

**PRIMER TALLER LATINOAMERICANO REDUCCION DE LOS EFECTO DE LOS DESASTRES
NATURALES EN LA INFRAESTRUCTURA ENERGETICA**

TECNICAS PARA RESTAURACION DE LINEAS DE TRANSMISION EN COLOMBIA

Ing. Mario Aristizabal Moreno
ISAGEN S. A. FAX 57-4-317 0848

RESUMEN

Se presenta la experiencia del Sistema Eléctrico Colombiano sobre la atención de emergencias en líneas de transmisión por colapso de torres, ya sea por fenómenos de la naturaleza o por actos de vandalismo, como en la gran mayoría de los casos. Se muestra la metodología y el desarrollo de técnicas implementadas por la Empresa Interconexión Eléctrica S.A., para la restauración del servicio, ante los frecuentes atentados dinamiteros por las guerrillas colombianas

I. INTRODUCCION

Interconexión Eléctrica S.A -ISA-, es una empresa industrial y comercial del estado, constituida en 1967 por las mayores empresas de energía eléctrica del país, con el fin de interconectar los diversos sistemas eléctricos regionales y desarrollar grandes proyectos de generación. A partir de 1994 se modifica su objeto social que será el de atender la operación y mantenimiento de la red de su propiedad, su expansión, la planeación y coordinación de la operación y la prestación de servicios técnicos.

Teniendo presente que el relieve colombiano se ve afectado por el cruce de la cordillera de los Andes, el Sistema de Transmisión Nacional se encuentra ubicado, en un alto porcentaje, sobre montañas, pasando por regiones de topografía muy variada y abrupta, alcanzando alturas cercanas a los 4000 metros. Es por esta razón que las líneas de transmisión se han construido apoyadas en estructuras metálicas que en su totalidad son del tipo autosoportadas.

La red de Interconexión de ISA está conformada por líneas a 115 y 230 kV, de uno y dos circuitos y por líneas a 500 kV de un circuito en disposición horizontal, con un total aproximado de 6400 kilómetros de línea en 9000 torres, como se describe en el "Mapa del Sistema Interconectado Colombiano" (Anexo No.1).

Inicialmente el Sistema Eléctrico Colombiano se vio afectado por fenómenos de la naturaleza que ocasionaban colapso de torres: procesos erosivos y deslizamientos en las zonas montañosas, inundaciones y desviaciones del cauce de ríos en los valles, y efectos corrosivos en cercanías a las costas. Pero a partir del año 1984, apareció otra causa: los actos de vandalismo de las guerrillas colombianas, que a través de los atentados dinamiteros a las torres de las líneas le han causado grandes daños al sistema de transmisión y en consecuencia, graves perjuicios al país.

Durante los primeros atentados solo se afectaba una o dos patas de la torre, sin alcanzar a derribarla, pero fueron "mejorando" su tecnología hasta que lograron derribar la torre completa, pasando luego a dinamitar varias torres adyacentes o en sectores diferentes de la misma línea, para llegar a atentar contra torres de varias líneas simultáneamente, tratando de aislar alguna región, hecho que no han logrado debido a la configuración del sistema.

El elevado crecimiento de atentados a las líneas de transmisión, como se puede observar en el "Cuadro Estadístico de Atentados a las Líneas" (Anexo No.2), ha corroborado que para el Sistema de Interconexión Nacional es de vital importancia y de máxima prioridad, después de un evento, el restablecimiento del servicio lo más rápido posible, porque además del costo económico que

representa la interrupción del suministro de energía y potencia, se tiene el alto costo social y político que implica un racionamiento.

Se resumen las experiencias tenidas en el Sistema de Interconexión Nacional, presentando en forma general la metodología aplicada y las técnicas implementadas por ISA para la atención de emergencias en líneas de transmisión.

II. RESEÑA HISTÓRICA

Se presenta una relación de los eventos más sobresalientes en la atención de emergencias en líneas de transmisión:

1970-1980: Fenómenos erosivos que afectan la estabilidad de varias torres, hace necesario la construcción de variantes en algunas líneas a 230 kV, utilizando torres de repuesto.

1980-1981: Para energizar provisionalmente a 230 kV la línea a 500 kV, se construyen variantes en postes de madera a la entrada de las subestaciones.

1982-1984: Primeras torres colapsadas de líneas a 230 y 500 kV, por fenómenos naturales: deslizamiento y desviación de río. Se construyen variantes por sitios diferentes, con torres de repuesto.

1984-1985: Inicio de atentados dinamiteros, afectando solo las patas de la torre. Se realizan reparaciones y refuerzos de partes afectadas.

1985: Torres colapsadas completamente, como solución para la línea a 500 kV se instalan variantes temporales en postes de concreto de 17 metros de una línea en construcción y para las líneas a 230 kV se montan torres de repuesto.

1985-1986: ISA adquiere un conjunto de estructuras modulares en aluminio, que después de ciertos entrenamientos prácticos en campo, se comenzaron a utilizar en líneas a 230 y 500 kV.

1986-1987: Estudio, fabricación y pruebas de poste prototipo en fibra de vidrio para utilizarlo en líneas a 115 y 230 kV.

1986-1990: Utilización de las estructuras modulares para atención de las emergencias en líneas. Apoyo a otras empresas del sector eléctrico

1990: Por gran oleada terrorista fue necesario adquirir otro conjunto de estructuras modulares en aluminio.

1992: Utilización de las estructuras temporales para realizar la restitución definitiva de 18 torres en la línea a 500 kV y 10 en líneas a 230 kV.

1993: Utilización en esporádicos atentados dinamiteros y problemas por erosión.

1994-1995: Préstamo de las estructuras a la República de México para atender el problema de Chiapas. Reposición definitiva de algunas torres que se encontraban sobre estructuras de emergencia.

III. TECNICAS DE REPOSICION

Teniendo en cuenta el incremento en la construcción de líneas de transmisión que interconectan los sistemas de generación y los centros de consumo y que éstas en su mayoría atraviesan regiones de topografía muy variada y de difícil acceso, ha sido necesario preparar y desarrollar metodologías para la restauración de los sistemas de transmisión en casos de atentados o desastres inesperados. Existen muchos procedimientos que básicamente se reducen a unos cuantos o a la combinación de los mismos, a saber:

III.1 Por presencia de fenómenos naturales

III.1.1 Construcción de obras civiles de protección

Cuando el problema erosivo se presenta en forma localizada, se construyen obras en cercanías al sitio de torre, tales como:

- Tablestacados en madera, trinchos y barreras metálicas.
- Vigas de amarre en concreto reforzado, entre cimentaciones.
- Tratamientos biológicos-forestales de taludes (laderas).
- Muros en gavión y/o en concreto (simple

y reforzado)

- Drenajes, filtros y cunetas recolectoras de escorrentías.

III.1.2 Variante con torres permanentes

Cuando se presentan problemas erosivos de gran magnitud, que afectan la estabilidad de varios sitios de torre, se hace necesario la construcción de una variante, cambiando la ruta de la línea. Esto implica la utilización de varias torres de repuesto o la fabricación de las mismas.

III.2 Por actos de vandalismo

III.2.1 Reparación de la estructura

Cuando la torre no alcanza a colapsar, se procede al cambio o reparación de las partes afectadas, por lo general son los ángulos de espera de las fundaciones o los montantes y diagonales de las patas. Si se presentan inclinaciones o deformaciones se procede a enderezar o reforzar la estructura y a colocar los elementos faltantes.

III.2.2 Utilización de la torre colapsada

Es la primera alternativa que se considera, especialmente en zonas montañosas cuando la estructura cae sobre un lado. Para torres de doble circuito, generalmente es posible dejar en servicio el circuito que queda en la parte superior. Para torres de circuito sencillo, en algunas ocasiones se puede energizar cambiando de ubicación los cables conductores en la misma torre (Anexo No.3). En todos los casos es primordial conservar las distancias mínimas de seguridad, para lo cual se realizan maniobras utilizando pértigas de alejamiento (equipo de mantenimiento en vivo) o aisladores epóxicos. Adicionalmente, como medida de protección se le colocan vientos en cable de acero a la torre colapsada para evitar un posible volcamiento.

III.2.3 Cambio de configuración en la torre

Para ganar altura al suelo cuando se presentan acercamientos y por facilidad en el manejo de los conductores, en ocasiones se hace necesario convertir una torre de retención en suspensión, cambiando el sistema de amarre de los

conductores a la torre, uniendo las grapas terminales entre sí con grilletes o a través de estrobos de acero, para luego sobre una grapa colgarlo de una cadena de aisladores en suspensión.

Cuando se tiene haz de cuatro conductores por fase, caso de las líneas a 500 kV, se ha trabajado en algunas ocasiones con solo dos conductores por fase entre vanos, configuración que ha permitido mayor rapidez en el manejo de éstos, sin afectar notoriamente los parámetros de la línea.

Otra modificación muy frecuente es suspender el cable de guarda entre los vanos afectados, ya que así se agiliza la reposición temporal del servicio.

III.2.4 Montaje de torres permanentes

En este caso se reemplazan las estructuras colapsadas por otras nuevas de carácter permanentes, las cuales se pueden montar: a) En el mismo lugar, cuando previamente se ha verificado que las cimentaciones y los ángulos de espera puedan ser reutilizados. b) En otro lugar cercano al original, cuando las cimentaciones no se pueden utilizar, para ello es preferible colocar fundaciones en parrilla metálica, que son más rápidas de montar.

III.2.5 Montaje de Estructuras Temporales

Ante la necesidad de tener en disponibilidad permanente el sistema interconectado y como medida de prevención a posibles casos de emergencia, se realizó el estudio y adquisición de estructuras temporales que garantizan la pronta y ágil restitución del servicio. Con este fin se analizaron diferentes tipos y sistemas, entre los cuales figuran:

a) Postes de Madera

Utilizados con frecuencia para líneas a 115 kV, en configuración individual tipo bandera o portal, de una altura máxima de 16 metros y en vanos promedios de 80 metros.

Para líneas a 230 kV se ha diseñado en Colombia unas estructuras de 21 y 28 metros de altura con doble apoyo para disposición horizontal,

básicamente es un sistema tipo pistola conformado por postes de 12 y 18 metros (Anexo No.4).

Aunque son de menor costo en comparación con otras estructuras, su capacidad de carga es muy limitada y su transporte y manejo un poco complicado para su utilización en zonas montañosas.

b) Postes de Concreto

Son usados en líneas a 115 y 230 kV donde es fácil su transporte y existen vías de acceso, con altura promedio de 15 metros.

Como experiencia en la línea 500 kV se utilizaron para construir una variante temporal por torres colapsadas, los cuales fueron suministrados de una línea en construcción cerca al evento.

En general no son recomendables cuando se requiere atender una emergencia con prioridad en la reposición del servicio, debido a su peso y dificultad de transporte y manejo.

c) Postes de Fibra de Vidrio

Basados en los postes utilizados por ELECTROPERU, se diseñó y fabricó un prototipo en poliéster reforzado con fibra de vidrio que después de ensayos de laboratorio y pruebas en campo logró las características mecánicas exigidas.

Poste de construcción modular, conformado por 6 tramos acoplables entre sí, para ser utilizado en alturas variables, hasta 30 metros, y en líneas a 115 y 230 kV (Anexo No.5).

Este proyecto fue desarrollado para beneficio de las empresas del sector, pero no se llevó a producción en serie porque mostró dificultades para el transporte y montaje en campo.

d) Estructuras Modulares en Acero

Son estructuras en celosía, de fabricación nacional, conformada por módulos de 4,30 metros en perfilera angular de acero galvanizado ASTM A-36, unidas entre sí por tornillería. Alcanza alturas variables hasta 34 metros, apoyada en una platina base que mediante un pasador le facilita su giro sobre un solo eje, motivo por el cual la estructura

es muy rígida y no permite una absorción completa de los momentos resultantes que se presentan cuando se somete a la carga de los conductores.

Estructura muy poco usada en el país, debido a la falta de ayudas sistematizadas para su utilización en variadas configuraciones, lo que además ha generado poca confiabilidad.

e) Estructuras Modulares de Aluminio

ISA a través del proyecto de la primera línea a 500 kV San Carlos-Sabanalarga, adquirió un conjunto de "Estructuras Modulares para Restauración de Emergencia" de fabricación "Lindsey Manufacturing Company", similares a las utilizadas en Norte América.

Después de entrenamientos prácticos en campo se inició su utilización, y luego de varias experiencias se logró la normalización de la atención de emergencias. Lo cual ha traído una reducción notable en el tiempo del restablecimiento temporal del servicio.

Estas estructuras están fabricadas con perfiles de aleación de aluminio 6061-T651 y sus elementos son debidamente unidos con soldadura, conformando módulos de 7, 14 y 21 pies, lo que permite que su altura pueda ser modificada de acuerdo al diseño requerido. Están apoyadas en una base consistente en una articulación de rótula o junta universal, que permite las cargas excéntricas de la columna.

Por ser módulos livianos pueden ser fácilmente transportados a zonas remotas o de difícil acceso, en forma manual o en helicóptero, además están garantizados para resistir altas tensiones y largos vanos, con capacidad de soportar cargas a compresión hasta de 100.000 libras. A través de sus múltiples configuraciones se han podido utilizar en retención y suspensión, para líneas a 115, 230 y 500 kV, con circuito sencillo y doble, en disposición vertical y horizontal, siempre basados en los parámetros obtenidos de los programas de computador para cada configuración, que fueron suministrados por el fabricante y que han sido acondicionados para nuestros sistemas de trabajo (Anexo No.6).

Con el proyecto de la segunda línea a 500 kV, ISA adquirió otro conjunto de 10 estructuras modulares, complementadas con aisladores epóxicos, lo cual ha permitido atender en forma satisfactoria la oleada de atentados dinamiteros de las guerrillas en los últimos años.

En configuraciones especiales, para sostener los conductores, se ha implementado la utilización de pértigas de alejamiento del equipo de mantenimiento de líneas en vivo o de brazos metálicos, debidamente diseñados para ser acoplados a las estructuras de aluminio. Para casos más complicados se han tenido que aprovechar algunos recursos naturales, como en el caso de amarre de cadenas de aisladores en árboles cercanos a la torre colapsada o a la estructura temporal, también para el anclaje de vientos en cable de acero, en árboles frondosos o rocas de gran tamaño.

III.2.6 Restitución Definitiva

Después de reponer el servicio en forma temporal, se inicia la planeación de los trabajos y la consecución de los materiales requeridos para la restitución definitiva de la línea. Labor que en ocasiones se dificulta por la importancia de mantener el suministro de energía en forma continua.

Cuando la torre queda involucrada en la reposición temporal, es necesario implementar una configuración con estructuras de emergencia que permita despejar el sitio y desmontar la torre colapsada. Se reparan las fundaciones y se traslapan los ángulos de espera para iniciar el montaje de la torre nueva, teniendo en cuenta que de las torres colapsadas, por lo general, se puede reutilizar el 50% de la perfilería.

Después del montaje de la torre y las cadenas de aisladores se procede al traslado de los conductores de las estructuras de emergencia y al desmontaje de éstas, teniendo presente las mismas recomendaciones técnicas y de seguridad que para su montaje.

IV. MEDIDAS DE PREVENCIÓN

A través de las múltiples experiencias en la atención de emergencias en líneas de transmisión,

se ha logrado establecer como estrategia de prevención, algunas medidas

IV.1. Capacitación del personal

Quizás esta ha sido la herramienta más importante en el desarrollo tecnológico de las metodologías de trabajo:

IV.1.1 A nivel de Ingenieros:

Capacitación en la gerencia, dirección y supervisión de un "Plan de Emergencia", incluyendo manejo de los programas de computador y ayudas sistematizadas que permiten efectuar diseños rápidos, tomar decisiones entre las diferentes opciones y recomendar lo más apropiado.

IV.1.2 A nivel de Linieros:

Instrucción y entrenamiento práctico sobre el manejo de las configuraciones con estructuras de emergencia que se pueden realizar para los diferentes tipos de líneas. Prácticas frecuentes de los métodos de trabajo implementados, con simulación de torres colapsadas, ha llevado a un manejo óptimo de los recursos disponibles, garantizando una mejor eficiencia y rapidez en el momento de la emergencia. Adicionalmente, se instruye sobre a) las normas de seguridad que se deben tener siempre presentes, b) la operación y manejo de equipos y herramientas, c) las recomendaciones para montaje y desmontaje de las estructuras temporales y de las torres.

IV.2 Dotación de recursos materiales

Se ha logrado que la empresa adquiriera en cantidad suficiente

IV.2.1 Estructuras modulares de aluminio:

Complementadas con aisladores epóxicos y con los correspondientes accesorios de amarre de cadenas y de anclajes de vientos.

IV.2.2 Equipos y herramientas para construcción de líneas:

Que son los utilizados para los trabajos de reposición temporal y montaje de torre definitiva.

IV.2.3 Torres de repuesto:

Se dispone de algunas torres de repuesto completas, y de material virgen en perfilerías que no se consigue en el país, para la fabricación de torres o elementos requeridos.

IV.2.4 Inventarios de repuestos para líneas:

Cadenas de aisladores, cables conductores y de guarda, herrajes y accesorios.

IV.2.5 Vehículos de la empresa:

Para transporte de personal, equipo y herramientas.

IV.2.6 Equipos de comunicaciones:

Se dispone de radio en cada vehículo, además se ubican equipos portátiles y teléfono celular en todo sitio de trabajo.

IV.2.7 Inventarios de documentación:

Se logró la centralización de planos, tablas, manuales e información técnica de todas las líneas.

IV.3 Contratos con empresas externas

Se han adecuado las normas internas que permitan agilizar la realización de contratos con

IV.3.1 Compañías constructoras de líneas de Transmisión:

Para el suministro de personal, equipos y herramientas en el momento que se requiera.

IV.3.2 Compañías de transporte aéreo:

Disponibilidad de helicóptero para la inspección de la línea y el transporte de personal y materiales a los sitios de trabajo.

IV.3.3 Compañías de transporte terrestre:

Para transporte de equipos, herramientas, estructuras de emergencia, combustibles y materiales hasta poblaciones cercanas al evento.

IV.3.4 Compañías fabricantes de torres:

Para la fabricación de elementos o torres completas que se necesiten.

IV.3.5 Convenios con otras empresas del sector eléctrico:

Con el objeto de prepararse y colaborar mutuamente en situaciones de emergencia, intercambiando técnicas de trabajo, personal, estructuras, equipos y herramientas.

IV.4 Seguridad y protección militar

En los primeros años se iniciaban los trabajos de campo inmediatamente después de un atentado, hasta que en 1988 se hizo presente la guerrilla, que después de amedrentar al personal quemó los equipos y herramientas y dinamitó un helicóptero Bell-212.

Para todos los eventos posteriores se ha requerido de la presencia del Ejército como protección ante posibles ataques guerrilleros, además, porque después del atentado quedan cargas de dinamita sin explotar, o dejan sobre el suelo granadas sin seguro y minas "quiebra-patas" que ponen en alto riesgo la vida del personal. En otras ocasiones aprovechan el atentado para llamar la atención y tender posibles emboscadas al Ejército, lo que hace necesaria la presencia de helicópteros artillados, para tomarse el sitio y poder iniciar los trabajos.

IV.5 Modificaciones en diseño de líneas

Con intercambios de información entre las áreas de Diseño, Construcción y Mantenimiento de Líneas, se han logrado las siguientes modificaciones

IV.5.1 Seccionamiento del ángulo de espera (stub):

Consistente en colocar una unión intermedia que en casos de atentados, permite la utilización de la cimentación con solo demoler la parte superior del pedestal, sin necesidad de realizar cortes y perforaciones en sitio, sino cambiando las posiciones defectuosas. De esta forma se agilizan los trabajos de reposición definitiva (Anexo No.7).

IV.5.2 Vías de acceso a sitios de torres:

Se mejoraron las especificaciones técnicas para los casos en que se debían construir, sin afectar la estabilidad del suelo.

IV.6 Apoyo a otras empresas

ISA, por ser una empresa conformada por la mayoría de las empresas de energía del país y teniendo en cuenta su liderazgo técnico con la amplia experiencia en el manejo de las estructuras modulares, ha prestado su colaboración en la atención de emergencias, en líneas de transmisión de propiedad de dichas empresas, facilitando los recursos prioritarios en: a) Personal técnico, ingenieros y linieros; b) Equipos y herramientas para montaje de líneas y c) Estructuras modulares de emergencia con sus respectivos accesorios.

V. PROTECCION A SITIOS DE TORRES

Con el afán de disminuir en lo posible los atentados dinamiteros a las torres, se han estudiado varias posibilidades de construir barreras físicas cercanas a ellas. Tales como:

V.1 Minas alrededor de la torre:

Colocar minas anti-personas alrededor del sitio de la torre, seleccionando adecuadamente los lugares a proteger. Se descartó por crear un enfrentamiento innecesario con la guerrilla, además por el peligro para las personas de la región.

V.2 Sistema de cerca electrizada:

Consiste en una malla alrededor de la torre de altura mínima de 3 metros, con obstáculos para su escalamiento, la cual se puede energizar a través de inducción de la propia línea, con equipos alimentados con energía solar o aprovechando el cable de guarda. Medida que representa elevados costos de instalación y mantenimiento y una alta potencialidad de peligro para vidas humanas y semovientes.

V.3 Fosos alrededor de la torre:

Dificulta el acceso directo a la torre, pero presenta elevados costos de construcción y mantenimiento,

a la vez posible desestabilización de los sitios de torres.

V.4 Combinación de sistemas:

Se ha pensado colocar en torres de gran importancia un sistema combinado de Cerca electrificada alrededor de la torre (potencial del cable de guarda), luego un campo minado con un cercamiento de éste con "concertina" (alambre con cuchillas)

VI. GUIA PARA LA REPOSICION TEMPORAL

Como complemento a lo mencionado anteriormente, se presenta una relación de los principales requerimientos para adelantar una reposición temporal

VI.1 Disponibilidad de recursos humanos:

Ingenieros
Tecnólogos
Inspectores
Linieros
Obreros

VI.2 Apoyo de servicios generales para:

Alojamiento y comida
Abastecimiento de combustibles
Transporte aéreo
Transporte terrestre

VI.3 Disponer de recursos financieros para:

Compra de materiales
Contratación de personal
Construcción de obras civiles
Alquiler de equipos y herramientas
Gastos generales

VI.4 Tramitar permisos:

De otras empresas para desenergización de líneas de transmisión o distribución de energía y de líneas telefónicas.}

Del Ejército para manejo de explosivos.
De propietarios de la región para:

- Campamentos del personal

- Corte de vegetación
- Sitio de torres y faja servidumbre
- Sitio de helipuertos
- Patio de materiales

VI.5 Disponer de equipos y herramientas:

- Para construcción de líneas
- Equipos de comunicaciones
- Elementos de seguridad

VI.6 Estructuras de emergencia:

Disponer de "paquetes" estratégicamente distribuidos, complementados con aisladores epóxicos y accesorios.

VI.7 Materiales de líneas:

Disponer de inventarios actualizados de repuestos de accesorios y componentes de la línea.

VI.8 Inspección aérea:

Recorrido que se realiza en helicóptero sobre la ruta de la línea, con el objeto de localizar la torre afectada, conocer la magnitud de la falla y con la ayuda de fotografías y videos determinar los trabajos a realizar.

VI.9 Cálculos y diseños:

Teniendo en cuenta los parámetros de la línea y el estado final de la torre, se procede a determinar la configuración a utilizar con las estructuras de emergencia, así como su conformación, ubicación, y capacidad de carga. Labor que se verifica con los siguientes programas de computador

- Chainette: Tangencia y ángulo
- 4 columnas: Tangencia y ángulo
- Bandera con brazos: Tangencia y ángulo
- Bandera con brazos: Doble circuito
- Bandera con brazos: Delta
- Terminal vertical
- Espina de pescado. Circuito sencillo
- Estructura en H
- Bandera sin brazos: (Aplicación de ISA)

VI.10 Metodología de montaje:

De acuerdo con las condiciones del terreno se

determina la metodología a utilizar:

- a. Montaje módulo por módulo, realizando su levantamiento con pluma y malacate o con helicóptero
- b. Prearmado en el suelo y levantamiento con ayuda de grúa, helicóptero con winche o pluma y malacate

VI.11 Actividades a ejecutar

VI.11.1 En sitio:

Ubicación de torrecillas y sus anclajes
Helipuerto y patio de materiales

VI.11.2 Excavaciones:

Dimensionar según lo especificado
Anclajes: polín de madera inmunizada o tipo metálico
Rellenos y compactación

VI.11.3 Torrecilla:

Nivelación del terreno
Anclaje base de sustentación
Montaje articulación
Módulos, colocando vientos provisionales
Platinas y accesorios

VI.11.4 Vientos cable acero:

Debidamente conectados a las platinas
Se tensiona en el anclaje, ojalá con dinamómetro.
Se coloca contravientos.

VI.11.5 Aisladores:

Armando de cadenas según voltaje de la línea.
Extensiones metálicas, fibra de vidrio o cable de acero.

VII. CONCLUSIONES:

VII.1 El tomar las torres de las líneas de transmisión como blancos militares, por parte de los grupos guerrilleros, ha obligado al desarrollo de una nueva tecnología en la atención de emergencias, que cada vez implica nuevas implementaciones, pues los atentados se realizan

contra torres de difícil acceso, en las cimas de las montañas, en cruces de otras líneas, carreteras o ríos. Razón ésta que ha llevado a utilizar configuraciones especiales que no han sido estudiadas por el fabricante, caso de torres con largos vanos y carga descompensadas (Línea 500 kV: torres 178, 215, 250, 302, 803)

VII.2 El disponer de un plan para la atención de emergencias con estructuras temporales, ha traído grandes beneficios para el Sector Eléctrico Colombiano, como ha sido la mayor confiabilidad en la operación y mantenimiento del sistema interconectado, debido al minimizado de tiempos de desconexiones forzadas por atentados y a la rápida recuperación del servicio, que además se observa en la disminución de los costos sociales y políticos que afectan la economía nacional.

VII.3 El utilizar las estructuras temporales de emergencia ha influido en las políticas de inventarios de torres de repuestos, ya que al ejecutar una reposición temporal, se puede plantear con tiempo la consecución de los materiales faltantes, hecho éste que no requiere mantener disponibilidad de torres completas, solo se dispone de estructura virgen en perfilería que no se consiga en el país y se contrata la fabricación de los faltantes. Se han entregado cerca de 2 000 toneladas de estructura de repuesto para la construcción de nuevas líneas de transmisión, lo que ha sido un ahorro para ISA de aproximadamente US\$5 000 000,00.

VII.4 Por la dificultad operativa de desconectar alguna línea de la red de transmisión del ISA, que en promedio diario recauda por el uso y puntos de conexión a la red, valores cercanos a los US\$450 000, y que cada vez se hace más difícil el corte de suministro de energía a una región, se ha tenido que dejar sistemas temporales por largos períodos, caso de algunas torres de la línea 500 kV (250 289 754) que permanecieron por más de dos años. Este es otro beneficio de la utilización de las estructuras de emergencia

VII.5 Teniendo en cuenta el apoyo técnico que ISA ha prestado a diferentes empresas del sector en la atención de emergencias, no solo por torres colapsadas, sino por trabajos especiales, como la construcción de variantes por cambio de torres con corrosión, algunas de éstas empresas viendo

los grandes beneficios se han preocupado por adquirir sus propias estructuras de emergencia, lo cual ha mejorado la confiabilidad de la red de interconexión nacional

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Lindsen Keith. Modular Emergency Restoration Structures for Transmission Mutual Assistance. Lindsey Manufacturing Co. Minensota, USA. Mayo de 1983.
- Ortíz Jesús, Aristizábal Mario. Estructura de Emergencia. Interconexión Eléctrica S. A.-ISA. Medellín. Marzo de 1985.
- Aristizábal Mario. Utilización de Estructuras de Emergencia en Líneas de Transmisión. Interconexión eléctrica S. A.-ISA. Medellín. Febrero de 1989.
- Flores Tinoco Moisés. Reposición de Estructuras Colapsadas. ELECTROPERU S. A., Lima. Agosto de 1991.

ANEXO

- SUBESTACION A 230 KV EN CONSTRUCCION
- SUBESTACION EN OPERACION
- PLANTAS DE GENERACION
- RED A 500 KV.
- RED A 230 KV SA
- RED A 230 KV OTRAS EMPRESAS
- * LINEA ENERGIZADA A 115 KV

TODA LINEA A 500 KV ES DE CIRCUITO SIMPLE
 TODA LINEA A 230 KV ES DE DOBLE CIRCUITO,
 MIENTRAS NO SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO (NC).



ABRIL 1995

 <p>ISA Interconexión Eléctrica S.A.</p>	
<p>DIAGRAMA GEOGRAFICO SISTEMA INTERCONECTADO COLOMBIANO 230 Y 500 KV - 1995</p>	
<p>GERENCIA DE TRANSMISION DIRECCION ESTUDIOS DE EXPANSION DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS ELECTRICOS</p>	<p>FIGURA 4 1</p>

ANEXO 2

ATENTADOS AL SISTEMA DE TRANSMISION NACIONAL
PERIODO 1984-1995

EMPRESA VOLT (KV)	ISA		EEB		EPM		CVC		NORDESTE		CORELCA		ICEL		TOLIMA		CHEC		EADE		TOTAL
	500	230	230	115	230	115	230	115	230	115	230	115	230	115	230	115	230	115	230	115	
AÑO																					
1984/86	4	16	2	1	1	6	1	1	2	2	1	-	-	-	5	-	-	-	8	-	50
1987	2	1	-	-	-	-	-	-	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
1988	8	8	2	4	-	6	1	*	6	4	4	-	1	-	1	-	2	-	1	-	48
1989	1	-	-	4	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
1990	7	6	-	-	-	**	1	1	1	1	2	-	8	3	-	-	-	-	-	-	36
1991	14	21	-	11	6	13	5	3	6	5	11	2	1	19	-	-	2	-	7	-	126
1992	16	10	-	-	-	4	2	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
1993	-	-	-	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
1994	-	7	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
TOTAL	52	69	4	20	7	42	12	5	25	13	19	2	10	22	6	4	16	16	16	16	328

* TRANSFORMADORES 115/34 5 KV EN TERMOYUMBO
 ** SUBESTACIONES COLOMBIA Y SAN DIEGO
 *** CENTRAL HIDROELECTRICA JAGUAS

NOTA EN 1991-1992 DURANTE LA CONSTRUCCION
 DE LA SEGUNDA LINEA A 500KV, FUERON
 DINAMITADAS 16 TORRES.

REV.	FECHA	MODIFICACION	APROBO

PROYECTO: REPOSICION TORRES Y LINEAS DE TRANSMISION

TITULO: REPOSICION TORRE No. 197 LINEA 500 KV.



ISA Interconexión Eléctrica S.A.

EJECUTOR

ESCALA: 1-75	DIMENSIONES: EN mts	FECHA: 95/07/06	
DISENO: M.ARISTIZABAL	APROBO: MA LUNA	DIBUJO: JUAN L GARCIA	CONTRATO:
PLANO No:	REV:	HOJA:	CONT:
CODIGO ISA:	REV:	HOJA:	DE:

ANEXO 3

LINEA 500 KV.

TORRE-197

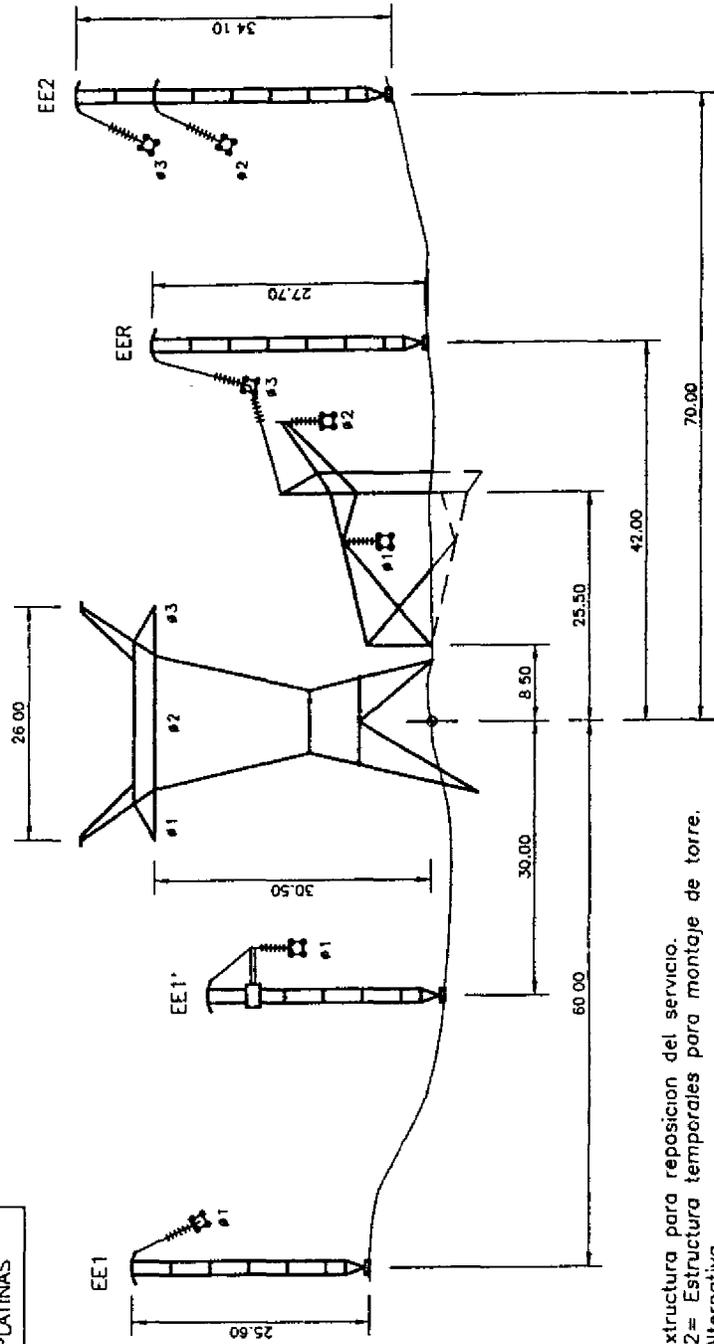
TIPO C-3

PATAS: 6.0-1.5-4.5-1.5

ANGULO: 4',00",00" DER

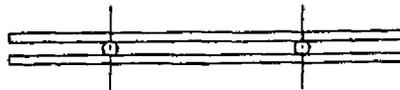
EE1
5x14'MODULO
1x7'MODULO
1x ARTICULACION
1x BASE
1x CAJON
1x BRAZO
2x PLATINAS

EE2
7x14'MODULO
1x7'MODULO
1x ARTICULACION
1x BASE

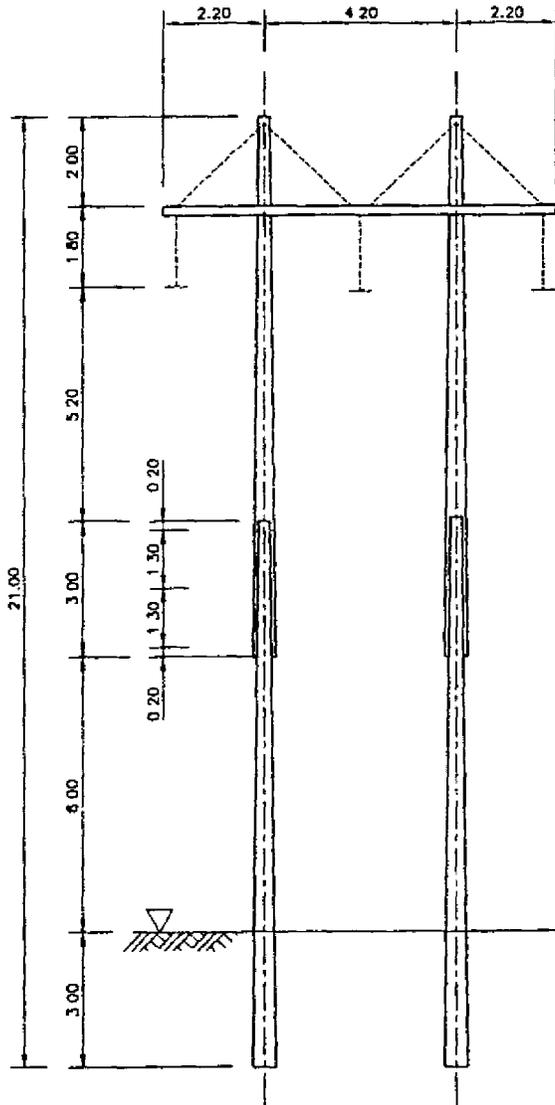


EE1= Estructura para reposicion del servicio.
 EE1'-EE2= Estructura temporales para montaje de torre.
 EE1'= Alternativa

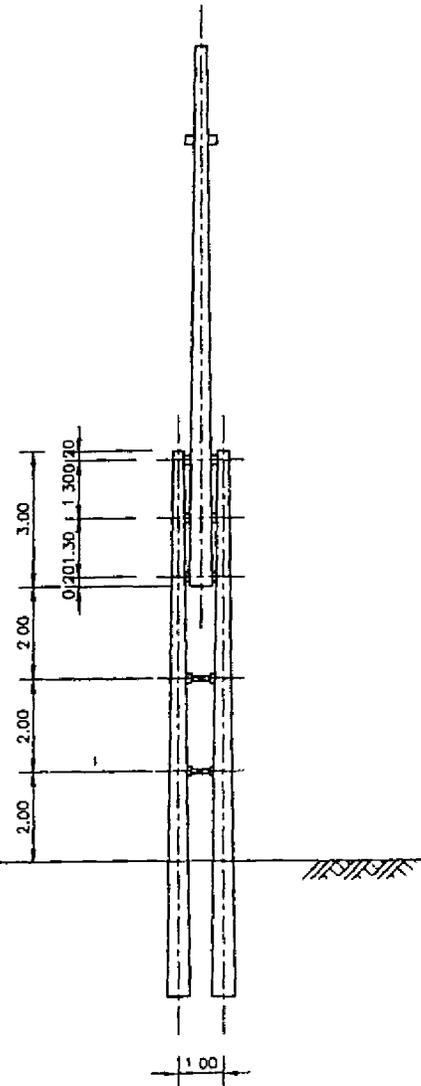
ANEXO 4



VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL

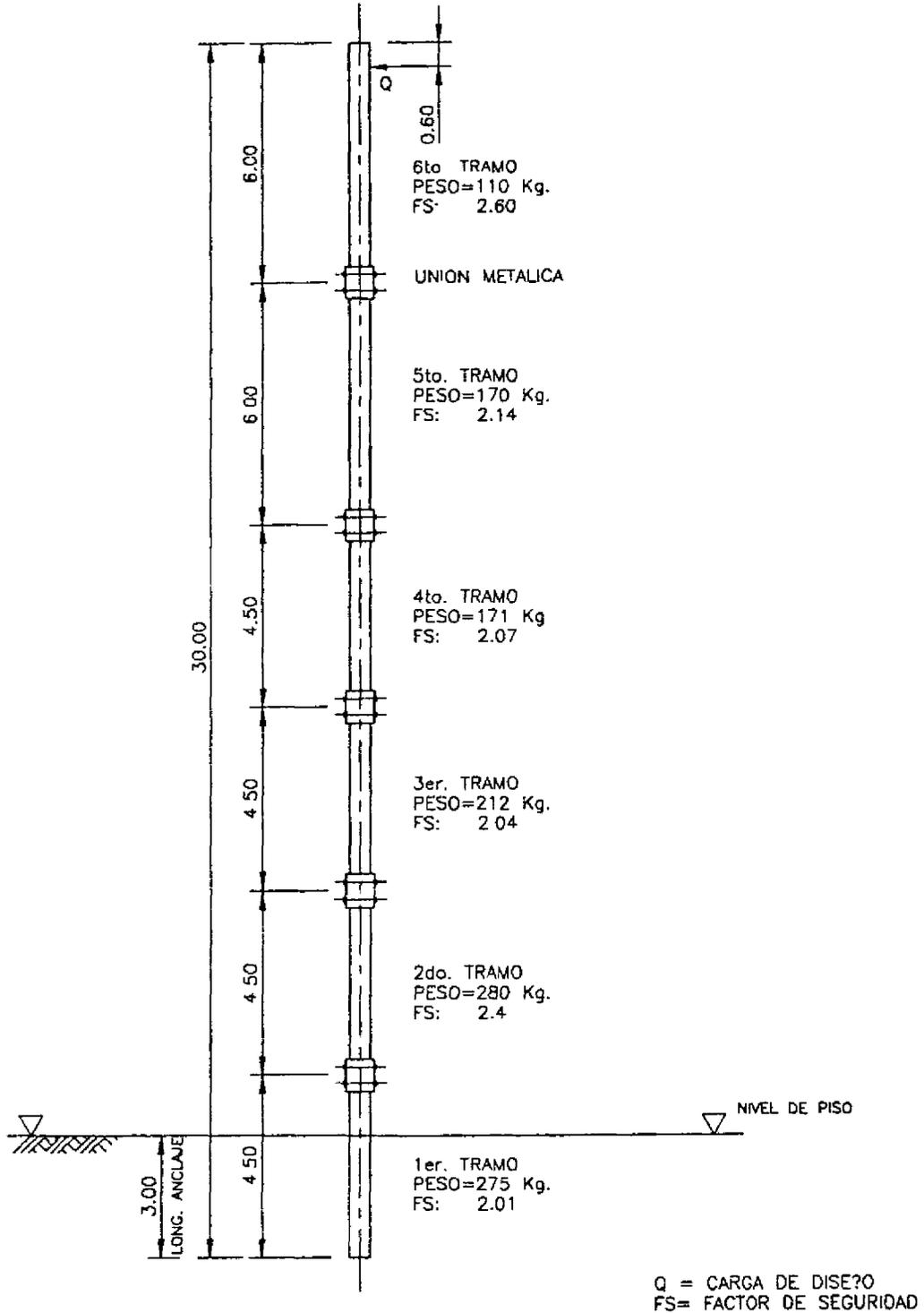


VISTA LATERAL

APROBO	
MODIFICACION	
FECHA	
REV.	

PROYECTO:	REPOSICION TORRES Y LINEAS DE TRANSMISION	ESCALA:	1:150	DIMENSIONES:	EN Mts.	FECHA:	95/08/29	
TITULO:	ESTRUCTURA EN POSTES DE MADERA	DISENO:	M. ARISTIZABAL	APROBO:	MA. LUNA	DIBUJO:	JUAN L. GARCIA	CONTRATO:
EJECUTOR:		PLANO No:		REV.	HOJA	CONT:		
ISA Interconexión Eléctrica S.A.		CODIGO ISA:		REV.	HOJA	DE:		

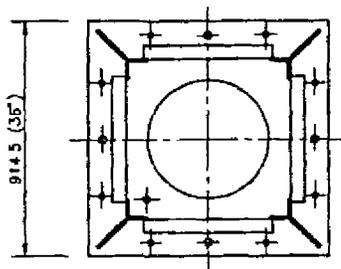
ANEXO 5



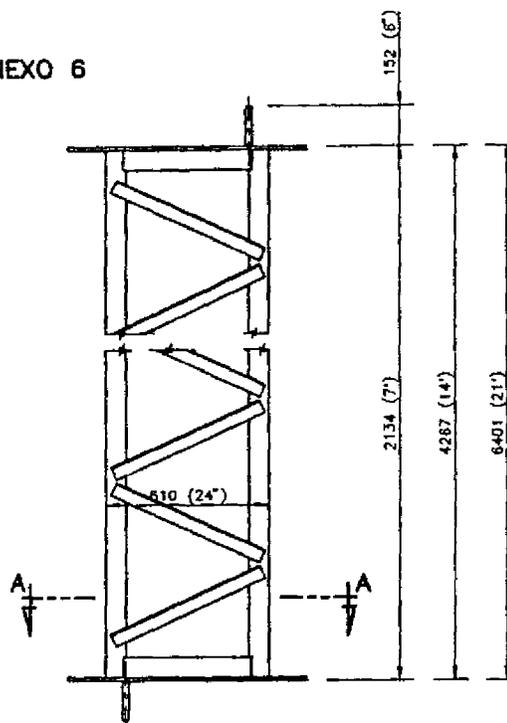
APROBO	
MODIFICACION	
FECHA	
REV	

PROYECTO:	REPOSICION TORRES Y LINEAS DETRANSMISION	ESCALA:	1:15	DIMENSIONES:	EN mts.	FECHA:	95/06/28	
TITULO:	POSTE EN FIBRA DE VIDRIO	DISEÑO:	M. ARISTIZABAL	APROBO:	M.A. LUNA	DIBUJO:	JUAN L. GARCIA	CONTRATO
EJECUTOR		PLANO No:		REV:		HOJA:		CONT:
ISA Interconexión Eléctrica S.A.		CODIGO ISA		REV:		HOJA:		DE:

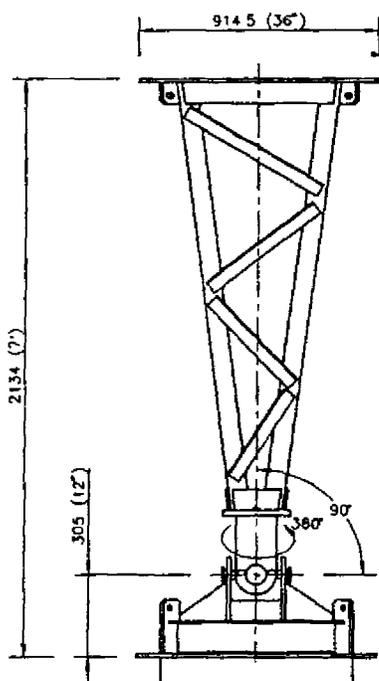
ANEXO 6



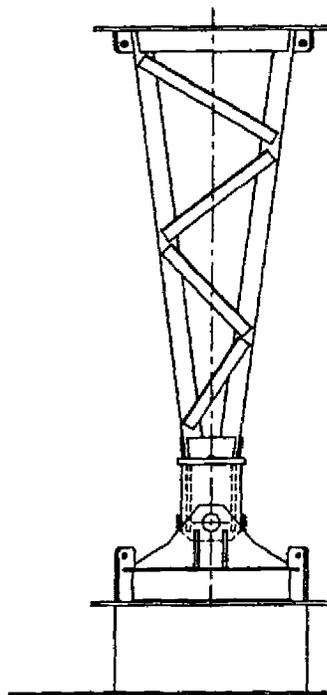
BASE INFERIOR
CORTE A-A



MODULO



ARTICULACION (CARA TRANSVERSAL)

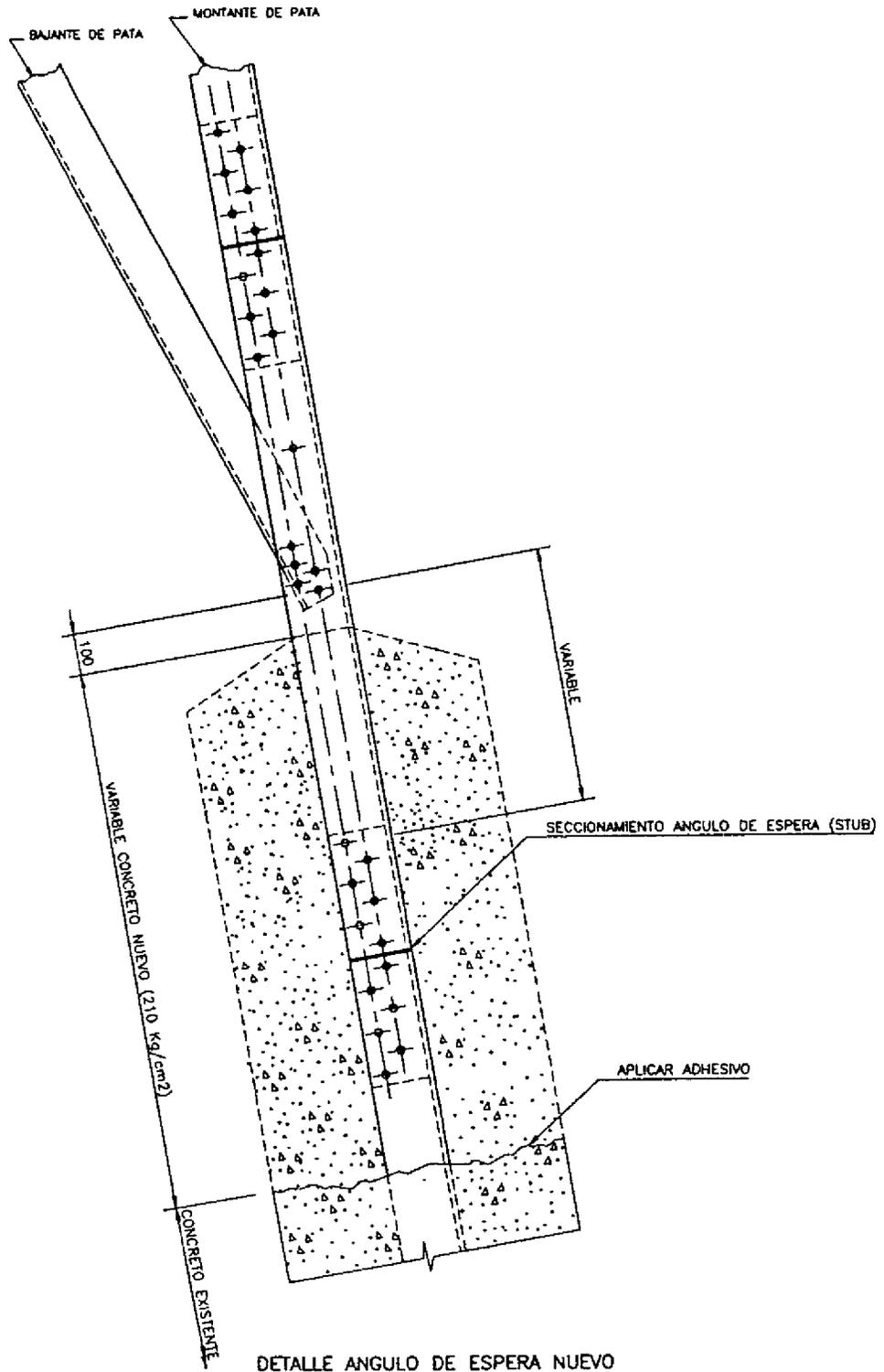


ARTICULACION (CARA LONGITUDINAL)

APROBO	
MODIFICACION	
FECHA	
REV.	

PROYECTO:	REPOSICION TORRES Y LINEAS DE TRANSMISION			ESCALA:	1:25	DIMENSIONES:	EN mm.	FECHA:	95/06/05	
TITULO:	ESTRUCTURAS DE EMERGENCIA			DISEÑO:	M. ARISTIZABAL	APROBO:	MA. LUNA	DIBUJO:	JUAN L. GARCIA	CONTRATO:
EJECUTOR:	ISA Interconexión Eléctrica S.A.			PLANO no				REV.	HOJA	CONT.
				CODIGO ISA.				REV.	HOJA	DE:

ANEXO 7



	APROBO
	MODIFICACION
	FECHA
	REV.

PROYECTO:	REPARACION TORRES Y LINEAS DE TRANSMISION	ESCALA:	1:15	DIMENSIONES:	EN mm	FECHA:	95/06/30	
TITULO:	REPARACION FUNDACIONES (ANGULO DE ESPERA)	DISENO:	M. ARISTIZABAL	APROBO:	MA. LUNA	DIBUJO:	JUAN L. GARCIA	CONTRATO:
 ISA Interconexión Eléctrica S.A.	EJECUTOR:	PLAN No		REV:	HOJA:	CONT:		
		CODIGO ISA		REV:	HOJA:	DE:		