

## **7. RIESGOS NATURALES**

Guatemala es un país con mucha actividad tectónica y volcánica debido a su posición geográfica, ya que pertenece al Cinturón de Fuego Circumpacífico. Desde el punto de vista tectónico, en el territorio nacional convergen tres placas tectónicas (Fig. 7.1)

- Placa del Coco en el sur, formando una zona de subducción en la costa del Pacífico
- Placa del Caribe, la cual ocupa toda la parte central del país. En esta placa se desarrolla todo el vulcanismo del país, y sobre esta placa corre la totalidad del trazo de la línea. La zona de falla del Motagua es parte del límite de esta placa con la de Norte América
- Placa de Norte América, ubicada en el norte del país.

### **7.1 Marco Tectónico y Sismicidad**

#### **7.1.1 Tectónica regional y local**

Desde el punto de vista regional, los rasgos geo-estructurales en Guatemala son producto de la interacción de las Placas Tectónicas de Norte América, Caribe y del Coco. El movimiento relativo entre ellas produce dos tipos fundamentales de contactos o límites:

##### **7.1.1.1 Tipo transcurrente o de corrimiento lateral**

El cual se observa entre las placas de Norte América y Caribe. La expresión en superficie de este límite lo constituyen los sistemas de fallas Chixoy-Polochic, Motagua y Jocotán-Chamelecón.

##### **7.1.1.2 Tipo Subducción**

Observado entre las placas del Coco y Caribe. Las manifestaciones más claras de este proceso son: La fosa Mesoamericana, el Arco Volcánico Cuaternario y la distribución espacial de la sismicidad que define el plano de Wadatti-Benioff.

Estas dos franjas de deformación, a lo largo de las zonas de contacto entre las Placas, delimitan una región en forma de cuña en la cual existen una serie de rasgos estructurales secundarios. Entre estos, se encuentran los sistemas de fallas longitudinales a la Fosa (ej. Falla Jalpatagua). Este sistema está atravesado, y en algunos casos inclusive desplazado, por fallas y expresiones topográficas transversales (e.g. Cañon de Palín, Río Samalá, Cañon del Río Madre Vieja, etc.). Otros sistemas de fallas transversales se localizan entre le Arco Volcánico y la Falla Motagua, en el centro de Guatemala, formando en algunos casos depresiones o

“grábenes” con orientación preferencial aproximada Norte-Sur (ej. Graben de Ipala, Valle de la Ermita o Ciudad de Guatemala).

## **7.2 Sismicidad en el Área del Departamento de Guatemala**

Sismológicamente hablando, esta provincia se considera como una zona importante de sismicidad somera, no tanto como fuente de terremotos de elevada magnitud, sino por ser una zona de fallamiento secundario importante en donde los movimientos tectónicos se dan en un radio de 20 kilómetros respecto del epicentro, con períodos cortos de recurrencia.

Por otro lado, a nivel regional, la fuente dominante de eventos sísmicos mayores que prevalece en el escenario de períodos cortos de recurrencia es la zona de Subducción del Pacífico, mientras que para períodos largos de recurrencia y eventos de elevada magnitud domina la zona de Fallas Polochic-Motagua.

Las aceleraciones pico esperadas para el suelo en la zona de del departamento de Guatemala en eventos sísmicos mayores es de  $2,2 \text{ m/s}^2$  para períodos de recurrencia de 50 años.

Las características geotécnicas del terreno en el área del proyecto, son propicias para amplificar la magnitud de los eventos en valores del orden de 0,3 g (g: valor de la gravedad).

## **7.3 Sismicidad en el Área de El Progreso y Zacapa**

Sin lugar a dudas, la forma estructural más relevante del área la constituye la zona de discontinuidad de la falla Motagua. La zona de fallamiento de Motagua es un sistema de fallas de desplazamiento lateral izquierdo, la cual forma parte del sistema de fallas entre las placas de Norte América y Caribe, conformando el límite norte de la Placa Caribe. La Placa de Norte América se desplaza a lo largo de este sistema a una velocidad promedio de 2,2 cm por año, hacia el oeste.

Durante el sismo del 4 de febrero de 1976, se verificó una ruptura de más de 250 km a lo largo de la Falla Motagua, con un desplazamiento horizontal de hasta 3,4 m. El desplazamiento vertical fue en promedio un 30 % del desplazamiento horizontal.

Por tratarse de una estructura regional mayor, el sistema Motagua posee una serie de fallas asociadas, tanto paralelas, como conjugadas resultantes.

La Zona de Fallamiento de Motagua. Esta zona de fallas es fuente de eventos someros, de intensidades mayores a V (escala Mercalli Modificada), con períodos largos de recurrencia (del orden de los 60 años o más). Las aceleraciones máximas del terreno esperadas oscilan entre 2,2 y  $2,4 \text{ m/s}^2$ .

Para el tipo de eventos recurrentes en la zonas de El Progreso y Zacapa, se espera que ocurran aceleraciones máximas del terreno entre 2,2 y  $2,4 \text{ m/s}^2$  por lo menos una vez en el término de 100 años.

De acuerdo a la macrozonificación sísmica de Guatemala, que se utiliza para las aplicación de las normas de construcción Sismo-Resistentes, la zona del proyecto, se ubica dentro de la Región 4.1 (Figura 7.2); esto significa que para la zona, se deberá diseñar las obras de construcción civil tomando en cuenta que en esta zona, ocurren eventos sísmicos con intensidades mayores a 4, con aceleraciones mínimas del terreno de 0,30 g y factores de amplificación de 0,1-0,15 g<sup>1</sup>.

#### **7.4 Definición de Amenaza Sísmica**

En el ámbito de la ingeniería sismoresistente, por lo general, se utilizan indistintamente los términos riesgo y amenaza sísmica. Con el fin de velar los objetivos y alcances del presente estudio, estos términos se definen como:

**Amenaza Sísmica**, implica la descripción del potencial de peligrosidad, a la que está expuesto el sitio de interés, debido a la eventual ocurrencia de fenómenos sísmicos. Esta peligrosidad involucra el fenómeno natural (características de la fuente, localización de la misma respecto al punto de interés, propagación de las ondas sísmicas, etc.) y sus efectos secundarios tales como: ruptura o activación de fallas locales, amplificaciones anómalas, fracturamiento del terreno, hundimientos, licuefacción de suelos, etc.

El resultado de un estudio de amenaza sísmica, como el presente, es la descripción de la intensidad del movimiento del suelo en el punto de interés.

**Riesgo Sísmico**, se define como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad de la obra. La evaluación del riesgo implica el estudio de la interacción suelo-estructura y el comportamiento dinámico de la obra civil en cuestión, lo cual está fuera del alcance del presente estudio.

Como un complemento al estudio de amenaza sísmica, también se incluye un análisis en base a las normas de diseño antisísmico presentadas en el **Código de Normas de Diseño Estructural de Obras y Edificaciones de la República de Guatemala**<sup>2</sup>. Aún cuando este documento está en proceso de revisión y publicación, es el único código de normas de construcción que existen en el país.

#### **7.5 Sismicidad Histórica e Instrumental**

El estudio de la sismicidad para una región en particular incluye la información geológica-estructural y los registros de los eventos sísmicos. Estos últimos pueden ser históricos o descripción cualitativa de los daños, y/o instrumentales.

La información geológica permite conocer las características estructurales de las fuentes sismogénicas en el orden de miles a decenas de miles de años. Esta información sirve de soporte a las estimaciones que puedan sugerir los estudios basados en catálogos sísmicos (históricos o instrumentales).

---

<sup>1</sup> g es el valor de aceleración de la gravedad, 9.81 m/s<sup>2</sup>

<sup>2</sup> AGIES – SCEP, 2001 – 2003.

La base de datos sísmicos utilizada en el presente estudio incluye todos los eventos cuya magnitud sobrepasa 5,0  $M_w$ , a partir de la cual los movimientos del terreno generados representan peligrosidad para las obras civiles del proyecto.

La información histórica comprende un período de aproximadamente quinientos (500) años para Guatemala y se encuentra resumida en aproximadamente doce (12) catálogos (Molina y Villagrán, 1990). La distribución en el tiempo de los principales eventos ocurridos desde el siglo XVI a la fecha, indica un promedio de ocho (8) sismos destructores por siglo y, al considerar únicamente del siglo XVIII en adelante, cuando la información parece ser más homogénea, este promedio es de diez (10) por siglo.

Los estudios macrosísmicos realizados para algunos de estos eventos destructores permiten, como se explica más adelante, estimar el potencial de amenaza de las distintas fuentes sísmicas presentes. En este caso específico, esta información será utilizada para considerar las fuentes que pudiesen representar algún peligro para el Proyecto.

La información instrumental comienza a principios del presente siglo a partir del establecimiento de la red Mundial. La primera estación sismológica en Guatemala fue instalada en 1925 y no fue hasta 1977 cuando se contó con la Red Sismológica Nacional. El catálogo sísmico instrumental, constituye la base para la caracterización de las fuentes sísmicas utilizadas en el modelo probabilístico de amenaza.

## **7.6 Fuentes Sísmicas**

En las figuras No 7.3 y 7.4, la isosista de intensidad VII  $MM^3$  delimita el área dentro de la cual el movimiento del terreno debe considerarse como importante para fines de diseño de obras civiles. Ambas figuras ilustran claramente algunas de las características de las distintas fuentes sísmicas, como se describen a continuación.

- a) En la figura No. 7.3, se observa que los terremotos generados por los sistemas de fallas Chixoy-Polochic y Motagua, pueden afectar considerablemente grandes áreas que siguen la geometría de estos fallamientos. El terremoto del 4 de febrero de 1976, es un caso bien documentado que confirma los resultados de los estudios macrosísmicos de los eventos de 1816 y 1785 en las fallas de Chixoy-Polochic.

---

<sup>3</sup> Escala Mercalli Modificada

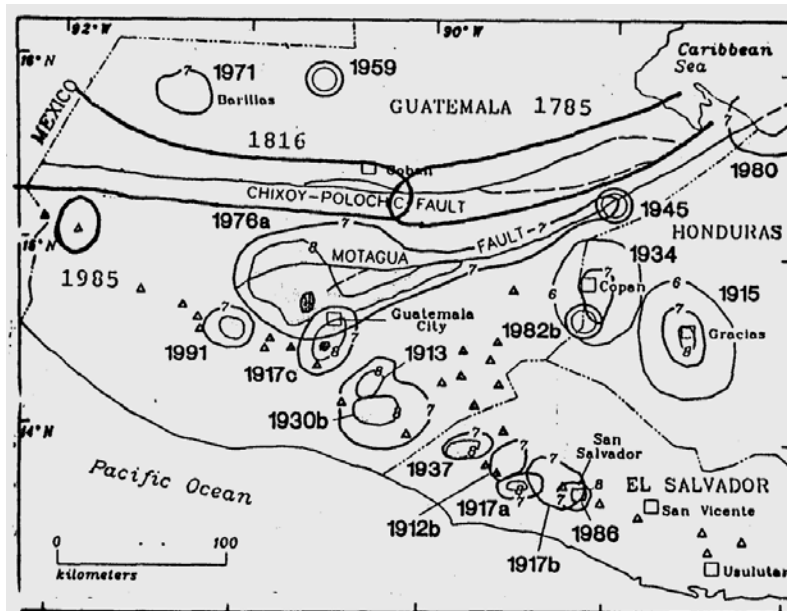
- b) Siempre en la figura No. 7.3, se ve que los terremotos producidos por fallamientos superficiales-secundarios tienden a ocurrir alrededor del Arco Volcánico y entre éste y la falla del Motagua. La única excepción, documentada, es el evento ocurrido en el Departamento de San Marcos en Diciembre de 1985. El evento más reciente relacionado a este tipo de fuentes es el terremoto de Pochuta de Septiembre de 1991.
- c) La figura No. 7.4, muestra los efectos producidos por sismos generados en la Zona de Subducción. Para estos casos se observa que las áreas delimitadas por las isosistas de intensidad VII MM han afectado una gran parte de la planicie costera del Pacífico.

A partir de estas observaciones se pueden concluir que las tres fuentes sísmicas de mayor importancia para el Proyecto son:

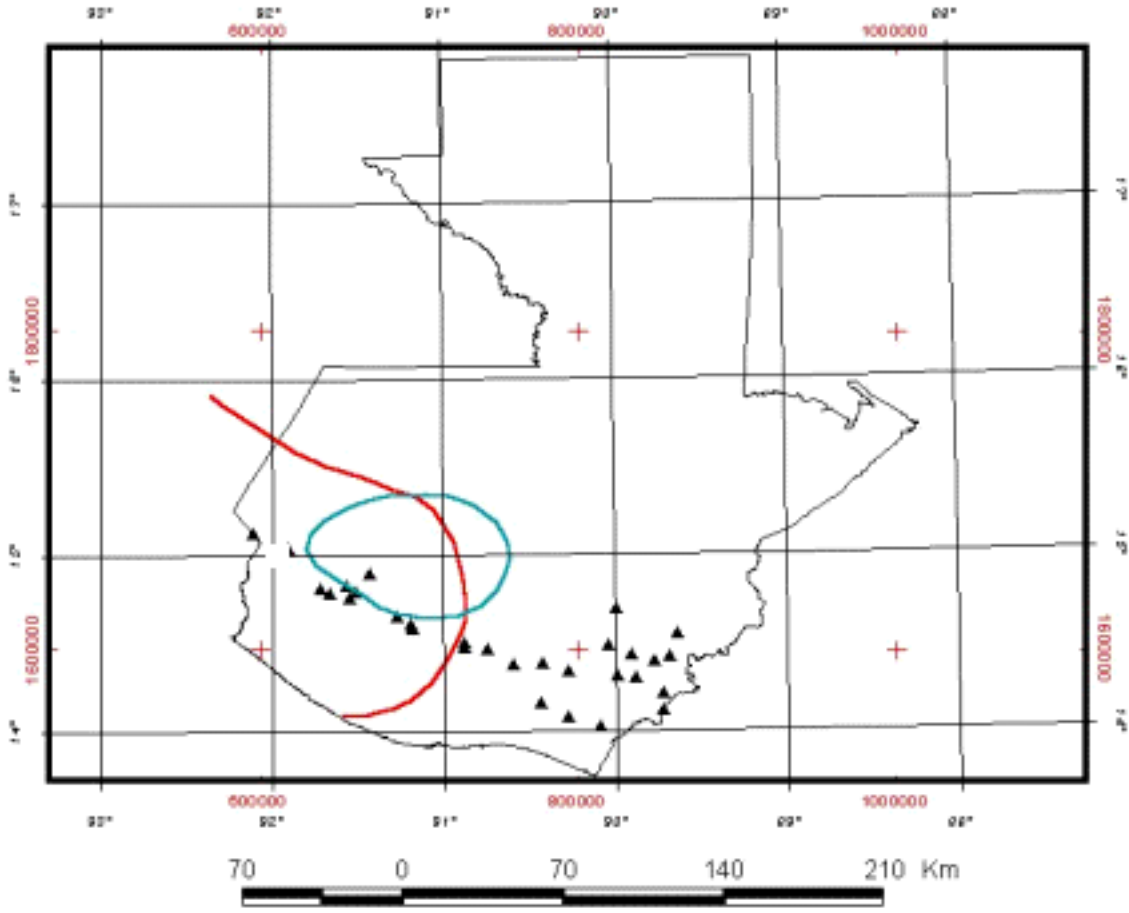
- Fallamientos Transcurrentes Chixoy-Polochic y Motagua
- Zonas de Subducción
- Fallamientos Secundarios

De estas fuentes, y con la información disponible, la Zona de Fallamientos Transcurrentes Chixoy – Polochic y Motagua ha producido movimientos de importancia para el área en el cual el Proyecto se encontrará localizado.

**Figura 7.3**  
**Terremotos Históricos**  
**(Ligorria et al, 1995)**

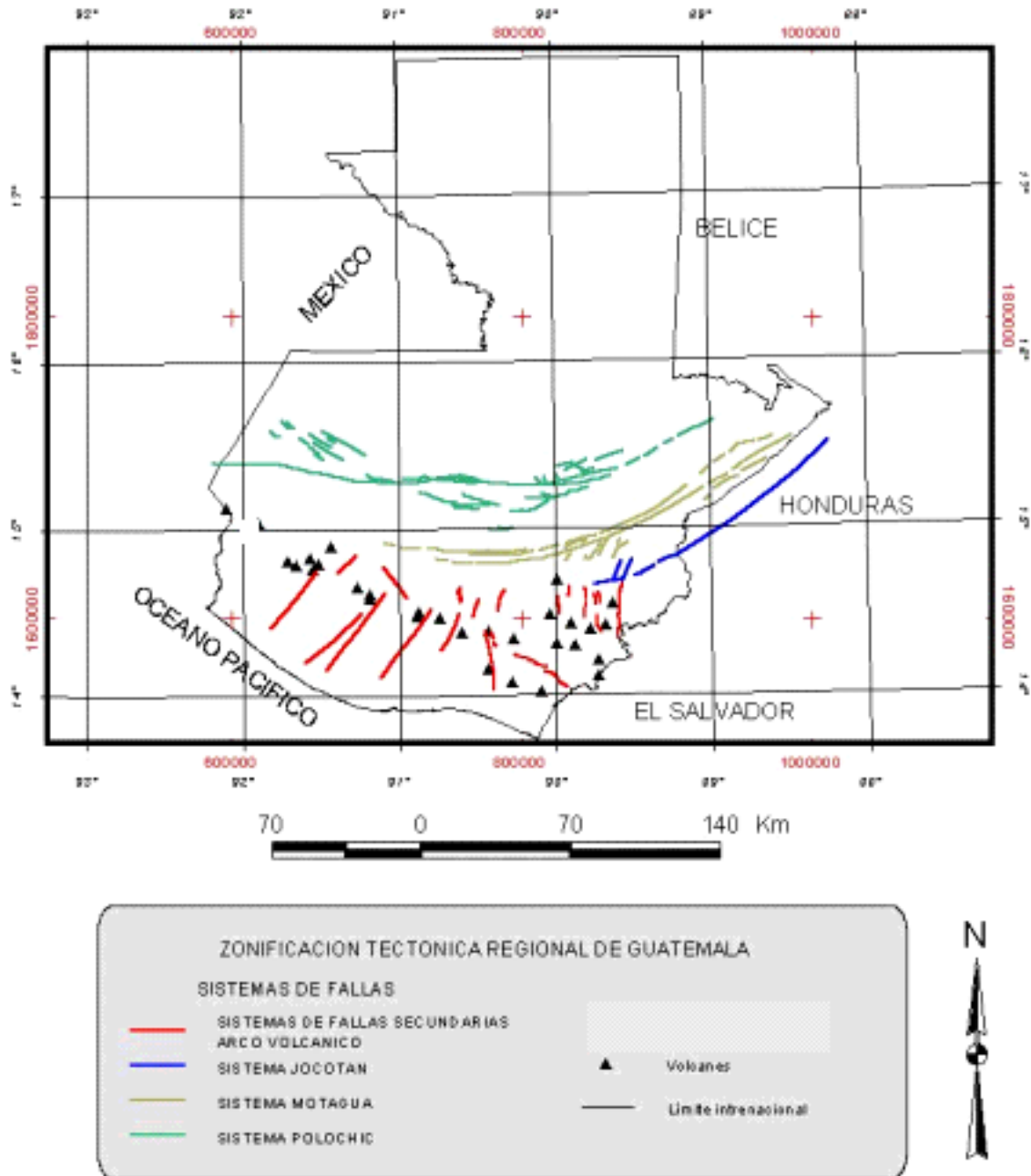


**Figura No. 7.4**  
**Isosista de Intensidad VII MM**  
**(Geopetrol, 2002 )**



En la siguiente figura (7.5) se muestra el mapa de zonificación Tectónica Regional para Guatemala (Fuente: Geopetrol, 2002)

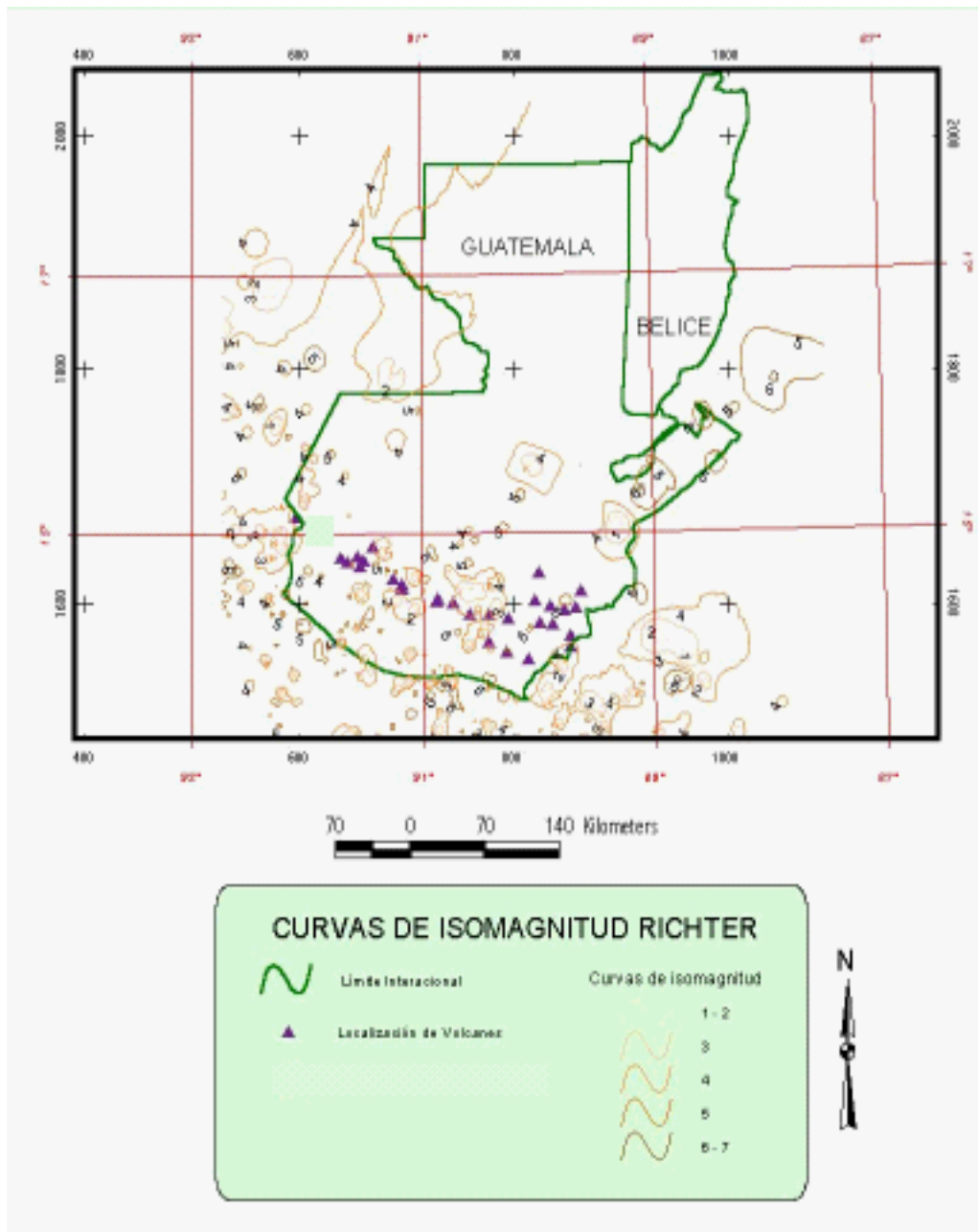
**Figura No. 7.5**  
**Zonificación Tectónica Regional de Guatemala**



En la siguiente figura (7.6) se muestra el mapa de Isomagnitudes Richter, de los sismos registrados (registros instrumentales existen en Guatemala desde el año de 1973). Como puede observarse en el mapa, la mayor cantidad de eventos con magnitud igual o inferior a 4, se encuentra concentrada en la zona central y sur del país, donde se encuentra la ciudad de Guatemala, y por ende la zona de inicio de la línea.

Por otro lado, los eventos con magnitudes superiores a 4 se encuentran alineados con la zona de fallamiento de Motagua, zona por la que transcurre gran parte del proyecto de la línea.

**Figura 7.6**  
**Curvas de isomagnitud Richter**  
(Geopetrol, 2002, Catálogo de sismos, Villagrán, et al, 1994)

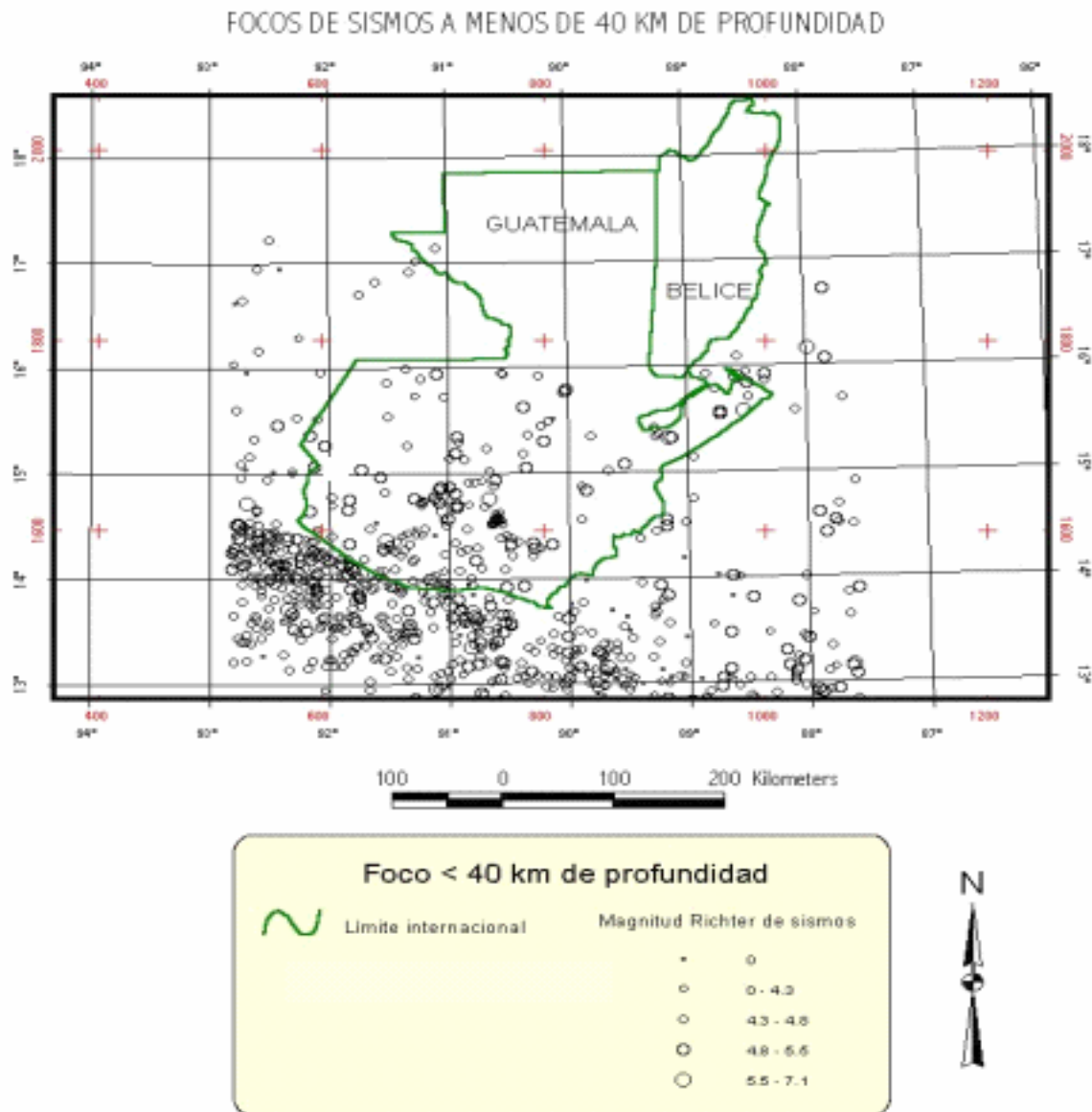


**7.6.1 Catálogo de Terremotos**

Para evaluar la sismicidad, se utilizó el catálogo de terremotos presentado por Villagrán y otros (1994). Para efectos de homogenización, las magnitudes han sido estandarizadas a magnitud momentánea ( $M_w$ ). Para el análisis de la sismicidad, una nueva versión truncada de la relación de recurrencia ha sido incluida; tomando en cuenta un límite inferior de magnitud ( $M_{low}$ ), de acuerdo a los requerimientos que las obras de ingeniería requieren.

En la figura 7.7, 7.8 y 7.9 se muestran los mapas de terremotos con focos inferiores a una profundidad de 40 Km, entre 40 y 150 y superiores a 150 Km respectivamente, basado en el catálogo de terremotos de Villagrán y otros.

**Figura 7.7**



**Figura 7.8**

### FOCOS DE SISMOS ENTRE DE 40 Y 150 KM DE PROFUNDIDAD

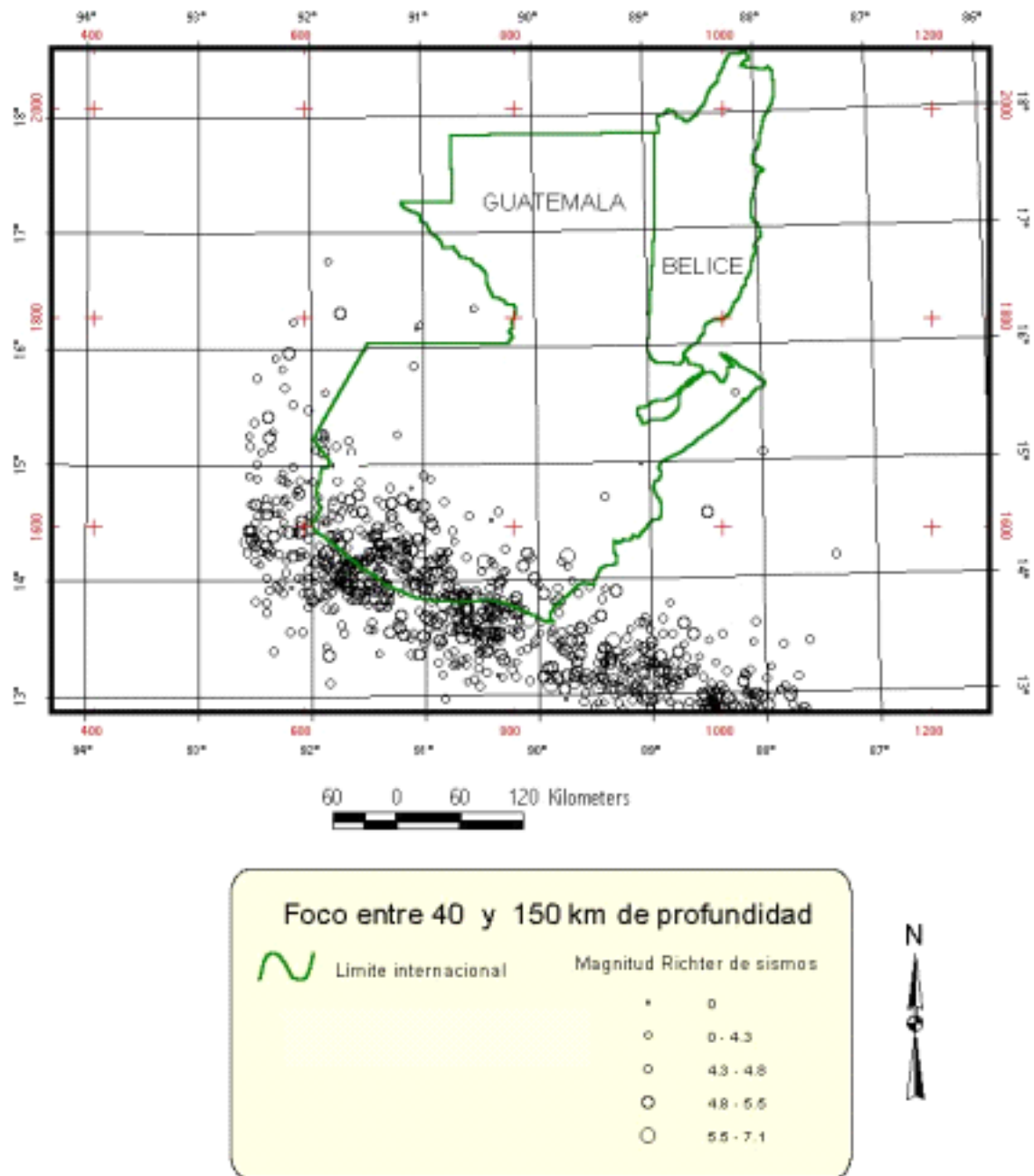
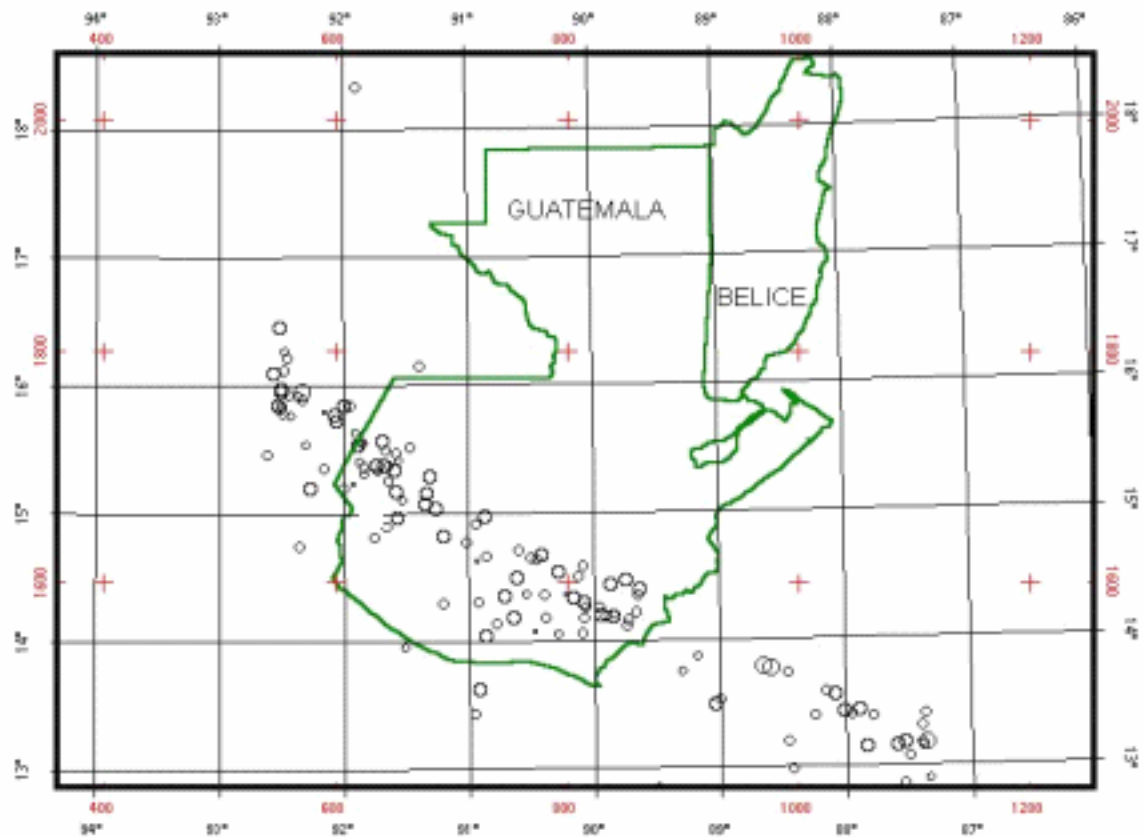


Figura 7.9

## FOCOS DE SISMOS A MAS DE 150 KM DE PROFUNDIDAD



60 0 60 120 Kilometers

### Foco > 150 km de profundidad



Límite internacional

Magnitud Richter de sismos

- 0
- 0-4
- 4-4.6
- ◐ 4.6-5.5
- 5.5-6.9

N



## **7.7 Amenaza Volcánica**

Aunque en Guatemala existen alrededor de 35 edificios volcánicos recientes, más de 300 centros eruptivos y 4 volcanes activos, en la zona donde se desarrollará el proyecto no existe amenaza volcánica, aún cuando existen 2 volcanes en un radio inferior a 20 Km a la zona del proyecto, estos volcanes no se consideran activos. Además, la actividad volcánica actual, se está movilizandando hacia el sur, esto es, alejándose de la zona del proyecto.

Sin embargo y a pesar de conocer estos datos se realizó la identificación de riesgo volcánico del área del proyecto de acuerdo a la siguiente metodología:

### **7.7.1 Metodología de identificación de riesgo volcánico de un área**

Para la evaluación de riesgo volcánico se consideran una serie de variables las cuales son:

- Tipos de erupción
- Composición de material volcánico
- Antecedentes geomorfológicos y geológicos
- Historia evolutiva
- Clima
- Vegetación
- Dirección y velocidad de vientos
- Densidad y actividad de la población
- Uso de la tierra
- Obras de ingeniería
- Otros

Scott (1993) señala que hay que considerar varios otros aspectos cuando se trata de realizar evaluaciones de peligros volcánicos a largo plazo: a) la identificación de los volcanes que representan peligro; b) documentación de la actividad pasada de estos volcanes con la finalidad de evaluar los tipos y alcances esperados de una actividad futura y c) la identificación de las áreas que tendrían la posibilidad de ser impactadas durante erupciones futuras.

En general, la evaluación de la actividad volcánica futura consiste en:

- Estudiar la naturaleza de las erupciones pasadas
- Estudiar su periodicidad
- Características de los materiales emitidos

El intento más reciente a escala mundial de identificación de volcanes de alto riesgo consistió en aplicar un sistema de calificación de factores combinados de peligro y de riesgo, tales como: tipo de actividad en el pasado, edad de la última actividad explosiva, extensión de las áreas afectadas durante las erupciones pasadas, ocurrencia de la sismicidad o deformación, número de habitantes bajo riesgo y número de víctimas en erupciones pasadas (Yokoyama et al., 1984; Tilling, 1989, en Scott, 1993).

Algunas limitaciones para la identificación de volcanes de alto riesgo son:

- La actividad prehistórica de muchos volcanes es muy poco conocida.
- El registro histórico de muchos volcanes es corto y/o incompleto.
- Pueden ocurrir eventos de tipo y magnitud sin precedentes en tiempos históricos o prehistóricos.
- Debido a una morfología no característica, algunos volcanes ubicados en zonas poco exploradas podrían no haberse identificado todavía.
- Los intervalos de reposo entre grandes erupciones pueden ser largos (cientos, hasta miles de años).
- Muchos volcanes que no han sido priorizados pueden ser ignorados, volviéndose de esta manera aún más peligrosos si no se anticipan los efectos de futuras erupciones.

A pesar de las dificultades de falta de información se realizaron esfuerzos para identificar los principales volcanes de América Central que revisten riesgo siguiendo la metodología de Yokoyama, et al. 1984. Dicha metodología consiste en reunir la información pertinente de cada uno de los volcanes de actividad actual o histórica de un área dada para así llenar una planilla de 17 puntos, de cuya evaluación se determina la peligrosidad de dichos volcanes (véase tabla 7.1).

**Tabla 7.1**

**Criterios para la identificación de Volcanes de alto riesgo.  
Según Yokoyama, et al., 1.984**

Volcán Coordenadas: 15.03 N, 91.90 W

<b>Grado de Peligro</b>	<b>Puntaje</b>
Alto contenido de sílice en los productos eruptivos (andesita/dacita/riolita)	
Actividad explosiva de importancia en los últimos 500 años	
Actividad explosiva de importancia en los últimos 5000 años	
Flujos piroclásticos en los últimos 500 años	
Flujos de lodos en los últimos 500 años	
Tsunami destructivo en los últimos 500 años	
Área afectada por destrucción en los últimos 5000 años es > de 10 Km. <sup>2</sup>	
Área afectada por destrucción en los últimos 5000 años es > de 100 Km. <sup>2</sup>	
Ocurrencia de enjambres sísmicos de origen volcánico	
Ocurrencia de deformación significativa del suelo en los últimos 50 años	

<b>Grado de Riesgo</b>	<b>Puntaje</b>
Población bajo riesgo > 100	
Población bajo riesgo > 1000	
Población bajo riesgo > 10000	
Población bajo riesgo > 100000	
Población bajo riesgo > 1000000	
Hubo víctimas en tiempos históricos	
Se ha evacuado la zona debido a erupción (es) en tiempos históricos	

<b>Puntaje Total</b>	
----------------------	--

En la planilla se asigna el puntaje de 1(uno) por cada criterio aplicable, y 0 (cero) si el criterio no es aplicable. Un puntaje total igual o mayor de 10 (diez) será indicativo de un volcán de alto riesgo.

Aplicando esta metodología, para los dos volcanes ubicados en las cercanías del proyecto, ambos tienen una puntuación inferior a 10 (5 puntos), por lo que se concluye que su grado de riesgo no es alto.

## **7.8 Riesgo de Erosión**

Para la zona del proyecto, el 80% de los suelos tienen una alta susceptibilidad a ser erosionados y el 20% restante una susceptibilidad muy alta. Esto está mostrado en el mapa denominado Riesgo de Erosión. Para la realización de este mapa, se tomó en cuenta la geología (roca original y tectonismo), cobertura vegetal, pendientes y precipitación.

Es muy importante mencionar que la zona que tiene una susceptibilidad muy alta a la erosión coincide también con una zona geológicamente inestable debido al alto grado de tectonismo y que corresponde a depósitos de rocas carbonatadas cataclásticas, debido a una alta actividad deformativa relacionada a la zona de fallas del Motagua. En la actualidad es visible la zona inestable entre los PI 14 – PI 16 y tiene una longitud aproximada de 6 Km. (Ver anexo V, Mapa de Tramos Homogeneos.).

Otra de las zonas de mayor susceptibilidad a erosión es la zona de la subcuenca del río Jalapa, específicamente en la desembocadura de éste en el Motagua. Es visible en el cauce del río la cantidad de sedimentos depositados.

Se hace mención que durante la etapa de campo, en una de las tormentas que cayeron en la región, este río mostró una fuerte crecida y que depositó una gran cantidad de material en la zona de la desembocadura del río Jalapa en el Motagua.

De acuerdo a datos consultados del Plan Maestro de Electrificación del INDE, el aporte de sedimentos de la cuenca media del Motagua, (estación el Guayabo, El Progreso) es de 650 toneladas/Km<sup>2</sup>/año, esta es una de las tasas mas altas a nivel nacional.

De acuerdo también a estos datos, las cuencas afluentes del Motagua (parte sur), donde se incluye el río Jalapa, tienen un rendimiento de 300 toneladas/Km<sup>2</sup>/año.

Estos datos están basados en los registros históricos de 20 años, datos que se iniciaron a recolectar en forma sistemática en 1961.

### **7.8.1 Riesgo de estabilidad del sustrato**

Como se mencionó en el numeral anterior, la zona que presenta el mayor riesgo de estabilidad es la que se encuentra localizada en el tramo entre los PI 14 – PI 16 y tiene una longitud aproximada de 6 Km. Este sitio no está sujeto a ningún tipo de control de erosión por encontrarse bajo régimen de explotación.

Localmente se le denomina “La Chifurnia”, es una zona compuesta principalmente por sedimentos carbonatados (calizas) cataclásticas, milonitizadas y que durante los últimos 20 años se han manifestado problemas de inestabilidad, causando deslizamientos y derrumbes.

Esta condición se ha visto potenciada debido a la actividad de extracción de materiales rocosos para usos industriales, ya que estas explotaciones se han llevado

a cabo en forma irregular, sin ninguna planificación y menos aún medidas de mitigación.

### **7.8.2 Riesgos de inundación**

Dentro del área del trazo del proyecto, las áreas susceptibles de inundación, y que en épocas recientes han mostrado problemas de inundación, son las relacionadas con el valle del Motagua.

Las zonas más propensas a ser inundadas durante la época de lluvias, que es cuando el Motagua presenta las mayores crecidas (especialmente durante los meses de junio, septiembre y octubre) son las que se encuentran ubicadas en el tramo entre los PI 20 – PI 24 y PI 28 a PI-29. Las crecidas ocurren al menos una vez al año.

Es de hacer mención que las inundaciones no afectarían directamente la construcción de la línea, a excepción posible de los PI 28 y PI 29 que son los más cercanos al cauce del río.

En tiempos recientes, y especialmente en 1998 (Mitch) y 1999, dentro del área de influencia del proyecto, se reportaron inundaciones en el Júcaro y San Cristóbal Acasaguastlán. Durante estas inundaciones se reportaron daños en cultivos, especialmente aquellos que se encuentran en las denominadas “vegas” que son parte de la planicie de inundación del río Motagua.

### **7.8.3 Riesgos de incendio**

En la zona del proyecto se han generado y se generan incendios forestales en forma anual, debido a las prácticas de cultivo que incluyen las rozas (quemadas) que sirven para la preparación de los terrenos de cultivo. Los años que más incendios se han provocado, y que su mayoría fueron debidos a actividades agrícolas, han sido 1998 y 2003.

Dado que la línea de transmisión no será instalada en zonas de cultivo tradicionales (maíz, frijol) que son las zonas donde más se aplica este tipo de técnicas, el riesgo de incendio sobre las torres y líneas, no es alto. El problema podría ocurrir si el fuego se descontrolara y afectara las zonas de las colinas y montañas por donde está propuesto el trazo de la línea (PI 4 – PI 9), así como en todo el tramo que recorre el monte espinoso bajo (PI 9 – PI 16).

### **7.8.4 Riesgos derivados de las actividades humanas**

Dentro de estos riesgos se pueden mencionar las actividades de extracción de rocas en la zona de la Chifurnia, la cual fue mencionada con anterioridad, y los riesgos de incendio también descritos en el numeral anterior.

Un posible riesgo a futuro, sería la producción de gases de una planta de producción de pulpa de papel ubicada en el Rancho, a la orilla del río Motagua, que podría

entrar en operación en un término no mayor a 5 años. Pero, debido a la dispersión de gases de la zona debido al régimen de vientos, la amenaza de lluvia ácida es muy baja. Esto se restringe al tramo contiguo a donde la línea atraviesa el valle del río Motagua en las cercanías de El Rancho.

## 8. IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO

### 8.1 Análisis de Contaminación Provocada por este Tipo de Proyectos

Los proyectos de tendidos eléctricos son en general infraestructuras lineales que si bien involucran grandes longitudes de territorio, su extensión areal es limitada, lo mismo que su impacto a los distintos elementos del medio.

Cuando se compara este tipo de proyectos con otros proyectos de infraestructura, como carreteras, puentes, hidroeléctricas, etc. Los proyectos de tendido eléctrico tienen la ventaja de causar impactos de menor extensión e intensidad. En su contra poseen la gran desventaja que sus efectos mayores involucran elementos sensitivos, como son la vista y el oído y deben desarrollarse en o cercano a áreas pobladas. De igual manera, los efectos positivos de este tipo de proyecto no son tan palpables como los de, por ejemplo, una carretera.

Aunque cada proyecto particular posee características distintivas, es posible agrupar y generalizar posibles impactos derivados de acciones similares.

Es importante, en este momento analizar los impactos genéricos que este tipo de proyecto causa al ambiente, para entender mejor la influencia específica de este proyecto particular sobre el entorno.

Estos impactos se enumeran para cada medio afectado:

#### 8.1.1 Medio edáfico

- Efectos directos debido a la construcción de caminos de acceso a los sitios de torre.
- Movimientos de tierra en los sitios de asentamientos de torres o bases de apoyo.
- Perforación de agujeros para la cimentación de los apoyos.
- Producción de desechos durante el movimiento de tierras.
- Daños a la calidad del suelo por la pérdida de la cobertura arbórea en el trazo del tendido.

#### 8.1.2 Medio hídrico

- Daños directos sobre el drenaje superficial, como interrupción o desvío de corrientes debido al movimiento de tierras.

- Incremento en la carga de partículas en suspensión, debido al movimiento de tierras.
- Contaminación de corrientes debido a siniestros o accidentes en el manejo de aceites y combustibles.

### 8.1.3 **Medio atmosférico**

- Modificaciones microclimáticas debido al corte del derecho de vía en áreas forestadas.
- Efectos creados por el efecto corona.
- Producción de ozono.
- Incremento en los niveles de presión sonora.
- Interferencias en las transmisiones de radio y TV.
- Generación de campos eléctricos y magnéticos.

### 8.1.4 **Medio biótico**

- Daños directos a la vegetación por la apertura de caminos de acceso, movimientos de tierra y la limpieza del derecho de vía
- Invasión de especies vegetales exóticas en el derecho de vía.
- Fragmentación de masas forestales por la apertura del derecho de vía.
- Daños directos sobre especies protegidas, emblemáticas o ejemplares amenazados.
- Daños o alteraciones en hábitats de vida silvestre.
- Efectos debidos al incremento de ruido en ecosistemas aislados.
- Daños sobre madrigueras o sitios de anidación, provocados por el movimiento de tierras.
- Reducción de áreas de alimentación.
- Incidencia en las rutas de migración.
- Apertura o mejoramiento de accesos para cazadores o pescadores.

### **8.1.5 Medio socioeconómico**

- Efectos positivos globales en la confiabilidad del suministro de energía.
- Mejoras en la accesibilidad de áreas aisladas.
- Restricciones al uso de la tierra por los sitios de torres y derechos de vía.
- Pérdida de valor de las propiedades afectadas.
- Daños o afectación sobre propiedades, áreas de cultivos y áreas forestadas.
- Cambios en las forma de vida de poblaciones aisladas.
- Mejoras económicas derivadas de la creación de empleos temporales o permanentes.
- Efectos en la salud derivados de la generación de campos magnéticos.
- Cambios en la estructura poblacional.

### **8.1.6 Patrimonio histórico**

- Daños directos sobre sitios de valor histórico.
- Pérdida del valor estético del entorno de monumentos.

### **8.1.7 Paisaje**

- Alteraciones al paisaje debido a movimientos de tierra.
- Incidencia de las torres o apoyos en las proximidades de poblaciones o monumentos patrimoniales.
- Presencia de apoyos en sitios de alto valor paisajístico.
- Incidencia del derecho de vía en áreas de masas forestales.
- Pérdida de calidad en sitios de campamento.

## **8.2 Impactos Potenciales durante la Fase de Construcción**

Es durante la fase de construcción de la línea cuando se presentan la mayoría de impactos sobre el entorno. La magnitud del impacto depende directamente del valor ecológico del área que atravesaría la línea. En general los impactos más extendidos se verifican sobre el medio edáfico, debido a la construcción de caminos de acceso, modificaciones a las redes hidrológicas, daños y pérdida de la vegetación, pérdida de hábitats e invasión de especies exóticas; fragmentación y alteración de hábitats; aumento en la accesibilidad de área silvestres y protegidas, cambio en el uso de la tierra; riesgos para la aviación; inducción de campos eléctricos y magnéticos; deterioro de recursos culturales y estéticos (paisaje), restricciones de uso y cambios en el valor de los inmuebles.

### **8.2.1 Impactos potenciales sobre el suelo**

De acuerdo a experiencias previas en proyectos de similares características, los efectos generados sobre el suelo son de pequeña magnitud y extensión, puesto que por ser puntuales (áreas de apoyo) no conllevan la intervención o modificación profunda de grandes perfiles topográficos (movimientos de tierra) o perforaciones significativas (zanjas, pozos, etc.).

Los impactos se derivan principalmente de los movimientos de vehículos, maquinaria y personal necesario par la apertura de brechas de acceso, traslado de materiales, conformación de las plataformas y excavación de las cimentaciones, labores de armado e izado de estructuras y tendido del cableado.

Los efectos producidos incluyen la ruptura de las relaciones texturales superficiales del suelo, quedando éste así, expuesto a los factores meteorológicos que pueden incrementar la erodabilidad del suelo, lo que a su vez conlleva la degradación de sustrato y el efecto consiguiente en la fertilidad de la unidad edáfica.

Este efecto será apreciable en los sitios que se efectúen las siguientes operaciones:

- Apertura de caminos y vías de acceso.
- Movimientos de tierra significativos en los sitios de creación de plataformas para apoyos.
- Perforación de agujeros para las cimentaciones de los apoyos.
- Generación de desechos originados en el movimiento de tierras.
- Apertura de trazo o calle.

Los efectos de cada uno de estas acciones se analizan a continuación:

### **8.2.1.1 Apertura de caminos y vías de acceso**

La profundidad de la afectación debida a estas acciones está en función directa de múltiples factores, pero en definitiva de la topografía general de cada tramo particular. La construcción de accesos en áreas de fuerte pendiente supone una intervención más significativa, ya que se requiere de mayor movimiento de tierra para adecuar las pendientes para permitir el acceso de camiones y equipos. En segundo término se considera la erosionabilidad de los suelos a cruzar.

Como se mencionó anteriormente, uno de los impactos más sobresalientes es el incremento en el riesgo de erosión del suelo, tanto en la rodada como en los terraplenes laterales. Esto debido a la pérdida de la textura somera del suelo. Este efecto se atenúa por la compactación debida a la misma circulación de vehículos.

Sin embargo, no hay que perder de vista que los efectos no son todos negativos, ya que con la apertura de caminos, se brindan facilidades de comunicación a poblaciones en áreas remotas, potenciación de áreas de cultivos y en el caso de caminos en áreas de bosques, facilita el acceso para el control de incendios forestales.

Finalmente se tiene que considerar que los efectos globales del desarrollo de este tipo de proyectos, por la apertura de accesos, no reviste una magnitud significativa por dos razones primordiales:

- a) En el diseño de los trazos de las líneas se pone especial interés en su ubicación cercano a vías de acceso, para no necesitar la apertura de nuevas rutas o accesos muy largos.
- b) El ancho requerido para el acceso no supera los 4 m de ancho, por tratarse de un acceso de una sola vía.
- c) Por tratarse de caminos no revestidos, el efecto sobre el suelo es muchas veces revertido naturalmente.

### **8.2.1.2 Movimientos de tierra en la creación de plataformas**

La conformación del terreno para el asentamiento de las bases o apoyos de la línea puede tomar dos formas distintas: en algunos casos se debe construir una plataforma para darle horizontalidad a terrenos escarpados; en otras la versatilidad de los apoyos supone la adaptación de las patas o apoyo a la topografía del terreno. Es de mencionar que el primer tipo es utilizado sólo en casos especiales. En el segundo caso, el movimiento de tierras es mínimo

De cualquier manera, la colocación de los apoyos de las bases constituye una alteración inapreciable a la geomorfología del terreno. El único efecto se verifica debido al movimiento de personal y equipo necesario para izar las torres, el cual provoca una compactación del sustrato superior del suelo. Esto redundará en pérdida de la capacidad de infiltración del agua y del desarrollo de la red radicular del sustrato herbáceo. Sin embargo, este efecto se circunscribe al sitio y alrededores del sitio de la torre, pudiendo éste llegar hasta 100 m<sup>2</sup>.

Estos efectos son en la mayoría de los casos revertidos naturalmente; en otros casos bastará con un trilla del terreno y resiembra de especies herbáceas.

### **8.2.1.3 Perforación de agujeros para cimentaciones**

Por tratarse de acciones muy puntuales, la excavación de los agujeros para la construcción de las zapatas de fijación no significa una alteración considerable al medios suelo y un impacto imperceptible a la geomorfología local.

Estas excavaciones se realizaran una para cada pata, con agujeros de forma rectangular de 2 m por lado y una profundidad de 2 a 3 m. Generalmente por métodos manuales. De aquí, que el material extraído no sea considerable, el cual mucho será aprovechado en el relleno posterior del mismo agujero. Esta actividad cambia el perfil edáfico y muchas veces los sobrantes son utilizados para la reparación de horizontes orgánicos. Esto supone un impacto no significativo tanto al medio edáfico como geomorfológico.

### **8.2.1.4 Generación de desechos**

Como se indicó anteriormente el material producido por las acciones de apertura de caminos, conformación de sitios de apoyo y excavación de apoyos, no representa un volumen significativo en la mayoría de casos. Por tanto, su significancia como impacto es imperceptible. Caso contrario se puede dar en circunstancias de necesitar hacer una plataforma para el asentamiento de la torre o realizar estos trabajos en un entorno especialmente susceptible.

### **8.2.1.5 Apertura de trazo o calle**

Cuando la línea debe atravesar áreas de vegetación baja, los trabajos de tala de arbolado se facilitan por realizarse por métodos convencionales, provocando un efecto muy leve en el componente suelo. Caso diferente cuando se trata de zonas con densa población arbórea de gran altura. Esto obliga en algunos casos a emplear maquinaria pesada para los efectos.

Los impactos al suelo se verifican en el caso de emplear maquinaria para la tala del arbolado. El efecto se verifica en dos sentidos:

- a) Rotura de la textura superficial y pérdida de la capa fértil.
- b) Aumento en el riesgo de erosión por pérdida de la cubierta vegetal.

Estos efectos dependerán de la extensión de superficie a afectar y de la cantidad de pies cúbicos madera a talar. De nuevo, esto es también función del relieve del terreno.

En resumen el único efecto potencialmente significativo que provoca las acciones involucradas en la construcción de una línea de tendido eléctrico sobre el

componente geomorfológico es la potenciación de los procesos erosivos en áreas de fuerte pendiente.

## **8.2.2 Impactos potenciales sobre el agua**

Las acciones normales involucradas en la construcción de una línea eléctrica no suponen el manejo o vertido de sustancias que pudieran alterar las características químicas de las corrientes de agua. De aquí que los impactos potenciales sobre el agua se restringen a la interacción de las obras con el drenaje superficial. Éstas pueden tomar la forma de: interrupciones del cauce natural debido al movimiento de tierras; contaminación física por el aumento de la carga de sólidos en suspensión y contaminación por derrames accidentales de aceite y/o combustibles.

Se consideran los siguientes como los posibles impactos de las acciones de construcción sobre el agua.

- Daños en la red de drenaje
- Cambios en las características físicas
- Vertidos accidentales
- Daños sobre la red subterránea

### **8.2.2.1 Daños en la red de drenaje**

La única intervención posible a la red de drenaje es la interrupción o desvío del curso del mismo, debido principalmente a los movimientos de tierra necesarios en la construcción de los accesos. Esto es fácilmente solucionable con la instalación de tuberías o bóvedas, alcantarillas y vados sobre las corrientes.

### **8.2.2.2 Cambios en las características físicas**

Este efecto es debido a la potenciación de la erosión ocasionada por la ruptura en la textura superficial de los suelos durante el movimiento de tierras para la construcción de accesos o plataformas. Pero este efecto se suscribe a la afectación de las propiedades físicas del agua, específicamente en la cantidad de sólidos en suspensión. Sin embargo, estos efectos son de corta duración y totalmente reversibles.

### **8.2.2.3 Vertidos accidentales**

Estos son ocasionados estrictamente en caso de accidentes y se limitan a derrames de combustibles o lubricantes, ya que el mantenimiento de los vehículos se realiza estrictamente fuera de las áreas de trabajo y en caso contrario será supervisado por personal competente para evitar los vertidos al ambiente.

#### **8.2.2.4 Daños a la red subterránea**

Las actividades de construcción de la línea poseen un impacto, aunque mínimo, en la infiltración y circulación del agua subterránea. Las excavaciones y movimientos de tierra tienden a favorecer la infiltración en el subsuelo, principalmente cuando se trata de suelos que por su textura superficial tienden a crear corrientes superficiales. Por otro lado, por tratarse de obras superficiales, las profundidades de las cimentaciones no alteran de forma perceptible la circulación horizontal de las corrientes subterráneas.

El volumen de la infiltración puede ser afectado por el desplante de la vegetación baja, pero este es, en todo caso, reversible.

#### **8.2.3 Impactos potenciales sobre el aire**

De menor importancia son los efectos sensibles al aire, tanto en su calidad como en su comportamiento. Los efectos potenciales se listan a continuación:

##### **8.2.3.1 Afectación del microclima**

En términos generales se puede considerar como nulo el efecto de las acciones del proyecto sobre el clima global de una región. Caso contrario ocurre cuando durante la ejecución de un proyecto es necesaria la eliminación de una porción considerable de una comunidad boscosa importante, en cuyo caso sus efectos se reflejan como variaciones microclimáticas debidas a la mayor insolación de la superficie del terreno, con el consiguiente aumento de la evapotranspiración. De igual forma, las corrientes de aire encuentran un corredor, incrementando su velocidad.

##### **8.2.3.2 Daños a la calidad del aire**

Existen varios factores que determinan la calidad del aire: De éstos, los que pueden ser afectados por el desarrollo del proyecto son:

##### **8.2.3.3 Partículas en suspensión**

Dentro de las características que condicionan la apariencia del aire se encuentra la cantidad de sólidos en suspensión. Cuando las actividades de construcción de la línea requieren el uso de maquinaria pesada para la apertura de rutas, esto necesariamente provocará la emisión de polvo. El volumen de emisiones estará determinado por los volúmenes de material a remover y por factores secundarios como tipo de suelo, humedad superficial del suelo, clima, etc.

Sin embargo, el efecto de estas acciones es muy localizado, temporal y completamente reversible, una vez concluidas las actividades.

#### **8.2.3.4 Niveles de presión sonora**

La utilización de maquinaria, en los casos en que sea requerido, incrementará los niveles de ruido en el área. De nuevo, esto se verificará en áreas remotas y por períodos cortos, por lo que su efecto tendrá carácter puntual, de corta duración y totalmente reversible.

Otra fuente de ruido, totalmente aceptable es la generada por la circulación de personal y vehículos, y por las actividades propias de las labores de las personas, cuyo nivel no afecta perceptiblemente el nivel de ruido de fondo del entorno.

#### **8.2.4 Impactos potenciales sobre el medio biológico**

Es durante la fase de construcción donde se verificarán la mayor parte, si no la totalidad de los impactos al medio biológico. El entorno biológico, por razones de su análisis en este estudio, será dividido en componente vegetal y componente faunístico

##### **8.2.4.1 Impactos potenciales sobre la componente vegetal**

De nuevo, por motivos de análisis consideraremos por separado los efectos causados a dos entidades de la componente vegetal: la cubierta arbórea alta y la vegetación baja o cubierta herbácea.

###### **a) Cubierta arbórea alta**

Las tres acciones principales que impactan este elemento son: la apertura de accesos, conformación y establecimiento de apoyos y apertura de brecha, calle o servidumbre.

Como se mencionó en su oportunidad, la apertura de accesos, en algunos casos requiere la tala de árboles en zonas boscosas, ya sea por métodos convencionales o por vía mecanizada, dependiendo de las condiciones del terreno y el tipo de bosque. En cuanto sea posible deberá procurarse evitar el paso por zonas densamente arboladas.

El impacto producido por la tala de árboles reviste especial importancia al tratarse de poblaciones arbóreas de importancia, tanto comercial como biológica. En el primer caso, su tala deberá ser compensada, ya sea económicamente o a razón de árbol por árbol. El segundo caso es más delicado pues una especie vegetal puede tener importancia debido a su escasez, a su relación con otras especies vegetales o animales (como habitación, como sombra, como elemento de apoyo, como elemento fertilizante, como protección contra los elementos, etc.), como elemento simbólico, etc.

De igual manera, al realizar el emplazamiento de las torres, incluso, donde no se realicen plataformas, es necesaria la limpieza de árboles en el área de seguridad para el asentamiento de las bases. Aquí se considera que cada emplazamiento, dependiendo de la topografía, puede abarcar un cuadrado de entre 16 y 44 m de lado.

El caso extremo de impacto se verifica cuando es necesaria la apertura de una franja o calle para el paso de la línea. En áreas boscosas de gran tamaño, se debe algunas veces talar completamente el trazado. Sin embargo, por tratarse de torres de más de 40 metros, la mayoría de las veces es suficiente con podar la parte alta de los árboles, hasta una distancia que asegure no entrar en contacto con la línea. Las normativas de distintos países para esta distancia promedian 3.5 metros de distancia entre las copas de los árboles y el conductor. Aunque esto signifique un impacto, el mismo es menor que si se talaran los árboles completamente.

Estos corredores pueden en algunas ocasiones ser la puerta de entrada a la invasión de especies vegetales exógenas, que viene a alterar (no necesariamente perjudicar) el ecosistema local.

No se debe descuidar el hecho que estas calle en franjas boscosas pueden tener un efecto benéfico, en el caso de incendios forestales, porque a la vez que constituyen una barrera para la propagación de incendios, sirven de vía de acceso a las brigadas de combate de incendios.

#### **b) Cubierta herbácea**

Aquí de nuevo, las mismas acciones que en el acápite anterior, tendrán injerencia en la cubierta baja del componente vegetal.

La apertura de carreteras o caminos de acceso impacta en varias formas a la cubierta herbácea. En primer lugar, el desplante de limpieza, elimina las unidades vegetales del suelo. La magnitud del impacto estará dado por la longitud del acceso a construirse y las pendientes del terreno. En todo caso, por tratarse de caminos de poca de circulación, su ancho será entre 3 y 4 m.

En segundo lugar, la modificación del sistema textural del suelo orgánico propicia los procesos erosivos, desproveyendo al sitio de la cubierta orgánica, necesaria para el crecimiento de hierbas y plantas.

Por último, la circulación de vehículos promueve la compactación del suelo, condición que incide directamente en la infiltración del agua y en las condiciones que determinan la germinación de semillas y repoblación vegetal.

Estas mismas consideraciones se aplican a la construcción de plataformas o perforación de agujeros para las bases, donde el desplante y la erosionabilidad serán los efectos más significativos.

En cuanto a la apertura de calles o trazados, estas afectarán al estrato herbáceo en la medida que sea necesaria la circulación de vehículos o simplemente de personal, manifestándose principalmente, si bien en ambos casos sólo que con distintas magnitudes, como compactación del suelo y eliminación de la cubierta herbácea.

#### **8.2.4.2 Impactos potenciales sobre la componente faunística**

Las operaciones de construcción de una línea de transmisión de electricidad, en áreas poco intervenidas por la acción humana constituyen un elemento de distorsión de las actividades propias de las especies de fauna local.

Dirigiremos el análisis de estos efectos sobre dos grupos distintos, dada su naturaleza: animales terrestres y animales voladores.

##### **a) Afectación de animales terrestres**

De acuerdo a las actividades propias de los animales terrestres, se pueden proyectar los siguientes impactos potenciales en su entorno:

##### **I. Daños potenciales a sitios de vivienda y anidación**

Efectos directos de las actividades de construcción de las obras de la línea pueden considerarse aquellos derivados de la intervención física de los sitios de habitación de las especies terrestres.

Entre estos se pueden mencionar la destrucción de madrigueras y refugios por la apertura de los accesos y la conformación de plataformas. Lo mismo sucede con la excavación para las cimentaciones de las bases. Esto es especialmente importante para las especies de poca movilidad o pronunciada especialización, las cuales basan sus hábitos de alimentación, anidación y apareamiento en áreas de acción muy reducidas.

Estos impactos, pese a ser permanentes, son muy puntuales, y en muchos casos pueden ser reversibles, al momento de concluir las obras. Es decir, los animales pueden regresar a sus lugares habituales de morada.

Por aparte la eliminación de especies herbáceas o arbustivas también inciden en la migración o alejamiento de especies, por la pérdida de sitios de alimentación, refugio o habitación. El aumento en la visibilidad puede redundar en aumento del peligro para ciertas especies.

Entre los efectos indirectos, la apertura de accesos puede incidir en la facilidad de ingreso de pobladores y en el caso extremo, para cazadores furtivos.

##### **II. Efectos derivados del incremento del ruido**

Otros efectos consisten en el alejamiento de especies con más movilidad, debido a la circulación de personal y vehículos, por el ruido generado y la presencia de elementos ajenos a su entorno habitual.

Este efecto deberá ser totalmente reversible, dada la corta duración de las actividades en cada área. Sin embargo, estos se pueden prolongar y perpetuar si los accesos abiertos son tomados como ruta cotidiana de personas.

### **III. Efectos sobre el hábitat y corredores**

Por tratarse de obras lineales, la apertura de rutas, así como la servidumbre de la línea puede fraccionar un hábitat o un corredor biológico. Esto es, constituir una barrera para el desplazamiento y libre movilidad de especies.

En algunos casos especies animales realizan ciclos de su vida en distintos hábitats, es decir migran para su apareamiento, para su reproducción o simplemente realizan cambios estacionales en busca de fuentes de alimento o condiciones climáticas apropiadas, creando corredores. La presencia de elementos exógenos puede inhibirlos de realizar su rutina vital, con lo cual se pone en peligro su ciclo vital.

En otros casos las movilizaciones son de corta duración, incluso diarias, para procesos alimenticios. De igual manera se logra el aislamiento de comunidades animales.

Este aislamiento de comunidades fomenta el endemismo y la especialización, que puede ser tanto positiva como negativa para la supervivencia de una especie.

#### **b) Afectación de animales voladores**

Durante las operaciones de construcción de las facilidades involucradas en la construcción del tendido eléctrico, los posibles impactos causados a las especies voladoras pueden agruparse en dos:

##### **I. Modificación del hábitat**

La apertura de accesos y construcción de plataformas, cuando éstos involucran la tala de especies arbóreas o de matorrales, puede incidir en la eliminación de lugares de anidación, refugio o alimentación para ciertas especies de aves.

No hay que perder de vista el hecho que algunas especies de aves efectúan su anidación en tierra, por lo que los movimientos requeridos para la apertura de accesos o plataformas puede destruir sus moradas.

##### **II. Incremento en los niveles de ruido**

Las perturbaciones por la presencia de elementos ajenos al hábitat (personas, vehículos, etc) podría ocasionar el alejamiento temporal de especies voladoras. Este efecto se considera de corta duración, por lo temporal de los trabajos, y reversible.

### **8.2.5 Impactos potenciales sobre el medio socioeconómico**

No menos importante que los anteriores medios analizados es el medio socioeconómico. En este ámbito, los efectos positivos más evidentes son de carácter económico puntual y de corta duración, durante la ejecución del proyecto, sin embargo, son los beneficios globales a largo plazo los que hacen de este tipo de proyecto de gran importancia a nivel nación.

Los efectos negativos se restringen a aspectos culturales e inserción de prácticas exógenas en comunidades aisladas.

Sea cual fueren, estas acciones podrían afectar de manera distinta a cada conglomerado social involucrado o incluido en el área de influencia del Proyecto. Estos serían los aspectos considerados.

#### **8.2.5.1 Impactos potenciales sobre la población**

En cualquier lugar donde se implementen nuevos procesos industriales, productivos o de servicio, el conglomerado social local se vería inmerso de alguna manera en ellos. Así, se puede citar la creación de fuentes de trabajo, cambios en el sistema económico, generación de beneficios indirectos y otra serie de sucesos como los efectos positivos de la construcción de un proyecto como el que se estudia.

La contraparte la constituye la posible introducción de modelos o sistemas de valores contrarios a los habituales en la comunidad afectada.

En primer término debe considerarse que este tipo de proyectos conlleva la contratación de gran número de trabajadores locales, los cuales, si bien es cierto son de carácter temporal y generalmente para desempeñar trabajos con poca especialización, en muchas poblaciones, donde la única fuente de ingresos es el cultivo de la tierra, estas oportunidades pueden ser de gran beneficio para algún sector de la comunidad.

Los trabajadores contratados para estas obras se ven beneficiados en distintos sentidos:

##### **a) Aumento en los ingresos económicos**

Por lo general, los trabajadores contratados para estos proyectos son personas de bajos ingresos económicos, dedicados a las labores agrícolas, que consiguen vender su fuerza de trabajo en forma eventual para aumentar sus ingresos. La oportunidad de obtener un ingreso fijo, por un determinado período de tiempo es escasa en esos medios, por lo que los beneficios económicos son palpables en las comunidades donde se realiza este tipo de proyectos. Cabe decir que dependerá de la estrategia de desarrollo la selección de los sitios y la cantidad de personas que serían beneficiados en este sentido.

##### **b) Oportunidad de aprendizaje y especialización**

La mano de obra contratada, por lo general son personas con escaso nivel educativo, ya que los técnicos y especialistas son generalmente gente ajena a la comunidad. El hecho de desempeñar nuevas tareas en áreas específicas de la construcción abre las puertas para que los trabajadores adquieran conocimientos prácticos en áreas como electricidad, soldadura, mecánica, etc., mismas que de otra manera les serían ajenas toda la vida. Esto les puede facultar para que en el futuro sean contratados por otras empresas de acuerdo a su experiencia.

#### **c) Generación de ingresos de forma indirecta**

El establecimiento de una base de campo en alguna comunidad estratégicamente ubicada de acuerdo al desarrollo del proyecto conlleva la necesidad de satisfacer ciertos servicios básicos, desde la contratación de instalaciones físicas, pasando por servicios de alimentación para el personal, servicios de limpieza, lavandería, etc, los cuales, de forma indirecta serían parte de los beneficios del proyecto hacia la comunidad.

#### **d) Cambios en los patrones locales o ancestrales**

Aunque la permanencia del personal ajeno a las comunidades, en la mayoría de los casos es de corta duración, en el caso del establecimiento de campamentos base o centros logísticos, ésta se puede prolongar por un período considerable de tiempo. Así, el ingreso de personas ajenas al conglomerado local puede ser un vector para introducir patrones de conducta nuevos en la comunidad. Estos patrones pueden ser aceptados o rechazados de acuerdo a la propia identidad de la comunidad y pueden ser benéficos o negativos a la misma. Este efecto es particularmente conspicuo cuando se trata de comunidades indígenas o poblaciones que han permanecido muy aisladas.

Estos cambios de patrones pueden afectar grandemente a determinados conglomerados, en la forma de cambios en los patrones económicos de consumo. En algunos casos estos cambios representan alteraciones serias una vez terminados los proyectos, ya que las comunidades no son capaces de revertir los patrones adquiridos.

### **8.2.5.2 Impactos potenciales al uso de la tierra**

El principal suceso relacionado al uso de la tierra es sin lugar a dudas el derivado del derecho de paso o servidumbre de la línea. El paso de una línea eléctrica por un terreno implica tres afecciones principales para el mismo:

Una vez obtenidos los derechos de paso o servidumbre, durante las actividades de construcción de la línea, los terrenos serán afectados por tres actividades principales:

- Paso de cuadrillas de topografía
- Construcción de accesos

- Movilización de personal y vehículos para el transporte de equipo
- Pérdida de terreno para la construcción de la base de los apoyos
- Tendido de cables

El grado de afección de los terrenos estaría relacionada directamente con factores como:

#### **a) Uso actual del terreno**

En este sentido, los terrenos dedicados a proyectos silvícolas son sin duda los más afectados por este tipo de proyectos, debido al espacio requerido de limpieza para los accesos, las plataformas y bases y la construcción de la servidumbre o traza, como fue señalado antes.

Es de hacer notar que los terrenos dedicados a la agricultura serían afectados en menor medida, ya que este efecto se restringe a la franja de acceso y los sitios de las bases. Por lo demás, las actividades agrícolas o ganaderas se pueden realizar sin ningún inconveniente incluso por debajo del tendido de la línea

#### **b) Topografía y relieve**

Como se mencionó al analizar los impactos sobre el medio edáfico y geomorfológico, la pendiente de los terrenos determinará el grado de afectación provocado por las labores necesarias para la construcción de los accesos, plataformas y demás obras que involucren el movimiento de tierras

#### **c) Impactos potenciales sobre el patrimonio histórico cultural**

Los posibles daños a los diferentes manifestaciones de los elementos del patrimonio histórico cultural, sea en la forma de monumentos o yacimientos arqueológicos se pueden ver afectados, durante la construcción del proyecto de manera directa e indirecta.

De manera directa se considera una afectación física al momento de realizar obras tales como la apertura de accesos, excavaciones etc. Sin embargo, el planteo de la traza final de la línea debería estar acompañado de un recorrido de prospección por un profesional que detecte y evalúe la existencia y potencial de riesgo a que se someterían estos vestigios con las obras propuestas. Esto prevendría la intervención accidental de dichos vestigios.

De manera indirecta, la instalación de la línea de transmisión afectaría el sentido paisajístico del entorno, sobre todo en el caso de monumentos.

Por otro lado, los trabajos de construcción de la línea pueden incrementar el conocimiento sobre los vestigios arqueológicos ocultos o desconocidos, de dos formas: la primera durante el reconocimiento de la línea por un profesional y la segunda facilitando el acceso para el estudio de sitios conocidos pero poco

estudiados por su inaccesibilidad. A nivel de aprovechamiento de los sitios, el contar con una vía de acceso potenciaría la visita de los sitios por turistas.

Pero el descubrimiento de nuevos vestigios y la creación de los accesos hacia ellos puede ser también dañino para el patrimonio, ya que facilitaría el trabajo a las personas que se benefician con el saqueo de tumbas y vestigios históricos.

#### **d) Impactos potenciales sobre el paisaje**

Al implementar el trazado de la línea, se debe considerar los dos factores principales que determinan la magnitud del impacto causado por estos elementos en un paisaje.

- La integridad el paisaje
- Percepción visual

El primero tiene que ver con el estado o “calidad visual actual” del paisaje o fondo que albergaría cualquiera de las obras. El segundo está relacionado con el campo visual que tendría cualquier espectador sobre los trabajos. Con esto se quiere expresar que una estructura se puede montar en un escenario de gran valor paisajístico, pero su efecto puede no ser tan significativo por caer fuera completamente del campo visual de la mayoría de las personas. El caso contrario es el de una estructura ubicada a la vista de un gran conglomerado de personas, pero cuyo entorno se encuentra fuertemente intervenido o degradado.

Durante las labores de construcción de la línea, la presencia de personal y equipos puede resultar impactante durante la apertura de accesos y la construcción de plataformas y cimientos de bases. Sin embargo, son impactos de corta duración. El resultado de las acciones, o sea los accesos y plataformas, de igual manera pueden resultar contrastantes en cuanto descubre materiales de colores que contrastan con áreas vegetadas.

Los efectos sobre el paisaje de las acciones de construcción de la línea, son en su mayoría de bajo impacto por lo puntual de las mismas y en muchos casos reversibles. Estos impactos son mayormente debidos al rompimiento de la armonía por presencia de maquinaria y equipos.

Un impacto importante y de gran ponderación en la evaluación del componente paisajístico se refiere a los cortes necesarios en áreas donde la densidad de los bosque hace necesaria la apertura de calles.

### **8.3 Impactos Potenciales durante la Fase de Operación y Mantenimiento de la Línea**

Al contrario de lo que sucede en la fase de construcción de la línea, durante la operación y mantenimiento, también llamada “explotación” de la línea, el medio físico es el que menores impactos significativos experimenta. Esto debido a que la operación de la línea puede considerarse como un proceso estático. Los pocos impactos que se causan son derivados de las tareas de inspección y reparaciones involucradas en el mantenimiento de la línea.

#### **8.3.1 Impactos potenciales sobre el suelo**

La operación de la línea de transmisión se realiza una vez concluidas todas las obras de infraestructura. Se entiende luego que no serían necesarias más intervenciones al medio suelo.

Durante esta fase se realiza también el mantenimiento de la línea, lo que requiere de dos grupos básicos de tareas:

La Inspección Periódica, la cual comprende un recorrido constante por todo el trazo de la línea a fin de detectar y prevenir problemas de funcionamiento del sistema. Estas tareas las realizan personas individuales, por lo que su paso por el derecho de vía adquirido no provoca ningún suceso al sistema edáfico.

El resultado de las inspecciones, alguna veces deviene en labores o trabajos de reparación, necesarios para asegurar el funcionamiento óptimo de la línea. Entre las tareas que pueden tener incidencia en la componente suelo se tiene:

##### **a) Mantenimiento de caminos de acceso y plataformas**

Para una eficiente respuesta ante las contingencias, es necesario asegurar el acceso a los sitios del problema. Esto se logra manteniendo en buen estado los caminos. Las tareas principales requeridas incluyen chapeado de la cubierta herbácea excesiva, conformación de cunetas, relleno de rías, retiro de derrumbes, etc.

En cualquier caso, los efectos sobre el suelo de cada una de estas acciones son poco apreciables, ya que la afectación principal fue causada durante la construcción de los mismos.

Es el mismo caso con las plataformas o sitios de bases de apoyo, los cuales deben ser despejados de malezas u otras variedades vegetales, para mantener limpia el área de seguridad.

##### **b) Atención a reparaciones**

Dependiendo de la magnitud del daño, las reparaciones pueden ser realizadas por cuadrillas de trabajadores o pueden requerir el uso de maquinaria y equipos pesados.

En el primer caso, los efectos de la circulación de personal sobre el suelo de los accesos incidiría de manera poco apreciable. Caso contrario es cuando se deben emplear vehículos, maquinaria y equipo en las reparaciones, lo cual conlleva un rompimiento textural del suelo y una compactación del mismo. Como se expuso anteriormente, el riesgo mayor involucrado en estos procesos es la potenciación de la erosión, en caso de tratarse de áreas de relieve pronunciado. Sin embargo, estas actividades son muy eventuales y en algunos tramos pueden no requerirse durante el tiempo útil del proyecto.

El mantenimiento de las distancias de seguridad de los árboles en zonas boscosas, requiere usualmente de cuadrillas de trabajadores, las cuales realizan su labor con métodos convencionales. De nuevo, el único efecto está relacionado con la compactación del suelo causado por la circulación del personal.

### **8.3.2 Impactos potenciales sobre el agua**

Como se mencionó anteriormente, por tratarse de sistemas de operación estática, la operación de la línea de transmisión no causaría efectos significantes en la calidad del agua.

Las labores de mantenimiento y reparación de la línea de transmisión podrían tener alguna influencia sobre la calidad del agua superficial, únicamente en el caso remoto de ocurrir un derrame de combustibles o lubricantes, pinturas, solventes, lavado de aisladores, etc.

### **8.3.3 Impactos potenciales sobre el aire**

El flujo de la corriente eléctrica por los conductores de la línea provocaría diversas variaciones en las características que definen la calidad del aire. La mayoría de estas perturbaciones son debidas al “efecto Corona”.

El efecto corona no es más que una descarga que tiene lugar cuando la intensidad de un campo eléctrico sobre la superficie del conductor sobrepasa el potencial de ruptura del aire que le rodea. En estas condiciones se produce una exportación de electrones que, al ionizar y excitar las moléculas del aire originan la emisión de energía electromagnética y acústica.

Las descargas “corona” son de corta duración y generan energía electromagnética dentro de un amplio rango de frecuencias. Algunas de las consecuencias del efecto corona son:

### **a) Generación de ozono**

El ozono es un gas reactivo que se encuentra en forma natural en la atmósfera, Este se origina de la acción de la radiación solar sobre las moléculas de oxígeno en la estratosfera o de las descargas eléctricas en la alta atmósfera.

Debido al efecto corona, las líneas eléctricas pueden producir ozono, por la ionización del oxígeno atmosférico. Esto se produce principalmente bajo ciertas circunstancias especiales como días de intensa precipitación, estado sucio de los conductores, entre otros. Así, se producen distorsiones locales del campo eléctrico que incrementan las pérdidas por efecto corona y con ellas la producción de ozono.

Se ha determinado que la producción de ozono oscila entre 0,5 y 5 gr por kWh disipado en el efecto corona. Esto depende de las condiciones meteorológicas. Estas cantidades son poco significativas, por lo que el impacto causado por la generación de ozono es insignificante.

### **b) Producción de ruido audible**

Las descargas eléctrica producto del efecto corona generan un ruido bajo de pequeña intensidad, apenas perceptible. Su presencia puede causar molestias a personas que deban permanecer por largos períodos de tiempo a distancias menores a una veintena de metros de la línea de conducción. Sin embargo es una ventaja para reducir el riesgo de colisión de aves con la línea, ya que éstas son alejadas con el ruido.

Los niveles de presión sonora generados promedian los 38 dB, muy por debajo de los niveles de fondo de sitios de alta quietud. De la misma forma que el efecto corona se intensifica con condiciones climáticas de alta precipitación o alta humedad, el ruido generado también se ve incrementado, pero en todo caso, con la lluvia también el ruido de fondo alcanza niveles que anulan completamente el mismo.

El nivel sonoro de las líneas de transmisión de 230 kV no supera los 45 dB, mientras que el canto de un ave promedia 30 dB y una conversación normal alcanza 60 dB. Esto significa que la perturbación causada por el ruido generado no es significativo.

### **c) Interferencia de radiofrecuencias**

Como se describe al inicio de esta sección el efecto corona conlleva la emisión de campos electromagnético de banda ancha que, en algunos casos, pueden interferir la recepción de las transmisiones de algunas emisoras tanto de radio como de televisión, puesto que las ondas emitidas por la línea pueden ser captadas por las antenas receptoras. Si las ondas generadas por la línea están en la misma frecuencia o en niveles próximos a las ondas de transmisión, la recepción puede sufrir interferencias.

Está comprobado que estas emisiones, por ser relativamente débiles en frecuencia, no causan molestias o perturbaciones a transmisiones de frecuencia superior a los 30 MHz.

### 8.3.4 Impactos potenciales debidos a campos electromagnéticos

En cualquier parte que exista una corriente eléctrica, existirá también un campo magnético. Cuando las cargas eléctricas no se mueven, las fuerzas de atracción y repulsión crean “campos eléctricos” cuya intensidad depende del voltaje del circuito; cuando las cargas se mueven crean “campos magnéticos”. El campo magnético depende del movimiento de las cargas y su intensidad es proporcional a la corriente que hay en el circuito.

En Guatemala, la corriente alterna tiene una frecuencia de sesenta Hertz (60 Hz), por lo que el sistema de energía eléctrica genera también campos magnéticos y eléctricos de sesenta Hertz (60 Hz), la cual es considerada como una “frecuencia extremadamente baja” (FEB).

Se debe considerar, a la luz de las consideraciones anteriores, que las actividades cotidianas someten a una serie interminable de emisiones electromagnéticas a las cuales se ha estado expuestos desde hace muchos años. Desde el televisor, la plancha eléctrica, los ventiladores, una simple lámpara hasta el complejo y enormemente generador de electromagnetismo horno de microondas, todos los días se recibe ondas electromagnéticas desde distintas fuentes.

En tiempos recientes se ha incrementado en el mundo entero, y Guatemala no es la excepción, la controversia acerca de que los campos electromagnéticos inducidos por la conducción y transformación de energía eléctrica de alto voltaje, pueda ocasionar efectos nocivos en la salud del ser humano; en especial, se menciona la incidencia de algunos tipos de cáncer entre los que se destacan leucemia, leucemia linfocítica aguda y crónica y tumores cerebrales, así como disturbios cardiovasculares y neurológicos

Durante los últimos veinticinco (25) años, se han venido realizando esfuerzos a nivel mundial para tratar de aclarar las dudas al respecto. Los resultados de los estudios realizados pueden ser clasificados en tres (3) categorías:

- Los que determinan las reacciones celulares in vitro.
- Los que analizan la respuesta de animales y plantas a altos campos electromagnéticos, y
- Los análisis epidemiológicos de grupos humanos.

De acuerdo con las investigaciones [(Michaelson, S. (1985), Checcucci, A. (1985), Haupt, R. & Nolfi, J. (1984)] y la Secretaría del Departamento de Estado de Estados Unidos (1992) las conclusiones que se han obtenido de los estudios mas recientes acerca de los efectos biológicos producidos en humanos expuestos a campos electromagnéticos existentes tanto en viviendas como en lugares de trabajo son las siguientes:

- Las medidas de campos magnéticos en las residencias se correlacionan débilmente pero de manera significativa con las configuraciones del alambrado eléctrico de alta energía.
- Los campos magnéticos medidos no están relacionados consistentemente con el riesgo de leucemia.

- El riesgo de leucemia en niños no está asociado con la exposición al campo eléctrico.
- No existe evidencia confiable de efectos adversos a la salud, (disturbios neurológicos, cardiovasculares, gastrointestinales) causados por campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja.
- En el caso de trabajadores expuestos periódicamente a campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja, no se mostró ningún efecto claro que afectara la salud de los mismos.

En 1994, la **Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante** (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - **ICNIRP**) concluyó que "los conocimientos científicos actuales no sugieren efectos nocivos en los principales parámetros de desarrollo, comportamiento y fisiológicos en organismos superiores por exposición transitoria a campos estáticos de densidad hasta 2 T (2.000 mT). A partir del análisis de las interacciones entre exposición a largo plazo, la exposición a densidades de flujo magnético de hasta 200 mT no debe tener consecuencias adversas."

Por lo tanto, las investigaciones no permiten relacionar concluyentemente efectos perjudiciales a la salud humana y la intensidad electromagnética producida por la operación de Subestaciones o líneas eléctricas.

Hasta la presente fecha se han promulgado pocas normas reguladoras que limiten la exposición humana a los campos de FEB. Lo que se ha llevado a cabo es el desarrollo de medidas temporales en algunos países, hasta que se disponga de la información suficiente sobre los efectos biológicos adversos para poder evaluar razonablemente los riesgos implícitos para la salud, así como los respectivos niveles de exposición.

En el cuadro siguiente se presenta un resumen de las regulaciones emitidas por algunos países, de legislación marcadamente ambiental.

**TABLA 8.1**  
**LIMITES DE EXPOSICIONES A CAMPOS ELECTRICOS**

<b>PAIS</b>	<b>Intensidad del campo (kV/m)</b>	<b>Aplicación/Comentarios</b>
<b>Rusia</b>	= 1.0	Cerca de áreas residenciales
	<5	<b>Duración sin exposición</b>
	10	Sin restricción
	15	180 min/día
	20	90 min/día
	25	10 min/día 5 min/día
		Norma para trabajadores en Subestaciones con voltajes de 400 kV o más

<b>Inglaterra</b>	10	Exposiciones a estos valores de campos eléctricos son seguras
<b>Japón</b>	3	La exposición no debe exceder este valor
<b>Estados Unidos</b>	7 a 11	Valor en área de derecho de paso
	1 a 3	Intensidad de campo máximo en el límite del derecho de paso (345 kV y más)
<b>Polonia</b>	>10	Prohibida la exposición, a excepción de trabajadores de mantenimiento
	1-10	Se permiten actividades agrícolas y recreativas, pero no la construcción de casas, hospitales o escuelas
	=1	Permitido construir casas, hospitales o escuelas

Como se puede observar en el cuadro anterior, los valores de campos electromagnéticos regulados provienen de líneas de altos y extra altos voltajes (230 kV, 500 kV y 1000 kV) las cuales se encuentran en países desarrollados con grandes unidades de generación, transmisión y cargas de alto consumo de energía

La International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection publicó recientemente los siguientes lineamientos referentes a exposiciones a Campos Eléctricos y Campos Magnéticos:

**TABLA 8.2**  
**Valores de Exposición Permisibles a Campos Eléctricos y Campos Magnéticos**

<b>Trabajadores</b>	<b>Campo Eléctrico</b>	<b>Campo Magnético</b>
Día Completo de Trabajo	10 kV/m	500 $\mu$ T
Exposiciones cortas (2 horas)	30 kV/m	5,000 $\mu$ T
Exposición de Extremidades	----	25,000 $\mu$ T
<b>Público en</b>		

<b>General</b>		
Exposiciones cortas	10 kV/m	1,000 $\mu$ T
Hasta 24 horas/día	5 kV/m	1,000 $\mu$ T

### 8.3.5 **Impactos potenciales sobre el medio biológico**

De nuevo, se considerarán por separado los impactos potenciales al componente faunístico y al componente florístico del medio biológico.

#### 8.3.5.1 **Impactos potenciales al componente faunístico**

En general se puede decir que los impactos más relevantes del proyecto sobre el medio faunístico se desarrollan durante la construcción del proyecto. Estos tienen la posibilidad de ser revertidos durante la fase de operación.

##### **a) Impactos potenciales a la fauna terrestre**

Como se mencionó anteriormente, las actividades propias de la operación y mantenimiento de la línea se limitan a las visitas de supervisión de cableados y bases y en algunos casos a la reparación de algunos elementos. Por tanto, los impactos se verán reducidos a las perturbaciones causadas por la presencia de las cuadrillas de servicio o reparación, según el caso. Estas incluyen la generación de ruido y alejamiento temporal de las especies. Intervenciones directas sobre el hábitat se circunscriben al repaso de las podas y chapeado de accesos y calle, cuando sea necesario.

##### **b) Impactos potenciales a la fauna voladora**

Este grupo analiza no solamente a las aves, puesto que se debe considerar también el efecto sobre murciélagos y algunos insectos. En este estudio se consideran como posibles impactos negativos únicamente la colisión de especies voladoras y la interrupción de vías de movilización o migración. No se considera el peligro de electrocución ya que la separación entre fases imposibilita esta situación.

##### **c) Daños debido a colisión**

La presencia de todo tipo de línea, eléctrica, telefónica, etc. Representa un potencial peligro para las especies voladoras. El riesgo implícito, sin embargo, disminuye con el diámetro de los cables del tendido. Cuando se habla de cables muy delgados, estos muchas veces no son visibles para algunas especies de aves. De igual manera, para algunas especies de murciélago, la poca área de contacto del cable no permite la reflexión de las ondas sonoras, imposibilitando la eco-ubicación de los mismos.

En otras circunstancias, en condiciones de climas muy nublados o en ciertas horas del día (al alba o al anochecer), las condiciones de visibilidad de las aves disminuyen, favoreciendo los peligros de colisión. Esto es válido no solamente para los cables sino también para las estructuras de las torres o postes.

Es de hacer notar que el peligro más frecuente lo constituyen los hilos de tierra, los cuales se ubican en la parte más alta de la torre y poseen un grosor de aproximadamente 10 a 20 mm de diámetro.

#### **d) Interrupción de la movilización y migraciones**

Pese a que la mayoría de las especies voladoras efectúan sus desplazamientos a poca altura, existen algunas especies que pueden encontrar algún tipo de barrera lineal con la implantación de la línea.

En el otro extremo, la especies que utilizan el área centroamericana como corredor de migración, vuelan por lo general a grandes alturas. No obstante algunas especies utilizan las riveras de los ríos como áreas de descanso y alimentación durante su trayecto, por lo que se ven forzadas a descender. La presencia de la línea de transmisión puede actuar como una barrera en su desplazamiento, sin embargo, la misma llegará a ser parte del entorno y por ende del mapa memorístico de los grupos de aves, de igual forma en que se han convertido las carreteras, vías férreas, etc.

Un importante impacto benéfico de la presencia de las torres o postes de apoyo es el aprovechamiento que de los mismos hacen algunas especies de aves para establecer sus nidos, para sitios de descanso o como atalayas para detectar la presencia de potenciales víctimas. Es muy frecuente el observar a especies de falcónidos al acecho sobre estas o sobre los cables.

### **8.3.5.2 Impactos potenciales al componente florístico o vegetal**

Aquí de nuevo, las mayoría de los impactos se verifican durante la fase de construcción, por lo que en la etapa de explotación u operación y mantenimiento de la línea, los impactos se restringen al mantenimiento de las condiciones de limpieza de los accesos, plataformas y calles o trazos.

En este sentido el mantenimiento incluye la tala y derrame de árboles dentro de las zonas abiertas para el paso de la línea, así como la limpieza (chapeo) del área de seguridad de las plataformas o apoyos de las bases.

El estrato herbáceo se verá afectado con la circulación del personal de mantenimiento y en caso de ser necesario, la incursión de vehículos y equipo de reparaciones.

Estas operaciones implican un impacto de poca significancia dada la intervención anterior del medio por la construcción de la línea.

### **8.3.6 Impactos potenciales sobre el medio socioeconómico**

En esta etapa, la línea de transmisión estará ya integrada al contexto social de la zona, en la forma de puestos de trabajo, ya sean temporales o permanentes, y fuentes de ingreso ya sea directas o indirectas.

#### **a) Impactos potenciales sobre la población**

Como se expresó anteriormente, la inserción de este proyecto en el área vendrá a introducir un generador de satisfactores en la forma de generación de puestos de trabajo y fuentes de ingreso.

Las fuentes de trabajo permanentes se darán para operadores y técnicos y los puestos de trabajo temporales para las brigadas de mantenimiento y limpieza de las instalaciones. Es de hacer notar que este último renglón tendrá una influencia más extensa arealmente ya que para cada tramo del tendido se contratará personal local.

#### **b) Uso actual del terreno**

Esta componente no sufrirá mayores alteraciones ya que como se apuntó anteriormente, la altura de la línea permitirá la realización de las actividades normales tanto agrícolas como ganaderas, incluso por debajo de la línea.

Si bien es cierto, algunas actividades específicas, tal el caso de riegos mecanizados que utilizan pivotes, encontrarán dificultades para la movilización de los mismos.

#### **c) Impactos potenciales sobre el patrimonio histórico cultural**

La presencia de la línea de transmisión puede afectar la apariencia visual de un vestigio cultural ya sea en la forma de monumento o yacimiento arqueológico. Esto es de particular importancia en cuanto a la apreciación de los visitantes, ya que la conjunción de elementos históricos con infraestructura moderna representa un conflicto armónico.

En otro sentido, el mantenimiento de las vías de acceso facilitará el visitar algunos sitios que de otra manera serían inaccesibles para el público.

#### **d) Impactos potenciales sobre el paisaje**

Se refiere a todo lo que causa impresión desagradable y provoca desarticulación con el paisaje y espacio circundante, expuesto a la vista.

La influencia visual de las líneas de transmisión está relacionada con la potencia que transportan y esta a su vez determina sus dimensiones. Una línea de 230 kV generalmente es fácilmente visible por el tamaño de sus torres o bases de apoyo. De nuevo aquí, el contraste o impacto visual será definido por el contexto paisajístico y su posición respecto del campo visual de las personas que transitan por los alrededores.

El diseño de la estructura de las líneas de transmisión, generalmente es la unión entre el esfuerzo mecánico y el eléctrico. Dentro de las normas de la ingeniería

eléctrica, se determina primero el arreglo físico para el acomodo de los conductores, las libranzas fase-fase y fase-tierra, teniendo el cuidado de montar los conductores según las normas de NEMA y normas nacionales NTDOID.

Estas dimensiones influyen el tamaño real y total de la estructura. El diseño estructural está en función de la tensión de las líneas, el peso del equipo de la estructura y velocidad del viento.

No se pueden finalizar estas consideraciones sobre el impacto de la operación de la Línea de Transmisión sobre el medio socioeconómico sin reasaltar que el mismo conlleva un efecto de gran significancia a nivel nacional. Como fue definido en su ocasión, el objetivo primordial de la construcción y operación de este tramo de tendido eléctrico es completar el circuito que conectará Guatemala con Honduras y al final con toda Centroamérica. En este contexto, a nivel de país, el Proyecto redundará en grandes beneficios dentro del marco de la Unificación Centroamericana, en materia económica brindando la oportunidad de competir en igualdad de condiciones con las demás industrias del área. A la vez propiciará las condiciones de confiabilidad energética para el establecimiento de más industrias en su área de influencia, estimulando la inversión y la creación de fuentes de trabajo y generadores de satisfactores para la población.

### **Caracterización y valoración de impactos**

La función primordial del proceso de evaluación de impacto ambiental ha sido identificar, interpretar y evaluar las clases de interacciones proyecto - medio ambiente para la construcción y operación del Tramo Guatemala Norte - Panaluya del Proyecto de Línea de Transmisión en 230 kV SIEPAC.

### **Identificación de los impactos**

### **Metodología**

En este trabajo se utilizó la metodología propuesta por Conesa Fernández Vítora (1997, 1997b). 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.

### **El ambiente**

La descripción detallada y exhaustiva del ambiente sobre el cual se desarrolla el proyecto permitió identificar los elementos ambientales susceptibles de ser modificados. El proceso de identificación se realizó mediante una importante

interacción disciplinaria, y los elementos seleccionados reflejan la integridad del ambiente analizado.

### **Clasificación**

El estudio del ambiente se realizó luego de su clasificación en sistemas, subsistemas, componentes y factores ambientales. Dadas las características el lugar, en este estudio se utilizó como unidad menor de clasificación el componente ambiental, que fue el principal objeto de los estudios de cada disciplina. Todos los ambientes pueden ser considerados únicos y deben ser analizados en consecuencia. Por lo tanto, los factores ambientales son característicos y representativos de cada ambiente en particular. El sistema de clasificación que se siguió en el presente trabajo fue el siguiente:

- **Sistema Ambiental:** Conjunto de elementos e interacciones que describen las características del ambiente, entendiendo por ambiente al complejo integrado por los componentes de la matriz natural o física, y de la matriz social, cultural y económica, en el cual desarrollará su acción el proyecto de inversión.
- **Subsistemas Ambientales:** Elementos e interacciones pertenecientes a un Sistema Ambiental. El subsistema esta constituido por una serie de componentes ambientales susceptibles de recibir los efectos de un proyecto.
- **Componente Ambiental:** Elementos e interacciones pertenecientes a un subsistema ambiental. Un componente esta integrado por uno o varios factores ambientales.
- **Factor Ambiental:** Cada uno de los elementos o interacciones en los cuales pueden desagregarse un componente ambiental y que recibirá en forma directa o indirecta los efectos de la intervención del proyecto.

### **Ponderación**

Los elementos del ambiente (sistemas, subsistemas, componentes y factores ambientales) tienen distinto peso relativo según el lugar de que se trate. Para tener en cuenta este peso relativo diferenciado se procedió a la asignación de Unidades Ambientales (UA) a cada elemento ambiental. Por convención, la suma de todas las UA de un sitio determinado es 1.000 UA (mil unidades ambientales), que es el valor total del ambiente en ese sitio. La ponderación se asignó mediante un panel de expertos, utilizando una técnica de convergencia denominada Método Delphi (Conesa Fernández Vítora, 1997). Los objetivos del taller fueron los siguientes:

1. Introducir al equipo en un trabajo interdisciplinario, a fin de tener una visión del ambiente bajo análisis, desde distintas percepciones subjetivas.
2. Fijar criterios de análisis y asignación de valor subjetivo al ambiente.

3. Determinar los sistemas, subsistemas y componentes ambientales susceptibles de ser modificados por el proyecto.
4. Asignar valores definidos como Unidades Ambientales (UA) a todos los componentes identificados.

El Taller se desarrolló con presencia de especialistas en las siguientes áreas temáticas:

- a) Flora
- b) Fauna
- c) Arqueología
- d) Geología
- e) Hidrogeología
- f) Sociología
- g) Higiene y Seguridad
- h) Economía y Valoración económica

El taller se desarrolló siguiendo las fases de encuesta y explotación requeridas por el método de convergencia Delphi. Los resultados se resumen en una tabla, donde se indican los especialistas participantes en las columnas y la valoración efectuada se incluye en el cuerpo de la tabla. El valor promedio de la ponderación absoluta obtenida de la discusión interdisciplinaria se calcula de la siguiente manera:

$$p_j = \frac{\sum_{i=1}^n p_{ij}}{n}$$

donde:

$p$  = valor ponderado

$j$  = elemento del ambiente

$i$  = participante

$n$  = número de participantes.

Posteriormente, se asigna valor 1 al elemento que obtuvo el máximo valor y se pondera el resto de los sistemas en función del valor máximo, obteniéndose el valor ponderado relativo ( $p_{jr}$ ):

$$p_{jr} = \frac{p_j}{p_{\text{máximo}}}$$

Utilizando estas valoraciones relativas de la importancia ambiental de cada elemento, definida como la contribución de cada elemento a la calidad ambiental del área de estudio, se distribuyeron 1.000 Unidades Ambientales (UA), entre los elementos considerados.

### Identificación de acciones

Una vez analizado el proyecto en detalle, se discriminaron las acciones potencialmente impactantes sobre el medio ambiente de manera estructurada y organizada. Las acciones se identificaron atendiendo a los siguientes criterios:

- *Significacancia* (capacidad de generar alteraciones)
- *Independencia* (para evitar duplicaciones)
- *Representatividad* (vinculación a la realidad del proyecto)
- *Posibilidad de cuantificación*
- *Exclusividad* (las acciones son excluyentes unas respecto de otras)

### Valoración del impacto ambiental

Los impactos ambientales de las acciones sobre los elementos del ambiente (sistemas, subsistemas y componentes) se valoraron de acuerdo a su *Importancia* (valoración cualitativa). No se pudo desarrollar una valoración de acuerdo a la *Magnitud* del impacto (valoración cuantitativa), debido a que los antecedentes registrados en el área estudiada no proporcionan una línea de base ambiental suficientemente firme como para analizar cuantitativamente el cambio registrado al ambiente.

### Importancia

La Importancia se asignó mediante una valoración cualitativa realizada por expertos en cada uno de los factores involucrados.

### Criterios de valoración

Los criterios que se siguieron para la valoración cualitativa de la importancia fueron los siguientes:

1. Signo: hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las acciones que actúan sobre los componentes ambientales.

2. Intensidad: se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el componente, en el ámbito específico en el que actúa.
3. Extensión: es el área de influencia teórica o real del impacto en relación con el entorno de la actividad.
4. Momento: alude al tiempo que transcurre entre la acción y el comienzo del efecto sobre el componente del medio considerado, durante el desarrollo de la acción impactante, o cuando ésta haya cesado, en algunos casos especiales.
5. Persistencia: se refiere al tiempo en que permanecería el efecto desde su aparición, y a partir del cual el componente afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras, durante la presencia de la acción impactante.
6. Reversibilidad: es la posibilidad de reconstrucción del componente ambiental afectado como consecuencia de la acción, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez finalizada la acción impactante.
7. Sinergia: este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples que, al actuar en conjunto, producen un impacto mayor que si actuaran individualmente.
8. Acumulación: da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste en forma continuada o reiterada la acción que lo genera.
9. Efecto: alude a la relación causa-efecto, es decir, a la forma de manifestación del efecto sobre algún componente ambiental, como consecuencia de una acción.
10. Periodicidad: es la regularidad de manifestación del efecto, con acción impactante presente.
11. Recuperabilidad: se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del componente afectado como consecuencia de la actividad desarrollada, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas al comienzo de la acción, por medio de la intervención humana, una vez cesada la acción impactante.

**Tabla 8.1**

**CRITERIOS DE VALORACIÓN DE IMPACTOS Y SUS POSIBLES EFECTOS AMBIENTALES. ENTRE PARÉNTESIS SE INDICAN LOS VALORES NUMÉRICOS ASIGNADOS A CADA EFECTO SEGÚN CORRESPONDA.**

CRITERIOS	EFFECTOS AMBIENTALES Y VALORES POSIBLES
Signo	Positivo ( + ), Negativo ( - ) o Nulo ( 0 )
Intensidad (INT)	Muy Baja (1), Baja (2), Media (4), Alta (8), Muy Alta (12)
Extensión (EX)	Puntual (1), Parcial (2), Extensa (4), Total (8)
Momento (MO)	Inmediato (4), Corto plazo (3), Mediano plazo (2), Largo
Persistencia (PE)	Fugaz (1), Temporal (2), Permanente (4)
Reversibilidad (RV)	Reversible (1), Irreversible (4)
Sinergia (SI)	No Sinérgico (1), Sinérgico (2), Muy sinérgico (4)
Acumulación (AC)	Simple o No acumulativo (1), Acumulativo (4)
Efecto (EF)	Indirecto (1), Directo (4)
Periodicidad (PR)	Discontinuo o Impredecible (1), Periódico (2), Cíclico o
Recuperabilidad	Inmediata (1), Medio Plazo (2), Mitigable (4), Irrecuperable

### **Matriz de Importancia**

La importancia se calculó para cada interacción entre una acción del proyecto y un elemento ambiental. Los valores asignados a cada criterio se incluyeron en una matriz de doble entrada denominada Matriz de Importancia. A su vez, cada valor fue debidamente justificado por el experto asignado al componente ambiental, dejando claro el criterio utilizado.

### **Cálculo de la Importancia**

Una vez llenada la Matriz de Importancia, se calculó la *Importancia* del impacto ambiental de cada acción sobre un componente ambiental determinado a través de la siguiente ecuación:

$$IMP = \pm(3INT + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

donde:

IMP = Importancia  
 INT = Intensidad  
 EX = Extensión  
 MO = Momento  
 PE = Persistencia  
 RV = Reversibilidad  
 SI = Sinergia  
 AC= Acumulación  
 EF = Efecto  
 PR = Periodicidad  
 MC = Recuperabilidad.

## **Rango de Calificación**

La Importancia toma valores entre 13 y 100 o mayores cuando se asignan puntos extras por circunstancias extraordinarias no contempladas en la ecuación (por ejemplo, afectación de bienes únicos, importancia cultural especial, etc.). Los impactos con valores de *Importancia* inferiores o iguales a 25 son **irrelevantes**. Los impactos **moderados** presentan una *Importancia* entre 26 y 50. Serán **severos** cuando la *Importancia* se encuentre entre 51 y 75 y **críticos** cuando el valor de *Importancia* supere los 75 puntos. Se adoptaron para la clasificación de los tipos de impactos las definiciones establecidas en el Decreto 1302/86 del estado español, de Evaluación de Impacto Ambiental.

## **Componentes Ambientales Analizados**

Esta sección explica como fueron analizadas cada una de las actividades a desarrollar en la obra de construcción y operación del Tramo Guatenorte – Panaluya de la Línea de Transmisión en 230 kV del Proyecto SIEPAC, definiendo el área impactada y el efecto o impacto para cada uno de los factores ambientales. Los factores y atributos del ambiente analizados, fueron los siguientes:

### **a. Efectos Físico-Químicos**

- Agua:
  - . Cambios de calidad.
  - . Alteración de cursos y régimen hídrico
- Atmósfera:
  - . Nivel sonoro
  - . Emisiones y partículas en la atmósfera
- Suelo:
  - . Cambios en Calidad
  - . Erosión
  - . Uso potencial del suelo
  - . Compactación
  - . Cambio de uso

### **b. Efectos Ecológicos:**

- Especies y Poblaciones Terrestres:
  - . Vegetación
  - . Fauna
  - . Hábitats
-

**c. Efectos Estéticos, socioeconómicos y culturales:**

- . Paisaje
- . Riesgos naturales.
- . Cultura y arqueología
- . Economía regional
- . Empleo y mano de obra.
- . Otros proyectos.

**Factores que pueden causar impactos al medio ambiente:**

Previo a la identificación y análisis de los impactos ambientales que producirá la obra, se hace necesario describir en forma detallada las diferentes actividades ejecutadas por el Proyecto en sus distintas fases: preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

Para el presente proyecto se consideraron las siguientes acciones impactantes:

1. Construcción de caminos
2. Construcción de sitios de apoyo
3. Cimentaciones (perforaciones)
4. Apertura de brecha de línea
5. Construcción de torres/postes
6. Ruido
7. Efecto corona
8. Efecto de interferencia
9. Vertido de efluentes
10. Disposición de residuos sólidos
11. Movimiento de vehículos y maquinaria
12. Accidentes
13. Emisiones gaseosas
14. Producción de ozono
15. Contaminación EMF
16. Modificación de la tenencia de la tierra
17. Movimiento y presencia de personal
18. Presencia de infraestructura
19. Operación y mantenimiento de la línea
20. Servidumbre

Todas estas acciones impactantes se desarrollarán dentro de distintas fases de las tres grandes etapas de desarrollo del proyecto. Éstas se describen a continuación.

**Preparación del sitio**

Las actividades de preparación del sitio comprenden todas las relacionadas con la implementación de los trabajos de construcción de la Línea de Transmisión, los cuales se mencionan y describen a continuación:

- Construcción de caminos de acceso
- Despeje del sitio mediante corta de vegetación, limpieza y escarpes.
- Uso de maquinaria
- Manejo y disposición final de desechos

Una descripción más completa de las actividades de preparación del sitio del proyecto se exponen a continuación:

**a) Construcción de caminos de acceso:**

Consiste en la habilitación de caminos de acceso a las obras desde los caminos existentes, para cubrir las diferentes necesidades, a medida que lo demanda la construcción. Los principales motivos son accesibilidad, acceso a bancos de material, rutas para el depósito de materiales de desecho, sobrantes y otros.

Los materiales a utilizar son:

- Concreto (para drenajes)
- Balastro local (para rodadura)

El equipo que podrá ser utilizado en esta etapa incluirá:

- Tractor
- Retroexcavadora
- Patrol
- Camiones

**b) Despeje del sitio mediante corta de vegetación, limpieza y escarpes:**

Consiste en el retiro total o parcial y en la satisfactoria disposición de obstáculos existentes; las excavaciones y rellenos compactados que sean necesarios; la recuperación y utilización de los materiales vegetales muertos, la protección de las estructuras que deban permanecer en su lugar.

**c) Uso de maquinaria:**

La maquinaria de diferentes tipos podrá ser utilizada en esta etapa inicial para algunas tareas como: retiro de obstáculos existentes; excavaciones no clasificadas para nivelación, mover material de desperdicio, préstamo; remoción de material inapropiado, relleno para estructuras y acarreo de materiales, principalmente se utilizarán: motosierras, excavadoras y camiones.

#### **d) Manejo y disposición final de desechos:**

Las diferentes actividades descritas provocan una serie de materiales orgánicos e inorgánicos de desecho, que requieren disponerse en lugares adecuados con el fin de evitar situaciones erosivas, de asolvamiento de corrientes superficiales o microcuencas o cambios de uso del suelo.

---

### **Construcción**

Una descripción más completa de las actividades de ejecución de las obras se exponen a continuación:

- Excavación y nivelación del terreno
- Cortes y rellenos
- Acarreo de material
- Armado e izado de torres
- Tendido de líneas de transmisión

- a. **Excavación y nivelación del terreno:** La actividad consiste en excavaciones relacionadas con la coronación de desmontes.
- b. **Cortes y rellenos:** Actividad propia de la construcción del camino de acceso, en algunos casos, retirando las curvas de las zonas en terraplén (trasladando el eje hacia el lado de la montaña con la reexcavación de parte de los desmontes). Los volúmenes de materiales obtenidos de los cortes deben especialmente utilizarse en los terraplenes o rellenos requeridos para cumplir con el fin de mejoramiento.
- c. **Acarreo de material:** El acarreo de materiales para las obras y los sobrantes son parte de las actividades propias de la obra. Esto se realizará por medio de camiones o en determinados puntos utilizando la fuerza humana.
- d. **Armado e izado de torres:** 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.
- e. **Tendido de líneas de transmisión:** 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.

### **Operación y mantenimiento**

Las actividades involucradas en la operación y mantenimiento de la línea se pueden resumir como sigue:

- a. **Inspección Periódica:** la cual comprende un recorrido constante por todo el trazo de la línea a fin de detectar y prevenir problemas de funcionamiento del sistema. Estas tareas la realizan personas individuales, por lo que su paso por el derecho de vía adquirido no provoca ningún suceso al sistema edáfico.
- b. **Mantenimiento:** Es el conjunto de tareas relacionadas con la limpieza de áreas de seguridad de los apoyos, chapeo de calles, mantenimiento de carreteras, limpieza de torres, etc.
- c. **Reparación:** El resultado de las inspecciones, alguna veces deviene en labores y tareas necesarias para asegurar el funcionamiento óptimo de la línea.

### **Ponderación del Ambiente**

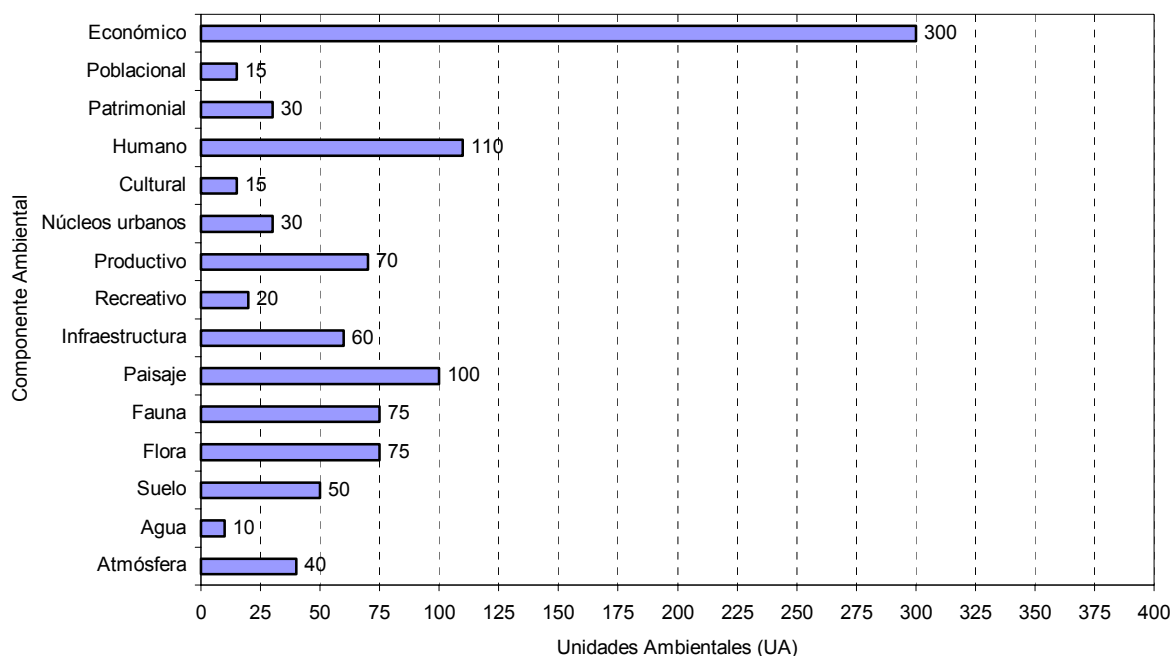
Como resultado de los talleres Delphi, se asignó un determinado valor ambiental (en Unidades Ambientales, o UA) a cada uno de los elementos ambientales (sistemas, subsistemas, y componentes). En los talleres Delphi participaron seis profesionales de distintas especialidades (geología, sociología, arqueología, forestería, biología e ingeniería eléctrica) conjuntamente con el Coordinador del Estudio. Las valoraciones individuales están presentadas en el Cuadro No 8.1

El Sistema *Medio Cultural* fue el de mayor importancia relativa con 650 UA, sobre 1000 UA totales. Los componentes que mostraron mayor importancia por su contribución individual a la calidad ambiental, fueron *Económico* (300 UA), *Humano* (110 UA), *Paisaje* (100 UA) y *productivo* (70 UA), mientras que el de menor aporte cualitativo fue el componente *Agua* (10 UA).

En la Figura No. 8.1 pueden verse las unidades ambientales asignadas a cada componente ambiental.

**Figura 8.1**

Ponderación del ambiente en Unidades Ambientales. Resultados obtenidos en los talleres de convergencia (Método Delphi)



### **Función de transformación cualitativa**

Se definió una Función de Transformación (Ft) para llevar las unidades de Importancia cualitativa a Unidades de Calidad Ambiental (UCA), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$CA = 0.00119 \times IMP + 1$$

donde CA = Calidad Ambiental, e IMP = Importancia del impacto.

Los valores considerados extremos por interacción fueron -100 (CA = 0), y 0 (CA = 1). El valor de importancia con calidad ambiental cero se corresponde con la

destrucción total del elemento ambiental considerado. Se puede definir también un valor mínimo aceptable de CA. Se considera que un impacto **Moderado**, es decir aquel *“cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo<sup>4</sup>”*, pero no *“precisa un período de tiempo dilatado”*, por lo que es aceptable en el marco del proyecto evaluado.

### **Importancia cualitativa**

Las asignación de puntaje a todos los criterios de valoración, para cada una de las celdas de interacción entre acciones del proyecto y componentes ambientales, se incluyen en las planillas de justificación (véase el anexo correspondiente). Los valores asignados a cada criterio de valoración cualitativa se han justificado debidamente por los expertos en cada disciplina.

### **Matrices de importancia cualitativa**

Las matrices con la asignación de puntajes a todos los criterios de valoración, para cada una de las celdas de interacción entre acciones del proyecto y componentes ambientales, se incluyen en las matrices Nros. 8.1 y 8.2 . En la matriz N°8.1 se observa la asignación de valores ambientales a los diferentes factores ambientales y su ponderación absoluta y relativa con respecto a los valores asignados a cada componente ambiental en los talleres Delphi. En la Matriz N°8.2 se observa el cálculo del impacto ambiental de todo el proyecto en su conjunto y su ponderación porcentual por sistema, subsistema , componente y factor.

---

<sup>4</sup> Decreto 1302/86, Conesa, Inst. p438

## Matriz de Importancia N°8.1

Tabla Matriz de Importancia Resumida N°1. UA = Unidad ambiental; 1–12 = Acciones Impactantes (Ver Tabla Acciones del Proyecto).

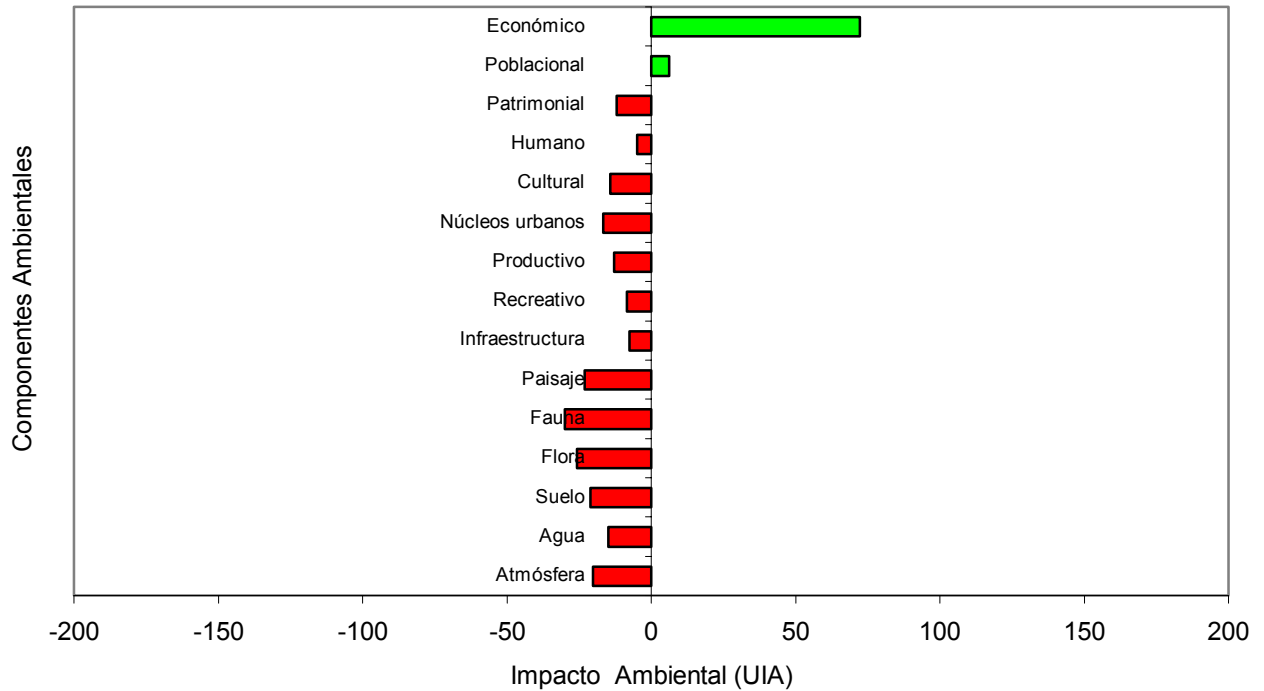
Medio Ambiente				Importancia																							
				Acciones																							
Sistema	Sub-sistema	Componente	Factor	UA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
Medio físico	Medio inerte	Atmósfera	Nivel sonoro	25.0	-23.0	-23.0	-23.0	-23.0	-23.0	-23.0	-23.0	-23.0	-23.0			-23.0											
			50.0 Calidad del aire	25.0	-26.0	-26.0	-26.0	-26.0	-24.0	-24.0	-24.0	-26.0					-26.0		-23.0								
		Agua	Reservorio del agua subterránea	25.0		-25.0	-31.0	-31.0							-23.0	-23.0											
			Cuenca hidrológica	100.0		-45.0	-44.0									-21.0		-30.0									
		200.0	Suelo	Calidad de agua superficial	75.0	-25.0	-29.0	-29.0								-30.0	-30.0	-29.0									
				Materiales	20.0	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0					-34.0								
	Geoformas				-36.0	-36.0	-36.0					-36.0	-36.0	-36.0													
	300.0	50.0	Uso	10.0	-36.0	-36.0	-36.0			-36.0	-36.0	-36.0	-36.0			-30.0											
			Flora	75.0	-36.0	-36.0	-36.0			-36.0	-36.0	-36.0	-36.0			-36.0											
			Fauna	25.0	-36.0	-36.0	-33.0				-33.0	-33.0	-33.0				-27.0	-24.0	-22.0			-22.0			-22.0		
	200.0	125.0	Riqueza de mamíferos	25.0	-36.0	-36.0	-36.0			-36.0	-36.0	-36.0				-36.0	-30.0	-23.0			-23.0				-23.0		
			Riqueza de peces	50.0		-33.0										-33.0		-33.0									
			Riqueza de reptiles	25.0	-33.0	-33.0	-33.0			-31.0	-31.0	-31.0	-33.0			-25.0	-25.0	-25.0				-25.0				-25.0	
	600.0	Medio perceptual	Paisaje	100.0	-36.0	-36.0	-36.0			-32.0	-34.0	-34.0	-36.0														
	Medio cultural	Uso del suelo	Infraestructura	Vías de comunicación	10.0	36.0								36.0			-30.0	-36.0									
Recreativo				10.0	36.0										-31.0		-31.0	-26.0									
50.0 Productivo				30.0	35.0	-29.0	-29.0									-29.0		-29.0									
Socio-cultural		Núcleos urbanos	Estructura Urbana	20.0	-29.0											-29.0	-25.0				39.0	-27.0			-27.0		
			Cultural	50.0	43.0											-36.0		-27.0	-24.0	-18.0			-27.0	35.0	-27.0		
		70.0	Humano	50.0	35.0	31.0	31.0								31.0	-25.0	-25.0		-18.0		37.0		37.0		-25.0		
			Servicios	20.0	39.0																					-25.0	
150.0		Patrimonial	Arqueológico	10.0	-23.0	-23.0	-23.0			-23.0	-23.0	-23.0	-23.0													-23.0	
			Económico	50.0																						39.0	39.0
			Económico	30.0	48.0																						48.0
400.0		200.0	150.0	Beneficios familiares	60.0																					48.0	48.0
				Economía local y regional	60.0	48.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0				38.0									38.0
	1000.0				-91.0	-443.0	-412.0	-72.0	-233.0	-304.0	-304.0	-347.0	-86.0	-224.0	-270.0	-372.0	-104.0	134.0	124.0								245.0
Absoluto =					-3865.0	-17810.0	-16135.0	-80.0	-7420.0	-9165.0	-8445.0	-12275.0	-4475.0	-10480.0	-5805.0	-14115.0	3500.0	3640.0	6110.0	12150.0	1490.0						
Relativo =					-3.9	-17.8	-16.1	-0.1	-7.4	-9.2	-8.4	-12.3	-4.5	-10.5	-5.8	-14.1	-3.5	6.1	-3.6	12.2	1.5						

COMPONENTES AMBIENTALES															Conclusión												
															Magnitud (UIA)			Por Factor			Por Componente		Por Subistema		Por Sistema		
Sistema	Sub-sistema	Componente	Factor	UA	CA	Delta CA	F	C	SS	S	IA%	Carácter	IA%	Carácter	IA%	Carácter	IA%										
Medio físico	Medio inerte	Atmósfera	Nivel sonoro	25.0	0.84	0.16	-4.11				-16.43	I															
			50.0 Calidad del aire	25.0	0.80	0.20	-4.98	-9.09	-19.92	I	-18.17	I															
		Agua	Reservorio del agua subterránea	25.0	0.89	0.11	-2.64					-10.56	I														
			Cuenca hidrológica	100.0	0.89	0.11	-11.11					-11.11	I														
			200.0 Calidad de agua superficial	75.0	0.86	0.14	-10.24	-23.99	-13.65	I	-11.99	I															
		Suelo	Materiales	20.0	0.72	0.28	-5.65					-28.25	I														
	Geoformas		20.0	0.83	0.17	-3.43					-17.14	I															
	300.0 50.0 Uso		10.0	0.75	0.25	-2.47	-11.55	-44.62	-24.68	I	-23.10	I	-14.87	I													
	Medio biótico	Flora	Cobertura	75.0	0.75	0.25	-18.75	-18.75	-25.00	I	-25.00	I															
			Fauna	Riqueza de aves	25.0	0.72	0.28	-7.08					-28.33	I													
		Riqueza de mamíferos		25.0	0.70	0.30	-7.62					-30.48	I														
		Riqueza de peces		50.0	0.92	0.08	-3.93					-7.86	I														
		200.0 125.0 Riqueza de reptiles	25.0	0.70	0.30	-7.44	-26.07	-44.82	-29.76	I	-20.86	I	-22.41	I													
	600.0 Medio perceptual	Paisaje	Visibilidad	100.0	0.78	0.22	-22.22	-22.22	-22.22	-111.67	-22.22	I	-22.22	I	-22.22	I	-18.61										
Medio cultural	Uso del suelo	Infraestructura	Vías de comunicación	10.0	1.00	0.00	-0.05	-0.05			-0.48	I	-0.48	I													
			Recreativo	Uso recreativo	10.0	0.93	0.07	-0.66	-0.66	-6.59	I	-6.59	I														
		50.0 Productivo	produccción agrícola	30.0	0.91	0.09	-2.62	-2.62	-3.33	-8.73	I	-8.73	I	-6.65	I												
	Socio-cultural	Núcleos urbanos	Estructura Urbana	20.0	0.90	0.10	-1.98	-1.98	-9.92	I	-9.92	I															
			Cultural	Estilo de vida	50.0	0.91	0.09	-4.37	-4.37	-8.73	I	-8.73	I														
		Humano	Aceptabilidad social	50.0	1.07	-0.07	-3.33					-6.67	I														
			70.0 Servicios	20.0	1.04	0.04	0.84	-2.49	4.21	I	-3.56	I															
	150.0 Patrimonial	Arqueológico	10.0	0.85	-0.15	1.46	1.46	-7.38	14.60	I	14.60	I	-4.92	I													
	Económico	Poblacional	Demografía	50.0	1.06	-0.06	-3.10	-3.10	-6.19	I	-6.19	I															
			Económico	Valor del suelo	30.0	1.11	0.11	3.43					11.43	I													
60.0 Beneficios familiares		60.0		1.11	0.11	6.86					11.43	I															
400.0 200.0 150.0	Economía local y regional	60.0	1.41	0.41	24.86	35.14	32.05	21.34	41.43	I	23.43	I	16.02	I	5.34												
Total																	-12.24										

### Matriz de Importancia N°8.2

Tabla *Matriz de Importancia Resumida N°2*. UA = Unidad ambiental; CA = Calidad Ambiental; C = Componente; SS = Sub-sistema; S = Sistema; UCA = Unidades de Calidad Ambiental; IA = Impacto Ambiental; UIA = Unidades de Impacto Ambiental; I = Irrelevante; M = Moderado.

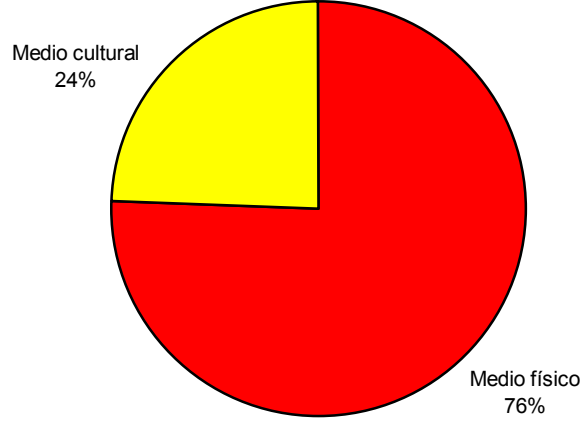
En la Figura 8.2 se muestra el Impacto Ambiental, expresado en UIA, para todos los componentes considerados. Debido a que el rango posible de impacto es  $-1.000$  a  $+1.000$  UIA, se puede apreciar de manera visual que los impactos detectados son de escasa magnitud, cuando se los considera a una escala global.



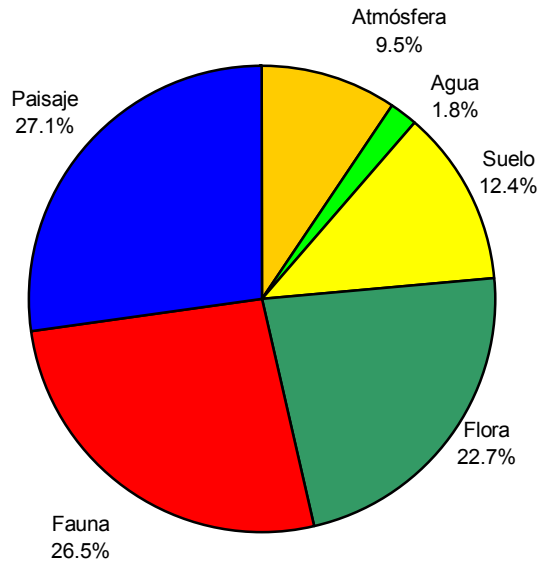
**Figura 8.2 Impacto Ambiental expresado en Unidades de Impacto Ambiental**

### **Impacto Ambiental por Sistema**

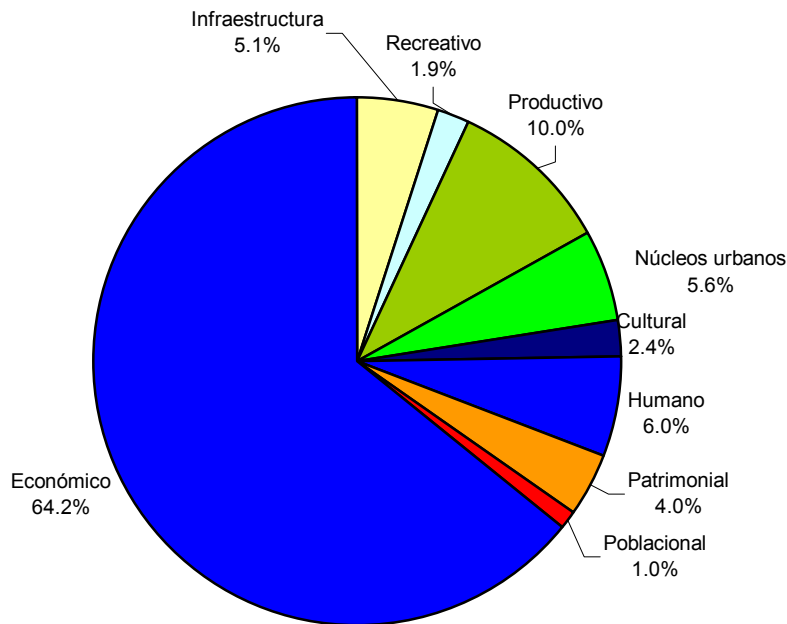
El impacto ambiental por Sistema se muestra en la Figura 8.3. El impacto ambiental observado fue Irrelevante tanto sobre el *Medio Físico*, como sobre el *Medio Cultural*.



En la siguiente figura, (Figura 8.4) se muestra la distribución de impactos sobre el medio físico



En la figura 8.4 se muestra la distribución de impactos sobre el Medio Cultural



## Evaluación de Impactos por Tramos

### Tramos homogéneos

De acuerdo a la caracterización realizada en el Capítulo 5, se establecieron cuatro tramos homogéneos. Estos se definieron así:

**a. Tramo Ciudad de Guatemala (PI 1 – PI 6)**

Este tramo inicia en la Sub estación Guatenorte y abarca hasta el PI número 6. Este es el tramo más corto, con una longitud de 3.447 Km. Este tramo discurre por zonas urbanas. En lo que a provincias fisiográficas se refiere, se encuentra dentro de la provincia volcánica de Guatemala.

**b. Tramo Montaña-Bosque húmedo Sub Tropical (PI 6 – PI 9)**

Este tramo inicia en el PI 6 y finaliza en el PI 9, con una longitud de 16.0 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.

**c. Tramo Montaña – Bosque Seco Sub Tropical (PI 9 – PI 15)**

El tramo en cuestión abarca del PI 9 al PI 15 y tiene una longitud de 25.173 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.

**d. Tramo Valle del Motagua (PI 15 – Panaluya)**

Este es el tramo más extenso, abarcando desde el PI 15 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”.

## **Impactos ambientales del Proyecto en el Tramo Ciudad de Guatemala**

### **Impactos al medio físico**

A partir del terremoto de 1976, la Capital de Guatemala, experimentó un proceso de invasión de propiedades en la áreas periféricas. Este proceso se aceleró con las intensas migraciones desde el interior del país, originadas por el conflicto interno armado. La zona 18, se ha constituido en uno de los principales centros de asentamientos humanos, caracterizados por la falta de servicios básicos.

Las condiciones actuales de este tramo, el cual discurre por una zona poblada, con un alto nivel de intervención antrópica hacen prever que las acciones tanto de construcción como de operación de la línea no tendrán un efecto significativo para el entorno del área.

**a. Impactos al suelo**

Como se apuntó anteriormente, las condiciones del suelo han sido modificadas drásticamente en este tramo, convirtiéndolas en zonas totalmente habitadas. El medio edáfico, en su mayoría constituido por depósitos piroclásticos del Cuaternario, han pasado de áreas boscosas a zonas urbanas, habiendo sido necesaria la conformación del terreno ondulado a terraplenes. Hoy día son el asiento para estructuras de vivienda.

Por tanto, la implantación de las estructuras de apoyo de las torres, tanto en su fase de construcción como en la operación de las mismas no afectará el componente edáfico.

#### **b. Impactos al agua**

En el área no existen corrientes significativas o perennes de agua, por lo que no existirá ninguna interacción o afectación al sistema hídrico local. De nuevo, por constituir un área totalmente intervenida, las obras de construcción de las torres y el tendido no intervendrán en el sistema de agua subterránea local.

#### **c. Impactos al aire**

La calidad del aire en la Ciudad Capital presenta uno de los mayores niveles de contaminación de Centroamérica. La zona, por constituir el área de salida de la Capital hacia el norte del País, presenta un fuerte volumen de tráfico pesado. Esto incide grandemente en la calidad del aire, tanto en lo referente al ruido, a los gases de combustión y partículas en suspensión.

Por tanto, las actividades de construcción no incidirán en los factores de calidad del aire.

Para el caso de la operación de la línea se espera permitir que la distancia a las casas de habitación permita minimizar los niveles de emisión de campos electromagnéticos. Esto es importante mencionar, ya que en este caso la servidumbre es imposible de imponer y los pobladores morarán directamente bajo la línea de transmisión.

### **Impactos al medio biológico**

Por tratarse de una zona completamente intervenida por la acción humana, las especies nativas, tanto animales como vegetales han sido completamente desplazadas, por lo que el desarrollo del Proyecto no tendrá ninguna influencia en este medio.

### **Impactos al medio sociocultural**

#### **a. Impactos a la población**

Por tratarse de un área con altos índices de criminalidad y altos niveles de desempleo, será política del desarrollador del Proyecto el involucrar a parte de la población local en las tareas de construcción, esto para contribuir a la generación de empleos, que aunque temporales, ayudará a paliar la ingente necesidad de ingresos de los habitante locales.

Las actividades económicas conexas también serán fuentes de ingreso para la población local. Con esto se entiende la necesidad de insumos de construcción y servicios como alimentación para los operadores y técnicos.

**b. Impactos al uso del suelo**

El área está destinada exclusivamente para usos habitacionales, por lo que las obras de infraestructura no serán ajenas al empleo de la tierra. Por ende, la operación de la línea no incidirá en cambios sustanciales a su actual utilización.

**c. Impactos al patrimonio histórico-cultural**

No existen vestigios culturales o históricos en el área, por lo que la implementación del Proyecto no afectará en ningún sentido a este componente.

**d. Impactos sobre el paisaje**

Como se expresó anteriormente, se trata de un ambiente totalmente intervenido y la inserción de las actividades comprendidas en el desarrollo del proyecto no afectarán aspectos paisajísticos.

**Impactos ambientales del Proyecto en el tramo Montaña-Bosque húmedo Sub Tropical**

Los alrededores de la Ciudad Capital se caracterizan por la presencia de remanentes boscosos aislados, con una constante intervención humana, en la forma de asentamientos de vivienda.

**Impactos al medio físico**

**a. Impactos al suelo**

Si bien el área presenta en su mayoría una fuerte intervención antrópica, aún se conservan áreas donde la topografía original permanece. Se trata de colinas de suave pendiente formadas por depósitos piroclásticos de caída de grandes espesores. Sobre esta litología se ha formado una capa de suelo de poca profundidad y desarrollo.

De acuerdo a la topografía de la zona, las torres podrán ser montadas sobre apoyos individuales, sin necesidad de conformar plataformas. Es decir utilizar el ajuste de las patas para acoplarse a las condiciones del perfil. Por lo tanto, la intervención del suelo se reducirá a las excavaciones para la cimentación de las bases de apoyo. Considerando que la profundidad de estas excavaciones no será superior a los 2 m y que la misma se puede realizar por medios tradicionales, el impacto generado será de magnitud no apreciable. También, por lo suave de las pendientes en el área, el potencial de erosión no será incrementado significativamente.

La zona está recorrida por una densa red de carreteras y caminos vecinales y privados que comunican con las poblaciones de San Pedro Ayampuc y las fincas en su jurisdicción por lo que no se estima será requerido la apertura de nuevas rutas de acceso.

#### **b. Impactos al agua**

Las corrientes de agua más importantes que cruzará este tramo son los ríos Los Vados, La Periquera, Mogollón y Las Cañas. Todos éstos discurren por valles profundos, cortados en materiales volcánicos poco consolidados. Por tanto, serán fácilmente vadeables desde las partes altas de los valles. No se realizarán trabajos en las cercanías de los ríos ya que el sistema de carreteras permite el acceso a ambos márgenes de los ríos.

Las actividades de construcción y operación de la línea no tendrán un efecto directo sobre los cursos de los ríos, por desarrollarse en las partes altas de las montañas.

Lo mismo se puede afirmar para los depósitos y corrientes de agua subterránea, ya que las construcciones serán muy puntuales, abarcando un área muy reducida.

#### **c. Impactos al aire**

Las actividades de construcción de la línea, por realizarse principalmente en depósitos poco consolidados no requerirán de maquinaria pesada para su desarrollo. Las excavaciones podrán realizarse por métodos manuales. De tal cuenta que los niveles de ruido, gases de combustión y polvo en suspensión se mantendrán dentro de los parámetros admisibles.

### **Impactos al medio biológico**

#### **a. Impactos al componente animal**

La zona ha sido escenario de asentamientos humanos desde tiempos muy antiguos y en su mayoría las fincas de la región han convertido las montañas en zonas de pastoreo para ganado vacuno y caprino. El tramo no constituye el hábitat de ninguna especie animal endémica o en peligro de extinción. Las especies nativas en muchos casos han sido desplazadas por la actividad humana y las especies terrestres se circunscriben casi exclusivamente a pequeños roedores y reptiles.

La zona no es área de anidación o tránsito de aves migratorias o especies protegidas.

Las actividades de construcción y operación tendrán un carácter localizado, temporal y en general reversible.

#### **b. Impactos al componente vegetal**

Como se apuntó anteriormente las especies arbóreas poseen un interés únicamente comercial tratándose de especies maderables (coníferas, especialmente pinos) y utilizadas como combustible vegetal (encino y en menos cantidad roble).

Los escasos remanentes boscosos constituyen unidades repobladas, de poca densidad cuya altura no supera los 10 m, Con esto se indica que no será necesaria la tala de numerosos individuos arbóreas para la constitución de las bases y la calle. En el último caso, la altura de las torres y el tendido superará con mucho la altura mínima requerida por sobre la cubierta boscosa.

En cuanto a la cubierta arbustiva y herbácea, el escaso desarrollo del suelo previene el desarrollo de una capa herbácea perenne. La misma sólo es conspicua durante la época de lluvias. Por tanto su desplante durante las operaciones de construcción no será importante.

### **Impactos al medio sociocultural**

#### **a. Impactos a la población**

Los habitantes de la región están dedicados casi exclusivamente a actividades agrícolas o pecuarias. Muchos de ellos viajan diariamente a la ciudad capital para desempeñarse en labores de mano de obra no calificada o en procesos de producción intensiva (maquilas).

La introducción de fuentes de trabajo locales beneficiará a un número apreciable de personas, pese a tratarse de ocupación temporal. Por tratarse de un tramo relativamente corto, estos trabajadores podrán desplazarse desde sus centros de habitación hasta el área de trabajo, sin salir de sus poblaciones.

Entre los impactos positivos se encuentra el beneficio económico por las servidumbres, pero por lo escaso del área afectada, serán de poca significancia.

#### **b. Impactos al uso del suelo**

El desarrollo del Proyecto no introducirá cambios notables al uso del suelo, por tratarse de efectos puntuales de área reducida. Aparte, las actividades actuales de uso de suelo no necesitarán ser modificadas.

De nuevo las zonas arboladas no sufrirán mayores modificaciones. Las servidumbres a establecerse no repercutirán en modificaciones mayores al uso del suelo.

#### **c. Impactos al patrimonio histórico-cultural**

Pese a que el área es una zona de habitación antigua, no se reportan vestigios importantes de valor cultural. El emplazamiento de las torres no afectará físicamente ningún centro de culto o de valor artístico-cultural.

El único vestigio de importancia en la zona lo representa un yacimiento de obsidiana que fue explotado desde la época precolombina, pero el mismo se encuentra a más de 4 km de distancia de la zona de intervención.

#### **d. Impactos sobre el paisaje**

Si bien es cierto, el área está cruzada por carreteras, líneas de transmisión y una línea férrea, la línea a construir será una de las estructuras más sobresalientes del paisaje. Por otro lado, como se evidenció durante las visitas de campo, la zona no presenta escenarios únicos o de alto valor paisajístico. Es en general una zona donde la vegetación nativa ha sido fuertemente intervenida por la acción antrópica.

Otro factor a considerar es que el trazo en este tramo se aleja del campo visual más transitado, como es la ruta CA-9 y en algunos puntos será visible sólo desde los caminos vecinales del área.

### **Impactos ambientales del Proyecto en el tramo Montaña – Bosque Seco Sub Tropical**

#### **Impactos al medio físico**

El tramo en cuestión se desarrolla sobre materiales de la provincia conocida como tierras altas cristalinas. Consistente en complejos de rocas metamorfoseadas y fuertemente tectonizadas. Su zona biótica se caracteriza por especies de arbusto bajo especialmente espinosas y cactáceas.

#### **a. Impactos al suelo**

La mayor parte del trazo en este tramo transcurre por terrenos quebrados de fuerte pendiente, por tanto la línea se ha planeado establecerla en la parte alta o media de las sierras. En general el tramo se caracteriza por la escasa presencia o ausencia total de suelos (Series Salamá, Slamá Fase Quebrada, Subinal, Jigua y Sansare).

La primera sección del tramo no presenta inconvenientes de tipo edáfico ya que corresponde a las planicies del área norte de Sanarate. Aquí, los suelos poseen buena estabilidad y en algunos casos se requerirá de maquinaria para la excavación de las bases de los apoyos por lo superficial del sustrato rocoso. Este tramo no requerirá de movimientos de tierra importantes, ya que se cuenta con numerosos accesos desde la ruta CA-9.

A partir del PI 14, las condiciones topográficas se convierten en laderas montañosas de fuerte pendiente donde en algunos extremos se requerirá de la construcción de

plataformas para el asentamiento de las torres. Esto es especialmente importante en áreas como la zona de Subinal, zona conocida localmente como la “Chifurnia” donde la influencia tectónica local ha resultado en una fuerte fracturación de las rocas carbonáticas. Esto puede devenir en áreas de inestabilidad y el rompimiento de la superficie puede potenciar la erosión.

El último segmento (PI 14 – PI 15) de este tramo marca la transición entre las tierras altas cristalinas y el valle del Motagua. Este segmento recorrerá principalmente laderas escarpadas de rocas clásticas sedimentarias de origen continental y en menor porcentaje migmatitas y esquistos (Ver mapa geológico).

En general las torres pueden asentarse sobre este terreno sin necesidad de realizar movimientos extensivos de tierra. Esta sección carece de un horizonte considerable de suelo.

En términos generales en este tramo las condiciones edáficas no serán alteradas considerablemente, por la escasez de una capa de suelo bien desarrollada. No se estima necesaria la apertura de accesos de gran longitud ni la excavación de numerosas plataformas. La zona está cruzada por numerosas carreteras secundarias que serán aprovechadas para acceder a los sitios de los apoyos.

#### **b. Impactos al agua**

Este es el tramo que menor cantidad de cursos de agua bien desarrollados presenta. La mayoría son corrientes estacionales de corto recorrido. No se conoce de la presencia de acuíferos someros que pudieran verse afectados por las obras involucradas.

Por lo anterior, las actividades relacionadas con el desarrollo del proyecto no tendrán un impacto significativo sobre el componente hídrico del área.

#### **c. Impactos al aire**

Los impactos ocasionados al aire están directamente relacionados con los movimientos de tierra durante la construcción. Como se vio en un acápite anterior, no se prevé la necesidad de apertura de accesos de gran longitud, por lo que el uso de maquinaria pesada estará restringido a escasos puntos de bases.

Durante la operación de la línea no se proyectan impactos ocasionados por la calidad del aire, ya que la línea pasa a una distancia considerable de todas las poblaciones de la región y es el ser humano, en último caso, quien se ve afectado por estas perturbaciones.

### **Impactos al medio biológico**

**a. Impactos al componente animal**

No se detectó durante la investigación de campo la presencia de especies animales endémicas o en peligro de extinción en la región. Asimismo la zona no constituye un hábitat de alta fragilidad ni zona de anidación o tránsito de especies migratorias tanto terrestres como aéreas. Las comunidades más representativas las constituyen pequeños roedores y abundantes reptiles.

**b. Impactos al componente vegetal**

Las especies vegetales desarrolladas en esta región son en su mayoría especies arbustivas bajas, cactáceas y especies espinosas. No se reconocieron especies vegetales endémicas, en peligro o de importancia simbólica o cultural.

El diseño de los apoyos de las bases permiten concluir que en este tramo no será necesaria la poda o tala de especies arbóreas, no así de arbustos que será necesario limpiar en las áreas de seguridad de los sitios de los apoyos. Sin embargo por las dimensiones del área a intervenir, no se considera impactarán significativamente esta componente.

**Impactos al medio sociocultural**

**a. Impactos a la población**

En su mayoría, el área se mantiene bastante despoblada, a excepción de los alrededores de Subinal y Monte Grande. Es característica de esta región la falta de fuentes de trabajo estable. La industria minera artesanal y de proceso de materiales pétreos ocupa una pequeña porción de la mano de obra del lugar. En su mayoría, las personas viajan hacia la Ciudad de Guatemala para obtener empleo.

Por lo aislado de la región, se considera que el proyecto será una importante fuente de trabajo para los pobladores, en especial en el sector de Subinal. Dicha actividad se realizará casi exclusivamente durante la construcción de la línea, aunque será necesario el contratar cuadrillas temporales de limpieza para los sitios de apoyo y de la servidumbre

Otra fuente de ingreso se establecerá con los derechos de servidumbre de los sitios de apoyo y accesos necesarios.

**b. Impactos al uso del suelo**

A excepción de las áreas en los alrededores de Sanarate, las tierras tienen poco aprovechamiento, por la pobreza de su suelo y escasa vegetación. El pastoreo de ganado es escaso y la mayor parte del área se mantiene como tierras yermas sin utilización.

No existen áreas de vocación forestal o agrícolas que pudiesen ser intervenidas, por lo que el impacto al uso del suelo será nulo.

#### **c. Impactos al patrimonio histórico-cultural**

No se reconocieron sitios de importancia arqueológica o significancia cultural. No existen monumentos históricos ni lugares de culto popular o sagrados, por lo que las actividades no tendrán ningún impacto sobre este componente.

#### **d. Impactos sobre el paisaje**

Como se indicó, el escenario no presenta sitios de importancia escénica o paisajística. El entorno está constituido en general por montañas de poca altura desprovistas de especies arbustivas altas y dominado por arbustos, matorrales espinosos y cactáceas.

La inserción de los elementos de la línea en el área no motivarán un rompimiento drástico de elementos naturales, ya que la altura de su presencia evita el contraste con los niveles bajos. Los colores de las torres, tenues y mate, se integran con el del medio en la mayor parte del año.

### **Impactos ambientales del Proyecto en el tramo Valle del Motagua**

El tramo de mayor longitud se desarrolla en la extensa depresión del valle del Río Motagua. Si bien la línea corre en su mayoría por el flanco sur, se procuró establecerla en el inicio de la montaña, para evitar intervenir poblaciones y áreas cultivadas.

### **Impactos al medio físico**

#### **a. Impactos al suelo**

Los materiales sobre los que se construirá la línea de transmisión son principalmente de origen metamórfico o ultrabásico. Estos por lo regular son productores de suelos pobres, ricos en arcillas y con un pH ácido.

La línea de transmisión se establecerá en la parte baja de las montañas que limitan el valle de Motagua, con pendientes moderadas y escasas áreas escarpadas. El área completa del valle del Motagua es aprovechada con fines agrícolas, por lo que se encuentra atravesada en su totalidad por carreteras y caminos vecinales. Esto facilita el

acceso a todo el trazo de la línea, por lo que no será necesaria la apertura de caminos de longitudes considerables. El terreno favorece la utilización de torres sobre bases, no necesitándose la creación de plataforma, ya que la adaptabilidad de las patas permite su asentamiento.

Dentro del valle, los suelos son en su mayoría depósitos aluviales de considerable espesor, los cuales no presentan problemas para el establecimiento de las torres. En suma no será necesaria la movilización de grandes volúmenes de materiales para la construcción del tramo.

#### **b. Impactos al agua**

Las únicas corrientes importantes que se cruzarán serán lo Ríos Las Ovejas, El Tambor y Huité. Todas estas corrientes se atravesarán en terrenos planos sin necesidad de crear accesos que les crucen. Con esto se quiere decir que los trabajos no crearán las condiciones que produzcan cambios en el curso del río o que propicien el aumento en la carga de sólidos en suspensión.

En cuanto al Río Motagua, el cuerpo hídrico más importante de la región, la línea corre en forma paralela al mismo y en el único sitio que le cruzará será al final del tramo, en las cercanías de la subestación Panaluya.

El impacto que el Proyecto causará al medio hídrico local se considera no significativo.

#### **c. Impactos al aire**

Por tratarse de un tramo dominado por las actividades agroindustriales, la zona posee una alta influencia humana, manifestada en el continuo paso de vehículos tanto agrícolas como particulares. El tráfico pesado se centra en la ruta CA-9, lo que involucra altos niveles de contaminación del aire por ruido y concentraciones de gases.

En las zonas de cultivos es notoria la actividad de vehículos agrícolas (tractores) los cuales generan altos volúmenes de polvo y material particulado, así como niveles de ruido. Con todo esto, es evidente que las perturbaciones introducidas por el Proyecto no causarán un impacto significativo a las características de la zona.

### **Impactos al medio biológico**

#### **a. Impactos al componente animal**

Como se apuntó en su oportunidad, la zona posee una fuerte influencia humana, por su alto desarrollo agroindustrial. Por tanto, las especies animales propias de la región están encontrando dificultad para su existencia por la eliminación de su hábitat.

En el área existe un hábitat único en toda Centroamérica: el Monte Espinoso Sub-Tropical. El mismo se caracteriza por ser hogar de especies endémicas muy especializadas. Su diversidad genética es muy alta. El área ha sido propuesta para integrar un área protegida, que asegure la estabilidad de este bioma.

El área que ocupan los sitios de los apoyos no representa un impacto de importancia en su conjunto, puesto que en suma no será un área extensa (del orden de una milésima del territorio considerado). Esto implica que la intervención del hábitat no reviste de importancia.

Las actividades de la construcción y operación de la línea si bien causarán perturbaciones puntuales en el hábitat, las mismas serán centralizadas, no extensivas y de corta duración. Las mismas serán reversibles en todo caso.

#### **b. Impactos al componente vegetal**

Aquí de nuevo, se hacen las consideraciones del hábitat del Monte Espinoso Sub-Tropical. Estos ambientes frágiles son propensos a sufrir fuertes modificaciones cuando se introducen elementos que constituyen barreras físicas o cuando se intervienen porciones significativas de su territorio. Estas dos consideraciones no son aplicables para el proyecto bajo estudio.

La región está dominada por especies arbustivas de baja altura, principalmente monte bajo espinoso y cactáceas. Las actividades de construcción y mantenimiento implican la limpieza de pequeñas áreas para el asentamiento de las bases de los apoyos. No será necesaria la apertura de calles ya que la altura de la vegetación no interfiere con el trazo de la línea.

Por otra parte la mayor parte del área de los valles se encuentra dedicada a la siembra de especies vegetales comerciales (cítricos, melón, sandía, uva, etc.).

### **Impactos al medio sociocultural**

#### **a. Impactos a la población**

Los impactos considerados serán de carácter positivo para la población manifestándose en la apertura de fuentes de trabajo e ingresos. Los daños ocasionados a las siembras por el área de seguridad de los sitios de apoyo serán resarcidos en forma económica a los propietarios.

#### **b. Impactos al uso del suelo**

El desarrollo del Proyecto no producirá un cambio a las condiciones actuales del uso del suelo, ya que las actividades agrícolas y ganaderas podrán continuar realizándose sin problemas, con ciertas limitaciones a cierto tipo de cultivo y en una zona frágil.

#### **c. Impactos al patrimonio histórico-cultural**

El valle del Río Motagua ha sido desde tiempos históricos un área tanto de paso como de fuerte habitación. Por la riqueza agrícola del valle y la cercanía del Río, constituyó un lugar ideal para el asentamiento de comunidades. También constituyó un paso

estratégico hacia las tierras del Altiplano, así como de comunicación con las poblaciones mayas del área de Copán. Por todo esto, a todo lo largo del valle existen vestigios de antiguas ocupaciones prehispánicas. En tiempos más modernos, el área siguió siendo el corredor de entrada desde el puerto del Atlántico hasta la Capitanía General de Guatemala. Existen por lo tanto asentamientos coloniales como San Cristóbal Acasaguastlán.

A pesar de la abundancia de estos vestigios culturales, poco se ha hecho para la recuperación y estudio de los mismos. El único sitio desarrollado a nivel de turismo es Guaytán, en San Agustín Acasaguastlán. Por tanto, la mayoría de los sitios siguen sin ser estudiados.

Los sitios de habitación y culto se ubicaban en las cercanías del río, mientras en las partes altas de las montañas, los sitios eran escasos y estaban destinados a la guardianía y vigilancia de fronteras.

La línea de transmisión recorrerá, en su mayoría, la parte baja de las montañas del sur del valle. No se detectó la presencia de sitios a lo largo del trazo, por lo que se prevé que el asentamiento de los apoyos no dañará físicamente ningún sitio arqueológico o de importancia histórica. En el supuesto de encontrar algún vestigio, se procederá de acuerdo a lo sugerido en el Diagnóstico Arqueológico (6.1.3.2)

#### **d. Impactos sobre el paisaje**

El paisaje local, a pesar de ser netamente rural, se encuentra fuertemente intervenido por la actividad humana, principalmente las actividades agrícolas. A lo largo del tramo estructuras como líneas de transmisión, facilidades industriales, línea férrea, carreteras y líneas de transmisión han afectado el paisaje local.

Las dimensiones de las estructuras marcarán un rompimiento con el paisaje, pero su posición respecto de las áreas más transitadas ( entre 2.7 y 7 km, a excepción del tramo final) minimiza este impacto, por su alejamiento de la visual normal.

### **Impactos significativos**

De acuerdo al análisis realizado, el único impacto significativo negativo se verificará sobre los elementos paisajísticos del entorno. Esto por las dimensiones de las estructuras que involucra.

Dentro de los impactos positivos se señala la importancia económica que representará, sobre todo durante la fase de construcción, para las poblaciones involucradas. Pero sobre todo, el impacto dominante se representará a nivel global como país, por las posibilidades de desarrollo que el mismo conlleva.