



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Posgrados**

**Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Generación Eléctrica  
del Ecuador**

**Francisco Marcelo Lazo Pintado**  
**Richard Resl, Ph.Dc., Director de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito  
para la obtención del título de Magister en Sistemas de Información Geográfica

Quito, abril de 2014

**Universidad San Francisco de Quito**

**Colegio de Posgrados**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Generación Eléctrica  
del Ecuador**

**Francisco Marcelo Lazo Pintado**

Richard Resl, Ph.Dc. ....

**Director de Tesis**

Pablo Cabrera, Ms. ....

**Miembro del Comité de Tesis**

Richard Resl, Ph.Dc. ....

**Director de la Maestría en Sistemas  
de Información Geográfica**

Stella de la Torre, Ph.D. ....

**Decana del Colegio de Ciencias  
Biológicas y Ambientales**

Víctor Viteri Breedy, Ph.D. ....

**Decano del Colegio de Posgrados**

Quito, abril de 2014

## ©DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la mencionada Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

-----

Francisco Marcelo Lazo Pintado

CI: 0102522521

Quito, abril de 2014

## **Dedicatoria**

A mi esposa Ximena que me apoyo para que continúe mi formación profesional a nivel de Maestría, a mis hijos: Mateo y Sofía, por brindarme su tiempo, su apoyo incondicional, su comprensión y sobre todo su amor.

A mis padres: Ernesto Marcelo y Bertha Yolanda, por su ejemplo, su apoyo a lo largo de mi formación personal y profesional a lo largo de toda mi vida.

## **Agradecimiento**

Al equipo UNIGIS por su ayuda brindada en los conocimientos relacionados con los Sistemas de Información Geográfica, ya que la superación del individuo tiene que ser constante y con su ayuda siento que me han indicado el camino en esta ciencia innovadora.

Un agradecimiento a mi Tutor Richard Resl por su guía, en el presente trabajo de Tesis.

## Resumen

Hoy en día en un mundo cada vez más dinámico en donde se tienen la tecnología al alcance, se impone el tener herramientas que nos ayuden a la toma de decisiones. Es por esto que en el presente proyecto se quiere enlazar los sistemas de información geográfica con la generación eléctrica del Ecuador, estableciendo dicha generación a lo largo de un territorio geográfico que cuenta con muchos recursos naturales.

Con diferentes tipos de centrales eléctricas que son coordinadas por un agente denominado Cenace para una normal operación en tiempo real de la generación de un país. En este proyecto se establecen la mayoría de las centrales de potencia y en que parte del país se encuentran ubicadas y cuáles son los criterios por los cuales son importantes para la generación eléctrica, también son considerados los proyectos que actualmente se están incrementando a la generación eléctrica.

Se presenta una aplicación de un sistema de información geográfica que considera las energías que aportan las diferentes centrales de potencia cada hora y se hace un ejercicio para los casos extremos como serían los períodos de lluvia y sequía que vive el país.

Por otro parte se relaciona con la actualidad que vive el país y se presenta un análisis energético de los cambios que tendría que hacer el país con el remplazo de gas por energía eléctrica.

## **Abstract**

Today, in an increasingly dynamic world, where technology is readily available, having tools that help us in decision-making is essential. That is why in this project it is to link GIS with specific tasks and processes regarding the planning of electric generation in Ecuador. That means to establish an optimized distribution of generation throughout a geographic territory that has many natural resources.

It is essential to count with different types of electric power stations coordinated by the national authority of Ecuador CENACE and include them in a standardized process of real time operation throughout the country. In this investigation, it was necessary to organize the most of the power plants by their location and classify them by a respective catalog of criteria upon importance, potential and demand.

An application of a geographic information system was developed that considers the energies provided by different power plants at any time, most so to identify extreme cases related to periods of rain and drought in the country.

On the other hand, the information system designed should allow for a better reading through its analytic capacities regarding to changes that Ecuador energy policy would have to undertake to replace natural gas with electricity.



## Tabla de Contenido

Resumen .....	7
Abstract .....	8
Tabla de Contenido .....	9
Índice de Figuras .....	13
Índice de Tablas .....	16
Glosario de Términos .....	17
1 Introducción: .....	18
1.1 Planteamiento del problema - Motivación.....	18
1.2 Hipótesis .....	19
1.3 Enfoque de la solución.....	19
1.4 Objetivos:.....	20
1.5 Objetivos Generales:.....	20
1.6 Objetivos Específicos: .....	20
2 Marco Teórico.....	22
2.1 Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. ....	22
2.2 Modelación de objetos con SIG.....	22
2.3 Componentes de un SIG .....	24

	10
2.3.1 Equipos (Hardware).....	24
2.3.2 Programas (Software).....	24
2.3.3 Datos.....	24
2.3.4 Recurso humano .....	25
2.3.5 Procedimientos .....	25
2.4 Software Arcgis de ESRI.....	26
2.5 Componentes principales de Arcgis .....	26
2.6 Información a ser Analizada .....	27
2.6.1 Despacho Económico Diario Programado .....	28
2.6.2 Consideraciones del SIG en la Generación Eléctrica .....	29
2.6.3 Información del Sistema Eléctrico Nacional .....	29
3 Sistema Eléctrico Ecuatoriano .....	30
Introducción .....	30
3.1 Selección de Centrales Hidráulicas Representativas .....	31
3.1.1 Selección Centrales Térmicas Representativas .....	33
3.1.2 Selección Central Energía Renovable .....	34
3.2 Análisis de la Generación en el Ecuador. ....	35
3.2.1 Zona 1 Complejo Hidroeléctrico Paute Integral (Sur Oriente).....	36
3.2.2 Zona 2 Centro del Ecuador.....	40

3.2.3	Zona 3 Sector Norte del Ecuador .....	41
3.2.4	Zona 4 Noroccidental del Ecuador. ....	42
3.2.5	Zona 5. Sector occidental del Ecuador .....	43
3.2.6	Zona 6 Golfo de Guayaquil. ....	45
3.3	Proyectos Energéticos en etapa de construcción en el Ecuador .....	48
3.3.1	Proyecto Coca Codo Sinclair.....	48
3.3.2	Toachi- Pilatón .....	49
3.3.3	Paute - Sopladora.....	50
3.3.4	Minas- San Francisco .....	52
3.3.5	Línea de Transmisión de 500KV .....	52
3.4	Aplicación de Sistemas de Información Geográfica con los Sistemas de Generación Eléctrica del Ecuador. ....	54
3.4.1	Map Server .....	55
3.4.2	Funcionamiento del programa .....	56
4	Cambio de la Matriz Energética en el Ecuador .....	62
4.1	Introducción .....	62
4.1.1	Niveles de consumo de las fuentes energéticas residenciales .....	64
4.1.2	Consumo de GLP por grupos socioeconómicos.....	66
4.1.3	Demanda de GLP en el país .....	69
4.2	Consumo de GLP por provincias.....	71

4.2.1	Equivalencia energética entre la electricidad y el GLP .....	74
4.2.2	Escenarios futuros por cambio fuente energética empleada para la cocción de alimentos .....	74
5	Conclusiones y Recomendaciones .....	79
5.1	Conclusiones .....	79
5.2	Recomendaciones .....	80
6	Bibliografía .....	81

## Índice de Figuras

FIGURA 1 REPRESENTACION GENERACION ELECTRICA ECUADOR. FUENTE: CONELEC (2014) .....	23
FIGURA 2 FUNCIONALIDADES DE UN SIG. FUENTE: ESRI (2013). .....	25
FIGURA 3 DESPACHO ECONÓMICO PROGRAMADO.....	28
FIGURA 4 PROCESOS GENERACIÓN ELÉCTRICA. FUENTE: ENRIQUEZ, G. H. (2005).....	30
FIGURA 5 INFORMACIÓN GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL PAÍS. ....	31
FIGURA 6 CENTRALES DE FUENTE RENOVABLE. FUENTE: CENACE (2013) .....	35
FIGURA 7 ANÁLIS DEL PARQUE GENERADOR DEL ECUADOR. ....	36
FIGURA 8 COMPLEJO HIDROELÉCTRICO PAUTE INTEGRAL .....	37
FIGURA 9 PRESA DANIEL PALACIOS. FUENTE: CELEC EP HIDROPAUTE. INFORME ANUAL (2013) .....	38
FIGURA 10 CAUDAL DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE. ....	38
FIGURA 11 COTAS DE LOS EMBALSES AMALUZA Y MAZAR. FUENTE: REGISTROS DE PRODUCCIÓN CELEC EP FUENTE: CELEC EP HIDROPAUTE (2013) .....	39
FIGURA 12 EMBALSE CENTRAL AGOYÁN.....	40
FIGURA 13 LÍNEAS DE INTERCONEXIÓN ECUADOR-COLOMBIA. ....	42
FIGURA 14 TERMOELÉCTRICA DE ESMERALDAS.....	42
FIGURA 15 CENTRAL TÉRMICA ESMERALDAS II.....	43
FIGURA 16 PROYECTO MULTIPLE PROPÓSITO. FUENTE: HIDRONACION (2014).....	44
FIGURA 17 CENTRAL MARCEL LANIADO. FUENTE: HIDRONACION (2014) .....	45
FIGURA 18 CENTRAL TERMOELÉCTRICA GONZALO ZEVALLOS. FUENTE: ELECTROGUAYAS (2013) .....	46
FIGURA 19 CENTRAL TERMOELÉCTRICA SANTA ELENA II FUENTE: ELECTROGUAYAS (2013) .....	46
FIGURA 20 PROYECTOS ELÉCTRICOS EN CONSTRUCCIÓN. ....	48
FIGURA 21 CENTRAL COCA CODO SINCLAIR. FUENTE: HIDROELECTRICA COCA CODO SINCLAIR. RECUPERADO DE <a href="http://www.ccs.gob.ec/">HTTP://WWW.CCS.GOB.EC/</a> .....	49

FIGURA 22 PROYECTO TOACHI-PILATÓN. FUENTE: MINISTERIO DE ELECTRICIDAD. RECUPERADO DE <a href="http://www.energia.gob.ec/toachi-pilaton">HTTP://WWW.ENERGIA.GOB.EC/TOACHI-PILATON</a> .....	50
FIGURA 23 UBICACIÓN PROYECTO TOACHI-PILATÓN. FUENTE: MINISTERIO DE ELECTRICIDAD. RECUPERADO DE <a href="http://www.energia.gob.ec/toachi-pilaton">HTTP://WWW.ENERGIA.GOB.EC/TOACHI-PILATON</a> .....	50
FIGURA 24 PROYECTO PAUTE-SOPLADORA. FUENTE: CELEC EP. HIDROPAUTE, <a href="https://celec.gob.ec/hidropaute">HTTPS:CELEC.GOB.EC/HIDROPAUTE</a> .....	51
FIGURA 25 PROYECTO MINAS SAN FRANCISCO. FUENTE: MINISTERIO DE ELECTRICIDAD. RECUPERADO DE <a href="http://www.energia.gob.ec/minas-san-francisco">HTTP://WWW.ENERGIA.GOB.EC/MINAS-SAN-FRANCISCO</a> .....	52
FIGURA 26 DIAGRAMA DE FLUJO DEL ESQUEMAS DE MAP SERVER .....	56
FIGURA 27 REPRESENTACIÓN DE LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA CENTRO DEL PAÍS. ....	57
FIGURA 28 ESQUEMA DE APLICACIÓN MAP SERVER .....	58
FIGURA 29 APLICACIÓN MAP SERVER - PERÍODO DE SEQUÍA .....	58
FIGURA 30 APLICACIÓN MAP SERVER - PERÍODO DE LLUVIA.....	59
FIGURA 31 CURVAS HORARIAS GENERACIÓN ENERGÉTICA ECUADOR. FUENTE: CENACE (2013).....	60
FIGURA 32 FLUJOGRAMA APLICACIÓN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA. ....	61
FIGURA 33 CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA. FUENTE: GENERACIÓN CELEC EP, DE <a href="http://www.celec.gob.ec">WWW.CELEC.GOB.EC</a> .	63
FIGURA 34 PROYECCIÓN ENERGÉTICA DEL ECUADOR PARA EL FUTURO. FUENTE: GENERACIÓN CELEC.EP, DE <a href="http://www.celec.gob.ec">WWW.CELEC.GOB.EC</a> .....	64
FIGURA 35. FUENTE ENERGÉTICA EMPLEADA PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS POR PROVINCIA. ....	68
FIGURA 36 CIFRAS DEL GLP .....	70
FIGURA 37 CONSUMO DE GLP POR PROVINCIAS .....	73
<b>FIGURA 38 PORCENTAJE DE VIVIENDAS QUE USAN GAS COMO FUENTE ENERGÉTICA PARA COCCIÓN DE ALIMENTOS POR PROVINCIA. FUENTE. INEC (2010) .....</b>	<b>77</b>
FIGURA 39 PORCENTAJE DE VIVIENDAS QUE USAN GAS CENTRALIZADO COMO FUENTE ENERGÉTICA PARA COCCIÓN DE ALIMENTOS POR PROVINCIA. FUENTE. INEC (2010) .....	87

FIGURA 40 PORCENTAJE DE VIVIENDAS QUE USAN ELECTRICIDAD COMO FUENTE ENERGÉTICA PARA COCCIÓN DE ALIMENTOS POR PROVINCIA. FUENTE. INEC (2010).....	88
FIGURA 41 PORCENTAJE DE VIVIENDAS QUE USAN LEÑA O CARBÓN COMO FUENTE ENERGÉTICA PARA COCCIÓN DE ALIMENTOS POR PROVINCIA. FUENTE. INEC (2010) .....	89
FIGURA 42 PORCENTAJE DE VIVIENDAS QUE USAN RESIDUOS COMO FUENTE ENERGÉTICA PARA COCCIÓN DE ALIMENTOS POR PROVINCIA. FUENTE. INEC (2010).....	90

## Índice de Tablas

TABLA 1 CENTRALES HIDROELÉCTRICAS REPRESENTATIVAS. FUENTE: CENACE (2013).....	33
TABLA 2 CENTRALES TÉRMICAS REPRESENTATIVAS. FUENTE: CENACE (2013).....	34
TABLA 3 DATOS TÉCNICOS PAUTE INTEGRAL.....	37
TABLA 4 ECUADOR: NÚMERO DE HOGARES POR FUENTE ENERGÉTICA EMPLEADA PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS. FUENTE: INEC, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA (2010).....	65
TABLA 5 UTILIZACIÓN DEL GAS POR QUINTILES Y SEGÚN TIPO DE ACTIVIDAD .....	69
TABLA 6 CONSUMO DE GAS POR PROVINCIAS.....	72
TABLA 7 EQUIVALENCIAS DEL GPL CON OTRAS ENERGÍAS. FUENTE: EQUIVALENCIAS ENERGÉTICAS. OBTENIDO EN: <a href="http://www.sierragranadina degas.es/legislacion/1 EQUIVALENCIAS ENER G TICAS GLP.PDF">HTTP://WWW.SIERRAGRANADINA DEGAS.ES/LEGLSLACION/1 EQUIVALENCIAS ENER G TICAS GLP.PDF</a> .....	74
TABLA 8 CONSUMO DE GLP POR PROVINCIAS Y SU EQUIVALENCIA EN KWH. ....	75
TABLA 9 ECUADOR: NÚMERO DE HOGARES SEGÚN FUENTE ENERGÉTICA EMPLEADA PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS Y POR PARROQUIA. FUENTE. INEC (2010) .....	85



## **Glosario de Términos**

**Cenace:** Centro Nacional de Control de Energía

**Conelec:** Concejo Nacional de Electricidad.

**GLP:** Gas Licuado de Petróleo.

**Kilovatio-hora:** equivalente a mil vatios-hora, se usa generalmente para la facturación del consumo eléctrico domiciliario, dado que es más fácil de manejar que la unidad de energía del Sistema Internacional, el julio (J).

**Central Termoeléctrica:** Es una instalación empleada en la generación de energía eléctrica a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón.

**Central Hidroeléctrica:** Es una instalación empleada en la generación de energía eléctrica a partir del agua.

**MIEER:** Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

**Despacho Económico Diario Programado:** Es el programa con el cual el Centro Nacional de Energía (Cenace) despacha el valor de generación eléctrica de cada central.

## **1 Introducción:**

En la actualidad el Gobierno del Ecuador ha venido impulsando un cambio en su matriz energética, es decir por un lado se tiene un costo en la producción de esta energía que resulta muy económica si se la realiza recursos renovables (agua, viento o con energía solar) y se cuenta con ellos en diferentes partes del país. Sin embargo ésta misma energía tiene otro costo si se lo realiza con diferentes medios de combustión.

### **1.1 Planteamiento del problema - Motivación**

El tema energético es un ámbito muy amplio e interesante y en el presente trabajo de Tesis se quiere dar a conocer de una forma si bien no tan al detalle pero que sirva para ir difundiendo toda esta información con lo que se cuenta pero que el común de las personas muchas veces desconoce cómo se encuentra constituido el parque energético de su país ya que todos los días tenemos esta energía en nuestros hogares, sitios de trabajo, centros de comercio, diversión; y desconocemos su procedencia pero que sin embargo existen diferentes tipos de Centrales Eléctricas y el porqué de su emplazamiento de un determinado espacio geográfico y con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica se pretende responder estas interrogantes.

Constantemente en el país se empieza a difundir por los medios de comunicación los principales proyectos energéticos con los que se cuenta y aquellos que están en proceso sea en etapa de construcción o en estudio. Ya que frente a un constante crecimiento de la demanda energética se impone también un dinamismo en la Generación Eléctrica.

Los Sistemas de Información Geográfica se están convirtiendo hoy en día en herramientas de Análisis, Planificación y toma de decisiones para diferentes Áreas, es por esto que en la presente Tesis se desea realizar un análisis a nivel de Sistemas Eléctricos y dado que actualmente se están desarrollando algunos proyectos Hidroeléctricos, Eólicos en el país *se pretende mostrar un mapa de la Generación Energética del país*, y como estos proyectos repercuten en la sociedad todo esto con el empleo de los SIG.

## **1.2 Hipótesis**

Como podrían contribuir los Sistemas de Información Geográfica a la difusión de los Sistemas Eléctricos y más concretamente a la Generación de un país y si éstos podrían contribuir a un mejor manejo y a la toma de decisiones.

## **1.3 Enfoque de la solución**

Hoy en día en un mundo globalizado se impone el manejo de una eficiencia energética que conjuntamente con el manejo de una energía limpia que contribuya a la conservación del ecosistema son los conceptos que siguen, que se imponen. Es por esto que se pretende dar a conocer el parque energético del Ecuador con aquellos proyectos que se encuentran consolidados y también aquellos que se encuentran en proceso o que están en estudio.

En los **Resultados esperados**, se los realizará con la ayuda de una pregunta principal (¿Existen puntos en común entre la Generación Eléctrica y los Sistemas de Información Geográfica y se lo puede implementar?) Y las preguntas secundarias, acerca de la estructura,

implementación de aplicaciones en las cuales se pueda mostrar la utilidad de los SIG en un área como la Generación Eléctrica de un país.

#### **1.4 Objetivos:**

El hablar de un Sistema Eléctrico de un país es sin duda un tema apasionante y complejo a la vez, dado que está constituido por diferentes elementos distribuidos por todo un territorio, en el cual se tendrá que realizar ajustes para su normal funcionamiento y para garantizar la confiabilidad del servicio en este caso como lo es el fluido eléctrico. Razón por la cual es preciso ir delimitando el trabajo que se desea presentar relacionado con los Sistemas de Información Geográfica.

#### **1.5 Objetivos Generales:**

- Realizar un primer alcance del vínculo que se puede tener entre los Sistemas Eléctricos a nivel de Generación con los SIG.
- Realizar una introducción de los principales elementos con los que cuenta el Sistema Nacional Interconectado del Ecuador.
- Realizar una explicación general del funcionamiento del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador.
- Cuáles son los principales proyectos energéticos que se tiene a futuro en el Ecuador.

#### **1.6 Objetivos Específicos:**

- Presentar un ejemplo puntual de como los SIG pueden ayudar a la toma de decisiones dentro de los proyectos de Generación Eléctrica del País.

- Realizar un análisis de la información geo-referenciada de los principales proyectos Hidroeléctricos que se tienen en el Ecuador y como estos influirán en el futuro en el Ecuador.
- Realizar un análisis estadístico de la información con la que cuenta y en especial si se trata de presentar alternativas a problemáticas actuales.

## **2 Marco Teórico.**

### **2.1 Introducción a los Sistemas de Información Geográfica.**

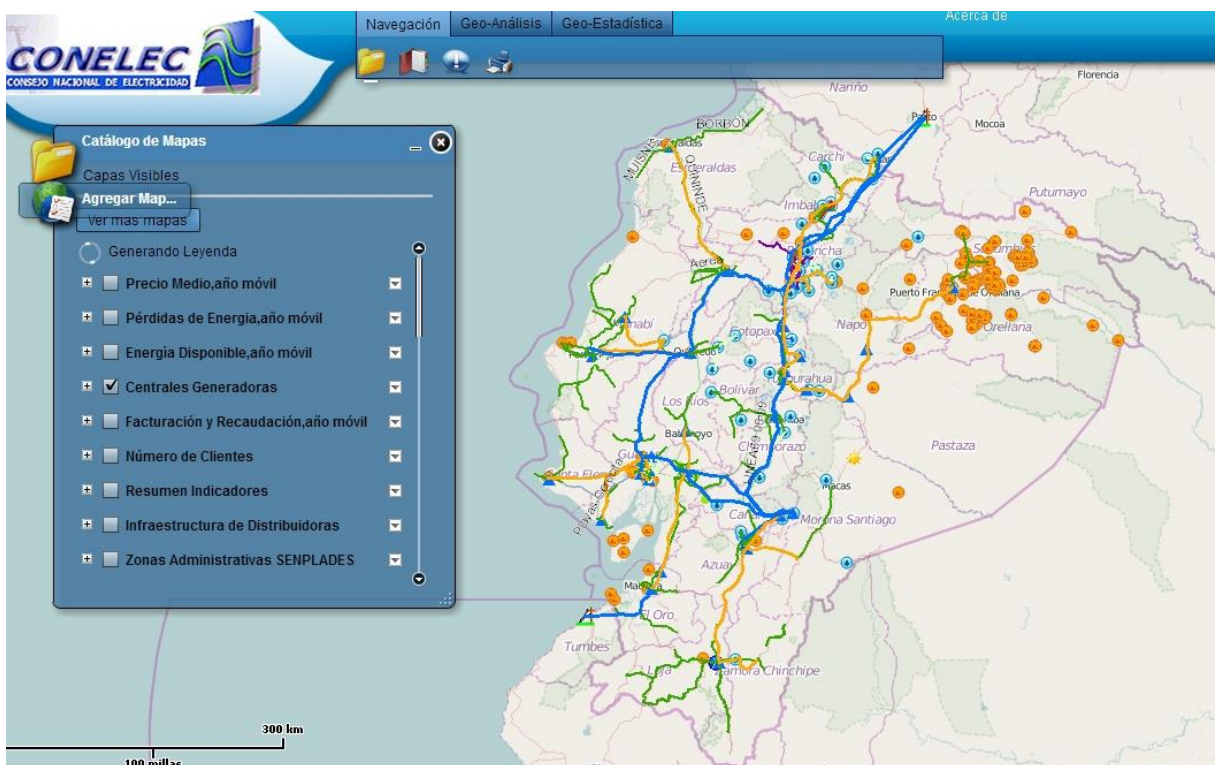
En la actualidad los diversos sistemas que existen en el mundo real, manejan datos que representan información valiosa para las diferentes organizaciones sin embargo el análisis se centra en procesar toda esta información en estudios estadísticos y consultas, toda esta información puede ser llevada dentro de un sistema que permita de forma exacta y precisa valorar toda esta información, manteniendo la integridad de datos y su relación con el mundo exterior. Por lo que el aporte de un sistema de información geográfica incorpora información del mundo real y los representa en forma de mapas y símbolos, siendo importante para su estructura y funcionalidad diseñar un modelo de objetos, que involucra un proceso y análisis para representar objetos y sus relaciones, como también el acceso a los mismos y aprovechar de mejor manera las tendencias tecnológicas de la actualidad.

### **2.2 Modelación de objetos con SIG.**

Un Sistema de Información Geográfica (**SIG**) es un paquete de aplicaciones que permiten crear, editar, simbolizar, visualizar, consultar, procesar, analizar la información geográfica. Información geográfica que puede definir la representación de los fenómenos de la superficie terrestre representadas gráficamente mediante su geometría básica: punto, línea y polígono a escalas reducidas de tal modo que el elemento y sus detalles sean representativos, los cuales presentan en su estructura coordenadas UTM o Geográficas (ubicación espacial) propias y sus características (atributos), suelen llamarlos también datos espaciales, objetos geoespaciales, coberturas geográficas, datos SIG.

La utilización de un SIG nos permite la manipulación de información geográfica mediante el cual realizamos una variedad de funciones, como la obtención de un mapa, el análisis espacial, Base de Datos Cartográfica-Geográfica, conexión a servidores remotos los cuales contienen información geográfica, mediante la utilización del internet.

Un SIG presenta la información en forma de mapas y símbolos. Al visualizar un mapa este da las coordenadas de su ubicación. Un SIG también puede diseminar la información a través de una sesión interactiva con mapas dentro de un computador, en esta interacción se puede revelar la información que no es evidente sobre un mapa impreso.



**Figura 1 Representacion Generacion Electrica Ecuador. Fuente: Conelec (2014)**

## **2.3 Componentes de un SIG**

### **2.3.1 Equipos (Hardware)**

Es donde opera el SIG. Hoy en día existen varios programas de SIG se pueden ejecutar en un amplio rango de equipos, desde servidores hasta computadores personales usados en red o trabajando en modo “desconectado”.

### **2.3.2 Programas (Software)**

Los programas de SIG proveen las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica. Los principales componentes de los programas son:

- Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- Un sistema de manejador de base de datos (DBMS)
- Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- Interface gráfica para el usuario (GUI) para acceder fácilmente a las herramientas.

### **2.3.3 Datos**

La parte más importante de un Sistema de Información Geográfico son sus datos. Los datos geográficos y tabulares pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información, así como por terceros que ya los tienen disponibles. El sistema de información geográfico integra los datos espaciales con otros recursos de datos y puede incluso utilizar los manejadores de base de datos más comunes para manejar la información geográfica.

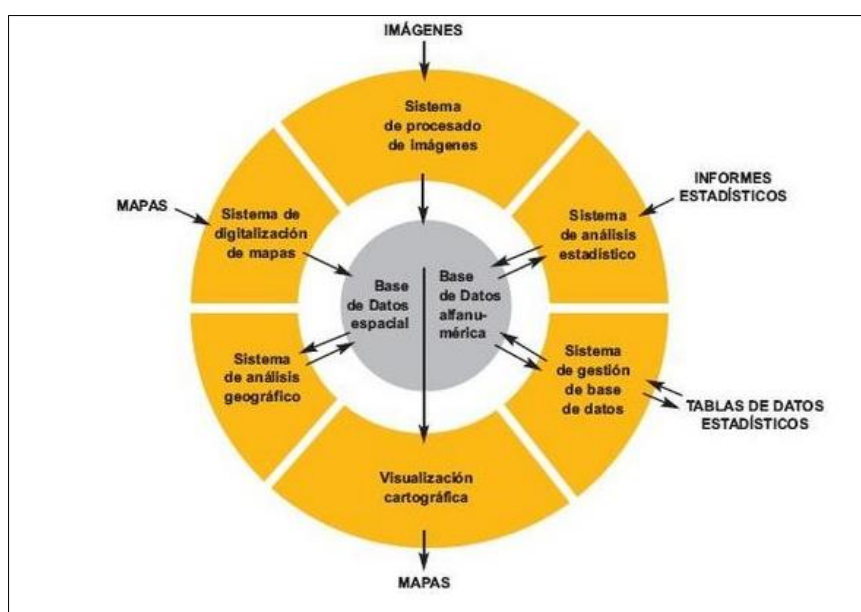


### 2.3.4 Recurso humano

La tecnología de los SIG está limitada si no se cuenta con el personal que opera, desarrolla y administra el sistema; Y que establece planes para aplicarlo en problemas del mundo real.

### 2.3.5 Procedimientos

Un SIG operará acorde con un plan bien diseñado y con unas reglas claras del negocio, que son los modelos y las prácticas operativas características de cada organización.



**Figura 2 Funcionalidades de un SIG. Fuente: ESRI (2013).**

Dentro de las funciones básicas de un sistema de información podemos describir la captura de la información, esta se logra mediante procesos de digitalización, procesamiento de imágenes de satélite, fotografías, videos, aerofotos, entre otros.

Otra función básica de procesamiento de un SIG hace referencia a la parte del análisis que se puede realizar con los datos gráficos y no gráficos, se puede especificar la función de contigüidad de objetos sobre una área determinada, del mismo modo, se puede especificar la función de coincidencia que se refiere a la superposición de objetos dispuestos sobre un mapa.

## 2.4 Software Arcgis de ESRI

El análisis del Sistema de Información Geográfico de la Generación Eléctrica del Ecuador se lo realiza con el software de ESRI que cuenta con una serie de aplicaciones, que cuando se las utiliza en conjunto permiten realizar funciones que administran un sistema de información geográfica, desde la creación de mapas manejo y análisis de geo información hasta la edición de datos, metadatos y la publicación es estos en el internet.

## 2.5 Componentes principales de Arcgis

**ArcMap:** Es la Aplicación que sirve para desplegar mapas e investigarlos, esta es la aplicación central del software ARCGIS. Como funciones principales tenemos: crear y visualizar mapas La presentación de los resultados puede ser en: tablas, gráficos, reportes y otros elementos de los datos geográficos, edición y análisis espacial, y personalización utilizando lenguajes de programación.

**ArcCatalog:** Permite explorar y administrar los datos almacenados en un sistema de información geográfica. También se puede buscar y pre visualizar Datos espaciales arrastrados a ArcMap, adicional se puede manipular la información de los metadatos.

**ArcGISDesktop:** Este componente se encarga del procesamiento y manejo de geo información así como la publicación de mapas.

**ArcToolbox:** Esta aplicación permite convertir los datos espaciales de un formato a otro, introducir un sistema de referencia o cambiar la proyección de datos.

## **2.6 Información a ser Analizada**

La información con la que se cuenta en lo relacionado con la Generación Eléctrica del Ecuador requiere ser analizada, siendo ésta una información estadística con la que cuenta el INEC, como son: mapas impresos, digitales, información de páginas web e incluso de la experiencia con la que se cuenta por trabajar en el sector eléctrico y haber visitada ciertas instalaciones eléctricas en el Ecuador.

### 2.6.1 Despacho Económico Diario Programado

Para el análisis de la Generación Eléctrica se necesita del Despacho Económico Programado que no es más que la planificación por parte del Cenace sobre las asignaciones de energía a cada una de las diferentes Centrales en función de su capacidad.

cenace CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGÍA		COMPOSICIÓN GENERACIÓN											PRECIOS EN																
REDESPACHO No.: 1		<table border="1"> <tr> <td>HIDRO</td> <td>32.014,9</td> <td>51,5%</td> </tr> <tr> <td>TERMICO</td> <td>27.939,6</td> <td>45,0%</td> </tr> <tr> <td>INTERCONEXION</td> <td>2.190,0</td> <td>3,5%</td> </tr> <tr> <td><b>TOTAL</b></td> <td><b>62.144,5</b></td> <td></td> </tr> </table>											HIDRO	32.014,9	51,5%	TERMICO	27.939,6	45,0%	INTERCONEXION	2.190,0	3,5%	<b>TOTAL</b>	<b>62.144,5</b>		<table border="1"> <tr> <td>ENLSE</td> </tr> <tr> <td>MEGOM</td> </tr> <tr> <td>FUNTA</td> </tr> </table>		ENLSE	MEGOM	FUNTA
HIDRO	32.014,9	51,5%																											
TERMICO	27.939,6	45,0%																											
INTERCONEXION	2.190,0	3,5%																											
<b>TOTAL</b>	<b>62.144,5</b>																												
ENLSE																													
MEGOM																													
FUNTA																													
CAUSAL: Disponible central Paute - fase C.		TOTAL											DIARIO																
FECHA: 2014-03-24 -																													
HORA DE VIGENCIA: 18:01																													
EMPRESA	PAUTH	A GOYH	PUCAH	M LA NH	MA ZA H	SFRA H	SIBIH	OCA NH	HA BA H	CALOH	BA BA H	SA UCHOA	CUM BHOA	GUA NHOA															
HORA																													
12-13	387,2	156,0	10,0	100,0	130,0	212,0	14,4	26,0	38,5	17,2	42,0	14,0	24,0	12,0															
13-14	384,5	156,0	10,0	100,0	130,0	212,0	14,4	26,0	38,5	17,2	42,0	14,0	24,0	12,0															
14-15	382,5	156,0	10,0	100,0	130,0	212,0	14,4	26,0	38,5	17,2	42,0	15,5	24,0	12,0															
15-16	383,0	156,0	10,0	100,0	130,0	212,0	14,4	26,0	38,5	17,2	42,0	15,5	24,0	12,0															
16-17	385,8	156,0	10,0	100,0	130,0	212,0	14,4	26,0	38,5	17,2	42,0	15,5	24,0	12,0															
17-18	250,0	156,0	20,0	100,0	130,0	212,0	14,4	26,0	38,5	17,2	42,0	15,5	24,0	12,0															
18-19	<b>939,3</b>	156,0	70,0	<b>100,0</b>	<b>80,0</b>	212,0	14,4	26,0	38,5	17,2	42,0	20,0	40,0	12,0															
19-20	<b>942,1</b>	156,0	70,0	<b>100,0</b>	<b>80,0</b>	212,0	14,4	26,0	38,5	17,2	42,0	20,0	40,0	12,0															
20-21	<b>947,5</b>	156,0	50,0	<b>100,0</b>	<b>80,0</b>	212,0	14,4	26,0	38,5	17,2	42,0	20,0	40,0	12,0															
21-22	<b>961,6</b>	156,0	10,0	<b>100,0</b>	65,0	212,0	14,4	26,0	38,5	17,2	42,0	20,0	24,0	12,0															
22-23	<b>974,3</b>	156,0	-	50,0	-	212,0	14,4	26,0	38,5	17,2	42,0	14,0	24,0	12,0															
23-24	<b>878,8</b>	156,0	-	50,0	-	212,0	14,4	26,0	38,5	17,2	42,0	14,0	24,0	12,0															
ENERGIA (MWh)	12.818,3	3.744,0	360,0	1.900,0	1.540,0	5.088,0	345,6	624,0	924,0	412,7	1.008,0	366,0	568,0	288,0															
COMBUSTIBLE (unidad)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0															
Costo Incremental (¢USD/kWh)	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000															

Figura 3 Despacho Económico Programado.

Fuente: Cenace (2014)

En la figura adjunta se detalla el despacho económico programado de energía de todas las centrales del Ecuador hora a hora, para de esta forma poder satisfacer la demanda del sistema de igual forma se cuenta con la demanda por concepto de Importación de Energía por parte del vecino país Colombia.

### **2.6.2 Consideraciones del SIG en la Generación Eléctrica**

- La presentación del SIG se lo realizará a nivel de Generación Eléctrica que es el objetivo general del presente trabajo de Tesis.
- Para el análisis de la Generación Eléctrica se procederá a seleccionar a las centrales más representativas y que influyen significativamente en el país ya sea por su aporte energético, tipo de energía, connotación social, etc.
- El análisis se lo realizará básicamente con Centrales del Ecuador continental, ya que las islas Galápagos al estar aislado del Sistema Nacional Interconectado no influye en dicho análisis.
- Dentro de los aportes energéticos al Ecuador también se consideran aquellos relacionados con las interconexiones entre los países vecinos como Colombia y Perú.

### **2.6.3 Información del Sistema Eléctrico Nacional**

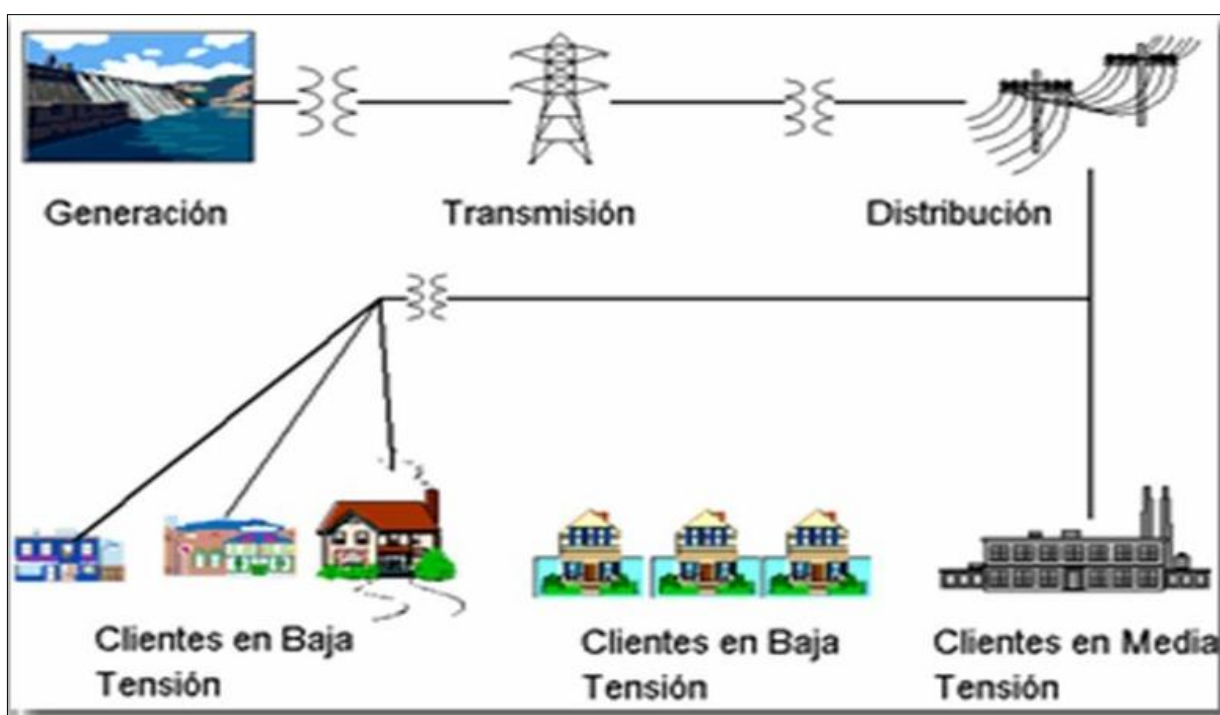
Dentro de la información que se va a evaluar dentro de éste análisis del Sector Eléctrico a nivel de Generación Eléctrica están:

- Ubicación de Centrales Eléctricas de tipo Hidráulico, Térmico, el cual está representado por puntos geográficos en el territorio Ecuatoriano.
- Líneas que representan el anillo del Sistema Nacional Interconectado. (SIN)
- Dentro de los atributos de las Centrales Eléctricas se cuenta con información de capacidad de generación, empresa, ubicación, parroquia, cantón.
- Información de despacho económico de generación eléctrica de las diferentes centrales, proporcionado por el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) Ecuador.

### 3 Sistema Eléctrico Ecuatoriano

#### Introducción

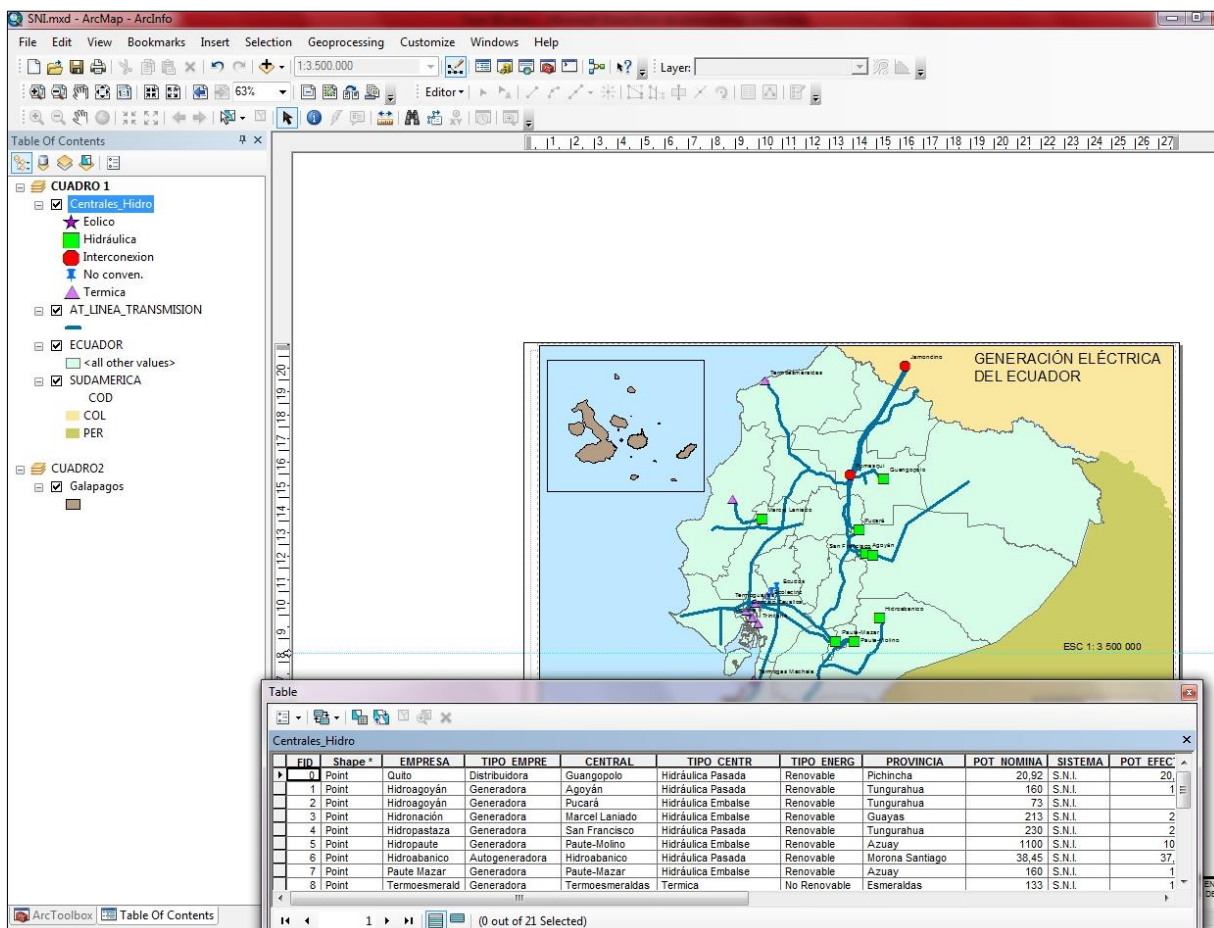
El Sistema Eléctrico de un país está compuesto de varios elementos en donde el objetivo general es distribuir la energía eléctrica que es producido en una central sean estos con recursos renovables o no renovables para luego ser transmitidos para que lleguen a las empresas distribuidoras y esta a su vez lleguen a los diferentes lugares de tipo residencial, comercial, industrial.



**Figura 4 Procesos Generación Eléctrica. Fuente: Enriquez, G. H. (2005)**

Debido a lo grande y complejo que es un Sistema Eléctrico de un país la forma en la que se quiere enfocar este trabajo está relacionada básicamente con la Generación de sus principales plantas o centrales eléctricas que ocupan un espacio geográfico en determinado territorio en el Ecuador.

Como se indicó anteriormente para el estudio de la Generación Eléctrica se tienen que realizar algunas consideraciones las mismas que serán desarrolladas a continuación.



**Figura 5 Información Generación Eléctrica del País.**

### 3.1 Selección de Centrales Hidráulicas Representativas

Previo al Análisis de la Generación Eléctrica en el Ecuador se requiere hacer una selección de las principales Centrales con las que se cuenta, es decir todas aquellas que de una u otra forma sean representativas al país. Razón por la cual en el siguiente cuadro se presentan un resumen

de los criterios que se consideró para la selección de las diferentes Centrales, criterios que van desde su capacidad de generación, tipo de energía, aspecto social, etc.

Central	Potencia (MW)	Observación:
Paute - Molino	1100MW	Central más grande del país. Su aporte es aproximadamente de un 40% de la generación del país.
Paute - Mazar	160MW	Posee un embalse de una capacidad de almacenamiento de 420 millones m3.
Agoyán	156MW	Funciona en cascada con la Central San Francisco. Ubicación Centro del Ecuador. Baños Ambato
San Francisco	210MW	Se encuentra ubicada aguas abajo de la Central Agoyán.
Hidroabanico	38MW	Ubicado en una vertiente del Río Zamora. Con caudal constante todo el año.
Pucará	70MW	Posee 2 unidades de 35MW cada una.
Marcel Laniado	140MW	Ubicado con fines sociales para



		el control de inundaciones en el sector de Babahoyo.
Cumbaya, Nayon, Guangopolo,	40, 30, 21 MW.	Ubicado en la parte sur de Quito. Presentes junto a reservorios de agua.
Interconexión Colombia	500 MW	Enlace con Colombia vuelve al Sistema Eléctrico Ecuatoriano más confiable.

**Tabla 1 Centrales Hidroeléctricas representativas. Fuente: Cenace (2013)**

Dentro de esta selección se le ha considerado a la Interconexión debido a que de la oferta que realiza Colombia al Ecuador proviene de sus excedentes de energía Hidráulica.

### 3.1.1 Selección Centrales Térmicas Representativas

De idéntica forma al expuesto en la selección de la Centrales Hidráulicas, se procede a realizar una selección de todas aquellas Centrales Térmicas que constituyen un aporte importante a la Generación del país. Los criterios que se consideran son: su capacidad energética de funcionamiento, su contribución en el ámbito ambiental, su ubicación en el territorio.

Central	Potencia (MW)	Observación:
TermoEsmeraldas	133MW	Ubicada en la parte norte del Ecuador.
Gonzalo Zevallos	70MW	Ubicada en la parte de Guayaquil.

Victoria II	105MW	Ubicada en la parte de Guayaquil.
Trinitaria	133MW	Ubicada en la parte de Guayaquil.
Termogas Machala	100MW	Unidades utilizan el gas natural.
Termoguyas	150MW	Ubicada en la parte de Guayaquil.
Jaramijo	108MW	Ubicado en el sector de Montecristi-Manabi
Santa Elena	Sta. Elena 2 y 3 con una potencia 205	Ubicada en la provincia de Santa Elena
Manta 2	18,4 MW	Ubicada en la provincia de Manta
Jivino	Grupo con un total de 52 MW	Ubicado en la parte oriental del Ecuador en la provincia de Sucumbíos
Empresa Elect. Quito	31 MW	Ubicada en la parte norte en la provincia de Quito.

**Tabla 2 Centrales Térmicas representativas. Fuente: Cenace (2013)**

### 3.1.2 Selección Central Energía Renovable

Para el presente caso se ha escogido un tipo de energía alternativa como son la Eólica y la tipo Biomasa, la primera representada por una nueva Central que está funcionando recientemente como es la Central Villonaco y la segunda que está representada en los ingenios azucareros

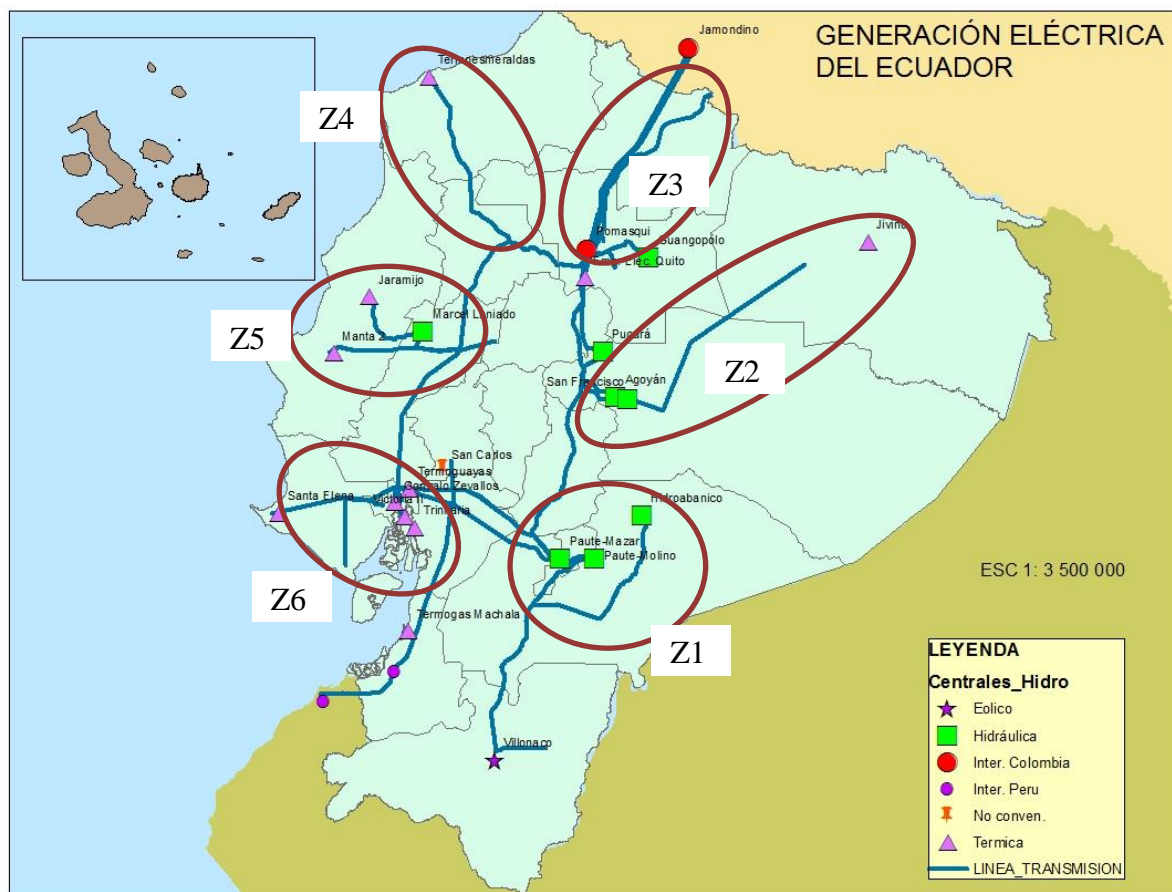
que producen su energía en función del bagazo que lo dejan secar y ayuda a la generación eléctrica.

Central	Potencia (MW)	Observación:
Villonaco	16MW	Central Eólica ubicada al sur de Ecuador. Provincia de Loja.
Ecuelectric, Ecudos, San Carlos	10, 10, 10MW	Ingenios azucareros que utilizan el bagazo de la caña para la generación eléctrica.

**Figura 6 Centrales de Fuente renovable. Fuente: Cenace (2013)**

### **3.2 Análisis de la Generación en el Ecuador.**

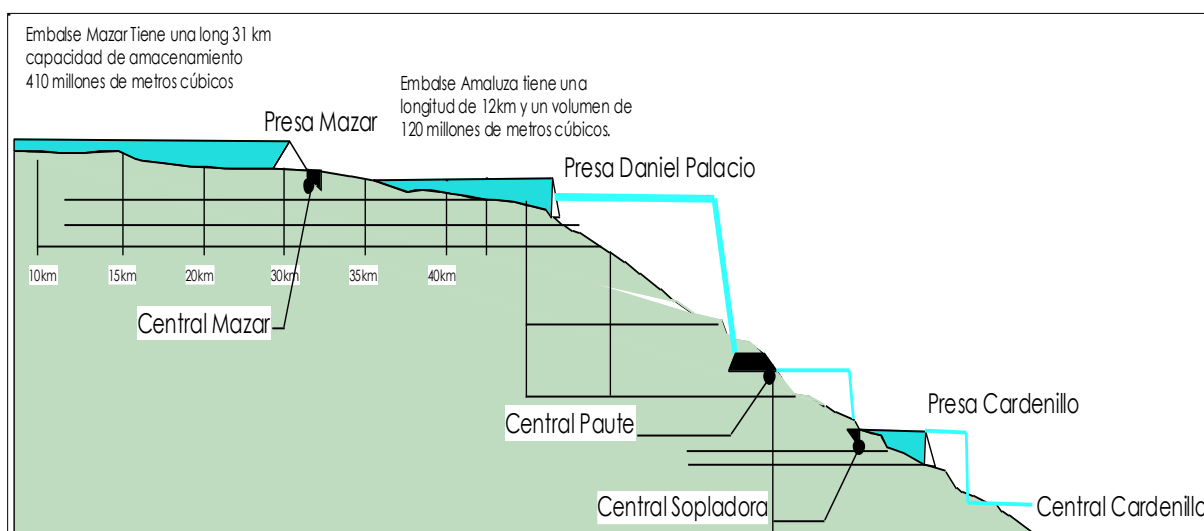
De la selección previa que se realizó en el ítem anterior de las Centrales más representativas, como siguiente punto se presentará un análisis de la generación por subsecciones para una mejor comprensión de cómo se encuentra distribuido el parque generador en el Ecuador, la misma que se la dividirá en zonas. (Ver Figura 7 )



**Figura 7 Análisis del parque generador del Ecuador.**

### 3.2.1 Zona 1 Complejo Hidroeléctrico Paute Integral (Sur Oriente)

Comprende la parte sur oriente del Ecuador en donde actualmente se encuentra el complejo Hidroeléctrico Paute integral que comprende las Centrales Paute-Molino, Paute-Mazar, Paute-Sopladora que se encuentra en construcción en la actualidad. También se encuentra en estudio el proyecto Paute Cardenillo, en la Figura 8 se detalla cómo se encuentra conformado dicho proyecto.



**Figura 8 Complejo Hidroeléctrico Paute Integral**

**Fuente: Celec EP Hidropaute. Informe Anual (2013)**

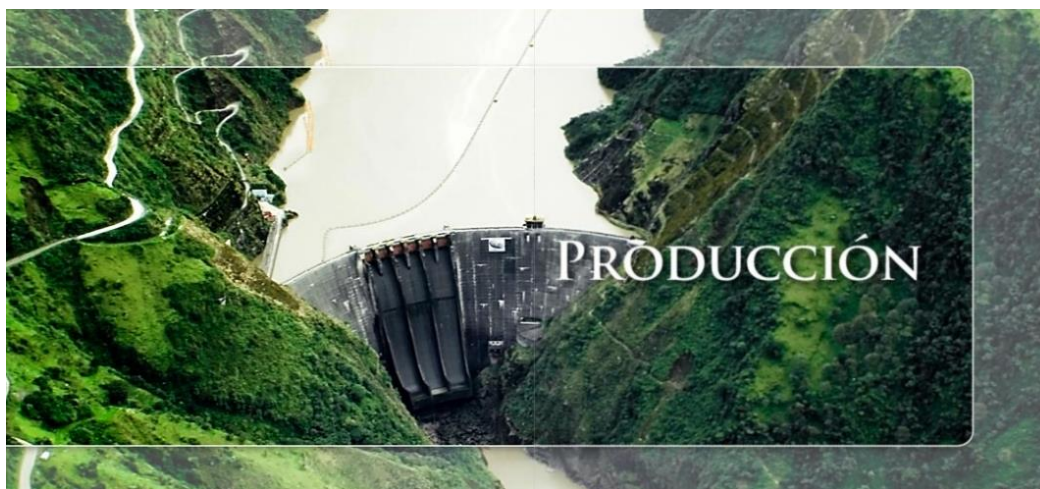
Central	Potencia	Nota
Paute Molino	<b>1100 MW</b>	<b>Funcionamiento</b>
Paute Mazar	<b>160 MW</b>	<b>Funcionamiento</b>
Paute Sopladora	<b>(480 MW)</b>	<b>En construcción</b>
Paute Cardenillo	<b>(596 MW)</b>	<b>En proyecto</b>

**Tabla 3 Datos técnicos Paute Integral**

**Fuente: Celec EP Hidropaute. Informe Anual (2012)**

La Central Paute-Molino en la actualidad es la central más grande del país con una capacidad correspondiente a cerca del 40% de la generación del país que cuenta con un embalse con una capacidad de almacenamiento del 120 millones de metros cúbicos de los mismos no son aprovechables al cien por ciento debido que a lo largo del tiempo (aproximadamente 30 años) este embalse ha sufrido problemas de sedimentación lo cual disminuye su capacidad de volumen útil de agua.

Este inconveniente ha sido solucionado con la entrada a funcionamiento del proyecto Mazar que cuenta con su propio embalse ubicado aguas arriba que como se indica en la Figura 8 tiene una longitud de 31Km y un volumen de embalse de 410 millones de metros cúbicos.



**Figura 9 Presa Daniel Palacios. Fuente: Celec EP Hidropaute. Informe Anual (2013)**

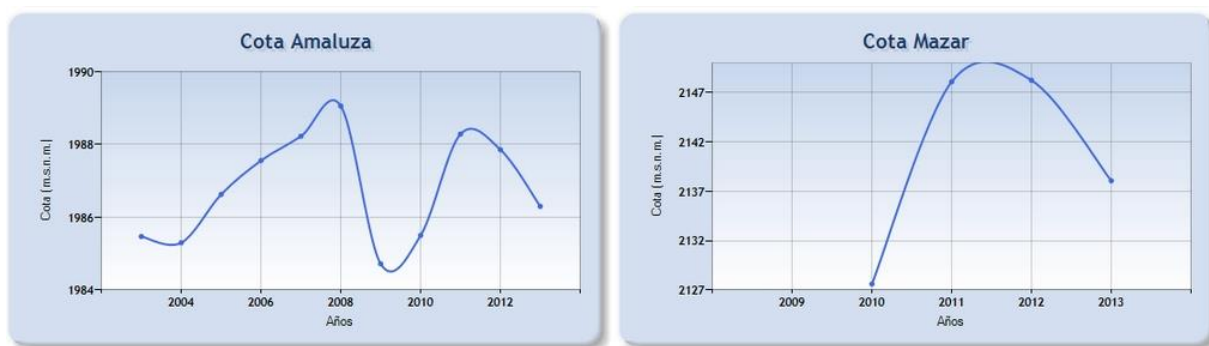
A continuación se presenta una información estadística del comportamiento de los caudales que se han registrado del comportamiento de la Cuenca del río Paute principal aporte del Proyecto Paute Integral.



**Figura 10 Caudal de la Cuenca del Río Paute.**

**Fuente: Celec EP Hidropaute (2013)**

Como se observa en la Figura 10 los caudales registrados en la Cuenca del río Paute a lo largo de los años 1985- 2013 han sido aportes significativos y muy importantes para el funcionamiento de su central Paute-Molino. Sin embargo es hasta inicios del 2010 en que entra en funcionamiento operativo la Central Paute- Mazar que constituye el primer aprovechamiento aguas arriba de la cuenca del río Paute, ubicándose en las inmediaciones de la unión de este río con el río Mazar, aguas arriba del embalse Amaluza, que almacena el volumen de agua para la Central Paute Molino (1100MW).



**Figura 11 Cotas de los embalses Amaluza y Mazar. Fuente: Registros de producción Celec EP**

**Fuente: Celec EP Hidropaute (2013)**

En la Figura 11 se aprecian las cotas de los embalses Amaluza y Mazar que aparentemente no indican mucho pero que sin embargo son mucha importancia. El primer embalse (Amaluza) tiene una cota máxima de 1991msnm y el de Mazar 2153 msnm en años anteriores antes de la construcción de este último embalse (Mazar) los caudales en la cuenca del Paute en épocas invernales eran muy grandes por lo que rebasaban su capacidad y el excedente de agua se tenía que evacuar, todo esto se superó con la puesta en marcha del proyecto Mazar ya que su embalse supera en tres veces el embalse de Amaluza y constituye una importante reserva energética para el país en tiempos de estiaje.

### 3.2.2 Zona 2 Centro del Ecuador.

En la presente zona se cuenta con los aportes de las Centrales en cascada Agoyán y San Francisco, la primera se encuentra ubicada en el sector de Baños de Ambato con una capacidad de 156MW, que cuenta con su propio embalse y que luego de la generación de ésta su agua turbinada es conducida aguas abajo a través de una tubería a la Central San Francisco con una capacidad de 210MW. Dada la dependencia de ésta última con la primera en ciertos casos se ha convertido en un limitante en lo relacionado a la generación. Un factor importante que se tiene es que desde este sector se energiza a gran parte de la zona oriental del Ecuador.



**Figura 12 Embalse Central Agoyán.**

**Fuente: Celec EP Agoyan (2013)**

Continuando desde la zona central del Ecuador hacia la parte norte del país se tiene a la Central Pucará cuyas características son: Dos unidades generadoras de 35MW cada una dando una Potencia Instalada de 70 MW, con un embalse de similares características que el que sirve a la Central Paute-Molino (ver Figura 9)



### **3.2.3 Zona 3 Sector Norte del Ecuador**

En la parte Norte del país se cuenta principalmente con los aporte de las Centrales Cumbaya (Potencia 40MW), Nayón (30MW) y Guangopolo (21MW) que cuentan con reservorios naturales y se encuentran ubicados en la parte sur de Quito. Normalmente estas centrales ingresan para el período de punta de la generación pero de requerírseles antes su participación quedará limitada a sus reservorios, para luego tener que salir de la interconexión nacional una vez acabado su recurso hídrico.

Otra empresa que aporta con su contingente son las generadoras de la Empresa Eléctrica Quito con una capacidad cercana a los 30MW.

Pero sin lugar a dudas el principal aporte que se tiene para el país es de la Interconexión con Colombia comprende una línea de transmisión de doble circuito que une las subestación Pomasqui, en Quito Ecuador con la subestación Jamondino en Pasto Colombia; con una longitud de 212,6 Km; de la cual 137 Km se encuentran en el lado ecuatoriano y 75,6 Km en el lado colombiano.

El hecho fundamental con la Interconexión es que el Ecuador gana en confiabilidad del Sistema ya que se cuenta con una generación adicional de alrededor de 500 MW la cual reduce la probabilidad de pérdida de carga (LOLP: Loss of Load Probability), debida a salidas forzadas de las unidades de generación del sistema ecuatoriano.



**Figura 13 Líneas de Interconexión Ecuador-Colombia.**

**Fuente: Transelectric (2014)**

### **3.2.4 Zona 4 Noroccidental del Ecuador.**

En este sector se cuenta con el aporte de la Central Termoeléctrica de Esmeraldas con una potencia declarada de 133MW, ésta planta es considerada una de las más grandes del país y mayor índice de generación, que contribuye con la zona noroccidente del país principalmente con la provincia de Esmeraldas dada su cercanía.



**Figura 14 Termoeléctrica de Esmeraldas.**

**Fuente: Celec EP Termoesmeraldas (2014)**

En la actualidad se encuentra en construcción la Central Térmica Esmeraldas II que contará con motores de combustión interna y se prevé que se encontrará lista en el primer trimestre del 2014.



**Figura 15 Central Térmica Esmeraldas II.**

**Fuente: Celec EP Termoesmeraldas (2014)**

### **3.2.5 Zona 5. Sector occidental del Ecuador**

En este sector se encuentra provincias como: Manabí, Los Ríos y parte de Guayas en donde se destacan las centrales: Marcel Laniado de Wind, Jaramijó.



**Figura 16 Proyecto Multiple propósito. Fuente: Hidronacion (2014)**

**El Proyecto de Propósito Múltiple Jaime Roldós (Figura 16) Aguilera está constituido por la Presa Daule Peripa, la central Hidroeléctrica Marcel Laniado de Wind y los Sistemas de Riego del Valle del Daule. Este proyecto posee diversos fines, entre los principales se encuentran:**

- Proteger la Cuenca Baja del Río Daule de las inundaciones.
  - Proporcionar riego y drenaje mediante un trasvase a la Península de Santa Elena.
  - Proporcionar agua para riego y para consumo a las poblaciones de Manabí, mediante el trasvase al Embalse la Esperanza.
  - Suministrar agua para consumo de la ciudad de Guayaquil y ciudades aledañas al río Daule.
  - Generar energía eléctrica para el sistema nacional interconectado (SNI), mediante la Central Hidroeléctrica Marcel Laniado de Wind.
- La Central Hidroeléctrica “Marcel Laniado de Wind” tiene un régimen hidrológico, diferente a las centrales Paute, Agoyán y Pucará, permitiendo de esta manera tener una buena disponibilidad en época de estiaje de la Sierra y Oriente.



**Figura 17 Central Marcel Laniado. Fuente: Hidronacion (2014)**

### **Central Jaramijó**

La Termoeléctrica Jaramijó, es de gran trascendencia dentro del plan energético del Gobierno Nacional, no solo por los 140MW que se suman a la red nacional sino también ayuda a cubrir la demanda energética de Manabí; mantener adecuados niveles de reserva en el mercado eléctrico nacional, lo que permitirá reducir los cortes de energía en tiempos de estiaje.

#### **3.2.6 Zona 6 Golfo de Guayaquil.**

En el sector de la provincia de Guayas se encuentra la Central Electroguayas con una capacidad instalada de 634MW, constituyéndose la empresa de generación termoeléctrica más grande del país, conformada por cuatro centrales de generación ubicadas estratégicamente en la ciudad de Guayaquil.

- Central Trinitaria - Unidad a Vapor de 133 MW.
- Central Gonzalo Zevallos - Unidades a Vapor 146 MW (2 de 73 MW), Unidad a Gas (26 MW).
- Central Enrique García - Unidad a Gas 102 MW.

- Central Sta. Elena II - 90,1 MW.
- Central Sta. Elena III - 40 MW.



**Figura 18 Central Termoelectrica Gonzalo Zevallos. Fuente: Electroguayas (2013)**



**Figura 19 Central Termoelectrica Santa Elena II Fuente: Electroguayas (2013)**

Cada una de las diferentes Centrales existentes que se han mencionado contribuye al abastecimiento de la Demanda Eléctrica y el propósito de la división en las diferentes zonas

(de la 1 a la 6) ha sido con el propósito a más de explicar su funcionamiento de analizar en función de los siguientes criterios:

- Identificar los puntos de mayor generación del país. En esto se puede observar que actualmente la principal generación se encuentra en la parte Sur Oriental y que es de naturaleza Hidroeléctrica, por otra parte es necesario indicar que otro tipo de energía; el Térmico se encuentra en el sector Occidental y más concretamente ubicada en el Golfo de Guayaquil. Para finalmente contar con otro recurso importante para el país como lo es la Importación con el vecino país Colombia.
- La selección de las seis zonas es dado porque cuando se ha dado algún problema de desconexión de energía en el Sistema Nacional Interconectado éste ha respondido en forma de islas eléctricas, es decir la generación la satisfacen estas centrales a las provincias aledañas.
- La Generación en un país no puede ser de un único tipo (Térmica, Hidráulica, Eólica) ya que siempre debe mantener un equilibrio entre estos. Ya que por un lado el empleo de los recursos naturales contribuye al abaratamiento del costo de la energía y esto repercute en la productividad de un país. Por otro lado los recursos no renovables (Térmico) sirven para compensar la falta de recurso natural en cierta etapa de sequía.
- En ciertas centrales lo fundamental no siempre está como primer término la generación eléctrica ya que de acuerdo a la realidad de cada sector se puede aprovechar para analizar qué es lo fundamental para una región. Esto concretamente se aplica para el caso de la central Marcel Laniado de Wind en donde lo fundamental no siempre está en la parte de energía, como ya se citó previamente.

### 3.3 Proyectos Energéticos en etapa de construcción en el Ecuador

El gobierno del Ecuador en los últimos años ha impulsado la creación de proyectos energéticos entre los que se destacan:



Figura 20 Proyectos Eléctricos en construcción.

#### 3.3.1 Proyecto Coca Codo Sinclair

El Estado Ecuatoriano retomó los estudios que se tenían del enorme potencial hidroeléctrico existente en el Ecuador y las excelentes características hídricas de la cuenca del Río Napo, especialmente del Río Coca.

El área hidrológica aportante del proyecto está constituida por la cuenca del Río Coca hasta el sitio denominado Salado (sitio de presa), que cubre una superficie de 3600 km<sup>2</sup>. La cuenca



está bordeada por la Cordillera Central con elevaciones como el Cayambe, el Anti sana y otras menores.



**Figura 21 Central Coca Codo Sinclair. Fuente: Hidroelectrica Coca Codo Sinclair. Recuperado de <http://www.ccs.gob.ec/>**

El caudal promedio del Río Coca en el sitio Salado es de 292 m<sup>3</sup>/s, lo que corresponde a una contribución específica superior a 80 l/s/km<sup>2</sup>. El caudal diario con una garantía del 90% del tiempo es de 127 m<sup>3</sup>/s. El Proyecto Coca Codo Sinclair de 1500 MW, que tendrá un aporte importante al país.

### **3.3.2 Toachi- Pilatón**

El proyecto Toachi-Pilatón ubicado en los límites de las provincias de Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas y Cotopaxi con una producción de energía de 1.120 GWh/año equivalente al 6.07% de la demanda nacional con una potencia de 253 MW.



**Figura 22 Proyecto Toachi-Pilatón. Fuente: Ministerio de Electricidad. Recuperado de <http://www.energia.gob.ec/toachi-pilatón>**



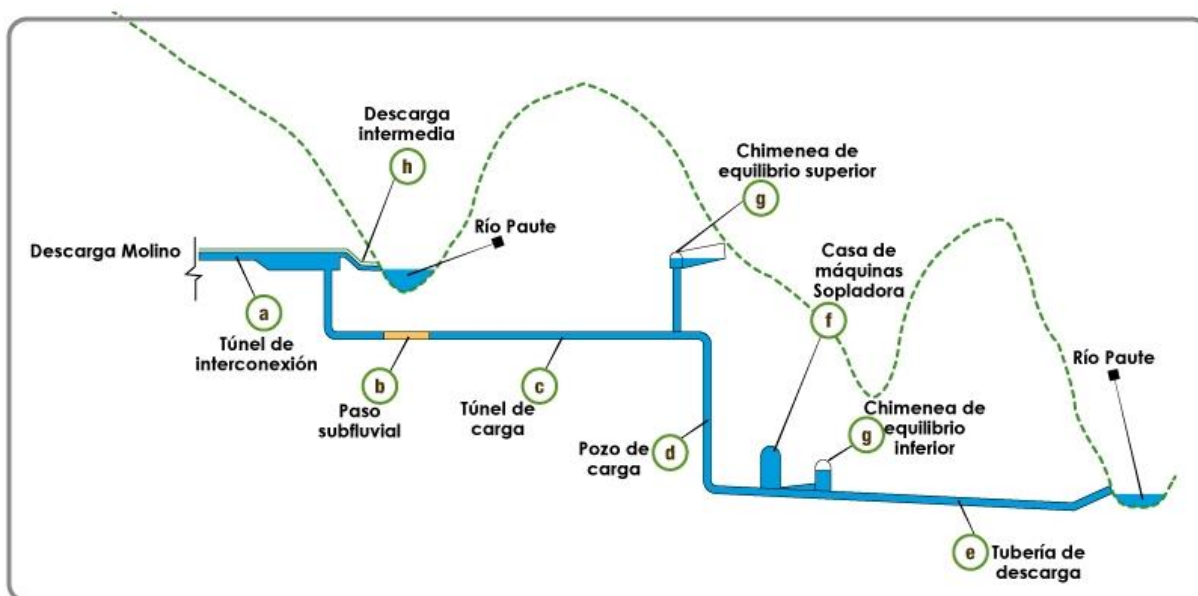
**Figura 23 Ubicación Proyecto Toachi-Pilatón. Fuente: Ministerio de Electricidad. Recuperado de <http://www.energia.gob.ec/toachi-pilatón>**

Adicionalmente el proyecto Toachi Pilatón contribuirá de manera efectiva a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, convirtiéndose en una alternativa para el planeta a través del aprovechamiento de recursos naturales renovables.

### **3.3.3 Paute - Sopladora**

El proyecto Sopladora se ubica aguas debajo de la Central hidroeléctrica Paute- Molino, entre las provincias de Azuay y Morona Santiago y permite aprovechar el recurso hídrico utilizado por la central Paute-Molino. Tiene una potencia de 487 MW y un promedio de 2800 MWh/año.

La futura Central captará las aguas turbinadas de la central Molino que dispone de dos sistemas de conducción independientes (Fases AB y C) que fueron construidos entre 1975 y 1991, cada una con un caudal de diseño de 100 m<sup>3</sup>/s. La captación para Sopladora se realizará mediante un sistema de túneles y una Cámara de Interconexión localizadas en la margen izquierda del río Paute. La Central Subterránea de Sopladora se ubicará en la margen derecha del río Paute, entre las quebradas Sopladora y Palmira, previéndose cruzar el río Paute mediante un Paso Subfluvial. La Central tendrá tres unidades generadoras tipo Francis, diseñadas para un caudal de 50 m<sup>3</sup>/s cada una, y una altura neta de 361,90 m. La potencia de la Central es 487 MW y aportará anualmente 2 770 GW h al Sistema Nacional Interconectado.



**Figura 24 Proyecto Paute-Sopladora. Fuente: Celec EP. Hidropaute,**

<https://celec.gob.ec/hidropaute>

Sopladora formará parte del Complejo Hidroeléctrico Paute Integral, la mayor generadora de energía eléctrica en el país. Tiene un impacto ambiental mínimo, debido a que la mayoría de las obras son subterráneas y además no requiere de una represa.

El costo de esta central hidroeléctrica está estimado en alrededor de \$ 730 millones y se prevé que entre en operación para el 2015.

### 3.3.4 Minas- San Francisco

El proyecto hidroeléctrico Minas – San Francisco está ubicado en el límite sur-occidental de la Provincia del Azuay, aproximadamente a 92.km, a lo largo del trazado de las obras atraviesa las parroquias de Pucará y San Rafael de Sharug, del Cantón Pucará (Provincia del Azuay) y la parroquia Abañín del Cantón Zaruma (Provincia de El Oro).



**Figura 25 Proyecto Minas San Francisco. Fuente: Ministerio de Electricidad. Recuperado de <http://www.energia.gob.ec/minas-san-francisco>**

### 3.3.5 Línea de Transmisión de 500KV

El Gobierno Nacional impulsa el desarrollo de grandes proyectos de generación hidroeléctrica, como Coca Codo Sinclair de 1.500 MW de capacidad, previsto para el año 2016, y el proyecto hidroeléctrico Sopladora de 487 MW, para el año 2015; la empresa HIDROEQUINOCCIO EP está desarrollando los proyectos en la cuenca del río Guayllabamba, Chontal, Tortugo y Chespi-Palma Real, con una capacidad total de 820 MW. Para evacuar esas altas potencias hacia el SNI, es necesario contar con un sistema de transmisión de gran capacidad, que permita optimizar el uso de los recursos energéticos, tanto existentes como futuros, así como

mejorar la confiabilidad del suministro de potencia y energía en el S.N.I., para lo cual se plantea la construcción de los siguientes sistemas de transmisión a 500 kV:

- ✓ Sistema de transmisión Coca Sinclair-El Inga-Las Lojas-Taday.
- ✓ Sistema de transmisión Quito-Guayllabamba-Santo Domingo-San Gregorio

### **3.4 Aplicación de Sistemas de Información Geográfica con los Sistemas de Generación Eléctrica del Ecuador.**

Dentro del aporte que se quiere presentar en esta Tesis es la elaboración de un sistema de información geográfica de la generación eléctrica del Ecuador, para poder dar a conocer el funcionamiento que tiene dicha generación en el país y como los SIG pueden ayudar en este campo de la Ingeniería Eléctrica.

Para ello servirá de gran aporte la información estadística con la que se cuenta por parte del Cenace.

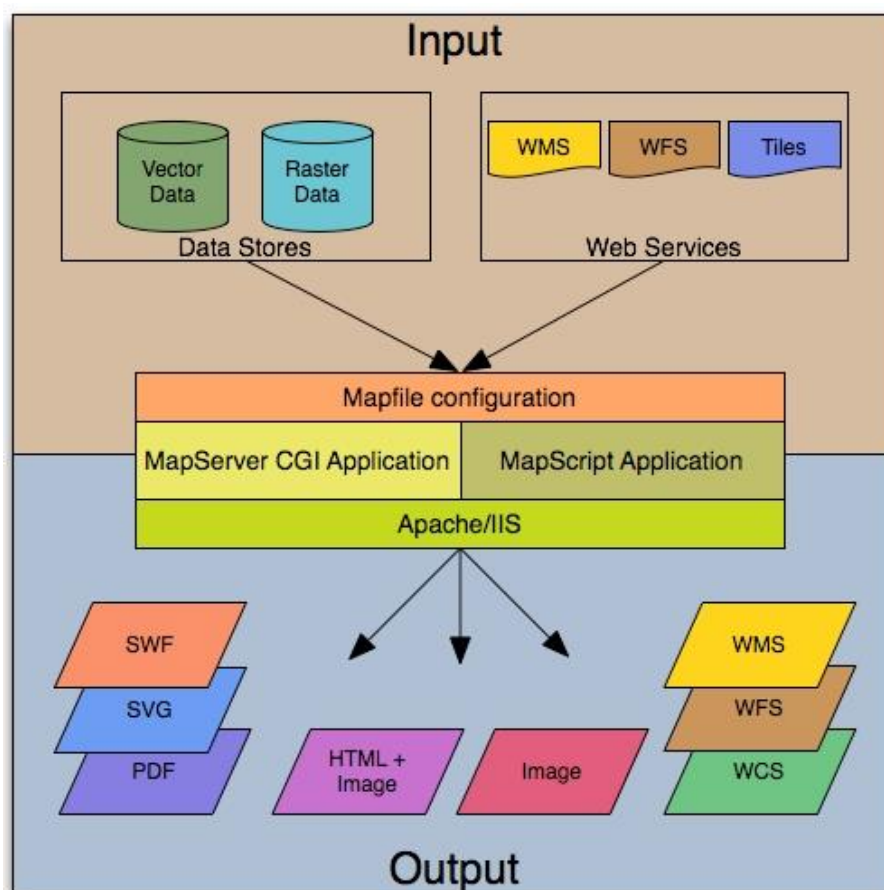
- Presentar un ejemplo puntual de como los SIG pueden ayudar a la toma de decisiones dentro de los proyectos de Generación Eléctrica del País.
- Realizar un análisis de la información geo referenciada de los principales proyectos Hidroeléctricos que se tienen en el Ecuador y como estos influirán en el futuro en el Ecuador.
- Realizar un análisis estadístico de la información con la que cuenta y en especial si se trata de presentar alternativas a problemáticas actuales.

### 3.4.1 Map Server

Es un entorno de desarrollo en código abierto para la creación de aplicaciones SIG en Internet/Intranet con el fin de visualizar, consultar y analizar información geográfica a través de la red mediante la tecnología Internet Map Server (IMS). MapServer no es un SIG completo, pero tampoco aspira a serlo.

#### Características:

- Se ejecuta bajo plataformas Linux/Apache y Windows (MS4W)
- Formatos vectoriales soportados: ESRI shapefiles, PostGIS, ESRI ArcSDE, GML y otros muchos vía OGR.
- Formatos raster soportados: JPG, PNG, GIF, TIFF/GeoTIFF, EPPL7 y otros vía GDAL.
- Fuentes TrueType
- MapScript proporciona una API para poder acceder a las funcionalidades de MapServer mediante lenguajes de programación como PHP, Java, Perl, Python, Ruby o C#.
- Soporte de estándares interoperables y conformes con Open Geospatial Consortium, como WMS, SLD, WFS, WCS y SOS.



**Figura 26 Diagrama de flujo del Esquemas de Map Server**

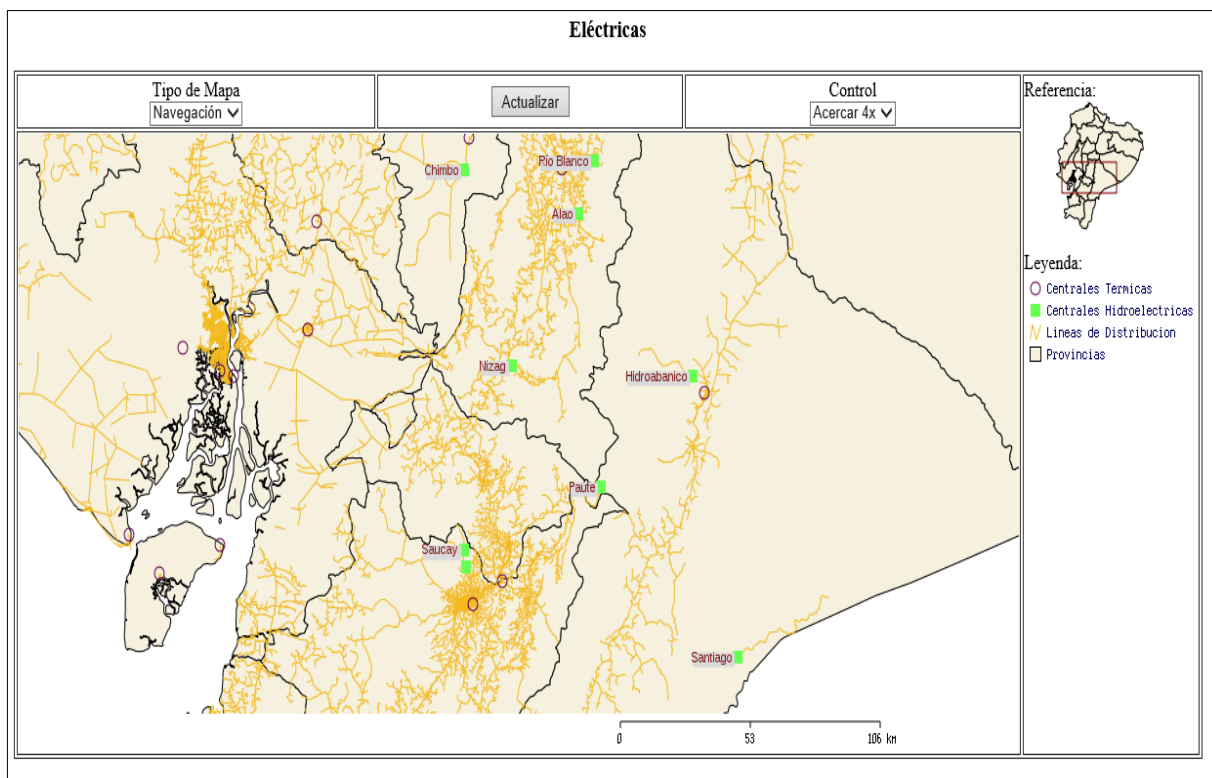
### 3.4.2 Funcionamiento del programa

Su funcionamiento básico está configurado en un fichero de texto, que tiene la extensión ".map". En este fichero, los datos del mapa se organizan en capas, a su vez dividida en una o más clases, donde en cada una de las cuales se pueden definir diferentes estilos visuales. Esta estructura permite la generación de mapas con una definición de estilos muy flexible, que también puede depender de la escala del mapa.

El formato salida de Map Server, dependiendo de la solicitud, puede ser gráfico (mapa, leyenda, escala, métricas, visión general) o alfanumérico (el resultado de una consulta de datos alfanuméricos o espacial). El archivo ".map" también incluye la posibilidad de fusionar la



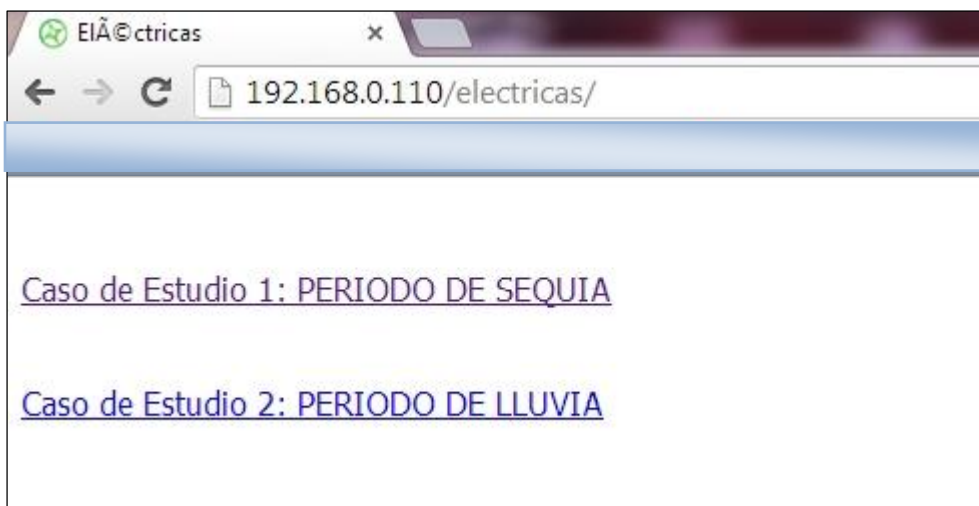
producción de una plantilla de HTML Map Server, para generar una página web de lectura fácil y agradable.



**Figura 27 Representación de líneas de distribución eléctrica Centro del País.**

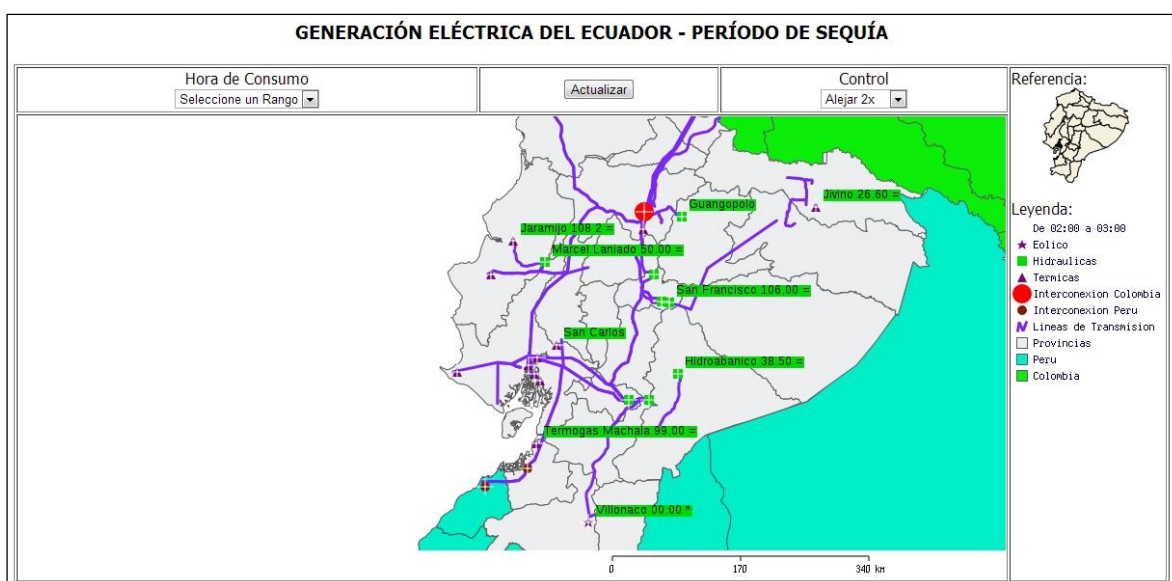
En la figura adjunta se cargó capas de redes de distribución eléctrica con el fin únicamente de visualizar dichos elementos y con la idea únicamente que a futuro se podría implementar un solo sistema de información geográfica en donde no solo se abarque la parte de generación sino la parte de Distribución y Transmisión.

A continuación se pasa a detallar la aplicación desarrollada en MapServer en la que se unifica los elementos de Generación Eléctrica (Tipos de Centrales) con su parte operativa como es la generación horaria de cada una de ellas para poderlas visualizar e ir explicando su funcionamiento en el Sistema Nacional Interconectado (SNI).



**Figura 28 Esquema de Aplicación Map Server**

La aplicación que se desea presentar es la generación eléctrica dentro de dos períodos siendo estos de Sequía y de Lluvia. Para lo cual se ha procedido a cargar dos ejemplos de la generación en éstos períodos: de invierno y verano para explicar el funcionamiento de la generación eléctrica que se tiene en el Ecuador en épocas de abundancia y de ausencia de recursos renovables.



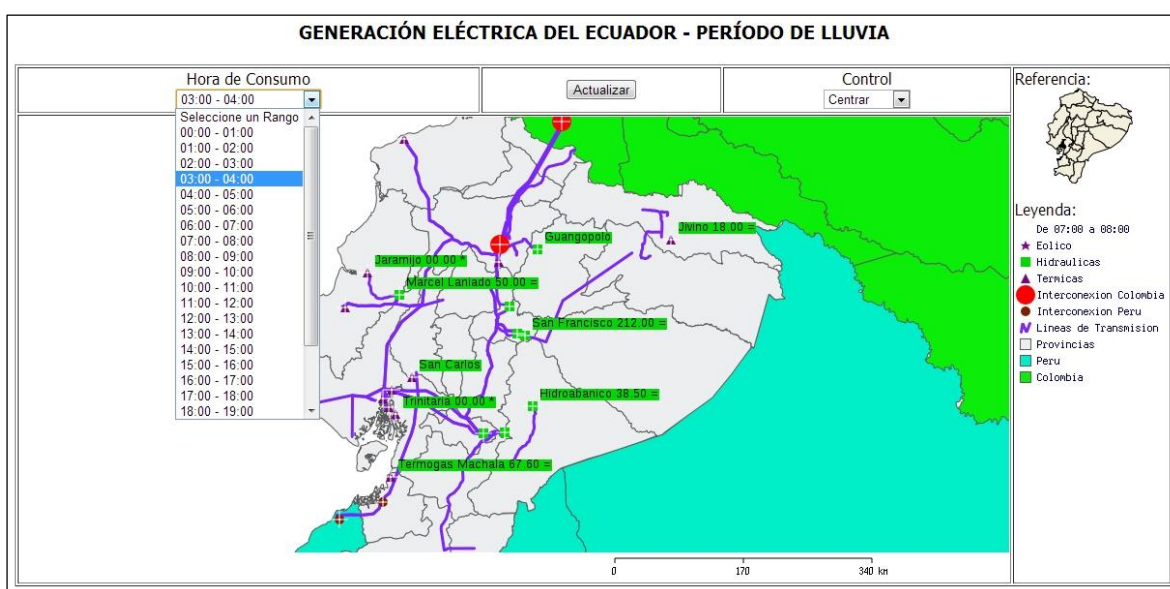
**Figura 29 Aplicación Map Server - Período de Sequía.**

En los ejemplos que se plantean, sean bien estos para los períodos de sequía o de lluvia lo que se quiere analizar en definitiva son las diferentes centrales eléctricas desde el punto de vista energético, es decir a cada central se encuentra asociada un valor de generación que puede ir cambiando de acuerdo a:

- La temporada invernal
- La hora de consumo

### Temporada invernal

El Ecuador al ser un país que cuenta con una variada biodiversidad se tiene por un lado etapas lluviosas y de sequía, en donde las primeras están comprendidas entre los meses de abril a junio y son aprovechadas por las centrales hidroeléctricas ya que al ser más económico su generación de kilovatio-hora esto representa un ahorro significativo al país.



**Figura 30** Aplicación Map Server - Período de Lluvia

Las centrales que ven maximizada su generación son las ubicadas en la parte centro y sur oriental del Ecuador (Agoyán, San Francisco, Paute, Mazar)

Por otra parte para la etapa de sequía en el Ecuador se necesita de una gran cantidad de centrales térmicas, las cuales se encuentran principalmente ubicadas en la parte occidental del país. Y están comprendidos entre los meses de agosto a diciembre.

### **Demanda Horaria.**

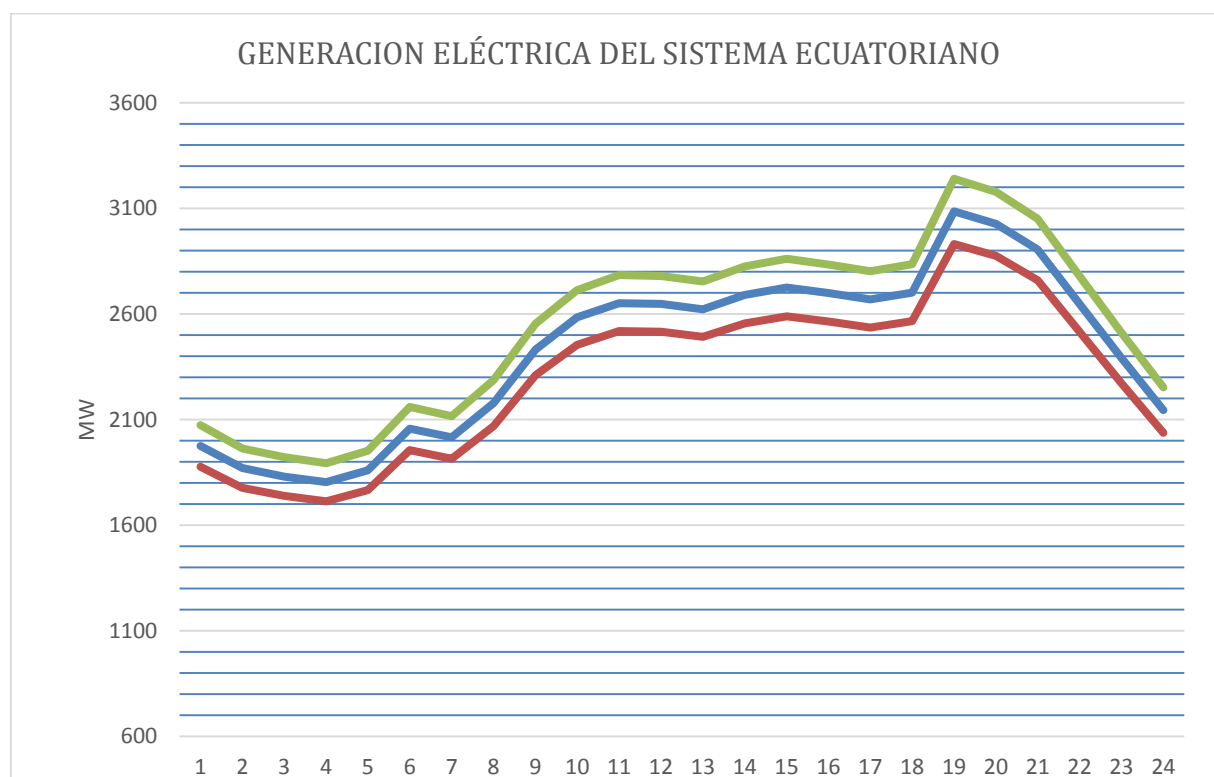
Un factor importante que se toma en cuenta en el análisis de esta aplicación de la generación del Ecuador es su hora de consumo, esto se explica de la siguiente manera.

En el Ecuador el consumo de generación Eléctrica está dado por su curva de carga horaria y está definida de la siguiente forma.

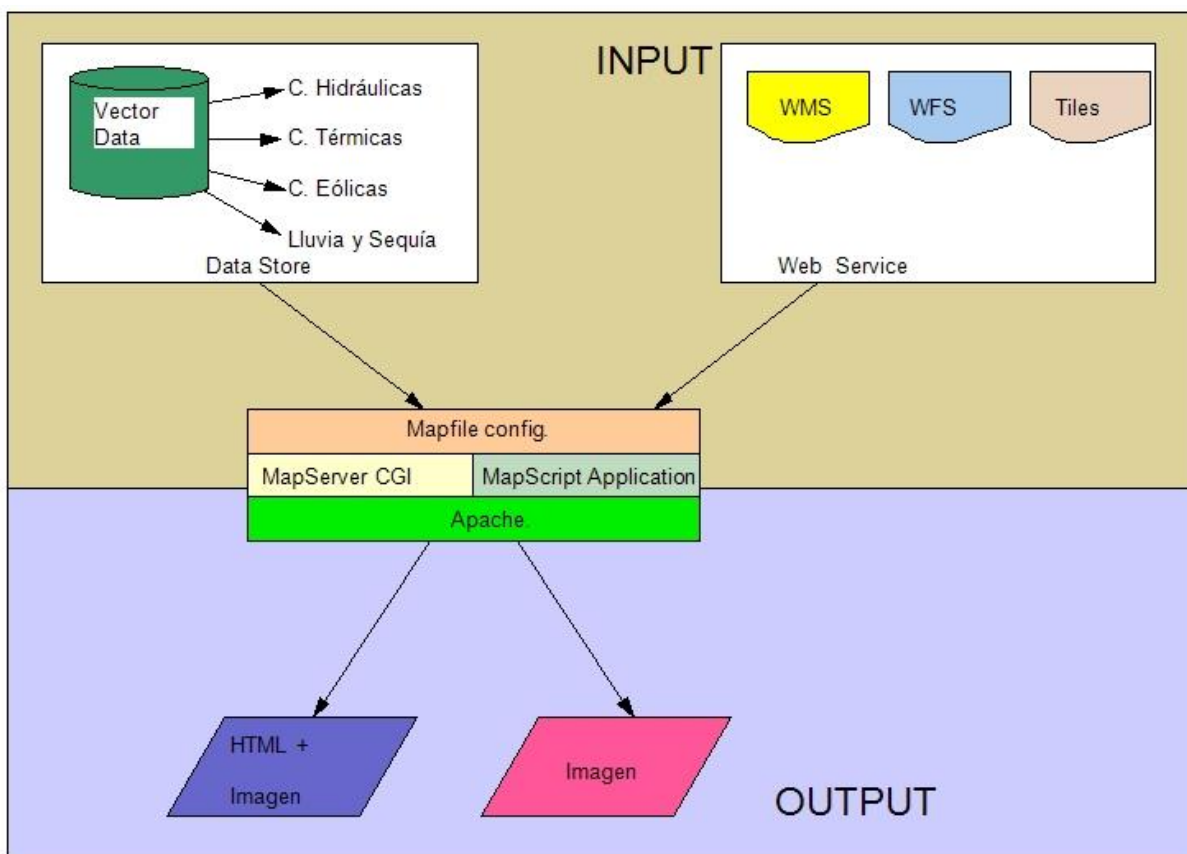
Demanda Baja: 00:00 a 06:00

Demanda media 07:00 a 17:00 22:00 a 00:00

Demanda Punta 18:00 a 22:00



**Figura 31 Curvas Horarias Generación Energética Ecuador. Fuente: Cenace (2013)**



**Figura 32** Flujograma Aplicación Sistema de Generación Eléctrica.

En la figura adjunto se detalla el flujograma de la aplicación de los SIG con los Sistemas de Generación Eléctrica del Ecuador, los datos de ingreso son de tipo Vector y son cada una de las diferentes Centrales Eléctricas más la información de su Demanda horaria.

## **4 Cambio de la Matriz Energética en el Ecuador**

### **4.1 Introducción**

A cuatro décadas del boom petrolero en Ecuador, han generado que el país tenga una economía netamente dependiente de los hidrocarburos, claro está debido a la abundancia del mismo en la Amazonía y a su alto valor en el mercado internacional, pero se debe tener en cuenta que este recurso es no renovable y que en algún momento se agotara, tornando insostenible a mediano plazo la matriz energética actual.

Ya que de información difundida por el actual vicepresidente de la república el Ing. Jorge Glas quien dijo “ha sido un modelo ineficiente de generación de energía basado en los hidrocarburos cuya exportación representa el 11% de Producto Interno Bruto (PIB) y el 31 % de los ingresos fiscales.

Criticó que el crecimiento de la demanda de energía en el país sea tan alto en relación al PIB. “Tendríamos que construir una central hidroeléctrica de 300Mv al año si siguiéramos el mismo esquema de consumo”, expresó.

Cada una de las mejoras que el Gobierno ha venido implementando en la generación eléctrica es con el objetivo de ir realizando cambios en el país en lo relacionado a la matriz energética, ya que anualmente el país realiza fuertes inversiones en combustible para las centrales Térmicas; por otra parte también se realiza subsidios importantes en lo relacionado a combustible de Gas Licuado de Petróleo (GLP) ya que en la mayoría de casos el costo del cilindro de gas no llega a cubrir ni los costos de producción.

Es por esto que el Gobierno y más concretamente el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) ha dado a conocer que se encuentra en marcha el Plan Nacional de

Cocción Eficiente, razón por la cual se encuentra estableciendo los requerimientos técnicos económicos del proyecto y definir acciones de corto y mediano plazo para la implementación del mismo, acciones que permitirán la preparación para la sustitución tecnológica.

Dentro del presente capítulo se pretende realizar una aplicación de

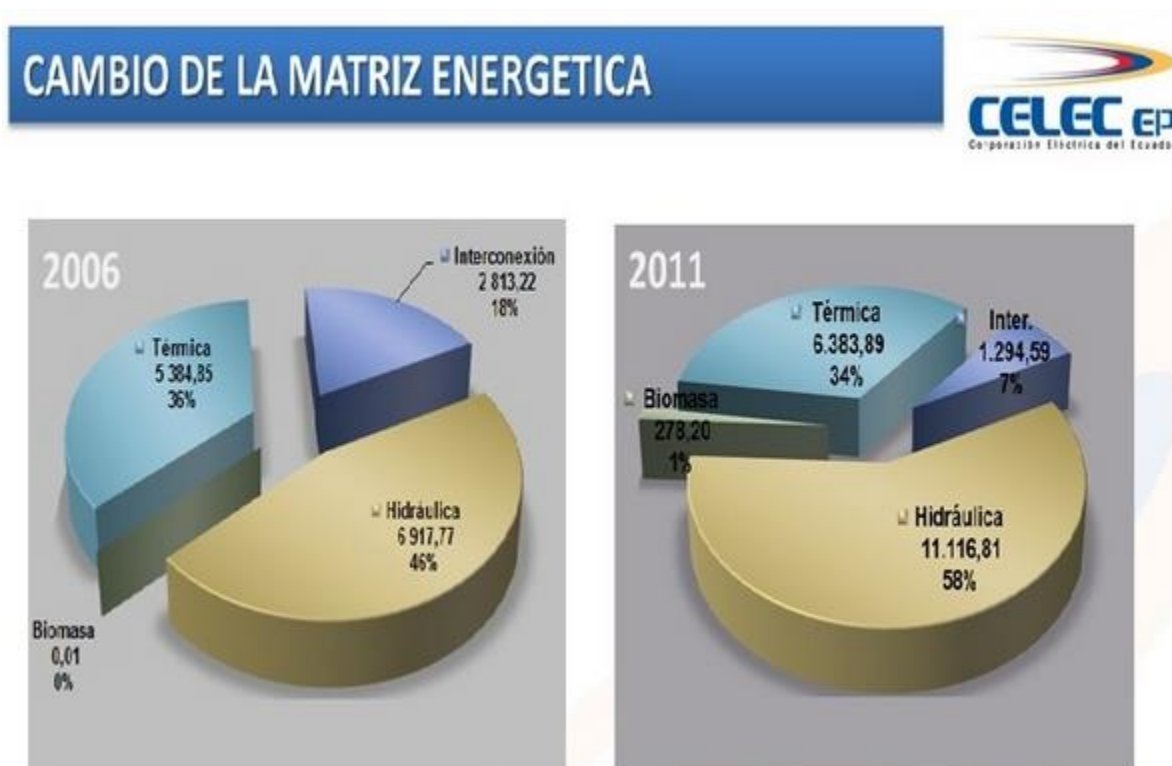
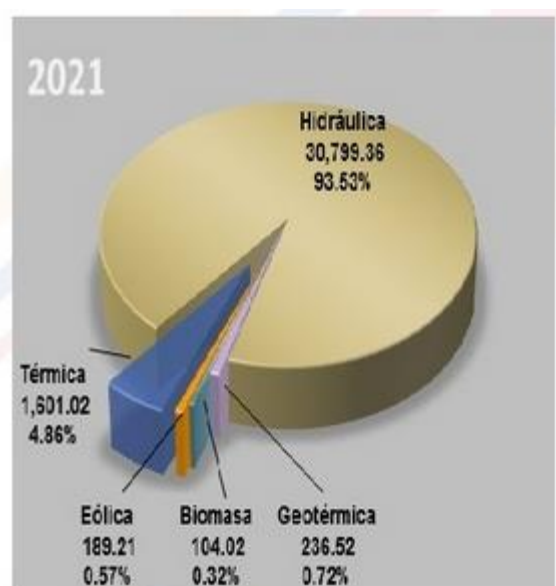


Figura 33 Cambio de la Matriz Energética. Fuente: Generación Celec EP, de [www.celec.gob.ec](http://www.celec.gob.ec).



**Figura 34 Proyección Energética del Ecuador para el futuro. Fuente: Generación Celec.EP, de [www.celec.gob.ec](http://www.celec.gob.ec).**

#### **4.1.1 Niveles de consumo de las fuentes energéticas residenciales**

Actualmente el consumo de electricidad residencial en el país se reparte de la siguiente manera: en iluminación, 49%, equipos (éstos incluyen los electrodomésticos principales), 46% y otros (son otros dispositivos que pueden estar presentes en un hogar distintos de los analizados anteriormente, como pueden ser un secador de pelo, una computadora o pequeños electrodomésticos de cocina) (“Las cifras del Gas en Ecuador,” n.d.).

En lo que respecta al gas licuado de petróleo (GLP), su destino en el sector residencial corresponde al uso cocción de alimentos.

En la Tabla 4 se puede ver la importancia absoluta y relativa del GLP con relación a las otras fuentes energéticas empleadas por el sector residencial para la cocción de alimentos.



Fuente	Hogares					
	Área Urbana		Área Rural		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Gas (tanque o cilindro)	2347562	96,24	1107214	80,75	3454776	90,66
Gas centralizado	11961	0,49	0	0,00	11961	0,31
Electricidad	14356	0,59	1867	0,14	16223	0,43
Leña, carbón	17924	0,73	241292	17,60	259216	6,80
Residuos vegetales y/o de animales	46	0,00	469	0,03	515	0,01
Otro (Ej. Gasolina, keréx o diesel etc)	260	0,01	185	0,01	445	0,01
No cocina	47253	1,94	20159	1,47	67412	1,77
<b>Total</b>	<b>2439362</b>	<b>100</b>	<b>1371186</b>	<b>100</b>	<b>3810548</b>	<b>100</b>

**Tabla 4 Ecuador: Número de hogares por fuente energética empleada para la cocción de alimentos. Fuente: INEC, Censo de Población y Vivienda (2010)**

Tal y como se observa en la Tabla 4 en el área urbana, la fuente energética de consumo predominante en los hogares es el gas licuado de petróleo (tanque o cilindro 96,24% y centralizado 0,49%) en el año 2010, en un segundo lugar, pero bastante distante, se encuentra la electricidad con un porcentaje de tan sólo 0,59%. La segunda fuente energética residencial en estas áreas en importancia es la leña o carbón.

En las áreas rurales, la tendencia se mantiene, aunque el uso de GLP disminuye levemente alcanzando el 90,66%, en tanto que el uso de leña o carbón experimenta un aumento llegando al 6,80%. La contribución de la electricidad desciende a 0,14%, ocupando el tercer lugar de importancia en la lista de las fuentes. Ver Tabla 4.

Entre los hogares del área urbana con aquellos del área rural destaca el ascenso en la importancia de la utilización de leña o carbón, que responde propiamente a la ubicación territorial de los pobladores. En este sector, el porcentaje relevante de leña o carbón hace

difícil una sustitución de fuentes energéticas por razón de las diferencias en los costos relativos de los recursos energéticos.

Finalmente, al considerar tanto el consumo urbano como el rural en forma agregada, se llega a la conclusión que el GLP constituye la primera fuente energética utilizada por los hogares para la cocción de alimentos en el año 2010, con una importancia bastante inferior está el empleo de leña o carbón (6,80%) y en un tercer lugar está la electricidad (0,43%).

Del análisis de los valores agregados tanto de los hogares de las áreas urbanas como rurales por provincias, se puede ver que Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, Guayas y El Oro son las que ocupan casi en un 100% GLP; en tanto que, provincias como Bolívar, Chimborazo, Morona Santiago y Cotopaxi presentan considerables porcentajes de uso de leña o carbón, sus porcentajes bordean un cuarto del total de los hogares de cada provincia. Aunque con menor presencia, pero aún con porcentajes considerables que oscilan entre 10 y 20% de los hogares de las provincias de Pastaza, Napo, Loja, Orellana, Manabí, Zamora Chinchipe, Tungurahua e Imbabura, utilizan la leña o carbón como fuente energética empleada para la cocción de alimentos. Ver Figura 35 y Anexo N° 1.

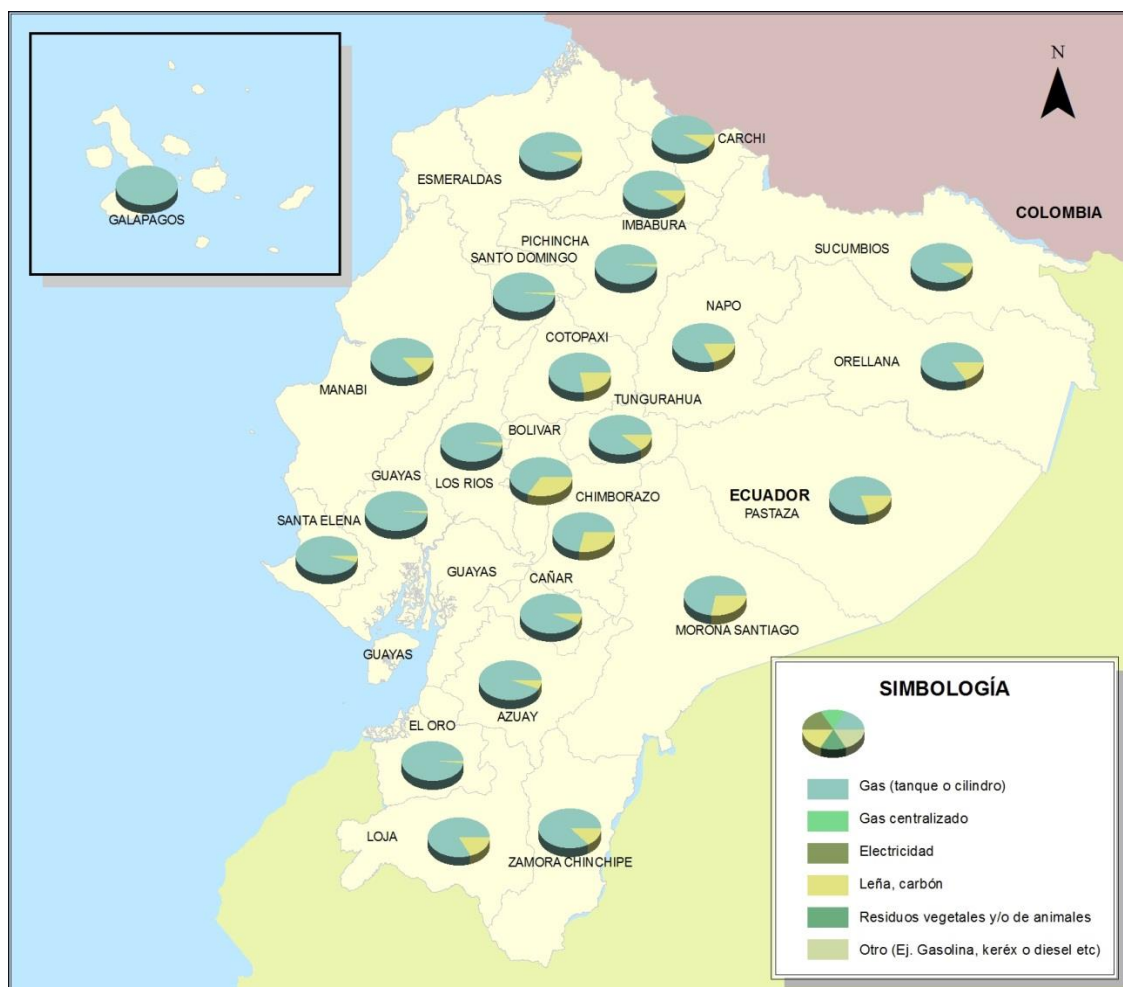
#### **4.1.2 Consumo de GLP por grupos socioeconómicos**

La clasificación de los hogares por grupos socioeconómicos es relevante porque se presume que partiendo de abajo hacia arriba en los quintiles, pasan de destinar el uso de GLP a una necesidad básica como lo es la cocción de alimentos, a otros usos como en el calefón, que constituye un elemento sensible o que varía parejo con la capacidad de compra de los hogares.

De acuerdo a los resultados señalados en la Tabla 5, obtenidos a partir de la Encuesta de Condiciones de Vida realizada por el INEC en el 2006, el gas es utilizado para cocinar, para el

negocio, vehículo e incluso para el calefón pero también, se puede dar cuenta que el 20% más pobre utiliza este combustible para cocinar en su mayor parte, en cambio al otro extremo el 20% más rico, destina la utilización al calefón, desviando la finalidad del subsidio de GLP que en principio era para la cocina. Se destaca entonces que avanzando desde los niveles de ingresos inferiores, el porcentaje destinado para la cocción disminuye de 97,65% a 78,03%, en tanto que aumenta el correspondiente al calefón. La regla deducida del comportamiento del empleo es muy clara: conforme se incrementa el nivel socioeconómico de los hogares, el empleo del GLP en otras actividades en el hogar se expande.

El porcentaje de consumo de GLP destinado para alimentación familiar entre todos los quintiles de la sociedad ecuatoriana es de 88.99% con respecto al gran consumo nacional de GLP.



**Figura 35. Fuente energética empleada para la cocción de alimentos por provincia.**

**Fuente: INEC, Censo de Población y Vivienda 2010**

**Elaboración: Autor**

Quintiles	Cocinar	Negocio	Vehículo	Calefón	Total
20% más pobre	97.65%	2.32%	0.00%	0.03%	100%
2do. Quintil	94.04%	3.08%	2.71%	0.17%	100%
3er. Quintil	93.12%	6.11%	0.00%	0.77%	100%
4to. Quintil	92.61%	5.74%	0.00%	1.65%	100%
20% más rico	78.03%	9.23%	0.28%	12.46%	100%
<b>País</b>	<b>88.99%</b>	<b>6.10%</b>	<b>0.53%</b>	<b>4.39%</b>	<b>100%</b>

**Tabla 5 Utilización del gas por quintiles y según tipo de actividad**

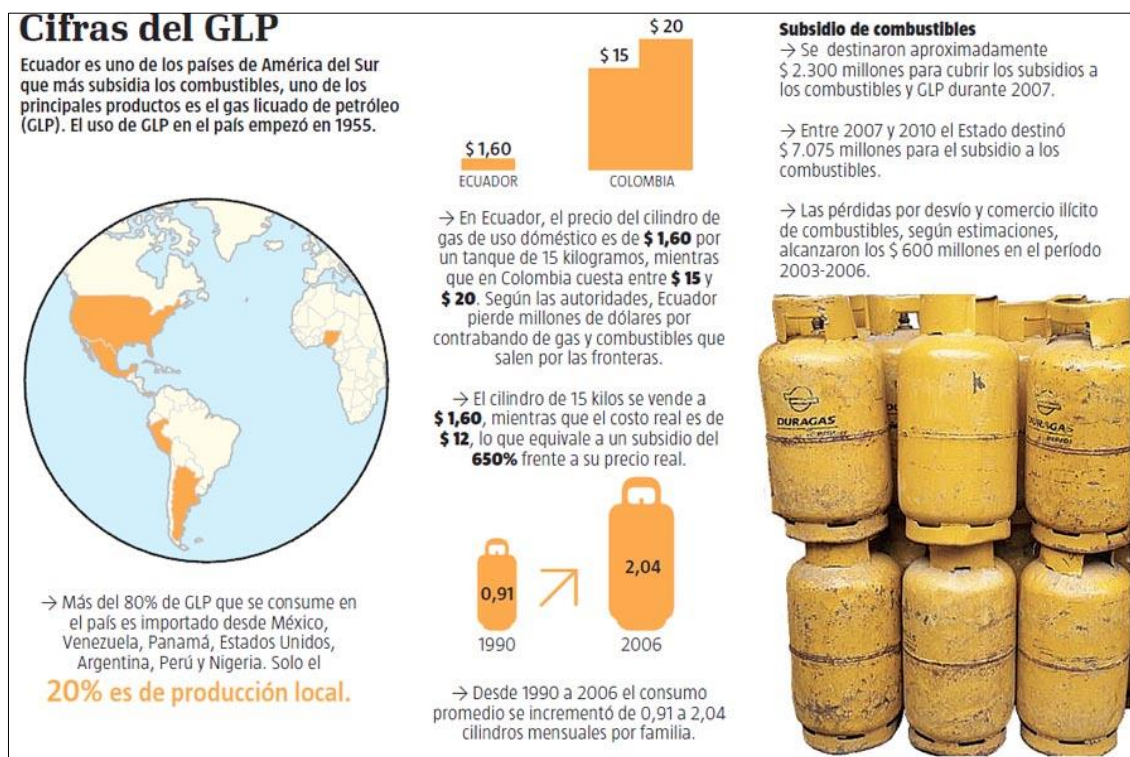
**Fuente: INEC, Encuesta de Condiciones de Vida ECV (2006)**

### **4.1.3 Demanda de GLP en el país**

En los últimos años, en el país la demanda de GLP en el formato de 15 kilos ha mostrado un crecimiento que no muestra una correlación coherente con el crecimiento poblacional; esto responde sobre todo a la sustitución de artefactos eléctricos por su equivalente a GLP en el sector doméstico. Adicionalmente y al margen de la Ley, se ha registrado un aumento en la utilización del producto en sectores comerciales e industriales. En tanto que en el sector comercial se ha incrementado el uso de GLP para restaurantes, hoteles y comercio en general; en el sector industrial uno de los casos más importantes es el elevado uso de GLP de consumo doméstico en industrias avícolas y piladoras de arroz, por lo cual se crea una sobre demanda que no puede ser cubierta; a ello se suma su utilización en la transportación pública (taxis) y privada que lo está utilizando para movilización, y por último está también el tema del contrabando en las fronteras, en donde el precio es hasta triplicado. Este consumo ilegal del gas es muy difícil de controlar y cada año le representa al Estado millonarias pérdidas.

Desde 1990 al 2006, el consumo promedio se incrementó de 0,91 a 2,04 cilindros mensuales por familia. Al ser un país deficitario en GLP, para satisfacer tal demanda, el Estado está obligado a importar más del 80% del total que se consume en el país, pues la producción

nacional es insuficiente y se incrementa a un ritmo de apenas 0,8%, mientras que las importaciones de este combustible crecen al 9%, lo que provoca un incremento del subsidio y altos egresos fiscales al Estado. (“Las cifras del Gas en Ecuador,” n.d.)



**Figura 36**Cifras del GLP

**Fuente:** Redacción Económica. (2013, agosto). El 88% del GLP de consumo interno es importado. *El Telégrafo*. Ecuador.

## 4.2 Consumo de GLP por provincias

Al revisar las estadísticas de Petrocomercial –Ver Tabla 6 y Figura 37, se puede observar que Guayas absorbe alrededor del 27,62 % de las ventas nacionales, seguido de Pichincha con el 25,15 % y en tercer lugar Azuay con el 7,91%

### ECUADOR: Consumo de GLP por provincias.

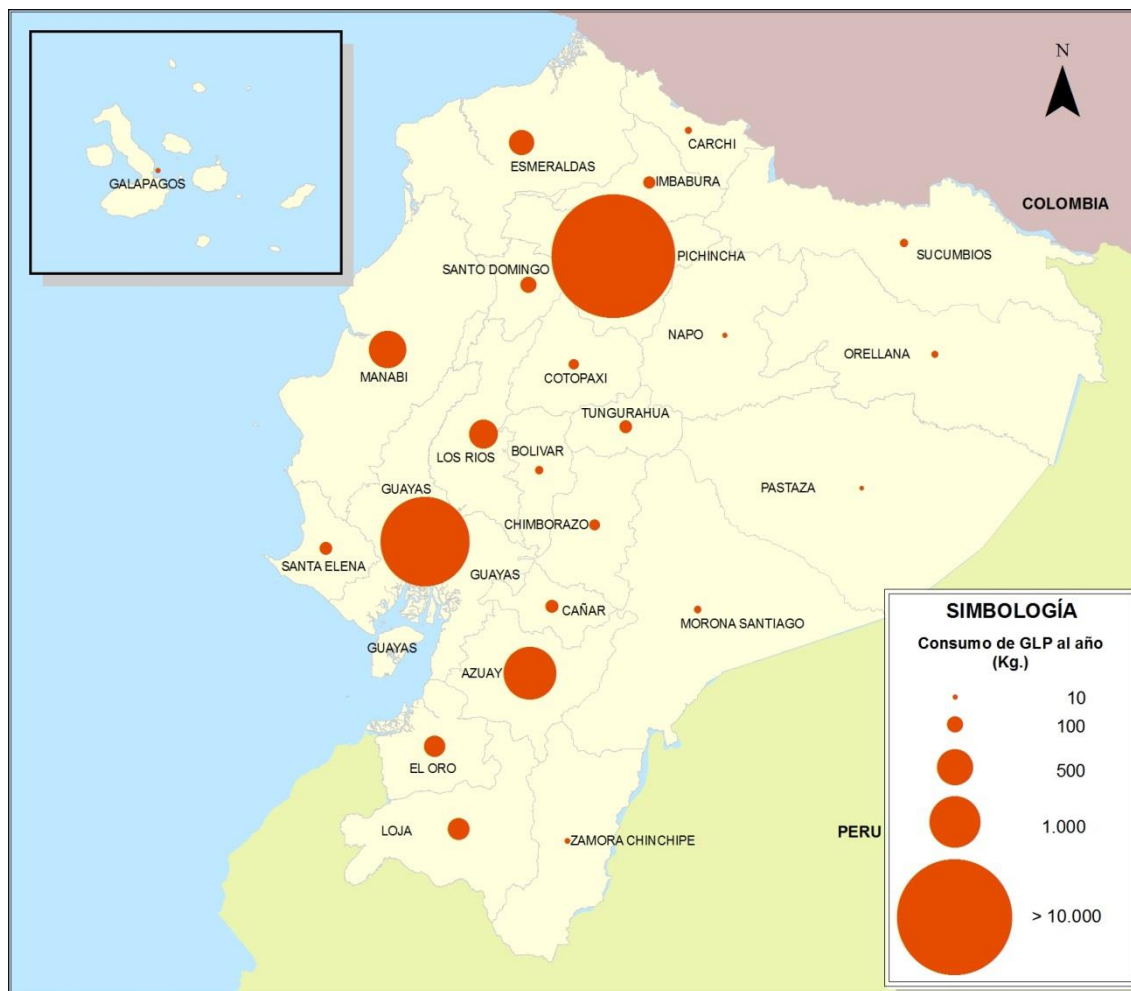
Provincia	Consumo de GLP al año (Kg)	% de ventas
Carchi	19.225.263	2,81
Azuay	54.128.833	7,91
Pichincha	172.010.733	25,15
Tungurahua	26.244.617	3,84
Cotopaxi	18.931.604	2,77
Chimborazo	19.222.626	2,81
Loja	18.244.002	2,67
Imbabura	15.147.485	2,21
Bolívar	6.215.045	0,91
Cañar	2.644.853	0,39
El Oro	37.719.428	5,52
Guayas	188.900.850	27,62
Los Ríos	28.472.537	4,16
Manabí	42.545.219	6,22
Esmeraldas	12.836.115	1,88

Sucumbíos	9.712.520	1,42
Pastaza	2.429.970	0,36
Morona Santiago	3.474.410	0,51
Zamora Chinchipe	1.892.475	0,28
Napo	3.128.184	0,46
Galápagos	790.890	0,12
<b>TOTAL</b>	<b>683.917.659</b>	<b>100,00</b>

**Tabla 6 Consumo de Gas por provincias**

**Fuente: Rodríguez, P., & G, M. (2005)**





**Figura 37 Consumo de GLP por provincias**

**Fuente: Rodríguez, P., & G, M. (2005). Elaboración: Autor.**

#### 4.2.1 Equivalencia energética entre la electricidad y el GLP

En la Tabla 7 se señalan las equivalencias entre la electricidad y el GLP, valores con los cuales se establece la potencial demanda del primero en función de los datos de consumo actuales de GLP.

Equivalencias	
<b>1Kg. de GLP</b>	1,24 m <sup>3</sup> de gas natural.
	2,80 a 3 m <sup>3</sup> de gas ciudad.
	1,20 litros de fuel oil.
	1,30 litros de gas-oil.
	3 a 6 Kg. de leña.
	1,6 a 2 Kg. de carbón.
	14 kWh. de electricidad.

**Tabla 7 Equivalencias del GPL con otras energías. Fuente: Equivalencias Energéticas. Obtenido en: [http://www.sierragranadinadegas.es/legislacion/1\\_equivalencias\\_energ\\_ticas\\_glp.pdf](http://www.sierragranadinadegas.es/legislacion/1_equivalencias_energ_ticas_glp.pdf)**

#### 4.2.2 Escenarios futuros por cambio fuente energética empleada para la cocción de alimentos

En base a lo desarrollado hasta el momento en los numerales anteriores se construye un escenario posible como producto de la sustitución del GLP por la electricidad como fuente energética empleada para la cocción de alimentos. De esta manera se indica en la Tabla 8, a través de una aproximación general, la potencial demanda de energía eléctrica en base a los valores de equivalencia indicados anteriormente.

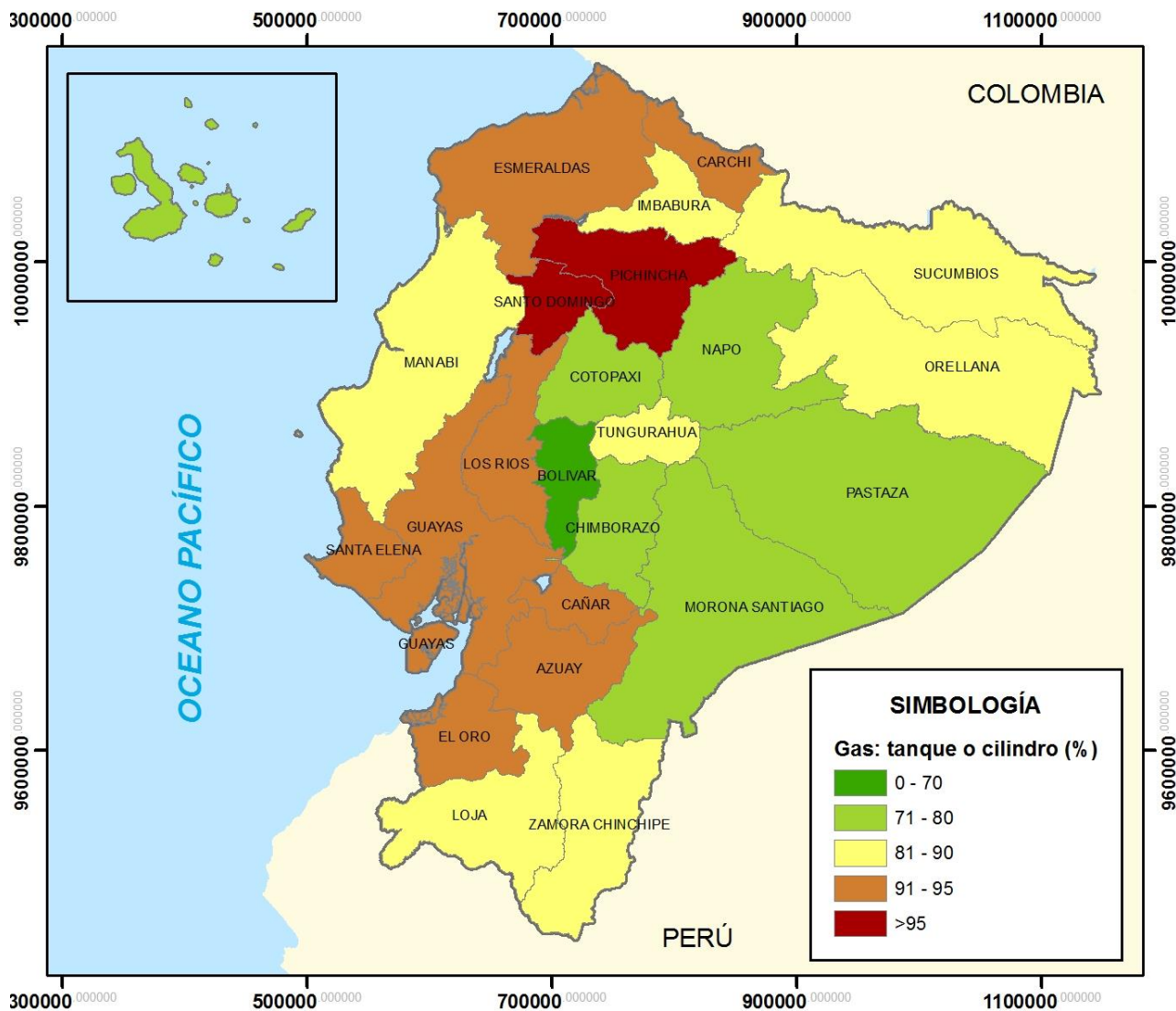
<b>Provincia</b>	<b>Consumo de GLP al año (Kg)</b>	<b>kWh de electricidad</b>	<b>GWh</b>
<b>Carchi</b>	19'225.263	269'153.682	269
<b>Azuay</b>	54'128.833	757'803.662	758
<b>Pichincha</b>	172'010.733	2408'150.262	2408
<b>Tungurahua</b>	26'244.617	367'424.638	367
<b>Cotopaxi</b>	18'931.604	265'042.456	265
<b>Chimborazo</b>	19'222.626	269'116.764	269
<b>Loja</b>	18'244.002	255'416.028	255
<b>Imbabura</b>	15'147.485	212'064.790	212
<b>Bolívar</b>	6'215.045	87'010.630	87
<b>Cañar</b>	2'644.853	37'027.942	37
<b>El Oro</b>	37'719.428	528'071.992	528
<b>Guayas</b>	188'900.850	2644'611.900	2645
<b>Los Ríos</b>	28'472.537	398'615.518	399
<b>Manabí</b>	42'545.219	595'633.066	596
<b>Esmeraldas</b>	12'836.115	179'705.610	180
<b>Sucumbíos</b>	9'712.520	135'975.280	136
<b>Pastaza</b>	2'429.970	34'019.580	34
<b>Morona Santiago</b>	3'474.410	48'641.740	49
<b>Zamora Chinchi</b>	1'892.475	26.494.650	26
<b>Napo</b>	3'128.184	43.794.576	44
<b>Galápagos</b>	790.890	11.072.460	11
<b>TOTAL</b>	<b>683'917.659</b>	<b>9574'847.226</b>	9575

**Tabla 8 Consumo de GLP por provincias y su equivalencia en kWh.**

Por lo establecido significaría que en el Ecuador solo por concepto de uso de las cocinas eléctricas significaría un incremento en la demanda al año de Generación de un valor de 9575 GWh. Cuando de la estadística se sabe que el Ecuador consume un aproximado de energía en el año 2012 de 18469 GWh. Lo cual significaría un incremento en la energía del país de

51,84% que debería ser asumido por el ingreso de los nuevos proyectos energéticos. Pero por otro lado el país se ahorraría en subsidio del gas anualmente y también con la premisa de que las reservas energéticas de petróleo de aquí en algunos años se terminarán y el país ya no podrá depender de este oro negro (petróleo).

En un escenario en el que se configura la utilización de la energía eléctrica en lugar del GLP como fuente energética empleada para la cocción de alimentos, se puede ver que el mayor impacto al momento de llevarse a cabo el cambio de la matriz energética, es decir la sustitución del GLP por la electricidad, se daría en provincias como Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, en una primera instancia, seguidas de Carchi, Esmeraldas, Los Ríos, Guayas, Santa Elena, Cañar, Azuay y El Oro. Ver Figura 41.



**Figura 38 Porcentaje de viviendas que usan gas como fuente energética para cocción de alimentos por provincia. Fuente. INEC (2010)**

Desde toda esta perspectiva se deja abierta la posibilidad de continuar con análisis más profundo sobre la inversión económica que está haciendo el país en torno a la construcción de plantas generadoras con energía limpia que no contaminen el medio ambiente y que su costo de producción sean muy bajos. En fin está presente Tesis ha querido dar a conocer el funcionamiento de la parte Energética del país de una forma general pero que sin embargo plantea una problemática como es la energía en un país que pretende ir renovando su parque

energético con el objetivo de eliminar subsidios que los ha venido arrastrando por años y que no le han ayudado a crecer en la forma que se ha pretendido, todo esto con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfico, análisis, estadísticas que se cuenta y con la experiencia de trabajar en este apasionante ámbito.

## 5 Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

- El presente trabajo da a conocer la realidad energética que se tiene en torno a la Generación Eléctrica con las principales centrales sean estas Hidráulicas, Térmicas, Biomasa, Eólicas, etc. Y como cada una de ellas contribuye a satisfacer una Demanda, donde se encuentran cada una de estas centrales así como el potencial en recursos renovables con los que cuenta el Ecuador.
- Dar a conocer los proyectos que se tiene en el corto y mediano plazo con futuras Centrales que ayuden a re potencializar la Generación Energética. Muchas de las cuales ya están en etapa de construcción y otras que se encuentran en su etapa de estudio.
- Toda esta representación y ubicación se la realiza con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica con la ayuda de mapas temáticos en los cuales se observa los criterios que ha tenido para la instalación de un determinado proyecto o central.
- Dar a conocer la realidad energética que vive el país del Ecuador y como se vislumbra un cambio en su matriz energética que contribuya al bienestar del mismo y de sus habitantes.
- Realizar un análisis técnico económico más a detalle sobre el impacto que se va a tener con los nuevos proyectos de generación eléctrica y como estos influyen en la nueva matriz energética que plantea el gobierno del Ecuador para el mediano plazo.

## 5.2 Recomendaciones

- Dada la complejidad que demandan cada uno de las centrales eléctricas, se puede ir realizando análisis de Sistemas de Información más pequeños de cada uno de las Centrales o Proyectos. Ya que por citar un ejemplo en el proyecto Paute integral se puede realizar un análisis de SIG con sus estaciones hidrográficas y como estas se comportan a lo largo del tiempo.
- De la implementación de los proyectos con energía limpia y recursos renovables como lo es el proyecto Villonaco, en la provincia de Loja al sur del Ecuador sería interesante un análisis más a detalle del comportamiento del recurso viento y como puede contribuir en el desarrollo de un país.
- Dar un mayor realce a la información geográfica para futuros estudios no solo en el ámbito energético, sino en cualquier ámbito para tener actualizado la información relacionada a los SIG ya que cuando se empezó el trabajo se observó que en el Ecuador se cuenta con muy poca información, no así por ejemplo país vecinos (Colombia, Perú) que si cuentan con páginas web con información como mapas temáticos, shapets, etc.
- A las instituciones gubernamentales la creación de páginas web donde constantemente se actualice la información geográfica en torno a los proyectos de Generación Eléctrica, a manera de difusión educativa para la colectividad y de esta forma contribuir a la toma de conciencia del ahorro de energía.



## 6 Bibliografía

Carmona, A., & Monsalve, J. J. (2004). *Sistemas de información geográficos*. Documento de Internet. Obtenido en: [http://dds.cepal.org/infancia/guide-to-estimating-child-poverty/bibliografia/capitulo-IV/Carmona%20Alvaro%20y%20Monsalve%20Jhon%20\(1999\)%20Sistemas%20de%20informacion%20geografica.pdf](http://dds.cepal.org/infancia/guide-to-estimating-child-poverty/bibliografia/capitulo-IV/Carmona%20Alvaro%20y%20Monsalve%20Jhon%20(1999)%20Sistemas%20de%20informacion%20geografica.pdf).

Casas, F. M. G., & Carazo, A. F. (2005). *Localización de centrales de generación de energía eléctrica a partir de Biomasa procedente del olivar*. *Revista de Estudios Regionales*, (074), 153–175.

Celec EP Agoyan, (2013) Obtenido en: <https://www.celec.gob.ec/hidroagoyan/>

Celec EP, Hidropaute, (2013a). *Central Hidroeléctrica Agoyán*. Obtenido en: <https://www.celec.gob.ec/hidroagoyan/index.php/component/content/article/60/168-informaciontecnica-agoyan.html>

Celec EP, Hidropaute, (2013b). *Proyecto Paute Sopladora*. Obtenido en: <https://www.celec.gob.ec/hidropaute/index.php/proyectos/descripcion-sopladora>

Celec EP Hidropaute. (2013) *Informe Anual*.

Celec EP Termoesmeraldas (2014) Obtenido en <https://www.celec.gob.ec/termoesmeraldas/>

Cenace. (2013). *Despacho Económico Diario Programado*. Obtenido en: <https://www.cenace.org.ec>

Cenace (1b), (2013, Quito). *Plan de Operación del Sistema Nacional Interconectado, Enero-diciembre 2013*. Obtenido en: <https://www.cenace.org.ec>

Chao, W., Qiang, W., Yuanlong, L., Su, W., Lihui, T., & Ludong, L. (2010). *Applications of GIS to Power Distribution Dispatching and analysis of technical questions*. In 2010 China International Conference on Electricity Distribution (CICED) (pp. 1 –5).

Conelec, (2014). Obtenido en: <http://geoportal.conelec.gob.ec/visor/index.html>

Electroguayas (2013) Obtenido en de <https://www.celec.gob.ec/electroguayas>.

Desktop Help 10.0 - *Qué es una geodatabase personal*. Obtenido en: <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/003n0000007n000000>.

Dominguez, J., & Amador, J. (2007). *Geographical information systems applied in the field of renewable energy sources*. Computers & Industrial Engineering, 52(3), 322–326.

Enriquez, G. H. (2005). *El Libro Practico de los Generadores, Transformadores Y Motores Electricos / The Practical Book of Generators, Transformers and Electical Motors*. Editorial Limusa S.A. De C.V.

ESRI, (2013). *Componentes y Funcionalidades de un SIG*. Obtenido en: [http://www.construmatica.com/construpedia/Componentes\\_y\\_Funcionalidades\\_de\\_un\\_SIG](http://www.construmatica.com/construpedia/Componentes_y_Funcionalidades_de_un_SIG)

Estava M. Nicolas R. (n.d.). *La Relación entre la Calidad del Servicio y el Monitoreo en Línea de Sistemas Eléctricos de Potencia*, 1–9.

Fernández Alvarez RB. (2003). *Sistema Integral de Gestión de la Distribución. Sancti Spíritus*. Obtenido en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/informacion-geografico-operacion-redes-spiritus/informacion-geografico-operacion-redes-spiritus.pdf>

Gastli, A., & Charabi, Y. (2010). Solar electricity prospects in Oman using GIS-based solar radiation maps. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2), 790–797.

Domínguez Bravo, J.; García Casals, X.; Pinedo Pascua, I. (n.d.). *Renovables 2050: SIG En la determinación de los techos de potencia y generación*. Obtenido en: [http://age.ieg.csic.es/metodos/docs/XII\\_1/010%20-%20Dominguez%20Bravo%20et%20al.pdf](http://age.ieg.csic.es/metodos/docs/XII_1/010%20-%20Dominguez%20Bravo%20et%20al.pdf)

Gold, C. M. (2006). *What is GIS and What is Not? Transactions in GIS*, 10(4), 505–519. doi:10.1111/j.1467-9671.2006.01009.x

Gómez, A., Rodríguez, M., Montañés, C., Dopazo, C., & Fueyo, N. (2010). *The potential for electricity generation from crop and forestry residues in Spain. Biomass & Bioenergy*, 34(5), 703–719. doi:10.1016/j.biombioe.2010.01.013

Goodchild, M. F., Parks, B. O., & Steyaert, L. T. (1993). *Environmental modeling with GIS*. Oxford University Press, USA.

Hidronacion (2014) Obtenido en <https://www.celec.gob.ec/hidronacion/>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2012). *Consumo Energético del Ecuador 2012*. Obtenido en: <http://www.vistazo.com/webpages/pais/?id=22949>

Kaijuka, E. (2007). *GIS and rural electricity planning in Uganda. Journal of Cleaner Production*, 15(2), 203–217. Obtenido en: <http://doi:10.1016/j.jclepro.2005.11.057>

Kinoshita, T., Inoue, K., Iwao, K., Kagemoto, H., & Yamagata, Y. (2009). *A spatial evaluation of forest biomass usage using GIS. Applied Energy*, 86(1), 1–8.

MapServer, O. S. (2013). *MapServer*. Retrieved from <http://mapserver.org/es/>

Moncayo Hurtado, J. M. (2012). *Elaboración de un SIG agrícola con la ayuda de una aplicación Web*. Universidad San Francisco de Quito. Obtenido en: [www.usfq.edu.com](http://www.usfq.edu.com)

Muñoz Heredia, M. de L. (2012). *Aplicación de Sistemas de Información Geográfico para la Generación de Mapas Temáticos como parte de la Componente Geológica para la Implementación de la Arquitectura ArcGIS SERVER y desarrollo del Geoportal del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador -INOCAR*.

Pérez, E. M. (1998). *Las energías renovables: Un enfoque público ecológico*. Los Libros de la Catarata.

Producción Central Hidroeléctrica Paute-Molino. (2013). Obtenido en: <http://hpaforms.celec.com.ec/hidropaute/graficaproduccion/default.aspx>

Rodríguez, P. (2005). *Sistema de almacenamiento de gas licuado de petróleo (glp) en la planta oyambario - petrocomercial*. Obtenido en: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/5750>

Salazar J. (2010). *Estudio Técnico Comparativo para la Introducción de Cocinas Eléctricas de Inducción Magnética en el Ecuador*. Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional.

Sistemas de Información Geográfico, (n.d.). Obtenido en: <http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/index.php>

Sposito, V., Benke, K., Pelizaro, C., & Wyatt, R. (2009). *Application of GIS-based computer modelling to planning for adaption to climate change in rural areas*. Obtenido en: <http://arrow.monash.edu.au/vital/access/manager/Repository/monash:14150>

Transelectric. (2014) Obtenido en <https://www.celec.gob.ec/transelectric/>

Viana, H., Cohen, W. B., Lopes, D., & Aranha, J. (2010). *Assessment of forest biomass for use as energy. GIS-based analysis of geographical availability and locations of wood-fired power plants in Portugal*. *Applied Energy*, 87(8), 2551–2560.

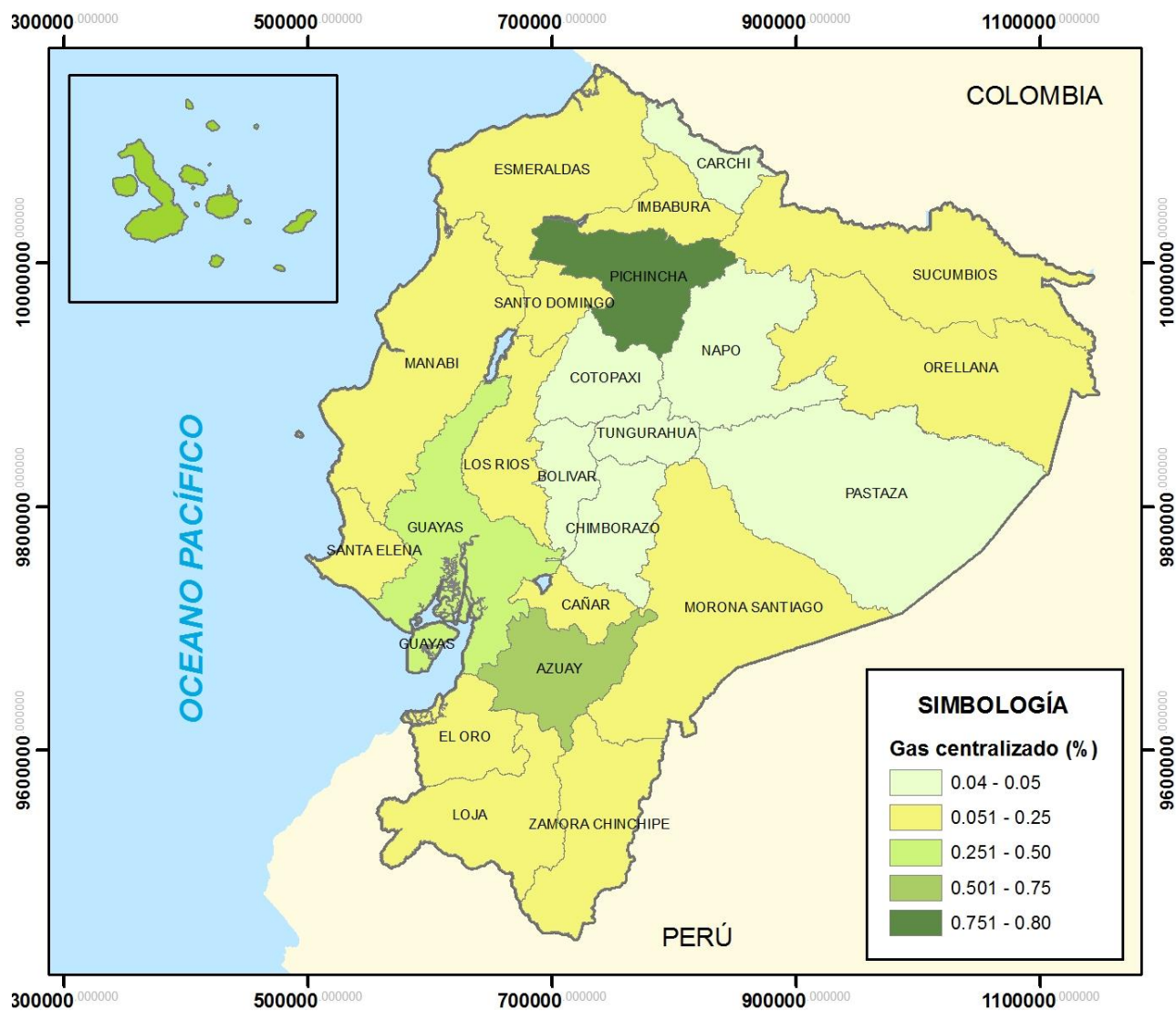
Voivontas, D., Assimacopoulos, D., Mourelatos, A., & Corominas, J. (1998). *Evaluation of renewable energy potential using a GIS decision support system*. *Renewable Energy*, 13(3), 333–344.

Nombre de provincia	Gas (tanque o cilindro)		Gas centralizado		Electricidad		Leña, carbón		Residuos vegetales y/o de animales		Otro		No cocina		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
AZUAY	174283	92,54	1067	0,57	288	0,15	10508	5,58	10	0,01	8	0,00	2167	1,15	<b>188331</b>	<b>100</b>
BOLIVAR	31164	65,30	25	0,05	16	0,03	16111	33,76	24	0,05	1	0,00	382	0,80	<b>47723</b>	<b>100</b>
CAÑAR	53722	91,63	65	0,11	47	0,08	3880	6,62	3	0,01	3	0,01	907	1,55	<b>58627</b>	<b>100</b>
CARCHI	40203	91,09	19	0,04	42	0,10	3575	8,10	2	0,00	6	0,01	289	0,65	<b>44136</b>	<b>100</b>
COTOPAXI	79753	77,33	41	0,04	76	0,07	22335	21,66	30	0,03	7	0,01	895	0,87	<b>103137</b>	<b>100</b>
CHIMBORAZO	88906	70,89	46	0,04	135	0,11	35169	28,04	266	0,21	8	0,01	877	0,70	<b>125407</b>	<b>100</b>
EL ORO	155252	95,08	175	0,11	255	0,16	2600	1,59	3	0,00	16	0,01	4989	3,06	<b>163290</b>	<b>100</b>
ESMERALDAS	119294	92,09	246	0,19	284	0,22	7358	5,68	8	0,01	25	0,02	2324	1,79	<b>129539</b>	<b>100</b>
GUAYAS	910002	94,89	3019	0,31	7415	0,77	13171	1,37	23	0,00	134	0,01	25201	2,63	<b>958965</b>	<b>100</b>
IMBABURA	91685	89,01	58	0,06	131	0,13	10181	9,88	22	0,02	8	0,01	924	0,90	<b>103009</b>	<b>100</b>
LOJA	95308	81,54	181	0,15	94	0,08	2010	17,20	5	0,00	31	0,03	1172	1,00	<b>116892</b>	<b>100</b>
LOS RIOS	190457	94,32	319	0,16	221	0,11	5495	2,72	6	0,00	34	0,02	5401	2,67	<b>201933</b>	<b>100</b>
MANABI	287394	83,77	545	0,16	597	0,17	48528	14,14	42	0,01	50	0,01	5932	1,73	<b>343088</b>	<b>100</b>
MORONA SANTIAGO	23587	70,72	20	0,06	35	0,10	9105	27,30	2	0,01	6	0,02	597	1,79	<b>33352</b>	<b>100</b>
NAPO	18075	80,47	11	0,05	21	0,09	4027	17,93	3	0,01	2	0,01	323	1,44	<b>22462</b>	<b>100</b>
PASTAZA	15582	78,63	9	0,05	21	0,11	3880	19,58	1	0,01	3	0,02	322	1,62	<b>19818</b>	<b>100</b>
PICHINCHA	699282	96,08	5827	0,80	5807	0,80	10533	1,45	28	0,00	51	0,01	6310	0,87	<b>727838</b>	<b>100</b>
TUNGURAHUA	122824	87,40	61	0,04	163	0,12	15981	11,37	18	0,01	9	0,01	1480	1,05	<b>140536</b>	<b>100</b>
ZAMORA CHINCHIPE	18152	84,94	12	0,06	9	0,04	2757	12,90	0	0,00	2	0,01	439	2,05	<b>21371</b>	<b>100</b>
GALAPAGOS	6743	93,19	10	0,14	57	0,79	18	0,25	0	0,00	1	0,01	407	5,62	<b>7236</b>	<b>100</b>
SUCUMBIOS	38019	88,30	26	0,06	62	0,14	3669	8,52	8	0,02	6	0,01	1266	2,94	<b>43056</b>	<b>100</b>
ORELLANA	25605	81,30	18	0,06	46	0,15	4908	15,58	7	0,02	5	0,02	906	2,88	<b>31495</b>	<b>100</b>
SANTO DOMINGO	91579	96,18	100	0,11	123	0,13	1715	1,80	1	0,00	12	0,01	1691	1,78	<b>95221</b>	<b>100</b>
SANTA ELENA	70723	92,82	61	0,08	273	0,36	3086	4,05	2	0,00	17	0,02	2032	2,67	<b>76194</b>	<b>100</b>

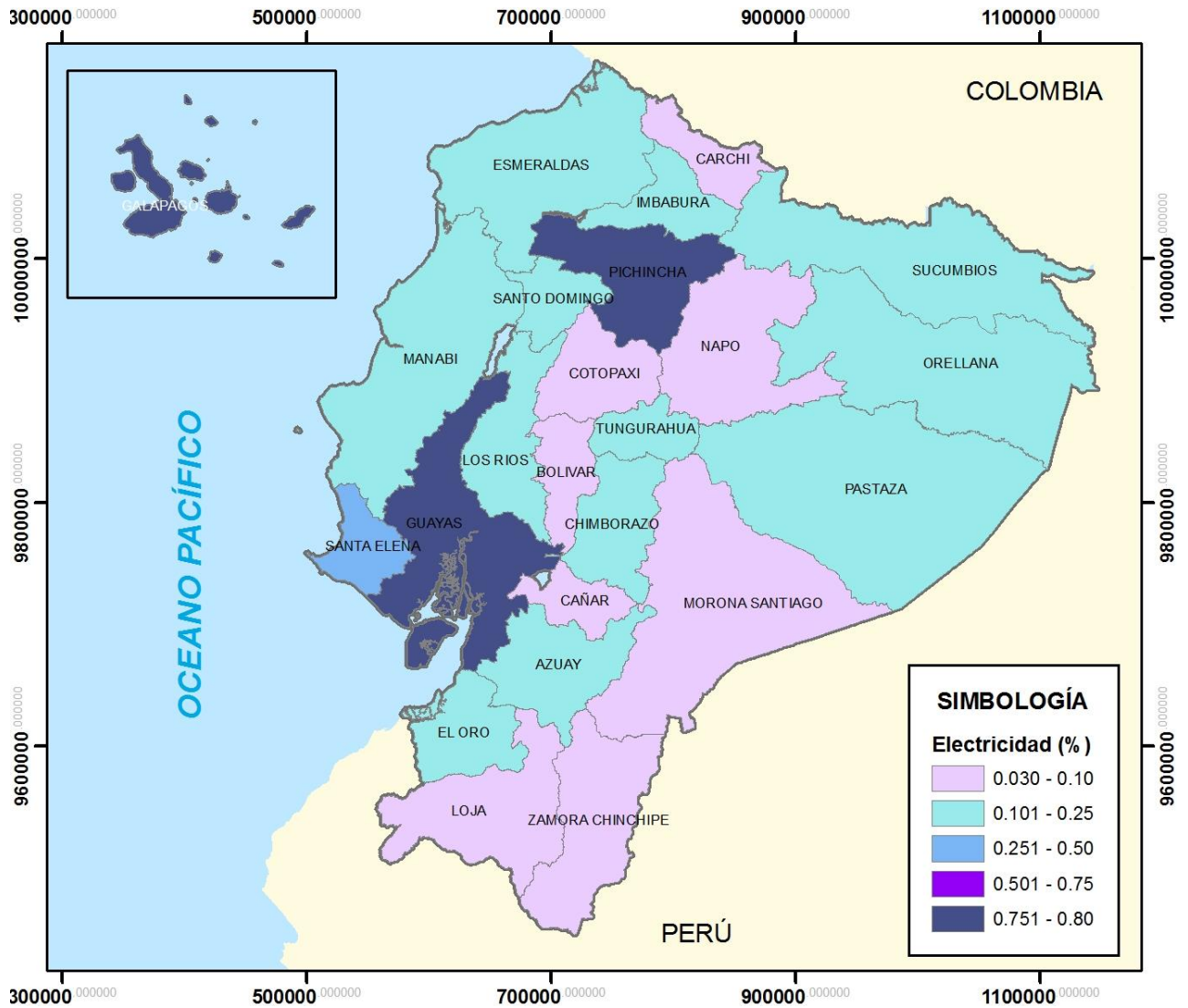
**Tabla 9 ECUADOR: Número de hogares según fuente energética empleada para la cocción de alimentos y por parroquia.**

**Fuente. INEC (2010)**



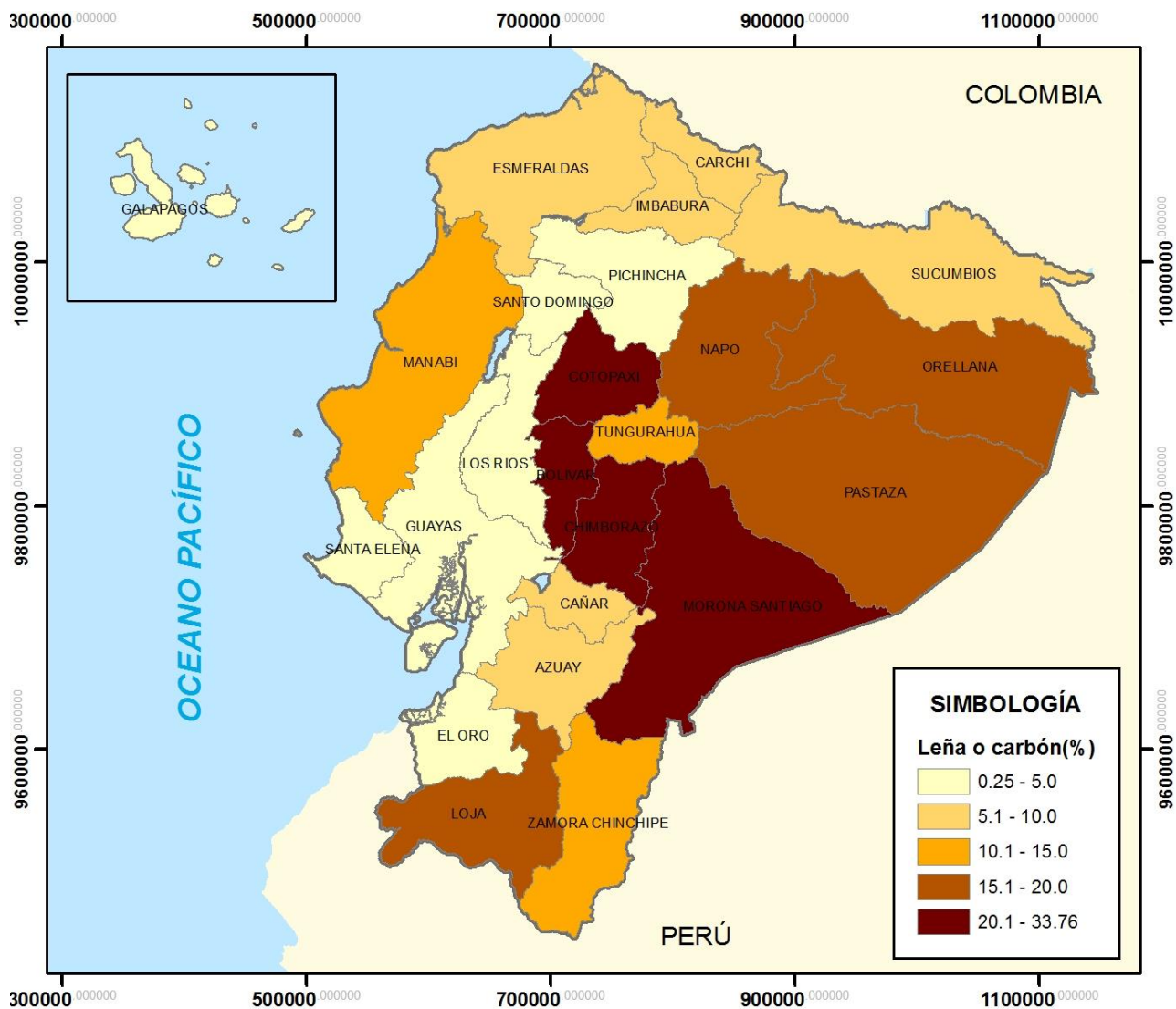


**Figura 39** Porcentaje de viviendas que usan gas centralizado como fuente energética para cocción de alimentos por provincia. Fuente. INEC (2010)

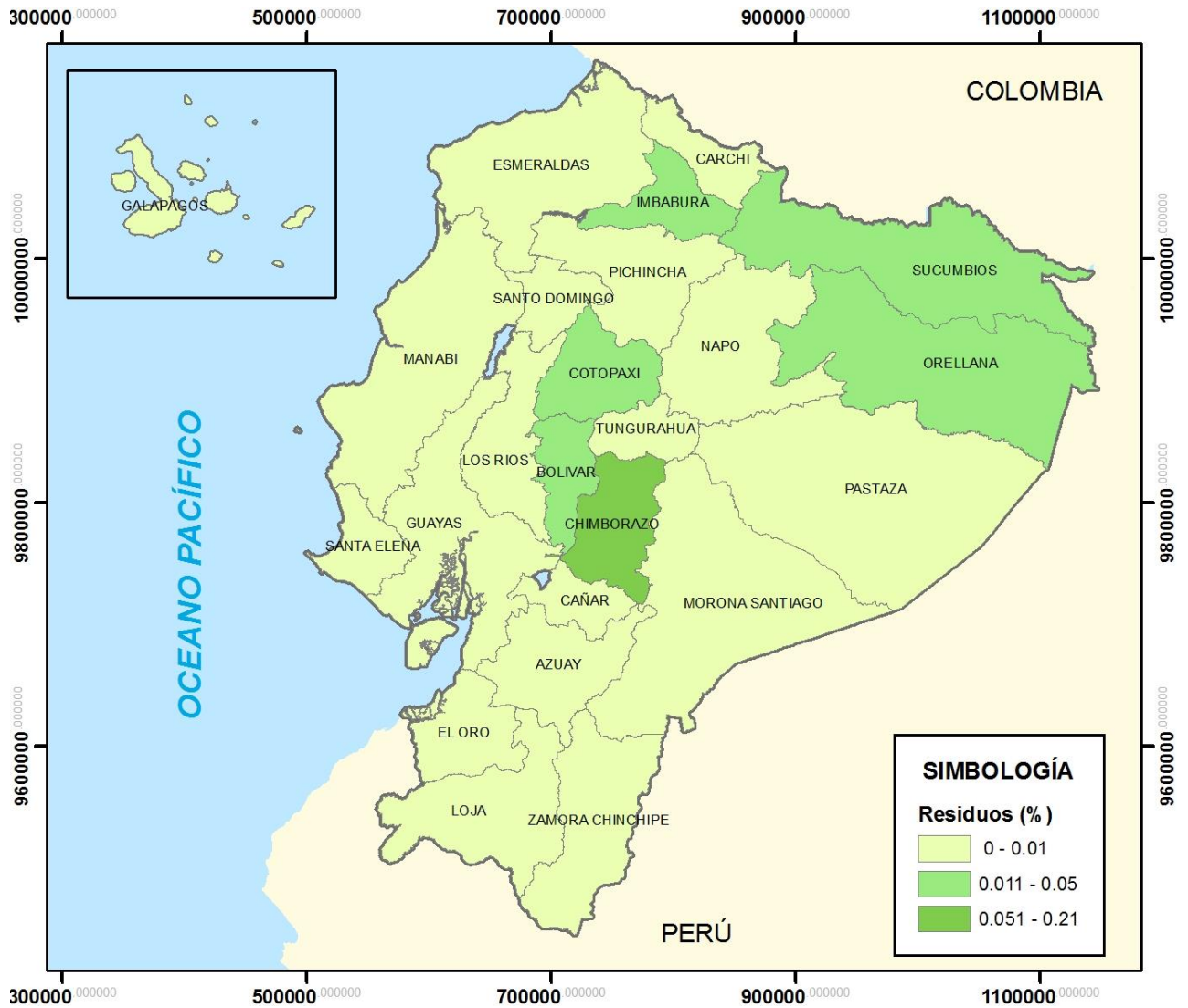


**Figura 40** Porcentaje de viviendas que usan electricidad como fuente energética para cocción de alimentos por provincia. Fuente. INEC (2010)





**Figura 41** Porcentaje de viviendas que usan leña o carbón como fuente energética para cocción de alimentos por provincia. Fuente. INEC (2010)



**Figura 42** Porcentaje de viviendas que usan residuos como fuente energética para cocción de alimentos por provincia. Fuente. INEC (2010)

