. 7

1.2. Misión, visión y valores. 9

1.2.1. Misión. 9

1.2.2. Visión. 9

1.2.3. Valores. 9

1.3. Organigrama. 10

1.4. Ubicación. 11

CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Caracterización del área de desarrollo del proyecto. 12

2.2. Problemas a resolver. 13

2.2.1. Cronograma de actividades. 14

2.2.2. Descripción detallada de actividades. 14

2.3. Planteamiento del problema. 16

2.4. Justificación. 18

2.5. Objetivos. 19

2.5.1. Objetivo general. 19

2.5.2. Objetivos específicos. 19

2.6. Alcances, limitaciones y objetivos. 20

2.6.1. Alcances. 20

2.6.2. Limitaciones. 20

2.6.3. Beneficios. 20

CAPÍTULO III. FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1. Conceptos básicos. 21

3.1.1. Componentes que integran el sistema electro-neumático. 21

3.1.2. Componentes que integran el sistema de control. 23

3.1.3. Componentes que integran el sistema mecánico. 24

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

4.1. Descripción del proyecto. 25

4.1.1. Dispositivo tipo monopolar. 25

4.1.2. Dispositivo tipo tripolar. 26

4.2. Campo de aplicación del dispositivo. 27

4.2.1. Aplicación del dispositivo tipo monopolar. 27

4.2.2. Aplicación del dispositivo tipo tripolar. 29

4.3. Consideraciones para su utilización del dispositivo. 30

4.3.1. En cruce de ríos. 30

4.3.2. En instalaciones costeras. 30

4.4. Actividades previas para la instalación del dispositivo. 31

4.4.1. En cruce de ríos. 31

4.4.2. En instalaciones costeras. 35

CAPÍTULO V. FABRICACIÓN DEL DISPOSITIVO

5.1. Investigación de la energía eléctrica externa. 37

5.2. Diseñar el sistema electro-neumático. 49

5.3. Diseñar el sistema de control. 41

5.4. Diseñar el sistema mecánico. 45

CAPÍTULO VI. ANÁLISIS TÉCNICO

6.1. Presiones de viento para su diseño. 48

6.2. Limitaciones mecánicas de las estructuras de torres por viento. 48

6.3. Utilización real de las torres. 49

6.4. Determinación de la presión y velocidad del viento soporte. 51

CAPÍTULO VII. RESULTADOS

7.1. Pruebas técnicas. 52

7.2. Recursos para su instalación. 53

7.2.1. Personal. 53

7.2.2. Herramientas. 53

7.3. Pruebas de instalación Zona Tapachula. 53

7.4. Mantenimiento preventivo. 54

7.5. Anexos. 55

7.5.1. Breve descripción de las figuras. 55

7.6. Fotografías. 62

7.6.1. Fotografías de instalación del dispositivo. 62

7.6.2. Fotografías de aplicación del dispositivo. 63

Conclusión. 64

Fuentes de información. 66

INTRODUCCIÓN

A raíz de los fenómenos meteorológicos ocurridos en años anteriores, y en especial el “Stan” en el estado de Chiapas y “Wilma” en la península de Yucatán, al observar que durante el primero, 7 estructuras de la línea ARR-73310-TON fueron colapsadas a consecuencia de que una de ellas fuera arrastrada por el río Zanatenco y en la Riviera Maya varios kilómetros de línea (304 estructuras) fueron derribados por “efecto dominó”.

Nace la inquietud para crear un mecanismo que minimice los daños a consecuencia de estos fenómenos meteorológicos, este mecanismo pretende liberar la estructura de tensiones mecánicas y sobre esfuerzos ocasionados por la fuerza del viento sobre los conductores.

Ante los daños en estructuras de las líneas de conducción de energía eléctrica ocasionados por los fuertes vientos, las inundaciones y deslaves de los ríos, Se dio a la tarea de buscar soluciones para reducir estos daños, logrando diseñar un dispositivo capaz de retirar los conductores de las estructuras. Es así, como nace el primer dispositivo electro-neumático para prevenir colapsos en torres autos soportados. Actualmente se cuenta con la versión monopolar y la tripolar.

La diferencia entre uno y otro es que el dispositivo monopolar utiliza mecanismos de liberación de conductores con operación independiente cada uno, mientras que el dispositivo tripolar utiliza mecanismos de liberación de conductores acoplados entre sí a un solo eje de operación simultánea para realizar esta liberación.

Dispositivo para evitar colapsos en torres auto soportada monopolar

El dispositivo para torres monopolar es un dispositivo formado por un sistema electro-neumático, un sistema de fuerza, un sistema de control y herrajes para instalarse en cada fase de la torre, es necesario abastecer de forma externa de energía eléctrica para preparar el sistema de fuerza al inicio de la temporada de huracanes para tenerlo en condiciones de operación.

Este sistema alimenta de manera independiente a cada uno de los actuadores que activan los pernos de liberación del dispositivo.

Este dispositivo puede utilizarse en cualquier tipo de estructuras independientemente de la configuración de conductores en las estructuras y el grado de la deflexión en el trazo existente.

Dispositivo para evitar colapsos en torres auto soportada tripolar

El dispositivo para torres tripolar es un dispositivo formado por un sistema mecánico y un sistema electro-neumático autónomo, el cual se abastece de energía mediante un panel solar que distribuye energía a los componentes eléctricos del sistema, este autoabastecimiento permite mantener al dispositivo siempre en condiciones de operación utilizando mandos a control remoto.

El sistema electro-neumático genera una presión de aire de 8 bar´s con el cual se activa el actuador neumático que opera el sistema mecánico tripolar.

Se recomienda para estructuras de líneas con trazos tangenciales o en estructuras de anclaje con deflexiones no mayores a 15º.

Este dispositivo es de aplicación en todas las áreas que operan líneas de tensión de 69 hasta 115 KV, y que puedan verse afectadas por fenómenos meteorológicos “huracanes”, o por cruces de ríos.

En este trabajo se presenta un informe técnico sobre el dispositivo electro-neumático para prevenir colapsos en torres auto soportadas tras verse afectados por fenómenos meteorológicos que conforman las zonas de alto riesgo para reducir el la posibilidad del colapso de las estructuras por factores externos, ocurridos en presencia de huracanes, mediante la liberación de los conductores en forma simultánea en las estructuras de remate y con esto la tensión mecánica, con el uso de un herraje diseñado para que al operar, las cadenas de aislamiento y conductores sean liberados, a través del dispositivo.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Antecedentes de la empresa

La generación de energía eléctrica inició en México a fines del siglo XIX. La primera planta generadora que se instaló en el país (1879) estuvo en León, Guanajuato, y era utilizada por la fábrica textil “La Americana”. Casi inmediatamente se extendió esta forma de generar electricidad dentro de la producción minera y, marginalmente, para la iluminación residencial y pública.

En 1889 operaba la primera planta hidroeléctrica en Batopilas (Chihuahua) y extendió sus redes de distribución hacia mercados urbanos y comerciales donde la población era de mayor capacidad económica. No obstante, durante el régimen de Porfirio Díaz se otorgó al sector eléctrico el carácter de servicio público, colocándose las primeras 40 lámparas "de arco" en la Plaza de la Constitución, cien más en la Alameda Central y comenzó la iluminación de la entonces calle de Reforma y de algunas otras vías de la Ciudad de México.

A inicios del siglo XX México contaba con una capacidad de 31 MW, propiedad de empresas privadas. Para 1910 eran 50 MW, de los cuales 80% los generaba The Mexican Light and Power Company, con el primer gran proyecto hidroeléctrico: la planta Necaxa, en Puebla. Las tres compañías eléctricas tenían las concesiones e instalaciones de la mayor parte de las pequeñas plantas que sólo funcionaban en sus regiones.

Fue el 2 de diciembre de 1933 cuando se decretó que la generación y distribución de electricidad son actividades de utilidad pública. En ese momento las interrupciones de luz eran constantes y las tarifas muy elevadas, debido a que esas empresas se enfocaban a los mercados urbanos más redituables, sin contemplar a las poblaciones rurales, donde habitaba más de 62% de la población. La capacidad instalada de generación eléctrica en el país era de 629.0 MW.

La CFE comenzó a construir plantas generadoras y ampliar las redes de transmisión y distribución. Los primeros proyectos de generación de energía eléctrica de CFE se realizaron en Teloloapan (Guerrero), Pátzcuaro (Michoacán), Suchiate y Xía (Oaxaca), y Ures y Altar (Sonora). El primer gran proyecto hidroeléctrico se inició en 1938 con la construcción de los canales, caminos y carreteras de lo que después se convirtió en el Sistema Hidroeléctrico Ixtapantongo, en el Estado de México, que posteriormente fue nombrado Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de generación y electrificación, para esas fechas apenas 44% de la población contaba con electricidad. Por eso el presidente Adolfo López Mateos decidió nacionalizar la industria eléctrica, el 27 de septiembre de 1960. A partir de entonces se comenzó a integrar el Sistema Eléctrico Nacional, extendiendo la cobertura del suministro y acelerando la industrialización. El Estado mexicano adquirió los bienes e instalaciones de las compañías privadas, las cuales operaban con serias deficiencias por la falta de inversión y los problemas laborales. En los años 80 el crecimiento de la infraestructura eléctrica fue menor que en la década anterior, principalmente por la disminución en la asignación de recursos a la CFE. No obstante, en 1991 la capacidad instalada ascendió a 26,797 MW.

A inicios del año 2000 se tenía ya una capacidad instalada de generación de 35,385 MW, cobertura del servicio eléctrico del 94.70% a nivel nacional, una red de transmisión y distribución de 614,653 kms, lo que equivale a más de 15 vueltas completas a la Tierra y más de 18.6 millones de usuarios, incorporando casi un millón cada año. A partir octubre de 2009, CFE es la encargada de brindar el servicio eléctrico en todo el país. El servicio al cliente es prioridad para la empresa, por lo que se utiliza la tecnología para ser más eficiente, y se continúa la expansión del servicio, aprovechando las mejores tecnologías para brindar el servicio aún en zonas remotas y comunidades dispersas. CFE es reconocida como una de las mayores empresas eléctricas del mundo, y aún mantiene integrados todos los procesos del servicio eléctrico.

1.2. Misión, visión y valores

1.2.1. Misión

Asegurar el servicio público de energía eléctrica en un marco de competencia y actualidad tecnológica, en condiciones de cantidad, calidad y precio, con la adecuada diversificación de las fuentes de energía. Optimizar el uso de la infraestructura física, comercial y de los recursos humanos.

Proporcionar atención de excelencia a nuestros clientes. Proteger el medio ambiente, promover el desarrollo social, respetar los valores de las poblaciones donde se ubica la infraestructura y se realizan las obras de electrificación.

1.2.2. Visión

Ser una empresa de energía, de las mejores en el sector eléctrico a nivel mundial, con presencia internacional, fortaleza financiera e ingresos adicionales por servicios relacionados con su capital intelectual e infraestructura física y comercial.

Una empresa reconocida por su atención al cliente, competitividad, transparencia, calidad en el servicio, capacidad de su personal, vanguardia tecnológica y aplicación de criterios de desarrollo sustentable.

1.2.3. Valores

En CFE la prestación de nuestros servicios y el comportamiento de quienes trabajamos en ella deben realizarse con base en nuestros valores institucionales.

- Integridad: ser integro es conducirme con honestidad y respeto hacia mi institución mis compañeros y la sociedad.

- Productividad: ser productivo es trabajar para obtener resultados eficientes y contribuir a la permanencia y crecimiento de mi fuente de trabajo.

- Responsabilidad: ser responsable significa cumplir con mis obligaciones como servidor público.

1.3 Organigrama

Un organigrama es la representación gráfica de la estructura de una empresa que permite obtener una idea de la estructura formal de una organización indicando los niveles departamentales con las personas que las dirigen. A continuación en la figura 1.1 se muestran las principales áreas que conforman la comisión federal de electricidad en la Zona Tuxtla Gutiérrez Chiapas, remarcando el departamento de distribución y especialmente el área de subtransmisión que fueron los departamentos involucrados donde se llevó a cabo la residencia profesional. (Véase Fig. 1.1).

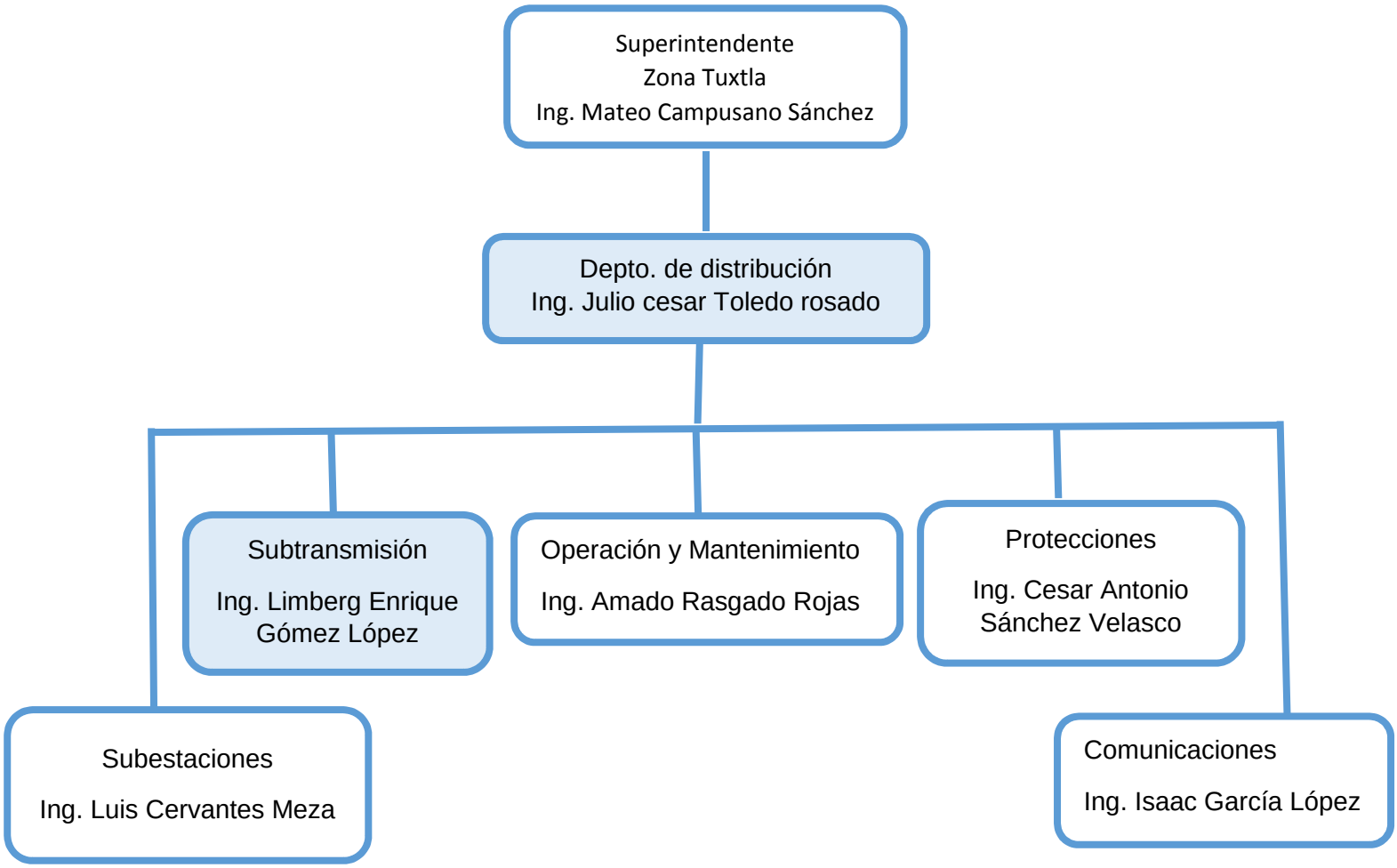


Fig. 1.1 Organigrama del departamento de distribución

1.4 UBICACIÓN

El departamento de distribución en el cual se encuentra la oficina de líneas de subtransmisión de la comisión federal de electricidad se encuentra ubicado en el libramiento norte oriente #1241Col. Los Manguitos (véase fig. 1.2 y fig. 1.3).

Fig.1.2. Ubicación geográfica

Fig. 1.3. Oficina de Subtransmisión

CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Caracterización del área de desarrollo del proyecto

Las investigaciones acerca del dispositivo electro-neumático para prevenir colapsos en torres auto soportadas en líneas de media tensión, se llevan a cabo en la oficina de líneas de subtransmision ubicada en libramiento norte oriente #1241 col. los manguitos en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Los principales puntos que se investigaron fue el campo de aplicación, consideraciones para su utilización, actividades previas para su instalación, diseño, fabricación y criterios de operación.

La parte práctica se lleva a cabo en zonas de riesgo por cruce de río e instalaciones costeras siendo esta la parte de instalación y pruebas de funcionamiento.

Con el objeto de tomar las medidas necesarias para realizar una adecuada aplicación del dispositivo se debe realizar una visita en campo al lugar en donde se pretende realizar su instalación y de llevar a cabo los trabajos previos para acondicionar las instalaciones existentes.

Derivado del área de alto riesgo de impacto en la zona costera de Tapachula, se identificó que la estructura 325 de la línea ANG-73520/530-MAP fue dañada a consecuencia de la fuerza del viento, siendo esta una de la más expuesta.

Tomando en consideración los daños ocasionados por el fenómeno meteorológico “Stan” en el año 2005 y coincidentemente vuelve a resultar dañado severamente por la presión de viento, siendo esta uno de los circuitos donde se realizó las pruebas de funcionamiento del dispositivo.

Dentro de los criterios principales para el diseño de las líneas aéreas se encuentran las velocidades de viento que como consecuencia nos da una presión de viento tanto en cables como en las mismas estructuras.

2.2 Problemas a resolver

Las líneas aéreas están expuestas a los fenómenos meteorológicos que ocasionan fuerzas sobre los soportes (torres o postes), esta problemática se agudiza en las áreas costeras pues en los últimos años se ha comprobado que los vientos rebasan por mucho las velocidades que por norma se consideran para el diseño de las líneas aéreas.

Se pretende prevenir el colapso de las estructuras, mediante la liberación de los conductores en forma simultánea en las estructuras de remate y con esto la tensión mecánica, con el uso de un herraje diseñado para que al operar, las cadenas de aislamiento y conductores sean liberados, a través del dispositivo.

El objeto de la aplicación del dispositivo es reducir el riesgo de colapso de las torres por efectos de los fuertes vientos y lluvias provocados por “huracanes” disminuyendo el tiempo de restablecimiento del servicio de energía eléctrica.

Por otra parte, a causa de los ríos que se cruzan con las líneas, durante la época de lluvias representan un peligro latente para las torres aledañas, ya que por su crecimiento puede darse el alcance de los conductores por objetos arrastrados durante la avenidas o el desborde de estos que puede dañar las cimentaciones y como consecuencia en ambos casos ocasionar la caída de dichas torres con la aplicación de este dispositivo se prende disminuir el riesgo de colapsos en dichas estructuras.

Existen instalaciones eléctricas que por su ubicación geográfica se encuentren expuestas al impacto de fenómenos meteorológicos (instalaciones costeras) o estructuras en cruces de ríos que en presencia de lluvias intensas pueden colapsar.

Con la instalación de este dispositivo se pretende lograr el restablecimiento de las líneas de transmisión, en el menor tiempo posible para así también restablecer los servicios necesarios para la atención de la población.

2.2.1. Cronograma de actividades

Se pretende apoyar a este problema con el reforzamiento de investigaciones de un dispositivo electro neumático para evitar el colapso en torres auto soportadas mediante el Cronograma de actividades. (Véase Tabla. 2.1).

	ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Realizar investigación de cómo implementar la energía eléctrica externa	X	X	X													
2	Diseñar el sistema electro-neumático				X	X	X										
3	Diseñar el sistema de control							X	X	X							
4	Diseñar el sistema mecánico										X	X	X	X			
5	Pruebas														X	X	X

Tabla. 2.1. Cronograma de actividades

2.2.2. Descripción detallada de las actividades

- Realizar la investigación de cómo implementar la energía eléctrica externa.

Como se observa en el cronograma de actividades se empieza con la fuente de alimentación externa a través de paneles solares para alimentar el dispositivo y mantenerla aislada de la línea de transmisión ya que cuando esta se desconecte, el dispositivo no dependa de dicha línea y se mantendrá operando, con capacidad suficiente para preparar el sistema de fuerza al inicio de la temporada meteorológica y a si tenerlo en condiciones de operación durante el meteoro.

- Diseñar el sistema electro-neumático

Una vez concluido la etapa de investigación se procede con el diseño de un arreglo electro-neumático el cual es de fabricación comercial y se encuentra en el mercado siendo este utilizado para desconectar las líneas

de transmisión, controlado mediante un PLC para un desplazamiento ascendente y descendente. Se abastece de energía mediante un panel solar, que distribuye energía a los componentes eléctricos del sistema, este abastecimiento lo mantiene siempre en condiciones de operación.

- Diseñar el sistema de control

El dispositivo utilizara una Unidad terminal remota cuenta con mandos a control remoto, con lo cual únicamente se requiere de un mando para su operación. El dispositivo opera mediante un sistema de fuerza proveniente de un compresor neumático, este sistema alimenta de manera independiente a cada uno de los actuadores que activan los pernos de liberación del dispositivo. Unidad terminal remota Este componente permite el control remoto del DPCE mediante a través de frecuencias de radio mediante DTMF (Dual Tone Multi Frecuency).

- Diseñar el sistema mecánico

El sistema mecánico tiene la función de retener o liberar la tensión mecánica de los conductores, y opera con la potencia proporcionada por el Sistema Electro- Neumático.

Para las torres con deflexiones de 15° las cuales tienen crucetas rectangulares, se pretende instalar el dispositivo por cada fase con lo cual aseguramos mantener la resistencia mecánica de los herrajes que soportan la tensión en los cables. Estos sistemas son fabricados en acero inoxidable

- Pruebas

Se realizaran pruebas con el objeto de garantizar la operación del dispositivo de manera aislada corroborando el funcionamiento de cada sistema, posteriormente el dispositivo se instalara en una torre auto soportada de 115kvs para pruebas finales.

2.5. Planteamiento del problema

La problemática de vientos en el territorio nacional está comprobado y con el huracán “Stan” en el estado de Chiapas y “Wilma” en la península de Yucatán, que coincidieron en el punto de impacto, además que en todo el país existen regiones de alta incidencia de Huracanes, por lo tanto las instalaciones de CFE tienen un alto riesgo para estas condiciones y es conveniente tomar medidas preventivas para reducir los daños en la infraestructura.

Las líneas aéreas de media tensión están expuestas a los diferentes efectos meteorológicos que ocasionan fuerzas sobre los soportes (postes), para la república mexicana esta problemática se agudiza en las áreas costeras que están expuestas a los efectos de los vientos que ocasionan los huracanes, vientos que en los últimos años se ha comprobado que rebasan por mucho las velocidades que por norma se tienen consideradas para el diseño de las líneas aéreas de distribución.
Por otra parte, los ríos que se cruzan con las líneas aéreas de distribución, en época de lluvias representan un peligro latente para los postes que se encuentran en sus márgenes, ya que por su crecimiento pueden erosionar el terreno y derrumbar los mismos y dar alcance a los conductores por objetos arrastrados por la corriente dañando la infraestructura y como consecuencia interrumpiendo el servicio de energía eléctrica y retrasando el restablecimiento del mismo, como consecuencia en ambos casos ocasionar la caída de dichas torres.

Múltiples tragedias han sucedido a causa de los fenómenos meteorológicos que afectan principalmente las zonas costa. En las imágenes que a continuación se presentan, podemos observar las velocidades de viento que se han presentado tanto del lado del Golfo como del Océano Pacifico de la República Mexicana, hecho que obliga a buscar soluciones para reducir el riesgo de falla en las líneas de distribución de media tensión, que suministran el servicio de energía eléctrica a la población. (Véase Fig. 2.2 y Fig. 2.3).

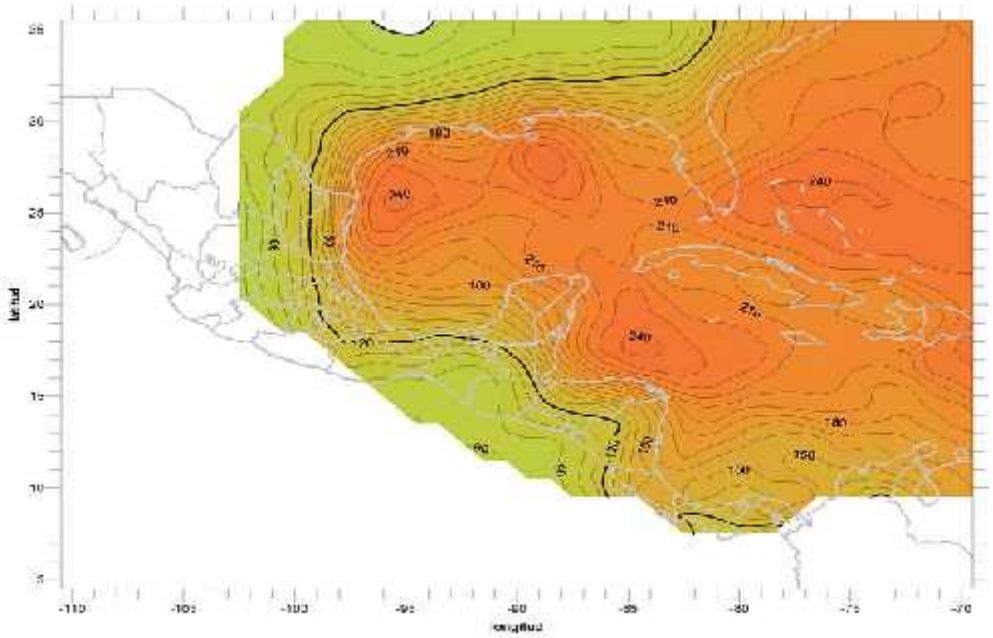


Fig. 2.2 Velocidad del viento máximo sostenido en el golfo

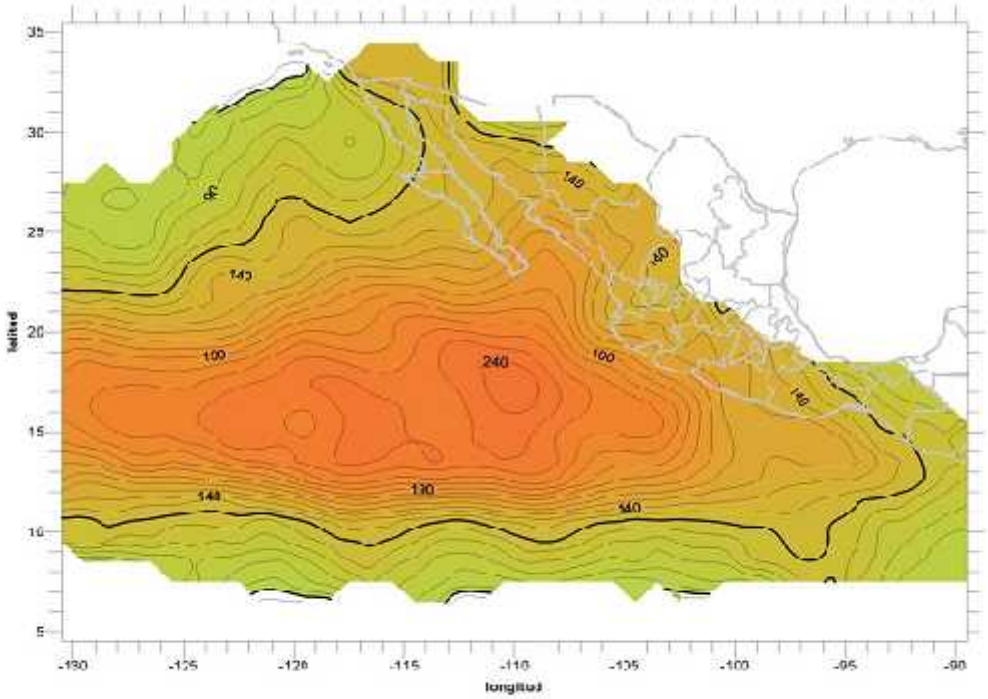


Fig. 2.3 Velocidad del viento máximo sostenido en el pacifico

2.6. Justificación

Las líneas aéreas de distribución de media tensión representan el mayor kilometraje de la infraestructura de CFE, por lo que están más expuestas a colapsarse por el paso de fenómenos meteorológicos en zonas de alto riesgo.

Países alrededor del mundo han sufrido las consecuencias de los desastres naturales y México no es la excepción. Múltiples tragedias han sucedido a raíz de terremotos, huracanes, tormentas, erupciones volcánicas e incendios y con ello pérdidas económicas graves.

La satisfacción de la población obliga a buscar alternativas y mejores prácticas para reducir al mínimo el tiempo de interrupción del servicio de energía eléctrica, y sobre todo en eventos fuera del control del ser humano como son los fenómenos meteorológicos que afectan a las instalaciones eléctricas y principalmente a las líneas aéreas, lo que se requiere es lograr el restablecimiento de esta en el menor tiempo posible.

El presente proyecto tiene como justificación principal restablecer los servicios de energía eléctrica tras el paso de algún fenómeno meteorológico para la atención de la población en un tiempo considerable. Con los datos que se obtuvieron acerca de las velocidades del viento y las zonas de deslaves, los riesgos potenciales que se presentan así como los riesgos latentes en épocas de temporada de huracanes es que se justifica la creación de este dispositivo electro-neumático para prevenir colapsos en torres auto soportadas y así lograr una buena satisfacción a la población.

El objeto de la aplicación del dispositivo es reducir el riesgo de colapso de las torres por efectos de los fuertes vientos y lluvias provocados por “huracanes” disminuyendo el tiempo de restablecimiento del servicio de energía eléctrica a la población.

2.7. Objetivos

2.7.1. Objetivo general

- Prevenir el colapso de las estructuras auto soportadas por factores externos, ocurridos en presencia de fenómenos naturales, mediante la liberación de los conductores en forma simultánea en las estructuras de remate y con esto la tensión mecánica, con el uso de un herraje diseñado para que al operar, las cadenas de aislamiento y conductores sean liberados, a través del dispositivo electro-neumático para evitar colapsos en torres auto soportadas.

2.7.2. Objetivos específicos

- Realizar una visita en campo para inspeccionar el lugar donde se pretende realizar su instalación y llevar a cabo los trabajos previos para acondicionar las instalaciones existentes.
- Implementar los sistemas en torres monopolar y tripolar.
- Establecer las condiciones de operación del dispositivo.
- Retirar los conductores de la estructura de remate en tiempo y forma.
- Realizar pruebas de funcionamiento de los equipos conectados al dispositivo electro- neumático para evitar colapsos en torres auto soportadas.
- Reducir el riesgo de colapso de las torres por efectos de los fuertes vientos y lluvias provocados por los fenómenos meteorológicos.
- Disminuir el tiempo de restablecimiento del servicio de energía eléctrica a las zonas donde impacte el meteoro.

2.8. Alances, Limitaciones y Beneficios

2.8.1. Alcances

El dispositivo se instalará en aquellas zonas que por su ubicación geográfica se encuentren expuestas al impacto de huracanes (instalaciones costeras) o estructuras en cruces de ríos que en presencia de lluvias intensas pueden colapsar.

2.8.2. Limitaciones

En el desarrollo de la investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

1. Presencia de lluvia durante las pruebas
2. La instalación de los componentes será permanente, pero el sistema será habilitado únicamente durante la temporada de huracanes.
3. A manera de evitar posible vandalismo con el robo del compresor, este se montará a principios de la temporada de huracanes, aprovechando a dar mantenimiento a los demás componentes, el compresor se retirará al terminar la temporada de huracanes.
4. Para el caso de los puentes en estas estructuras, el conector que los une será de tipo especial, con la característica de que tenga una resistencia mecánica de 100 Kg.

2.8.3. Beneficios

Disminuye el tiempo de restablecimiento del servicio de energía eléctrica después del impacto de un fenómeno meteorológico, por lo que se pueden otorgar de manera oportuna servicios públicos a la comunidad, ya que el daño a las instalaciones es menor.

Con la aplicación del dispositivo se logra disminuir los daños en estructuras a consecuencia del impacto de fenómenos meteorológicos, liberándolas de tensiones mecánicas y sobreesfuerzos.

Este dispositivo puede utilizarse en cualquier tipo de estructuras independientemente de la configuración de conductores en las estructuras y el grado de la deflexión en el trazo existente.

CAPITULO III: FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1. Conceptos básicos

Con la finalidad de que se tenga una mejor comprensión de este trabajo, se presentan algunos conceptos básicos propios del tema que se está desarrollando.

Dispositivo monopolar: Dispositivo para Prevenir Colapsos en Estructuras, en el cual se utilizan para la liberación de los conductores de las estructuras mecanismos con operación independiente por fase.

Dispositivo tripolar: Dispositivo para Prevenir Colapsos en Estructuras, en el cual se utilizan para la liberación de los conductores de las estructuras un solo mecanismo de operación simultaneo para las tres fases.

3.1.1. Componentes que integran el sistema electro-neumático

Panel solar. El panel solar se encarga de colectar energía eléctrica en una batería con ayuda de su controlador de carga. Siempre que haya sol, el panel solar estará generando energía eléctrica y el controlador de carga estará suministrando esa energía a la batería, cuando la batería este completamente cargada, el controlador de carga dejará de suministrarle energía.

Batería. Se encarga de almacenar la energía eléctrica suministrada por el panel solar. Esta energía es la que se utiliza para el funcionamiento de todo el sistema.

Inversor. La función del inversor es convertir la corriente directa de la batería en una corriente eléctrica alterna de 110 VAC. Esto con el fin de poder alimentar a la fuente del PLC y al compresor.

Fuente. La fuente se encarga de convertir el voltaje alterno del inversor a un voltaje de corriente directa limpia de 24 Vdc. Este voltaje es necesario para la operación del sistema de control electrónico.

Contactor. El contactor se encarga de conmutar la corriente hacia el compresor. Este es comandado por el PLC mediante una salida digital conectada a la bobina de 24 VCD del propio contactor.

Compresor. El compresor se encarga de generar el aire comprimido necesario para realizar el trabajo de desconexión de las líneas (La presión de este componente se calibra a 6 bar´s para garantizar la operación efectiva del actuador). El compresor es alimentado a 110 VCA mediante el contactor.

Amplificador de presión. Este elemento se encarga de amplificar la presión neumática suministrada por el compresor, el compresor normalmente nos puede proveer de una presión menor a 6 bares. Con el amplificador podemos obtener el doble de la presión de entrada, es decir, hasta 12 bares si lo alimentamos con 6 bares.

Presostato. El presostato es un elemento que verifica continuamente la presión de salida del amplificador, si la presión no es correcta, envía una señal eléctrica al PLC para que este realice la acción de corrección.

DTMF. Este elemento es una tarjeta electrónica encargada de recibir la señal de disparo por medio del radio. Al recibir esta señal, envía una señal eléctrica al PLC para que este coordine la desconexión de las líneas.

PLC. El PLC (Control Lógico Programable) es el encargado de coordinar todas las actividades del control.

Electroválvula de pilotaje. Este elemento recibe una señal eléctrica del PLC cuando se va a realizar la desconexión de las líneas. Al recibir la señal eléctrica, envía una señal neumática de 6 bar al pilotaje de la válvula de activación.

Regulador de presión. Este elemento regula la presión de entrada hasta una presión de trabajo de 6 bar. Esta presión es la adecuada para el funcionamiento de la válvula de pilotaje.

Válvula de activación. Este elemento es el encargado de suministrar presión al elemento final de trabajo o pistón. Esta válvula es alimentada con una presión

Mayor a 8 bares para asegurar la desconexión de las líneas. La activación de esta válvula es comandada por la señal neumática enviada por la electroválvula de pilotaje.

Pistón. También llamado actuador, es el elemento final de trabajo. Este se encarga de realizar un movimiento lineal necesario para que el sistema mecánico realice la desconexión de las líneas. Este elemento recibe presión neumática de la válvula de activación. El Actuador Neumático (Pistón), se instala en la parte media del cuerpo recto de la torre y se acopla al eje, este componente se encarga de provocar el giro del eje mediante la fuerza de empuje del vástago del actuador (desplazamiento hacia afuera).

Actuador.- Dispositivo que desarrolla un desplazamiento mecánico y de operación neumática

Claro Medio Horizontal: Distancia que resulta de la semisuma de las distancias reales a las estructuras adyacentes a la estructura que se trate.

Torre TAS: Se refiera a una Torre de Acero de Suspensión de un circuito.

Torres TAD°: Se refiera a una Torre de Acero de Deflexión para ángulos de un circuito.

Torres TAR: Se refiera a una Torre de Acero para Remate y ángulos de Deflexión hasta de 30°, de un circuito.

3.1.2. Componentes que integran el sistema de control

UTR: Este componente permite el control remoto del dispositivo electro neumático mediante a través de frecuencias de radio mediante DTMF (Dual Tone Multi Frecuency).

La UTR es un dispositivo avanzado de control supervisorio y comunicaciones usado para incrementar la confiabilidad de la red de distribución. La UTR es un elemento clave de la estrategia de implementación del Smart Grid para el Sector Eléctrico. Este dispositivo habilita el monitoreo remoto de estados de la red y permite operaciones automáticas o manuales de switcheo para aislar fallas y minimizar el tiempo de interrupción a usuario.

3.1.3. Componentes que integran el sistema mecánico

Eje: Su objetivo es transferir la potencia del actuador neumático a las barras de transferencia mediante un giro.

Barras de Transferencia: En este componente se lleva a cabo el ajuste de las distancias dependiendo de la longitud de las crucetas de conductores con las que cuenta la torre, esta calibración es crucial para garantizar el adecuado desplazamiento del perno de liberación.

Mecanismo de Liberación de Conductores: Este componente se instala en el extremo de la cruceta de conductores modificada ó de diseño original, está compuesto por una palanca de bloqueo de giro, un eje de soporte de tensión mecánica y herraje de acoplamiento de conductores al soporte.

Actuador Neumático (Pistón). Este actuador se instala en la parte media del cuerpo recto de la torre y se acopla al eje, este componente se encarga de provocar el giro del eje mediante la fuerza de empuje del vástago del actuador (desplazamiento hacia afuera).

Compresor. Este componente se encarga de generar la fuerza neumática necesaria para activar el actuador neumático. La presión generada deber ser como mínimo 8 bar´s para garantizar la adecuada respuesta del actuador.

Electroválvula. Es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. Se mueve mediante una bobina solenoide.

Bobina. Almacena energía en forma de campo magnético. Todo cable por el que circula una corriente tiene a su alrededor un campo magnético generado por la mencionada corriente, siendo el sentido de flujo del campo magnético el que establece la ley de la mano derecha.

Amplificador de presión. Mejora el rendimiento de los sistemas neumáticos y resuelve los problemas de baja presión en el punto de uso.

CAPÍTULO IV. METODOLOGIA

4.1. Descripción del proyecto

Se tienen desarrollados dos tipos de dispositivos, el monopolar y tripolar. La diferencia entre uno y otro es que el dispositivo monopolar utiliza mecanismos de liberación de conductores con operación independiente cada uno, mientras que el dispositivo Tripolar utiliza mecanismos de liberación de conductores acoplados entre sí a un solo eje de operación simultánea para realizar esta liberación.

4.1.1 Dispositivo electro-neumático para evitar colapsos en torres auto soportadas monopolar

El dispositivo monopolar es un dispositivo formado por un Sistema Electro-Neumático, un Sistema de Fuerza, un sistema de Control y Herrajes para instalarse en cada fase de la torre, es necesario abastecer de forma externa de energía eléctrica para preparar el sistema de fuerza al inicio de la temporada de huracanes para tenerlo en condiciones de operación. (Véase fig. 4.1).

Para las torres con deflexiones mayores de 15º las cuales tienen crucetas rectangulares, el dispositivo se instala por cada fase para asegurar que se mantenga la resistencia mecánica de los herrajes que soportan la tensión de los cables.

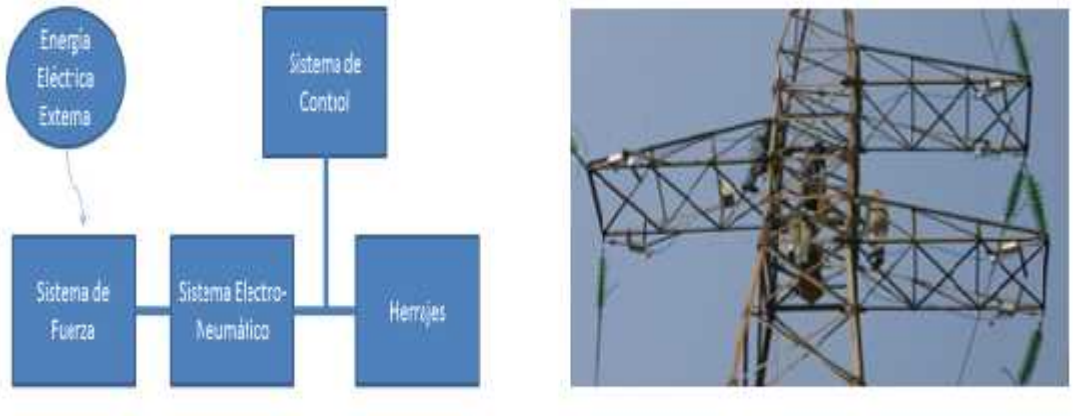


Fig. 4.1. Elementos del dispositivo monopolar

4.1.2 Dispositivo electro-neumático para evitar colapsos en torres auto soportadas tripolar

El dispositivo Tripolar es un dispositivo formado por un Sistema Mecánico y un Sistema Electro-Neumático autónomo, el cual se abastece de energía mediante un panel solar que distribuye energía a los componentes eléctricos del Sistema Electro-Neumático, este autoabastecimiento permite mantener al dispositivo siempre en condiciones de operación utilizando mandos a control remoto, (Véase fig. 4.2).

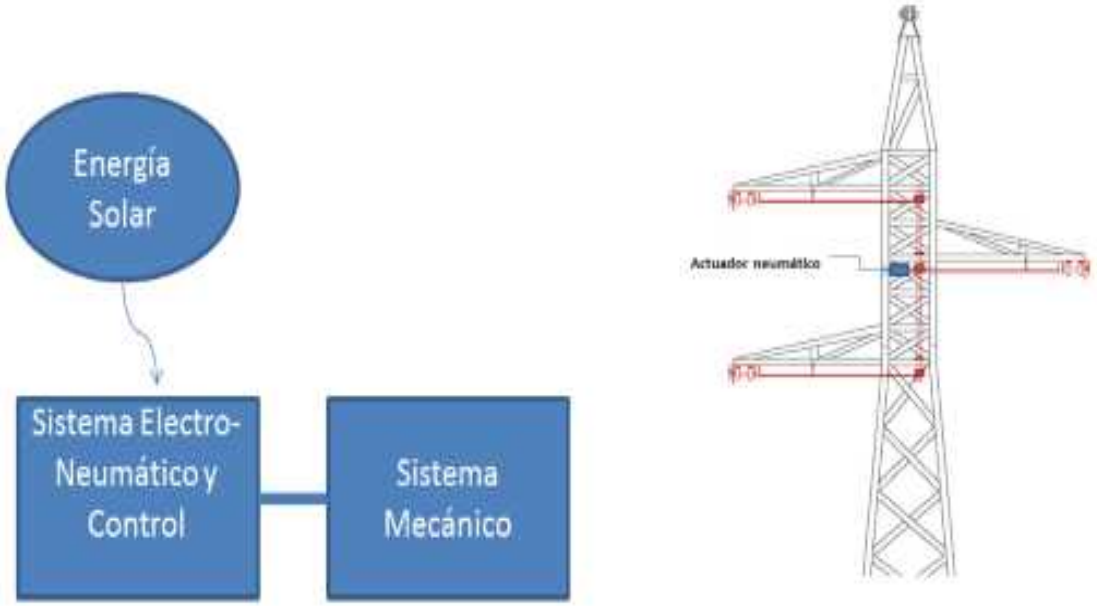


Fig. 4.2. Elementos del dispositivo tripolar

Para las torres rematadas en tangente o con deflexión hasta de 15º, se debe instalar el dispositivo tripolar ya que garantiza que los seis conductores que se encuentran ancladas a las estructuras en donde se instale el dispositivo se liberarán simultáneamente.

El dispositivo siempre se encuentra preparado para activarse, garantiza la operación simultánea de los mecanismos de liberación con el mínimo de ajustes.

4.2. Campo de aplicación

Este dispositivo y los criterios, son para su aplicación en todas las áreas de la Subdirección de Distribución que tienen líneas de tensión de 69 hasta 115 KV., en áreas que se ven afectadas por fenómenos meteorológicos “huracanes”, o cruzamiento de ríos, los cuales ponen en riesgo la estabilidad de sus estructuras y por consecuencia la continuidad del servicio de energía eléctrica.

4.2.1 Aplicación del dispositivo Monopolar

El dispositivo monopolar opera mediante un sistema de fuerza proveniente de un compresor neumático previamente presurizado a un valor de 8 bar´s, este sistema alimenta de manera independiente a cada uno de los actuadores que activan los pernos de liberación del dispositivo. (Véase fig. 4.3).

Este dispositivo puede utilizarse en cualquier tipo de estructuras independientemente de la configuración de conductores en las estructuras y el grado de la deflexión en el trazo existente.

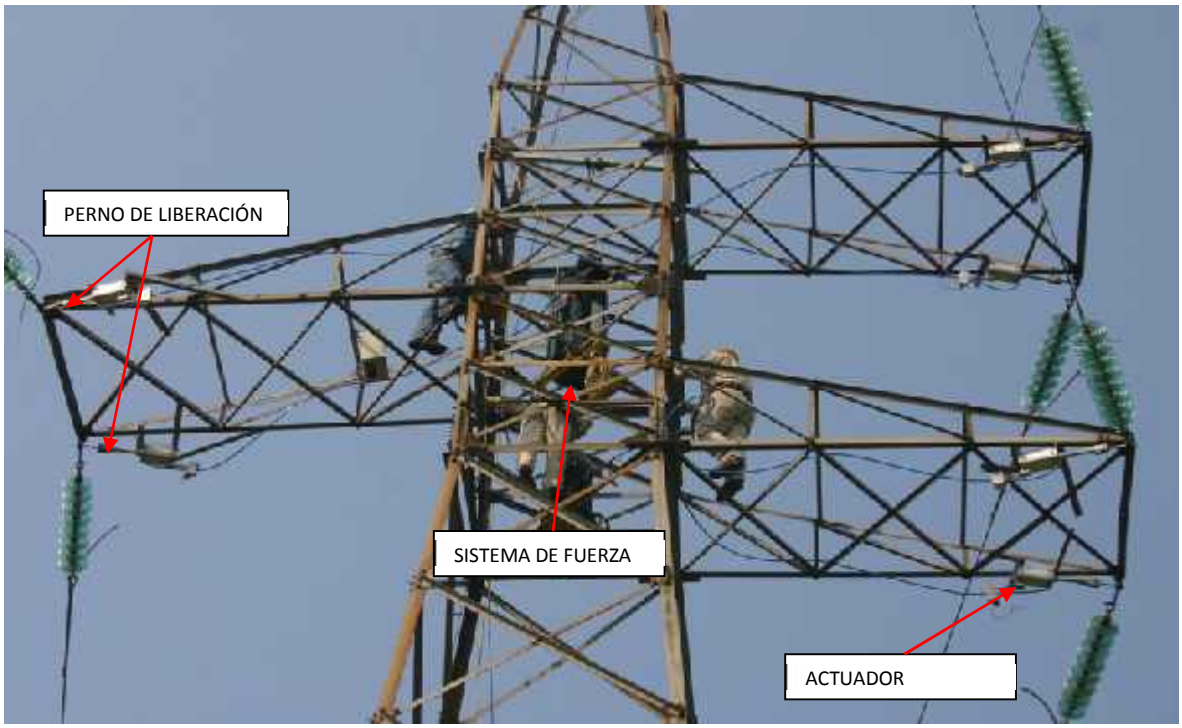


Fig. 4.3. Dispositivo Monopolar

Ventajas:

1.- Este Dispositivo monopolar puede instalarse independientemente del tipo de crucetas (rectangular o triangular) y el grado de deflexión que exista en el trazo de la línea.

Desventajas

1.- Requiere un ajuste meticuloso ya que de este depende que el mecanismo quede sincronizado para lograr la operación simultánea de todos los elementos.

2.- Es necesario realizar el llenado del tanque compresor de manera manual a través de una fuente externa de energía eléctrica antes de la operación.

Con la aplicación del dispositivo se logra disminuir los daños en estructuras a consecuencia del impacto de huracanes, liberándolas de tensiones mecánicas y sobreesfuerzos. (Véase Fig. 4.3)

.

Fig. 4.3. Aplicación del dispositivo monopolar

4.2.2. Aplicación del dispositivo Tripolar

El dispositivo Tripolar opera mediante un sistema Electro-Neumático el cual genera una presión de aire de 8 bar´s con el cual se activa el actuador neumático que opera el sistema mecánico tripolar, el sistema Electro- Neumático es autónomo ya que utiliza celdas solares las cuales abastecen de energía al dispositivo el cual se mantiene siempre en condiciones de operación. (Véase fig. 4.4).

Este dispositivo opera en estructuras de líneas con trazos tangenciales o en estructuras de anclaje con deflexiones no mayores a 15°.

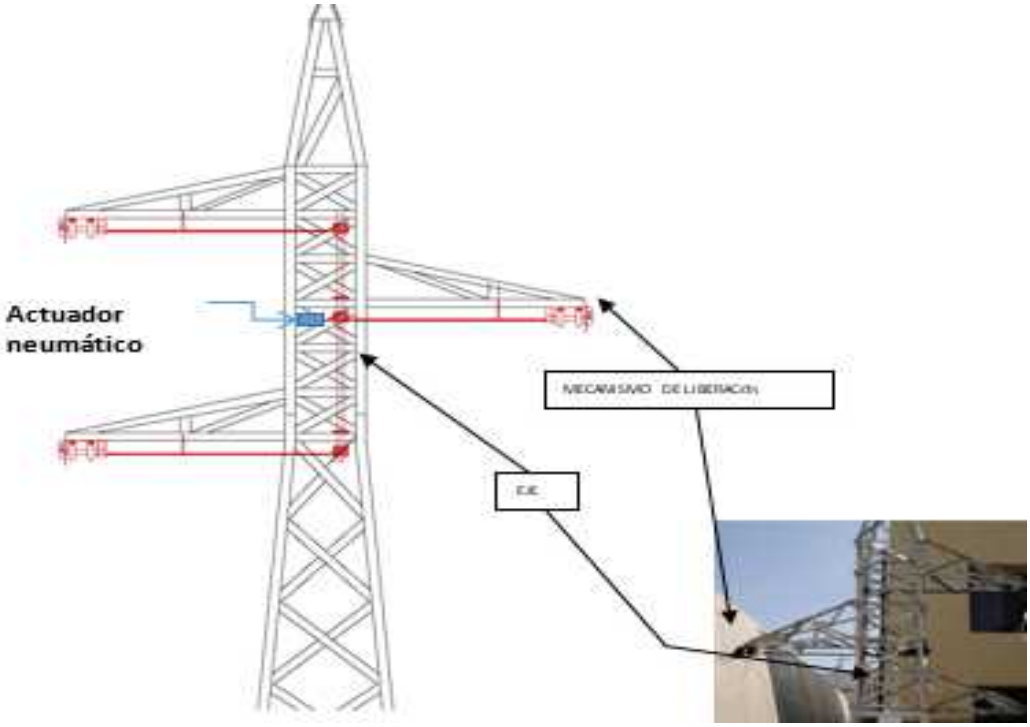


Fig. 4.4. Dispositivo Tripolar

Ventajas:

1.- El dispositivo siempre se encuentra preparado para activarse.

2.- El dispositivo garantiza la operación simultánea de los mecanismos de liberación con el mínimo de ajustes

3.- El compresor se integra al gabinete de control con lo cual se logra la presión neumática necesaria a través del abastecimiento de energía eléctrica de las baterías.

4.3. Consideraciones para su utilización

El dispositivo en cualquiera de sus dos versiones (Monopolar o Tripolar) es utilizado para salvaguardar las estructuras de las líneas de subtransmisión cuyo trazo atraviesa los márgenes de ríos o en zonas costeras, por lo que para su utilización se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones generales:

4.3.1. En cruce de ríos

El objetivo de utilizar el dispositivo en líneas que atraviesan un río que se observe con alto riesgo de afectar las estructuras en la forma siguiente:

1.- Evitar el colapso de las estructuras adyacentes al margen del río, derivado de esfuerzos mecánicos sobre los conductores provocados por obstáculos que se enganchen en los mismos debido al incremento en el nivel del espejo del agua.

2.- Evitar el colapso de estructuras subsecuentes a las estructuras laterales a las márgenes del río, por la socavación o desborde de éste, de manera tal, que se debilite la cimentación y por consecuencia se asume la inevitable perdida de las estructuras adyacentes a los márgenes de río, con el objeto de evitar desencadenar el colapso de estructuras subsecuentes debido a un efecto dominó.

4.3.2. En instalaciones costeras

El objetivo de utilizar el dispositivo en líneas cuya ubicación geográfica se encuentre en zonas costeras es:

1.- Salvaguardar las estructuras que por su ubicación sean las que están más expuestas al impacto de los vientos fuertes originados por el impacto de un huracán.

4.4. Actividades previas para la instalación

Con el objeto de tomar las medidas necesarias para realizar una adecuada aplicación del dispositivo se debe realizar una visita en campo al lugar en donde se pretende realizar su instalación y de llevar a cabo los trabajos previos para acondicionar las instalaciones existentes.

4.4.1. En cruce de ríos

Existe cruce de río en trazo de línea de media tensión sin riesgo para las cimentaciones de las torres adyacentes, por lo cual se pretende retirar el conductor del cruce y proteger las estructuras.

Esta alternativa se utilizara cuando se observe que las cimentaciones de las torres adyacentes no tienen riesgo de fallar por las corrientes del rio, sin embargo se corre el riesgo de que objetos arrastrados por las corrientes se atoren con los conductores, poniendo en riesgo a la estabilidad de las estructuras.

1.- Conductores en el claro interpostal del cruce:

- Obstáculos.- Si existen obstáculos en el claro interpostal del cruce del río por ejemplo: Construcciones, Cruces con líneas de media tensión o baja tensión, Zonas arboladas, líneas telefónicas, etc… Analizar el efecto que el soltado de líneas provocará en los obstáculos mencionados.
- Tensión Mecánica.- El equipo funciona independientemente de la longitud del claro interpostal, sin embargo, la tensión mecánica de los conductores no debe exceder las 2 Toneladas.
- El equipo se configura solo para que durante la operación, únicamente se realice la liberación de los conductores del lado del claro interpostal que cruza el río.
- Para la unión de los puentes en la estructura en donde se instala el dispositivo se utilizan los conectores suministrados en el kit de instalación del dispositivo. Estos conectores permiten la desconexión de los conductores, durante la liberación de los mismos.
- El hilo de guarda permanece unido mecánicamente a la estructura.

2.- Estructuras:

- 2.1.- Si las estructuras adyacentes al cruce del río son de remate se verifica lo siguiente:
  - ✓ Deflexión.- Si la deflexión originada por el cambio de trazo de la línea en el cruce del río es menor a 15º considerar la aplicación del dispositivo tripolar, si es mayor a este valor, utilizar dispositivo monopolar.
  - ✓ Ubicación.- Para utilizar este criterio, las estructuras deben estar situadas a una altura tal que ante un eventual desborde del río estas no queden expuestas al socavamiento(erosión) del terreno con la consecuencia de que se debilite la cimentación de la estructura y se origine su colapso.
  - ✓ Cimentación.- La cimentación de las estructuras debe estar en óptimas condiciones conforme al tipo de estructura, para garantizar que ésta no sufrirá daño por los esfuerzos mecánicos generados en la misma, por el efecto del soltado de conductores en el claro interpostal del cruce del río. (Véase fig. 4.5.).
  - ✓ Fierro estructural.- La estructura debe contar con todos sus componentes estructurales de diseño, para garantizar que la estructura no sufrirá daño por los esfuerzos mecánicos generados en la misma, por el efecto del soltado de conductores en el claro interpostal del cruce del río.
  - ✓ La instalación del dispositivo se realizará sobre las estructuras TAD o similar existentes.

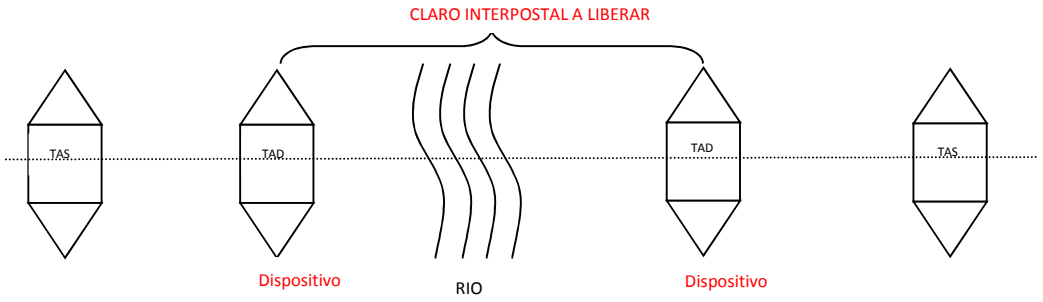


Fig. 4.5. Claro interpostal a liberar

- ✓ El conductor, aislamiento y herraje de sujeción se pierden durante la operación del dispositivo por lo anterior, se deben contar con las existencias de los materiales siguientes: Conductor, Aislamiento, Grapas remate según calibre de conductor, Herrajes de acoplamiento (Parte del dispositivo),Clavera y Ojo, Y bola

- ➢ 2.2.- Si las estructuras adyacentes al cruce del río son de suspensión se verifica lo siguiente:
  - ✓ Para salvaguardar la integridad de las estructuras adyacentes durante la operación del dispositivo, considerando el refuerzo de crucetas de conductor de las dos estructuras a cada lado del cauce del río. (Véase fig. 4.6.).

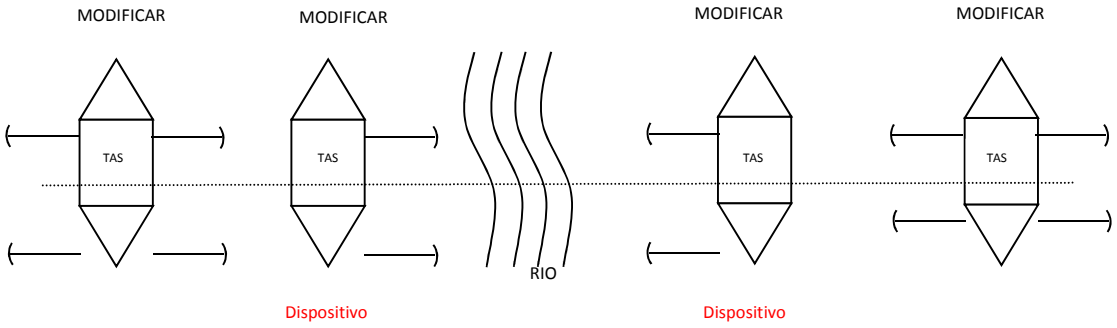


Fig. 4.6. Refuerzo de crucetas de conductor

  - ✓ Instalar retenidas tangenciales al trazo de la línea como se indica en la figura. Estas retenidas deben ser instaladas con cable AG 9 formando un ángulo de 45º con respecto al piso y a medio tramo del cuerpo recto de la estructura, reforzando el punto de sujeción con un cinturón de fierro ángulo.
  - ✓ Se realiza un total de cuatro modificaciones como las ilustradas en la figura 4.6.

Existe cruce de río en trazo de línea de alta tensión por lo cual se pretende proteger las estructuras subsecuentes a las estructuras adyacentes al cruce del río.

Esta alternativa se aplicara cuando se observe que las cimentaciones de las torres adyacentes corren el riesgo por deslaves o desbordamiento del rio y se pone en riesgo además a las torres subsecuentes.

1.- Conductores en el claro interpostal del cruce:

- Obstáculos.- Si existen obstáculos en el claro interpostal del cruce del río por ejemplo: Construcciones, Cruces con líneas de media tensión o baja tensión, Zonas arboladas, etc… Analizar el efecto que el soltado de líneas provocará en los obstáculos mencionados.
- Tensión Mecánica.- El equipo funciona independientemente de la longitud del claro interpostal, sin embargo, la tensión mecánica de los conductores no debe exceder las 2 Toneladas.
- El equipo se configura solo para que durante la operación, solo se realice la liberación de los conductores del lado del claro interpostal que cruza el río.
- Para la unión de los puentes en la estructura en donde se instala el dispositivo se utilizan los conectores suministrados en el kit de instalación del dispositivo. Estos conectores permiten la desconexión de los conductores, durante la liberación de los mismos.
- El hilo de guarda se separa mecánicamente a la estructura mediante unión en falso.

2.- Estructuras:

- 2.1.- Si las estructuras adyacentes al cruce del río son de remate se verifica lo siguiente:
  - ✓ Ubicación.- Para utilizar este criterio, las estructuras deben estar situadas a una altura tal que ante un eventual desborde del río estas queden expuestas a la erosión del terreno con la consecuencia de que se debilite la cimentación de la estructura y se origine su colapso.
  - ✓ Cimentación.- La cimentación de las estructuras debe estar en óptimas condiciones, para garantizar que la estructura no sufrirá daño por los esfuerzos mecánicos generados en la misma, por el efecto del soltado de conductores en el claro interpostal del cruce del río.

- ✓ Fierro estructural.- La estructura debe contar con todos sus componentes estructurales de diseño, para garantizar que la estructura no sufrirá daño por los esfuerzos mecánicos generados en la misma, por el efecto del soltado de conductores en el claro interpostal del cruce del río.

- 2.2.- Si las estructuras adyacentes al cruce del río son de suspensión se verifica lo siguiente:
  - ✓ Para salvaguardar la integridad de las estructuras adyacentes al cauce del río, se considera el refuerzo de crucetas de conductor, cuerpo recto y piramidal de dos estructuras adyacentes a cada lado del cauce del río.
  - ✓ Instalar retenidas tangenciales al trazo de la línea.

4.4.2. En instalaciones costeras

Existe línea de subtransmisión con trazo expuesto al impacto de vientos fuertes provocados por el impacto de huracán.

Esta alternativa se aplicará cuando después del análisis de factibilidad del sistema se determina que no existe la posibilidad de realizar el bajado de conductores con medios manuales de manera previa al impacto del fenómeno meteorológico.

1.- Conductores en el claro interpostal:

- Obstáculos.- Si existen obstáculos en el claros interpostales por ejemplo: Construcciones, Cruces con líneas de MT (media tensión) o BT (baja tensión), Zonas arboladas, Cruces de carreteras, Instalaciones Telefónicas, Televisión por Cable, etc. Analizar el efecto que el soltado de líneas provocará en los obstáculos mencionados.
- Tensión Mecánica.- El equipo funciona independientemente de la longitud del claro interpostal, sin embargo, la tensión mecánica de los conductores no debe exceder las 2 Toneladas en las estructuras de remate.
- Para la unión de los puentes en la estructura en donde se instala el dispositivo se utilizan los conectores tipo “T” los cuales funcionan como

fusibles mecánicos durante la operación del dispositivo. Estos conectores permiten la desconexión de los conductores, durante la liberación de los mismos.

- El hilo de guarda permanece unido mecánicamente a la estructura.

2.- Estructuras:

- 2.1.- Las estructuras a proteger y sobre las cuales se realizará la instalación del dispositivo se verifica los siguiente:
  - ✓ Cimentación.- La cimentación de las estructuras debe estar en óptimas condiciones, para garantizar que la estructura no sufrirá daño por los esfuerzos mecánicos generados en la misma, por el efecto del soltado de conductores en el tramo a proteger.
  - ✓ Fierro estructural.- Las estructuras deben contar con todos sus componentes estructurales de diseño, para garantizar que la estructura no sufrirá daño por los esfuerzos mecánicos generados en la misma, por el efecto del soltado de conductores en el claro interpostal del cruce del río.
  - ✓ El dispositivo se instalará cada cuatro estructuras. (Véase fig. 4.7).

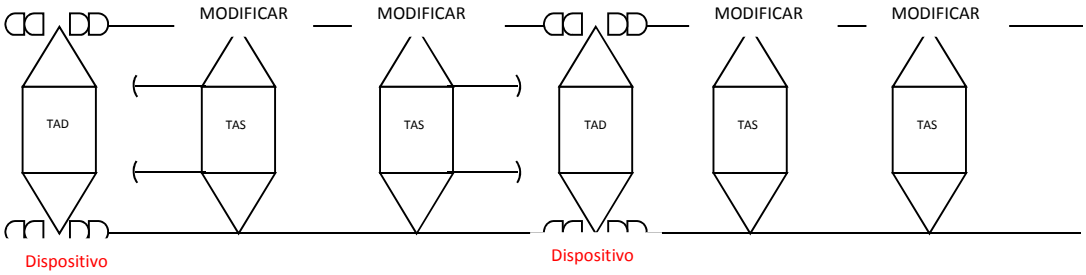


Fig. 4.7. Instalación del dispositivo en las estructuras

  - ✓ Las estructuras de remate original no se instalan los dispositivos

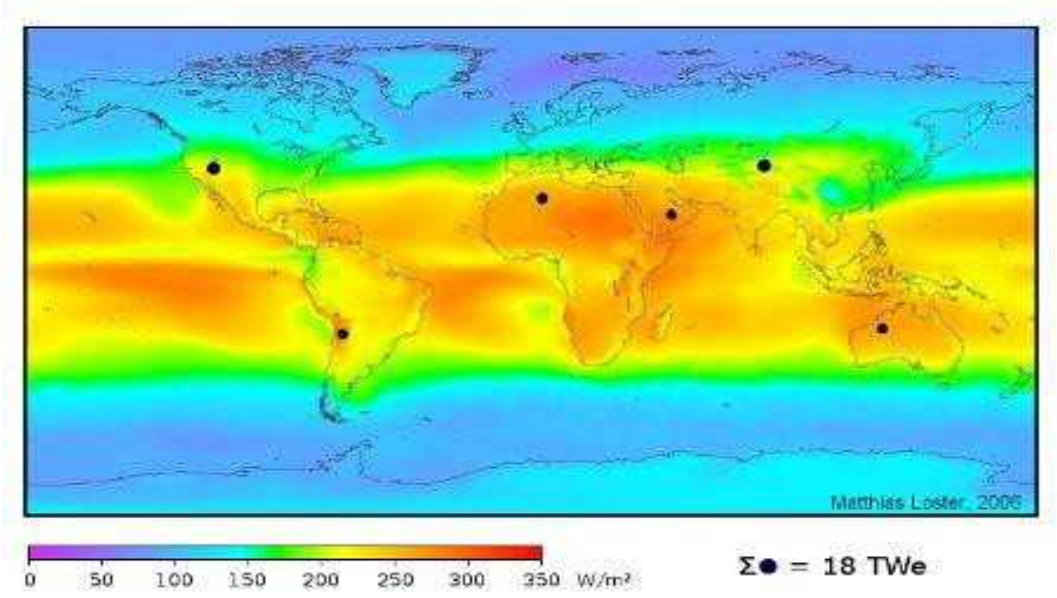
CAPÍTULO V. FABRICACION DEL DISPOSITIVO

5.1. Realizar investigaciones de cómo implementar la energía eléctrica externa

La luz solar forma parte del espectro electromagnético, es decir, es un tipo de onda electromagnética que se desplaza por el espacio en todas direcciones y alcanzar la Tierra en un tiempo de 8 minutos.

Se ha calculado que la potencia de irradiación del sol es de 200x1012 KW, más que la potencia total de todas las centrales de todo tipo funcionando actualmente en la Tierra. En un solo segundo, el Sol irradia más energía que la que ha consumido en toda su historia de la humanidad. La intensidad de radiación emitida sobre la Tierra es constante, pero no así la finalmente recibida en su superficie. La época del año, la hora del día, la latitud y la climatología modifican enormemente la recepción en la tierra. La radiación que alcanza la superficie terrestre tiene por término medio una intensidad de potencia de 900 W/m2.

Además la energía solar es una fuente de energía renovable y, por tanto, inagotable, limpia y se puede aprovechar en el mismo lugar en que se produce.



Mapa 5.1. Regiones con mayor incidencia de los rayos solares

En el mapa 5.1. Apreciamos las regiones con mayor incidencia de los rayos solares sobre nuestro planeta. Instalando paneles solares en estas podemos optimizar un poco más el uso y aprovechamiento de la energía solar.

Los paneles solares se utilizaban principalmente en el espacio, para alimentar satélites y naves espaciales. Pero actualmente se está extendiendo su uso en muchas aplicaciones. En muchas casas y lugares donde no llega la red eléctrica ya se ha transformado en una alternativa viable para obtener energía eléctrica.

Una de las grandes ventajas de los paneles solares es que son muy sencillos de instalar, no se requiere de una gran infraestructura, y puede ser utilizado tanto en hogares, hoteles, clubes deportivos, o industrias.

Estos paneles están conformados por células fotovoltaicas que captan la energía solar y la almacenan en unas baterías que permiten que la energía se utilice en tiempo real o que se acumule para ser utilizada posteriormente.

El panel solar se encarga de colectar energía eléctrica en una batería con ayuda de su controlador de carga. Siempre que haya sol, el panel solar estará generando energía eléctrica y el controlador de carga estará suministrando esa energía a la batería. Cuando la batería este completamente cargada, el controlador de carga dejara de suministrarle energía. Siendo esta la que alimenta al inversor La función del inversor es convertir la corriente directa de la batería en una corriente eléctrica alterna de 110 VAC. Esto con el fin de poder alimentar a la fuente del PLC y al compresor. (Véase fig. 5.1).

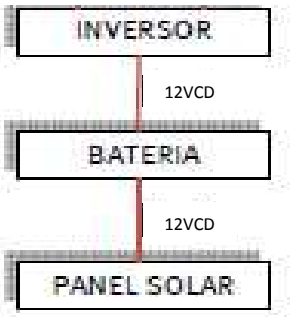


Fig. 5.1 diagrama de conexión del panel solar

5.2. Diseñar el sistema electro-neumático

El sistema electro-neumático es de fabricación comercial y se encuentra en el mercado consta de los siguientes componentes. Estas se instalaran de acuerdo al diagrama de conexiones. (Véase fig. 5.2).

El actuador neumático cuenta con las siguientes características:

De doble efecto (empuje y jalado)

Desplazamiento del vástago lineal de 100 mm Rosca del vástago M27x2.

Presión de funcionamiento 0.6 - 10 bar

Accionado por Fluido de Aire seco, lubricado o sin lubricado

Fuerza mínima con presión de 6 bar al retroceso 6,881 N

Fijación frontal y posterior con rosca interior m12.

Conexión neumática rosca interior de ½" NPT.

Vástago fabricado en Acero inoxidable aleación 304, con guardapolvo tipo fuelle.

Camisa del cilindro fabricado en Aleación forjable de aluminio anodizado deslizante. Montado sobre este cilindro Válvula neumática tipo 3/2, con accionamiento neumático, caudal mínimo de 3.7 litros por minuto, presión de funcionamiento de 0-10 bar, reposicionamiento en base a muelle mecánico con sentido de flujo no reversible y presión de operación para el control de 1.2 a 10 bar, para fluido de aire comprimido, lubricado o sin lubricado, fijada directamente al actuador neumático, con conexiones del tipo G de ½" en fundición de aluminio, con dos filtros con elemento de poliamida y soporte fabricado en aluminio, la válvula debe estar montada directamente en la parte posterior del actuador preparada para realizar la función de retracción del pistón cuando se encuentre con señal de accionamiento (piloteada) y en avance de manera normal, se surtirá con tubo flexible entre la válvula y conexión de tapa delantera del actuador. (Véase fig. 5.3 y fig. 5.2).

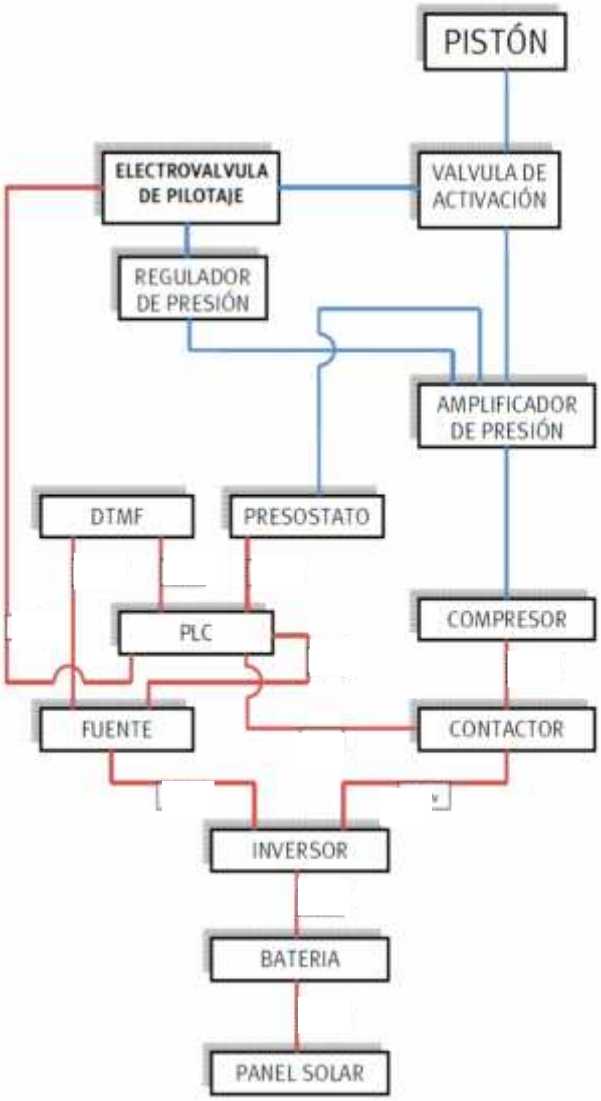


Fig. 5.2. Diagrama de conexión del sistema electro-neumático

Fig. 5.3**.** Sistema electro-neumático

5.3. Diseñar el sistema de control

El Sistema de Control cuenta con las siguientes características:

Un Gabinete de acero al carbón, con junta de espuma inyectada, para un sellado hermético de la puerta, y zapata de puesta a tierra con 2 metros de cable. En el interior del gabinete deberán estar fijas y cableadas. (Véase Fig. 5.4)

Fig. 5.4 Gabinete de acero

Una electroválvula tipo 5/2 de 1/4 in, con accionamiento eléctrico, con caudal de 1200L x min. Con asiento tipo plato, y presión de funcionamiento max. De 10 bars, protección de IP65, posición de montaje indistinto, con accionamiento manual auxiliar, con enclavamiento, control prepilotado, conexiones neumáticas de ¼ con cuerpo de material de fundición inyectada de aluminio.

Con bobina de 12 VCD con una potencia de 4.1 Watts con tipo de protección IP 65, temperatura de operación de -5 a 40° C. Conector tipo clavija.

Con un conexiones neumáticas a pasamuro de 8mm. Interior para tubo flexible de 8mm de diámetro exterior, compresión de funcionamiento de 0 a 10 bars, a una temperatura de -10 a 80°C con cuerpo de latón niquelado, con silenciadores de ½ con salida exterior al gabinete. Con presión de funcionamiento de 10bars.

Riel Din con clemas de conexiones eléctricas montadas sobre el riel, y conexión de puesta a tierra con cable calibre 14 con zapata y longitud de 3M Con una

Unidad de controlador lógico programable con alimentación de 24 VCD y salidas a 12 VCD. Preparado para conectarse a un decodificador de tonos tipo radio.

El gabinete tendrá un sistema de alimentación de energía solar, con un celda de 30 Watts y una medida de 668x426X35 mm tipo MCSP30- GCS con su controlador de carga y batería de ciclo profundo e inversor de 12 VCD a 120 VCA. Conectado todo listo para su puesta en marcha.

Amplificador de presión con relación 2:1 para mantener y llenar a un acumulador de aire con 5 micras de grado de filtrado con una capacidad de 10 Litros con protección a la intemperie.

El compresor libre de aceite con motor universal de baja potencia con salidas neumáticas de 1/8” que alimentaran al amplificador y este llenara al acumulador.

10 metros de tubo flexible de 16 mm, para conexiones rápidas tipo racor.

10 metros de tubo flexible de 8 mm para conexiones rápidas tipo racor.

Unidad terminal remota Este componente permite el control remoto del dispositivo mediante a través de frecuencias de radio mediante DTMF (Dual Tone Multi Frecuency)

Unidad terminal remota

Las unidades terminales remotas son dispositivos de adquisición de datos y control en campo, cuya función principal es hacer de interfaz entre los equipos de instrumentación, control local, sistema de adquisición de datos y control supervisorio.

La arquitectura de la unidad terminal remota consta típicamente de:

A. Módulo de Entrada
B. Módulo de Control
C. Módulo de Procesamiento de Información (CPU)
D. Módulo de Comunicaciones
E. Módulo de Sincronización de Tiempo (GPS)

Una UTR (unidad terminal remota) tiene la capacidad de monitorear un número de entradas/salidas (I/O) relacionadas con un proceso, analizar y mantener datos en tiempo real, ejecutar algoritmos de control programados por el usuario, comunicarse con la estación maestra y en algunos casos, con otras remotas.

La tecnología de estado sólido ha revolucionado el diseño electrónico de las UTRs en los últimos años, extendiéndose al uso de unidades microprocesadoras equipadas con memoria tipo de solo lectura y borrada electrónicamente (EEPROM) y del tipo de Acceso Directo (RAM) respaldada con batería de litio para salvaguardar la programación en caso de fallas eléctricas tiene capacidades de comunicación con sistemas de medición, transductores, controladores lógicos programables (PLC), sistemas de control etc.

La CPU es la unidad controladora de todas las funciones de la unidad terminal remota, ya que dirige todas las transferencias de data entre los registros y las localidades de memoria, y controla las interrupciones de la interfaz de comunicación la cual envía el dato de la UTR a la unidad terminal maestra. EL microprocesador de la UTR contiene una serie de registros destinados a almacenamiento temporal de instrucciones, direcciones de memoria y/o resultados de ciertas operaciones.

Esta unidad central de procesamiento es la encargada, como su nombre lo indica, de procesar la información adquirida del campo o transmitida por la unidad terminal maestra, con la finalidad de ejecutar la tarea correspondiente, bien sea una acción de control o de comunicación.

Las funciones de procesamiento de datos de la UTR se conocen en una secuencia determinada por el software de la misma. Los datos e instrucciones se almacenan en módulos de memoria RAM y/o ROM y las instrucciones del programa son secuenciadas por un reloj de tiempo real.

Una UTR cuenta con módulos de entradas/salidas los cuales son conectados al sistema de instrumentación y control local. Los módulos de entrada tienen como función adquirir la información suministrada por la instrumentación de campo y el sistema de control local y, acondicionarla a los niveles de operación adecuados.

La UTR es un dispositivo avanzado de control supervisorio y comunicaciones usado para incrementar la confiabilidad de la red de distribución. La UTR es un elemento clave de la estrategia de implementación del Smart Grid para el Sector Eléctrico. Este dispositivo habilita le monitoreo remoto de estados de la red y permite operaciones automáticas o manuales de switcheo para aislar fallas y minimizar el tiempo de interrupción a usuario.

La UTR es rápida y precisa en la detección de fallas; ésta integra las mediciones de los sensores y puede comunicarse con otros equipos usando protocolos estándar o propietarios para proveer información en tiempo real al operador.

En el sector eléctrico la UTR tiene la sig. Ventaja.

• Monitorea y controla transformadores, relevadores de protección de subestación y los interruptores relevadores utilizando tecnología de detección para registrar cuales secciones del alimentador experimentan corriente de falla.

• Utiliza capacidades de comunicación avanzadas para aislamiento de fallas y restauración de sistema para aislar de forma remota un sección de red de energía MV dañada y restaurar el fluido eléctrico a los clientes.

• Regula el voltaje y el factor de poder mediante control remoto de bancos de capacitores a lo largo de la red proporcionando una facturación más precisa y una reducción en pérdidas de energía a lo largo de la red.

• Ayuda a las centrales de generación de energía a suplir eficazmente la creciente demanda de electricidad a través del monitoreo de calidad de energía.

5.4. Diseñar el Sistema mecánico

Todas las piezas del sistema mecánico son fabricadas en acero inoxidable con las siguientes características:

Acero duro: El porcentaje de carbono es de 0,55%. Tiene una resistencia mecánica de 70-75 Kg/mm2, y una dureza de 200-220 HB. Templa bien en agua y en aceite, alcanzando una resistencia de 100 kg/mm2 y una dureza de 275-300 HB.

Aplicaciones: Ejes, transmisiones, tensores y piezas regularmente cargadas y de espesores no muy elevados.

El sistema mecánico tiene la función de retener o liberar la tensión mecánica de los conductores, y opera con la potencia proporcionada por el Sistema Electro-Neumático; está formado por los siguientes componentes:

a).- Eje de Giro: Este componente del sistema mecánico se instalará sobre las “X” del cuerpo recto mediante la fijación de los baleros a los ángulos de acero de las “X” manteniendo las distancias y tolerancias indicadas en el diagrama de montaje. Su objetivo es transferir la potencia del actuador neumático a las barras de transferencia mediante un giro. La posición de las palancas con la que cuenta el eje se instalan de tal manera que cada una, durante el giro del eje, genera una fuerza de acción hacia el interior de la torre (jalar la barra de transferencia). (Véase fig. 5.4).

El dispositivo se instalara en aquellas instalaciones que por su ubicación geográfica se encuentren expuestas al impacto de fenómenos naturales (instalaciones costeras) o estructuras en cruces de ríos que en presencia de lluvias intensas pueden colapsar.

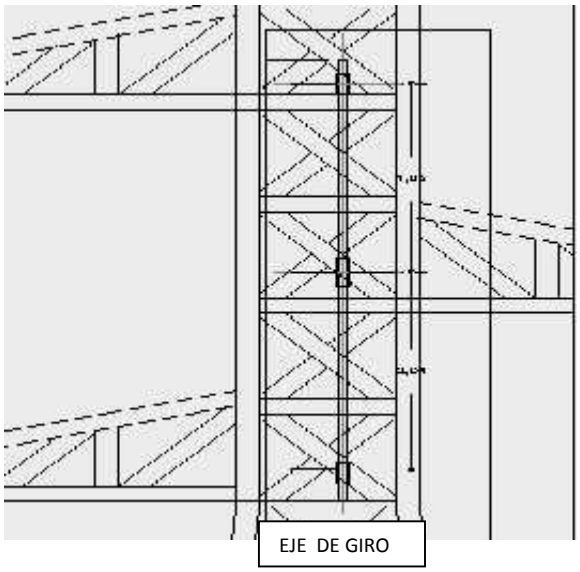


Fig. 5.4 Eje de giro

b).- Barras de Transferencia: Este componente se acopla al “eje” mediante horquilla de acoplamiento como se indica y se sujeta a la parte inferior de la cruceta de conductores mediante bujes, (Véase fig. 5.5). Su objetivo es trasmitir la potencia del giro del eje, al perno de liberación. En este componente se lleva a cabo el ajuste de las distancias dependiendo de la longitud de las crucetas de conductores con las que cuenta la torre, esta calibración es crucial para garantizar el adecuado desplazamiento del perno de liberación. (Véase la fig. 5.6).

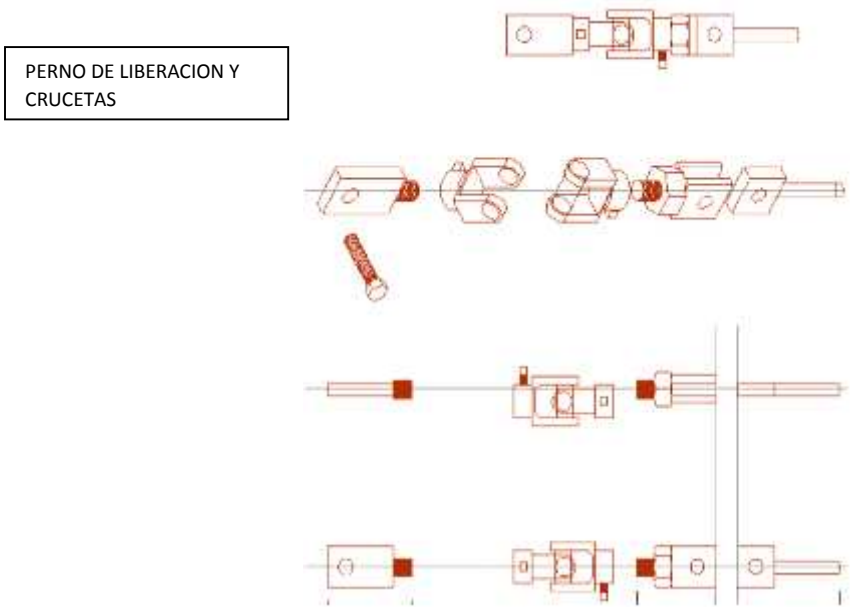


Fig. 5.5. Perno de liberación y crucetas

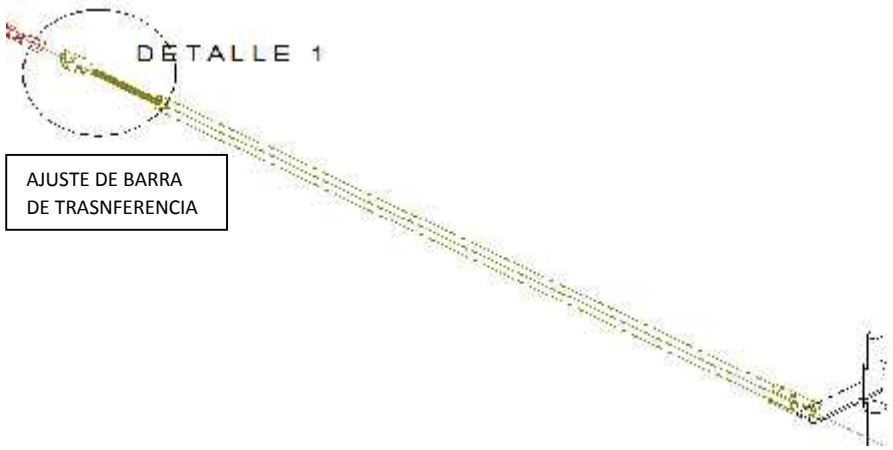


Fig. 5.6. Barra de transferencia

c).- Mecanismo de Liberación de Conductores: Este componente se instala en el extremo de la cruceta de conductores modificada ó de diseño original, está compuesto por una palanca de bloqueo de giro, un eje de soporte de tensión mecánica y herraje de acoplamiento de conductores al eje de soporte.
(Véase fig. 5.7).

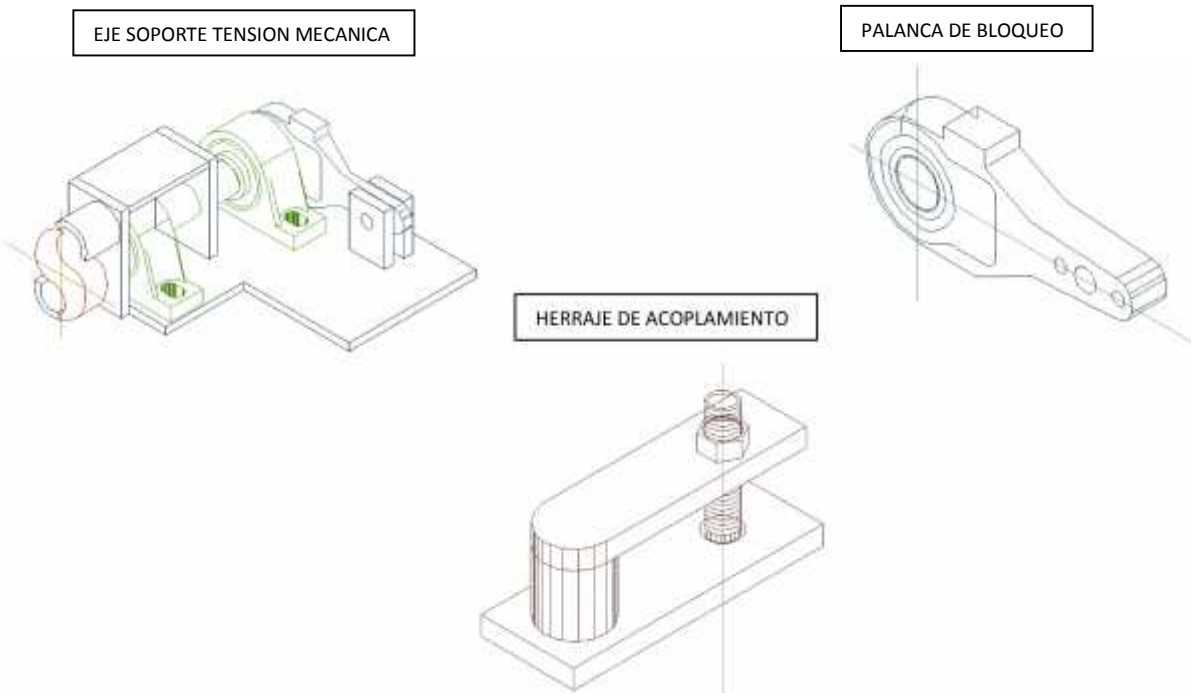


Fig. 5.7. Mecanismo de Liberación de Conductores

CAPITULO VI. ANALISIS TECNICO

6.1. Presiones de viento para diseño

Dentro de los criterios principales para el diseño de las líneas aéreas se encuentran velocidades de viento que como consecuencia nos da una presión de viento tanto en cables como en las mismas estructuras que se mencionan a continuación. (Véase tabla 6.1).

ELEMENTO	PRESION DE VIENTO BAJA	PRESION DE VIENTO MEDIA	PRESION DE VIENTO ALTA
Cables	39	47	51
Torres	101	125	110
VELOCIDAD KM/HR	91.00	99.89	104.06

Tabla 6.1. Presiones de viento para diseño de líneas aéreas

6.2. Limitaciones mecánicas de las estructuras de torres por viento

En una línea aérea, las fuerzas que más exponen a la estructura a algún daño por efectos del viento, son las fuerzas transversales trasmitidas por los conductores a esta, carga que se limita, analizando para cada tipo de estructura, el claro que se denomina claro medio horizontal o eolovano.

El claro medio horizontal se define como la semisuma de los claros adyacentes a la estructura que se trate.

$$\mathrm{CMH} = \frac{\mathrm{L1} + \mathrm{L2}}{2}$$

Para las diferentes presiones de viento normalizadas, el valor de este claro medio horizontal en el caso de las torres mencionadas es el siguiente. (Véase tabla 6.2).

TIPO	39 kg/m2	47 kg/m2	51 kg/m2
TAS	540	450	
TAD30	540	450	
TAD60	540	450	
TAR30	450	375	
A			465
B			490
C			460
TASP		500	
TAD30P		500	
TAD60P		500	
TAR30P		350	
TAS2P		450	
TAD302P		450	
TAD602P		450	
TAR302P		350	

Tabla 6.2. Claro Medio Horizontal por tipo de torre y presión de viento en cables

6.3. Utilización real de las torres

Las torres de suspensión que maximizan su utilización en razón del claro real y el peso del fierro estructural son las denominadas de nivel +0 cuya altura útil en la familia de las de diseño ligero tienen una altura útil de 18 M, y en las de diseño pesado varía entre 19 y 21 M.

Para la localización de las torres en terreno plano se tiene normalizado un parámetro de tendido de conductores de 1500 mt, a 50° C y para terreno abrupto de 1600 mt, a 50° C, estos parámetros permiten lograr claros reales según se menciona en la tabla siguiente. (Véase tabla 6.3).

TIPO	ALTURA UTIL	TERRENO PLANO	TERRENO ABRUPTO
TAS	18	363.32	375.23
TAD30	18	363.32	375.23
TAD60	18	363.32	375.23
TAR30	18	363.32	375.23
A	19.1	381.05	393.55
B	18.85	377.09	389.46
C	18.85	377.09	389.46
TASP	21	409.88	423.32
TAD30P	21	409.88	423.32
TAD60P	21	409.88	423.32
TAR30P	21	409.88	423.32
TAS2P	19	379.47	391.92
TAD302P	19.15	381.84	394.36
TAD602P	19.15	381.84	394.36
TAR302P	19	379.47	391.92

Tabla 6.3. Claros reales que se logran en torres por libramiento a 50°C en terreno plano

Esta diferencia entre el Claro Medio Horizontal y el Claro Real, nos permite ver que en cuanto al esfuerzo que las torres soportan por efecto del viento, estas están subutilizadas y por tanto pueden soportar mayores presiones de viento, aunado a lo anterior se tiene que los CMH indicados están afectados por un factor de seguridad que se le da a la torre de 1.8, con lo cual también permite suponer que la torre soportara aun mayor esfuerzo.

6.4. Determinación de la presión y velocidad de viento soporte

La presión del viento (p), en función de la velocidad efectiva del viento, está expresada por la fórmula de Buck para superficies cilíndricas y aceptadas generalmente en cálculos de vanos:

$p = 0.00471\ V^2$

En donde p viene dado en kilogramos por metro cuadrado y V en kilómetros por hora.

Por lo tanto $V = \sqrt{\frac{P}{.0}}$

Partiendo de las presiones de viento de diseño, las condiciones de claro máximo en terreno plano por el libramiento al piso, con un factor de seguridad de 1.5, determinamos la presión de viento y su velocidad máxima a que se verán sometidas las torres de las líneas antes de retirarle los conductores sin llegar a su máxima resistencia que le da el factor de seguridad de 1.8, es decir tendrá todavía un factor de seguridad de 0.3. (Véase tabla 6.4)

TIPO	PRESION DE VIENTO (KG/M2)		VELOCIDAD DE VIENTO (KM/HR)	
	PLANO	ABRUPTO	PLANO	ABRUPTO
TAS	58.21	56.36	166.76	164.09
TAD30	58.21	56.36	166.76	164.09
TAD60	58.21	56.36	166.76	164.09
TAR30	48.51	46.97	152.23	149.80
A	62.24	60.26	172.43	194.81
B	66.27	64.17	177.93	231.08
C	62.21	60.24	172.39	193.56
TASP	57.33	55.51	165.50	162.85
TAD30P	57.33	55.51	165.50	162.85

TAD60P	57.33	55.51	165.50	162.85
TAR30P	40.13	38.86	138.47	136.25
TAS2P	55.74	53.97	163.17	160.56
TAD302P	55.39	53.63	162.67	160.06
TAD602P	55.39	53.63	162.67	160.06
TAR302P	43.35	41.97	143.91	141.60

Tabla 6.4. Presión y velocidad de viento máxima que soportan las torres bajo las condiciones de instalación.

Las torres tipo TAR solo se usan en remates de la línea a la llegada de la subestación o entronques de líneas, por lo cual su claro medio horizontal normalmente es muy corto lo que evita que tenga grandes esfuerzos por viento, ya que el mayor esfuerzo es por la tensión de los conductores, por lo anterior estas presiones de viento soporte no son una limitante.

CAPITULO VII. RESULTADOS

7.1. Pruebas técnicas

Durante la Instalación.- Con el objeto de garantizar la operación del dispositivo se realizan durante la instalación pruebas de operación en vacío del dispositivo desacoplando el perno de liberación de la barra de transferencia y colocando el perno de seguridad en la palanca de bloqueo de giro.

Durante la operación.- Después de la revisión de los componentes de los sistemas mecánicos y Electro-Neumático**,** se procede con las pruebas de acuerdo al procedimiento señalado para pruebas durante la instalación.

7.2. Recursos para su instalación

7.2.1. Personal

Se utiliza para la su instalación en una torre auto soportada tres parejas con conocimiento de maniobras para la operación y mantenimiento de líneas de subtransmisión diseñadas con torres auto soportadas.

7.2.2. Herramientas

Las herramientas necesarias para la instalación del dispositivo son las que comúnmente usa el personal de mantenimiento de líneas, siendo las más representativas las siguientes. (Véase tabla 7.1).

No.	Descripción	Cantidad
1.-	Aparejo	1
2.-	Montacargas 3 Ton	2
3.-	Tensor	2
4.-	Punzonadora	1
5.-	Pinza compresión	1

Tabla 7.1. Herramientas para instalaciones del dispositivo

7.3. Relación de estructuras donde se realizaron pruebas de instalación en la Zona Tapachula. (Véase tabla 7.2).

EST. 325 LINEA MAP-73520/530-ANG

N° Estructura	Tipo	Localización
323	TAS	Río margaritas
325	TAS	Río margaritas

Tabla 7.2. Relación de estructuras de pruebas

7.4. Mantenimiento preventivo

Los principales puntos de Inspección más verificados son los sig.:

Baterías.- Se verifica el estado físico de las baterías y el nivel de tensión el cual deben ser de 12 VCD

Inversor.- Verificar que el voltaje de salida de este equipo sea de 110 VCA

Conexiones Eléctricas.- Las conexiones no deben presentar indicios de sulfatación, corrosión o falsos contactos.

Conexiones Neumáticas.- Las conexiones de mangueras no deben presentar fugas.

Mangueras.- Vigilar el estado de las mangueras las cuales no deben presentar fisuras o daños provocados por el sol, si este es el caso, deben sustituirse a la brevedad.

Pistón (Actuador).- El actuador no debe presentar fugas o indicios de corrosión en el vástago, ya que de existir corrosión en este elemento puede presentarse una operación incorrecta del mismo.

Lubricación.- Aplicación de grasa en acoplamientos, rodamientos, perno de liberación, soporte de barra de transferencia.

7.5. ANEXOS

7.5.1. BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1

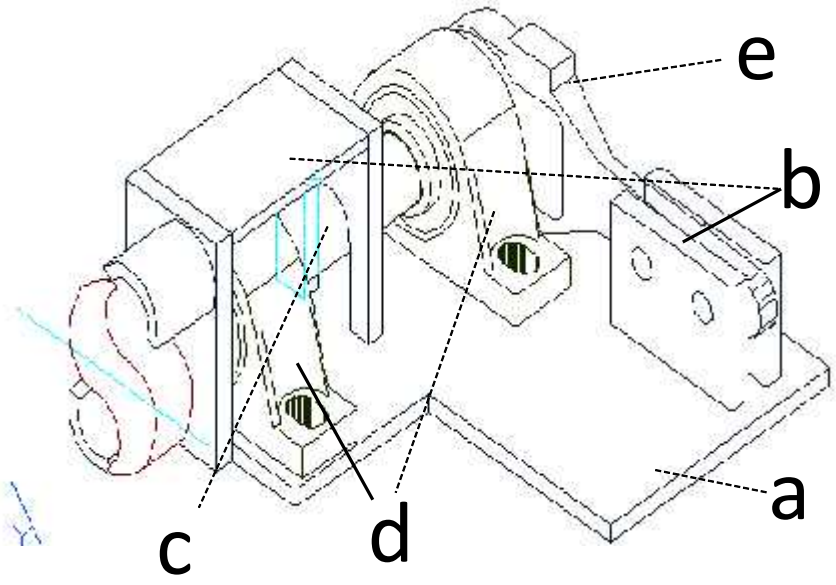


Fig. 7.1. Conjunto soporte de tensión

Se encuentra compuesto por:

1.- Placas de acero inoxidable

2.- Elemento placas soporte

3.- Eje de Soporte

4.- Chumaceras tipo puente

5.- Placa de Bloqueo de giro

Figura 2

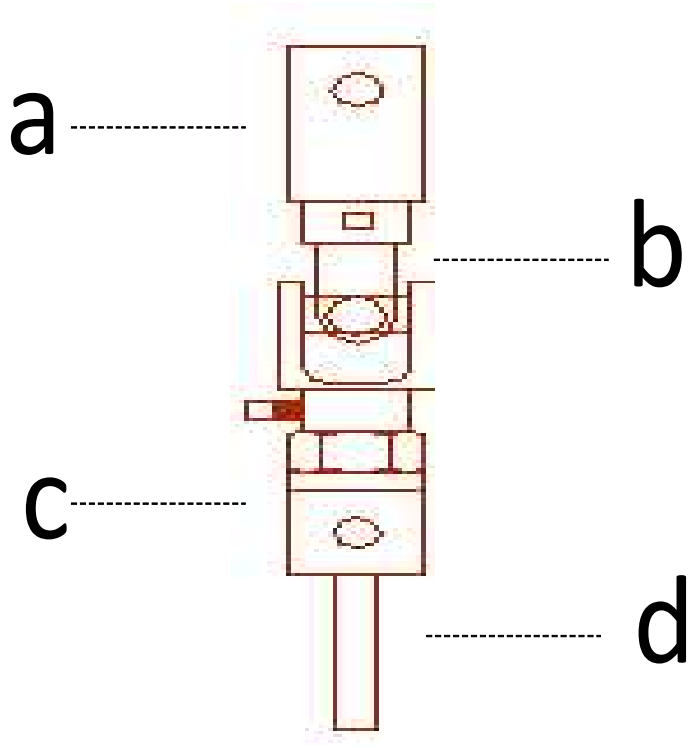


Fig. 7.2. Ensamble del conjunto de crucetas

Está integrado por:

a.- Placa de acoplamiento de perno de liberación

b.- Cruceta de acoplamiento de liberación

c.- Horquilla de acoplamiento de liberaci*ón*

C.-Perno de Liberación

Figura 3

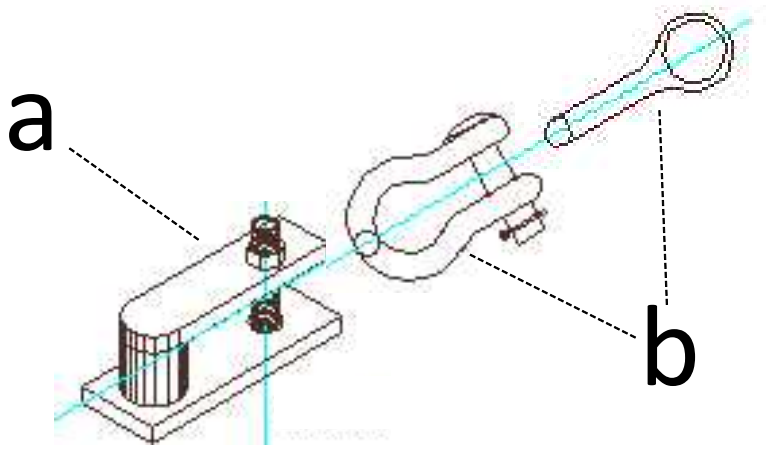


Fig. 7.3. Herraje de acoplamiento

Está integrado por:

a.- Placa ensamble soldado.

b.- Grillete

Figura 4

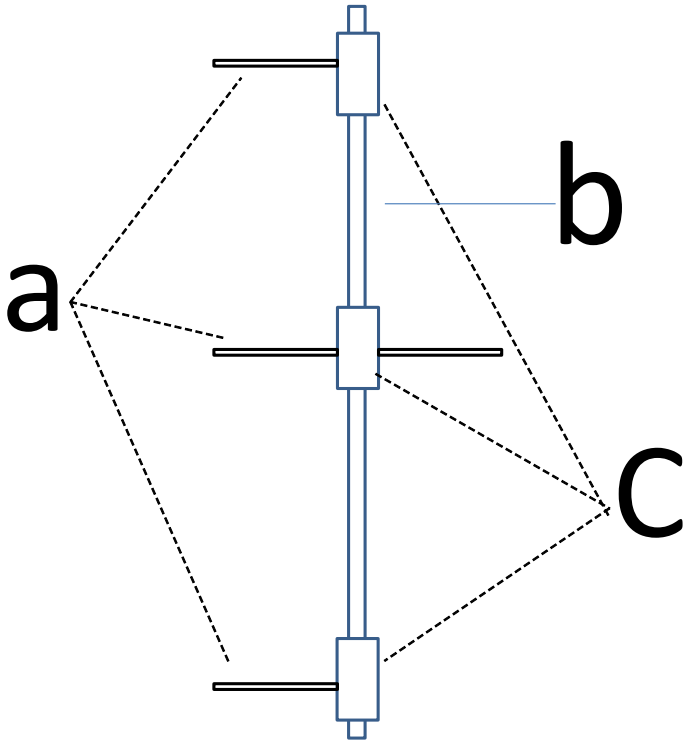


Fig. 7.4. Eje de giro

Se encuentra compuesto por:

a.- Palanca de accionamiento.

b.- Barra

c.- Buje

Figura 5

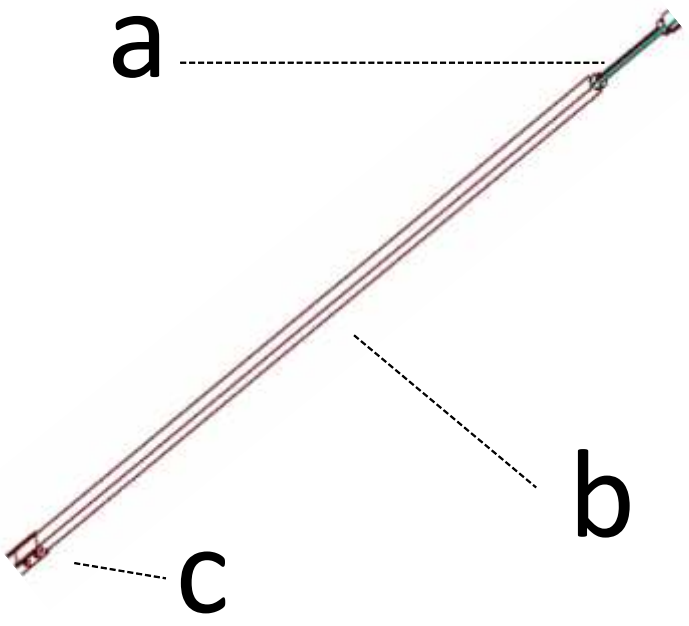


Fig. 7.5. Barra de transferencia

Se encuentra integrada por:

a.- Varilla roscada

b.- Barra

c.- Placas de acoplamiento

Figura 6

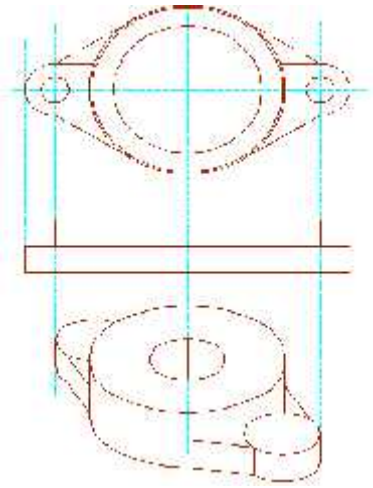


Fig. 7.6. Chumaceras tipo brida

Figura 7

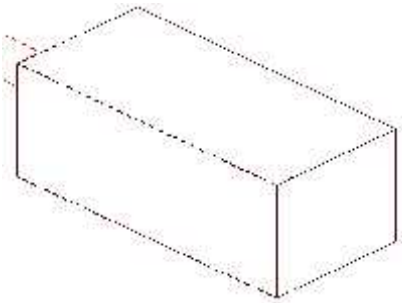


Fig. 7.7. Actuador neumático

Figura 8

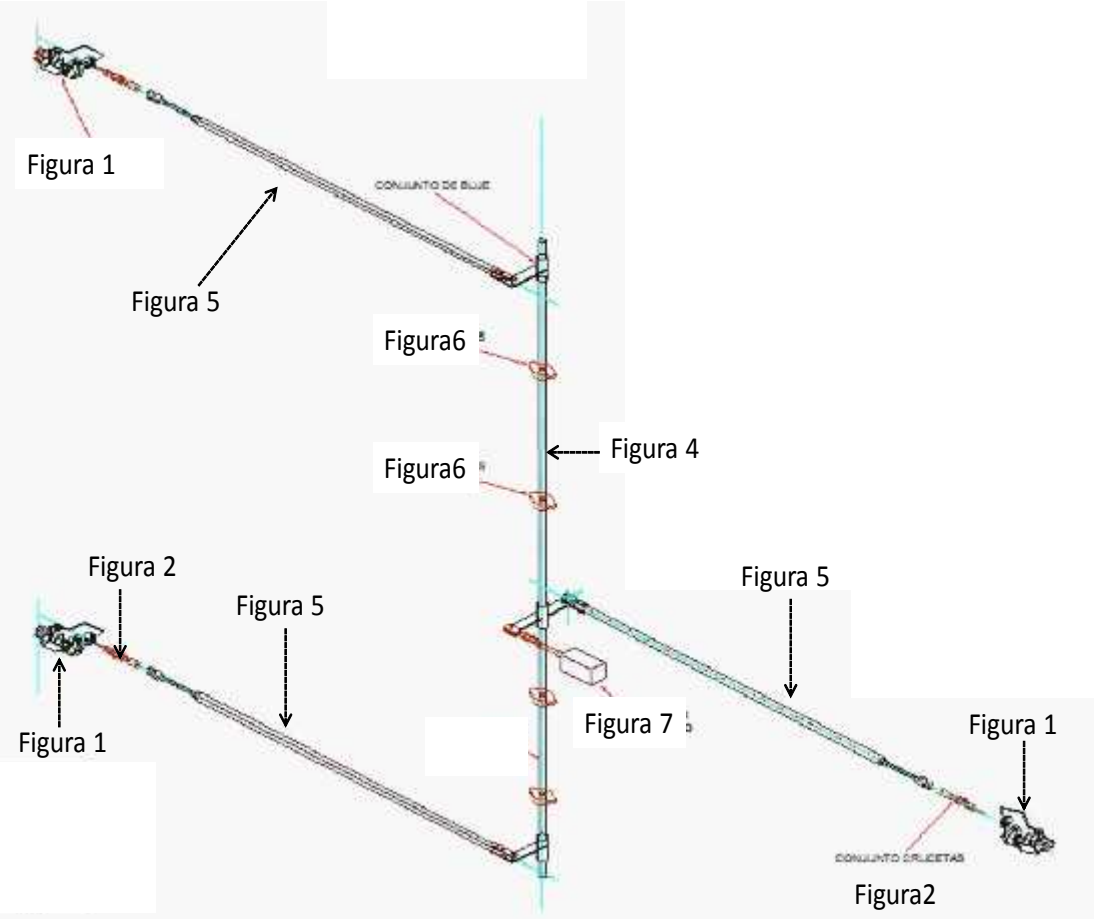


Fig. 7.8. Método para llevar a cabo el acoplamiento de las figuras anteriores

7.6. Fotografías

7.6.1 Fotografías de instalación del dispositivo

Fig. 7.9. Instalando el herraje de acoplamiento

Fig. 7.10. Instalando el sistema de control

Fig. 7.11. Instalando el actuador neumático

Fig. 7.12. Verificando la línea de transmisión

7.6.2. Fotografías de aplicación del dispositivo

Fig. 7.13. Líneas antes del retiro de conductores

Fig. 7.14. Momento de la aplicación del dispositivo

Fig. 7.15. Líneas desconectadas

Fig. 7.16. Líneas totalmente retiradas de la torre

Conclusión

En ciertas instalaciones en donde después de haber realizado el análisis de factibilidad para prescindir de una instalación durante algunas horas antes de que un fenómeno meteorológico impacte a una instalación que se encuentra expuesta a tal impacto, existe la alternativa de realizar el retiro de conductores de las estructuras en los tramos con pronóstico de daño.

Se realizaron pruebas en una línea de la Zona de Distribución Tapachula, en estructuras EST. 325 LINEA MAP-73520/530-ANG de torre de acero de suspensión, tipo TAS, obteniéndose resultados positivos.
En esta prueba se observó que tanto las estructuras adyacentes de suspensión como la de remate no sufrieron daños, los conductores se deslizaron libremente en las estructuras de suspensión, las cadenas de aislamiento y el conductor cayeron a una distancia aproximada de 50 M de la torre de remate, la tensión de prueba a la que estaban sometidos los conductores por fase fue de 750 Kg.

En base a los reportes de la trayectoria del fenómeno meteorológico se busca la mayor certeza de que este impactara contra la línea que se trate, para proceder a retirar los cables.
El tiempo para iniciar las maniobras de tirado, depende de la longitud de la línea que se trate y la hora estimada según los reportes de la velocidad de traslado del fenómeno meteorológico.

Los cables de guarda no serán retirados, pues por su diámetro los esfuerzos a la torre son bajos y en su caso su reposición es más factible.

El dispositivo tiene por objeto reducir el riesgo de colapso de las torres por efectos de los fuertes vientos provocados por “huracanes” disminuyendo el tiempo de restablecimiento del servicio de energía eléctrica.

Nuevamente remarcamos lo importante que es realizar la instalación del dispositivo para prevenir el colapso en torres auto soportadas y darles un mantenimiento

preventivo a los equipos para evitar futuras fallas que me pueden provocar una interrupción de la energía eléctrica.

Al realizar las pruebas de instalación nos encontramos que a cierta altura de la torre el viento soplaba fuerte por lo que se complicaba la instalación del dispositivo en cierta área sin embrago se instaló satisfactoriamente.

Una vez instalado el dispositivo se dio a la tarea de proseguir con el retiro de las líneas, en la instalación y las pruebas es algo laborioso por lo que se requirió de cierto tiempo para poder cumplirlas.

La instalación es un trabajo en equipo, todos los elementos se deben de conjuntar y coordinar para trabajar con la finalidad obtener un resultado de buena calidad; bajo estándares establecidos, para poder disminuir el tiempo de restablecimiento del servicio de energía eléctrica y esté pueda ser distribuida a cada hogar en el estado de Chiapas.

Como punto final, se logro reducir el riesgo de colapso de las torres por efectos de los fuertes vientos y lluvias provocados por fenómenos meteorológicos o por inundaciones o deslizamiento de la tierra, fue un paso importante conocer el funcionamiento de las líneas de subtransmision, la importancia de operación que esta tiene en el suministro de energía a procesos industriales en la costa del estado y si ocurre alguna interrupción de la energía eléctrica puede causar daños muy graves y perdidas económicas considerables para prevenir ciertas eventualidades se dio a la tarea de implementar este dispositivo y con ello disminuir la interrupción de la energía eléctrica por efectos meteorológicos.

FUENTES DE INFORMACION

MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES.- Comisión Federal de Electricidad.

ESPECIFICACION CFE J1000-50.- Torres para Líneas de Transmisión y Subtransmisión.

MANUAL DE DISEÑO DE LINEAS AEREAS.

1. NORMAS DE DISTRIBUCIÓN – Construcción – Instalaciones Aéreas en Media y Baja Tensión Marzo 2006. Comisión Federal de Electricidad.
2. NMX – H – 004 – SCFI – 2008 Industria Siderúrgica – Productos de hierro y acero, recubrimientos con cinc (galvanizados por inmersión en caliente) Especificaciones e métodos de prueba.
3. NMX – B- 254 – CANACERO 2008 Industria Siderúrgica acero estructural – Especificaciones y métodos de prueba.
4. NRF – 023 – CFE – 2009 “HERRAJES Y SUS ACCESORIOS”, vigente desde el 20 de julio del 2009 y “Aclaración publicada en el DOF el 15 de abril del 2011”.

http://www.cfe.gob.mx/Industria/InformacionCliente/Paginas/Normas-de-distribucion.aspx.

http://es.wikipedia.org/wiki/Tensi%C3%B3n_%28electricidad%29#Tensi.C3.B3n_en_componentes_pasivos.