

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

A continuación se realiza una descripción general del Proyecto, con el fin de enmarcarlo en la realidad socioeconómica de Centroamérica. En el presente capítulo se presentarán los antecedentes del mismo, las ventajas que la línea eléctrica proporcionará a los habitantes de las zonas en estudio, así como los objetivos, soluciones técnicas justificadas y la necesidad de emprenderlo.

2.1. DATOS GENERALES

El nombre del Proyecto objeto de estudio es ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA DE LOS PAÍSES DE AMÉRICA CENTRAL (SIEPAC), TRAMO GUATEMALA.

2.2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO SIEPAC

En octubre de 1993, en la XIV Cumbre de Presidentes de los Países de América Central, celebrada en Guatemala, se suscribió el protocolo de Tratado de Integración Económica de Centroamérica, en el cual se establecen las normas de la participación de los países en las políticas económicas de la región. Dentro de este contexto de la integración centroamericana, el desarrollo del Proyecto SIEPAC representa un hito muy importante.

Según los datos existentes, en un futuro inmediato los países centroamericanos se encontrarán con serias dificultades para satisfacer sus respectivas demandas de energía. Para dar respuesta de forma individual a esta demanda se requerirán unas inversiones económicas muy significativas, que pueden verse condicionadas o limitadas por la crisis económica que atraviesa la región, por lo que se considera necesario y urgente realizar un proyecto conjunto de interconexión eléctrica a escala regional, que permita enfrentar el problema de forma conjunta, buscando soluciones globales.

En el momento actual los sistemas eléctricos de los países centroamericanos se encuentran unidos mediante dos interconexiones débiles, formando dos subsistemas separados; el primero de los cuales une Guatemala con El Salvador y el segundo el resto de los países, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, lo que impide realizar intercambios energéticos compartidos entre todos los países. Los dos subsistemas se podrían unir eventualmente mediante una línea a 230 kV entre Honduras y El Salvador y se tendría un solo sistema operando a 230 kV. Sin embargo, esta solución se ha descartado pues no supone una remedio a medio o largo plazo, dado que carece de la capacidad de transporte suficiente para satisfacer las necesidades que se precisan.

El Proyecto SIEPAC se originó en 1987, en una primera reunión de las agencias y agentes gubernamentales responsables del sector eléctrico de los seis países del istmo centroamericano, y contó desde su inicio con el apoyo del Gobierno de España, que patrocinó el estudio de un proyecto de interconexión que conectaría todos los países con una red troncal a 230 kV, y que debería construirse para el año 1992. En esta reunión fue firmado por todos los Presidentes, un Protocolo de Acuerdo en el que se formalizó el compromiso y vinculación de las Empresas Eléctricas al Proyecto y se decidió la realización de los estudios necesarios para su materialización.

Con posterioridad a esta reunión, el Consejo de Electrificación de América Central (CEAC), organismo que reúne a las máximas autoridades regionales del sector, hizo suyas las resoluciones de la reunión de Madrid y encomendó la Secretaría Ejecutiva del Proyecto, al Grupo ENDESA de España, con el objetivo de que se hiciera cargo de los aspectos organizativos del proyecto, procurara la realización de los estudios económico-financieros del mismo y convocara a los coordinadores técnicos.

Como antecedentes técnicos se utilizaron en un principio los estudios realizados hasta la fecha por las propias empresas eléctricas nacionales, apoyadas por la Comisión Económica para América Latina, así como los datos existentes de la realidad misma de las interconexiones presentes entre los diferentes países.

Una vez concluidos estos estudios, se presentaron al BID y al Banco Internacional de Recursos y Finanzas (BIRF), al igual que a la Cumbre de Presidentes Centroamericanos de julio de 1988.

Analizados por estos organismos ciertos aspectos del Proyecto, tales como la oportunidad de la construcción de la línea, su nivel de voltaje, y la necesidad de considerar un desarrollo gradual del sistema, dado su elevado coste de inversión, durante la IV Cumbre Presidencial de julio de 1989, se decidió reformular el Proyecto para adaptarlo a las necesidades y posibilidades económicas de los países, reprogramándolo en tres etapas con una duración total aproximada de diez años.

Se ha de mencionar, para evitar confusiones, que el Proyecto nació con el nombre de SIPAC, sin embargo, esta denominación hoy en día se ha modificado y ha pasado a llamarse SIEPAC, ya que se ha incluido el concepto de interconexión eléctrica en el propio nombre del Proyecto que antes no poseía.

Más adelante el Instituto de Cooperación Iberoamericana (ICI), dependiente del Ministerio de Asuntos Exteriores de España, firmó un acuerdo de cooperación con el Grupo ENDESA con el objeto de aunar esfuerzos para la realización del Proyecto, al tiempo que se incluyó esta cooperación en el marco de las realizaciones del V Centenario a través de la Sociedad Estatal correspondiente.

En el año 1991 ENDESA presentó al BID el esquema para desarrollar el proyecto reformado, para cuyo análisis se prepararon, conjuntamente con el BID, los Términos de Referencia del Proyecto y la propuesta de trabajo de los estudios complementarios, aprobados ambos en la reunión de presidentes y coordinadores del Proyecto SIEPAC, celebrada en Madrid en septiembre de 1992.

Paralelamente, y también en Madrid, se constituyó la sociedad SIEPAC, S.A., en julio de 1993, integrada por el Grupo ENDESA de España, y las empresas centroamericanas interesadas en

el proyecto, es decir el INDE de Guatemala, la CEL de El Salvador, la ENEE de Honduras, el INE de Nicaragua, el ICE de Costa Rica y el antiguo IRHE de Panamá, cuyo principal objeto es la construcción y explotación del sistema eléctrico de interconexión.

Por último tras la correspondiente negociación se ha reformulado el proyecto en la última reunión de los coordinadores nacionales, realizada en enero de 1997 coincidiendo con la misión de análisis del BID, habiéndose decidido a partir de los análisis realizados por los consultores externos, que la línea definitiva sea una línea en simple circuito a 230 kV. Decisión esta última que supone una modificación del alcance inicial del Proyecto.

La adopción de la tensión de 230 kV supone una modificación del EsiA que se ha realizado con base al análisis de una línea de esta tensión que discurre por la traza ya estudiada.

2.3. VENTAJAS DE LA INTERCONEXIÓN INTERNACIONAL

El desarrollo de los actuales sistemas eléctricos de potencia se ha sustentado en la construcción de líneas de interconexión entre subsistemas o sistemas de menor dimensión o escala.

Las interconexiones entre diferentes subsistemas se han incentivado en la medida en que ha resultado necesario reducir los costes de producción de energía eléctrica, y/o aumentar los requisitos de seguridad y calidad de servicio.

La importancia de los beneficios que se obtienen con las interconexiones es tan grande, que el alcance de los sistemas eléctricos interconectados ha superado ampliamente el ámbito nacional, a través de la construcción de líneas de interconexión internacionales, dando lugar a los actuales grandes sistemas eléctricos, en algunos casos de ámbito continental.

En el caso de los sistemas eléctricos de los países centroamericanos el desarrollo ha sido similar, como muestra el hecho de que han participado en este proceso de integración y participación internacional, fruto del cual están interconectados en dos grupos, independientes

entre sí, desde mediados de la década pasada, a través de dos líneas a 230 kV de simple circuito, que unen Guatemala y El Salvador por una parte y Honduras con Nicaragua, Costa Rica y Panamá por otra. Esta estructura es claramente insuficiente para soportar la potencia que será preciso transportar en un futuro no muy lejano.

Los beneficios económicos de las interconexiones son siempre muy importantes, debido a que, por múltiples razones, permiten reducir la necesidad de equipamiento y los costes de explotación.

Estas razones pueden agruparse, de acuerdo con los conceptos básicos que se mejoran desde el corto al largo plazo, en la forma siguiente:

- Razones de carácter técnico:
 - Mayor fiabilidad de la cobertura de la demanda: al apoyarse conjuntamente los sistemas ante situaciones de fallo de grandes grupos o centrales, se permite cubrir la demanda desde los sistemas vecinos, con lo que se evitan cortes de suministro, muy costosos para la industria y la sociedad en general, y en cierta medida limitantes del desarrollo económico.
 - Aumento importante de la fiabilidad de la red en áreas fronterizas: por el apoyo mutuo de las redes de transporte nacionales. Muy claro en países cuya forma geográfica hace que las áreas limítrofes sean las más desabastecidas, al encontrarse alejadas de los centros de producción y de reparto de potencia.
- Ahorros en los costes de explotación
 - Reducción de pérdidas: especialmente en sistemas que comparten una frontera de gran longitud y con zonas eléctricamente complementarias.
 - Menores reservas de operación en cada sistema: al posibilitar que se compartan las centrales de reserva, tanto primaria como secundaria, lo que permite reducir a largo

plazo la construcción de centrales, al apoyarse en las de los países vecinos, y posibilitar la creación de centrales supranacionales, compartidas por varios.

- Intercambios económicos de energía: al posibilitar que la producción se realice en cada momento en las centrales de mínimo coste, reduciendo la factura energética conjunta. Hecho de sumo interés en sistemas abastecidos con fuentes energéticas importadas (centrales térmicas de fuel, etc.). Este concepto es aplicable a aspectos ambientales al posibilitar que la producción se realice en la central que genere los menores impactos
 - Mejor aprovechamiento de excedentes: al permitir la producción en diferentes períodos, ajustándose ésta a las modificaciones periódicas de la demanda, adaptándose la producción a éstas.
 - Mejora de utilización de las centrales: por la posibilidad de integración de las curvas de carga de los distintos sistemas que presentan diferencias horarias, estacionales, climáticas, etc., aprovechando la diversificación del mercado para una mejor explotación del conjunto de las centrales de generación.
- Menor necesidad de equipamiento futuro
- Menores necesidades de potencia instalada: por la complementariedad de los sistemas y el desplazamiento horario de sus curvas de carga, dado que se permite el apoyo mutuo, compartiendo la generación.
 - Posible escalonamiento de la construcción de nuevas centrales generadoras: al contar, como ya se ha mencionado, con las centrales de reserva de otros sistemas.
 - Economías de escala: al ser posible la construcción de centrales con grupos de mayor tamaño, al planificar en un ámbito supranacional, lo que permite optimizar recursos.

La posibilidad de obtener todos o parte de estos beneficios depende de la capacidad de la interconexión. La obtención de los beneficios denominados anteriormente técnicos exige una capacidad de interconexión relativamente baja, pero si además se quieren obtener los posibles beneficios derivados del ahorro de costes de explotación o de futuro equipamiento, dicha capacidad de interconexión deberá aumentarse.

Cuando la capacidad de la interconexión es relativamente baja, el valor económico de los beneficios que se obtienen son proporcionales a dicha capacidad, y en general superan ampliamente los costes de inversión en las líneas de interconexión. No obstante, a medida que aumenta la capacidad, los beneficios se reducen, y a partir de un determinado valor se produce una saturación de los beneficios obtenidos.

La consideración del fenómeno anterior, junto con el obligado contraste del valor económico de los beneficios previstos con los costes de la línea de interconexión, permiten adelantar la existencia de una capacidad óptima para dos o más sistemas predeterminados.

La comparación de los ahorros económicos obtenidos con los costes de inversión que exige la construcción de una línea de interconexión, permite obtener la capacidad óptima bajo el punto de vista económico del conjunto de la red de interconexión, objetivo de los estudios realizados hasta el presente, y que para el caso en estudio han dado como resultado óptimo el actual diseño del Proyecto SIEPAC, basado en una línea de simple circuito a 230 kV.

2.4. NECESIDAD Y OBJETIVOS DE LA INSTALACIÓN.

Como ya se ha mencionado, según los datos existentes, en un futuro relativamente inmediato los países centroamericanos se encontrarán con serias dificultades para satisfacer sus respectivas demandas de energía. Para dar respuesta de forma individual a esta demanda se requerirán unas inversiones económicas muy significativas, que pueden verse condicionadas o limitadas, por lo que se considera necesario y urgente realizar un proyecto conjunto de

interconexión eléctrica a escala regional, que permita enfrentar el problema de forma conjunta, buscando soluciones globales.

El Proyecto SIEPAC es una iniciativa de cooperación multilateral para la construcción de un sistema de interconexión eléctrica en el istmo centroamericano, consistente en una línea de transporte que unirá los sistemas eléctricos de estos seis países permitiendo el transporte de toda la energía potencialmente intercambiable, reforzando y estabilizando los sistemas eléctricos de los mismos, abriendo múltiples posibilidades de coordinación, operación y programación conjunta del sector eléctrico en los seis países interesados.

El Proyecto presenta una parte apreciable de las ventajas técnicas mencionadas en el epígrafe precedente, de entre las que es preciso destacar el hecho de que implica notables ventajas económicas derivadas de la optimización de los sistemas eléctricos por economías de escala, ya que permite optimizar el sistema eléctrico centroamericano como un conjunto único, que respetando la autonomía de sus diversos componentes nacionales, posibilita la adopción de soluciones comunes frente a problemas globales, como incrementos generalizados de la demanda o desarrollo de grandes proyectos supranacionales, o bien problemas locales o temporales, como un mal año hidrológico en una cierta zona del istmo, que no justifican el desarrollo de nuevas centrales al ser un problema circunstancial, pero que se da periódicamente, con la problemática que ello conlleva para el país o zona afectada, ya que en ocasiones se han producido y producen problemas de suministro, con cortes de la corriente o bien racionamiento.

Estas situaciones que se presentan hoy en día se verían solucionadas en gran parte con el desarrollo de este Proyecto, como se aprecia en el punto siguiente en el que se analiza y justifica la solución propuesta.

En la evaluación del Proyecto SIEPAC hay que tener en cuenta además de las razones puramente técnicas o económicas, el que su desarrollo posee un importante carácter político para el área, ya que:

- Se trata de un proyecto de fuerte contenido integracionista, debido a que para su construcción hace falta un consenso entre los políticos de todos los países y durante un número apreciable de años, lo que implica para algunos más de una legislatura, debiendo ser asumido por el conjunto de la clase política centroamericana como un proyecto conjunto de sumo interés para todos.
- Colabora al desarrollo regional, al permitir la disponibilidad de energía en cantidad y calidad suficiente para posibilitar el desarrollo de las particularidades económicas regionales y nacionales, al dar estabilidad al suministro de energía eléctrica, paso indispensable para el desarrollo de la industria moderna.
- Colabora igualmente al proceso de pacificación regional, aportando argumentos económicos en pro de la solución de los conflictos entre países mediante la generación de beneficiosas interrelaciones energéticas y económicas.

Los principales componentes del proyecto, en su configuración definitiva, son:

- Una línea de transporte de energía eléctrica de 230 kV, que a través de algo más de 1.380 km. de recorrido unirá los sistemas eléctricos de todos los países del Istmo Centroamericano. Esta línea entrará en servicio en el año 2007.
- 14 estaciones transformadoras 230 kV que unirán las actuales redes eléctricas nacionales a la línea eléctrica de interconexión.
- Un conjunto de modernas instalaciones, los centros de control a instalar en cada uno de los países, que mejorarán los sistemas eléctricos actuales de éstos.

Para el diseño definitivo del proyecto se realizaron un número apreciable de estudios técnicos, económicos y ambientales, desarrollados por diferentes equipos de trabajo, formados por especialistas de cada una de las empresas eléctricas participantes, que han sido ayudados en los aspectos que han precisado por el Instituto de Investigaciones Tecnológicas de España y

Power Technologies Inc. como consultores externos, con base a los cuales se ha diseñado el Proyecto SIEPAC con su alcance actual.

2.5. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA.

Desde 1987 las compañías eléctricas IRHE de Panamá (hoy ETESA), ICE de Costa Rica, INE de Nicaragua, ENEE de Honduras, CEL de El Salvador e INDE de Guatemala junto con el grupo ENDESA de España vienen impulsando el Proyecto SIEPAC.

La solución técnica propuesta para el Proyecto SIEPAC es el resultado de los estudios realizados sobre la factibilidad del mismo.

El objetivo principal de estos estudios ha sido identificar y analizar la conveniencia económica y técnica de su desarrollo, así como las características y oportunidad de la red troncal de interconexión, dados los requisitos de intercambio de potencia y energía previstos para corto, medio y largo plazo entre los países del istmo centroamericano.

En la realización de estos estudios han participado especialistas en la planificación de la generación y del transporte de cada una de las empresas eléctricas del istmo centroamericano, el BID, a través de un consultor designado a tal fin, y técnicos del equipo de ENDESA. Los estudios se realizaron entre octubre de 1992 y enero de 1997, si bien se sigue trabajando en algunos de ellos.

Los primeros estudios de factibilidad técnico-económica del Proyecto terminaron en 1989, recomendando la construcción de una red troncal a 230 kV, que conectaría a los seis países, desde Guatemala hasta Panamá a través de 1.380 km de recorrido. La red constaría de 16 subestaciones, y de un centro de control para coordinar la explotación conjunta en cada uno de ellos.

La documentación elaborada se centró esencialmente en los estudios de análisis técnico, tales como Análisis de Estabilidad Transitoria y Transitorios Electromagnéticos.

A comienzos de 1991, se decidió reformular el Proyecto dividiéndolo en dos etapas, para adaptarlo a las posibilidades económicas y las necesidades más inmediatas de cada uno de los seis países. Esta división en etapas contempla básicamente una energización inicial a 230 kV, para más tarde, una vez completado el conjunto de las instalaciones, operar a 500 kV.

Para analizar el proyecto reformulado se prepararon, conjuntamente con el BID, los Términos de Referencia del Proyecto y la Propuesta de Trabajo de los estudios complementarios, aprobados ambos en la Reunión de Presidentes y Coordinadores del Proyecto SIEPAC.

Los estudios complementarios se llevaron a cabo, sin embargo posteriormente ante la dificultad de materializar los grandes proyectos hidroeléctricos, tales como Boruca y otros, así como la dificultad de materializar el grado de coordinación supuesto en los estudios se decidió en octubre de 1995 realizar un nuevo conjunto de estudios de factibilidad. Dichos estudios serían realizados por el Instituto de Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Pontificia de Comillas (IIT) y el Power Technologies Inc. (PTI).

Estos nuevos estudios se han realizado bajo un enfoque novedoso, los lazos de interconexión se vislumbran como opciones en el proceso de planificación del sistema integrado de generación-transformación. Las decisiones relacionadas con la expansión del sistema de generación se han visto afectadas por las decisiones asociadas a la expansión del sistema de transformación y viceversa. La herramienta de planificación utilizada ha sido el modelo SUPER/SIEPAC y se utilizó el criterio de planificación bajo incertidumbre.

Se consensuaron los criterios generales para determinar los seis escenarios de incertidumbre. Utilizando dichos criterios y teniendo en cuenta la experiencia obtenida con la optimización de los 16 escenarios estudiados presentados en San José del 6 al 10 de agosto de 1996, se elaboraron seis escenarios preliminares.

Los criterios consensuados para determinar los 6 cubren un rango de posibles materializaciones de la incertidumbre en el crecimiento de la demanda, y un grado de coordinación en la planificación y en la operación entre los países. Las distintas opciones de proyectos regionales son analizadas de forma gradual según se incrementa el grado de coordinación de los escenarios. De esta forma, se materializa de forma realista los distintos grados de integración posibles.

Las incertidumbres contempladas en los criterios se clasifican de acuerdo con los siguientes aspectos:

- Crecimiento de la demanda bajo y alto.

- Grado de coordinación en la planificación de la generación: se materializa de forma gradual en los distintos escenarios pasando desde planificación individual para cada uno de los países, a planificación en grupos de tres países, y llegando hasta la planificación regional en el conjunto de los seis países. Se distinguen tres grados
 - Grado 0: se planifican los subsistemas de forma individual, para lo cual se modela el sistema suponiendo que las interconexiones entre los subsistemas tienen capacidad nula de intercambio y que las opciones de interconexión son las contempladas con carácter nacional.

 - Grado 3: en los escenarios de coordinación parcial se permite planificar en grupos de tres países. En estos casos se aprovecha la simultaneidad de la carga al estar interconectados. esto permite flexibilizar la fecha de entrada de los proyectos de escala nacional e incorporar opciones de proyectos regionales con economías de escala que aumentan conforme a la gradualidad de los escenarios. Este grado de coordinación puede requerir expandir las interconexiones existentes y comprometidas hasta el año 1999 entre los países del grupo donde se permite la coordinación de acuerdo con las necesidades de intercambio resultantes.

- Grado 6: en los escenarios de mayor se permite planificar entre los seis países. Esto permite flexibilizar la fecha de entrada de los proyectos de escala nacional e incorporar las opciones de proyectos regionales con mayor economía de escala. Este grado de coordinación puede requerir expandir las interconexiones existentes y comprometidas entre todos los países de acuerdo con las necesidades de intercambio resultantes.
- Grado de coordinación en la operación: se materializa de forma gradual en los distintos escenarios pasando desde operación coordinada en grupos de tres, y llegando hasta operación regional para los seis países. Se distinguen al igual que en el caso previo tres grados:
 - Grado 0: en los escenarios de referencia se simula la operación coordinada con las interconexiones existentes y comprometidas hasta el año 1999, sin expandir la interconexión durante el periodo de estudio.
 - Grado 3: en algunos escenarios se permite la coordinación de la operación en grupos de tres países. Esto se simula manteniendo el enlace Honduras-Nicaragua con la capacidad existente, pudiendo expandir los enlaces de la interconexión entre los países de los grupos donde se permite la coordinación de acuerdo con las necesidades de intercambio resultantes.
 - Grado 6: en los escenarios de mayor coordinación, se permite la operación coordinada entre los seis países pudiendo expandir todos los enlaces de la interconexión de acuerdo con las necesidades de intercambio resultantes.

A continuación se describen los seis escenarios determinados, incluyendo las opciones de generación térmica e hidráulica regionales para el medio (MP) y el largo plazo (LP) para cada uno de ellos. Las escalas de los proyectos van acordes con el nivel de coordinación y la demanda. En cuanto a los proyectos térmicos, se parte de escalas de 150 MW, 220 MW, hasta

350 MW con las tecnologías disponibles en el catálogo de grupos regionales térmicos, principalmente de ciclo combinado diesel (CCD) y gas natural (CCGN), búnker (BK) y carbón (CB). En cuanto a los proyectos hidráulicos se hace especial énfasis en las posibilidades de los proyectos más grandes: Siquirres 412 MW en Costa Rica, El Tigre 704 MW en Honduras y El Salvador, Patuca 431 MW en Honduras y Gran Boruca 1.520 MW (Boruca Pequeño 460 MW) en Costa Rica.

El periodo de estudio de planificación comprende desde el año 1996 hasta el 2015, incluyendo dos años más como periodo de extensión. El periodo de estudio se divide en tres subperiodos: a) 1996 a 1999 corto plazo, b) 2000 a 2007 medio plazo y iii) 2008 a 2015 largo plazo.

- Escenario 1: Planificación Individual

No existen proyectos térmicos o hidráulicos, la coordinación para la planificación entre los países es nula, grado 0 a mediano y largo plazo, y la operación se mantiene en el grado 3. El crecimiento de la demanda es bajo

- Escenario 2: Planificación Individual a Medio Plazo y Parcial a Largo plazo

No existen proyectos hidráulicos, si térmicos a largo plazo, proyectos CCD y CB, la coordinación para la planificación entre los países es nula a mediano plazo, y grado 3 a largo plazo, y la operación se mantiene en el grado 3, para medio y largo plazo. El crecimiento de la demanda es bajo.

- Escenario 3: Planificación Individual a Medio Plazo y Parcial a Largo plazo

Al igual que en el caso previo no existen proyectos hidráulicos, sí térmicos a largo plazo, proyectos CCD y CB, la coordinación para la planificación entre los países es nula a mediano plazo, y grado 3 a largo plazo, y la operación se mantiene en el grado 3 para mediano plazo, pero se incrementa a 6 para largo plazo. El crecimiento de la demanda es alto.

- Escenario 4: Planificación y Operación Parcial

Existen proyectos térmicos tipo CCD y CB desde el plazo medio, y se desarrollan proyectos hidráulicos (Tigre I en Honduras y El Salvador, Siquirres 412 MW y Boruca Pequeño 460 MW, ambos en Costa Rica), la coordinación para la planificación entre los países es de grado 3 a mediano y largo plazo, y la operación se mantiene igualmente en el grado 3, para medio y largo plazo. El crecimiento de la demanda es bajo

- Escenario 5: Planificación y Operación Gradual

Existen proyectos térmicos tipo CCD y CB, así como CCGN en Panamá, desde el plazo medio, así como CCGN en Guatemala a largo plazo. Se desarrollan proyectos hidráulicos (Tigre I en Honduras y El Salvador, Siquirres 412 MW en Costa Rica, Boruca Pequeño 460 MW en Costa Rica y Patuca II en Honduras). La coordinación para la planificación entre los países es de grado 3 a medio plazo y de 6 a largo plazo, y la de operación se mantiene en el grado 3 para medio plazo, pero se incrementa a 6 para largo plazo. El crecimiento de la demanda es alto.

- Escenario 6: Planificación y Operación Regional

Existen proyectos térmicos tipo CCD y CB, así como CCGN en Panamá y Guatemala, desde el plazo medio. Se desarrollan proyectos hidráulicos (Tigre I en Honduras y El Salvador, Siquirres 412 MW en Costa Rica, Boruca Pequeño 460 MW en Costa Rica y Patuca II en Honduras). La coordinación para la planificación y la de operación entre los países son de grado 6 a medio y largo plazo. El crecimiento de la demanda es alto

Una vez determinados estos escenarios se procedió a aplicar el modelo ya mencionado SUPER/SIEPAC conforme al criterio de mínimo costo, analizándolo para el periodo de estudio comprendido entre 1996 y el año 2015, y refiriéndolo al modelado de la demanda para cada uno de los escenarios, integrando el modelado y calibración de la producción hidráulica, el grado de coordinación en la planificación y en la operación y los márgenes de reserva y excedentes.

Como resultado de estos estudios de planificación de la generación se obtuvieron para cada escenario los flujos (de potencia y energía) de intercambio en los diferentes enlaces de la interconexión que sirvieron de la red de transmisiones.

Estos estudios han determinado cuales son los refuerzos necesarios en el corto plazo y cual es la red de mínimas inversiones que, conforme a los posibles grados de integración esperados en la realidad, y tomando como base el escenario más pesimista, permita satisfacer las necesidades a mediano plazo.

La conclusión del equipo de consultores es que el proyecto SIEPAC debe consistir en un simple circuito de 230 kV, con dos opciones. La primera sería una línea de simple circuito de 230 kV con posibilidad de otra línea independiente de 230 kV en el futuro. La segunda sería una línea de doble circuito de 230 kV con el primer circuito instalado.

2.5.1. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Hasta 1997, el análisis de alternativas se ha basado en el método de aproximaciones sucesivas y en el trabajo de gabinete, cobrando los condicionantes técnicos relativa importancia frente a los ambientales.

Estos condicionantes estaban marcados por la ubicación de las subestaciones y la definición de los puntos de cruce en las fronteras que menos impacto ambiental produzcan. En total son cuatro puntos de paso obligado por los que deberá discurrir obligatoriamente la línea. Para el tramo Guate-Este - El Salvador los puntos son: la subestación Guate-Este y la frontera entre Guatemala y El Salvador, y para el tramo Panaluya - El Florido los pasos obligados son: la subestación Panaluya y el paso fronterizo entre Guatemala y Honduras.

La definición de un corredor básico para la línea SIEPAC, se fundamentó en lo siguientes condicionantes:

- La línea deberá eludir las zonas y parajes más sensibles desde el punto de vista ambiental.
- Los centros de transformación deberían situarse lo más próximo posible a los principales centros de reparto de potencia.
- La longitud de las líneas debía ser la menor posible.

En el tramo Guate-Este-El Salvador, una vez delimitado el corredor básico que discurre por la vertiente del Pacífico se procedió a definir el trazado. Es en esta vertiente donde se concentra la mayor parte de la población, lo cual conlleva una disminución en su valor ecológico, por lo intervenido que se encuentra el área, lo que a su vez favorece el proyecto, ya que los impactos se producirán a menor escala que por la vertiente caribeña.

El primer trazado parte de la existencia de otras infraestructuras, en particular las líneas de interconexión entre los países a 230 kV, y la Carretera Panamericana (CA-1). El trazado original del SIEPAC se definió paralelo a estas infraestructuras.

Luego de análisis exhaustivos por parte de los integrantes de los equipos ambientales nacionales, se han analizado un número apreciable de variaciones sobre el trazado original, con el objetivo de reducir los posibles impactos. Como resultado final, se propusieron tres posibles alternativas, las cuales se pasan a analizar para, una vez seleccionada la idónea, pormenorizar en el componente ambiental del trazado (ver Mapa 2.5.1).

- Alternativa 1 (Guate-Este - Fraijanes - Río Paz): La longitud aproximada de la línea es 90 km. La coordenada UTM del punto de interconexión con El Salvador es (838.250 m E, 1.554.000 m N), en las cercanías de Las Pilas. El área de estudio se extiende, desde la interconexión, hasta su finalización en la subestación Guate-Este, 2 km a cada lado del trazado de la línea. Se utiliza parte del derecho de vía de la actual línea de interconexión con El Salvador.

- Alternativa 2 (Guate-Este - Río Paz): La extensión de la línea es 96 km, corre paralela e independientemente a la línea de interconexión eléctrica con El Salvador, y a la Carretera Panamericana.
- Alternativa 3 (Escuintla – Río Paz): Tiene una longitud aproximada de 118 km y tiene la particularidad de atravesar la Cordillera Volcánica y continuar paralela a la base de la Planicie Costera hasta un nuevo sitio de subestación eléctrica en Escuintla. Desde este punto es necesario prolongar la línea unos 30 km aproximadamente hasta la subestación Guate Sur.

La adecuada selección de la trayectoria se fundamentará en la minimización del impacto ambiental, cuidando con especial interés el factor social del proyecto, pero sin olvidar los condicionantes técnicos y económicos.

Se cotejarán las diferentes alternativas con un análisis de ventajas e inconvenientes.

En función de las alternativas analizadas, y con base a los estudios realizados por el INDE, SOLUZIONA, S.A., utiliza como trazado base la alternativa 1, proponiendo la modificación en su tramo inicial, de tal manera que se obvia el paso por la subestación Fraijanes y desplazando el tramo un poco más al noreste (ver Mapa MG-2A). Al realizar esta variación disminuye un poco la longitud de la línea y se reducen los impactos socioeconómicos, al evitar un emplazamiento con alta concentración de población que va en aumento sobre la ruta original. La longitud de este trazado se mantiene alrededor de los 90 km.

La viabilidad de esta ruta queda sustentada por lo siguientes aspectos:

- Técnicamente resulta viable.
- Es la alternativa que menor longitud de la línea presenta.
- No producirá mayores impactos en el medio ambiente, que se presentan de leves a moderados, y en gran parte reversibles, a corto plazo.
- Discurre en forma casi paralela a la Carretera Panamericana (CA-1), y se encuentra en las cercanías de otros caminos y carreteras, lo cual facilita el acceso a diversos puntos.

- Se aprovecha la servidumbre o derecho de vía del trazado actual de la línea de interconexión 230 kV.
- Se puede decir que no existen sitios, espacios y especies de avifauna que necesiten de una protección y/o tratamiento especial, salvo cuatro especies que se encuentran en enclaves situados fuera de la influencia directa del proyecto.
- No existen masas forestales que presenten valor alguno, ya sea comercial o que deban ser protegidas.

Cuadro 2.4.1: Cuadro comparativo entre alternativas para la ruta Guate-Este-El Salvador.

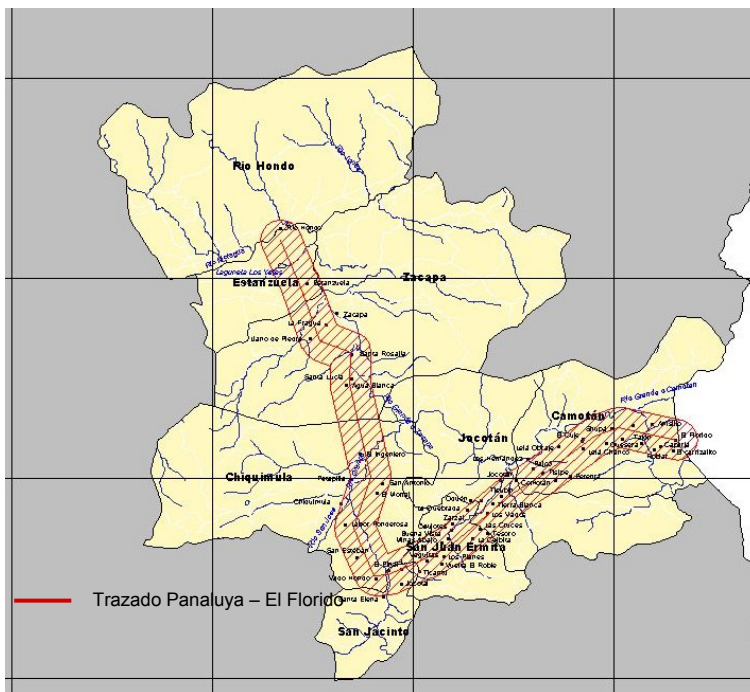
| ALTERNATIVA | LONGITUD (km) | N° PTOS. DE INFLEXIÓN | PTO. INTERCONEXIÓN | VENTAJAS | INCONVENIENTES |
|-------------|---------------|-----------------------|--------------------|--|---|
| | | | | <ul style="list-style-type: none"> Se aprovecha parte del | <ul style="list-style-type: none"> Intenso desarrollo urbanístico en los alrededores de la subestación Guate Este |
| | | | | | <ul style="list-style-type: none"> Intenso desarrollo urbanístico en los alrededores Uso intensivo del suelo con variedad de cultivos Mayor longitud |
| | | | | | <ul style="list-style-type: none"> Mayor longitud Cruza un relieve montañoso de fuertes pendientes y taludes inestables |



- Alternativa 1 Guate - Este - Fraijanes - Río Paz
- Alternativa 2 Guate - Este - Río Paz
- Alternativa 3 Escuintla - Río Paz
- Alternativa seleccionada
- ▲ Subestación

Mapa 2.5.1: Esquema de las alternativas estudiadas para el tramo Guate - Este - El Salvador.

Para el tramo Panaluya-Frontera con Honduras, se procedió a verificar en campo las condiciones ambientales existentes del trazado propuesto. Después de hacer una revisión minuciosa al trazado presentado en la Justificación Ambiental se decidió desplazarlo en algunos sectores para disminuir al mínimo la cantidad de poblaciones afectadas. La longitud del nuevo trazado es de aproximadamente 73,4 km, cuenta con 22 puntos de inflexión y el punto de interconexión se encuentra en la coordenada UTM (x= 906.300 m; y=1.643.850 m), la subestación de salida es Panaluya (ver Mapa 2.5.2).



Mapa 2.5.2: Esquema del trazado de la alternativa propuesta por el INDE y verificada por SOLUZIONA para el tramo Panaluya - Frontera con Honduras.

2.5.2. TRAZADO PROPUESTO

2.5.2.1. RUTA I, GUATE-ESTE-EL SALVADOR

A continuación se describe el trazado de la ruta Guate-Este–El Salvador propuesto por SOLUZIONA, S.A.(ver Mapa 2.5.3 y MG-2A).

Tras la gira de campo, se comprueba que las obras del proyecto SIEPAC en la República de Guatemala, para este tramo, se ubican desde la región central del país y hacia el sudeste, en el cual se abarcan tres departamentos, Guatemala, Santa Rosa y Jutiapa, y se interceptan un total

de catorce municipios, varias aldeas y fincas. El proyecto discurre más o menos paralelo a la Carretera 13, que comunica a la población Lo de Diéguez con la intersección de la carretera 3, cerca de la localidad de Amberes, la cual se encuentra en muy buen estado, y en las cercanías de otras carreteras que poseen también condiciones óptimas de accesibilidad, como de muchos más caminos de penetración.

El trazado Guate – Este - El Salvador da inicio en la subestación Guate Este, ubicada en el Departamento de Guatemala, en las cercanías de la Finca San Vicente en el Municipio de Santa Catarina Pinula, luego discurre 2,1 km hacia el sur, más o menos paralela a la carretera (CA-1); próximo al camino que conduce hacia la aldea Las Manzanillas entre Villa Canales y San Agustín Vista al Lago.

Desde este punto, la línea adopta una dirección este, atravesando casi perpendicularmente la



Mapa 2.5.3: Esquema del trazado de la ruta Guate – Este – El Salvador.

carretera (CA-1), entrando en el Municipio de Fraijanes hasta la carretera que va desde Lo de Diéguez hacia Yumanes y Villas Pradera (8,8 km), en el Municipio de Santa Rosa de Lima.

El tercer tramo toma rumbo 30° hacia el sur-este en línea recta, 19,7 km hasta llegar a las Lomas Ojo de Agua atravesando la carretera nacional 3, que une a Santa Rosa de Lima y Barberena. Este tramo discurre paralelo al río Las Cañas y a la carretera 13, la

cual es totalmente nueva y une al poblado de Amberes en la intersección con la carretera 3, próximo a la Finca El Trapichito.

El cuarto tramo que se inicia en Lomas Ojo de Agua con dirección 45° aproximadamente, hacia el sureste, se extiende 44 km en línea recta hasta Finca Rancho Santa Teresa en Sapuyuca, atravesando el río Los Esclavos, paralelo a Estanzuela, en las inmediaciones de Monte Verde, Los Matochos, interceptando el río El Molino a la altura de la Carretera Panamericana CA-1, proyectándose casi paralela a los límites de San José Acatemala, Jutiapa, Oratorio, Jalpatagua, Comapa y paralelo a la carretera CA-8, hasta interceptar la carretera 3, que une a San Ixtán y San Francisco El Rosario-El Llano, pasando al norte de Jalpatagua, manteniéndose casi paralela a la línea de 230 kV ya existente, y a la carretera CA-8, hasta llegar a Finca Rancho Santa Teresa, entre El Sitio y Sapuyuca.

El quinto tramo tiene dos ligeras desviaciones, una en Sapuyuca y la otra en el Coyol. A partir de este punto se mantiene casi la misma dirección que en el cuarto tramo, pasando por Tierra Blanca, El Tempisque, Las Pilas y El Espinal, hasta llegar a la intersección con el río Paz, a 5 km aguas arriba del puente de la carretera CA-8, sobre el río Paz, frontera con El Salvador (14,5 km), haciendo un total de 89,1 km.

Cuadro 2.4.2: Coordenadas de los puntos de inflexión del trazado propuesto en el tramo Guate-Este-El Salvador

| PTOS. DE INFLEXIÓN | COORDENADAS UTM – ZONA 15 | | COORDENADAS GEOGRÁFICAS | | DISTANCIA PARCIAL (km) | DISTANCIA ACUMULADA (km) |
|--------------------|---------------------------|-----------|-------------------------|----------------|------------------------|--------------------------|
| | ESTE (m) | NORTE (m) | LATITUD (N) | LONGITUD (O) | | |
| PM - 1 | 772.300 | 1.608.550 | 14° 32' 10,76" | 90° 28' 23,66" | | 0 |
| | | | | | 2,136 | |
| PM - 2 | 770.500 | 1.607.400 | 14° 31' 34,01" | 90° 29' 24,17" | | 2,136 |
| | | | | | 8,793 | |
| PM - 3 | 778.650 | 1.604.100 | 14° 29' 43,75" | 90° 24' 53,36" | | 10,929 |
| | | | | | 4,133 | |
| PM - 4 | 781.000 | 1.600.700 | 14° 27' 52,33" | 90° 23' 36,22" | | 15,062 |
| | | | | | 8,099 | |
| PM - 5 | 785.400 | 1.593.900 | 14° 24' 09,58" | 90° 21' 12,02" | | 23,161 |
| | | | | | 3,405 | |

| PTOS. DE INFLEXIÓN | COORDENADAS UTM – ZONA 15 | | COORDENADAS GEOGRÁFICAS | | DISTANCIA PARCIAL (km) | DISTANCIA ACUMULADA (km) |
|--------------------|---------------------------|-----------|-------------------------|----------------|------------------------|--------------------------|
| | ESTE (m) | NORTE (m) | LATITUD (N) | LONGITUD (O) | | |
| PM - 6 | 787.100 | 1.590.950 | 14° 22' 33,03" | 90° 20' 16,44" | | 26,566 |
| | | | | | 4,121 | |
| PM - 7 | 789.500 | 1.587.600 | 14° 20' 43,20" | 90° 18' 57,69" | | 30,687 |
| | | | | | 7,906 | |
| PM - 8 | 796.000 | 1.583.100 | 14° 18' 14,41" | 90° 15' 22,70" | | 38,593 |
| | | | | | 7,393 | |
| PM - 9 | 802.400 | 1.579.400 | 14° 16' 11,63" | 90° 11' 50,81" | | 45,986 |
| | | | | | 8,224 | |
| PM - 10 | 809.500 | 1.575.250 | 14° 13' 53,90" | 90° 07' 55,84" | | 54,210 |
| | | | | | 12,271 | |
| PM - 11 | 820.000 | 1.568.900 | 14° 10' 23,20" | 90° 02' 08,60" | | 66,481 |
| | | | | | 8,182 | |
| PM - 12 | 826.800 | 1.564.350 | 14° 07' 52,47" | 89° 58' 24,02" | | 74,663 |
| | | | | | 6,351 | |
| PM - 13 | 830.900 | 1.559.500 | 14° 05' 13,10" | 89° 56' 09,56" | | 81,014 |
| | | | | | 8,110 | |
| PM - 14 | 837.400 | 1.554.650 | 14° 02' 32,68" | 89° 52' 35,26" | | 89,124 |

Fuente: Elaboración propia con base a hojas cartográficas del IGN.

2.5.2.2. RUTA II, PANALUYA- FRONTERA CON HONDURAS.

El otro tramo que corresponde al Proyecto SIEPAC en Guatemala, es el que se construirá desde la subestación Panaluya en Río Hondo, hasta El Florido, en la frontera con Honduras (ver Mapa MG-2B).

Este tramo atraviesa dos departamentos, Zacapa y Chiquimula, entre los cuales se localizan ocho municipios que serán impactados con la construcción de este Proyecto, como también diversos poblados y aldeas.

Este tramo se inicia en la subestación Panaluya en Río Hondo, Departamento de Zacapa, más próximo en la intersección de las carreteras CA-9 y CA-10, muy cerca de las riberas del río Motagua, proyectándose en todo su recorrido paralelo a la carretera CA-10 hasta Vado Hondo, en el Departamento de Chiquimula. Desde su recorrido inicial atraviesa las planicies del río Motagua hasta los Llanos de La Fragua, abarcando las áreas de cultivo tecnificado para la exportación, y pasando por diferentes poblaciones y aldeas como son: Estanzuela, La Fragua, Zacapa, Santa Rosalía, Santa Lucía, Aguas Blancas, El Ingeniero, Petapilla, Chiquimula, Labor Ponderosa, San Esteban, Lelá Obraje hasta llegar a Vado Hondo, en un recorrido total de 37,7 km.

El siguiente tramo, con dirección noreste mantiene la trayectoria de la Carretera Nacional 21, que va desde Vado Hondo hasta El Florido en la Frontera con Honduras, que recorre 35,7 km y atraviesa al final de su recorrido las planicies del río Grande o Camotán, afectando a las poblaciones de: El Pinal, San Jorge, Veguitas, Los Planes, San Juan Ermita, Buena Vista, Tesoro, Los Vados, Tierra Blanca, Jocotán, Camotán, Brasilar, Lelá Chancó, El Cuje, Shupá, La Libertad, Caparjá y por último El Florido, abarcando una longitud total de 73,4 km.

Cuadro 2.4.2: Coordenadas de los puntos de inflexión del trazado propuesto en el tramo Panaluya-Frontera con Honduras

| PTOS. DE INFLEXIÓN | COORDENADAS UTM – ZONA 15 | | COORDENADAS GEOGRÁFICAS | | DISTANCIA A (km) | DISTANCIA ACUMULADA (km) |
|--------------------|---------------------------|-----------|-------------------------|----------------|------------------|--------------------------|
| | ESTE (m) | NORTE (m) | LATITUD (N) | LONGITUD (O) | | |
| PM - 1 | 866.750 | 1.663.871 | 15° 01' 28,32" | 89° 35' 23,91" | | 0 |
| | | | | | 5,091 | |
| PM - 2 | 867.850 | 1.658.900 | 14° 58' 46,25" | 89° 34' 49,71" | | 5,091 |
| | | | | | 5,910 | |
| PM - 3 | 870.750 | 1.653.750 | 14° 55' 57,47" | 89° 33' 15,46" | | 11,001 |
| | | | | | 3,195 | |
| PM - 4 | 873.750 | 1.652.650 | 14° 55' 20,22" | 89° 31' 35,79" | | 14,196 |
| | | | | | 4,351 | |
| PM - 5 | 873.650 | 1.648.300 | 14° 52' 58,94" | 89° 31' 41,40" | | 18,547 |

Línea de Transmisión Eléctrica 230 kV del Proyecto SIEPAC-Tramo Guatemala
Estudio de Impacto Ambiental

| PTOS. DE INFLEXIÓN | COORDENADAS UTM – ZONA 15 | | COORDENADAS GEOGRÁFICAS | | DISTANCIA A (km) | DISTANCIA ACUMULADA (km) |
|--------------------|---------------------------|-----------|-------------------------|----------------|------------------|--------------------------|
| | ESTE (m) | NORTE (m) | LATITUD (N) | LONGITUD (O) | | |
| | | | | | 7,040 | |
| PM - 6 | 876.100 | 1.641.700 | 14° 49' 23,27" | 89° 30' 23,01" | | 25,587 |
| | | | | | 6,662 | |
| PM - 7 | 874.250 | 1.635.300 | 14° 45' 56,29" | 89° 31' 28,10" | | 32,249 |
| | | | | | 5,469 | |
| PM - 8 | 876.350 | 1.630.250 | 14° 43' 11,16" | 89° 30' 20,61" | | 37,718 |
| | | | | | 1,101 | |
| PM - 9 | 877.450 | 1.630.300 | 14° 43' 12,23" | 89° 29' 43,87" | | 38,819 |
| | | | | | 1,733 | |
| PM - 10 | 878.900 | 1.631.250 | 14° 43' 42,36" | 89° 28' 54,97" | | 40,552 |
| | | | | | 2,159 | |
| PM - 11 | 881.000 | 1.631.750 | 14° 43' 57,53" | 89° 27' 44,61" | | 42,711 |
| | | | | | 2,332 | |
| PM - 12 | 883.000 | 1.632.950 | 14° 44' 35,49" | 89° 26' 37,21" | | 45,043 |
| | | | | | 3,395 | |
| PM - 13 | 885.450 | 1.635.300 | 14° 45' 50,57" | 89° 25' 14,18" | | 48,438 |
| | | | | | 1,304 | |
| PM - 14 | 886.750 | 1.635.400 | 14° 45' 53,14" | 89° 24' 30,73" | | 49,742 |
| | | | | | 1,914 | |
| PM - 15 | 887.400 | 1.637.200 | 14° 46' 51,28" | 89° 24' 08,06" | | 51,656 |
| | | | | | 2,230 | |
| PM - 16 | 888.900 | 1.638.850 | 14° 47' 44,09" | 89° 23' 17,10" | | 53,886 |
| | | | | | 3,627 | |
| PM - 17 | 892.400 | 1.639.800 | 14° 48' 13,11" | 89° 21' 19,73" | | 57,513 |
| | | | | | 2,067 | |
| PM - 18 | 894.150 | 1.640.900 | 14° 48' 47,91" | 89° 20' 20,70" | | 59,580 |
| | | | | | 1,909 | |
| PM - 19 | 895.500 | 1.642.250 | 14° 49' 31,05" | 89° 19' 34,89" | | 61,489 |
| | | | | | 3,371 | |
| PM - 20 | 898.250 | 1.644.200 | 14° 50' 32,91" | 89° 18' 01,99" | | 64,860 |

Línea de Transmisión Eléctrica 230 kV del Proyecto SIEPAC-Tramo Guatemala
Estudio de Impacto Ambiental

| PTOS. DE INFLEXIÓN | COORDENADAS UTM – ZONA 15 | | COORDENADAS GEOGRÁFICAS | | DISTANCIA A (km) | DISTANCIA ACUMULADA (km) |
|--------------------|---------------------------|-----------|-------------------------|----------------|------------------|--------------------------|
| | ESTE (m) | NORTE (m) | LATITUD (N) | LONGITUD (O) | | |
| | | | | | 2,178 | |
| PM - 21 | 900.100 | 1.645.350 | 14° 51' 09,26" | 89° 16' 59,58" | | 67,038 |
| | | | | | 6,379 | |
| PM - 22 | 906.300 | 1.643.850 | 14° 50' 17,17" | 89° 13' 33,40" | | 73,417 |

Fuente: Elaboración propia con base a hojas cartográficas del IGN.

| | |
|--|-----|
| 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO | 93 |
| 2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO SIEPAC | 93 |
| 2.2. VENTAJAS DE LA INTERCONEXIÓN INTERNACIONAL | 96 |
| 2.3. NECESIDAD Y OBJETIVOS DE LA INSTALACIÓN | 99 |
| 2.4. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA. | 102 |
| 2.4.1. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS..... | 108 |
| 2.4.2. TRAZADO PROPUESTO | 113 |
| 2.4.2.1. RUTA GUATE-ESTE-ELSALVADOR..... | 113 |
| 2.4.2.2. RUTA PANALUYA-ELFLORIDO FRONTERA CON HONDURAS | 116 |