



PLAN DE INVESTIGACIÓN

Consumos eléctricos de la ciudad de Loja - Ecuador y la incidencia del parque eólico Villonaco.

Doctorando: Manuel Ignacio Ayala Chauvin

Director de Tesis: Carles Riba Romeva

Programa de Doctorado: Sostenibilidad

Departamento: Centro de Diseño de Equipos Industriales CDEI-UPC

Instituto de Sostenibilidad

Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

Enero, 2015

La «fiesta» del derroche energético toca a su fin y depende de nosotros que se abra la puerta de par en par a las energías renovables, las únicas que nos permitirán sobrevivir como civilización humana en nuestro planeta, y que podamos así continuar la milenaria historia de amor entre la Tierra –donde la humanidad ha tenido la oportunidad de existir– y el Sol –sin el cual la humanidad no hubiera existido–. Dar continuidad a esta increíble historia de amor es el reto que la humanidad del siglo xxi tiene por delante. ¿Seremos capaces de darle respuesta?

Dr. Josep Puig i Boix

Presidente del Consejo Asesor de Eurosolar –
Asociación Europea por las Energías Renovables

**Centro de Diseño de Equipos Industriales
CDEI-UPC**

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
Llorens i Artigas 4, planta 0, edificio U, 08028
Barcelona, España
Tel: + 934 010 831, Fax: 934 011 989
<http://www.cdei.upc.edu>

Autor Correspondiente:
Manuel Ignacio Ayala Chauvin
Tel: + 93 401 08 30
mayalapelm@yahoo.es

Contenido

1	RESUMEN	5
2	MOTIVACIÓN	7
3	OBJETIVOS	10
4	ESTADO DEL ARTE	11
4.1	Perspectiva energética del Ecuador	11
4.2	Políticas energéticas en el contexto ecuatoriano	16
4.3	Sistema nacional interconectado	19
4.4	Energía eólica en el Ecuador	23
4.5	Proyectos eólicos en el Ecuador	27
4.6	Análisis de los parámetros de generación del parque eólico.	30
4.7	Análisis de los consumos de energía de la ciudad de Loja.	32
4.8	Herramientas para la gestión de datos energéticos.	35
4.9	Sistemas de almacenamiento de energía eólica.	42
5	METODOLOGÍA.....	45
5.1	Análisis del estado del Arte	45
5.2	Definición de las hipótesis de investigación.....	46
5.3	Desarrollo de las hipótesis de investigación	46
5.4	Medios empleados.....	46
6	PLAN DE TRABAJO	47
7	REFERENCIAS	47
8	CONTRIBUCIONES ESPERADAS.....	50

Índice de figuras

Figura 1. Sistema Integrado de Energía	9
Figura 2. Evolución de la oferta de energía por fuentes 1970 - 2012	13
Figura 3. Estructura de la oferta de energía primaria	13
Figura 4. Estructura de generación eléctrica	14
Figura 5. Estructura de la demanda de energía	15
Figura 6. Sistema Nacional Interconectado	20
Figura 7. Áreas de concesión en el Ecuador	22
Figura 8. Mapa de infraestructura eléctrica Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.	23
Figura 9. Potencial eólico del Ecuador (Factible a corto plazo).	25
Figura 10. División política del Ecuador	28
Figura 11. Parque eólico Villonaco	28
Figura 12. Ampliación del Parque eólico Villonaco.	30
Figura 13. SCADA Parque eólico Villonaco.	31
Figura 14. Esquema de recolección de datos	32
Figura 15. Sistema Eléctrico de Potencia del circuito Cuenca-Loja	33
Figura 16. Datos necesarios para desarrollar modelos energéticos.	42

1 RESUMEN

En este plan de investigación se expone la situación energética del Ecuador, la importancia del petróleo en la economía y en la generación de energía eléctrica, de lo cual podemos inferir la importancia de la transición energética hacia las energías renovables a pesar de que Ecuador tiene reservas petroleras probadas de 6.990.000.000 barriles (OPEC, 2011) al ritmo de producción actual de 523.000 barriles por día tendríamos petróleo aproximadamente hasta el año 2050.

Se analizan las políticas energéticas actuales en el contexto ecuatoriano y vemos que Ecuador tiene una predisposición y conciencia política gubernamental de la necesidad de plantear el cambio de la matriz energética del país.

Para ubicarnos en el contexto eléctrico del Ecuador, se hace una descripción general del Sistema Nacional Interconectado y de sus concesiones para la distribución de energía eléctrica.

Se hace una breve descripción de la energía eólica en el Ecuador y podemos concluir que existe un potencial en todo el territorio atravesado por la cordillera de los andes, lo cual nos permite pensar que hay posibilidades de expansión de la potencia eólica instalada.

Para analizar los parámetros de generación eólica y consumo de la ciudad de Loja-Ecuador, el Ecuador cuenta con sistemas gestión de datos georeferenciados GIS que se los puede obtener de las empresas correspondientes, por lo que es factible adquirirlos y procesarlos con herramientas informáticas para sistemas eléctricos.

Se hace una revisión de los diferentes sistemas de acumulación de energía eólica y encontramos que es una tendencia y una necesidad mundial la búsqueda y aplicación de métodos de almacenamiento de energía eólica, debido a las características de variabilidad e incertidumbre de su fuente primaria (el viento), la generación ha impuesto retos interesantes a los ingenieros responsables de la planeación y operación de los sistemas de energía eléctrica.

¿Cómo atacar y resolver los problemas que representa la variabilidad de la generación eólica en los estudios tradicionales de planeación y operación de las redes eléctricas?, ¿qué aspectos se deben considerar?, y ¿qué grado de detalle de los modelos de estas fuentes se deben adoptar en la búsqueda y estudio de soluciones a estos problemas?

Finalmente de la revisión del estado del arte hemos detectado la necesidad de realizar estudios comparativos de generación de un parque eólico de altura y del vector eléctrico de consumo de una ciudad, para permitir adaptar las fluctuaciones de oferta y demanda mediante el almacenamiento de la energía producida por los sistemas eólicos.

2 MOTIVACIÓN

En el momento actual, el sector energético a nivel global se enfrenta a serios límites físicos y ambientales, siendo el agotamiento de los recursos fósiles y la amenaza del cambio climático dos elementos indudablemente determinantes. El sector energético requiere un proceso de transición hacia una matriz energética sustentable, proceso en el que lograr el acceso universal de toda la población a fuentes de energía apropiada debe constituir un objetivo prioritario. Plantear alternativas que permitan armonizar las necesidades energéticas con la sustentabilidad ecológica conlleva una revisión del concepto de desarrollo y la búsqueda de nuevos paradigmas evolutivos para las sociedades. Por otra parte, resulta evidente que una matriz energética sustentable ha de depender exclusivamente de fuentes renovables, utilizadas de forma que garanticen su renovabilidad.

En este sentido, la región latinoamericana se enfrenta a un desafío de difícil resolución: prácticamente la mitad de su abastecimiento energético depende del petróleo y las proyecciones indican que aumentará la demanda. Pero es necesario insistir en que ésta es una fuente de energía cuya escasez y costo irá en aumento, y aun suponiendo que siguiera resultando posible acceder a ella, los predecibles efectos ambientales serían inasumibles. La fantasía de una “economía de tierra plana”, sin entropía ni límites biofísicos, conduce inevitablemente a nuestras sociedades con firme aceleración hacia el abismo. Hemos de ser capaces de examinar qué perspectivas alternativas existen para una transición socioecológica, en la que la potencia de una especie como la nuestra se muestre capaz de construir, a través de las instituciones y del trabajo individual y colectivo, un mundo social y natural dentro del cual poder desarrollar una vida buena (Guayanlema, 2014.).

Lo que motiva realizar esta investigación es la problemática del declive energético, conclusión a la que llega Aleklett en 2007 (Aleklett, 2007), Riba en 2012 (Riba, 2012), y Sans en 2014 (Sans, 2014) entre otros, este problema no tendrá solución sin un cambio de paradigma de desarrollo que tenga en cuenta que la Tierra tiene recursos limitados. Si se da una respuesta adecuada al reto energético, el cambio climático comenzará a encontrar vías reales de solución

en las nuevas coordenadas de desarrollo que habrá que adoptar necesariamente. Sans en su libro *El Colapso es Evitable La transición energética del siglo xxi (TE21)*, propone una solución a la crisis de los combustibles fósiles en base a los únicos recursos de los que, con toda certeza, dispondremos en el futuro: las energías renovables. Establece diferentes hipótesis técnicas y económicas y las evalúa de forma numérica y equilibrada. También sugiere innovaciones tanto en el uso de los recursos y de las tecnologías como en las formas de comportamiento y de organización social.

Sin embargo, será difícil articular políticas alternativas serias y eficaces si no es desde el conocimiento y la comprensión de las tendencias y consecuencias del uso de la energía y los recursos naturales en entornos delimitados, por ejemplo, una ciudad de 200000 habitantes, cuanto consume y cuanto recurso natural dispone y cuál es la propuesta para obtener un cierto nivel de autonomía energética sin afectar el medio ambiente.

En este contexto en la República del Ecuador ha emprendido un cambio de la matriz productiva y energética, en la actualidad tiene en desarrollo ocho proyectos hidroeléctricos, cuatro geotérmicos, y un proyecto de generación eólica ejecutado y en funcionamiento (CELEC , 2014), con la finalidad de impulsar el cambio de la matriz energética.

El proyecto de generación eólica fue construido en la provincia de Loja-Ecuador, específicamente en el cerro Villonaco a 2.720 metros sobre el nivel del mar, tiene once aerogeneradores con una potencia de 1,5 MW cada uno, es decir, un total de 15 MW con 56 GWh/año y se espera que genere aproximadamente el 20 por ciento de energía renovable en el sur de Ecuador, ha sido calificado como Emblemático por el Gobierno Nacional, por su contribución a la soberanía energética del país y la diversificación de la matriz energética, es el primer parque eólico en Ecuador continental (CELEC , 2014).

El proyecto eólico Villonaco es otra de las motivaciones para realizar esta propuesta de tesis, porque la ciudad y el parque eólico son un escenario para la investigación de nuevas alternativas de gestión eficiente de la electricidad y así transitar hacia las renovables.

Un adecuado planteamiento del sector energético debe perseguir la soberanía energética, construida sobre una gestión de provisión y consumo eficiente de energía, basada en la participación inclusiva y proactiva de todos los actores del territorio y la sostenibilidad del ecosistema. La energía debe ser entendida como un bien común, con un enfoque territorial que permita conectar energía y territorio, abordando sus múltiples dimensiones (temporal, geográfica, etc.) y prestando atención prioritaria al beneficio local (Dafermos, 2014).

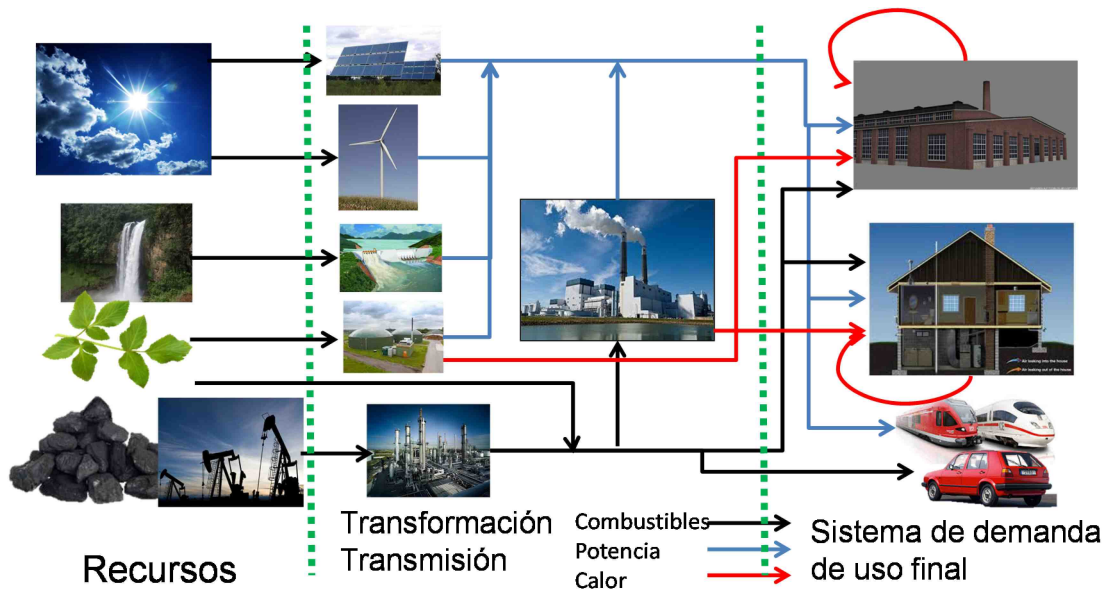


Figura 1. Sistema Integrado de Energía

Un sistema energético constituye un sector estratégico en toda economía, conformando el flujo sanguíneo del sistema productivo y un factor clave para la satisfacción de necesidades humanas (Boie et al, 2010).

En la figura 1 se representa la energía primaria, los vectores energéticos (Combustibles, potencia, calor) y los usos finales de la energía, en nuestra investigación nos enfocaremos en el vector de potencia eléctrica, por lo tanto, no se tratará la alternativa del transporte, ya que no es un vector eléctrico en el contexto ecuatoriano.

3 OBJETIVOS

Objetivo general

El objetivo principal de la tesis es determinar los consumos eléctricos de la ciudad de Loja - Ecuador y la incidencia del parque eólico Villonaco, y en base a los resultados de la comparación generación-consumo proponer estrategias que le den a la ciudad de Loja-Ecuador alternativas para su autonomía eléctrica.

Objetivos específicos:

- a) Caracterizar el reparto de los consumos de la ciudad de Loja – Ecuador según sus orígenes, (residencial, comercial e industrial).
- b) Caracterizar la generación de energía del parque eólico Villonaco de Loja - Ecuador.
- c) Confrontar los diagramas de producción del parque eólico Villonaco y los de consumo de la ciudad de Loja.
- d) Obtener conclusiones para poder gestionar un futuro sistema eléctrico con energías renovables.

4 ESTADO DEL ARTE

4.1 Perspectiva energética del Ecuador

Ecuador es considerado actualmente como un exportador neto de combustible. Desde 1972, en vísperas de iniciar las exportaciones de crudo de la región amazónica, el sector petrolero asume importancia inusitada en la estructura económica del país (EP PETROECUADOR, 2013), donde la matriz de energía primaria ha sido dominada por el petróleo tanto como principal energético interno como para su exportación. Sin embargo, en el mismo lapso, la brecha entre la producción secundaria total y la demanda se ha ampliado, situación que ha sido resuelta mediante importación de derivados. Esas importaciones cubren la demanda sectorial de transporte, industria, residencial y generación de electricidad.

En Ecuador desde 1982 hasta 2012 no se ha realizado la sistematización de la información y la realización de prospectiva energética, por lo que carece de antecedentes en el ámbito institucional, con el propósito de retomar, 25 años después, una actividad que constituye un componente clave en el marco de la prospectiva, establecimiento de políticas y planificación energética, el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos elaboró el Balance Energético Nacional 2013, conjuntamente con las series históricas 1995-2012 (Carvajal, 2013). Este trabajo requirió la obtención y procesamiento de toda la información energética disponible desde el año 1995 hasta el año 2012, referente a la producción, comercio internacional (importaciones y exportaciones), transformación y consumo de todas las fuentes de energía en todos los sectores económicos del país; posteriormente, en marzo del 2013, se ha actualizado la información relativa a la matriz energética nacional.

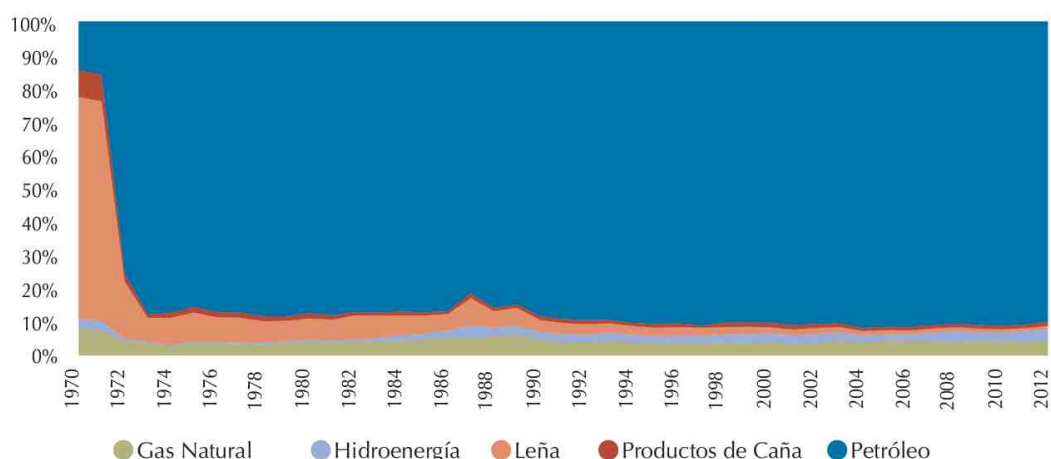
El Balance Energético Nacional 2013 permite así evaluar la oferta y demanda de energía en el contexto nacional, presentando la información histórica a partir de 1995 hasta 2012, para hacer un análisis comparativo de la evolución de las variables que describen el sector energético ecuatoriano (Carvajal, 2013). Las competencias en prospectiva energética nacional serán asumidas por el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), que deberá

integrar la información energética del país, proporcionada por los diversos actores, como una herramienta clave de apoyo para la planificación energética.

Tabla 1. Resumen ejecutivo de energéticos en el Ecuador

	Unidades	2000	2011	2012
ENERGÍA PRIMARIA				
Producción total de energía	kBEP	167.033	207.493	211.098
Producción total de petróleo	kBEP	150.625	188.174	189.926
	kBBL/año	146.180	182.621	184.321
	kBBL/día	400	500	505
Exportación total de petróleo	kBEP	89.969	125.433	133.454
	*kBBL/año	87.314	121.732	129.516
	*kBBL/día	239	334	355
Producción total de gas natural (1)	kBEP	6.321	8.403	9.214
	**MMcf	37.326	49.621	54.408
Carga total a centros de transformación	kBEP	77.132	89.194	89.791
Carga a refinería	kBEP	65.079	63.470	62.182
	*kBBL	63.159	61.597	60.347
ENERGÍA SECUNDARIA				
Producción total de energía	kBEP	70.148	73.865	73.313
Producción de electricidad	GWh	10.612	20.544	22.848
Producción de diesel	kBEP	14.205	14.087	13.212
	miles gal	595.699	590.759	554.079
Importación de diesel	kBEP	2.837	15.112	17.048
	miles gal	118.965	633.749	714.961
Producción de gasolinas y naftas	kBEP	11.542	10.983	10.827
	miles gal	542.601	516.332	508.986
Importación de gasolinas y naftas	kBEP	1.312	11.267	12.715
	miles gal	61.666	529.657	597.734
Producción de GLP	kBEP	2.044	1.947	1.903
	miles kg	267.869	255.170	249.399
Importación de GLP	kBEP	3.159	6.523	6.039
	miles kg	414.084	854.951	791.444
CONSUMO DE ENERGÍA (2)				
Consumo total de energía (3)	kBEP	60.237	93.629	97.104
Consumo energético sector transporte	kBEP	25.069	45.121	46.045
Consumo energético sector industrial	kBEP	11.476	15.572	16.594
Consumo de electricidad	GWh	7.904	18.175	19.377
Consumo de diesel	kBEP	15.905	27.024	28.356
	miles gal	667.000	1.133.303	1.189.180
Consumo de gasolinas y naftas	kBEP	10.804	20.443	21.277
	miles gal	507.918	961.072	1.000.278
Consumo de GLP	kBEP	5.181	7.922	8.048
	miles kg	678.967	1.038.314	1.054.753

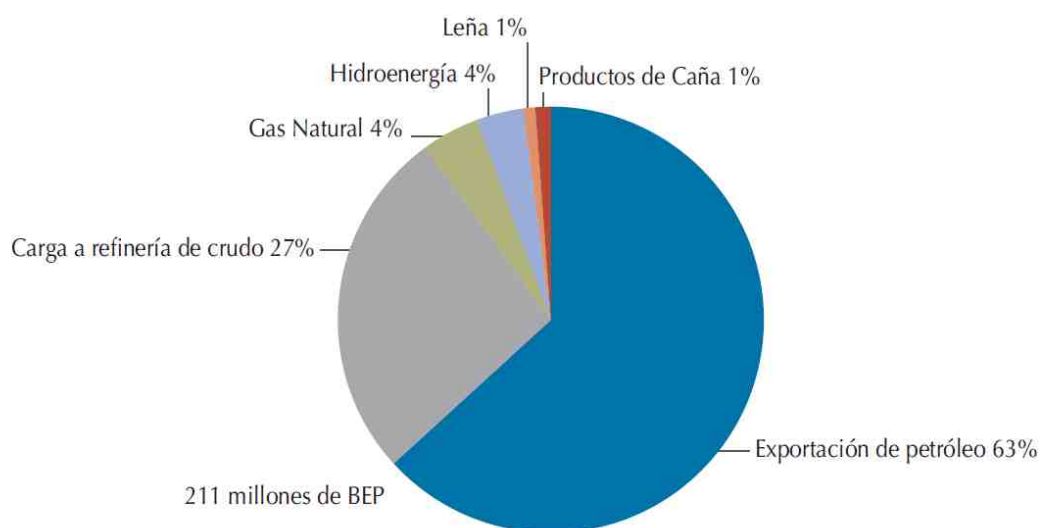
* KBBL: miles de barriles. **MM: Millones. (1) Al 2012, la producción de gas natural asociado comprende el 83% de la producción total de gas. (2) Incluye consumo propio. (3) Incluye No energéticos.



Fuente: (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013)

Figura 2. Evolución de la oferta de energía por fuentes 1970 - 2012

La figura 2 muestra la producción de energía por fuentes primarias durante los últimos 40 años, en donde es claramente visible la importancia que juega el petróleo en la sociedad ecuatoriana, no solo para abastecer la demanda interna (carga a refinerías y generación eléctrica), sino también por la renta derivada de las exportaciones que forman parte de los recursos fiscales con los que cuenta el Gobierno.



Fuente: (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013)

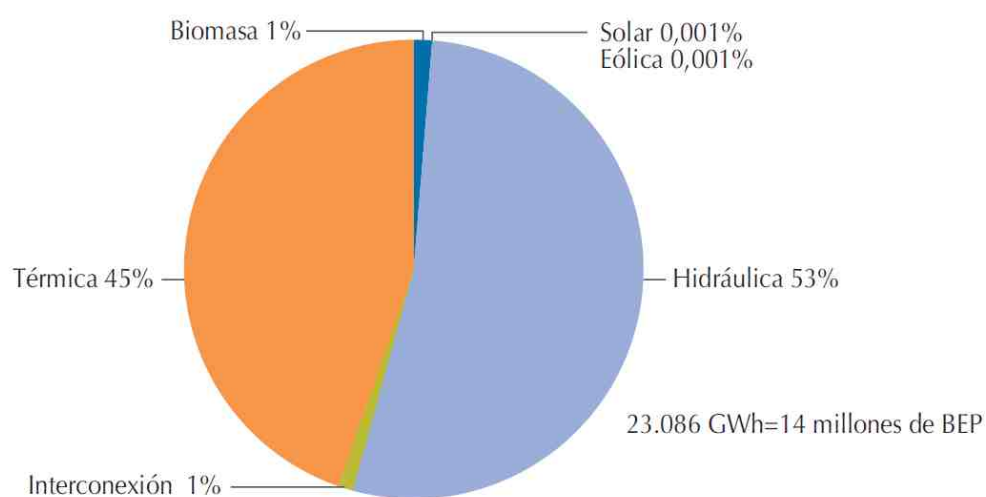
Figura 3. Estructura de la oferta de energía primaria

Conforme a los datos registrados en el balance para el año 2012, la producción de energía primaria se concentra en la energía de origen fósil: petróleo (90%), que se divide a su vez en una fracción para exportación (63%) y otra para carga

a refinerías nacionales (27%), además de contar con algo de gas natural (4%). De esta forma, la energía de origen fósil representa 94% del total de la producción de energía primaria. El resto es producción hidráulica (4%), producción de productos de caña (1%) y leña con menos del 1%.

En términos generales, entre los años 2007 y 2013, el Gobierno ecuatoriano invirtió más de 21.000 millones de dólares en el sector energético, de los que 12.600 corresponden al sector de hidrocarburos y 4.900 al sector eléctrico.

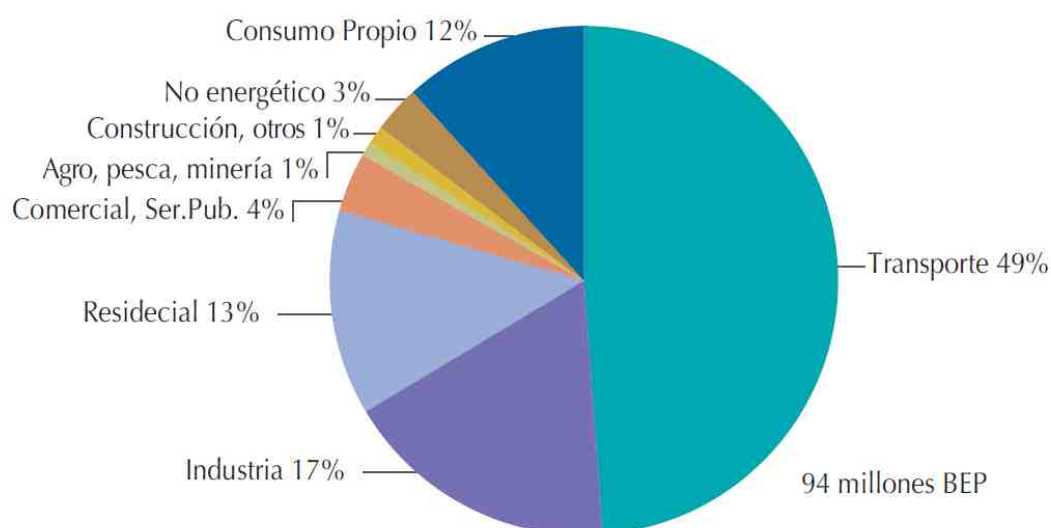
En el año 2012, la estructura de generación eléctrica respondía a un esquema de generación de 53,6% hidráulica, 45,1% térmica y 1,3% de fuentes renovables no convencionales. En los próximos años, se espera un cambio significativo, alcanzando para finales de 2016 un 93% de generación hidroeléctrica en el sistema nacional.



Fuente: (Consejo Nacional de Electricidad, 2013)

Figura 4. Estructura de generación eléctrica

La matriz de demanda (incluido el consumo de no energéticos y consumo propio) de energía muestra el consumo de energía final o neta por sector. Los sectores que más demandan energía son transporte (49%), seguido por la industria (17%), el consumo residencial (13%), consumo propio (12%), comercial y servicios públicos (4%) y uso No energético¹³ (3%). El consumo por tipo de fuentes (figura 2.16) se concentra en diesel (30%), gasolinas (23%), electricidad (13%), fuel oil (9%) y Gas licuado (8%).



Fuente: (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013)

Figura 5. Estructura de la demanda de energía

El consumo energético per cápita se ha visto incrementado en los últimos años, presentando en el año 2012 un valor promedio de 5,18 barriles equivalentes de petróleo por habitante. Por su parte, el consumo eléctrico per cápita fue en promedio de 1.273 kWh por habitante en el año 2012.

Actualmente, el subsidio gubernamental a los combustibles derivados del petróleo representa una inversión de 4.594 millones de dólares, de los que aproximadamente 700 millones corresponden al subsidio al gas. Este subsidio permite diferenciar el precio del gas licuado de petróleo (GLP) ecuatoriano respecto al precio internacional; el precio oficial del gas en Ecuador es de 1,6 dólares americanos por tanque de 15 kilos, mientras que en Perú bordea los 20 dólares y en Colombia los 25 dólares, lo que provoca situaciones de tráfico ilegal y fuga del combustible hacia los países vecinos por medio de pasos fronterizos irregulares. Recientemente, el gobierno ha anunciado la intención de eliminar el subsidio para el año 2016.

Dada la importante demanda de estos combustibles, el gobierno del Ecuador ha promovido la iniciativa de aumentar su producción en la nueva Refinería del Pacífico. Esta estrategia ahonda en el uso del petróleo y permite a medio plazo reducir la importación de costosos derivados de petróleo para uso interno; pero,

sin embargo, no plantea alternativas de otras fuentes, a largo plazo, para afrontar el fin de la era petrolera en el país en los próximos 20 años.

En su libro *Recursos Energéticos y Crisis. El Fin de 200 años irrepetibles*, Carles Riba i Romeva examina, a partir de fuentes incuestionables (la EIA, Energy Information Administration, del gobierno de los Estados Unidos, y la IEA-AIE, Agencia Internacional de la Energía, de la OCDE), tanto la totalidad de los recursos existentes como las previsiones de futuros hallazgos, y contrasta todo ello con la evolución a medio plazo de las necesidades energéticas mundiales. El resultado es demoledor. El petróleo, según sus datos, se agotará los próximos treinta años y el gas y el uranio cinco años después. El único combustible fósil que perdurará hasta el 2060 es el carbón.

El científico Vaclav Smil, quien, en su libro, *Energy Transition: History, Requirements, Prospects* (Smil, 2010), cuestiona el declive del petróleo, pero reconoce que en un futuro el suministro de energía tiene que basarse en energías renovables.

Del análisis de la matriz energética ecuatoriana podemos concluir que el Ecuador claramente tiene una dependencia del petróleo, y que es una necesidad planificar y ejecutar proyectos para la transición energética, en este sentido el gobierno ha tomado decisiones políticas importantes para garantizar la soberanía energética impulsando proyectos con energías renovables.

4.2 Políticas energéticas en el contexto ecuatoriano

Las políticas energéticas en el contexto ecuatoriano requieren un amplio recorrido desde la Constitución, el Plan Nacional de Desarrollo, la estrategia para la transformación de la matriz energética, el catálogo de políticas de los sectores estratégicos, el catálogo específico de políticas del sector eléctrico y los principales planes, proyectos y perspectivas de expansión de la infraestructura energética.

La Constitución del Ecuador de 2008 destaca que la energía en todas sus formas "es un sector estratégico con influencia decisiva económica, social, política y ambiental" (Art. 313), subrayando la necesidad de garantizar la soberanía

energética (Art. 15, 284, 304, 334) bajo criterios de sostenibilidad ambiental, tal y como se refleja explícitamente en los artículos 15 y 408:

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Art. 408 - El Estado garantizará que los mecanismos de producción, consumo y uso de los recursos naturales y la energía preserven y recuperen los ciclos naturales y permitan condiciones de vida con dignidad.

El Plan Nacional de Desarrollo - Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 (PNBV) - define al sector energético como "el flujo sanguíneo del sistema productivo", por lo que muchos de sus objetivos remiten, explícita o implícitamente, al sector energético, bajo un paradigma transversal en el que la sostenibilidad y el conocimiento común y abierto se presentan como conceptos fundamentales.

El PNBV 2013-2017 propone "reestructurar la matriz energética bajo criterios de transformación de la matriz productiva, inclusión, calidad, soberanía energética y sustentabilidad, con incremento de la participación de energía renovable" (política 11.19). Paralelamente, la sostenibilidad representa un elemento clave y así se refleja en el Objetivo 7 "Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global", en el que se incluyen las siguientes políticas:

7.7. Promover la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles como medida de prevención de la contaminación ambiental.

- Implementar tecnologías, infraestructuras y esquemas tarifarios, para promover el ahorro y la eficiencia energética en los diferentes sectores de la economía.
- Promover investigaciones para el uso y la generación de energías alternativas renovables, bajo parámetros de sustentabilidad en su aprovechamiento.

- Reducir gradualmente el uso de combustibles fósiles en el transporte y sustituir los vehículos convencionales, fomentando la movilidad sustentable.
- Elaborar un inventario de fuentes y demanda de energías renovables y no renovables, así como de sus emisiones, incorporando alternativas tecnológicas.

7.10. Implementar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático para reducir la vulnerabilidad económica y ambiental con énfasis en grupos de atención prioritaria.

De manera adicional, las implicaciones de política energética subyacen en objetivos como el impulso a la transformación de la matriz productiva (Objetivo 10) y la mejora de la calidad de vida de la población (Objetivo 310).

Por otra parte, la estrategia para la transformación de la matriz energética señala como componente esencial que la participación de las energías renovables debe incrementarse en la producción nacional. Para el cumplimiento de este objetivo, la estrategia señala que los proyectos hidroeléctricos del Plan Maestro de Electrificación deben ejecutarse sin dilación; y, adicionalmente, deben impulsarse los proyectos de utilización de otras energías renovables: geotermia, biomasa, eólica y solar.

La transformación de la matriz productiva y el proceso de transformación del patrón de especialización de la economía ecuatoriana persiguen la inserción estratégica y soberana en el contexto internacional. Los sectores priorizados y las industrias estratégicas, entre las que se encuentra la industria de renovables, serán los que faciliten la articulación efectiva de la política pública y la materialización de esta transformación. Tal y como ha analizado la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, este proceso debe posibilitar:

- Contar con nuevos esquemas de generación, distribución y redistribución de la riqueza.
- Reducir la vulnerabilidad de la economía ecuatoriana.
- Eliminar las inequidades territoriales.

- Incorporar a los actores que históricamente han sido excluidos del esquema de desarrollo de mercado.

La agenda de los Sectores Estratégicos es el instrumento rector de la planificación y por ende de la acción de los sectores estratégicos, constituyéndose en una herramienta de gestión efectiva, al dar lineamientos claros del accionar político y administrativo en cada uno de los Ministerios Rectores, que forman parte del sector. Las políticas intersectoriales tienen como objetivo cambiar la matriz energética, priorizando la inversión en nuevas fuentes de generación de energía y reducción de la demanda considerando la oportunidad de aprovechamiento de los recursos naturales.

Entre los principales planes y proyectos de expansión de la infraestructura energética, así como de las perspectivas de importación y exportación de energéticos, cabe destacar el Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, el Plan de Reducción de Pérdidas de Energía Eléctrica, el Plan de Manejo Ambiental, el Plan de Mejoramiento de la Distribución y el Plan Maestro de Hidrocarburos, entre los programas de mayor relevancia para el sector.

A modo de resumen, cabe señalar que tanto la Constitución como el Plan Nacional de Desarrollo conceden apoyo político explícito a la transformación de la matriz productiva y energética hacia una economía de combustible post-fósil, alimentada por fuentes de energía renovables.

4.3 Sistema nacional interconectado

El Centro Nacional del Control de la Energía CENACE fue creado en la Ley de Régimen de Sector Eléctrico publicada en el Registro Oficial, suplemento 43 del 10/oct/1996, y su estatuto aprobado mediante acuerdo ministerial 151 del 27/oct/1998; como una Corporación Civil de derecho privado, sin fines de lucro, cuyos miembros incluyen a todas las empresas de generación, transmisión, distribución y los grandes consumidores.

Sus funciones se relacionan con la coordinación de la operación del Sistema Nacional Interconectado (SNI) y la administración de las transacciones técnicas y financieras del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) del Ecuador, conforme a la

normativa promulgada para el Sector Eléctrico (ley, reglamentos y procedimientos).

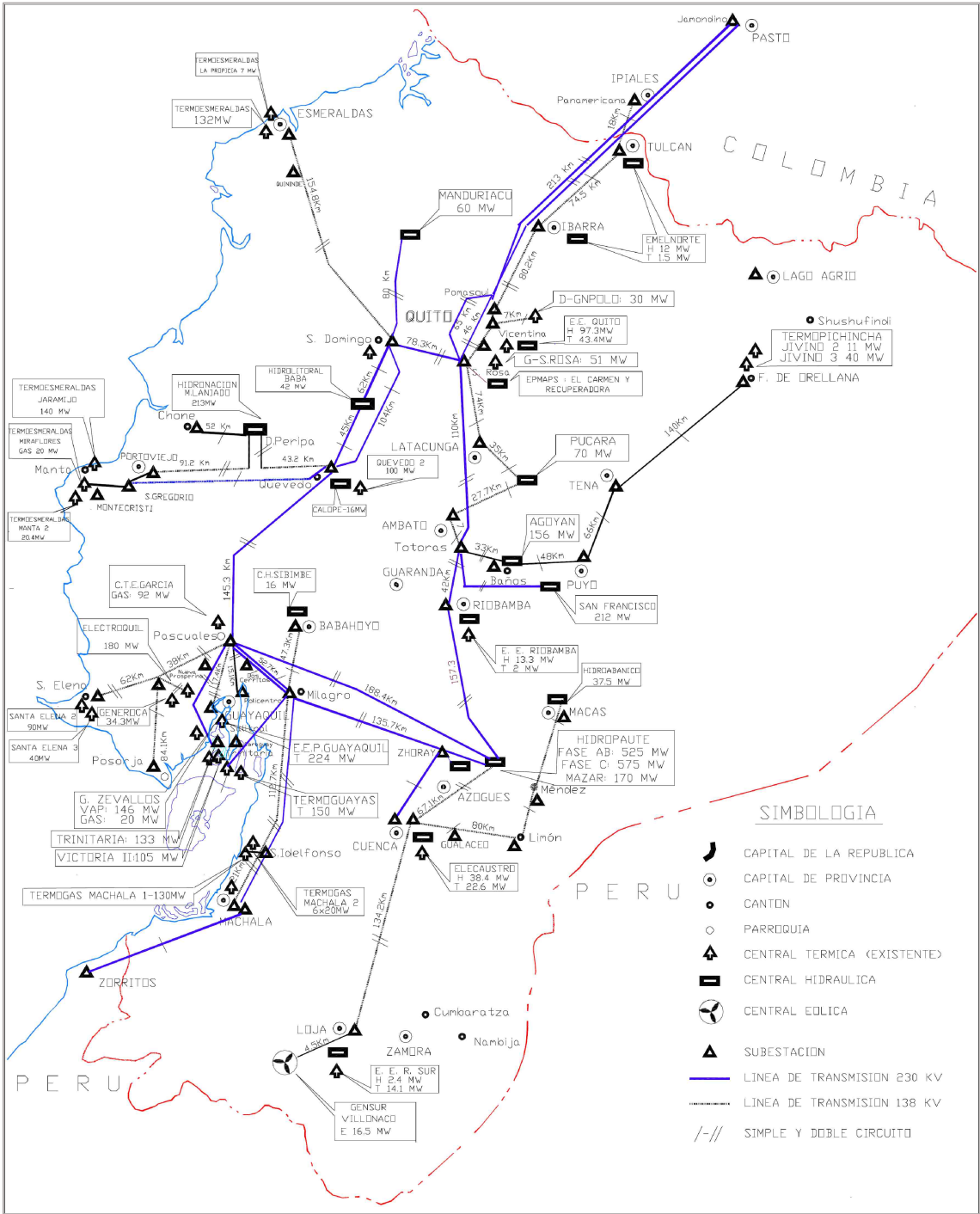


Figura 6. Sistema Nacional Interconectado

El Sistema Nacional de Transmisión –SNT- se encuentra conformado por un anillo a 230 kV, con líneas de doble circuito que unen las subestaciones de Paute, Milagro, Pascuales (Guayaquil), Quevedo, Sto. Domingo, Sta. Rosa (Quito), Totoras (Ambato) y Riobamba. Vincula fundamentalmente el principal

centro de generación del país (Paute), con los dos grandes centros de consumo: Guayaquil y Quito. Además, se dispone de una línea adicional de 230 kV, doble circuito, entre Paute, Pascuales y Trinitaria (Guayaquil), la misma que, junto con el anillo principal, permiten evacuar sin restricciones, excepto por voltajes, la generación disponible de la central hidroeléctrica Paute.

Del anillo troncal de transmisión de 230 kV, se derivan líneas radiales de 138 y 69 kV, para enlazar los principales centros de generación y de consumo del país, excepto algunas zonas del oriente y las islas Galápagos, que operan como sistemas aislados.

La configuración actual del SNT más las principales centrales generadoras, se presenta en la figura 6 y se puede observar las principales características de las líneas de transmisión y de los transformadores de las subestaciones principales del sistema de transmisión.

En cumplimiento de las disposiciones de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, se han negociado los contratos de concesión, con las empresas eléctricas distribuidoras para las cuales, se definieron las áreas de concesión correspondientes, cubriendo todo el territorio nacional.

1. Empresa Eléctrica Ambato, Regional Centro Norte S.A.
2. Empresa Eléctrica Azogues C.A.
3. Empresa Eléctrica de Bolívar C.A.
4. Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.
5. Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.
6. Empresa Eléctrica Regional El Oro S.A.
7. Empresa Eléctrica del Ecuador Inc. –Emelec-
8. Empresa Eléctrica Provincial Galápagos S.A.
9. Empresa Eléctrica Regional Guayas – Los Ríos S.A.
10. Empresa Eléctrica Esmeraldas S.A.
11. Empresa Eléctrica Los Ríos C.A.
12. Empresa Eléctrica Regional Manabí S.A.
13. Empresa Eléctrica Milagro C.A.
14. Empresa Eléctrica Regional Norte S.A.

15. Empresa Eléctrica Quito S.A.
16. Empresa Eléctrica Riobamba S.A.
17. Empresa Eléctrica Península de Santa Elena C.A.
18. Empresa Eléctrica Santo Domingo S.A.
19. Empresa Eléctrica Regional Sucumbíos S.A.
20. Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.

Las áreas definidas no coinciden con divisiones provinciales, cantonales o parroquiales, sino con la cobertura de redes existentes y la facilidad de servicio a los habitantes, fundamentalmente:

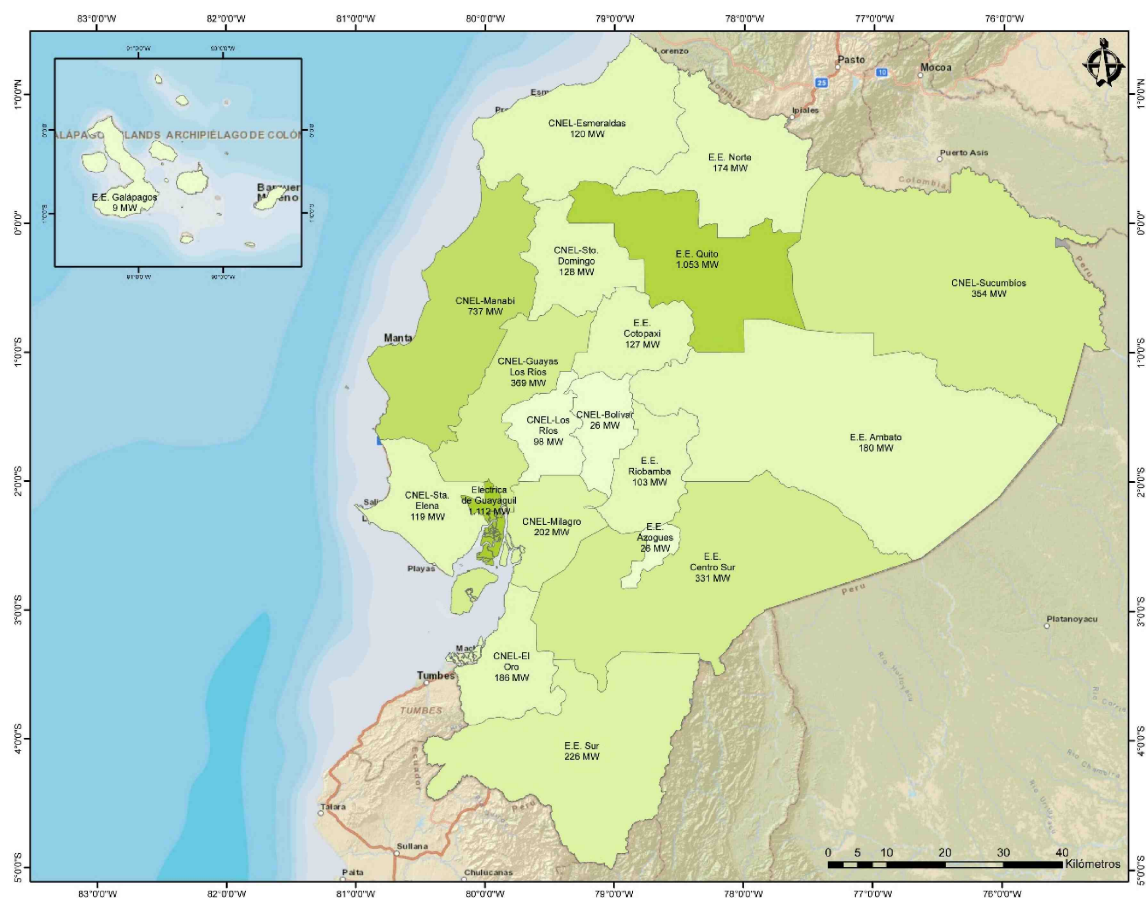


Figura 7. Áreas de concesión en el Ecuador.

El parque eólico Villonaco está en la zona de concesión perteneciente a la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.

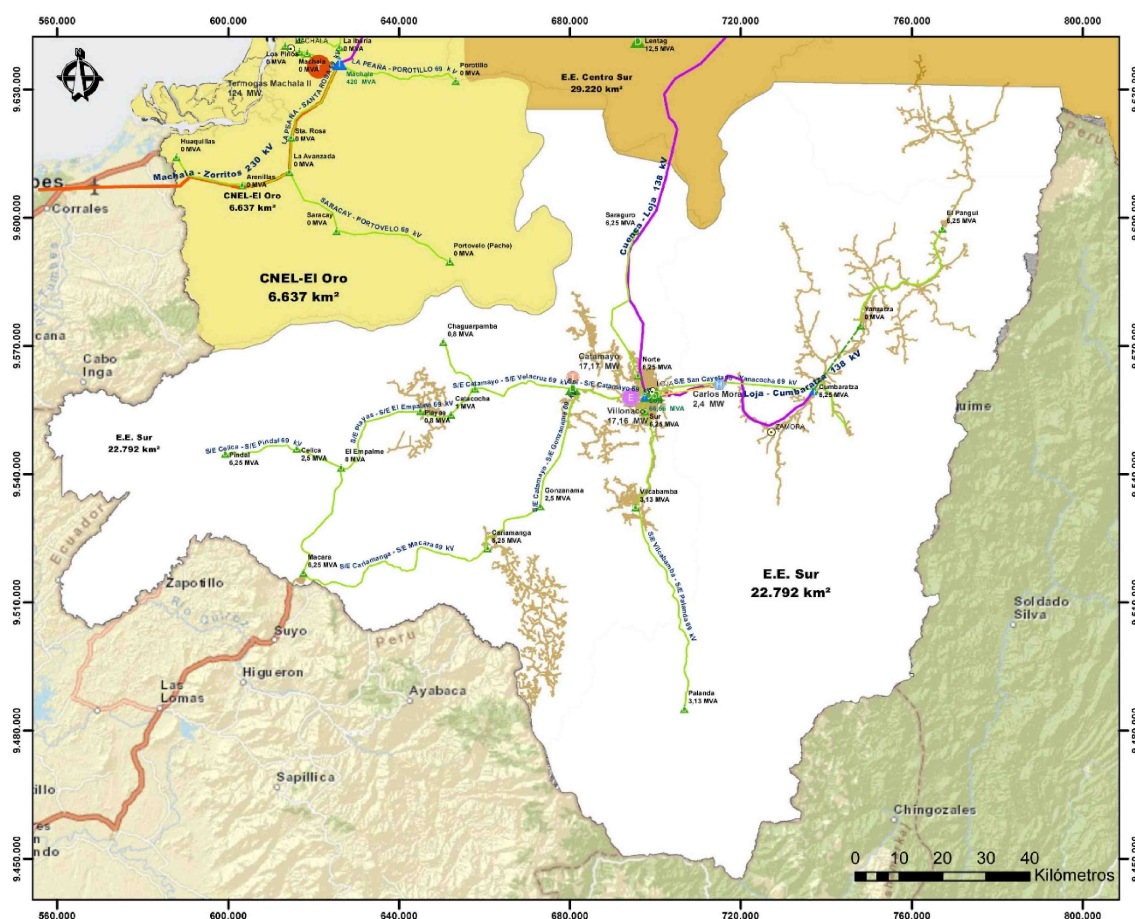


Figura 8. Mapa de infraestructura eléctrica Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.

4.4 Energía eólica en el Ecuador

La energía eólica es una de las fuentes de energía renovable de mayor madurez en el desarrollo tecnológico y de mayor crecimiento en las últimas dos décadas (IEA, 2011), (WEC, 2007). Este desarrollo se ha centrado en turbinas de viento en tierra (onshore) con el modelo de rotores de tres aspas. En los costos medios¹ de tecnologías de energía eólica, la tendencia global¹⁹ muestra una marcada reducción en décadas pasadas y se proyecta en el 2025 a ser menor a 5 centavos/kWh (Arent et al, 2011).

Desde la década de 1980 hasta 2004, los costos promedio de tecnologías de energía eólica se redujeron mientras el tamaño de diseño de las turbinas aumentó. Ello muestra avances y mejoras continuas en el diseño de las turbinas.

¹ Los costos medios se refieren al total de costos incurridos para la operación de una central energética. Estos incluyen los costos de inversión, de operación, mantenimiento y financiamiento. Se los expresa en función de la energía producida por la central energética durante su vida útil (e.g. US/kWh).

A pesar de ser una tecnología ya en fase de comercialización y de difusión a gran escala se espera que todavía existan avances incrementales y mejoras en el diseño, uso más eficiente de materiales, mayor confiabilidad y captura de la energía, reducción de costos de operación y mantenimiento.

Los avances tecnológicos pueden conducir a mayores reducciones de costos, facilitando su despliegue y adopción en países en vías de desarrollo, y a ganar competitividad en precios respecto a sistemas energéticos tradicionales basados en combustibles fósiles (Wiser et al, 2012), (Arent et al, 2011). Se estima que los costos medios de tecnologías de turbinas en tierra se reduzcan entre el 10% y el 30% para 2020 y en rangos de entre el 15% y el 35% para 2030, sin tomar en cuenta reducciones en costos por incentivos y políticas que faciliten la adopción de estos sistemas (Wiser et al, 2012).

Las tendencias de manufacturación y de industria en la energía eólica muestran fabricantes de turbinas para proyectos de generación en parques eólicos grandes centralizados (turbinas en promedio de 1,6 MW), y también la existencia de fabricantes de turbinas pequeñas (50 kW o menores) que están teniendo un despliegue interesante en sistemas y soluciones descentralizadas de energías a escala local (REN21, 2011).

A base de las tendencias tecnológicas y de la industria se considera que las tecnologías más maduras en su cadena de desarrollo y con potencial para ser utilizados en Ecuador son las turbinas grandes en tierra (onshore) y también aquellas de pequeña escala para soluciones descentralizadas de energía. Estas tecnologías son opciones disponibles para instalación y desarrollo de proyectos que empiecen a incorporar más fuentes de energía renovable a la matriz energética. Su adopción está condicionada por otros factores críticos (Pérez, 2010).

Ecuador dispone de un gran recurso de energías renovables, y en particular cuenta con un gran potencial de energía eólica, se estima un potencial Disponible Bruto Total del orden de 1670MW y un Potencial Factible a corto plazo de 884MW, (MEER, 2014)

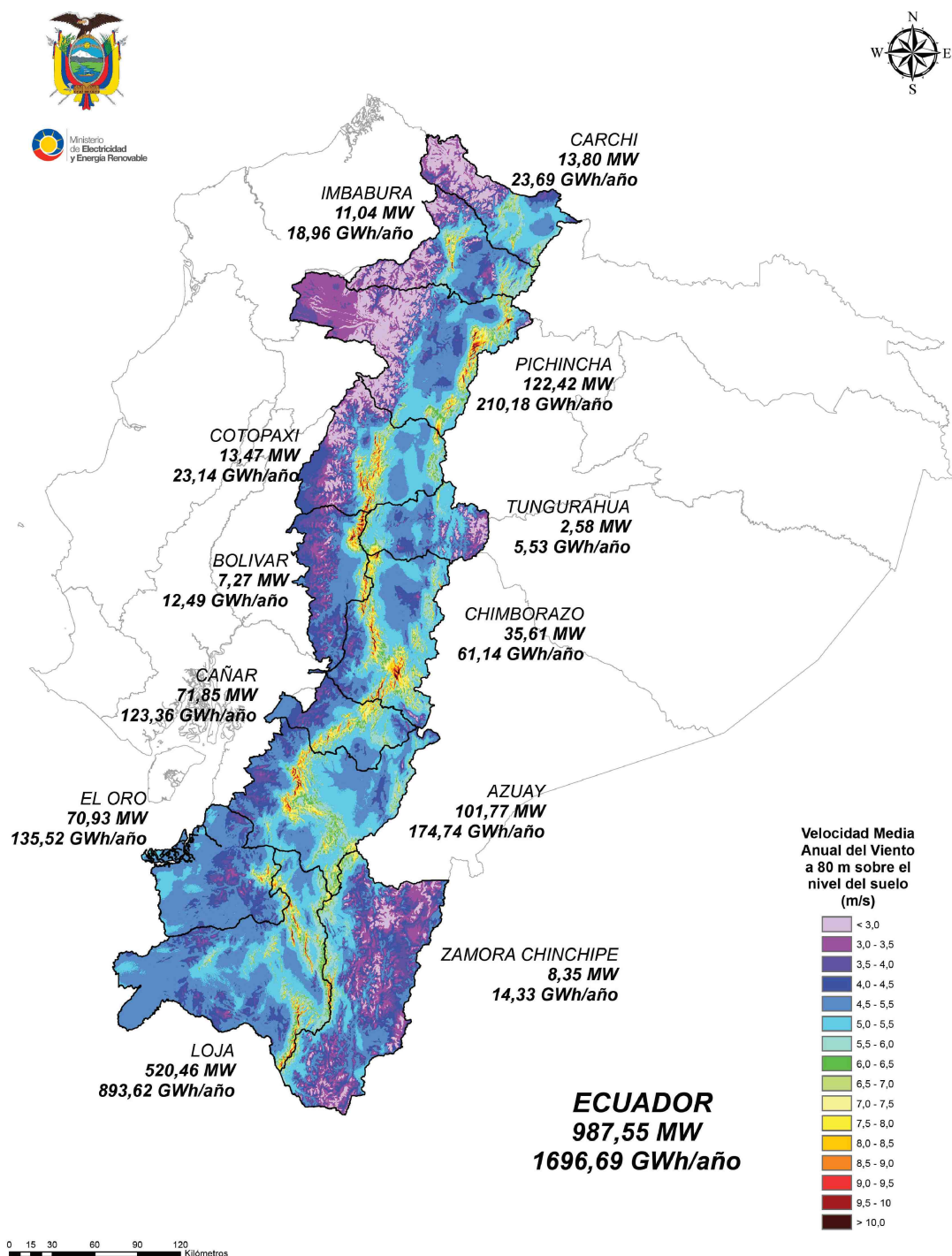


Figura 9. Potencial eólico del Ecuador (Factible a corto plazo).

El Atlas Eólico del Ecuador presenta las condiciones anuales de viento para todo el territorio Ecuatoriano con una resolución de 200m x 200m. Mediante la integración de los mapas digitales, utilizando recursos de geo-procesamiento, cálculo de desempeño y producción de energía eléctrica a partir de las curvas de potencia de turbinas eólicas existentes en el mercado, se ha llegado a estimar

un potencial de generación eléctrica nacional a partir de parques eólicos instalados en las zonas con mejor recurso de viento.

En términos generales, la orografía del Ecuador divide el territorio en cuatro zonas climáticas bien definidas, que confieren unas características particulares. De Este a Oeste, estas zonas son:

1. La Zona Oriental o Amazónica, en que la frondosa vegetación selvática influye de forma decisiva en la disminución de la velocidad de los vientos alisios en los niveles más cercanos al suelo.
2. La Zona de la Sierra, donde la Cordillera de los Andes comprime los vientos, resultando en una aceleración de los mismos, en una clara manifestación de lo que se conoce en física de fluidos como efecto Venturi. Estos elevados vientos, sin embargo, se producen en emplazamientos muy elevados, donde además de la dificultad del acceso a los mismos, la energía del viento disminuye proporcionalmente al descenso de la densidad que se produce con la altitud.
3. La Zona de la Costa, donde interaccionan los vientos alisios del Este con dos circulaciones locales: la brisa que se establece por el contraste de temperaturas entre el continente y el océano, y la circulación valle- montaña por la influencia de la Cordillera de los Andes. La combinación del viento global con el local en este caso da lugar a una mayor variación espacial del recurso y a la localización de algún área con velocidades algo superiores al entorno.
4. Islas Galápagos, que reúnen tres características importantes para entender su distribución de viento: son islas, volcánicas y bajo la influencia de los alisios. Por el hecho de ser islas, reciben un viento global menos perturbado que en el continente; sin embargo, los vientos alisios a esta latitud tan baja son de limitada intensidad.

Por último, su carácter de archipiélago volcánico, hace que las pendientes sean considerables y que en conjunto configuren un laberinto por el que el viento converge y diverge (por lo que se acelera y se frena) en un espacio relativamente pequeño, presentando además diversos cambios de dirección.

De la revisión del potencial eólico en el Ecuador podemos concluir que toda la región Sierra que está atravesada por la Cordillera de los Andes, cuenta con vientos que se generan por la diferencia de densidad del aire, los pobladores del sector los denominan Huayrapungos².

4.5 Proyectos eólicos en el Ecuador

El Ecuador cuenta actualmente con dos proyectos eólicos en las islas Galápagos, el proyecto San Cristóbal instalado en el Cerro Tropezón el año 2007 con una potencia instalada de 2.4 MW (Vintimilla, 2009) y el Parque Eólico Baltra-Santa Cruz, que en su primera fase de 2,25 MW y aportará con 6,0 GWh/año de energía (MEER, 2014).

En enero de 2013 se puso en marcha el parque eólico Villonaco, es la primera instalación de este tipo en Ecuador continental en una zona de gran altitud superior a los 2500 metros de elevación sobre el nivel del mar, es un proyecto innovador a nivel mundial por las características de la zona de implantación, con vientos de 12,6 m/s a una altura de 2.720 msnm.

Está ubicado en la provincia de Loja, en el cerro Villonaco (CELEC , 2014), tendrá once aerogeneradores con una potencia de 1,5 MW cada uno, es decir, un total de 15 MW con 56 GWh/año y se espera que genere aproximadamente el 20 por ciento de energía renovable en el sur de Ecuador, ha sido calificado como Emblemático por el Gobierno Nacional, por su contribución a la soberanía energética del país y la diversificación de la matriz energética. Este proyecto se enmarca dentro de los objetivos del Plan Nacional para el Buen Vivir, que contempla el aprovechamiento de las energías renovables no convencionales (Senplades, 2013).

² Huayrapungo palabra quichua que significa puerta del viento.

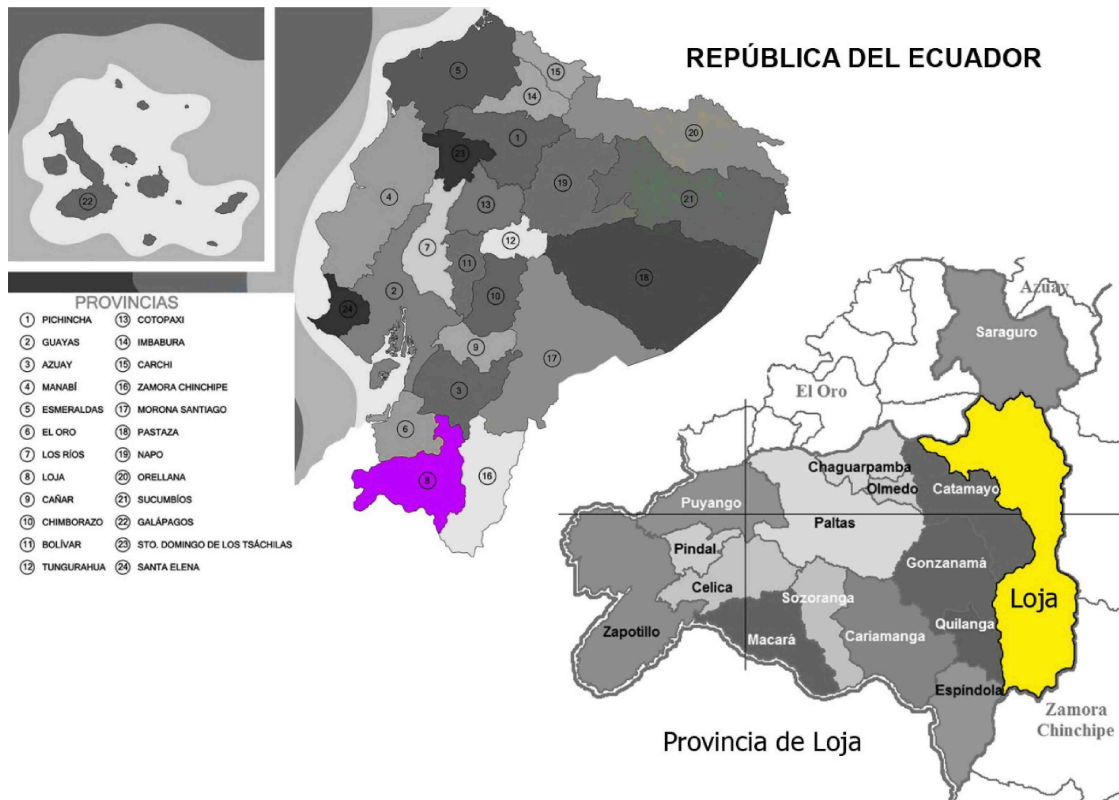


Figura 10. División política del Ecuador

La ubicación del parque supone un reto importante dentro de la industria de energía eólica mundial. Este parque eólico brinda un interesante escenario de investigación, testeo y ajuste de variables, ya que la caracterización de este parque es única a nivel mundial.



Fuente: google imágenes

Figura 11. Parque eólico Villonaco

Es por esto que el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), trabaja mediante el proyecto de investigación denominado “Análisis de un parque eólico en condiciones extremas”. El objetivo de este proyecto es identificar aquellas variables meteorológicas y eléctricas que afecten en mayor medida al rendimiento energético del parque eólico Villonaco, lo que servirá para la promoción del recurso eólico que aportará a la demanda eléctrica nacional. El estudio de este parque se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo de la energía eólica en el país.

Se ha tenido experiencia a lo largo de estos años en diferentes parques eólicos los que funcionan con densidades de aire entre 1,000 a 1,225 kg/m³, pero la densidad del aire en el parque eólico Villonaco está próxima a 0,90 kg/m³ por lo que es importante tener en cuenta las condiciones con que ha sido concebido este parque eólico (Archer et al, 2009). La metodología en la construcción de los aerogeneradores, materiales utilizados, su aerodinámica y su ubicación hacen de este parque eólico un proyecto singular y un nuevo referente en la construcción de parques eólicos en condiciones extremas.

El bajo número de instalaciones similares a las previstas, provocan que se desconozca el comportamiento del parque eólico y los problemas que puedan surgir durante el periodo de operación del mismo. Por tanto, se considera necesario caracterizar la generación de energía del parque eólico Villonaco, confrontarlos con los diagramas de consumo de la ciudad de Loja y finalmente plantear políticas para la gestión energética, las cuales pueden servir de referencia a nivel nacional.

La segunda fase del proyecto eólico Villonaco en Loja, denominado Ducal-Membrillo tendrá 29 aerogeneradores. Cada uno con una potencia de 1.5 a 2.5 megavatios (MW).



Figura 12. Ampliación del Parque eólico Villonaco a Ducal Membrillo.

La consultoría para la ampliación del proyecto Villonaco culminó en octubre del año pasado con una inversión de \$300.000. La Empresa Pública Enersur, del Gobierno Provincial de Loja (GPL), contrató los estudios como parte del Plan de Desarrollo Eólico de la región sur.

Actualmente, se afinan detalles del convenio para traspasar su ejecución a la Corporación Eléctrica del Ecuador (Celec). El proyecto Ducal-Membrillo está a cinco kilómetros del Villonaco y generará de 42 a 70 MW, permitiendo su incorporación al Sistema Nacional Interconectado.

El gerente de Enersur, José Vicente Aguirre, dijo que el proyecto permitirá colaborar con el aplacamiento del cambio climático global y aportar al mejoramiento de la matriz energética del país (ANDES, 2014)

Finalmente podemos concluir que en Ecuador se está empezado a desarrollar la energía eólica y se piensa en aumentar la potencia eólica instalada, además el Gobierno a través del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables ha empezado los estudios para la provincia de Imbabura que sería la segunda provincia con energía Eólica.

4.6 Análisis de los parámetros de generación del parque eólico.

Una vez que el parque eólico ha sido construido y está en operación, es importante garantizar un rendimiento óptimo. Para ello es esencial monitorizar y verificar su funcionamiento. El data logger³ puede ser integrado fácilmente en sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) para ofrecer datos

³ Un registrador de datos (datalogger) es un dispositivo electrónico que registra datos en el tiempo o en relación a la ubicación por medio de instrumentos y sensores propios o conectados externamente.

meteorológicos comparativos fiables. Con los datos de medición registrados pueden verificarse las predicciones de producción anual de un parque eólico, registra datos de medición que son útiles tanto para operadores de parques eólicos e inversores, como para realizar predicciones meteorológicas.

En nuestro caso el Parque eólico Villonaco cuenta con un sistema SCADA, y los sensores necesarios que nos permitirán obtener los datos de generación.



Figura 13. SCADA Parque eólico Villonaco.

Una vez obtenidos los datos de generación, se analizará y determinará la curva de potencia, velocidad promedio del viento y la intensidad de turbulencia promedio, parámetros necesarios para realizar el balance entre el consumo y la generación.

En estudios realizados sobre la influencia del parque eólico Villonaco en la calidad de la energía concluyen que las turbinas eólicas de velocidad variable y control de pitch, como es el caso de los aerogeneradores GOLWIND emplazados en Villonaco, cuentan con tecnología de punta, que favorece su funcionamiento y les permite controlar: potencia activa y potencia reactiva, emisión de flickers, además cuentan con filtros que ayudan a la eliminación de armónicos, lo que implica que la calidad de suministro en la red eléctrica donde se conecta el parque eólico, no se ve afectada. Por tal razón, la inclusión de la operación del parque eólico Villonaco no influye en la calidad de energía eléctrica de la EERSSA. Esto coincide con los valores promedio registrados de los parámetros analizados: flickers, distorsión armónica de tensión y factor de potencia, los

cuales se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa del CONELEC 004/01. Sin embargo, a lo largo del periodo de medición se encontraron valores fuera de los límites prescritos (Samiento et al, 2014).

4.7 Análisis de los consumos de energía de la ciudad de Loja.

La generación, acceso y difusión de información desagregada, georeferenciada y abierta sobre el sistema energético en el territorio, deben sustentar un nuevo paradigma y protocolos de planificación energética. Estos protocolos deberán considerar necesidades, capacidades, recursos renovables disponibles, opciones de conservación de los recursos; y, el uso de tecnologías abiertas, apropiadas y apropiables.

En Ecuador los datos de generación eléctrica se procesan estadísticamente por medio del SISDAT (Sistematización de Datos del Sector Eléctrico), este sistema permite centralizar toda la información del sector eléctrico requerida por el CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) para que pueda ser utilizada y analizada por entidades, agentes y público en general (CONELEC, 2010).

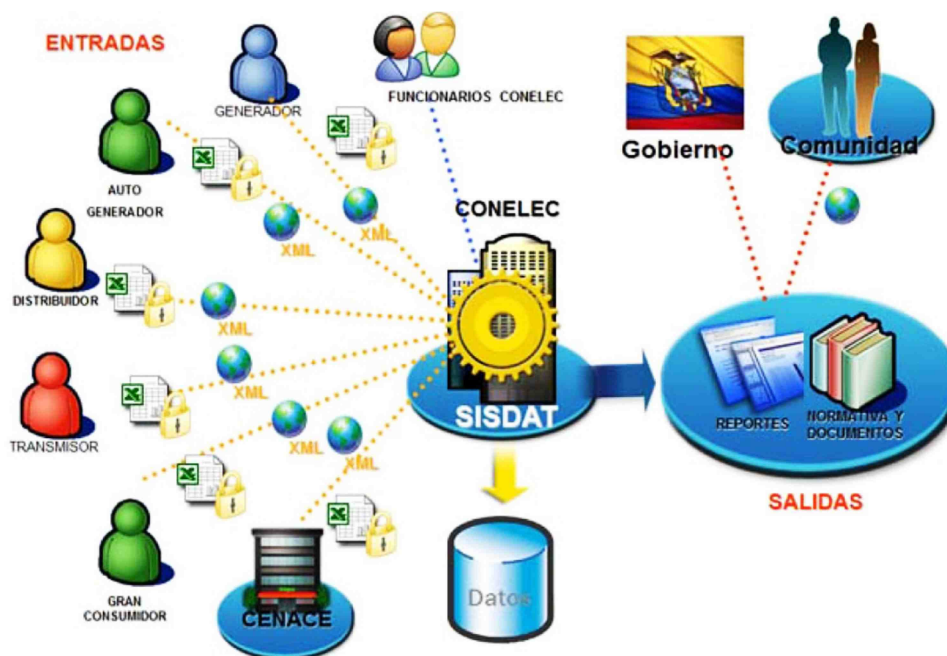


Figura 14. Esquema de recolección de datos

En la ciudad de Loja - Ecuador opera la EERSSA (Empresa Eléctrica Regional del Sur SA), su área de concesión cubre una superficie de 22.721 km² y está

compuesta por dieciséis (16) cantones en la provincia de Loja, nueve (9) esquinas en la provincia de Zamora Chinchipe y un (1) esquina en la provincia de Morona Santiago. Se registran 166.314 clientes a marzo de 2012, de los cuales 143.801 (86%) son residenciales, estimándose un nivel de cobertura del servicio eléctrico en el área de concesión del 94%, (EERSSA, 2012).

El Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) de la EERSSA, recibe la potencia y energía del Sistema Nacional interconectado - SNI a través de la línea de transmisión radial Cuenca-Loja aislada a 138 kV (figura 11), en una sola terna, con una longitud de 135 km. La evacuación de energía hacia la EERSSA se realiza por medio de dos líneas de subtransmisión a 69 kV, la primera hacia la subestación Obrapía y la segunda hacia la subestación Catamayo y finalmente distribuye y comercializa energía eléctrica en el área de concesión.

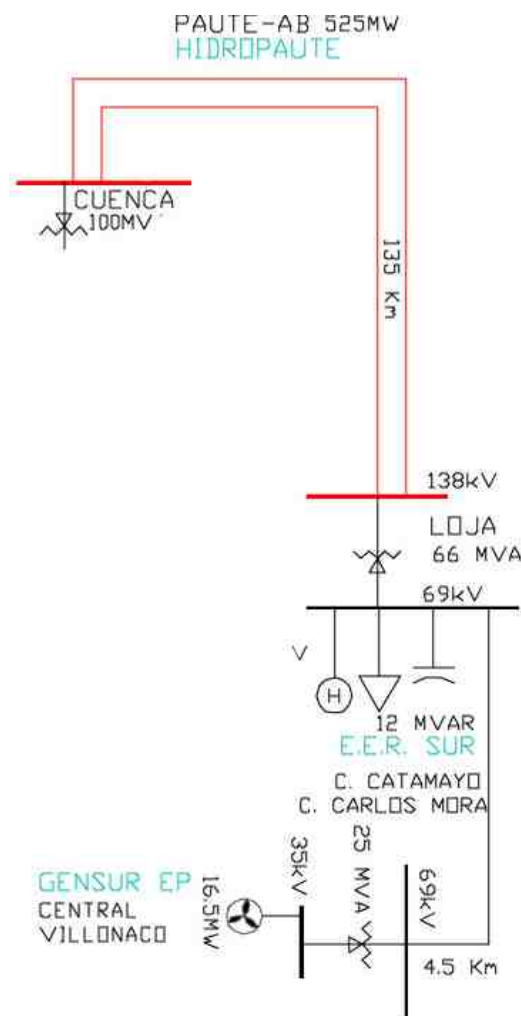


Figura 15. Sistema Eléctrico de Potencia del circuito Cuenca-Loja

Luego de que la energía es distribuida por el sistema eléctrico de potencia se tiene que realizar la Sistematización de Datos del Sector Eléctrico. El SISDAT permitirá centralizar toda la información requerida por el CONELEC por parte de los agentes, para que pueda ser utilizada y analizada por las distintas áreas de nuestra entidad, agentes y público en general.

Indicadores SISDAT-PÚBLICO:

- Capacidad Instalada de Generación
- Oferta de Energía Eléctrica Anual
- Oferta de Energía Eléctrica Mensual
- Pérdida de Energía en Transmisión Anual
- Pérdida de Energía en Transmisión Mensual
- Demanda de Energía Eléctrica Anual
- Demanda de Energía Eléctrica Mensual
- Pérdida de Energía en Distribución Anual
- Pérdida de Energía en Distribución Mensual
- Valores Recaudados por venta de Energía Eléctrica Anual
- Valores Recaudados por venta de Energía Eléctrica Mensual
- Clientes Finales Anuales
- Clientes Finales Mensuales
- Precio Medio de la Energía Eléctrica a Clientes Finales Anuales
- Precio Medio de la Energía Eléctrica a Clientes Finales Mensuales

Para realizar la medición de los consumos en la ciudad de Loja se cuenta con el sistema de información geográfica GIS de la ERSSA, esta aplicación web permite la búsqueda de clientes resumiendo, datos técnicos del transformador del cual están siendo abastecidos. Entre los principales datos que resume la aplicación están:

- Número de transformador
- Potencia del transformador kva
- Clientes conectados al transformador
- Clientes Residenciales conectados
- Código del cliente

- Medidor del cliente
- Sector
- Alimentador
- Demanda del transformador kva
- Demanda del transformador con cocinas de inducción kva
- Demanda con solicitudes PEC kva
- Solicitudes PEC del transformador
- Porcentaje de cargabilidad del transformador

4.8 Herramientas para la gestión de datos energéticos.

El desarrollo de modelos energéticos constituye una aplicación del análisis de sistemas al estudio parcial o total de los sistemas energéticos, entendido estos como el conjunto de actividades mediante las cuales las distintas fuentes de energía se producen o generan, transportan, transforman y distribuyen y se consumen para satisfacer determinadas necesidades de los sectores socioeconómicos a saber: iluminación, calor, fuerza motriz, refrigeración, cocción, climatización, entre otros. La utilidad de estos modelos reside tanto en la exactitud con que reproduzca la conducta real del sistema bajo ciertas condiciones externas, como en la operatividad de los mismos, esto es, facilidad de manejo, bajo costo de procesamiento, requerimientos informativos, entre otros (Rodríguez, 2003).

Estos dos elementos, exactitud y operatividad están generalmente contrapuestos, así el desarrollo de los modelos será siempre una solución de compromiso entre ambos, que depende del alcance de los mismos. Así la modelización integral del sistema energético tendrá, necesariamente, una representación más simplificada de cada una de sus partes que la que podría plantearse con modelos específicos para el análisis de cada componente del mismo (oferta, requerimientos sectoriales, demanda eléctrica del sector residencial, reservas, sector transformativo, comercio exterior, entre otras) (van Beek, 1999).

.En este sentido, se han desarrollado modelos, llamados integrales, en los que se representa al sistema energético completo y donde se describen las

interrelaciones entre el sistema energético y el socioeconómico, razón por la cual algunos autores prefieren llamarlos modelos energéticos-económicos.

La denominación “modelo energético” ha sido utilizada en un sentido muy amplio para designar “cualquier herramienta, metodológica o de otro tipo, necesaria para resolver problemas energéticos.

En este acápite solo se pretende hacer una muy breve referencia en relación al estado actual de los modelos energéticos que permita tener un marco de referencia sobre la disponibilidad y limitaciones en el uso de esta importante herramienta en la planificación energética.

- **Modelos de demanda o requerimientos**

Este tipo de modelos hacen el énfasis en presentar la fuerte vinculación existente entre el sistema socioeconómico y el energético, al intentar analizar las consecuencias que tiene la actividad socioeconómica sobre el sistema energético y constituyen el punto de partida del proceso de planificación energética.

En este sentido, hay dos aspectos relevantes que deben ser destacados. El primero, especialmente importante para los países en vías de desarrollo, está dado por la diferenciación entre demanda y requerimientos de energía.

El término de demanda lleva implícito la existencia de mercados para las fuentes consideradas, y por tanto quedan excluidas de esta consideración las fuentes energéticas de las cuales los consumidores se apropian directamente sin que se canalicen a través de un mercado, esto es sin que medie una transacción financiera. Tal es el caso de la leña y las biomasas en general (incluyendo los desechos agrícolas, animales y humanos), combustibles ampliamente difundidos en los países mencionados.

Buena parte de los modelos econométricos especifican como variables explicativas del consumo los precios de la energía (tanto los propios como los de las fuentes sustitutas), y por tanto miden exclusivamente las demandas de energía tal como se expresan en sus respectivos mercados. Sin embargo, los reales requerimientos de energía pueden ser muy superiores, por lo tanto este

tipo de modelo de demanda no puede considerar las posibles sustituciones de fuentes de apropiación directa por formas de energía superiores.

El segundo aspecto, se refiere precisamente al proceso de sustitución. Es necesario aclarar que existen dos niveles a los cuales se puede medir los consumos energéticos: energía final o energía neta que llega a los consumidores finales, y energía útil, esto es, la energía realmente requerida por los usuarios finales para satisfacer las necesidades de servicios o de la producción, o sea, es la energía resultante después de los procesos de transformación en los equipos finales de los usuarios. Es aquí donde el proceso de transformación es el de un tipo de energía a otra (por ejemplo, energía eléctrica en calórica, energía calórica en fuerza motriz) y es realizada con los equipos de los usuarios finales (Cabrera et al, 2014).

Esta distinción es fundamental para analizar el proceso de sustitución entre fuentes, debido a las diferencias en los rendimientos de utilización de las fuentes en cada uso.

Los modelos econométricos al analizar los procesos de sustitución entre fuentes, solo se basan, por lo general, en las variaciones de los precios relativos entre la fuente consumida y las posibles sustitutas, todo a nivel de energía final (neta). Esto produce una distorsión en las estimaciones en la medida que existan políticas de conservación, o desarrollos tecnológicos que induzcan modificaciones en los rendimientos de utilización, que a este nivel no son tenidos en cuenta.

Este tipo de modelos han sido los más ampliamente utilizados, no obstante las limitaciones antes planteadas sobre el abordaje de los problemas de sustitución entre fuentes y el tema del tratamiento de los portadores energéticos de apropiación directa. Dentro de estos modelos se pueden distinguir los siguientes:

Modelos de consumo agregado de energía. Estos modelos son contruidos siguiente el planteamiento de la economía neoclásica de la teoría del consumidor, donde la demanda refleja la disposición del consumidor a pagar por diferentes cantidades de un bien o servicio. Así, de forma general, la demanda es expresada como función de los precios del bien demandado y los precios de

los bienes sustitutos, y del ingreso per cápita, estando las preferencias de los consumidores reflejadas por la forma que se la asigna a la función de demanda.

Modelos desagregados de la demanda. El comportamiento del consumo agregado de energía será siempre solo una primera aproximación, de utilidad limitada para el análisis y la predicción de la demanda ya que existen diferencias sustanciales, tanto en la naturaleza de los agentes consumidores como en la composición por fuentes sus respectivos consumos y de las posibilidades de sustitución entre ellas.

Un análisis desagregado de la demanda reduce buena parte de las restricciones planteadas para los modelos agregados, pero conducen a la creación de matrices que relacionan los consumos por diferentes tipos de fuentes utilizados por cada sector de la economía.

Esta desagregación implica contar con series históricas de cada uno de los consumos sectoriales por tipo de fuente, una especificación más detallada sobre el funcionamiento del sistema socioeconómico y sobre el escenario en qué fundar la predicción de la demanda de las diferentes fuentes de energía final. Supone, además, la necesidad de especificar un modelo macroeconómico que permita simular el comportamiento del sistema socioeconómico sobre la base del escenario planteado, del cual se deducirán los consumos energéticos tantos de los diferentes sectores productivos como del sector residencial.

La construcción de este tipo de modelos involucra la utilización tanto de modelos econométricos como de tipo ingenieril, para que dado la estructura del sistema socioeconómico y las metas planteadas por el escenario especificado, sea posible realizar una simulación de la evolución de los consumos energéticos.

Estos tipos de modelos presentan, también, algunas limitaciones en su uso para los fines de proyección a mediano-largo plazo:

- Las previsiones basadas en este tipo de modelo implican la extrapolación del pasado, es decir, supone que los cambios estructurales registrados en el pasado se repetirán durante el período de planificación. Esto es particularmente limitante cuando se trata de previsiones de largo plazo

para países en desarrollo cuyo desempeño macroeconómico supone fuertes modificaciones estructurales (tecnológica, patrones de consumo, entre otras).

- La dificultad anterior pudiera evitarse, al menos en parte, si se contara con la información necesaria que permitiera cambiar el valor de los parámetros a lo largo del período de predicción, tratando de reflejar las modificaciones estructurales esperadas, lo cual supone que el grado de desagregación utilizado en la especificación del modelo sea extraordinariamente grande para poder reflejar dichos cambios. Esta dificultad es aún mayor si se pretende modificar en el futuro el sentido de los cambios estructurales acaecidos en el período histórico usado para la estimación de los parámetros del modelo.

Modelos sectoriales de demanda de energía. El grado de desagregación sectorial muy detallado choca generalmente con el hecho de que no existe o no está disponible la información necesaria, por lo que generalmente se busca una solución de compromiso entre información disponible y grado de detalle de la modelación. Lo más usual es encontrar una desagregación sectorial que toma en cuenta sectores: el manufacturero (eventualmente desagregado por ramas), el agropecuario, el transporte el sector comercial y de servicios y el sector residencial.

- **Modelos analíticos.**

Estos modelos se caracterizan por la presentación muy desagregada de las vinculaciones entre el sistema energético y el socioeconómico en el cual están imbricados, lo cual permite analizar las consecuencias de los cambios estructurales, tanto en el cuerpo social como en el aparato productivo, sobre el sector energético.

El grado de apertura, de nuevo, está limitado por dos factores: la disponibilidad de información y la necesidad de garantizar la coherencia de los supuestos sobre la evolución del sistema.

El problema de coherencia de los supuestos ha obligado a usar este tipo de modelo vinculados a modelos macroeconómicos, y estos son generalmente del tipo insumo-producto.

Como el objetivo fundamental de este tipo de modelos analíticos es el análisis de las consecuencias sobre el sistema energético de los cambios estructurales del sistema socioeconómico, obviamente son aplicables a la evaluación del largo plazo. Sin embargo, se han tratado de combinar estos con técnicas econométricas para la estimación de algunos parámetros necesarios, no encontrándose contradicciones siempre que no se violente la posibilidad de representar cambios estructurales en el sistema socioeconómico y en las modalidades del uso de la energía.

Una característica de estos modelos es la concepción integral del consumo energético por parte del sistema socioeconómico, partiendo no tanto del análisis de las fuentes energéticas, sino del uso de la energía como medio para satisfacer necesidades sociales y de la producción, lo cual no significa de ninguna manera que se ignore la importancia de la determinación de los requerimientos de cada tipo de portador energético dentro del proceso de planificación, sino que por el contrario ayuda a representar adecuadamente los diferentes procesos de sustitución entre fuentes en el largo plazo.

Por este motivo los modelos analíticos en general trabajan a nivel de energía útil, al menos en aquellos usos en los cuales las sustituciones son factibles.

Los instrumentos de planificación energética (Schaeffer et al, 2014) más utilizados son:

- *RETScreen*: Simulación y optimización, paramétrico, equilibrio parcial, bottom-up, proyecto puntual, medio plazo.
- *SAM System Advisor Model*: Simulación y optimización, paramétrico, equilibrio parcial, bottom-up, proyecto puntual, medio plazo.
- *HOMER*: Simulación y optimización, paramétrico, equilibrio parcial, bottom-up, proyecto puntual, medio plazo.
- *WASP Wien Automatic System Planning*: Optimización, equilibrio parcial, bottom-up, subsistema eléctrico, medio plazo. Estimación probabilística

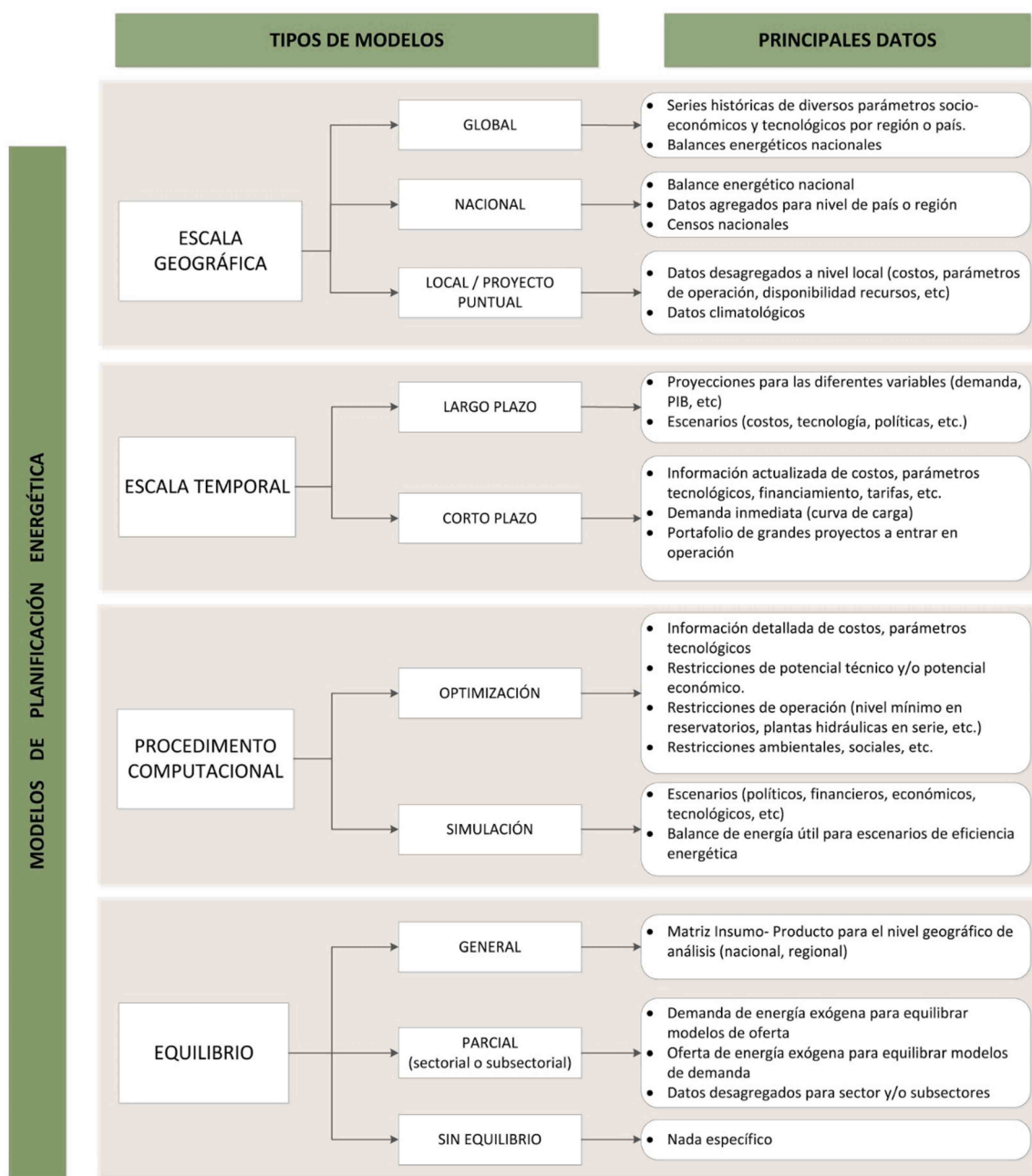
de costos.

EEPPS Economic and Environmental Power Planning Software: Optimización intertemporal, equilibrio parcial, bottom-up, subsistema eléctrico, medio plazo. Minimiza costos del sistema (G,T,D, uso final, emisiones). Demanda exógena.

- LEAP Long Range Energy Alternatives Planning System: Simulación (y optimización para sector eléctrico), equilibrio parcial (demand driven), bottom-up, modelo integrado, largo plazo. Desagrega demanda.
- MESSAGE Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact: Modelo integrado, optimización (perfect foresight), equilibrio parcial, demand driven, demanda exógena, bottom-up y top down, largo plazo (2035, 2050, 2100), nacional, regional, global.
- ENPEP Energy and Power Evaluation Program: Modelo de simulación, econométrica, top –down, equilibrio general, modelo integrado, programación no lineal.
- SUPER OLADE: Modelo de optimización, bottom-up, equilibrio parcial, modelo sectorial, programación dinámica dual estocástica, mediano y largo plazo.

Es importante tomar en cuenta que la utilidad de los modelos reside tanto en la exactitud con que reproduzca la conducta real del sistema bajo ciertas condiciones externas, como en la operatividad de los mismos, esto es, facilidad de manejo, bajo costo de procesamiento, requerimientos informativos, entre otros. Sin embargo, el aspecto más relevante sigue siendo el conocimiento detallado de la estructura y funcionamiento del sistema energético y de las posibilidades del mismo en el futuro.

En la siguiente figura podemos ver los datos necesarios que necesita cada modelo.



Fuente: OLADE

Figura 16. Datos necesarios para desarrollar modelos energéticos.

En nuestra investigación este tipo de herramientas serían muy útiles para procesar datos y simplificar la complejidad, no obstante tendríamos que plantear los criterios para seleccionar la herramienta adecuada para la aplicación.

4.9 Sistemas de almacenamiento de energía eólica.

La energía eólica es una de las energías renovables más empleadas en la generación de energía eléctrica. Sin embargo, el viento es una fuente muy

variable, lo que complica adaptar la producción de electricidad a la demanda en cada momento siendo, además, muy difícil de almacenar. Aunque esta limitación puede empezar a formar parte del pasado.

En los últimos años se han intentado desarrollar varios métodos para poder almacenar este tipo de energía. Algunos países, incluso, están ya instalando sistemas que les permiten emplear la energía recibida del viento en aquellos momentos en los que es realmente necesaria (Twenergy, 2012), (Miller, 2010).

EE.UU., por ejemplo, ha instalado en el estado de Virginia un nuevo parque eólico con capacidad de almacenar la energía generada. Este almacenamiento se realiza a través de una batería formada por condensadores y permite regular la producción de electricidad que se vierte a la red eléctrica de esta manera se puede adaptar la oferta de electricidad a la demanda.

También China se ha unido a esta forma de almacenamiento y ha instalado en la ciudad de Zhangbei el mayor sistema de almacenamiento de energías renovables mediante baterías construido hasta ahora. En esta ocasión, la estación combina generadores de energía eólica y solar, que están conectados a un grupo de baterías donde se almacena la energía. Esta estación tiene alta capacidad de almacenamiento (36 MWh), por lo que se evita la pérdida de una gran parte de la energía generada.

Otros mecanismos de almacenamiento

La energía eólica es un recurso abundante, renovable y limpio, y conseguir almacenar la energía eólica permite aumentar su uso en la generación de electricidad (Heier, 2014). Por eso, en los últimos años se están intentando desarrollar otros mecanismos de almacenamiento.

Algunos de los más destacables son:

- *Hidroelectricidad Bombeada:* consiste en bombear agua hasta un depósito a cierta altura, almacenando la energía como energía potencial. Se trata del sistema de almacenamiento más desarrollado y comúnmente empleado hasta el momento. Según Rick Miller los proyectos de almacenamiento por bombeo existentes en los EE.UU son herramientas

fundamentales para el sistema de transmisión, generación y servicios auxiliares de energía eléctrica. En respuesta a la creciente necesidad de almacenamiento y la sinergia excepcional entre acumulación por bombeo y fuentes variables de energía renovables, la industria hidroeléctrica propone duplicar la capacidad de almacenamiento por bombeo en un futuro próximo (Miller, 2010).

- *Almacenamiento con Aire Comprimido*: el almacenamiento se realiza comprimiendo el aire en las horas de menos demanda. En las horas de mayor demanda, sin embargo, el aire se vuelve a expandir, de manera que se genera la energía requerida (Barnes et al, 2011).
- *Pilas de hidrógeno*: esta tecnología se encuentra todavía en investigación, pero parece que podrá tener grandes repercusiones en la industria energética. Se basa en producir hidrógeno empleando el exceso de energía eólica en las horas valle, almacenarlo y liberarlo de nuevo en las horas de mayor demanda en celdas de hidrógeno.

El desarrollo de este tipo de sistemas es fundamental para permitir adaptar las fluctuaciones de oferta y demanda mediante el almacenamiento de energías variables, tales como la eólica o la solar. Por su parte, la energía eólica es una de las energías renovables más consolidadas, debido en gran parte a que apenas tiene repercusión en el medio ambiente y a que el viento es una fuente inagotable.

Todo ello hace que los científicos aseguren que la energía eólica será la fuente energética que más se desarrolle en los próximos años, llegando incluso a suponer el 15% de la producción eléctrica europea en 2030.

Según BC Ummels la instalación de calderas de calor en lugares de cogeneración puede ser más eficiente y una solución prometedora para la integración de la energía eólica a gran escala en los Países Bajos (Ummels et al, 2008).

En esta sección se hace una revisión de los diferentes sistemas de acumulación de energía eólica y encontramos que es una tendencia y una necesidad mundial la búsqueda y aplicación de métodos de almacenamiento de energía eólica,

debido a las características de variabilidad e incertidumbre de su fuente primaria (el viento), la generación ha impuesto retos interesantes a los ingenieros responsables de la planeación y operación de los sistemas de energía eléctrica.

5 METODOLOGÍA

La metodología de trabajo para realizar la investigación será la siguiente:

5.1 Análisis del estado del Arte

De la búsqueda bibliográfica realizada sobre la situación energética ecuatoriana y las políticas nos dio una visión de la necesidad de entrar en un proceso de transición energética por el agotamiento de las reservas de petróleo.

El estudio de la energía eólica en el Ecuador nos permite inferir que existe un potencial en todo el territorio atravesado por la cordillera de los andes, por lo que podemos concluir que hay posibilidades de expansión de la potencia eólica instalada en la región sierra.

Para analizar los datos de generación eólica y consumo, el Ecuador cuenta con la plataforma SISDAT, la que nos permite obtener la información de las empresas correspondientes para realizar cualquier análisis energético, por lo tanto, es factible adquirirlos y procesarlos con herramientas informáticas que se han desarrollado para procesar datos de sistemas eléctricos.

Se ha estudiado los diferentes sistemas de acumulación de energía y encontramos varios proyectos que han desarrollado una gestión exitosa de la energía, estos sistemas nos servirán de referencia para nuestra investigación.

Finalmente en el estado del arte hemos detectado la necesidad de realizar estudios comparativos de generación de un parque eólico de altura y el consumo eléctrico de una ciudad mediana, para adaptar las fluctuaciones de oferta y demanda mediante el almacenamiento de la energía eólica.

Cuando hablamos del vector eléctrico realizamos un ejercicio de desagregación en el cual solo nos limitaremos hacer el análisis de los consumos eléctricos de la ciudad de Loja-Ecuador.

5.2 Definición de las hipótesis de investigación

De las conclusiones extraídas del estado del arte nos planteamos las siguientes preguntas:

- En qué grado el parque eólico Villonaco cubre las necesidades de electricidad de la ciudad de Loja.
- ¿Cuál sería la dimensión de un parque eólico que cubra la demanda de electricidad de la ciudad de Loja?
- ¿Cuáles son las necesidades de acumulación necesitaríamos, para adaptar la generación a la demanda?

5.3 Desarrollo de las hipótesis de investigación

Para el desarrollo de las hipótesis de la investigación realizaremos las siguientes actividades:

- Analizar la generación del parque eólico Villonaco: curva de potencia, variaciones en la carga, picos, paradas de emergencia.
- Analizar los consumos eléctricos de la ciudad de Loja: residenciales, industriales y de servicio, sus tendencias, cambios de comportamiento, influencia de los cambios tecnológicos.
- Determinar la dimensión de un parque para cubrir el 100% de la demanda eléctrica.
- Determinar las necesidades de acumulación para cubrir el 100% de la demanda eléctrica y que tipo de acumulación de energía eólica aplicaríamos.

5.4 Medios empleados

Para realizar la investigación se contará con la infraestructura de Universidad Politécnica de Cataluña y con Centro de Diseño de Equipos Industriales CDEI, que forma parte activa de una red de conocimiento que engloba los principales agentes expertos en investigación aplicada y transferencia tecnológica.

Para caracterizar los consumos energéticos de la ciudad se cuenta con el acceso a la información estadística de la ERSSA la que clasifica a los consumidores a: residenciales, comerciales, industriales y alumbrado público.

Para caracterizar la generación de energía del parque eólico Villonaco de Loja - Ecuador se necesita tener acceso a la información SCADA del parque eólico por lo que se cuenta con la colaboración de la empresa pública CELEC - Corporación eléctrica del Ecuador.

Para confrontar los diagramas de producción del parque eólico Villonaco y los de consumo de la ciudad de Loja se realizará el procesamiento de datos en software de ingeniería, para lo cual contamos con el Centro de Diseño de Equipos Industriales CDEI y con investigadores del centro de investigación de recursos y consumos energéticos CIRCE.

6 PLAN DE TRABAJO

Actividades	2014			2015			2016			2017		
Plan de investigación y créditos voluntarios	■	■										
Estudio del estado del Arte	■	■	■	■								
Caracterizar el reparto de los consumos de la ciudad de Loja				■	■	■	■					
Caracterizar la generación de energía del parque eólico Villonaco				■	■	■	■	■				
Confrontar los diagramas de generación y consumo								■	■	■	■	
Obtener conclusiones y propuestas de gestión para el sistema eléctrico										■	■	
Redacción de la tesis								■	■	■	■	
Presentación y defensa de tesis											■	■

7 REFERENCIAS

Aleklett, Kjell. 2007. Peak Oil and Envolving Strategies Of Oil Importing and Exporting Countries. [En línea] 2007. [Citado el: 09 de 01 de 2015.] <http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/discussionpapers/DiscussionPaper17.pdf>.

ANDES. 2014. Agencia Publica de Noticias del Ecuador y Sudamérica. [En línea] 2014. [Citado el: 01 de 01 de 2014.] <http://www.andes.info.ec/es/regionales/ampliacion-proyecto-eolico-loja-tiene-estudios.html>.

Archer et al. 2009. Global Assessment of High-Altitude Wind Power. [En línea] 2009. http://scholar.google.es/scholar_url?hl=es&q=http://www.mdpi.com/1996-

1073/2/2/307/pdf&sa=X&scisig=AAGBfm1OxYtTcjLBTQFOa5png-1W00n6Xw&oi=scholar&ei=QiCaUNn5ApSLhQfTxYHADw&ved=0CCIQgAMoATAA.

Arent et al. 2011. *The status and prospects of renewable energy for combating global warming*. s.l. : Energy Economics, 2011.

Barnes et al. 2011. *Large Energy Storage Systems Handbook*. New York : Taylor & Francis Group, an informa business, 2011. 9781420086010.

Boie et al, Wulf. 2010. Future demand scenarios of Bangladesh power sector. [En línea] 2010. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510006312>.

Cabrera et al. 2014. Herramientas para la Formulación de Política Energética: el Análisis Prospectivo en la Construcción de Escenarios Energéticos y el Uso de Modelos para su Formalización. [En línea] 2014. http://www.nodo50.org/cubasigloXXI/economia/somozaca_301103.pdf.

Carvajal, P. 2013. Balance Energético Nacional 2013. *Ministerio Cordinador de Sectores Estratégicos*. [En línea] 2013. <https://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/Balance-Energe%CC%81tico-Nacional-2013-base-2012.pdf>.

CELEC . 2014. Corporación Electrica del Ecuador. [En línea] 01 de 01 de 2014. <http://www.celec.com.ec/>.

CONELEC. 2010. Consejo Nacional de Electricidad- Estadística del sector eléctrico Ecuatoriano. Quito – Ecuador. [En línea] 2010. http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc_10048_Boletin%202009.pdf.

Dafermos, et al. 2014. DISTRIBUTED ENERGY. [En línea] 01 de 01 de 2014. <https://flokociety.co-ment.com/text/PnxnAFqAVmQ/view/>.

ECUADOR, EP PETRO. 2010 - 2011. *INFORME DE GESTIÓN* . Quito : s.n., 2010 - 2011.

EcuRed. 2007. Parque Eólico Veladero (Argentina). (*Enciclopedia Cubana*). [En línea] 2007. [Citado el: 01 de 01 de 2015.] http://www.ecured.cu/index.php/Parque_e%C3%B3lico_Veladero_%28Argentina%29.

EERSSA. 2012. Plan estratégico de la EERSSA Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A. . [En línea] 2012. <http://www.eerssa.com/adicionales/descargas/category/9-pe20122017.html>.

EP PETROECUADOR. 2013. El petróleo en el Ecuador la nueva era petrolera. [En línea] 09 de 01 de 2013. <http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/archivo/001138.pdf>.

Guayanlema, V. 2014.. LíneaSur Revista de Política Exterior. [En línea] 2014. http://www.lineasur.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=140:lineas-estrategicas-de-accion-en-el-sector-transporte-para-la-mitigacion-de-cambio-climatico-en-ecuador&catid=26:linea-sur-7.

Heier, Siegfried. 2014. *Grid Integration Wind Energy Conversion Systems*. New York : John Wiley, 2014. 978-1-119-96294-6.

IEA (International Energy Agency) . OECD/IEA, 67 p. 2011. *"Clean Energy Progress Report"*. Paris : s.n., 2011.

- IEA. 2011.** Clean Energy Progress Report. Pag 67. [En línea] 01 de 01 de 2011.
http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea_pdf/cem_progress_report.pdf.
- Laakso et al. 2010.** State-of-the-art of wind energy in cold climates. Finlandia. [En línea] 10 de 2010. <http://arcticwind.vtt.fi/reports/StateOfTheArtOfColdClimatesWindEnergy2009-VTT-W152.pdf>.
- Llopis, Gloria. 2011.** Revista Energética 21. Un aerogenerador de alta montaña. [En línea] 10 de 2011.
<http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&cad=rja&ved=0CDcQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.energetica21.com%2Fdescargar.php%3Fseccion%3Darticulos%26archivo%3DrlpJqKI3i6r0nKkfwExLMxzmCSNFc6NHD4RpuzkbnIWsXbeWnrJb.pdf&ei=KyeaUN3PNc2Thgelr4Bo&u>.
- MEER. 2014.** Atlas Eólico del Ecuador. [En línea] 2014. <http://www.energia.gob.ec/biblioteca/>.
- . **2014.** Inauguración del proyecto eólico BALTRA. [En línea] 2014.
<https://www.energia.gob.ec/inauguracion-proyecto-eolico-baltra-y-parque-fotovoltaico-puerto-ayora/>.
- Miller, Rick. 2010.** Wind Integration Utilizing Pumped Storage Presentation. [En línea] Febrero de 2010. <http://ybsa.org/pumped-storagewind-integration/>.
- OPEC. 2011.** Organization of the Petroleum Exporting Countries. [En línea] 2011.
http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/ASB2010_2011.pdf.
- Peréz, F. 2010.** *l'energia eolica. l'profitament local del vent*. Barcelona : CPG, 2010. B-47338-2010.
- REN21. 2011.** RenewableS 2011 GLOBAL STATUS REPORT. [En línea] 2011.
<http://germanwatch.org/klima/gsr2011.pdf>.
- Riba, Carles. 2012.** *Rercursos Energéticos y Crisis. El fin de 200 años irrepetibles*. Barcelona : Octaedro, 2012. 978-84-9921-266-1.
- Rodriguez, J.L. 2003.** *Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica*. Madrid : Rueda, 2003. 84-7207-139-1.
- Samiento et al. 2014.** INFLUENCIA DE LA OPERACIÓN DEL PARQUE EÓLICO. [En línea] 2014. [Citado el: 01 de 01 de 2014.] <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7101/1/UPS-CT003874.pdf>.
- Sans, Ramon. 2014.** *El colapso es evitable. La transición energética del siglo XXI (TE21)*. Barcelona : OCTAEDRO, S.L., 2014. 978-84-9921-481-8.
- Schaeffer et al. 2014.** Los instrumentos de planificación energética. [En línea] 2014.
<http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/CAP%20VII%20Instrumentos%20%20de%20Planificacion%20Energetica.pdf>.
- Senplades. 2013.** Plan Nacional del Buen Vivir. [En línea] 2013. <http://www.buenvivir.gob.ec/>.
- Smil, Vaclav. 2010.** *Energy Transition: History, Requirements, Prospects*. California : Praeger, 2010. 9780313381775.

Twenergy. 2012. Sistemas de Almacenamiento de la Energía Eólica ya en Uso. [En línea] 2012. <http://twenergy.com/a/sistemas-de-almacenamiento-de-la-energia-eolica-ya-en-uso-530>.

Ummels et al. 2008. Integration of large-scale wind power and use of energy storage in the Netherlands' electricity supply. [En línea] 2008. 1752-1424.

van Beek, Nicole. 1999. Classification of Energy Models. [En línea] 1999. <https://pure.uvt.nl/portal/files/532108/777.pdf>.

Vintimilla, Luis. 2009. Proyecto eólico San Cristobal y perspectivas de la energía eólica en el Ecuador. [En línea] 2009. <http://www.tech4cdm.com/userfiles/7%20Proyecto%20eolico%20en%20galapagos%20luis%20vintimilla.pdf>.

WEC . 2007. (World Energy Council) (2007). “ Survey of Energy Resources”. London, World Energy. [En línea] 2007.

Wiser et al. 2012. *Renewable Energy Sources and Climate Change* . Cambridge : Hardback, 2012. 9781107023406.

8 CONTRIBUCIONES ESPERADAS

- Determinar la aportación energética del parque eólico Villonaco a la red nacional interconectada de la República del Ecuador.
- Analizar que parte del consumo de Loja es suministrada por la generación del parque eólico Villonaco, de modo que si hay una transición de la matriz energética de los combustibles fósiles a las energías renovables, determinar cuántos de estos sistemas deberíamos desarrollar para cubrir la demanda.
- Analizar los picos del balance integrado de energía durante dos años de investigación para determinar las necesidades de almacenamiento, proponer instalaciones para el almacenamiento de energía y generar un documento con políticas para la gestión energética (Redes inteligentes, políticas tarifarias, adaptación los consumos industriales a los excedentes de generación, depósitos de sal para la acumulación de calor, etc).
- Socializar los resultados a la ciudadanía por medio de una campaña permanente de concienciación sobre los consumos de energía y de la incidencia del parque eólico Villonaco. Dar a conocer detalladamente la estructura del sector energético sus fuentes y sus usos.
- Analizar las emisiones de CO₂ evitadas por la utilización de aerogeneradores.