

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación

En el periodo de tiempo desde la revolución industrial, el aspecto de este planeta ha cambiado en muchos aspectos, y en algunos de ellos de manera tristemente irreversible.

Al cambio se le llamó progreso, pero ahora la generación que es beneficiaria del progreso anterior, también es heredera de los errores del pasado.

Las ganancias del pasado se podrán retener y se podrá alcanzar un progreso en el futuro, no solamente basado en las fuerzas limitadas de la economía o la ingeniería, sino que tomando en cuenta el desarrollo sostenible.

Este término aunque ha sido sobreutilizado, se define como “la capacidad de satisfacer las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”.

Este paradigma exige un uso equilibrado de los recursos, y la evolución de la era del Desarrollo Sostenible, en la que actualmente se enfocan los procesos, va a requerir cambios radicales para todas las disciplinas profesionales tal y como se han desarrollado hasta ahora, por lo que el desarrollo de los proyectos de cualquier índole y especialmente los industriales, requerirá una apreciación ecológica para dar respuesta a la sociedad, que en la actualidad esta despertando a la conciencia de la conservación ambiental.

Atendiendo a estas demandas se ha desarrollado una herramienta muy importante para atender las demandas de la sociedad en referencia al Desarrollo Sostenible: los Estudios de Evaluación del Impacto Ambiental -EslA-.

La Evaluación de Impacto Ambiental constituye una técnica singular cuya efectividad y validez como instrumento para la preservación del medio ambiente está recomendada por diversos Organismos Internacionales tales como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Comunidad Económica Europea (CEE), la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Mundial (BM), etc.; y, lejos de ser un freno al desarrollo y al progreso, supone y garantiza una visión más completa e integrada de las actuaciones sobre el medio natural, mayor creatividad e ingenio, mayor responsabilidad social en los proyectos, una motivación para investigar en nuevas soluciones tecnológicas y, en definitiva, una mayor reflexión en los procesos de planificación y de toma de decisiones.

El presente trabajo constituye el Informe Final del Estudio de Impacto Ambiental (EslA) del **Proyecto Construcción de la línea en 230 kV SIEPAC, tramo Guatemala Norte – Panaluya.**

La evaluación ambiental del proyecto, del que forma parte este EslA, es realizada bajo el principio de acción preventiva. Esto implica la consecución del objetivo de evitar en los orígenes las perturbaciones y contaminaciones que puedan derivarse del ejercicio de ciertas actividades, más que combatir los efectos negativos que producen.

Para ello se ha tenido en cuenta, *a priori*, las incidencias que puedan derivarse de los procesos técnicos de planificación y de decisión, de tal manera que no se ejecute ninguna actividad que conlleve incidencias significativas desfavorables.

En el informe, se presentan inicialmente datos generales del responsable del proyecto y de la empresa consultora que desarrolló el Estudio de Evaluación del Impacto Ambiental.

A continuación se detallan las características técnicas del proyecto a implementar, incluyendo, instalaciones proyectadas, maquinaria, equipo y personal involucrado en el proceso.

Seguidamente, se evalúan las condiciones ambientales (físicas, biológicas y socio-culturales) existentes en el área del proyecto, previo a la implementación de las operaciones de proceso de la planta, que permitan, al relacionarlas con las características técnicas del proceso, la evaluación aproximada de la magnitud de los impactos (definición de impactos positivos y negativos, para resaltar los primeros y mitigar los segundos), estableciéndose las componentes más frágiles del medio, factores de impacto irreversible, reversible, recuperable, irrecuperable, etc.; que servirán como indicadores-guía durante el análisis, para establecer el carácter ambiental del proyecto.

A continuación, se establece la interacción de todas las fases del proceso y las variables medioambientales principales por medio del método de matrices, categorizándose los impactos del proyecto sobre el medio ambiente físico, biológico y humano, de acuerdo a su intensidad, duración y carácter.

En este trabajo se utilizó la metodología propuesta por Conesa Fernández Vítora (1.997 - 1.997b). Se realizó una descripción del ambiente, discriminando los elementos del ambiente susceptibles de recibir impactos, y del proyecto, identificando las acciones del proyecto potencialmente impactantes. La valoración del impacto ambiental se realizó durante talleres de expertos siguiendo la metodología de talleres de convergencia, o Delphi, utilizando criterios cualitativos y cuantitativos.

Finalmente, se presentan planes de mitigación, monitoreo, contingencia, seguridad ambiental, de protección para la salud humana y medidas de mitigación que garanticen una correcta y segura implementación del proyecto a corto, mediano y largo plazo.

1.2 Empresa Promotora del Proyecto

La Empresa Propietaria de la Red (EPR), también conocida comercialmente como Empresa Propietaria de la Línea de Transmisión Eléctrica S.A., es una empresa regida por el derecho privado, la cual, mediante el "Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central", firmado en la Ciudad de Guatemala el 30 de diciembre de 1.996, y suscrito su Protocolo el 11 de julio de 1.997 en la ciudad de Panamá, cada Gobierno otorga el respectivo permiso, autorización o concesión, según corresponda, a la EPR para la construcción y explotación del primer sistema de interconexión regional eléctrico.

La EPR fue constituida en el año 1.998 en la ciudad de Panamá. Sus oficinas gerenciales se instalaron en San José, Costa Rica, en Marzo de 2.002, actualmente se encuentra en la fase de preinversión de una línea de transmisión de 1.830 Km., 230 KV, a través de América Central.

Según el artículo 15 del "Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central" cada gobierno designará a un ente público de su país para participar en una empresa de capital público o con participación privada (EPR), con el fin de desarrollar, diseñar, financiar, construir y mantener un primer sistema de interconexión regional que interconectará los sistemas eléctricos de los seis países.

Los accionistas son las Empresas Eléctricas o de transmisión de la región (una por país). El 31 de octubre del 2.001 ENDESA se integra como séptimo socio de EPR:



Ninguno de los socios tendrá el control directo o indirecto de la misma. Esta empresa, denominada EPR, estará regida por el Derecho Privado, y domiciliada legalmente en un país de América Central.

1.3 Dirección para Recibir Notificaciones

Empresa Propietaria de la Red S.A.

En Costa Rica:

MSc. Javier Saborío Bejarano
Coordinador Ambiental
Oficentro Ejecutivo La Sabana, Edificio 3, Piso 1
Apartado Postal 1234-1007
San José, Costa Rica
Teléfono: (506) – 2326310
Fax: (506) – 2964380

En Guatemala:

Ingeniero Pedro Camposeco
Coordinador Ambiental en Guatemala
Representante de EPR.
Instituto Nacional de Electrificación –INDE-
Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica -ETCEE-
7ª. Avenida 2-29, zona 9. Nivel -2
Guatemala, Guatemala.
01009
Teléfono: (502) 334-5711 al 19, Extensión 2360
Fax: (502) - 334 5779

1.4 Responsable del “Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental”

1.4.1 Generales

Consultor: Geopetrol, Sociedad Anónima

Dirección: 7a. Avenida 14-44, Zona 9
Edificio “La Galería”, Oficina 27 PB
Guatemala 01009, Guatemala

Teléfonos: (502) - 3603033 y 3603043

Fax: (502) – 3603053

e-mail: geopetro@terra.com.gt

Registro SEGEPLAN: 00206
(Ver documento Adjunto Sección de Anexos)

1.4.2 Grupo de trabajo del consultor

Geólogo Ambiental: Otto Leonel García Mansilla
(Director del Proyecto)

Geólogo: Luis Arturo Estrada Letona

Sociólogo: Francisco Ernesto Rodas
Sociólogo: Julio Roberto Velásquez Alvarado

Biólogo:	Luis Bernardo Gaytán
Biólogo:	Liza Carola Ixcot
Ing. Forestal:	José López
Ing. Eléctrico:	Julio Pinzón
Arqueólogo:	Juan Luis Velásquez Muñoz
Abogado:	Jorge García
Cartografía/GIS:	José Ignacio Ferretti
Cartografía/GIS:	Mario Rodríguez

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

RUTA INTERCONEXION PROPUESTA



2.1 El Sistema de Interconexión Eléctrica para los Países de América Central – SIEPAC-

Los procesos de unificación de acciones que tiendan a promover el desarrollo sostenible en el istmo centroamericano, se van marcando con las diferentes etapas sociales que se presentan en la región, tal el caso de las guerras internas que afectaron y frenaron el crecimiento del hombre y de la humanidad; teniendo como consecuencia lógica el empobrecimiento de miles y miles de personas de las repúblicas afectadas, y por ende de la región cuya fuerza quedó diezmada y retraída por la muerte y la destrucción de la infraestructura social, intelectual, económica, política y moral; base necesaria para la promoción y readecuación de los nuevos esquemas de dignificación y reconstrucción de la región. Las inquietudes de armonizar y de hacer de Centroamérica una región que pueda tener un nivel de competencias económicas actualizadas en el mundo globalizado, hace que se planteen alternativas que den apertura a una serie de procesos y proyectos que se enfocan en propiciar el desarrollo sostenible económico, energético y social de la región.

Los gobernantes de la región, conscientes de la evolución de la economía mundial y del desarrollo de mercados regionales en competencia, se plantearon la posibilidad de establecer un sistema de interconexión eléctrica, que respondiera a las necesidades y carencias que se han presentado en el sector energético en cada uno de los países que forman el istmo y de dar respuesta a las demandas de energía que se plantearán en el futuro mediano. Así surge la idea de instalar un **Sistema de Interconexión Eléctrica** para los **Países de América Central -SIEPAC-** como un proyecto que puede crear y consolidar un **Mercado Eléctrico Regional -MER-** que podría satisfacer las deficiencias de los sectores eléctricos nacionales y el indiscutible aprovechamiento de las ventajas que el sistema de mercado trae consigo. Este sistema de interconexión, implica necesariamente, la construcción e instalación de la línea de transmisión de alta capacidad que interconecte los países de la región. Como también, incluye las instalaciones dirigidas a reforzar los sistemas eléctricos existentes, la construcción de la línea de interconexión a 230 kV desde Guatemala hasta Panamá, con una extensión de 1.830 kilómetros; y las respectivas ampliaciones de las subestaciones asociadas. Se estima que la línea de transmisión puede iniciar a operar en el año 2.005.

Para consolidar el proyecto, cuyo planteamiento original data de 1.987; se han realizado avances muy significativos, así en agosto de 1.994 los gobernantes acordaron concretar el SIEPAC en un plazo de dos años. Hacia 1.995 se constituyó el Consejo Coordinador y la Secretaría del Proyecto; en diciembre de 1.996 se suscribió el Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central, el cual luego de ser analizado en la cumbre presidencial, se sometió a la verificación de los Poderes Legislativos de los seis países y entró en vigencia a partir de diciembre de 1.998. Una vez ratificado y aprobado este Tratado se convierte en la base jurídica sobre la cual se sustenta la creación del MER competitivo, asimismo abre los mercados nacionales de los países al de la región, tanto en el acceso a la transmisión eléctrica, como a las oportunidades de comprar y vender electricidad entre participantes de los diferentes países. En base a este tratado se ha avanzado en el diseño general del MER y en la definición preliminar de las instituciones regionales que le darán sustento.

Fue así como se constituyeron la **Comisión Regional de Interconexión Eléctrica -CRIE-** que tiene la responsabilidad de asegurar que los principios del Tratado Marco y los reglamentos subsiguientes sean respetados por los participantes, y el **Ente Operador Regional -EOR-** que es responsable de operar las interconexiones y de los aspectos comerciales del mercado regional. Los entes regionales ya fueron constituidos formalmente desde el año 2.000 y se encuentran en etapa de fortalecimiento institucional.

El Tratado Marco otorga una concesión para que una empresa de capital público o con participación privada, denominada **Empresa Propietaria de la Red -EPR-**, que será la encargada de construir y operar el primer sistema de transmisión regional, se constituyó en febrero 1999, con el concurso de las seis empresas eléctricas públicas designadas por su respectivo gobierno, por partes iguales, y en diciembre 2.001 se integró la firma española **Endesa** como séptimo socio, con iguales derechos y obligaciones que los demás.

El ejecutor físico del Proyecto SIEPAC es la **EPR**. De acuerdo a su cronograma de actividades se tiene previsto que entre los años 2.002 y 2.003 se llevará a cabo la topografía, diseños y especificaciones; para que en el 2.004 se propongan a concurso internacional las obras. El período de construcción se extenderá del 2.004 al 2.006.

El proyecto consiste, pues, en la creación y puesta en marcha de un mercado eléctrico centroamericano mayorista y del desarrollo del primer sistema de transmisión regional, en donde cualquier agente calificado podrá vender o comprar electricidad, independientemente de su ubicación geográfica. Este mercado se creará sin menoscabo de los esfuerzos de reestructuración que cada país este llevando a cabo a nivel nacional.

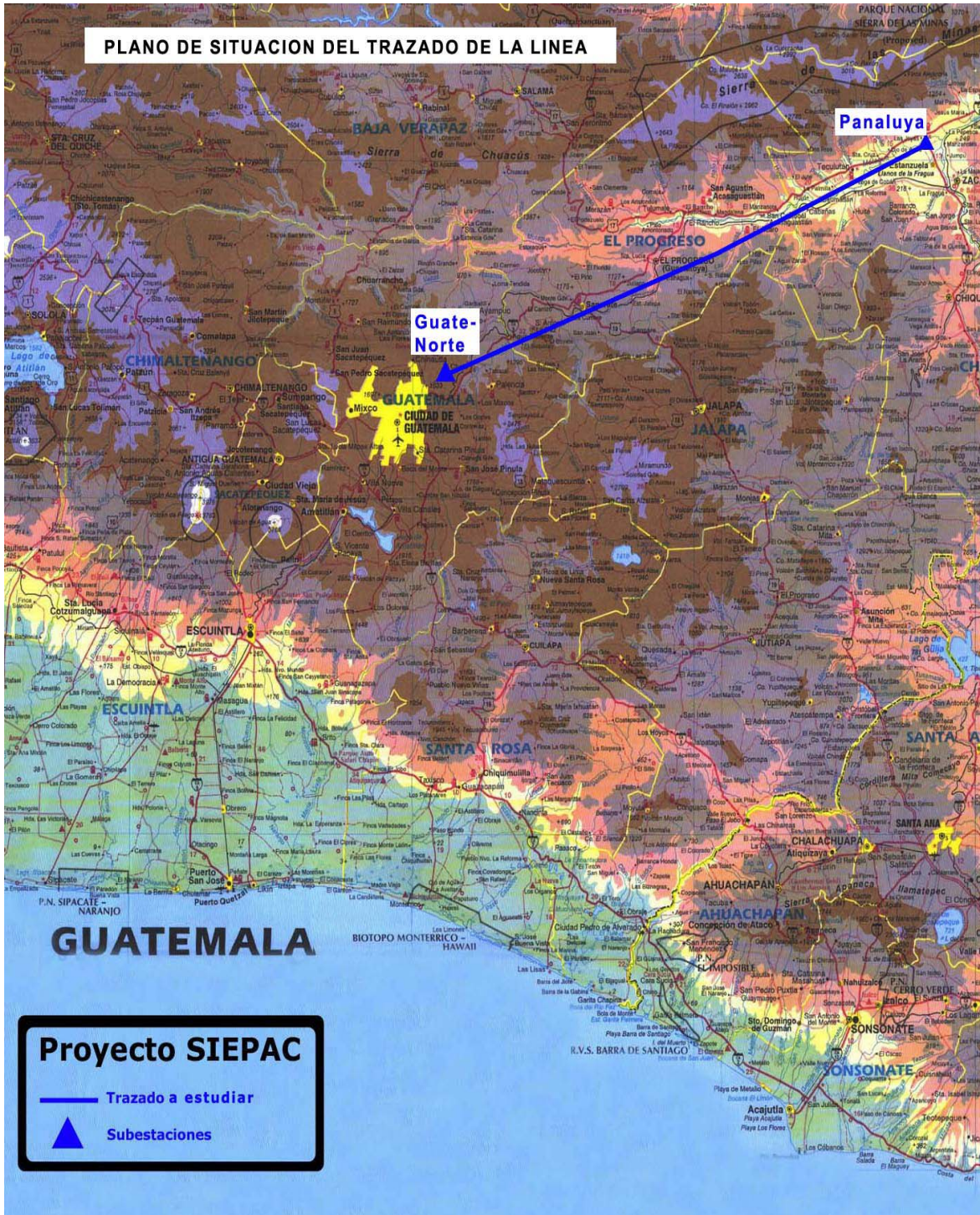
Para los efectos del **Estudio de Impacto Ambiental -EsIA-** del tramo Guatemala, Guatemala a Río Hondo, Zacapa; es decir de la Estación Guatemala-Norte a la subestación Panaluya, ubicada en Río Hondo, Zacapa. Según puede observarse en la figura 2.1.

2.2 Situación



En el tramo que estamos describiendo, el proyecto tiene su origen en la Estación Eléctrica Guatemala-Norte, ubicada en el norte de la Ciudad Capital, en un sector que según la estratificación social y por sus características se cataloga, como un área marginal, sin embargo, según observaciones in situ, se considera que el trazo de la línea no interfiere con desenvolvimiento normal de las personas de la comunidad poblada, debido a que ya existen líneas de transmisión de energía de alto voltaje, entre ellas se puede mencionar la línea que conduce energía eléctrica a la Estación Guatemala-Sur; la entrada de la Hidroeléctrica de Chixoy que conduce un potencial de 230 Kv., y la que a nuestro criterio es la más adecuada para darle salida a la interconexión, es la que se conduce a la Subestación ubicada en Sanarate, el Progreso y tiene punto de llegada final en la sub-estación Panaluya, Río Hondo, Zacapa. En cuando al Proyecto SIEPAC, la instalación de la línea es independiente de las líneas instaladas, por lo que para efectos de salida de la Ciudad Capital que es la que tiene mayor presencia de población en el área, se considera que no habrá mayores inconvenientes, a nivel social ya que no interfiere con la infraestructura instalada presente en la actualidad.

Figura No. 2.1



En su recorrido se puede observar que es en la Ciudad capital en donde tiene mayor incidencia de población. En el análisis de las variables, la línea tendrá incidencia en los departamentos de Guatemala, El Progreso y Zacapa. Para los efectos del estudio se hará para cada uno de ellos una breve descripción sociodemográfica. Así mismo, se puede observar la identificación de los municipios de cada uno de los departamentos que se verán involucrados o afectados por ser terrenos municipales por los que pasará la línea de interconexión.



2.3 Objetivos de la Interconexión Centroamericana

Los objetivos primordiales para los cuales se creó el Proyecto SIEPAC, y por ende la interconexión eléctrica entre los países de América Central son los siguientes:

2.3.1 Generales:

- Puesta en marcha de un Mercado Eléctrico Centroamericano Mayorista y organismos regionales de operación del mercado.
- Construcción de una línea troncal de interconexión eléctrica que facilite la transferencia de energía.
- Disminución de los costos de operación de los sistemas eléctricos y de los costos de inversión en generación.

2.3.2 Específicos:

- Garantizar el aprovisionamiento confiable de energía eléctrica en todos los países de la región.

- Garantizar la calidad de la energía eléctrica en todos los países bajo normas internacionales.
- Obtención del producto, en este caso la energía eléctrica, a precios competitivos.

Con la puesta en marcha del proyecto se esperan ahorros en las economías de escala de la región centroamericana superiores a los US \$2.000.000,00 (dos mil millones de dólares americanos) en los próximos 15 años.

2.4 Justificación del Trazado Propuesto

El método seguido en el presente proyecto para la definición o diseño del trazado ha sido el de aproximaciones sucesivas, para obtener la mejor ruta y que cumpla con las siguientes premisas, primordiales para el diseño de líneas de transmisión eléctrica:

- Evitar zonas y parajes sensibles desde el punto de vista ambiental.
- Ubicación cercana a los principales centros de reparto de potencia.
- Tener la menor longitud posible, siendo las razones técnicas y económicas.

Tomando en consideración estas premisas, se definió un trazado preliminar, incluyendo un corredor, considerado en este momento como área de influencia, con un ancho de 4 Kilómetros, siendo el eje central del mismo, el trazado propuesto de la línea.

2.4.1 Consideraciones ambientales que se tomaron en cuenta para la definición del trazo

- Situar el trazado lo más alejado posible de núcleos urbanos y zonas de mayor densidad poblacional, así como de sitios de interés específico.
- Para conservar la calidad del paisaje, cuando sea posible, el trazado deberá diseñarse por zonas de media ladera para evitar el paso de la línea por puntos culminantes, impidiendo que las estructuras se recorten contra el cielo. Además, el trazado debería orientarse por las líneas de contraste natural.
- Evitar en lo posible el paso por áreas de vegetación nativa, o de elevado interés ecológico, principalmente; así como también por humedales y áreas protegidas.

- Que el trazo transcurra preferentemente por las zonas agrícolas menos productivas o por áreas abiertas, despejadas.
- Procurar reducir al mínimo el paralelismo con infraestructura vial, tales como carreteras o vías férreas, con ello se reducirá el potencial número de observadores.
- Debe evitarse la generación de daños directos en zonas de anidación en particular por áreas catalogadas como hábitat natural de especies. (Específicamente el Valle del Motagua entre P 14 a P 22).
- La presencia de riqueza etnoarqueológica, se constituye como uno de los factores que se deben observar en el trazado general de la línea, sobre todo entre P16 - P 28.

2.4.2 Descripción del trazo y corredor propuesto

La definición del corredor básico se realizó a partir de los condicionantes de partida, de carácter ambiental, técnico y económico descritos con anterioridad.

2.4.2.1 Evitar zonas y parajes sensibles desde el punto de vista ambiental

En la actualidad, las empresas encargadas de la implementación de nuevos proyectos están considerando cada vez más los aspectos ambientales de los mismos.

Por esta razón, cuando se inicia la planeación de un proyecto de infraestructura de este tipo, un proyecto de impacto linear, tipo corredor, se debe tomar en cuenta las zonas mas sensibles desde el punto de vista ambiental, con la finalidad de minimizar éstos.

2.4.2.2 Demografía

Para el caso de esta línea, se tiene la ventaja de que se está planeando construir por la zona menos densamente poblada del país, a excepción por supuesto, de la salida de la ciudad de Guatemala, donde se encuentra la mayor concentración de habitantes.

Una vez se sale del ámbito de la ciudad, la densidad poblacional es baja.

2.4.2.3 Zonas de vida y vegetación

El trazo propuesto atraviesa tres zonas de vida:

- Bosque húmedo subtropical, en el departamento de Guatemala.
- Monte espinoso subtropical, departamentos de El Progreso y Zacapa.
- Bosque seco subtropical, departamentos de El Progreso y Zacapa.

En términos generales, la zona se encuentra deforestada, y buena parte de la vegetación original ha sido removida, para usos agrícolas.

Es de hacer mención que en los departamentos de El Progreso y Zacapa, y especialmente en la zona donde se tiene planificado construir la línea de transmisión se encuentra la única zona semiárida de Centroamérica y se clasifica como bosque subtropical muy seco o espinoso, por lo que es un paraje especial, para el cual se tendrá que tener cuidados especiales cuando se construya la línea de transmisión. Aunque también es de hacer notar que su estado actual indica una degradación ambiental muy alta.

2.4.2.4 Áreas protegidas

Desde el punto de vista de Áreas Protegidas, el trazo propuesto no atraviesa ninguna de las legalmente establecidas y normadas, sin embargo vale la pena mencionar que en el área del Valle del Motagua, en los departamentos de El Progreso y Zacapa, tal y como se mencionara con anterioridad, tiene características únicas en Centro América, e incluso, se tiene previsto la creación de un área protegida en la zona, aunque aún no se ha delimitado la misma.

2.4.2.5 Sitios de anidación de aves y rutas de aves migratorias

Un tema que si habrá que ponerle interés será el tema de anidación de ciertas especies de aves, las cuales tienen sus sitios de anidación en el Valle del Motagua, específicamente en las zonas de cactus. El trazo de la línea corre al sur de esta zona, por lo que no debería existir problema.

Otro tema que se tomó en consideración es el tema de las rutas de aves migratorias, ya que Guatemala sirve como corredor de muchas de estas aves. Las rutas de migración atraviesan el país en dirección Norte-Sur, por lo que cualquier trazo proyectado en cualquier lugar del país, estaría dentro de estas rutas. Es importante hacer mención que la altura de las torres no afectaría estas rutas de migración, ya que las aves de este tipo vuelan a alturas del orden de miles de metros.

2.4.2.6 Fisiografía

Desde el punto de vista fisiográfico, este trazo propuesto discurre por tres provincias marcadamente diferentes:

- Cadena volcánica
- Tierras Altas Cristalinas
- Depresión del Motagua

Cualquier trazo alternativo que se proponga, siempre transcurrirá por estas provincias fisiográficas, y desde el punto de vista geotécnico, se deberá poner especial atención a ciertos puntos ubicados dentro de las Tierras Altas Cristalinas, las cuales tienen problemas de estabilidad.

Otro tema a tener en consideración, es la zona de falla del Motagua, la cual es una zona tectónica y sísmicamente activa.

2.4.2.7 Áreas de interés arqueológico

En la zona del valle del Río Motagua, se identificaron varias zonas de interés arqueológico, dado que este río jugó un papel muy importante en las culturas prehispánicas de Guatemala.

Este será un tema importante a tratar durante la realización de la construcción de la línea, ya que se deberán identificar plenamente estos sitios, e indicar su estado actual, ya que la totalidad de los mismos han sido depredados.

2.4.2.8 Ubicación cercana a los principales centros de reparto de potencia

El punto de inicio de esta línea se ubica en la zona norte de la ciudad de Guatemala, la zona de mayor concentración de potencia del país, y posiblemente de Centro América, y de aquí se distribuye la potencia de la mayor planta generadora del país (Chixoy).

Si bien es cierto, la línea transcurre a lo largo de la zona menos densa del país, la subestación Panaluya está ubicada en un sitio estratégico para la interconexión con Honduras.

2.4.2.9 La menor longitud posible, siendo las razones técnicas y económicas

La menor longitud entre dos puntos siempre es una línea recta. Sin embargo, para el caso de una línea de transmisión de energía eléctrica, aunque este concepto sigue siendo válido, casi nunca es posible.

Para poder conjugar la menor longitud posible dentro de parámetros técnicos y económicos, se debe verificar la existencia de infraestructuras actuales, tales como líneas de transmisión en operación, carreteras y vías de acceso.

Con la conjunción de estas variables, se puede plantear un trazo apropiado, que combine la utilización de la infraestructura existente, y los accesos apropiados que ayuden a realizar la construcción, desde el punto de vista técnico.

La mayor obra de infraestructura que ayudó al diseño de este trazo, es la carretera CA-9, y todas las carreteras y caminos de acceso complementarias.

Las subestaciones Guate – Norte (230 kV) y Panaluya (69 kV) ya están en operación actualmente, por lo que únicamente se deberá realizar una ampliación de las mismas.

En la zona no existen líneas de transmisión en 230 kV pero si existen líneas de subtransmisión (34 kV) y de electrificación rural, las cuales fueron un buen parámetro para elegir este trazado.

2.4.3 Trazo propuesto

Tomando en consideración todos los puntos anteriores, se está proponiendo el trazo que en los planos adjuntos se muestra.

En la siguiente tabla, se muestran los puntos de inflexión del trazo propuesto.

Las coordenadas están tomadas de las hojas topográficas 1:50.000 siguientes:

- San Pedro Ayampuc, 2160 III, Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, 1.996.
- Sanarate, 2160 II, Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, 1.996.
- El Progreso, 2160 I, Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, 1.996.
- San Agustín Acasaguastlán, 2260 IV, Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, 1.997.
- Zacapa, 2260 I, Instituto Geográfico Militar de Guatemala, 1.992.
- Río Hondo, 2261 II, Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, 1.994.

Cuadro No.2.1
Coordenadas del Trazado Original de la Línea

Punto	Este	Norte	Distancia entre PI	Distancia Acumulada	Caminamiento
PI 1	774400	1623050		0,00	0+000,00
PI 2	774600	1623050	200,00	200,00	0+200,00
PI 3	774800	1623150	223,51	423,51	0+423,61
PI 4	774900	1624300	1.154,34	1.577,85	1+577,85
PI 5	775150	1624300	250,00	1.827,85	1+827,85
PI 6	775750	1624700	1,649,24	3.477,09	3+477,09
PI 7	778300	1628450	4,057.71	7.534,80	7+534,80
PI 8	780700	1630800	3,358,94	10.893,74	10+893,74
PI 9	788500	1634400	8,590,88	19.484,62	19+484,62
PI 10	795800	1637350	7,873,53	27.358,15	27+358,15
PI 11	798550	1638050	2,934,71	30.292,86	30+292,86
PI 12	799100	1638400	570,09	30.862,95	30+862,95
PI 13	800400	1639500	1,702,94	32.565.89	32+565,89
PI 14	806326	1641150	6,160,46	38.726,35	38+726,35
PI 15	810625	1645250	5,941,38	44.667,73	44+667,73
PI 16	811300	1645525	728,87	45.396,60	45+396,60
PI 17	817300	1646800	8,008,30	53.404,90	53+404,90
PI 18	827500	1647200	10,295,63	63.700,53	63+700,53
PI 19	831250	1647800	3,797,70	67.498,23	67+498,23
PI 20	835600	1649300	4,601,36	72.099,59	70+099,59
PI 21	839000	1649050	3,409,18	75.508,77	75+508,77
PI 22	843500	1650700	4,792,96	80.301,73	80+301,73
PI 23	850900	1651700	7,457,28	87.759,01	87+759,01
PI 24	862600	1657100	12,866,04	100.625,05	100+625,05
PI 25	862700	1657800	707,11	101.332,16	101+332,16
PI 26	862650	1658400	602,08	101.934,24	101+934,24
PI 27	862550	1659400	1004,99	102.939,14	102+939,14
PI 28	863000	1660500	1,188,49	104.127,63	104+127,63
PI 29	863400	1663000	2,927,46	107.055,09	107+055,09
Punto Pivote	866250	1664150	3.073,27	110.128,36	110+128,36
		110.128,36			

Cuadro No.2.2
Coordenadas del Re – Trazado de la Línea

Punto	Este	Norte	Distancia entre PI	Distancia Acumulada	Caminamiento
PI 1	773.896	1.623.000			0+000
PI 2	774.600	1.623.050	400	400,00	0+400
PI 3	774.800	1.623.150	223,51	623,51	0+623,51
PI 4	775.589	1.623.296	700,00	1.323,51	1+323,51
PI 5				1.23,51	
PI 6	775.750	1.624.700	1.800,00	3.123,51	3+123,51
PI 7	778.200	1.628.750	4.300,00	7.423,51	7+423,51
PI 8	780.250	1.630.600	2.800,00	10.223,51	10+223,51
PI 9	788.500	1.634.400	8.590,88	18.814,39	18+814,39
PI 10	795.800	1.637.350	7.873,53	26.687,92	26+687,92
PI 11	798.550	1.638.050	2.934,71	29.622,63	29+622,63
PI 12	799.100	1.638.400	570,09	30.192,72	30+192,72
PI 13	800.400	1.639.500	1.702,94	31.895,66	31+895,66
PI 14	806.326	1.641.150	6.160,46	38.056,12	38+056,12
PI 15	810.625	1.645.250	5,941,38	43.997,50	43+997,5
PI 16	811.300	1.645.525	728,87	44.726,37	44+726,37
PI 17	817.300	1.646.800	8.008,30	52.734,67	52+734,67
PI 18	827.500	1.647.200	10.295,63	63.030,30	63+030,3
PI 19	831.250	1.647.800	3.797,70	66.828,00	66+828
PI 20	835.600	1.649.300	4.601,36	71.429,36	71+429,36
PI 21	839.000	1.649.050	3.409,18	74.838,54	74+838,54
PI 22	843.800	1.650.000	4.900,00	79.738,54	79+738,54
PI 23	845.800	1.651.000	2.250,00	81.988,54	81+988,54
PI 23or	850.900	1.651.700	5.800,00	87.788,54	87+788,54
PI 25	852.600	1.652.750	2.000,00	89.788,54	89+788,54
PI26	855.000	1.654.000	3.100,00	92.888,54	92+888,54
PI 24or	862.600	1.657.100	8.300,00	101.188,54	101+188,54
PI 25or	862.700	1.657.800	707,11	101.895,65	101+895,65
PI 26	862.650	1.658.400	602,08	102.497,73	102+497,73
PI 27	862.550	1.659.400	1.004,99	103.502,72	103+502,72
PI 28	863.000	1.660.500	1.188,49	104.691,21	104+691,21
PI 29	863.400	1.663.000	2.927,46	107.618,67	107+618,67
Punto Pivote	866.250	1.664.150	3.073,27	110.691,94	110+691,94
			110.691,94		

3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

3.1 Características Generales de la Línea

El Proyecto SIEPAC se compone básicamente de una línea eléctrica de circuito simple, corriente alterna trifásica y una tensión nominal de 230 kV.

El tramo objeto de este estudio posee una longitud de 110,6 Km., el cual parte de la Subestación Guate-Este, localizada en la zona 18 de la Ciudad Capital (ver Mapa) hacia la Subestación Panaluya, en Río Hondo, Zacapa.

La estructura básica de la línea es similar a la de cualquier otro tendido eléctrico, esto es, se compone de cables conductores agrupados en tres fases por circuito, por los que se transporta la energía eléctrica de una subestación a otra, y de unos apoyos que sirven de soporte a las fases a la vez que mantienen a éstas separadas entre si y del suelo.

Las particularidades de cada línea están en función de su tensión, que condiciona, entre otras cosas las dimensiones de sus elementos, reguladas a su vez por las Normas NTDOID¹, Normas Técnicas vigentes y de aplicación en Guatemala, las cuales fueron emitidas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala. Asimismo, para el diseño y coordinación del aislamiento se seguirán las normas y especificaciones de las Normas C. E. I.

En el diseño de la línea se han previsto apoyos metálicos de circuito simple, con una disposición “delta” de las fases, estando compuesta cada una de las fases por un (1) conductor.

En la figura que se adjunta en el Anexo N° 2, se muestra la configuración general de una torre de circuito simple, como las que serán utilizadas en la línea SIEPAC en estudio. Como se aprecia en el mismo, el apoyo soporta un circuito con la disposición “delta” de los conductores. Las fases están suspendidas de las torres por las cadenas de aisladores.

3.2 Descripción Detallada del Proyecto

A continuación se describen más ampliamente los componentes de la línea.

3.2.1 Apoyos

Los apoyos que se utilizarán, son torres de celosía de acero galvanizado, de aproximadamente 40 m de altura, contruidos con perfiles angulares laminados y galvanizados que se unen entre si por medio de tornillos también galvanizados, material que presenta una resistencia elevada a la acción de los agentes atmosféricos.

¹ Normas Técnicas de Diseño y Operación de instalaciones de Distribución, Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 1999.

Las estructuras son metálicas, enrejadas y autosoportantes, con cuatro (4) apoyos denominados patas. Los perfiles laminados son en ángulo, en calidades A-52 y A-42, con un valor del límite elástico de 3.600 y 2.600 Kg/cm² respectivamente.

La altura de las estructuras está definida por diversos criterios, entre los que destaca la distancia mínima del conductor al terreno en el caso de máxima flecha vertical.

A partir de este apoyo básico, se define cada apoyo de la línea adaptándolo a cada punto en concreto del trazado. Así, se ha previsto por ejemplo la posibilidad de ampliar la altura de la torre normal utilizando extensiones de la misma.

El tipo y dimensiones particulares de cada apoyo vienen definidos por la función que éste cumple en la línea; las distancias de seguridad que se han de mantener y otros criterios tales como la longitud total de los vanos existentes antes y después del apoyo, la topografía presente en estos vanos, la situación que posea en la traza, que motive que sea de anclaje, de suspensión, de principio o fin de línea, de ángulo, definiendo para cada uso un diseño del apoyo distinto, en función de las cargas y necesidades que cada situación motiva.

Respecto a los tipos de apoyos proyectados, hay que señalar que se han proyectado cinco (5) tipos básicos de estructuras de circuito simple, los cuales deben cubrir en casi su totalidad las necesidades de la línea.

Atendiendo a su función en la línea, los tipos de apoyos proyectados se clasifican en la siguiente forma:

- Apoyo de alineación (vano equivalente 380 m): sirve exclusivamente para sostener los conductores y cables de tierra; se utilizan en las alineaciones rectas con vano medio de 380 m. Se ha previsto para un eolovano (vano máximo en función del viento transversal) de 400 m con ángulo en la traza simultáneo de 2°, y un gravivano (vano máximo en función del peso que soporta cada apoyo) de 660 m.
- Apoyo de alineación (vano equivalente 800 m): sirve exclusivamente para sostener los conductores y cables de tierra; se utilizan en las alineaciones rectas con vano medio de 800 m. Se ha previsto para un eolovano (vano máximo en función del viento transversal) de 800 m con ángulo en la traza simultáneo de 2°, y un gravivano (vano máximo en función del peso que soporta cada apoyo) de 1.200 m.
- Apoyo de anclaje o ángulo de 0° a 30°: proporciona los puntos firmes de la línea, dado que limitan la propagación a lo largo de la misma de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional. Se han calculado suponiendo que cumple las funciones de anclaje o como simple apoyo de ángulo, en cuyo caso puede utilizarse hasta valores de 30° con un eolovano de 400 m. En el caso de suprimirse el ángulo, puede utilizarse con un eolovano máximo de 660 m.

- Apoyo de anclaje o ángulo de 30° a 60° : se usa para sostener los conductores y cables de tierra en los vértices de los ángulos fuertes formados por dos alineaciones. Se ha proyectado con un eolovano de 400 m y gravivano de 660 m para prever los casos de apoyos situados en puntos elevados con fuertes desniveles en los vanos contiguos.
- Apoyo de fin de línea y ángulo de 0° a 45° : debe resistir, en el sentido longitudinal de la línea, la sollicitación de todos los conductores y cables de tierra. Se ha previsto para la utilización en todos los puntos de salida o entrada a Subestaciones, así como para apoyos de ángulo hasta 45° . Los valores de eolovano y gravivano son 330 m y 200 m, respectivamente.

La distancia mínima de los conductores al suelo debe respetar un gálibo de 5,30 m al que se ha de añadir una variable función de la tensión. Es común adoptar una distancia mínima superior a la de cálculo para este proyecto se considera una altura mínima de 8,0 m.

Cuando se cruce áreas forestadas, se mantendrá una distancia de seguridad sobre las copas de los árboles de 1,5 m más una variable función de la tensión, resultando 4,5 m la altura libre a respetar sobre las copas.

El valor de vano económico (costo mínimo) se ha calculado para cada conductor determinado, en función de las características básicas de éste y fijando las dos posibles limitaciones del tense de las dos hipótesis consideradas (la de límite vibratorio y máxima tensión y la de máxima flecha). Determinando el valor de la flecha máxima y en función de ésta y de los componentes del costo de la línea, se ha analizado la variación de éste en función del vano. En el presente caso se ha adoptado un vano medio de 380 m.

Además de todo lo mencionado, cada apoyo posee una forma particular en función de la topografía sobre la que ha de izarse, de forma que el apoyo esté perfectamente equilibrado mediante la adopción de patas desiguales que corrijan las diferencias de cota existentes, evitando la realización de movimientos excesivos de tierra.

3.2.2 Cimentaciones

La cimentación de los apoyos es del tipo de patas separadas, es decir la cimentación de cada pata es independiente. El sistema adoptado en general es el de pilares de concreto, reservando la utilización de emparrillados metálicos para aquellos casos en que la magnitud de los esfuerzos lo haga aconsejable.

Las cimentaciones de concreto previstas, están formados por cuatro pilares independientes de concreto. En ellas van empotrados los correspondientes pernos de sujeción a los que se atornilla la parte inferior del apoyo.

Estas cimentaciones tienen forma de prisma de sección cuadrada, siendo las dimensiones del macizo función de las características del terreno.

Los emparrillados metálicos estarán formados por una serie de perfiles angulares encajados en dos perfiles en U a los cuales van atornilladas las patas del apoyo. El cálculo de los emparrillados se ha realizado suponiendo un coeficiente de trabajo del terreno de 2 Kg./cm², y un ángulo de desplante de tierras de 20°.

Dependiendo de estas características las cimentaciones se dividen en tres tipos: tierra, mixta y roca. La utilización de una u otra está en función de la profundidad a la que se encuentra la roca durante la excavación. La cimentación mixta une características de una y otra, en función de su semejanza con ellas.

3.2.3 Conductores

La línea está constituida por un circuito compuesto por tres fases, con un (1) conductor por fase.

Los conductores se montan en disposición “delta” en el apoyo, con una separación de 5,7 m entre dos fases, estando estas distancias fijas, definidas en función de la flecha máxima.

Los conductores están constituidos por cables trenzados de aluminio y acero.

Se utilizará el conductor ACSR CONDOR, el cual está compuesto de Aluminio-Acero, tiene una sección total de 455 mm², un diámetro exterior de 27,76 mm y un peso de 1,524 kg/m.

3.2.4 Hilos de guarda

Los hilos de guarda o cables de tierra son dos y se encuentran situados en los puntos más altos de los apoyos. Su función es proteger a la línea contra las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas. De tal forma que si existe una tormenta, estos cables actúan de pararrayos evitando que las descargas caigan sobre los conductores y provoquen daños en las subestaciones y el consecuente corte de la corriente. El fin que cumplen es transmitir la descarga a tierra, a través del apoyo, y al resto de la línea, disipando el efecto a lo largo de una serie de torres.

La distancia a la que quedarán entre sí los conductores y cables de tierra se ha elegido en base a la resistencia de difusión, a la onda de impulso de la torre a tierra y teniendo en cuenta el número de elementos de la cadena de aisladores. De esta forma, el aislamiento del sistema eléctrico, tanto en el centro del vano como en el punto de amarre de la cadena de aisladores, será similar en el caso de que un rayo fulmine el cable de tierra en cualquier punto de éste.

Uno de los hilos de guarda será un cable Alumoweld 7 N°8 AWG, de 58,56 mm² de sección, 9,78 mm de diámetro, y 0,3896 kg/m de masa lineal. El otro hilo de guarda será un cable tipo OPGW, de 108 mm² de sección, 15,8 mm de diámetro, y 0,485 kg/m de masa lineal.

La razón que ha aconsejado la elección del cable Alumoweld 7 N°8 AWG ha sido que éste está muy experimentado para este fin en líneas de 230 kV, presentando además tres ventajas sensibles sobre los de acero galvanizado: tiene una resistencia a la corrosión atmosférica superior, posee unas mejores características de conductividad, reduciendo el calentamiento de cortocircuito, y finalmente, sus posibilidades de tense permiten alcanzar un óptimo económico, manteniendo un ángulo de protección correcto de los conductores.

3.2.5 Disposición de los cables en los apoyos

Las fases se disponen en disposición “delta” de los conductores en los apoyos, con una separación entre conductores de 5,7 m.

Los cables de tierra se prevén a una distancia vertical de 2,8 m por encima en los apoyos de cadenas verticales (suspensión) y de 5,7 m en los de cadenas horizontales (amarre). Disposición con la que se consigue una eficaz protección de la línea contra descargas electroatmosféricas.

La distancia mínima entre los conductores y sus accesorios, en tensión, y los apoyos no será inferior a 1,8 m.

3.2.6 Cadenas de aisladores

Para que los conductores permanezcan aislados y la distancia entre los mismos permanezca fija, dichos conductores están unidos a los apoyos mediante las denominadas cadenas de aisladores, que mantienen los conductores sujetos y alejados de la torre.

El aislador a utilizar en las cadenas de suspensión y amarre será de vidrio templado, con acoplamiento bola y casquillo (ball and socket) y de 254 mm de diámetro.

En los tramos normales, las cadenas de suspensión estarán formadas por cadenas de 16 elementos y las de amarre también estarán formadas por 16 elementos del aislador anterior. Sin embargo en los apoyos en cotas superiores a 1.000 m.s.n.m. las cadenas, con la misma disposición, estarán compuestas por 17 aisladores.

3.2.7 Puestas a tierra

Existe una puesta a tierra por apoyo, que tiene como función básica trasladar al suelo la sobrecarga que supone la caída de un rayo sobre un apoyo o el cable de tierra. Para lo cual éste último distribuye el rayo a los apoyos próximos al punto de caída, descargando a tierra a través de cada uno de ellos.

El Reglamento exige que en zonas frecuentadas, la resistencia de difusión de la puesta a tierra de los apoyos no sea superior a 20 ohmios. En el presente caso se han estudiado las tomas de tierra para que este valor no supere los 10 ohmios, utilizando para ello una varilla clavada en el fondo del hoyo, que sirve de alojamiento a las parrillas, en dos patas diametralmente opuestas. Esta varilla será de sección circular, de acero galvanizado, de 2 m de longitud y 25 mm de diámetro, quedando unida al montante de la torre por un cable de acero galvanizado de 10,5 mm de diámetro. En caso de resultar un valor de la resistencia superior al previsto, se colocarán varillas adicionales con similares características, hasta conseguir el valor requerido.

3.3 Condicionantes Técnicos

La Seguridad de una línea de transporte posee una importancia vital, tanto desde el punto de vista de asegurar el suministro y distribución de la energía eléctrica, como para las personas y los elementos que puedan estar situados debajo y en el entorno de la misma.

Para evitar en lo posible cualquier tipo de fallo se mantiene un control riguroso y continuo tanto en el proyecto, como en el montaje y la posterior conservación, con el fin de prever cualquier posible envejecimiento o agotamiento prematuro de los materiales utilizados en la construcción.

Todos los elementos que constituyen una línea eléctrica aérea son importantes para conseguir una total seguridad, pero, sin duda, el elemento principal es el conductor, por lo que se le presta una atención especial cuando se procede a su montaje, en particular al cálculo de sus estados de equilibrio y al regulado de su tensión mecánica.

Los reglamentos a que está sometido el presente proyecto fijan las prescripciones que debe cumplir el conductor al ir suspendido de los apoyos, centradas en los coeficientes de seguridad que deberá cumplir, y en la distancia mínima libre entre conductor y terreno, así como a los servicios cruzados, tanto privados como públicos, entre los que se destacan las carreteras y ferrocarriles, otras líneas, zonas boscosas, etc.

Las distancias libres entre conductores y los servicios cruzados son muy variables, en función del elemento existente.

Las normas aplicables en el Proyecto en lo referente a situaciones especiales, como son los cruzamientos y paralelismos con otras líneas o con vías de comunicación, pasos sobre bosques o zonas urbanas, vienen recogidas en las NTDOD² (Título II, Capítulo I, Artículo 11,3); en cuanto a los requisitos, exigidos en el Proyecto, con objeto de reducir la probabilidad de accidentes, manteniendo la seguridad de la línea.

La distancia de seguridad de los conductores al terreno deberá ser como mínimo de 8,0m.

² Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución; Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 1999.

Los cruzamientos son los cruces de la línea con elementos del terreno, infraestructuras viales o de comunicaciones, pasos sobre bosques o zonas urbanas, etc., que supongan una limitación para su paso.

No será necesario adoptar disposiciones especiales en los cruces con cursos de agua no navegables, caminos de herradura, sendas, veredas, cañadas y cercados no edificados, salvo que en éstos últimos se pueda exigir un aumento en la altura de los conductores, ya que la altura de seguridad sobre el terreno adoptada, es superior a la necesaria para salvar estas infraestructuras.

A continuación se reseñan las diferentes normas y criterios que se tendrán en cuenta en el Proyecto en los cruzamientos.

- En los cruces de carreteras, vías de comunicación y ferrocarriles la normativa prohíbe la instalación de apoyos de líneas eléctricas de alta tensión en las zonas de influencia de las carreteras, es decir, a distancia inferior a veinticinco (25) metros para carreteras de la red estatal y de quince (15) para la vecinal. Igualmente está prohibida la instalación de apoyos que, aún cumpliendo con las separaciones anteriores, se encuentren a menos de ocho (8) metros de la arista exterior de la explanación o una distancia, del borde de la plataforma, inferior a vez y medida su altura.
- La altura mínima de los conductores sobre la rasante de las vías de comunicación, ha de ser como mínimo de 8 m. se adoptan 8,5 m. Esta altura se incrementará a 10,18 sobre vías férreas, de acuerdo a las NTDOID.
- En los cruces con ríos y canales, la altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua, en el punto de máxima cota que el nivel de ésta alcance, se cifra en 8,5 m.
- En el cruce con líneas eléctricas y de telecomunicación se procura que éste se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada.

Se ha de tener en cuenta que las líneas como la afectada por el estudio han de pasar siempre más elevadas que las existentes. Dado que su tensión es la de la red de máxima tensión en la zona, la altura sobre las otras no será menor de 4,5 m.

En el caso en que el trazado de la línea corra paralelo al de otra línea ya existente, deberá respetarse una distancia mínima entre los ejes de dichos trazados tal que, al desviarse los conductores de una de las líneas por acción del viento de presión máxima y considerando la flecha máxima final en su correspondiente condición de transmisión de la potencia nominal máxima, la separación entre dichos conductores y cualquier elemento de la otra línea sea mayor que 3,5 m.

Las normas a tener en cuenta en las zonas de paso de las líneas por masas de arbolado tienen como fin evitar las interrupciones del servicio y los posibles incendios producidos por el contacto de ramas o troncos con los conductores o por el salto del arco entre un conductor y la rama, lo que supone una de las causas más frecuentes de avería en las líneas de transporte de energía y en algunos casos el incendio de la masa forestal presente.

El crecimiento natural de los árboles provoca que la distancia entre éstos y los conductores se reduzca paulatinamente, llegando a un punto a partir del cual puede producirse un arco, que además de suponer la interrupción del servicio de la línea, puede provocar fuego en los primeros.

El contacto también puede producirse por el desprendimiento de una rama originado por el viento, la caída de un árbol, bien por efecto de vientos fuertes o por la mano del hombre, como cuando en la corta de arbolado se dé la posibilidad de que al cortar un árbol, éste, en su caída, entre en contacto con los conductores, lo que supone además un grave riesgo para los operarios que estén realizando las labores.

Por todo ello, se deben tomar en consideración las acciones necesarias para que la distancia entre los árboles y la línea sea, en todo momento, tal que no suponga riesgos para ninguno de ellos.

La medida a adoptar de forma general para una protección eficaz, consiste en el corte del arbolado que, a lo largo del período de explotación de la línea pueda interferir con la misma. Este corte servirá de protección para el resto de la masa de arbolado.

La zona de corte de arbolado deberá tener la anchura necesaria para que, considerando los conductores en su máxima desviación bajo la acción de un viento de 120 km/h y una temperatura de 15° C, su separación a la masa de arbolado no sea inferior a 4,5 m.

Igualmente deberán ser cortados todos aquellos árboles que por inclinación o caída, puedan constituir un peligro para la conservación de la línea.

La determinación de la zona de arbolado que ha de cortarse, está en función de la distancia existente entre los conductores y las ramas de los árboles, que a su vez depende por un lado de la altura que hay entre los conductores y el suelo, que varía en terreno llano entre algo más de veinte metros en el apoyo y un mínimo de 6,83 m en el centro del vano, y por otro de la especie o especies presentes, así como del crecimiento, actual y futuro, que los ejemplares posean en la zona.

Ambos condicionantes son fijos en cada punto, pero muy variables a lo largo de todo el trazado, por lo que para evitar una deforestación innecesaria y un perjuicio para los propietarios, no se debería prever una franja de corta permanente en toda la longitud del mismo, sino que sería deseable definirla en función de la situación existente en cada vano, por la que se marcará la banda de corta en el mismo, siempre, claro está, teniendo en cuenta la distancia definida por el Reglamento.

Igualmente, si el terreno es inclinado, la zona de influencia no será simétrica, debiendo desplazarse hacia la parte que alcanza mayor altura; la otra parte podría reducirse hasta alcanzar una separación de 3,03 m con la vertical del conductor. En un barranco los conductores quedan muy por encima de las copas de los árboles, por lo que se puede adoptar una zona de corta de arbolado mínima.

3.4 Descripción Resumida de las Obras

Previamente a la construcción de la obra, el proceso que conlleva el diseño del proyecto se sucede en distintas fases en las que se redactan una serie de Estudios Previos en los que se analizan distintas alternativas técnica y económicamente viables. La consideración de las variables ambientales, naturales y socioeconómicas se inicia en estos momentos, con antelación a la elección del trazado definitivo, seleccionando un corredor entre las distintas alternativas.

El Proyecto se realiza, una vez aprobado el Anteproyecto, a partir del levantamiento topográfico de la línea, con el diseño y distribución de los apoyos. Al definir el trazado se incorporan, siempre que sea viable, criterios ambientales tales como elegir alineaciones alejadas de núcleos urbanos y de enclaves de interés ecológico, elegir las zonas de peor calidad agrícola para ubicar los apoyos, etc.

Durante las distintas fases que supone la construcción de la obra se adoptan medidas de carácter preventivo y de control. En el apartado correspondiente al Control durante las obras, se detallan algunas de estas medidas cautelares. En cada fase de trabajo pueden intervenir uno o varios equipos; sus componentes, así como el tipo de maquinaria que utilizan en el desarrollo de los trabajos, se reflejan en los apartados correspondientes.

La construcción de una línea eléctrica se diferencia de cualquier otro tipo de proyecto en que su ejecución se realiza mediante el desarrollo de una serie de actividades concatenadas que se han de realizar en forma secuencial, no pudiendo iniciarse una labor, en un cierto punto, hasta que no se ha finalizado la anterior, y que sin embargo pueden comenzarse en diversos puntos a la vez, de forma totalmente independiente.

A continuación se refieren de forma desglosada las más importantes de estas actividades:

- Obtención de los permisos de los propietarios para la construcción de accesos, ubicación de los apoyos y el vuelo de los conductores.
- Apertura de pistas de accesos a las bases de los apoyos.
- Excavación y aplicación de concreto de las cimentaciones.
- Retirada de tierras y materiales de la obra civil.
- Acopio del material de la torre.
- Armado e izado de la torre.
- Tala de arbolado.
- Acopio de los conductores, cables de tierra y cadenas de aisladores.
- Tendido de conductores y cables de tierra.
- Regulado de la tensión y engrapado.
- Eliminación de materiales y rehabilitación de daños.

A continuación se describen en forma resumida cada una de estas actividades:

3.4.1 Obtención de permisos

Aunque debido a la utilidad pública de este tipo de líneas se puede realizar la expropiación forzosa de las ocupaciones precisas, es costumbre generalizada obtener la conformidad de los propietarios de forma amistosa, mejorando con ello la aceptación social del proyecto.

La primera de las actuaciones a acometer, la obtención de los permisos correspondientes a la ocupación de los terrenos y a los accesos es previa al comienzo de las obras previamente dichas, pero sin embargo marca el desarrollo de éstas, ya que en estos acuerdos se definen diversas tareas, que sin modificar esencialmente las operaciones de la obra pueden condicionarlas.

En el desarrollo de esta actividad, además de los acuerdos económicos necesarios para la constitución de las servidumbres, se pactan, de forma simultánea, otra serie de medidas muy diversas, entre las que, en general, destacan las referentes a corrección de daños y protección del entorno, por lo que tienen una importancia reseñable a la hora de evaluar la incidencia de la línea.

3.4.2 Apertura de accesos

En el trazado de una línea eléctrica de alta tensión los apoyos han de tener acceso, tanto durante la fase de construcción como durante la de explotación, dada la necesidad de llegar a los emplazamientos de los mismos con determinados medios auxiliares, como camiones de materiales, la máquina de freno y otros.

Estos accesos constituyen las únicas obras auxiliares que se precisan para la construcción de una línea eléctrica, ya que no son necesarias otras actuaciones o instalaciones del tipo de las que se precisan en otras infraestructuras lineales, como parques de maquinaria, plataformas de trabajo, canteras y vertederos, etc.

Para la ejecución de la red de caminos necesarios se aprovechan los accesos existentes (carreteras, caminos, senderos, trochas, etc.), mejorándolos en anchura, y firme, si ello fuera necesario, acondicionándolos al paso de la maquinaria que han de soportar.

En general, si se utilizan carreteras o caminos ya existentes, al final de la obra el contratista es el responsable de dejarlos en las condiciones que se encontraban con anterioridad a su uso; si se abren nuevos caminos, éstos deben permanecer para su uso posterior en las fases de operación y mantenimiento de la línea eléctrica.

Los accesos nuevos a construir, desde los existentes a los apoyos, se realizarán de forma que el costo económico y medioambiental sea mínimo.

Esto motiva que no tengan que poseer unas características especiales, ya que exclusivamente han de servir para el paso de un número reducido de camiones durante la fase de construcción, los necesarios para acopiar los materiales y trasladar la maquinaria que ha de realizar la obra civil, el izado de las torres y el tendido de los cables, así como posteriormente los vehículos todo terreno, para las operaciones de vigilancia y mantenimiento que se realizan como media una vez al año.

Este uso mínimo es la razón por la que en su construcción no se asumen unos criterios de diseño basados en facilitar el tránsito, sino que más bien, y cumpliendo unos requerimientos técnicos mínimos que permitan el paso de los vehículos necesarios, se busca la viabilidad del trazado en función de los condicionantes del entorno y las sugerencias de los propietarios afectados.

Hecho que queda claro al estudiar sus características de diseño, definidas por una anchura de 3 a 4 metros, suficiente para el paso de un camión, y las propiedades del firme, cuyo tratamiento es mínimo ya que está constituido por el propio terreno, compactado con el paso de la maquinaria, sin que ello suponga un deterioro grave del suelo, habida cuenta que en general no se utilizan tractores de orugas, sino máquinas con ruedas.

El trazado de los accesos se realiza mediante consenso con los propietarios afectados, ajustándose, a las necesidades y condiciones argumentadas por éstos, que en muchas ocasiones varían en función de la época del año en que se van a hacer los trabajos, los cultivos existentes, o simplemente el interés, por parte del propietario, sobre que el acceso circule por una cierta zona, mejorando la accesibilidad propia de la finca, extremo que siendo razonable se acepta.

Un aspecto de suma importancia es el hecho de que los accesos no sean incluidos, nada más que de forma genérica, en el Proyecto de la línea, debido a que en muchos casos resulta inviable tener una idea exacta del trazado de los mismos hasta el propio inicio de la obra en cada punto, dado que en esta decisión entran intereses, no evaluables apriorísticamente, que condicionan el trazado. En ocasiones se define en función de aspectos tales como la situación del suelo (que haga inviable el paso por zonas inundadas en ciertas épocas del año), las necesidades propias de la finca, la situación de los cultivos, cortas de arbolado en masas de explotación, etc.

3.4.3 Tala de árboles

Ya se han comentado los criterios tenidos en cuenta en el Proyecto en cuanto en la definición de la anchura de la calle y la altura de los árboles a deforestar en el epígrafe sobre cruzamientos de la línea con masas de arbolado.

La constitución de esta servidumbre es una de las actuaciones que tienen una mayor repercusión para el propietario a largo plazo, dado que por las características de la línea, esta es compatible con los usos agrícolas y ganaderos, no imponiendo ningún limitante a estos aprovechamientos, por lo que los propietarios asumen con relativa facilidad la presencia de la línea una vez instalada.

Sin embargo en las áreas forestales, al tener que actuar sobre éstas de forma periódica, se provoca un reiterado trasiego de hombres y maquinas ajenos a la propiedad, lo que supone un cierto desasosiego a los dueños y que se traduce en quejas e intentos de renegociación de la situación, olvidando el contrato que se firmó al inicio. Situación que se da particularmente en las fincas enajenadas, en las que el nuevo propietario no actúo en la firma del contrato de constitución de la servidumbre.

La apertura de la calle se realiza en varias fases, según va siendo necesaria para el desarrollo de los sucesivos trabajos. Así, puede hablarse de una calle topográfica, abierta por los topógrafos para la realización de las alineaciones, que tiene un ancho mínimo para el desarrollo de estas labores; de una calle de tendido, abierta para la ejecución del tendido de la línea, que tiene de 4 a 6 m de anchura; y por último de la calle de seguridad, que se abre para la puesta en servicio de la línea y que viene reglamentada, en el que se define como distancia mínima que ha de existir entre los conductores y los árboles 4,5 m.

Los materiales procedentes de la tala son troceados en dimensiones acordes con la industria maderera 3,5 m y transportados fuera de la zona; en ocasiones, se queman los restos con el permiso de la propiedad y del organismo correspondiente, con la supervisión de equipos de bomberos si fuese necesario.

3.4.4 Cimentaciones

El tipo de cimentación más generalizado, como se ha descrito en el apartado correspondiente, es el de macizos de hormigón, reservando la utilización de emparrillados metálicos para aquellos casos en que la magnitud de los esfuerzos lo haga aconsejable.

La apertura de las cimentaciones se realiza por medios mecánicos y manuales, se podría exigir a los contratistas de las obras la no utilización de explosivos, por su peligrosidad de manejo y los efectos negativos que conlleva para el medio reservándolos para casos muy excepcionales.

En general el hormigón o concreto en masa de los macizos o zapatas que constituyen las cimentaciones es suministrado por camiones hormigoneras, desde plantas permanentes, para asegurar con ello las características que ha de reunir.

3.4.5 Retirada de tierras y materiales de la obra civil

Una vez finalizadas estas actuaciones, el lugar de obra debe quedar en condiciones similares a las existentes antes de comenzar los trabajos, en cuanto a orden y limpieza, retirando los materiales sobrantes de la obra.

Las tierras procedentes de la excavación de cimentación, si no se utilizan para el propio relleno del hoyo, se suelen extender en la proximidad del apoyo, al suponer un volumen pequeño, adaptándolas lo más posible al terreno; si esto no es posible, tienen que ser trasladadas, generalmente en camiones, fuera de la zona de actuación.

3.4.6 Acopio de materiales de la torre

En una zona destinada para ello se almacenan los materiales. Desde esta zona de acopio o campa se trasladarán los materiales necesarios hasta los puntos donde se localizan los apoyos, para proceder a su montaje.

Para realizar este transporte, los paquetes con los materiales se encuentran debidamente numerados y clasificados. En cuanto a las piezas de la torre, igualmente, se indica el apoyo al que corresponden. Al fabricante se le puede indicar el peso máximo de los paquetes, así como la forma de clasificación de las piezas.

Una vez que el material necesario está acopiado en la proximidad del apoyo, se procede al armado e izado del mismo.

3.4.7 Montaje e izado de apoyos

Los apoyos, como ya se ha mencionado, están compuestos por unas estructuras en celosía de acero galvanizado, construidas con perfiles angulares laminados, que se unen entre si por medio de tornillos, por lo que su montaje presenta una cierta facilidad, actuándose como con un mecano, dado que no es necesaria ningún tipo de maquinaria específica.

Según esté configurado el terreno en el que se ubica el apoyo, el montaje e izado del mismo se puede realizar de dos formas. La más frecuente consiste en el montaje previo de la torre en el suelo y su posterior izado mediante grúas-plumas pesadas. El otro método se basa en el izado de las piezas una a una y su montaje sobre la propia torre mediante un artilugio denominado pluma.

- En el primer caso se necesita una explanada (de la que a menudo no se dispone) limpia de arbolado y matorral alrededor del apoyo, utilizada para el desenvolvimiento de grúas, camiones y hormigoneras.
- Si el armado se ejecuta en el suelo, se disponen una serie de calces o soportes en los que se apoya la torre, quedando totalmente horizontal y sin tocar el terreno, con su base en la zona de anclaje, para que el apoyo quede colocado en este punto en el momento de ser izado.
- El segundo método de montaje es manual y se realiza para aquellos apoyos ubicados en zonas de difícil acceso a la maquinaria pesada o donde existen cultivos o arbolado que interese conservar, ya que evita la apertura de esa campa libre de vegetación, minimizando los daños.
- Una vez que la pluma está izada con la ayuda de una pluma auxiliar y debidamente sujeta con los correspondientes vientos de sujeción y seguridad, se inicia el armado e izado de la torre.

- La pluma permite el ensamblaje de los perfiles de una forma progresiva, iniciando el trabajo por la base, e izando el apoyo por niveles. Para ello se eleva cada pieza o conjunto de éstas mediante la pluma, que a su vez se mantiene apoyada en la parte ya construida y con su extremo superior sujeto mediante los vientos.
- La aplicación de este método es muy usual, dado que también es el indicado en aquellas zonas en las que la topografía y los accesos condicionan la entrada de la maquinaria pesada utilizada en el primer método, lo que hace que éste, en general, se restrinja a zonas llanas y de cultivos herbáceos.

El acopio de materiales y el izado de apoyos, puede realizarse mediante helicóptero en zonas de una especial dificultad orográfica, labor que si bien implica un sobrecosto apreciable, puede suponer una reducción del impacto sobre el sustrato y la vegetación.

3.4.8 Acopio de materiales para el tendido

Los materiales y maquinaria necesarios para el desarrollo de los trabajos correspondientes al tendido de cables se acopian en la proximidad de los apoyos.

Para cada una de las series que componen una alineación, se colocarán la máquina de freno y las bobinas junto al primer apoyo de la misma, situándose la máquina de tiro en el último apoyo. La longitud de una serie es de unos tres kilómetros empezando y acabando en un apoyo de amarre.

3.4.9 Tendido de cables

La fase de tendido comienza cuando los apoyos están convenientemente izados y se han acopiado los materiales necesarios para su ejecución. También es el momento en el que se suele realizar la apertura de una calle con la tala de arbolado, para facilitar las labores de tendido.

Se realiza mediante una máquina freno que va desenrollando los cables de la bobina, a la vez que otro equipo va tirando de ellos pasándolos, por unas poleas ubicadas al efecto en los extremos de las crucetas de los apoyos, mediante un cable guía arrastrado mediante un vehículo todo terreno.

En el caso de no poderse utilizar éste método, el tendido se puede realizar a mano, es decir, trasladando el cable guía de un apoyo a otro arrastrado por un equipo de hombres ayudado o no por caballerías.

Este método se utilizará en las zonas en las que lo abrupto del terreno, o el valor de la vegetación presente, lo aconsejen.

En todos los casos, una vez izado el cable guía en el apoyo, o en su lugar una cuerda que sirva para tirar de éste, el tendido se realiza en su totalidad por el aire, evitando en todo momento el contacto de los conductores con el suelo o las copas de los árboles, para evitar que se deterioren.

En esta fase de las obras se utilizan los accesos y explanadas de trabajo abiertos en las fases anteriores.

3.4.10 Tensado, regulado y engrapado de cables

Para el tensado, se tira de los cables por medio de cabrestantes y se utiliza la máquina de freno para mantener el cable a la tensión mecánica necesaria para que se salven los obstáculos del terreno sin sufrir deterioros.

Mediante dinamómetros se mide la tracción de los cables en los extremos de la serie, entre el cabrestante o máquina de tiro y la máquina de freno. Posteriormente se colocan las cadenas de aisladores de amarre y de suspensión.

El tensado de los cables se realiza poniendo en su flecha aproximada los cables de la serie, amarrando éstos en uno de sus extremos por medio de las cadenas de aisladores correspondientes. Las torres de amarre y sus crucetas son venteadas en sentido longitudinal.

El regulado se realiza por series (tramos entre apoyos de amarre) y se miden las flechas con aparatos topográficos de precisión.

Los conductores se colocan en las cadenas de suspensión mediante los trabajos de engrapado, con estrobos de cuerda o acero forrado para evitar daños a los conductores. Cuando la serie tiene engrapadas las cadenas de suspensión, se procede a engrapar las cadenas de amarre.

Finalmente se completan los trabajos con la colocación de separadores, antivibradores y contrapesos y se cierran los puentes de la línea.

3.4.11 Eliminación de materiales y rehabilitación de daños

Una vez finalizadas las diferentes fases de trabajo se dejará la zona en condiciones adecuadas, retirando los materiales sobrantes de la obra.

Las tierras procedentes de la excavación de cimentación, al suponer un volumen pequeño, se suelen extender en la proximidad del apoyo, adaptándolas lo más posible al terreno; si esto no es posible, tienen que ser trasladadas, generalmente en camiones, fuera de la zona de actuación.

Las cajas, embalajes, desechos, etc., deberán ser recogidos y llevados a un sitio municipal destinado para el acopio de desechos.

El hormigón desechado que no cumpla las normas de calidad debe ser eliminado en lugares aptos para el vaciado de escombros, no impactantes al entorno, o vertedero; o bien ser extendido en los caminos para mejorar su firmeza siempre y cuando existiera con antelación un tratamiento superficial de los mismos o si se acuerde así con el propietario, y con el visto bueno de las autoridades competentes de la comunidad.

3.5 Instalaciones Auxiliares

En este tipo de obras no son precisas las instalaciones auxiliares propiamente dichas, dado que no se necesitan plantas de tratamiento o de otro tipo, ni canteras o vertederos abiertos para la propia obra. Tampoco se precisa parque de maquinaria, al ser el volumen preciso de ésta muy reducido y de carácter ligero. El aprovisionamiento de materiales se realiza en almacenes alquilados al efecto en los pueblos próximos hasta su traslado a su ubicación definitiva, no siendo precisos almacenes a pie de obra o campas al efecto.

Por otro lado, las características de este tipo de instalación motivan que los equipos de trabajo se hallen en un movimiento prácticamente continuo a lo largo del trazado.

Las únicas actuaciones que tienen un cierto carácter provisional son las campas abiertas en el entorno de los apoyos, algunos ramales de los accesos, o los daños provocados sobre los cultivos, todos ellos subsanables mediante los acuerdos con los propietarios o la aplicación de medidas correctoras.

Respecto a otros elementos de la línea que podrían considerarse auxiliares como son los accesos, cabe decir que carecen de este carácter al ser su cometido permanente.

3.6 Maquinaria y Materiales Utilizados en la Construcción

3.6.1 Maquinaria y equipo a utilizar

A continuación se describe el parque de maquinaria normal utilizado, habitualmente, en este tipo de obras. Los datos que siguen se refieren a un tramo de 100 Km. y con el número de apoyos aproximado que estos necesitan.

- Accesos: dos bulldozers y/o retroexcavadoras, así como 10 camiones y 12 vehículos "Todo terreno" para transporte de personal y equipo, y descarga de material de desmonte.
- Tala de árboles: dos tractores o camiones con cabrestante y otro con pluma para carga y transporte de la madera, así como 7 motosierras y 2 astilladoras.

- Cimentaciones: cinco camiones, cinco hormigoneras de 30-35 Tn y doce vehículos todo terreno.
- Montaje e izado de apoyos: cuatro o cinco camiones tipo trailer, igual número de camiones normales, dos grúas-pluma pesadas y doce vehículos "todo terreno".
- Tendido de cables: dos equipos de tipo (freno, cabrestante de tiro, etc.) dos o tres camiones-trailer, seis camiones normales y doce vehículos "todo terreno".

3.6.2 Materiales utilizados en la construcción

Todos los materiales utilizados en las obras habrán de acopiarse en la zona. Desde el punto de vista ambiental interesa conocer la procedencia de los materiales inertes para el concreto (hormigón). En este tipo de Proyecto no será necesaria la creación de canteras en las inmediaciones de la zona, pues el hormigón o concreto debería proceder de plantas fijas existentes, de las cuales se obtienen los materiales inertes de las canteras en explotación, debidamente aprobadas por el Ministerio de Energía y Minas de la República de Guatemala, que es el ente regulador y emite las leyes guatemaltecas en esta área.

Por otra parte al contratista no se le exige ni impone la procedencia del hormigón, pudiendo obtenerlo de plantas fijas existentes o, si fuera necesario, crear plantas móviles, próximas a carreteras de la zona. La única exigencia al contratista en este sentido es que el máximo tiempo que puede transcurrir entre carga y descarga del hormigón por la hormigonera sea de dos horas, si no se ha añadido aditivo.

Otra exigencia de gran importancia impuesta al contratista es la no utilización de explosivos, salvo en casos muy excepcionales, ni en la apertura de cimentaciones ni en otra actividad. Evitando así los impactos que ello conlleva.

3.7 Mano de Obra

El equipo aproximado de personal empleado en este tipo de obras, consta de personal fijo del contratista y personal local eventual, el cual provendrá a poder ser de los pueblos de la zona por donde discurre el trazado y que puede suponer hasta un 50 ó 70% del total de peones necesario en la obra civil.

El personal de la empresa contratista es el que soporta el aspecto técnico del desarrollo de los trabajos.

Este personal será el minoritario por el mayor costo que suponen las bonificaciones por traslado a la zona desde su lugar de origen, por lo que suele pertenecer a la categoría profesional calificada.

El personal local empleado, sin embargo, será eventual y corresponde a la mano de obra no calificada. Para los trabajos de tala de árboles a lo largo del tendido, se dará preferencia de trabajo a personas pertenecientes a las Alcaldías dentro del área de influencia directa dentro del trazo de la línea, a quienes se deberá dotar de los equipos de seguridad específicos para las tareas que se lleven a cabo. El Contratista será el encargado de brindar el equipo necesario y para todos los trabajadores que se contraten para la ejecución de la obra. El contratista será el responsable de que las medidas de seguridad detalladas en el capítulo 9, se cumplan a cabalidad en cada una de las etapas del trabajo que se realiza.

- **Accesos:** En los trabajos de obra civil pueden intervenir simultáneamente varios equipos de trabajo además de un profesional que realice los avalúos de daños a terrenos; pueden estar trabajando 3 ó 4 equipos al mismo tiempo en distintas zonas. Cada equipo estaría formado por un operador de maquinaria y 3 personas.
- **Excavación y aplicación de concreto:** Si se realiza de forma manual el equipo está constituido por un capataz y 4 peones. Si los trabajos se efectúan de modo mecánico, utilizando una retroexcavadora, el equipo estaría formado por un maquinista y 2 peones.
- **Puestas a tierra:** El equipo para la realización de las puestas a tierra estaría formado por 2 personas.
- **Acopio de material para armado de la torre y material de tendido:** El equipo estará formado por un camión y 2 ó 3 personas o un piloto de helicóptero y 2 personas.
- **Armado e izado de apoyos:** Pueden encontrarse unos 3 equipos armando distintas torres, cada equipo estaría formado por 8 personas.
- **Tala de árboles:** En estos trabajos puede intervenir un equipo formado por unas 10 personas.
- **Tendido de cables:** El tendido se realiza por etapas. El equipo de tendido puede estar constituido por 25 ó 30 personas, trabajando con 2 camiones grúa.
- **Eliminación de materiales y rehabilitación de daños:** Los equipos que intervienen en cada fase de trabajo son los encargados de dejar el área afectada por las labores y maniobras de trabajo de tal forma que quede en condiciones similares a la situación inicial, por lo que el número de personas depende de los distintos equipos de trabajo. Así como se contará con la presencia de un profesional que evalúe los daños ocasionados a terceros. En todo momento del proceso se buscará cumplir con las medidas mínimas de seguridad laboral y humana, detalladas en el capítulo No. 9.

3.8 Cruzamientos y Servidumbres Generadas (Derechos de Vía)

El paso de una línea eléctrica por un terreno determinado implica tres tipos de impactos sobre el mismo:

- Servidumbre de vuelo o paso de la línea por el terreno.
- Emplazamiento de los apoyos, con la pérdida del uso del terreno correspondiente.
- Construcción de accesos nuevos con la pérdida del terreno correspondiente.

Es norma general para este tipo de obras, la obtención de los permisos de los propietarios, cuyas fincas, terrenos y/o parcelas son afectados por el paso de la línea eléctrica, antes de que dé comienzo la construcción de la misma.

De la obtención de los permisos se encargará la empresa propietaria de la línea, que lo realizará mediante la contratación de empresas especializadas en este tipo de trabajo.

El reglamento de líneas aéreas de alta tensión, que en este caso serán las NTDOID de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, regula y establece las servidumbres debidas a la instalación de una línea de alta tensión, las cuales son:

- En bosques, árboles y masas de arbolado. Para evitar las interrupciones del servicio provocadas por las protecciones de la línea al producirse un contacto de ramas o troncos de árboles con los conductores de una línea eléctrica, deberá establecerse, mediante la indemnización correspondiente, una zona de corte de arbolado a ambos lados de la línea eléctrica, cuya anchura será la necesaria para que, considerando los conductores en su posición de máxima desviación bajo la acción de la hipótesis de viento a) del apartado 3, del Art. 25, su separación de la masa de arbolado en su situación normal no sea inferior a $1,5 + U/150$ metros con un mínimo de 2 metros. Para el presente caso, la distancia será de 3,83 m. ($U = 230$ kV).
- Igualmente deberán ser cortados todos aquellos árboles que constituyen un peligro para la conservación de la línea entendiéndose como tales los que por inclinación, o caída fortuita o provocada, puedan alcanzar los conductores en su caída normal.
- Edificios, construcciones y zonas urbanas. Se evitará en lo posible el tendido de líneas eléctricas aéreas de alta tensión sobre edificios, construcciones y zonas urbanas.

En general queda autorizado el tendido aéreo de líneas eléctricas de alta tensión en zonas y polígonos industriales, así como en los terrenos del suelo urbano no comprendidos dentro del casco de la población en municipios que carezcan del Plan de Ordenamiento Territorial.

Las distancias mínimas que deberán existir en las condiciones más desfavorables, entre los conductores de la línea eléctrica y los edificios y construcciones que se encuentren bajo ella, serán las siguientes:

- Sobre puntos accesibles a las personas: $3,3 + U/100$ metros, con un mínimo de cinco metros, en el caso en estudio 5,6 m.
- Sobre puntos no accesibles a las personas: $3,3 + U/100$ metros, con un mínimo de cuatro metros, en el caso del Proyecto SIEPAC 5,6 m.

Se procurará asimismo en las condiciones más desfavorables, el mantener las anteriores distancias, en proyección horizontal, entre los conductores de la línea y los edificios y construcciones inmediatas.

En lugares perfectamente visibles de los edificios o construcciones cercanos a la línea, y principalmente en las proximidades de las tomas de agua para incendios, se fijarán las placas que indiquen la necesidad de avisar a la empresa suministradora de energía eléctrica para que, en caso de incendio, suspenda el servicio de la línea afectada antes de emplear agua para la extinción del fuego.

Se entenderá que la servidumbre ha sido respetada cuando la cerca, plantación o edificación construidas por el propietario no afectan al contenido de la servidumbre y a la seguridad de la instalación, personas y bienes.

En todo caso, y tal como se refleja en el Reglamento, incluido en el anexo correspondiente queda prohibida la plantación de árboles y la construcción de edificios e instalaciones industriales en la proyección y proximidades de la línea eléctrica a menor distancia de la establecida reglamentariamente.

Si una vez declarada la línea de Utilidad Pública no se hubiera llegado a un acuerdo amistoso con la propiedad, se puede dar el caso de que se proceda a la expropiación de los terrenos afectados, con el fin de conseguir la mencionada servidumbre de paso.

3.9 Control Durante las Obras

Durante las obras, se establecerán una serie de controles y métodos de trabajo en cuanto a las distintas fases de la obra, así como un control general y una serie de medidas de seguridad.

Todo ello se refleja en el conjunto de especificaciones técnicas y pliegos de condiciones que tiene que cumplir la empresa adjudicataria de los trabajos, es decir, el contratista.

El contratista debe ser responsable, entre otras, de las siguientes cuestiones relacionadas con el impacto ambiental que puede ocasionar la construcción de la obra:

- Orden, limpieza y limitación del uso del suelo de las obras objeto del contrato.
- Adopción de las medidas que le sean señaladas por las autoridades competentes y por la representación de la compañía para causar los mínimos daños y el menor impacto en:
 - Caminos, acequias, canales de riego y, en general, todas las obras civiles que cruce la línea o que sea necesario cruzar y/o utilizar para acceder a las obras.
 - Plantaciones agrícolas, pastizales y cualquier masa arbórea o arbustiva. El Contratista deberá tomar todas las precauciones para evitar daños a los cultivos y deberá asegurarse de que el trabajo esté debidamente supervisado con el objeto de que los daños se reduzcan al mínimo.
 - Donde se coloque una cimentación sobre un seto, rampa o pared, el costo de demolición y reconstrucción de tales obstáculos para ampliar el cimiento y su construcción, será costeadado por el Contratista. El Contratista también será responsable de todos los daños causados a terrenos, propiedades, caminos, desagües de plantaciones, cerros, paredes, árboles, setos, cultivos, portones y afines que sean dañados o interrumpidos durante la ejecución de los trabajos y deberá remover todo el material sobrante después de la erección.
 - Los responsables de la compañía negociarán los daños y perjuicios resultantes de la servidumbre de paso y el Contratista será responsable ante la compañía de tales daños y perjuicios, a menos que se certifique por escrito que el daño es inevitable.
 - Las diligencias necesarias para la retirada de obstáculos, tales como tuberías, o para cambiar líneas de tele-comunicaciones y electroductos que deben ser desviados, serán hechos por la compañía correspondiente a requerimiento del Contratista con el debido aviso anticipado de que está listo para comenzar los trabajos en el área afectada.
 - Formaciones geológicas, monumentos, yacimientos, reservas naturales, etc.
 - Cerramiento de propiedades, ya sean naturales o de obra, manteniéndolas en todo momento según las instrucciones del propietario.

- Obligación de causar los mínimos daños sobre las propiedades.
- Prohibición del uso de explosivos, salvo en casos muy excepcionales.
- Prohibición de verter aceites y grasas al suelo, debiendo recogerse y trasladar a vertedero o hacer el cambio de aceite de la maquinaria en taller.

El Contratista deberá hacer las provisiones adecuadas para prevenir la dispersión o daños del ganado durante la ejecución del trabajo hasta la restauración permanente de cercas, paredes, setos, portones y cercar los huecos que se realicen para cada pata de la torre hasta que los mismos hayan sido completados. El Contratista será el responsable por la pérdida o daño del ganado que se genere debido a la falta de cumplimiento de las exigencias mencionadas.

Seguidamente, se han extractado algunos puntos referentes al control de las obras, recogidos en diversas especificaciones técnicas y pliegos de condiciones que tratan las distintas fases de trabajo, transcribiendo algunos de ellos y resumiendo otros. Esta recopilación se ha realizado en relación con el control de las fases constructivas que implican de alguna forma posibles efectos en el entorno, es decir, recopilando la información sobre el control de las obras desde la perspectiva ambiental.

3.9.1 Replanteo

El personal técnico determinará el marcado de los ejes del apoyo y la verificación exacta de los anclajes del apoyo mediante el clavado de estaquillas. De esta forma, se marcarán los ejes necesarios para la exacta ejecución de los trabajos en lo que se refiere a excavación, presentación de anclajes y aplicaciones de concreto.

Las faltas de mojoneros y/o estacas serán informadas al menos con 15 días de antelación, para que la reposición de las mismas no entorpezca el ritmo normal de los trabajos.

Si existiesen anomalías serán comunicadas a la compañía con la máxima urgencia.

3.9.2 Caminos de acceso

Las pistas de acceso serán acordadas por los representantes de la compañía, del contratista y de los encargados de la gestión de permisos. Se hará un croquis firmado por los citados.

Al realizar la ejecución de la pista de acceso (para camión de 38 Tn) a los apoyos de la línea, se debe señalar con spray de forma visible en la calzada el número de los apoyos a los que se accede.

Las pistas o caminos se realizarán de tal forma que no se produzcan alteraciones destacables o permanentes sobre el terreno, por lo que se utilizarán preferentemente los caminos existentes, aunque en algunos casos sus características no sean las más adecuadas.

Se prohíbe alterar las escorrentías naturales de aguas, así como realizar desmontes o terraplenes desprovistos de una mínima capa de tierra vegetal. Se canalizarán adecuadamente las aguas si lo requiere el terreno.

El Contratista deberá llevar a cabo a lo largo de todos los caminos de acceso y de la ruta, para asegurar la continuidad de acceso por el Dueño para el mantenimiento y vigilancia durante el invierno o en época de lluvia, los trabajos siguientes:

- Drenajes locales en los puntos bajos del área, construcción de alcantarillas adecuadas y puentes pequeños donde la línea o caminos de acceso cruzan quebradas, barrancos, etc. y la construcción de veredas con troncos o rellenos en ciénagas o áreas pantanosas.
- En el caso de que se requieran trabajos de construcción, alrededor, dentro, sobre, a través de canales, el Contratista deberá mantener el paso de la corriente que exista en canales de riego y cursos de las aguas, durante todo el período de construcción, por medio de canales de desviación, tubería de paso, caja, diques, localización permanente u otros trabajos y estructuras requeridas a tal propósito.
- La secuencia de construcción y procedimiento para la hechura, mantenimiento y operación de desviaciones y otros trabajos para el propósito de mantener las corrientes de agua, deberán estar en estricto acuerdo con los planos que forman parte del Contrato y como lo indique la compañía propietaria.

El contratista debe cumplir los siguientes requisitos si es necesario atravesar fincas de cultivo, bosques, pastizales, etc.:

- Señalizar por medio de cintas el acceso a cada apoyo, para que todos los vehículos realicen la entrada y salida por un mismo lugar y utilizando una sola rodadura.
- La servidumbre a ocupar al realizar los trabajos se señalará por medio de cintas alrededor de cada apoyo, no sobrepasando en 16 m el lado del cuadrado que se forme respecto al que tenga la base del apoyo.
- Causar los mínimos daños a la propiedad, ajustándose en todo momento, y siempre que técnicamente sea posible, al trazado que indique el propietario de la parcela.

- Mantener cerradas en todo momento las propiedades atravesadas para acceso a los apoyos, a fin de evitar la entrada y salida de ganado.

El responsable de la compañía en la obra debe fijar los casos concretos, en los que por existir dificultades para abrir pistas, sea necesario realizar el acopio con pequeños vehículos tipo "dumper", caballería, helicóptero, etc. o bien sea necesario aplicar métodos constructivos especiales.

3.9.3 Excavación y aplicación de concreto

Al realizar la excavación, la profundidad del agujero será la indicada en los planos, es decir, la medición teórica.

Las excavaciones se realizarán con el celo y cuidado necesario para evitar que se generen daños innecesarios en el terreno circundante.

Después de realizar la excavación se colocará el anillo de puesta a tierra. Las excavaciones deben ser protegidas para evitar accidentes tanto de personas como de animales.

Cuando el relleno se realiza con los propios materiales extraídos de la excavación, el acopio de las tierras en las fundaciones deberá colocarse cuidadosamente, usando los mejores materiales de excavación presentes cerca de las bases. Así, deberán separarse tratando de rescatar los horizontes orgánicos de la excavación, para minimizar su uso.

El relleno deberá compactarse en capas de 25 cm o de la manera aprobada por la compañía propietaria de la línea.

Cuando el material sea tan húmedo que en opinión de los responsables de la compañía eléctrica no sea adecuado para rellenos, el Contratista deberá extender y arear el material hasta obtener la humedad apropiada, al tiempo que se ha de usar. El grado de compactación para el relleno deberá ser de densidad equivalente a la tierra adyacente no perturbada. No deberán usarse en el relleno piedras grandes, raíces o cualquier material indeseable.

Si la compañía considera que el material excavado es inadecuado se usará suelo seleccionado. Este material será suministrado por el Contratista obteniéndolo localmente.

Será colocado y compactado en capas de 25 cm de modo que se ligue y compacte alrededor de los cimientos para formar un cono denso de tierra que aumente la resistencia, o bien utilizar la bentonita para mejorar las propiedades geotécnicas del suelo. La fuente de este material deberá ser aprobada por la compañía o su representante.

En general, la tierra natural del emplazamiento de cada torre, deberá perturbarse lo menos posible durante la construcción. En todo caso, la superficie del suelo del emplazamiento de cada torre deberá quedar con la pendiente precisa para drenar el agua de las patas de la torre y dejada con el aspecto más natural posible.

En condiciones especiales, especialmente en laderas de montaña, la compañía podrá autorizar la colocación de piedras sueltas, para proteger las cimentaciones de la torre o darle resistencia adicional. El material deberá ser de roca sólida y durable o de trozos de concreto sin varillas de refuerzo, que tengan un peso aproximado de 100 Kg cada uno y de un diámetro o espesor de 20 cm como mínimo.

El sobrante de la excavación se tratará de adaptar al terreno y, si no es posible, se retirará de forma total o parcial. Los sobrantes de estos terrenos estériles deberán ser depositados en sitios que se encuentren aprobados para este uso.

La ejecución de la aplicación de concreto no deberá exceder a la excavación en más de 10 días naturales para evitar que la meteorización provoque el derrumbamiento de las paredes de los agujeros.

El hormigón utilizado así como su fabricación, ya sea “in situ” o proceda de planta, debe cumplir las características recogidas en la “Especificación Técnica para ejecución de Cimentaciones de Torres metálicas de Líneas Eléctricas”.³

Para la colocación de los anclajes se utilizarán los instrumentos apropiados para la correcta ejecución del trabajo y se seguirán los datos sobre errores máximos admisibles recogidos en la Especificación Técnica antes citada.

La aplicación de concreto en los anclajes se efectuará vertiendo el concreto en masa directamente en la excavación, rematándose con una bancada según los planos correspondientes.

Si el anclaje es en roca con pernos, la parte superior se rematará con hormigón en masa.

Entre la perforación y la aplicación de concreto no deberán pasar más de dos días, durante los cuales la boca de los pozos deberá permanecer tapada para evitar la meteorización del terreno.

Se llevará un parte individualizado de cada perforación, recogiendo datos sobre los tipos de detritus, velocidad de perforación, etc.

Las labores de aplicación de concreto se realizarán con luz diurna (desde una hora después de la salida del sol hasta una hora antes de la puesta).

El tiempo entre la adición del agua al cemento y su descarga total nunca será superior a una hora y media. La masa que sobrepase este tiempo deberá ser rechazada.

Se realizará el control de calidad mediante análisis al comienzo de la obra y cada 3 meses, entregándose los certificados de los ensayos a la compañía.

³ INDEGESA, Abril 2.003. Documento 552-05-IICG-ETE-003. Versión 1.

Al realizar los controles de consistencia del concreto, si no se cumplen los valores adecuados, la mezcladora de concreto móvil no podrá suministrar hormigón durante ese día y se rechazará la mezcla completa. Se realizarán los controles en todas las mezclas que se suministren.

Tanto el terreno del apoyo como los colindantes, deberán quedar libres de cualquier elemento extraño.

El adjudicatario cumplirá y hará cumplir a sus trabajadores las normas de seguridad aplicables.

La compañía propietaria de la línea actuará con todo rigor cuando se produzcan actuaciones que provoquen alteraciones en la flora, fauna y, en general, en el medio en que se trabaje, llegando si es preciso a la paralización de los trabajos.

3.9.4 Puestas a tierra

La ejecución de tomas de tierra de los apoyos metálicos se realiza según una serie de especificaciones técnicas en las que se distinguen diferentes zonas en que pueden quedar ubicados los apoyos. Estas zonas se clasifican y definen según su grado de frecuentación:

- Zonas de concurrencia pública
- Zonas frecuentadas
- Zonas agrícolas no frecuentadas
- Zonas no frecuentadas

El tipo de toma de tierra de un apoyo viene determinado por la zona en que el apoyo está situado y por el tipo de cimentación y anclaje del apoyo (profundidad de la roca). Se ejecutan para cada pata del apoyo. En general, y sobre todo para las zonas frecuentadas, la resistencia debe resultar inferior a 10 ohmios.

No se extenderán las antenas en las mejoras de las puestas a tierra hacia lugares como caminos, viviendas, zonas frecuentadas, cercados metálicos o tuberías metálicas que se encuentren próximas a los apoyos. En las mejoras de tierra, los enlaces entre las varillas se realizarán de forma que se produzca un buen contacto entre las mismas (soldadura).

La medición de la resistencia de difusión de la toma de tierra se realizará después de que las zanjas hayan sido rellenadas y compactadas, dejando al descubierto, únicamente, las puntas de arranque de las posibles ampliaciones que se recomiendan cuando la resistencia no es suficientemente baja.

Previamente a la aplicación de concreto, los anillos o varillas de la puesta a tierra se situarán en un pequeño surco y se tapanán con tierra de labor (de baja resistividad); de esta forma se evitará que las varillas puedan quedar embebidas en el hormigón.

Las varillas instaladas y conectadas serán inspeccionadas por el vigilante de la compañía.

3.9.5 Talas y podas

Para proceder a la tala de árboles, se debe tener el permiso escrito de la propiedad y, en su caso, de los organismos competentes. Igualmente, si se realizan tareas de quemado, se deben obtener los permisos de la propiedad y del organismo competente, aunque esta práctica deberá ser evitada.

En las tareas de poda y talado, además de cumplirse todas las normas de seguridad en relación con los operarios, deben controlarse, entre otras, las siguientes cuestiones:

- Siempre que ramas y árboles estén dentro de la zona de una línea eléctrica, o pudieran entrar en ella en su caída, habrá que proceder al descargo de la línea.
- Cuando se trabaje junto a una vía de comunicación, se recabará de la propiedad los permisos oportunos y se señalizará como si se tratara de un cruzamiento.
- En el talado de árboles, los componentes de la brigada deben de saber el procedimiento a seguir y estar perfectamente sincronizados.
- En caso de ser tumbados los árboles talados serán guiados con cuerdas cuando en su caída puedan ocasionar lesiones a las personas o daños en la propiedad. Si la dirección de caída del árbol a talar no coincide con la elegida, se forzará ésta mediante las cuerdas para darle la dirección que se requiera.
- No se efectuarán tareas de talado con vientos fuertes.
- Las dimensiones del tronco principal deberá cumplir con las exigidas por el mercado maderero, ello para asegurar su aprovechamiento.

En principio la calle o servidumbre de la línea deberá quedar libre de árboles y arbustos hasta 15 metros a ambos lados del eje central. Los árboles cortados y amontonados no deberán elevarse a más de 1,0 metro sobre el nivel del suelo.

El área dentro un radio de 5 metros del centro de la torre deberá quedar completamente desbrozado. Además los árboles que estén fuera de la faja de limpieza y que al caer puedan dañar la línea, deberán ser derribados por el Contratista. Después de haber obtenido el correspondiente permiso estipulado para la limpieza deberá incluir el derribo de tales árboles adicionales.

El Contratista deberá limpiar fajas de 3 metros de ancho partiendo de calles y carreteras públicas, que servirán como camino de acceso para el mantenimiento futuro de la línea.

Estas fajas deberán quedar libres de árboles, troncos y vegetación.

3.9.6 Armado e izado de la torre

Las condiciones que han de cumplirse en los trabajos de transporte, acopio, armado e izado de los apoyos metálicos son las que se detallan a continuación:

- Los caminos de acceso a los lugares de emplazamiento de los apoyos serán los mismos que se utilizaron para la ejecución de las cimentaciones.
- El adjudicatario entregará a la compañía una relación de herramientas y maquinaria revisadas, la relación del personal técnico que intervendrá en la obra durante todo el tiempo que dure la misma, un programa detallado de ejecución de los trabajos y los partes y certificaciones con la periodicidad requerida.
- Los trabajos de izado no podrán comenzar antes de haber transcurrido 7 días desde la finalización de la aplicación del concreto.
- Los daños ocasionados a terceros serán responsabilidad del adjudicatario.
- El adjudicatario será responsable de los materiales que reciba y establecerá uno o varios almacenes en obra, en las proximidades de la línea, debiendo comunicar a la compañía su emplazamiento al comienzo de la obra. En estos almacenes deberá mantener, en las debidas condiciones, el material entregado para la construcción de la línea. El material sobrante será ordenado, embalado y clasificado por el adjudicatario y será por su cuenta la carga, transporte y descarga hasta los almacenes de la compañía.
- Para los trabajos de armado e izado de los apoyos se utilizarán las herramientas y maquinaria adecuada, y en perfectas condiciones de uso.
- Se comprobará el estado de las plumas cada vez que vayan a usarse. Una vez izada se venteará según el esfuerzo a que vaya a ser sometida. En los vientos se intercalarán trácteles para su regulación.
- No se utilizarán grúas para el izado en las proximidades de elementos energizados, salvo autorización expresa de la compañía.
- Las grúas deberán disponer de dispositivos de seguridad que incluyan, como mínimo, el limitador de carga.

- El material, y especialmente el material galvanizado, deberá manipularse con sumo cuidado; no se permitirá el uso de cadenas o estrobos mecánicos.
- En el apilado se utilizarán calces para evitar que el material esté en contacto con el terreno. Los paneles de los apoyos se acopiarán a obra con antelación suficiente y en consonancia con el ritmo de izado, evitando que permanezcan en el campo excesivo tiempo sin ser utilizados.
- Durante el armado de los apoyos, si se detecta cualquier defecto en el material antes o durante los trabajos de armado, se comunicará a la compañía.
- Se prohíbe expresamente la colocación de tornillos a golpe de martillo; en ningún caso se han de agrandar los taladros de las piezas.
- Cuando el apoyo se monte en el suelo, se hará sobre terreno sensiblemente horizontal y perfectamente nivelado con calces de madera. Los tornillos no se aprietan totalmente hasta izar el apoyo. Se procurará hacer el montaje de los apoyos siguiendo un orden correlativo para dar continuidad a la fase de tendido.
- El adjudicatario utilizará para el izado el procedimiento que estime más conveniente, dentro de los habitualmente utilizados.
- Una vez izado el apoyo y conseguida una verticalidad se procederá al apriete final de los tornillos.
- Si el izado se realiza con grúa, se izará el apoyo suspendiéndolo de los puntos señalados en los planos, o estorbando por las zonas propuestas por el adjudicatario y aprobadas por la compañía, forrando convenientemente los estrobos para evitar daños.
- Después del izado de la torre, se deberá pintar el acero hasta una altura de 30 cm. de la superficie del hormigón, juntamente con esta superficie, con una capa de pintura bituminosa.
- Las torres con cimentaciones metálicas serán tratadas con dos manos de pintura bituminosa hasta una altura de 50 cm de la superficie del terreno, juntamente con la pintura de la cimentación metálica.
- Después del izado, cada torre deberá ser cuidadosamente inspeccionada con vista a revisar la condición de las superficies de los montantes y la seguridad de todos los ensamblajes.

3.9.7 Tendido de conductores y cables de tierra

En la especificación técnica correspondiente se recogen las condiciones que deben cumplirse en los trabajos de transporte, acopio, tendido, tensado, regulado y engrapado de los conductores y cables de tierra de las líneas eléctricas aéreas de alta tensión.

El adjudicatario entregará a la compañía, antes del comienzo de la obra, los siguientes datos: la relación del personal integrante de cada uno de los equipos, el plan de ejecución de los trabajos, la maquinaria que se va a utilizar con su fecha de adquisición, las previsiones constructivas y de seguridad, información sobre cruzamientos especiales y los datos de la frecuencia a utilizar en los radioteléfonos y la autorización administrativa para ello.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones necesarias para evitar que los conductores y el cable de guarda puedan dañarse de algún modo durante las operaciones de transporte, almacenamiento e instalación. Cualquier daño que aparezca en la superficie externa del conductor y del cable de guarda podrá causar su reemplazamiento de acuerdo con la decisión de los responsables de la compañía. En caso de daños menores de cordones individuales de un conductor o del cable de guarda, durante su tendido, se permitirá el uso de camisas de reparación del tipo aprobado.

El comienzo de los trabajos de tendido será, como mínimo, 28 días después de la terminación de la aplicación del concreto de los apoyos.

Antes de iniciarse los trabajos, la compañía y el adjudicatario realizarán una revisión de las herramientas, útiles y maquinaria a utilizar durante los mismos. Se realizarán, durante el transcurso de la obra, revisiones similares cada mes y medio o 2 meses. La compañía podrá exigir el cambio de herramientas, si las considera en no buenas condiciones o inadecuadas para la realización del trabajo.

Las maniobras, en especial de carga y descarga de los cables, aisladores, etc., se realizarán de forma correcta y con los medios adecuados.

Los daños a terceros serán responsabilidad del adjudicatario.

El adjudicatario será responsable de los materiales que reciba y establecerá uno o varios almacenes en obra, debiendo comunicar a la compañía su emplazamiento y mantener en condiciones de seguridad el material recibido.

El tendido de conductores se hará usando equipo para tendido que consistirá en una máquina de tiro y de un freno del tipo y potencial preciso, el cual permitirá el tendido de conductores para cada tramo de la línea, bajo una tensión controlada y a fin de evitar de que cuando el conductor esté instalado en las poleas haga contacto con el suelo.

En ningún caso los conductores deberán ser arrastrados en el suelo durante el flechado.

Las poleas adoptadas para el tendido deberán estar en perfectas condiciones, especialmente la fricción de rodamiento deberá ser la mínima posible para asegurar una máxima uniformidad posible en los vanos adyacentes. La ranura de la polea deberá estar recubierta con hule duro o con un material equivalente. Las poleas deberán marcarse con un número de identificación. En ningún caso, el diámetro de las poleas deberá ser inferior a 20 veces al diámetro del conductor que está tendiendo.

Durante y después del tendido de los conductores y del cable de guarda deberán conectarse a tierra para evitar daños causados por las descargas eléctricas. El Contratista será responsable por la perfecta ejecución de la puesta a tierra y deberá indicar los puntos donde se hayan puesto a modo de permitir la remoción antes de poner en servicio la línea. Cuando se coloque la máquina de tiro y el freno para la operación del tendido de conductores, el Contratista deberá tomar en consideración la localización de las torres para evitar sobrecargar aquellas que están más cargadas. Se usará hasta donde sea posible los conductores de máxima longitud a fin de reducir el número de empalmes.

Los empalmes deberán estar a 20 metros o más de la grapa de suspensión más cercana, ó a 50 metros o más de la grapa de anclaje más cercana; no deberá tener más de un solo empalme por conductor en un solo vano.

No deberán usarse empalmes:

- En vanos cruzando vías del ferrocarril
- En vanos cruzando carreteras principales
- En vanos cruzando líneas de transmisión y/o telecomunicaciones

Durante el tendido, en todos los puntos de posible daño del conductor, se situarán los operarios necesarios provistos de sistemas de radiocomunicación y en disposición de poder detener la operación de inmediato.

La tracción de tendido de los conductores será la necesaria para que puedan desplegarse evitando el rozamiento con los obstáculos naturales a una altura suficiente, debiendo mantenerse constante durante el tendido de todos los cables.

Los empalmes deberán ser cuidadosamente limpiados con cepillos, limpiándose antes el cable con gasolina y trapo. Cuando esta operación se realice sobre el terreno, deberán disponerse lonas para evitar que las superficies limpias apoyen sobre la tierra.

Antes de proceder al tensado de los conductores, las torres de amarre y sus crucetas deberán estar sujetas con vientos o tensores en sentido longitudinal.

Los cables deberán permanecer sin engrapar un mínimo de 48 horas para que se produzca su máxima tensión.

La compañía fijará para cada serie los vanos de regulación y comprobación que estime oportunos, así como las flechas que han de medirse en los mismos. No deben quedar más de tres vanos consecutivos sin comprobar.

La compañía podrá suspender las operaciones de regulado si las condiciones climáticas fueran adversas o pudieran provocar errores o riesgos en los trabajadores.

Una vez engrapadas las cadenas de suspensión de la serie, se procederá a efectuar el de las cadenas de amarre, tras lo cual se comprobarán nuevamente las flechas de los vanos. Finalizadas las operaciones de engrapado, se colocarán los separadores con la mayor rapidez a fin de evitar el choque de un haz por la acción del viento.

El tiempo entre estas acciones no debe ser superior a 96 horas.

El adjudicatario será responsable de la colocación de las protecciones adecuadas para impedir que la caída de los cables pueda producir daños, permitiendo al mismo tiempo el paso por las vías de comunicación sin interrumpir dicha comunicación.

Se hace referencia a cruzamientos con ferrocarriles, carreteras, caminos, líneas eléctricas, telefónicas y telegráficas.

En cruzamientos con líneas eléctricas se tomarán todas las precauciones (corte de tensión, puesta a tierra, etc.)

3.10 Operación Y Mantenimiento

El mantenimiento de una línea eléctrica de alta tensión implica una serie de actividades esencialmente consistentes en revisiones periódicas, reparaciones accidentales o de mantenimiento preventivo, para mantener a las instalaciones en perfecto estado de funcionamiento, y el control del arbolado.

A continuación se describen estas actividades.

3.10.1 Revisiones periódicas

Como norma general se efectúan como mínimo dos revisiones rutinarias o de mantenimiento preventivo por año. En estas revisiones se recorre a pie todo el trazado de la línea; estando estipulado que se debe subir a un tercio de los apoyos para un reconocimiento más minucioso de sus elementos.

Estas labores también pueden efectuarse mediante helicóptero, sobrevolando toda la línea, siempre que las circunstancias lo permitan.

Como resultado de las revisiones preventivas se detectan las anomalías que puedan presentar los distintos elementos de la línea, siendo las más usuales: aisladores rotos, daños en los conductores, cables de tierra, separadores de conductores, etc., procediendo a su posterior reparación.

El equipo normal utilizado en estas reparaciones habituales consiste en un vehículo todo terreno, y las herramientas propias del trabajo, no siendo necesaria la utilización de maquinaria pesada.

Para tener una idea de la frecuencia de las reparaciones, a continuación se da una relación de la vida media de los distintos elementos de una línea eléctrica de alta tensión; las cifras que se indican son aproximadas, obtenidas de la experiencia de otras líneas y con un amplio margen de variación pues dependen de muchos factores: clima, contaminación atmosférica, proximidad al mar, etc.

Galvanizado de los apoyos: 10 - 15 años. (Se pintan con 2 a 4 capas de pintura).

- Cable de tierra: 25 - 30 años.
- Período de amortización de una línea de A.T.: 30-40 años.

3.10.2 Reparaciones accidentales

En las líneas de alta tensión se producen una media de 3 a 4 incidentes por año, considerándose como tales las actuaciones no controladas de los mecanismos de seguridad en las subestaciones.

Los incidentes pueden ser en general de dos tipos, dividiéndose según sus efectos. El primer tipo de incidentes agrupa aquellos que producen una ausencia de tensión momentánea, como los motivados por sobrecargas de tensión ajenas a la línea, fuerte niebla junto con contaminación atmosférica, fugas a tierra por múltiples causas, etc. En estos casos no se producen defectos permanentes en la línea y se restablece el servicio acoplando ésta de nuevo, ya sea en forma automática o bien manualmente. Este tipo de incidentes son los más frecuentes.

El otro tipo de incidentes comprende los que producen una ausencia de tensión permanente o avería en la línea, y precisan reparación. Las causas más frecuentes de este tipo de averías son fenómenos meteorológicos de intensidad anormal (tormentas y vientos muy fuertes, etc.) que sobrepasan los cálculos técnicos y de seguridad utilizados en el diseño y en los Reglamentos de A.T. Una vez localizada y reparada la avería se vuelve a acoplar la línea. Otras causas menos frecuentes de averías son el envejecimiento de materiales, accidentes ajenos a la línea, etc.

Para proceder a la reparación de estas averías accidentales se utilizan los accesos previstos para el mantenimiento permanente de la línea, que aprovechan la red creada durante la construcción, para minimizar el efecto que se pueda llegar a producir sobre el entorno.

3.10.3 Control de los árboles

Durante las revisiones periódicas rutinarias se realiza un seguimiento del crecimiento de los árboles que se prevé puede interferir, por su altura, con la línea, debiendo cortar aquellos pies que se prevea que pueden constituir un peligro, al existir la posibilidad de que al crecer, sus ramas se aproximen a los conductores a una distancia menor que la de seguridad. Las actividades a realizar se ajustarán a lo mencionado en el proceso de construcción, realizándose las labores en general por medios manuales, y de manera esporádica con máquina, no empleándose herbicidas.

Los accesos utilizados para el mantenimiento de la línea son los mismos que se abrieron para la construcción de la misma, no siendo necesario la apertura de nuevos accesos sino exclusivamente el mantenimiento de los ya existentes.

4. MARCO POLÍTICO, LEGAL Y ADMINISTRATIVO

4.1 Marco Político Legal Ambiental

4.1.1 Marco constitucional

La Constitución Política de la República de Guatemala:

En la Sección Décima sobre el Régimen económico y social del Capítulo II sobre los Derechos Sociales, se establece en el Artículo 119 las Obligaciones fundamentales del Estado, entre las cuales se encuentra la del inciso c) que dice: “Adoptar las medidas que sean necesarias para la conservación, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales en forma eficiente”. Al respecto de este artículo la Corte de Constitucionalidad ha interpretado lo siguiente: “...El artículo 119 forma parte del ‘régimen económico y social’ que la Constitución establece dentro del capítulo de los ‘derechos sociales’. Enumera dicho artículo las ‘obligaciones fundamentales del Estado’ en materia económico-social. Se ha considerado que en materia financiera la Constitución contiene normas de tres órdenes: las relacionadas con las garantías de los derechos de los contribuyentes, las que se refieren a la competencia de los diferentes órganos del Estado y las que establecen las formas de actuación del Congreso y del Gobierno. El artículo 119 no contiene sino normas programáticas, que no establecen derechos de los gobernados...”. Gaceta No. 37, página No. 51, sentencia: 28-09-95.

De igual manera en el Artículo 129 se declara de urgencia nacional, la electrificación del país de acuerdo a los planes formulados por el Estado y las Municipalidades y contempla la posibilidad de participación de la iniciativa privada.

El Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central y el Protocolo aprobado por el Congreso de la República en el Decreto Número 25-98 y publicada su ratificación en el Diario Oficial el 8 de octubre de 1998. Dicho Tratado tiene por objeto la formación y crecimiento gradual de un Mercado Eléctrico regional competitivo, basado en el trato recíproco y no discriminatorio, que contribuya al desarrollo sostenible de la región dentro de un marco de respeto y protección al medio ambiente.

4.1.2 Legislación ordinaria aplicable

Decreto Número 68-86 del Congreso de la República de Guatemala:

Corresponde a la “Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente” en la cual se instituye el “Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental” como el instrumento para hacer compatibles el desarrollo del país y la protección al medio ambiente nacional.

Decreto Número 1-93 del Congreso de la República de Guatemala:

Este Decreto adiciona al Artículo 8 del Decreto Número 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, en el sentido de sancionar a todo funcionario público que en ejercicio de sus funciones, omitiera exigir la presentación del “Estudio de Impacto Ambiental” previo a la autorización de proyectos de desarrollo en el ámbito de su competencia.

Decreto Número 101-96 del Congreso de la República de Guatemala:

La Ley Forestal de Guatemala establece como objeto fundamental la declaratoria de urgencia nacional y de interés social la reforestación y la conservación de los bosques, para lo cual se propicia el desarrollo forestal y manejo sostenible, indicando además que como ley ordinaria su observancia es general y que su ámbito de aplicación se extiende en todo el territorio nacional y que comprende a los terrenos cubiertos de bosque y a los de vocación forestal, tengan o no cubierta forestal.

Esta Ley obliga a que aquellas personas individuales o jurídicas que corten bosque para tender líneas de transmisión, oleoductos, notificaciones y otras obras de infraestructura a la repoblación forestal y ordena el plazo de 4 años para dar por concluidas las obligaciones de reforestación (Artículos 67 inciso c) y 70 de la Ley Forestal).

Decreto Número 4-89 del Congreso de la República:

Esta Ley es la que regula las Áreas Protegidas y crea el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas, el que se integra por todas las áreas protegidas y entidades que las administran con el fin de lograr la conservación, rehabilitación, mejoramiento y protección de los recursos naturales del país, particularmente de la flora y fauna silvestre.

Crea el Consejo Nacional de Áreas Protegidas con el fin de que sea a través de éste la aprobación de los planes maestros y operativos para el manejo de cada una de las áreas. Norma entre otros, las actividades dentro de las áreas protegidas, indicando que las empresas públicas o privadas que tengan actualmente o que en el futuro desarrollen instalaciones o actividades comerciales, industriales, turísticas pesqueras, forestales, agropecuarias, experimentales, o de transporte dentro del perímetro de las áreas protegidas, deben celebrar de mutuo acuerdo con el Consejo un contrato en el que se establezcan las condiciones y normas de operación, determinadas por un estudio de impacto ambiental presentado por el interesado y evaluado por el CONAP.

Decreto Número 26-97, reformado por el Decreto 81-98 ambos del Congreso de la República de Guatemala:

La Ley para la Protección del Patrimonio Cultural de la Nación y su reforma, tienen por objeto regular la protección, defensa, investigación, conservación y recuperación de los bienes que integran el patrimonio cultural de la Nación a través del Ministerio de Cultura y Deportes. La aplicación de esta Ley incluye todos aquellos bienes del patrimonio cultura que estuvieren amenazados o inminente peligro de desaparición o daño debido a la ejecución de obras públicas o privadas para desarrollo urbano o turístico; la modificación del nivel de conducción de agua, construcción de represas o diques; la rotura de tierra y limpia de la misma, para fines agrícolas, forestales, industriales, mineros, urbanísticos y turísticos; la apertura de vías de comunicación y otras obras de infraestructura.

Decreto Número 95-2000 del Congreso de la República de Guatemala:

Este cuerpo legal contiene la creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales - MARN- el cual a partir del 2 de enero del año 2001 se convierte en el ente regulador de la conservación y mejoramiento del medio ambiente en la República de Guatemala.

Decreto Número 90-97 del Congreso de la República de Guatemala:

Esta legislación que corresponde al Código de Salud, en el se regulan entre otros asuntos, los aspectos relacionados con: el saneamiento del medio ambiente, el abastecimiento del agua potable, la eliminación y disposición de excretas y aguas servidas, la disposición de basuras, afluentes residuales, molestias públicas, riesgos colectivos y de la higiene laboral.

Código Municipal y Reglamentaciones Municipales:

Este instrumento autoriza y faculta a las municipalidades a enfrentar los problemas derivados de la contaminación ambiental. El Alcalde Municipal tiene atribuciones para velar por la limpieza y salubridad general del municipio en lugares públicos y además también menciona algunas situaciones específicas relacionadas con contaminación sonora.

Código de Trabajo y su Reglamento:

El Artículo 197 determina que todo patrono está obligado a adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida y la salud de sus trabajadores, introduciendo por su cuenta todas las medidas de higiene y seguridad (industrial) en los lugares de trabajo.

Decreto Número 93-96 del Congreso de la República:

Ley General de Electricidad, desarrolla los Artículos 129 y 130 de la Constitución Política de la República y norma el desarrollo del conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad.

4.2 Requisitos y Trámites

Acuerdo Gubernativo Número 256-97. Reglamento de la Ley General de Electricidad:

Este Reglamento desarrolla la aplicación de las normas de la Ley General de Electricidad, Decreto Número 93-96 del Congreso de la República y su ámbito de aplicación dentro de la Ley reglamenta lo relativo a las actividades de generación, transporte, distribución y comercialización, que incluye la importación y exportación de electricidad; que desarrollan tanto las personas individuales o jurídicas con participación privada, mixta o estatal, independientemente de su grado de autonomía y régimen de constitución; y contiene:

- Las Definiciones Generales.
- Establece como responsable de su aplicación al Ministerio de Energía y Minas a través de la dependencia competente y de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, salvo cuando se competencia exclusiva de la Comisión de conformidad con la Ley y su Reglamento.
- Los requisitos de la Solicitud de Autorizaciones definitivas para plantas de generación hidroeléctrica y geotérmica, transporte y distribución, se encuentra reglamentado en el Artículo 4 del Reglamento.
- En el Artículo 9 se establece el trámite para la determinación de Daños y Perjuicios en aquellos casos en que derivado de las actividades desarrolladas por la autorización temporal causen daños o perjuicios a los propietarios, poseedores o tenedores de los bienes, y ante la falta de acuerdo entre las partes, las personas o empresas afectadas informarán al Ministerio los datos de identificación del afectado, los datos de identificación del responsable de los daños y la descripción y cuantificación de los daños causados. Señalando que en caso de determinarse los daños y el responsable no pagare los daños o perjuicios ocasionados, el Ministerio deberá derogar la autorización y las sanciones que establece la Ley.

- Lo relativo a las Autorizaciones para el Transporte de Energía Eléctrica se regulan los casos que necesitan la autorización; la rescisión de la autorización por la negación del uso de la capacidad disponible del Transporte; la posibilidad de establecer reservas de la capacidad de transporte y la inclusión de la cláusula de Rescisión del Contrato de Autorización. Lo anterior contenidos en los Artículos del 10 al 13 del Reglamento.
- En los Artículos 14, 15 y 16 se regula lo referente a las autorizaciones para Centrales Generadoras: Centrales Hidroeléctricas; Mecanismos de Concurso y Centrales Geotérmicas.
- Las autorizaciones para el Servicio de Distribución Final de Electricidad se reglamenta en los Artículos del 17 al 19.
- Las causas de Terminación y los requisitos para la autorización de Transferencias se encuentran normadas del Artículo 20 al Artículo 28 del Reglamento.

4.3 Política Nacional en la que se Enmarca el Proyecto:

Para el logro de la creación del Mercado y la infraestructura necesaria del proyecto SIEPAC, los países del Istmo suscribieron en diciembre de 1996 el Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central (el Tratado), el cual fue ratificado por los Poderes Legislativos de los seis países y está vigente a partir de diciembre de 1998. El Tratado es la base jurídica sobre la cual se sustenta la creación de un Mercado Eléctrico Regional competitivo. El Tratado abre los mercados nacionales de los países al regional, tanto en el acceso abierto a la transmisión eléctrica, como a las oportunidades de comprar y vender electricidad entre participantes de los diferentes países. En base a este marco legal general, los países han avanzado en el diseño general del MER y en la definición preliminar de las instituciones regionales que le darán sustento.

El proyecto se inscribe en una fuerte tendencia internacional hacia la creación de mercados eléctricos regionales o supranacionales para mejorar la eficiencia económica del proceso completo de suministro eléctrico, a través de la creación de mercados competitivos de un tamaño suficiente como para aprovechar plenamente los efectos de las economías de escala y de la diversidad en los medios de producción. Esta tendencia es también relevante en el caso de América Central, en donde el tamaño reducido de los sistemas eléctricos nacionales no permite una implantación efectiva de las medidas liberalizadoras que se vienen impulsando a nivel de cada país, ni tampoco aprovechar las economías de escala que existen a nivel regional.

El proyecto SIEPAC se convertirá en un eje de desarrollo regional que logrará en el mediano y largo plazo la integración de los sistemas eléctricos de los seis países. Igualmente, el proyecto tendrá un rol catalítico significativo en el proceso de integración de la infraestructura regional, no solamente desde el punto de vista de mejorar la eficiencia, confiabilidad y competitividad del sector eléctrico, si no que además facilitará la convergencia con el futuro desarrollo de la industria del gas natural en la región. El proyecto promoverá la instalación de plantas de generación eléctrica con tecnologías avanzadas, con capacidad regional y utilizando combustibles sustitutivos más eficientes (p. e. ciclos combinados a base de gas natural) creando los incentivos para la construcción de gasoductos y una integración energética más amplia con los países vecinos, como México y Colombia, como potenciales suministradores de gas natural a la región. La industria eléctrica sería el principal consumidor de gas natural, transformando sus actuales plantas termoeléctricas y la instalación de futuras utilizando este combustible, también se ha identificado un mercado industrial importante sustituyendo fuel oil y en menor escala el gas licuado de petróleo.

Igualmente, se vislumbra la opción de utilizar la infraestructura de la línea de interconexión del proyecto para fortalecer los sistemas de telecomunicaciones e informática, mediante la instalación de fibra óptica utilizando la ruta y torres de interconexión previstas en el proyecto, también con una visión regional. Los representantes de los gobiernos ante el proyecto SIEPAC, están promoviendo con el apoyo de COMTELCA (Comisión Técnica Regional de Telecomunicaciones) el estudio de opciones orientadas a la utilización de la fibra óptica en el sistema de transmisión, para reforzar los sistemas de comunicación regionales.

4.3.1 Tratados y leyes relacionadas con la protección de la biodiversidad y el medio ambiente

4.3.1.1 Convenios ambientales

- **Convenio para la protección de la flora, de la fauna y de las bellezas escénicas naturales de los países de América.**
Publicado en Diario Oficial el 22/8/1941.
Objetivo: proteger las áreas naturales importantes, así como la fauna y la flora, especialmente las especies amenazadas y las aves migratorias.
- **Convenio sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre.**
Publicado en Diario Oficial el 14/3/1980.
Objetivo: proteger las especies amenazadas de fauna y flora mediante la limitación y el control del comercio internacional de dichas especies.

- **Convenio Centroamericano para la Protección del Ambiente y Protocolo al Convenio de la Creación de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.**
Publicado en Diario Oficial el 13/6/1990.
Objetivo: Fortalecer la cooperación regional para la utilización sostenible de los recursos naturales, el control de la contaminación, restablecimiento del equilibrio ecológico y mejoramiento de la calidad de vida.
- **Convenio para la Conservación de la Biodiversidad y Protección de Áreas Silvestres Prioritarias en América Central.**
Publicado en Diario Oficial el 10/10/1993.
- **Convenio sobre la Diversidad Biológica.**
Publicado en Diario Oficial el 12/1/1996.
Objetivo: Conservar la diversidad biológica, promover un uso sostenible de sus componentes, y repartir de manera equitativa los beneficios generados por la utilización de los recursos genéticos.
- **Convenio Centroamericano para el Manejo y Conservación de los Ecosistemas Naturales Forestales y el Desarrollo de Plantaciones Forestales.**
Publicado en Diario Oficial el 11/11/1994.
Objetivo: Reducir el nivel de deforestación y promover el uso sostenible del recurso forestal en América Central.
- **Convenio de las Naciones Unidas para Combatir la Desertificación y la Sequía. Aprobado por Decreto No. 13-98 del 25/2/98, no publicado.**
Objetivo: Combatir la desertificación y mitigar los efectos de la sequía mediante estrategias de largo plazo que enfocan en la rehabilitación y mejoramiento de la productividad del suelo, así como la conservación y el manejo sostenible de las tierras y los recursos acuáticos.

4.3.1.2 Declaraciones

- **Declaración sobre el Ambiente Humano.** Stockholm, Suecia, 16/6/1972.
- **Carta Mundial de la Naturaleza,** Nueva York, EEUU, 28/10/1982.
- **Declaración sobre el Ambiente y el Desarrollo,** Río de Janeiro, Brasil, 14/6/1992.
- **Declaración Conjunta Centroamericana USA.** Miami, USA, 10/12/1994.

5. DEFINICIÓN DE TRAZOS HOMOGÉNEOS

Previo a la definición del trazo de la línea, se realizaron análisis de alternativas del trazo, para poder evaluar la ruta que desde un punto de vista ambiental, técnico y económico, sea la mejor.

5.1 Análisis de Alternativas para el Proyecto

- a) Proyecto propuesto en el diseño original. En el diseño propuesto originalmente es el que mejor se adapta a los requerimientos, técnicos, ambientales y económicos, dado que sale de la subestación Guatemala Norte, y en su salida utiliza un corredor existente donde está instalada una línea en 69 kV que va hacia Sanarate. Posteriormente sigue por la zona montañosa del departamento de Guatemala. Esta zona es la que mayor grado de afectación antropogénica ha tenido. Posteriormente llega al departamento de El Progreso, donde también corre a lo largo de zonas antropizadas y finalmente en el departamento de Zacapa, donde tiene características similares al trazo en el departamento del Progreso. Las ventajas que tiene este trazo son: corre por zonas antropizadas, la accesibilidad a los sitios donde se construirán las torres es muy buena y existe una baja densidad poblacional y no se pasarán por muchos poblados.
- b) Mover el trazo saliendo de Guate Norte hacia el este del proyecto actual: Esta alternativa provocaría que la línea de conducción atravesara las zonas boscosas del área de Palencia para llegar, al área de El Jícaro. Esta zona es más inaccesible y se deberán construir más zonas de accesos.

Por aparte, la topografía de esa área incrementa la dificultad de instalación y amenaza para las estructuras, debido a lo abrupto de la topografía. En este sentido, las fuertes pendientes dificultan el ingreso de los camiones y equipos necesarios para las tareas de construcción, pero sobretodo constituyen una amenaza para la estabilidad de las torres por el incremento de la probabilidad de derrumbes y deslizamientos.

- c) Mover el trazo hacia saliendo hacia el norte, por la zona de San Pedro Ayampuc, Chuarrancho y luego seguir el Valle del Motagua. Esta es una ruta mas corta. En la zona de San Pedro Ayampuc se tiene una topografía abrupta con fuertes pendientes y zonas boscosas, donde los impactos podrían ser mayores que los evaluados en la ruta actual. En el área de Chuarrancho, aunque también existe topografía abrupta, la cobertura vegetal (boscosa) es mucho menor. Al llegar al Valle del Motagua, la topografía es muy similar a la de la zona El Jícaro-Huité, y la vegetación es muy similar. Uno de los problemas de utilizar esta opción, es que no existen rutas de acceso, por lo que habría que crear nuevas rutas de acceso, con los consiguientes impactos ambientales asociados, que especialmente servirían para la fragmentación del medio.

- d) Para cualquiera de las opciones, incluyendo la actualmente propuesta, podría existir la posibilidad de ubicar el trazo de la línea en la margen norte del valle del Motagua. Esta posibilidad tiene el defecto que entraría dentro del área protegida de la Sierra de las Minas.

5.1.1 No ejecución del proyecto

Un suministro eficiente y confiable de energía eléctrica es uno de los requisitos indispensables para la mayoría de los procesos industriales de hoy día. Este factor es determinante en la planificación y desarrollo de proyectos industriales, lo que daría un nivel de desarrollo más alto a nivel regional. Además, estos son los objetivos del proyecto SIEPAC, una mejor calidad del servicio, confiabilidad del suministro y precios competitivos. Por lo que la cancelación del proyecto tendría consecuencias negativas relacionadas con el desarrollo de nuestro país.

En consideración de las alternativas anteriores, el escenario preferido para el Promotor del Proyecto sería el trazo propuesto en este informe.

5.2 Definición de Trazos Homogéneos

Siendo este un proyecto lineal, con una longitud de 110,6 Km y que atraviesa diferentes regiones del país, existirán diferentes zonas con características peculiares y únicas que tendrán diferentes impactos por injerencia directa e indirecta de la construcción del proyecto.

Con la finalidad de agrupar las incidencias generadas por el proyecto, se han definido Trazos Homogéneos en base a las siguientes características:

- Núcleos Urbanos
- Zonas de Vida
- Fisiografía

En los anexos del informe se muestran los diferentes mapas que se utilizaron para evaluar estas características.

5.3 Núcleos Urbanos, Ciudad de Guatemala

Este es el primer criterio utilizado, debido a que la salida de la línea, la subestación Guatemala Norte, se encuentra inmersa dentro de la ciudad de Guatemala, y los primeros kilómetros transcurren dentro de zonas urbanas. (Ver Plano de Poblaciones)

5.4 Zonas de Vida

Este criterio se utilizó debido a que el trazo de la línea corre por tres zonas de vida vegetal y sus asociaciones faunísticas y climáticas (de acuerdo a la clasificación de Holdridge) perfectamente definidas, lo cual hace que la identificación de impactos en estas zonas desde el punto de vista biológico se considere homogéneo

Las zonas de vida por las que atravesará la línea son las siguientes (Ver Plano de Zonas de Vida):

5.4.1 Bosque húmedo subtropical templado (bh – S(t))

Esta es la zona de vida predominante en el departamento de Guatemala, y coincide con la salida de Guatemala Norte.

En todo el país tiene una extensión de 12.733 Km², equivalentes al 11,69% del territorio nacional.

La precipitación anual promedio para esta zona de vida oscila entre 1.100 a 1.350 mm de lluvia. La biotemperatura oscila entre 20-26 °C y su altitud varía entre 650 a 1.700 msnm.

La vegetación natural indicadora: Pinus oocarpa (pino). Los cultivos principales son maíz y frijol, pero mayoritariamente son los bosques.

5.4.2 Bosque seco subtropical (bs-S)

Esta zona de vida se encuentra en el límite de los departamentos de Guatemala y El Progreso, región por donde transcurrirá la línea.

Esta zona de vida cubre una superficie a nivel nacional de 4.011 Km², equivalentes al 3,68%.

En lo que a precipitación pluvial se refiere, ésta recibe anualmente entre 500 a 855 mm. Su biotemperatura oscila entre los 19 a 24 °C y sus altitudes varían entre los 400 y los 1.200 msnm.

La vegetación natural indicadora: Cochlospermum vitifolium (coclospermum), Swietenia humilis (caoba), Sabal mexicana (palma), Ceiba aesculifolia (ceiba).

Los cultivos principales que se desarrollan en esta zona son: tomate, frijol, maní, ajonjolí, melón, sandía, chile, tabaco, mango, marañón, guanaba.

5.4.3 Monte espinoso subtropical (me-S)

Esta es la zona más extensa por la cual corre el tendido de la línea y abarca los departamentos de El Progreso y Zacapa.

Esta zona de vida tiene cubre una superficie de 1.100 Km², equivalentes al 1,02% del territorio nacional. Es muy importante mencionar que esta zona de vida es única en Centro América.

En lo que a factores climáticos se refiere, esta zona recibe en promedio una precipitación anual entre los 400 a los 600 mm de lluvia. La biotemperatura oscila entre los 24 a 27 °C.

Las alturas de esta zona de vida varían entre los 180 a los 400 m.s.n.m.

La vegetación natural indicadora: Cactus sp., Guaiacum sp. (Guayacán) , Pereskia sp. (Manzanote), Acacia farnesiana (acacia).

Los cultivos principales de esta zona son: Sandía, melón, tomate, tabaco, y chile.

5.5 Fisiografía

Este criterio se utilizó con la finalidad de poder evaluar los impactos del medio físico, y poder evaluar los riesgos relacionados con la geología y geotecnia del trazo.

El trazo de la línea discurre por tres provincias fisiográficas, las cuales están también íntimamente relacionadas con las zonas de vida. (Ver mapa de Provincias Fisiográficas)

5.5.1 Cadena volcánica

La salida de la línea, en la subestación Guatemala Norte, se encuentra dentro de la Provincia denominada Cadena Volcánica.

Esta provincia, como su nombre lo indica, está compuesta por numerosos conos volcánicos, algunos de formación reciente. La composición de los volcanes es predominantemente andesita. En las tierras altas volcánicas, lugar donde se encuentra la Ciudad de Guatemala, las pendientes de las laderas llegan a tener un 40% de inclinación. También se encuentran valles rellenos por pómez cuaternario.

El tramo de salida de la ciudad se encuentra dentro de la sub-provincia denominada Valle Tectónico de la ciudad de Guatemala.

5.5.2 Tierras altas cristalinas

Esta región está ubicada entre dos sistemas de fallas en constante evolución. El patrón de drenaje está controlado por las fallas existentes, lo cual caracterizo los cursos de los ríos Cuilco, Chixoy y Motagua, este último de mucho interés para este proyecto.

El material geológico de esta zona está constituido principalmente por rocas metamórficas y plutónicas.

El trazo de la línea discurre por dos sub-provincias denominadas Macizo Intrusivo San Raymundo – San Pedro Ayampuc, localizado en la porción Nor-este del departamento de Guatemala y las Colinas Falladas de Chuarrancho – Sanarate, en el límite de los departamentos de Guatemala y El Progreso.

5.5.3 Depresión del Motagua

En esta provincia corre gran parte del trazado de la línea. En esta depresión, el río que lleva el mismo nombre, ha formado una gran llanura de inundación. La característica de la sección baja de la región, es la existencia de meandros bien desarrollados.

El río Motagua tiene un perfil equilibrado y estable. Dentro de esta provincia, en lo que al proyecto se refiere, se encuentra dentro de la subprovincia denominada Terrazas Antiguas del Motagua.

5.6 Tramos Homogéneos Definidos

De acuerdo a los criterios anteriormente desarrollados, se definieron los siguientes Tramos Homogéneos: (Ver plano de Tramos Homogéneos)

5.6.1 Tramo ciudad de Guatemala

Este tramo inicia en la Sub estación Guate Norte y abarca hasta el PI número 6. Este es el tramo mas corto, con una longitud de 7,92 Km. Este tramo discurre por zonas urbanas. Es de hacer notar que la zona urbana por donde corre este tramo, corresponde a asentamientos urbanos precarios. Estos asentamientos tienen altos índices de delincuencia y existen grupos de pandillas, denominadas “maras”. En lo que a provincias fisiográficas se refiere, se encuentra dentro de la provincia volcánica de Guatemala.

Para este tramo las amenazas naturales que deben ser consideradas son: amenaza sísmica y deslizamientos. La amenaza volcánica puede considerarse como baja, ya que el volcán activo mas cercano, volcán de Pacaya, se encuentra a 25 Km al sur de la sub estación Guate Norte. La amenaza volcánica que puede presentarse en la zona es la de caída de ceniza volcánica, y de hecho en el año de 1998 este volcán tuvo actividad eruptiva, y debido a los vientos dominantes es esta época del año (mayo, los vientos soplan de sur a norte), en el área de la ciudad de Guatemala “llovió” una capa de ceniza volcánica de alrededor de 2 mm.

La ciudad de Guatemala es la única del país que tiene problemas de contaminación del aire, dada la alta concentración de vehículos e industrias que emiten gases de tipo invernadero. Por esta razón se pueden presentar lluvias ácidas.

En el capítulo 7 se hace una descripción mas detallada de las amenazas naturales.



En esta fotografía se muestran las instalaciones de la sub estación Guate Norte.





En estas fotografías se muestran los asentamientos urbanos precarios que se encuentran en la salida de la subestación Guate Norte.



Otra panorámica del tramo del tendido dentro de la ciudad de Guatemala.

5.6.2 Tramo montaña - bosque húmedo sub tropical

Este tramo inicia en el PI 7 y finaliza en el PI 10, con una longitud de 19,75 Km y pasa por la zona montañosa de bosque de pino y encino de las afueras de la ciudad de Guatemala, pertenecientes a la zona de vida del Bosque húmedo Sub Tropical.

Fisiográficamente hablando, abarca parte de la provincia volcánica y la transición hacia las tierras altas cristalinas, específicamente el Macizo Intrusivo San Raymundo-San Pedro Ayampuc. Este tramo coincide también con el límite político entre los departamentos de Guatemala y El Progreso.

En esta zona existe un alto grado de antropización, especialmente agricultura de cultivos limpios (maíz y frijol principalmente). Dado que son cultivos limpios, existe anualmente riesgo de incendios en esta zona.

Debido a que la topografía de la zona es abrupta y a los niveles de antropización, la amenaza por deslizamientos es alta, especialmente entre los PI 7 – 9.

En lo que a amenaza sísmica se refiere, esta zona está relacionada a la fuente sísmica del sistema de fallas del Motagua. Para mayor referencia a este parámetro, ver capítulo 5.





En estas fotografías se muestran panorámicas del tramo de montaña Bosque húmedo subtropical, que se encuentra en el departamento de Guatemala. Área de San José del Golfo.





Otras panorámicas del tramo Motaña – Bosque húmedo sub tropical. Estas fotografías se tomaron en la finca San Carlos.

5.6.3 Tramo montaña – bosque seco sub tropical

El tramo en cuestión abarca del PI 10 al PI 16 y tiene una longitud de 18,08 Km. Este tramo corre en su totalidad en el departamento de El Progreso, sobre la provincia fisiográfica Tierras Altas Cristalinas, sub-provincia denominada Colinas falladas Chuarrancho – Sanarate. La vegetación pertenece a la zona de vida del Bosque Seco Sub Tropical.

Esta zona puede presentar algunos problemas de tipo geotécnico, ya que se conjuga una topografía abrupta, baja cobertura vegetal, una zona de calizas con posibles intercalaciones de yeso, altamente tectonizadas, lo que puede generar problemas en las fundaciones de las torres, especialmente entre los PI 14 –16.



Fotografías típicas del paisaje del tramo Montaña – Bosque Seco subtropical. Como puede observarse, el grado de deterioro ambiental en este tramo, es muy grande.



Fotografía del área final de este tramo, cercano a la población de Sanarate.

5.6.4 Tramo Valle del Motagua

Este es el tramo mas extenso, abarcando desde el PI 16 hasta el Punto Pivote en Panaluya, y cuenta con una longitud de 63.489 Km. Este tramo corre por los departamentos de El Progreso y Zacapa, paralelo al valle del Motagua. La vegetación corresponde en su mayoría a la del Monte Espinoso Sub tropical, y se ubica dentro de la provincia fisiográfica denominada Depresión del Motagua, específicamente dentro de la sub-provincia “Terrazas Antiguas del Motagua”.

Este tramo corresponde al sistema de fallas Polochic-Motagua, por lo que la amenaza sísmica es uno de los parámetros que debe ser considerado para la construcción de la línea. En el capítulo 5 se de una definición amplia referente a este apartado.

Otra amenaza natural de la zona, es la relacionada con las inundaciones provocadas por el río Motagua (ver mapa de inundaciones). Pero en lo referente al trazo donde correrá la línea, no existe ninguna amenaza, en lo que a inundaciones se refiere.

Una amenaza antropogénica de la zona es la relacionada con los incendios forestales, los cuales se llevan a cabo año con año, en los meses de marzo – mayo, cuando están preparando las tierras para los cultivos limpios. Muchos de estos incendios se descontrolan y podrían afectar la zona del trazo de la línea.

Debido a que el trazo de la línea correrá por las cadenas montañosas del sur del valle del Motagua, y a la baja precipitación pluvial de la zona, no se espera tener problemas relacionados con licuefacción.

Un problema que puede generarse en este tramo está relacionado con la alta resistividad del suelo, especialmente en las torres que se asentarán entre los PI 24 al punto de entrada en la subestación Panaluya, ya que los mismos estarán asentados sobre las terrazas aluviales antiguas del río Motagua.



En estas fotografías se muestra el paisaje típico del tramo Valle del Motagua. Nótese el tipo de vegetación existente.



Panorámicas del Valle del Motagua. En la fotografía superior se muestra la vegetación típica de la zona, los cactos. La fotografía inferior muestra el área cercana a la subestación Panaluya, punto pivote de la línea.



En esta fotografía se muestran las instalaciones de la sub estación Panaluya, punto de finalización del proyecto.