



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

Potencial de las Energías Renovables en el Perú

Ing. Roberto Tamayo Pereyra
Director General de Electricidad

Octubre de 2011



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

I. Objetivos de la Política Energética



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

Objetivos Fundamentales

Seguridad del abastecimiento de energía

- ***Disponibilidad de energía en condiciones adecuadas.***
- ***Calidad de servicios.***
- ***Precios competitivos.***
- ***Conservación del medio ambiente y recursos naturales.***

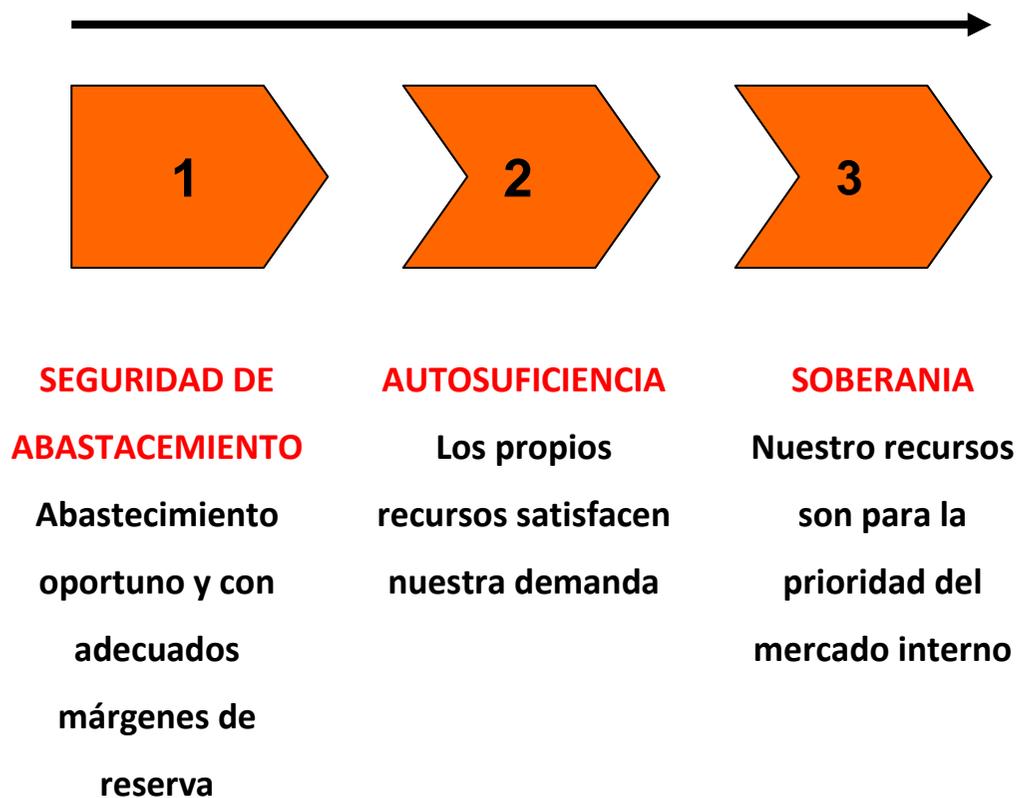
Autosuficiencia

- ***Creación de polos de desarrollo autosuficientes.***
- ***Inversiones que permitan generar riqueza y bienestar social.***
- ***Proyectos de inversión con impacto positivo en las zonas donde se desarrollen.***
- ***Participación de la población.***
- ***Participación de los distintos sectores trabajando en conjunto.***
- ***Servicio de electricidad: herramienta de inclusión social.***

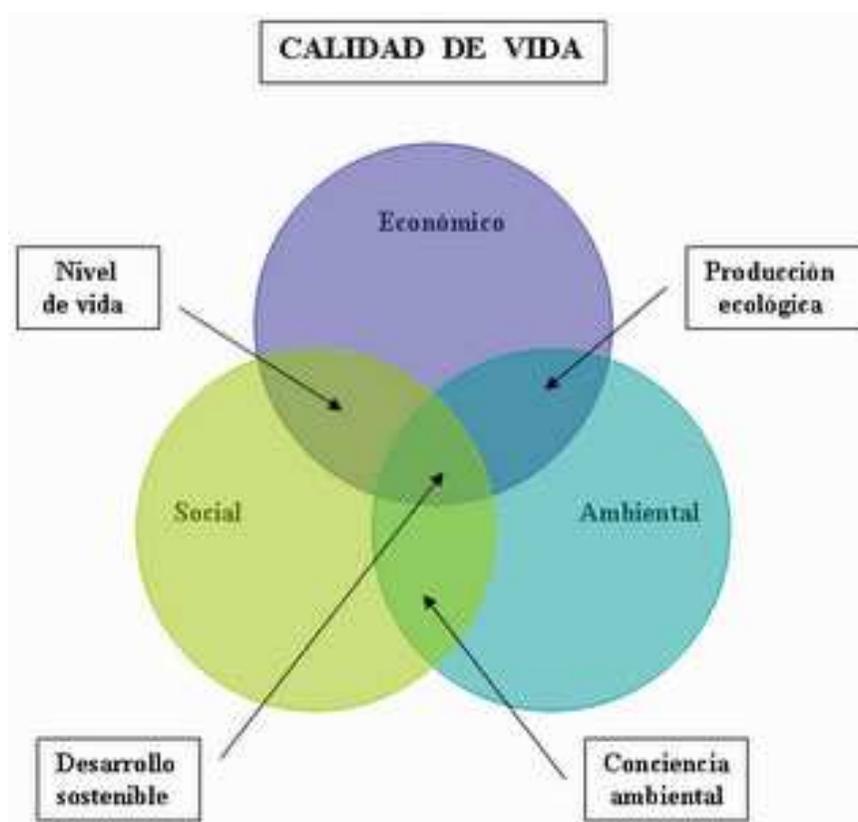
Soberanía

- ***Explotación adecuada de nuestros recursos energéticos con participación de inversionistas tanto nacionales como extranjeros.***

Objetivos fundamentales: Desarrollo Sostenible e Inclusión Social



Objetivos fundamentales: Desarrollo Sostenible e Inclusión Social





PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

Política Energética del Estado Peruano

De acuerdo al Decreto Supremo N° 064-2010-EM.

Objetivos

- 1. Contar con una matriz energética diversificada, con énfasis en las fuentes renovables y la eficiencia energética.**
- 2. Contar con un abastecimiento energético competitivo.**
- 3. Lograr la autosuficiencia en la producción de energéticos.**
- 4. Desarrollar un sector energético con un mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono en un marco de desarrollo sostenible.**
- 5. Fortalecer la institucionalidad del sector energético.**



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

II. Marco Normativo RER



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

MARCO LEGAL PROMOTOR DE RECURSOS ENERGETICOS RENOVABLES

Ley N°28546	Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables No Convencionales	junio del 2005
DS N°050-2008-EM	Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables	mayo 2008
DL N°1002	Ley de Promoción Inversión Generación de Electricidad Uso de Energías Renovables	mayo 2008
DL N°1058	Promueve la Inversión en Generación Eléctrica con Recursos Hídricos y otros Recursos Renovables	junio 2008
D.S. 021-2007-EM	REGLAMENTO DE COMERCIALIZACION DE BIOCOMBUSTIBLES LIQUIDOS	2007
LEY 28054	LEY DE PROMOCION DEL MERCADO DE BIOCOMBUSTIBLES	2003

2 SUBASTAS DE EERR para el SIEN en el 2010. Segunda subasta en julio se declaró desierta (en biomasa)



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

EN EL SECTOR ELÉCTRICO PERUANO SE HAN DESARROLLADO ASPECTOS TALES COMO:

- MECANISMOS DE INCENTIVO PARA LA INVERSIÓN ELÉCTRICA
- PROMOCIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA
- USO EFICIENTE DEL GAS NATURAL PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA
- SEGURIDAD Y COBERTURA DE LA TRANSMISIÓN ELÉCTRICA
- CULTURA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SEGURIDAD ELÉCTRICA EN LOS USUARIOS
- SEGURIDAD E INTEGRACIÓN ENERGÉTICA
- PROMOCIÓN DEL DESARROLLO ELÉCTRICO PRESERVANDO EL MEDIO AMBIENTE



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

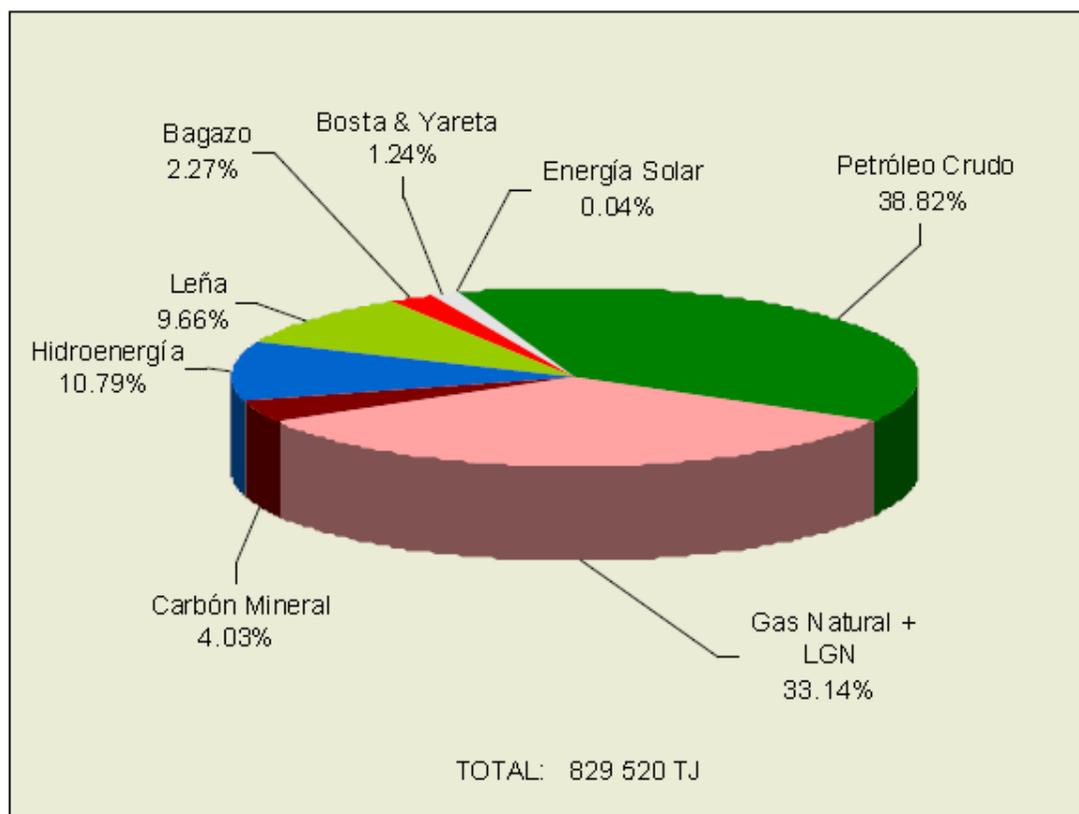
Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

III. Referencias Recursos Energéticos Renovables

Matriz Energética Nacional

ESTRUCTURA DE LA OFERTA INTERNA BRUTA DE ENERGÍA PRIMARIA



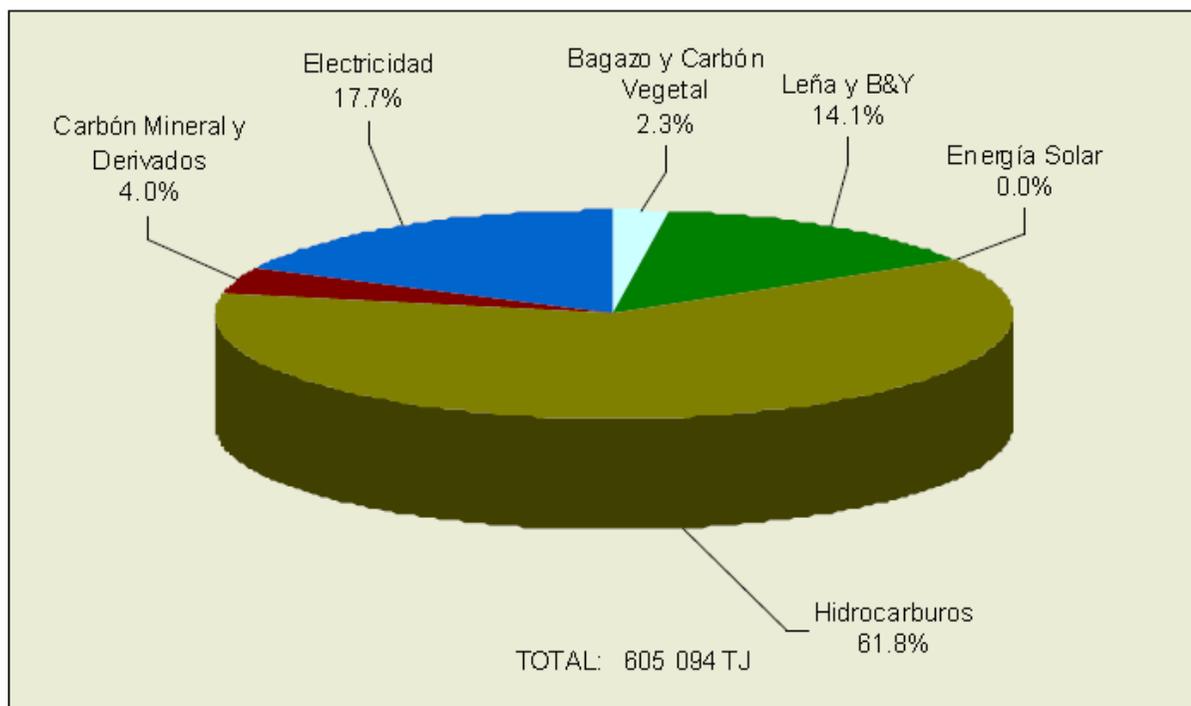
La Hidroenergía representa el 11% de la Oferta Interna de Energía para diferentes usos.

Fuente: DGH, DGE, DGM

Documento: Balance de Energía 2009, MINEM

Matriz Energética Nacional

ESTRUCTURA DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA POR FUENTES: 2009



Fuente: Empresas del Sector, DGH, DGE, Datos estimados.

Documento: Balance de Energía 2009, MINEM

La electricidad representa el 18% del consumo final de energía a nivel nacional.



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

IV. Recursos Energéticos Renovables

Energías Renovables:

La energía que utilizamos en mayor proporción proviene de recursos no renovables (combustibles fósiles), de los cuales se dicen que están “almacenados” y cuyas reservas se agotan a medida que son utilizados. El caso contrario ocurre con las energías renovables, las cuales provienen de recursos que están relacionados con los ciclos naturales de nuestro planeta, haciendo posible que dispongamos del recurso de manera permanente.

El Estado ha definido la meta para el quinquenio 2008-2013: el 5% de la demanda de energía eléctrica nacional deberá ser cubierta con fuentes de energía renovable no convencional (eólica, solar, geotérmica y pequeñas hidroeléctricas con una capacidad menor a 20 MW).



Las Energías Renovables: Ventajas de su presencia, explicación de su auge.

➤ El medio ambiente

- Son infinitas.
- No producen gases de efecto invernadero.

➤ La seguridad energética

- Contribuyen a reducir la dependencia de las importaciones energéticas.

➤ Desarrollo económico

- Son fuente de empleo.
- Motor de desarrollo económico y social.





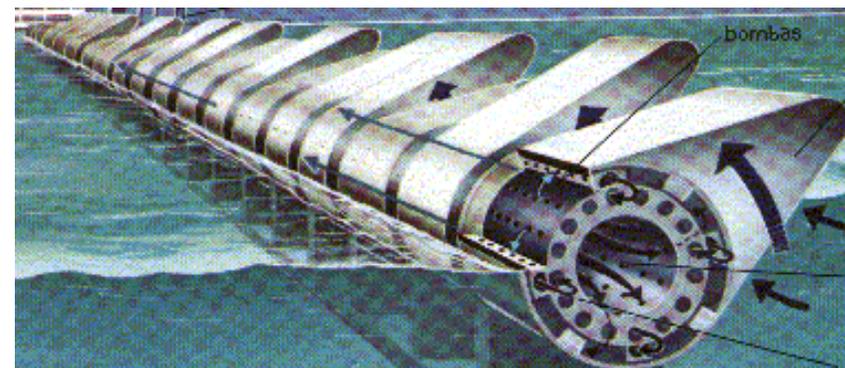
Energías Renovables:

Cada una de las energías implica diferentes tipos de tecnologías con las cuales se obtiene energía en forma de electricidad, fuerza motriz, calor o combustibles. El siguiente esquema nos brinda un panorama general de cómo las energías renovables pueden ayudarnos a suplir nuestras necesidades energéticas.

RECURSO	TECNOLOGÍA	ELEMENTOS	APLICACIÓN
SOLAR	Fotovoltaica	Celdas solares	Electricidad
	Térmica	Colectores	Calor, electricidad
	Pasiva	Muros, ventanas, etc.	Calor, iluminación
EÓLICA	Generación eléctrica	Aerogeneradores	Electricidad
	Fuerza motriz	Aerobombear	Fuerza motriz
BIOMASA	Digestión anaerobia	Biodigestión	Biogás combustible
	Gasificación	Gasificador	Gas combustible
	Pirólisis	Pirólizador	Combustible
	Fermentación	Destilería	Bioetanol
	Alcohólica		
	Esterificación	Unidad de esterificación	Biodiesel
HIDRÁULICA	Combustión	Hornos, calderas	Calor, electricidad
	Centrales	Pequeñas centrales	Electricidad
	Hidroeléctricas	Hidráulica	
OCÉANOS	Pequeños aprovechamientos	Rueda	Fuerza motriz
	Mareas	Barreras, turbinas	Electricidad
	Olas	Flotadores, columnas, aparatos focalizadores	Electricidad
	Diferencias de temperaturas	Turbinas condensadores	Electricidad
GEOTERMIA	Corrientes marinas		Electricidad
	Generación eléctrica	Plantas de energía	Electricidad
	Usos directos	Aguas termales	Calor, recreación, salud

Recursos Energéticos Renovables

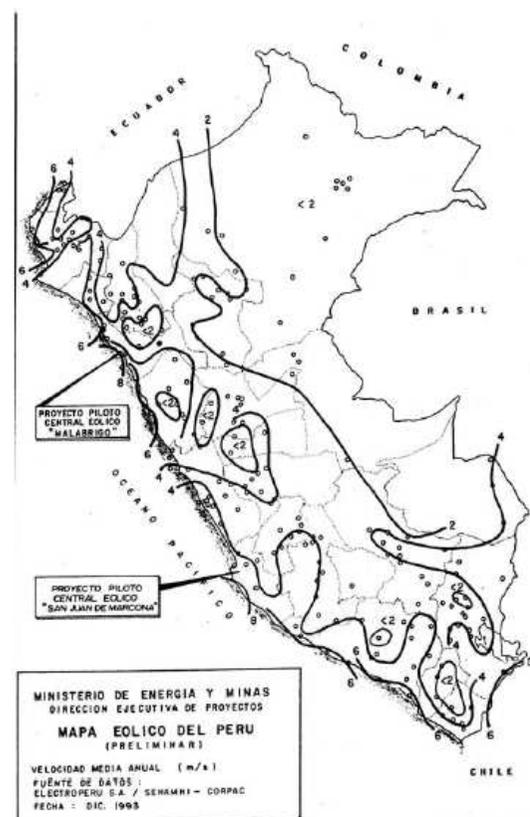
- Biomasa,
- Eólico,
- Solar,
- Geotérmico,
- Mareomotriz
- Hidros hasta 20 MW.



Energía Eólica:

La energía eólica es la que está presente en forma de energía cinética en las corrientes de aire o viento. La energía eólica puede transformarse principalmente en energía eléctrica por medio de aerogeneradores, o en fuerza motriz empleando molinos de viento.

El potencial eólico en el Perú lamentablemente no está plenamente estudiado. En los lugares de mayor proyección, ELECTROPERU ha realizado mediciones. Esto es el caso de Punta Malabrigo, de Yacila en Piura y de Marcona en Ica. En Malabrigo se midió durante un año (1988-89) velocidades promedio de 9,0 m/s.



Energía Eólica

- Tecnología con creciente demanda en el mundo.
- Turbinas de hasta 5 MW de potencia.
- Costos de instalación en franca caída.
- Requiere de estudios de medición de viento plurianuales.





PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

Potencial Eólico:

Información base:

SENAMHI encargada de evaluar los registros de viento a nivel nacional.
CORPAC registra en los aeropuertos la velocidad y dirección del viento.
ELECTROPERU registró información la cual no es habida.

Principales estudios realizados:

- OLADE, 1983:** Mapa Eólico preliminar del Perú, con registros de 48 estaciones.
- ITINTEC, 1987:** Estudio Nacional de Evaluación de Aerobombas.
- ELECTROPERU, años 80-90:** Evaluación de recursos eólicos en Malabrigo y Marcona.
- MEM-DEP, 1998:** Informe del Potencial Eólico del Perú, elaboró un mapa eólico preliminar.
- MEM, 2001:** Atlas de Minería y Energía en el Perú.



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

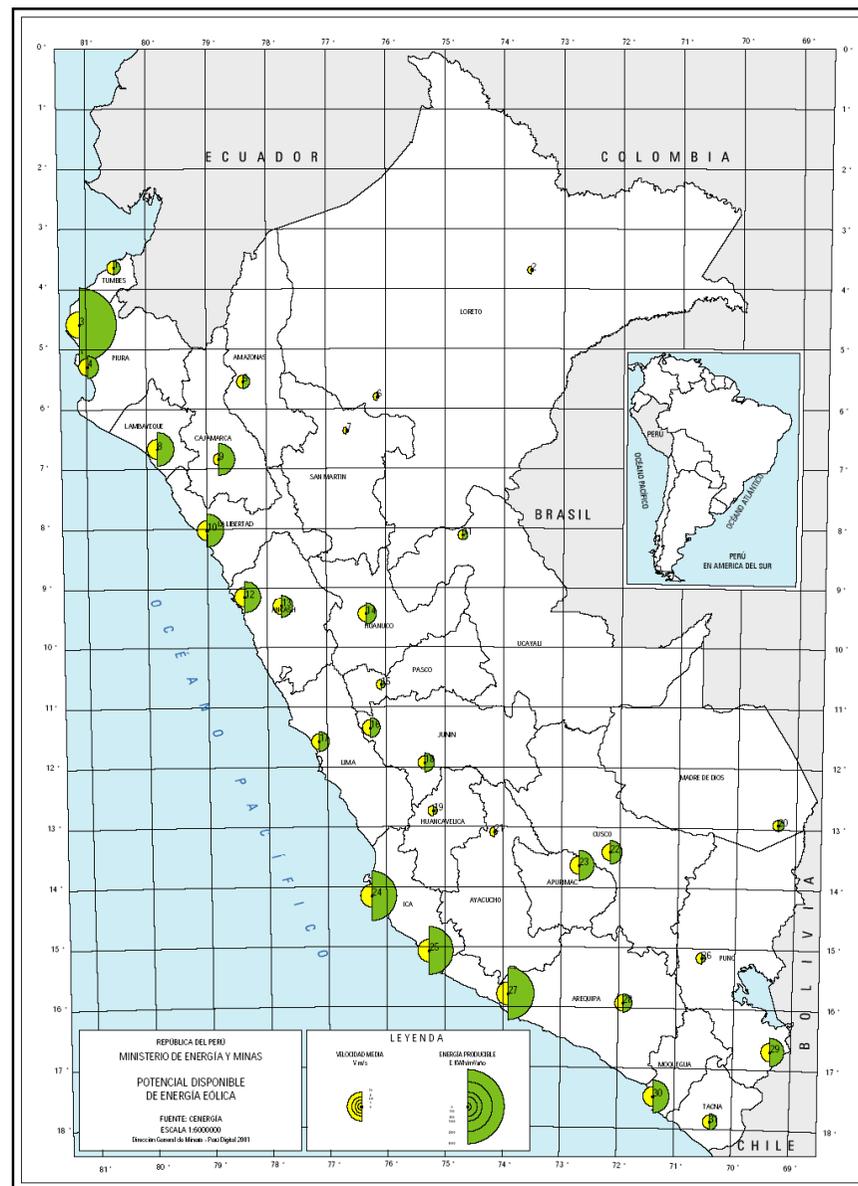
**UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MEDICIÓN DEL VIENTO DE SUPERFICIE,
VELOCIDAD MEDIA Y ENERGÍA EÓLICA NACIONAL ESTIMADA EN EL PERÚ**

No.	NOMBRE	DEPTO.	ALTITUD (m.s.n.m.)	VELOCIDAD MEDIA V (m/s)	ENERGÍA PRODUCIBLE E (kWh/m ² -año)
1	Iquitos	Loreto	104	1	31
2	Tumbes	Tumbes	25	2.6	252
3	Talara	Piura	50	8.5	4993
4	Piura	Piura	46	4	642
5	Yurimaguas	Loreto	184	1.1	34
6	Chiclayo	Lambayeque	27	5.1	1281
7	Cajamarca	Cajamarca	2620	1.9	1157
8	Chachapoyas	Amazonas	1834	2.4	271
9	Tarapoto	San Martín	356	0.9	31
10	Chimbote	Ancash	11	5.5	1157
11	Trujillo	La Libertad	33	5	1243
12	Huánuco	Huánuco	1859	3.6	554
13	Pucallpa	Pucallpa	145	1.6	156
14	Anta	Ancash	2748	3.8	638
15	Aeropuerto	Lima	13	3.4	507
16	Marcapomacocha	Junín	4413	3.5	499
17	Cerro de Pasco	Pasco	4333	1.7	94
18	Pto. Maldonado	Madre de Dios	256	1.8	188
19	Cusco	Cusco	3399	3.8	692
20	Huancayo	Junín	3350	2.6	457
21	Huancavelica	Huancavelica	6670	1.8	105
22	Ayacucho	Ayacucho	2761	1.5	59
23	Curahuasi	Apurímac	2678	4.4	1052
24	San J. de Marcona	Ica	31	6.4	2329
25	Laguna Grande	Ica	10	6.5	2465
26	Juliaca	Puno	3824	1.9	113
27	Arequipa	Arequipa	2518	3.6	452
28	Punta Atico	Arequipa	20	6.7	2701
29	Punta de Coles	Moquegua	50	5	1223
30	Desaguadero	Puno	3809	4.5	935
31	Tacna	Tacna	452	2.5	363

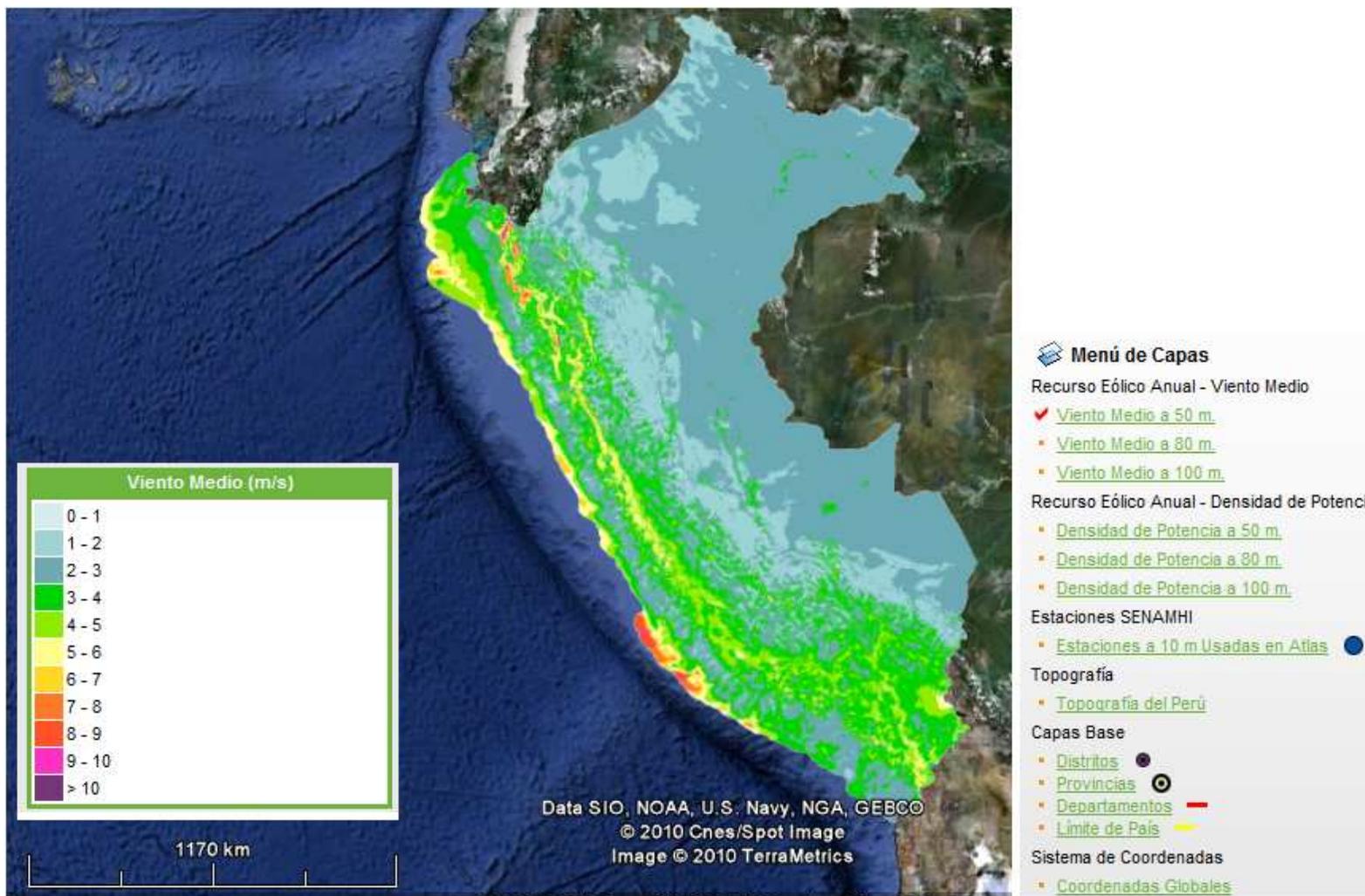
Potencial Eólico:

Del mapa adjunto, elaborado por el MEM, se puede deducir, en términos generales, que el potencial más significativo de energía eólica, se encuentra en la costa.

Es justa allí, es donde se han desarrollado en los últimos 20 años algunos proyectos pilotos de energía eólica, como el proyecto de ELECTROPERU en Yacila, los aerogeneradores de la empresa peruana WAIRA, y el proyecto eólico interconectado de Malabrigo y Marcona.



Potencial Eólico:



Potencial Eólico: Experiencias

Aerogeneradores en Yacila

ELECTROPERU 1986 , proyecto instalado en caleta piurana de Yacila con apoyo y financiamiento de la cooperación técnica italiana :

Tres (03) aerogeneradores dMP-5 Riva Calzoni de 3.6 kW de potencia nominal c/u, con velocidad de viento de 12 m/s, de una aspa. Los aerogeneradores alimentaban a un banco de baterías de 108 V DC y un inversor a 220 V AC.

1988 , tres (03) aerogeneradores adicionales ISEA de 10 kW cada uno, con más baterías y dos inversores de 220 V AC y una red a 220 V AC.

El sistema funcionó con sucesivas interrupciones hasta 1991.



Aerogeneradores WAIRA

Varias instituciones privadas y públicas instalaron a partir de 1989 pequeños aerogeneradores, con potencias entre 500 y 1200 W, y acumulación de la electricidad en baterías, fabricadas por la pequeña empresa limeña WAIRA SRL.

Fueron usados para iluminación, radio y TV en casas rurales, hoteles, etc. Mayormente fueron vendidos individualmente a personas privadas. Una evaluación en 1995 de 18 aerogeneradores WAIRA, de un total de unos 30 existentes, demostró que estos aerogeneradores requieren para su buena operación un servicio de mantenimiento regular. De hecho, la mayoría de ellos estuvieron en el momento de la visita fuera de operación por diversos motivos y, posiblemente, ninguno está hoy funcionando.



Potencial Eólico: Experiencias

El proyecto eólico interconectado de Malabrigo y Marcona

Malabrigo:

En 1996 entró en operación el primer aerogenerador conectado a la red en el Perú. El aerogenerador asíncrono trifásico está ubicado en Punta Malabrigo, una caleta en la costa al norte de Trujillo - La Libertad, fabricado e instalado por Micon (de Dinamarca) y es hoy operado por la empresa ADINELSA. El aerogenerador tiene una potencia de 250 kW (a 18,5 m/s), un rotor tripala de 27,8 m de diámetro, sobre una torre de 30 m.

Marcona:

Posteriormente, en 1998, entró en operación un segundo aerogenerador, de 450 kW en San Juan de Marcona en Ica, también operado por ADINELSA y conectado a la red.

Ambos aerogeneradores siguen funcionando, con factores de capacidad de 35 % y 39 %, respectivamente, superior a los valores de muchos parques eólicos en otras partes del mundo. Por este motivo, tanto en Malabrigo como en Marcona, se considera que estos lugares son apropiados para bosques eólicos de 30 MW y 100 MW, respectivamente.



Generador eólico de Malabrigo



Generador eólico de Marcona



PERÚ

Ministerio de Energía y Minas

Viceministerio de Energía

Dirección General de Electricidad

Nuevos Proyectos Eólicos:

Primera Subasta RER

Proyecto	Tecnología	En operación	MW	Inversiones Estimadas (MM US\$)
Cupisnique	Eólica	2012	80	246
Talara	Eólica	2012	30	108
Marcona	Eólica	2012	32	96
Total			142	450



Segunda Subasta RER

Proyecto	Tecnología	En operación	MW	Inversiones Estimadas (MM US\$)
Tres Hermanas	Eólica	2014	90	270
Total			90	270

	Precio mínimo	Precio máximo	Precio promedio ponderado	Precio Tope fijado por OSINERGMIN
Biomasa Res. Agroindustriales (US\$/MWh)	69,50	69,50	69,50	65,00
Biomasa con Res. Urbanos (US\$/MWh)	99,99	99,99	99,99	No revelado
Eólica (US\$/MWh)	69,00	91,60	75,42	No revelado
Solar (US\$/MWh)	119,90	297,00	186,27	No revelado
Hidroeléctricas (US\$/MWh)	47,40	69,50	55,61	No revelado
Total Precio promedio ponderado ofertado (US\$/MWh)			77,79	

Energía Solar:

La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio peruano, en la gran mayoría de localidades la disponibilidad de la energía solar es bastante grande y uniforme durante todo el año, haciendo más atractivo su uso en comparación a otros países.

La radiación solar, varía según la latitud (a mayor distancia de la línea ecuatorial menor radiación), la altura sobre el nivel del mar (a más altura más radiación), la orografía (valles profundos tienen menos horas de sol) y la nubosidad (a mayor nubosidad menos radiación).

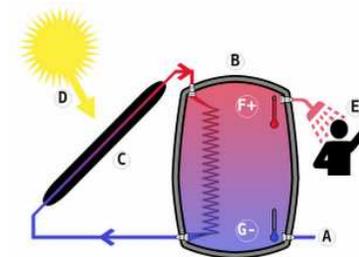


Energía Solar:

La energía solar puede aprovecharse de varias formas: para secar (ropa, frutas); para calentar (agua, viviendas, invernaderos), y para producir corriente eléctrica.

Energía Solar Fotovoltaica:
Conversión de la energía solar en electricidad mediante módulos de celdas fotovoltaicas.

Energía Solar Foto térmica:
Conversión de la energía solar en calor mediante: secadores solares, cocinas solares, invernaderos, termas solares.





PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

Potencial Solar:

Información base:

SENAMHI base de datos de irradiación solar a nivel nacional.

Principales estudios realizados:

En el marco del proyecto de electrificación rural, la DEP – MEM ha elaborado con la participación de SENAMHI el “Atlas de Energía Solar del Perú - 2003” (disponible en la página web del MEM, basado en las mediciones de las estaciones meteorológicas existentes, las que mayormente solamente registran la insolación (horas de sol). Si bien estos datos no son siempre los mas precisos, la información disponible es suficiente para poder diseñar y dimensionar las diferentes aplicaciones.

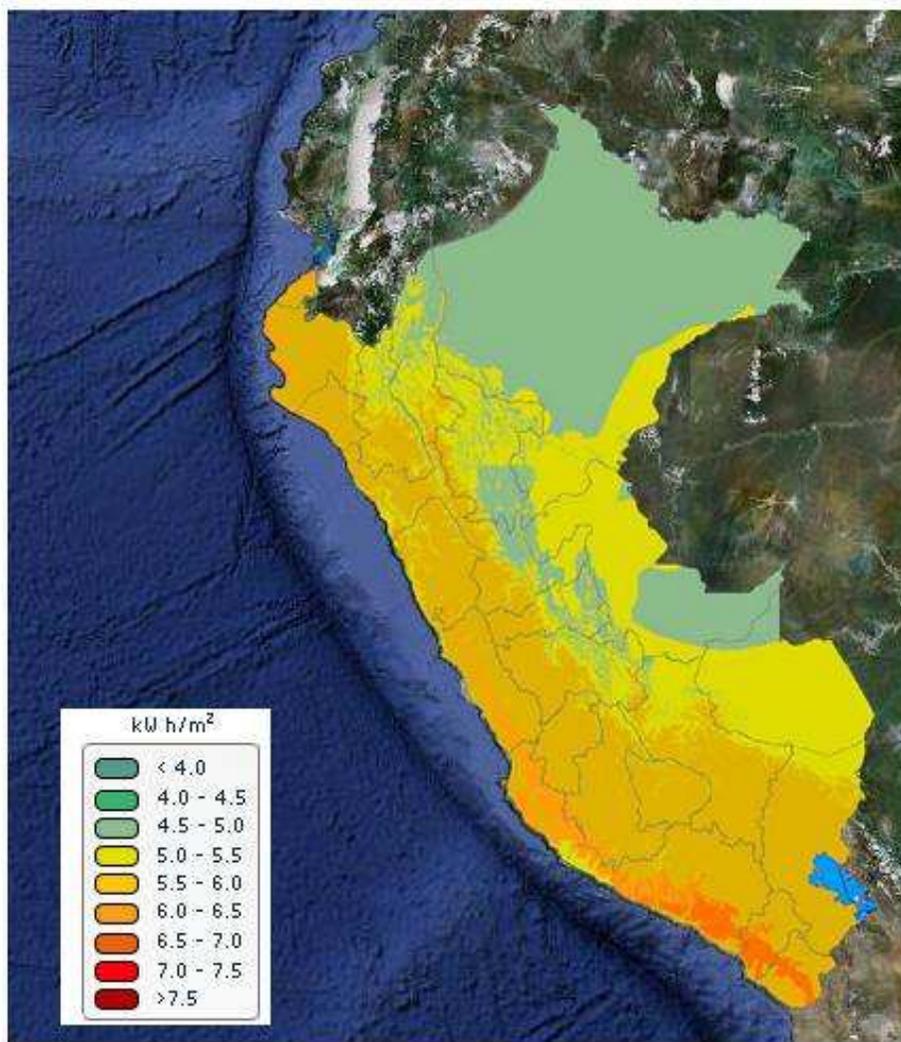
Potencial Solar:

En la gran mayoría de localidades del Perú, la disponibilidad de la energía solar es bastante uniforme durante todo el año, estando casi siempre dentro de un margen de +/- 20 % del promedio anual. es lo suficientemente alta y uniforme (comparada con otros países) para ser considerada como una fuente energética utilizable para fomentar el desarrollo de las comunidades

En términos generales, este promedio anual es de 4-5 kWh/m² día en la costa y selva y de 5-6 kWh/m² día, aumentando de norte a sur.



Potencial Solar:



Recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio nacional.

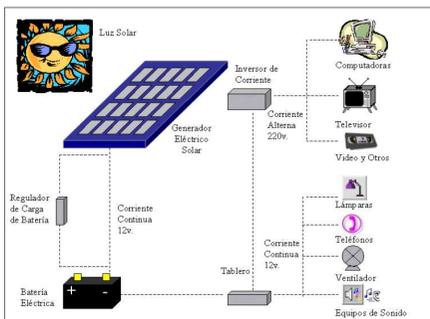
Promedio Anual
(kwh/m2)

Costa Sur	:	6,0 – 6,5
Costa Centro	:	5,5 – 6,0
Sierra	:	5,5 – 6,0
Selva Sur	:	5,0 – 5,5
Selva Norte	:	4,5 – 5,0

Potencial Solar: Experiencias

Fotovoltaica

En el Perú existe una gran experiencia en proyectos fotovoltaicos orientados a la electrificación rural; tanto en aplicaciones atomizadas (Los Uros – Puno), como concentradas (Padre Cocha - Iquitos) en sistema híbrido FV – Diesel.



378 MÓDULOS F.V. DE 80 Wp c/u – GEN. DIESEL DE 120 KW

Fototérmica

Principalmente en el sur del país se ha desarrollado un mercado de termas solares con tecnología propia; también en zonas del norte como Chiclayo, existen piscinas temperadas . También hay pequeñas aplicaciones como invernaderos, secadores solares, etc.



PISCINAS TEMPERADAS EN CHICLAYO



PERÚ

Ministerio de Energía y Minas

Viceministerio de Energía

Dirección General de Electricidad

Nuevos Proyectos Solares:

Primera Subasta RER

Proyecto	Tecnología	En operación	MW	Inversiones Estimadas (MM US\$)
Panamericana	Solar FV	2012	20	87
Majes	Solar FV	2012	20	75
Repartición	Solar FV	2012	20	75
Tacna	Solar FV	2012	20	85
Total			80	322



Segunda Subasta RER

Proyecto	Tecnología	En operación	MW	Inversiones Estimadas (MM US\$)
Moquegua	Solar FV	2014	16	68
Total			16	68

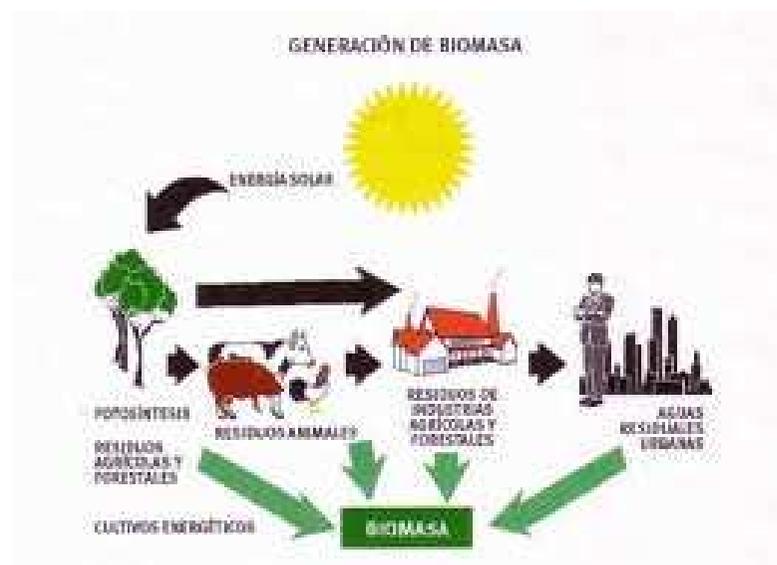
	Precio mínimo	Precio máximo	Precio promedio ponderado	Precio Tope fijado por OSINERGMIN
Biomasa Res. Agroindustriales (US\$/MWh)	69,50	69,50	69,50	65,00
Biomasa con Res. Urbanos (US\$/MWh)	99,99	99,99	99,99	No revelado
Eólica (US\$/MWh)	69,00	91,60	75,42	No revelado
Solar (US\$/MWh)	119,90	297,00	186,27	No revelado
Hidroeléctricas (US\$/MWh)	47,40	69,50	55,61	No revelado
Total Precio promedio ponderado ofertado (US\$/MWh)			77,79	

Biomasa:

Como en muchos países en vías de desarrollo, la leña representa una parte importante en el balance de energía del Perú: más de 20 % de la energía primaria corresponde a leña y bosta, usado básicamente para cocción. La leña ocupa el tercer lugar de consumo final total.

El uso técnico de la biomasa como fuente de energía se da en distintas formas:

- Biomasa para producción de calor.
- Biodigestores para producción de gas.
- Biocombustibles.



Potencial Biomasa:

El potencial de la biomasa en el Perú aún no ha sido plenamente estudiado, básicamente los proyectos actuales han surgido de la identificación por parte principalmente de la industria, de las potencialidades de la biomasa derivada de sus procesos productivos, sobre todo para la producción de calor y/o electricidad. Su desarrollo más difundido es mediante el uso de biodigestores.



Principales estudios realizados:

Trabajos que se realizan en las Universidades, estudiando el potencial de diferentes plantas oleaginosas y diferentes tecnologías disponibles y proyectos con aceites comestibles, prensado en fría, de girasol en la costa, piñones en la sierra y palmera de aceite en la selva, usados directamente en motores de Diesel modificados, para el transporte (proyecto piloto en Lima) y la generación de electricidad (en una comunidad de la selva)..



Potencial Biomasa: Experiencias

Biodigestores

En el Perú existen 106 biodigestores con predominio de los modelos artesanales chinos, usados principalmente para la generación de gas, el cual es quemado para la generación de calor. Existen biodigestores industriales en empresas avícolas utilizados para la producción de calor.

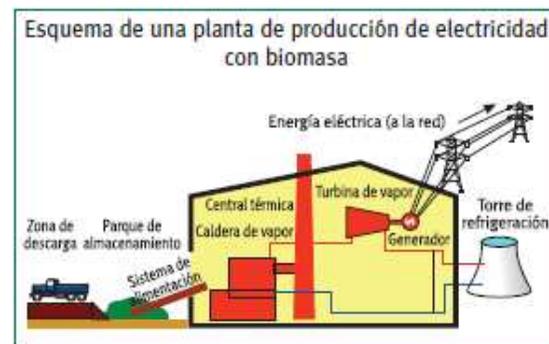
Biomasa

En el Perú se encuentra en operación la CT. Paramonga de la empresa AIPSA, la cual tiene una potencia instalada de 23 MW, y utiliza como combustible la quema del bagazo de caña obtenido del proceso de producción de azúcar; el calor generado sirve para producir vapor el cual provee de fuerza motriz para la generación de electricidad a través de una turbina a vapor.

Biocombustibles

Proyecto Agroindustrial Caña Brava, donde se cultiva caña de azúcar para la producción de etanol, su planta se encuentra ubicada en Sullana – Piura.

La planta, con las siete mil hectáreas de caña de azúcar, puede producir 350 mil litros de etanol diarios y retroalimentarse de energía aprovechando la caña cortada, la cual puede generar hasta 12 MW de electricidad.





PERÚ

Ministerio de Energía y Minas

Viceministerio de Energía

Dirección General de Electricidad

Nuevos Proyectos de Biomasa:

Primera Subasta RER

Proyecto	Tecnología	En operación	MW	Inversiones Estimadas (MM US\$)
Paramonga	Biomasa con R.A.	2010	23	9.3
Huaycoloro	Biomasa con R.U.	2011	4.4	9.2
Total			27.4	18.5

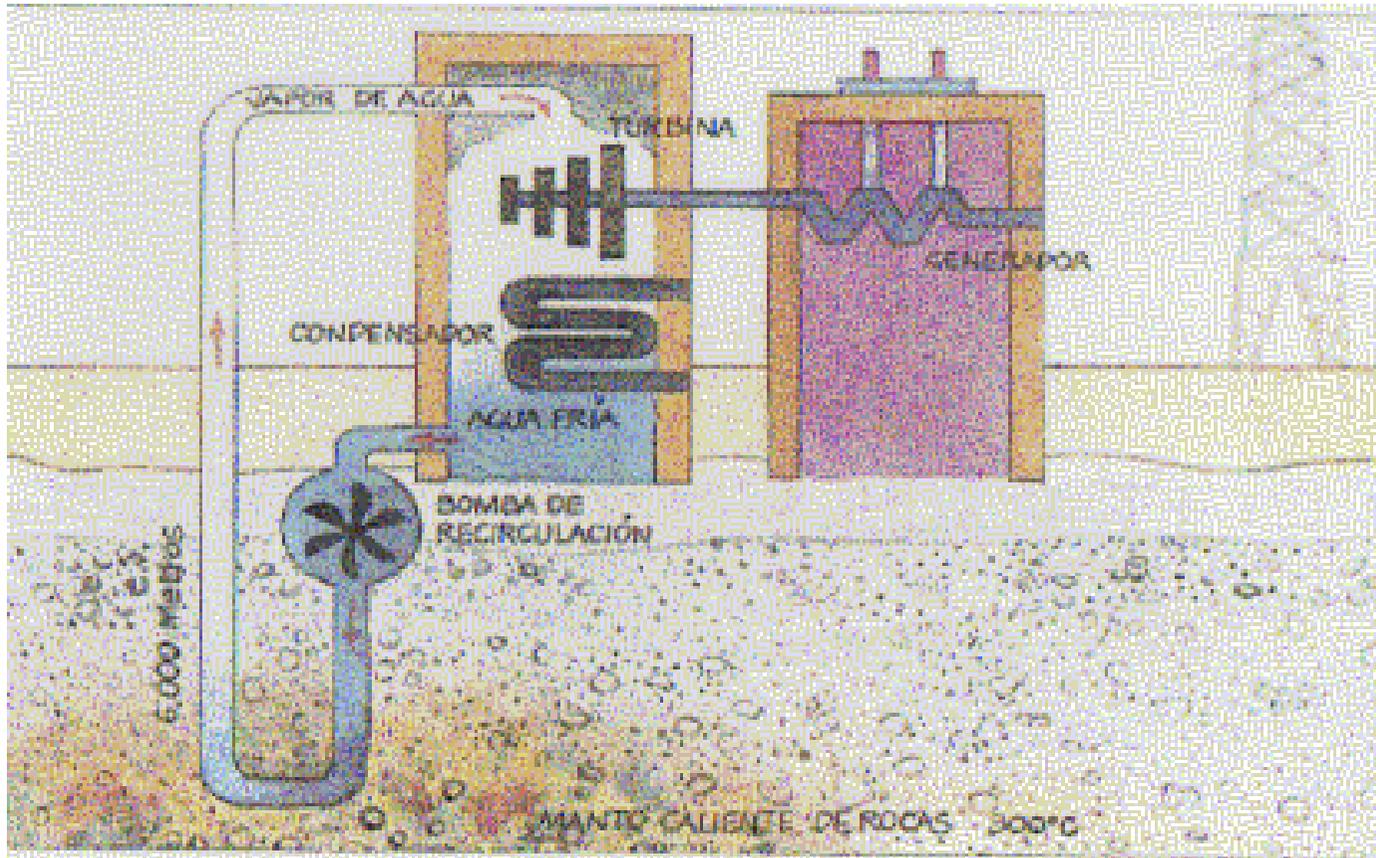


Segunda Subasta RER

Proyecto	Tecnología	En operación	MW	Inversiones Estimadas (MM US\$)
La Gringa V	Biomasa con R.U.	2014	2	4.2
Total			2	4.2

	Precio mínimo	Precio máximo	Precio promedio ponderado	Precio Tope fijado por OSINERGMIN
Biomasa Res. Agroindustriales (US\$/MWh)	69,50	69,50	69,50	65,00
Biomasa con Res. Urbanos (US\$/MWh)	99,99	99,99	99,99	No revelado
Eólica (US\$/MWh)	69,00	91,60	75,42	No revelado
Solar (US\$/MWh)	119,90	297,00	186,27	No revelado
Hidroeléctricas (US\$/MWh)	47,40	69,50	55,61	No revelado
Total Precio promedio ponderado ofertado (US\$/MWh)			77,79	

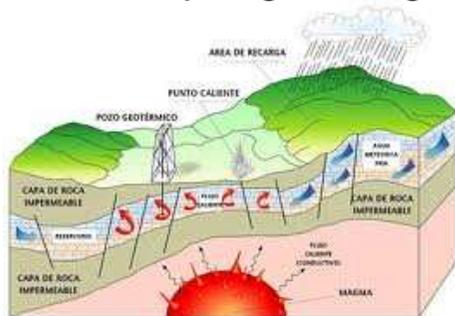
Energía geotérmica



Energía Geotérmica:

El calor es una forma de energía y la energía geotérmica es el calor contenido en el interior de la Tierra que puede o podría ser recuperado y explotado por el hombre.

Desde la década de los 70 se han realizado en el Perú diversos trabajos de exploración del potencial geotérmico, identificando varias zonas potencialmente interesantes, especialmente en el sur (Moquegua y Tacna). En el país se han reconocido más de doscientas vertientes de agua caliente, así como fumarolas y algunos geysers.



Potencial Geotérmico:

Información base:

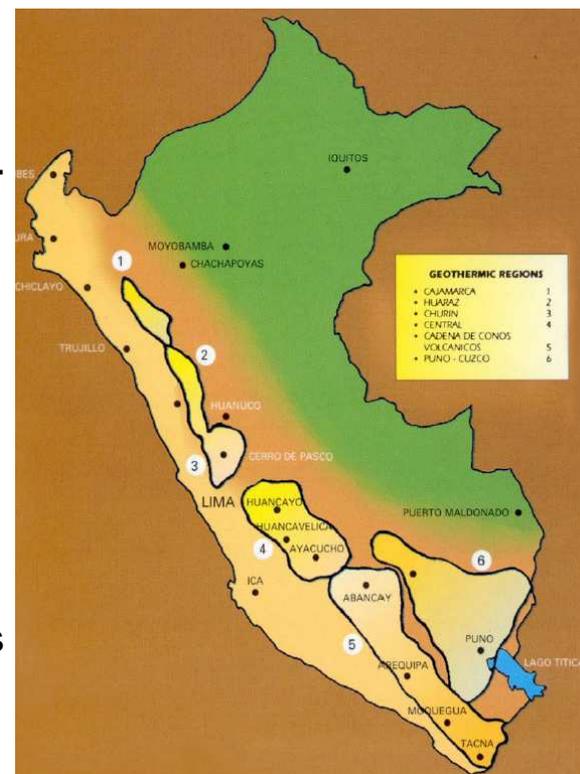
INGEMMET inventario y reconocimiento geotérmico .
ELECTROPERU investigaciones en algunas zonas del país.

Principales estudios realizados:

-**INGEMMET, 1978:** Elaboró un inventario y agrupación geográfica definiendo regiones geotermales.

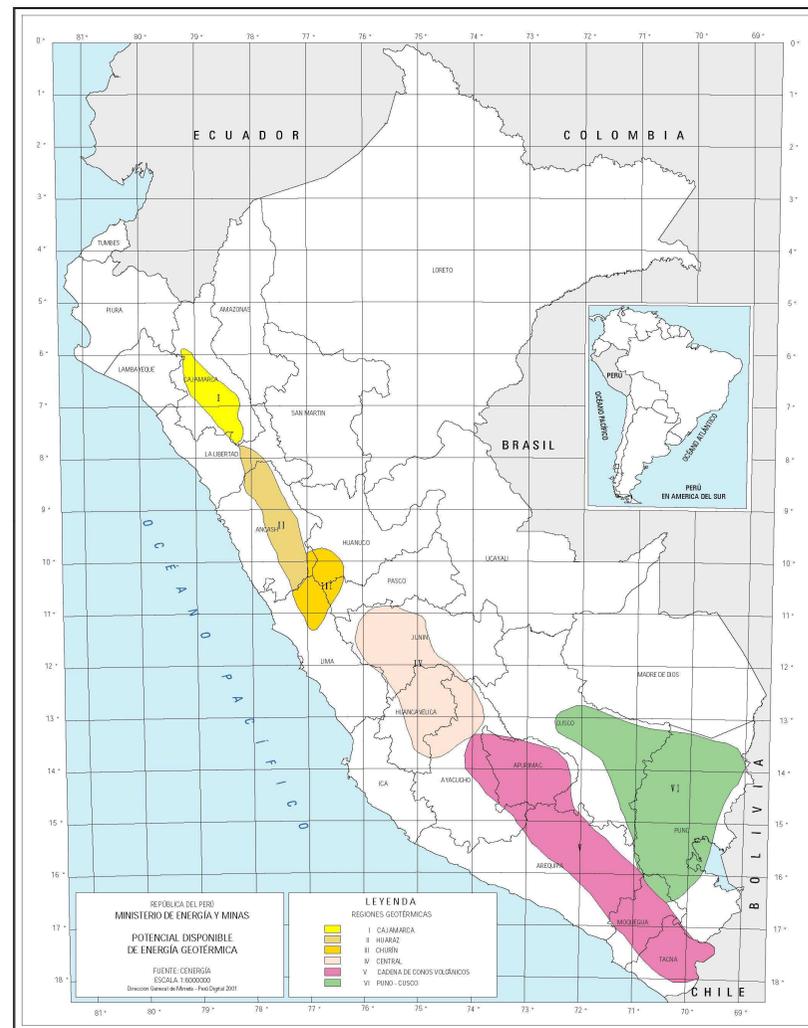
-**INGEMMET y AQUATER de Italia, 1980:** Estudio identificando las áreas de interés.

-**ELECTROPERU y la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), 1986:** investigaciones geoquímicas en la Región V, entre Tacna y Moquegua.



Potencial Geotérmico:

Mayor potencial en la Zona Sur
sobre todo en Puno y Cusco



PROSPECTO TUTUPACA CALACOA (MOQUEGUA)

Manantiales de agua termales 54°C -87°C y presencia de geysers y fumarolas.

Tipo de aguas : Cloruradas sódicas

Geotermometría: SiO₂ : 110°C-160°C

Na/K : 180°C-190°C

Presencia de domos, volcán Ticsani (apagado)
190000 años.

TUTUPACA (TACNA – MOQUEGUA)

Manantiales de agua termales 40°C -87°C y presencia de geysers.

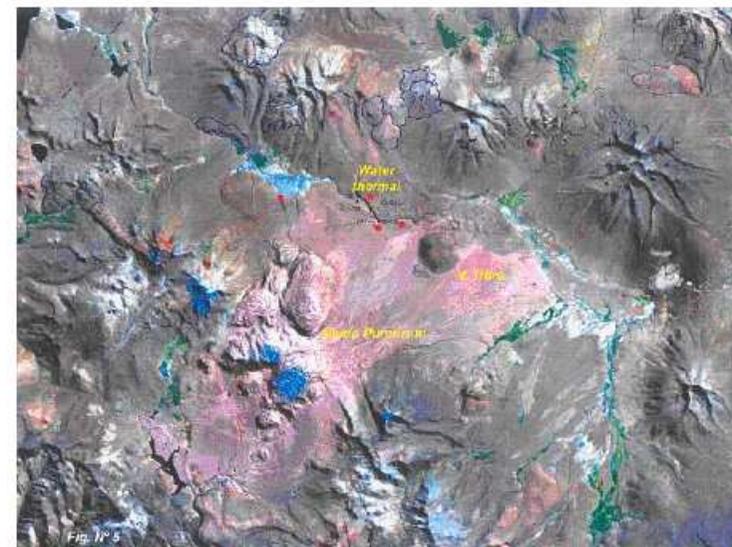
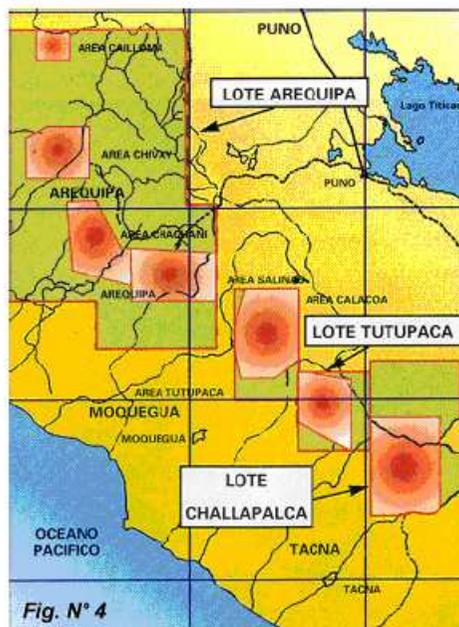
Tipo de aguas : Sulfato sódicas y cálcicas

Geotermometría: SiO₂ : 180°C

Na/K : 240°C

Presencia de domos dacíticos y fumarolas lo relacionan con una actividad freato-magmática.
Ubicado entre volcanes Tutupaca y Yuramane (apagado).





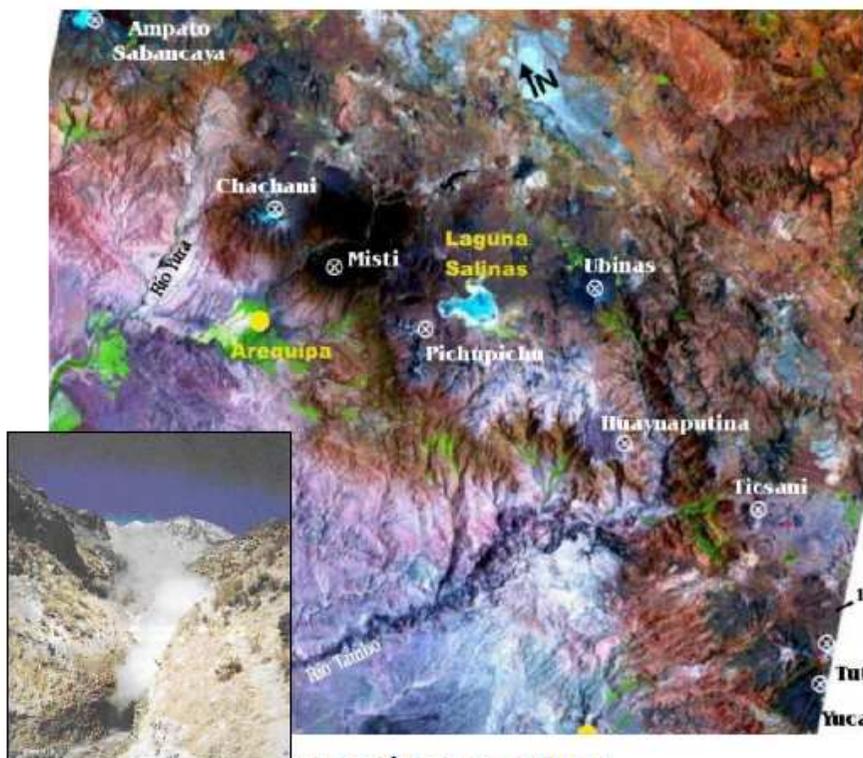
PROSPECTO CHALLAPALCA (TACNA-PUNO)

Manantiales de agua termales 50°C -87°C

Tipo de aguas : Clorurada sódicas y bóricas

Geotermometría: SiO₂ : 192°C
 Na/K : 182°C -232°C
 Na/K/Ca : 184°C -212°C
 Na/K/Ca/Mg ; 44°C -179°C
 Na/Li : 204°C -240°C
 K/Mg : 87°C -183°C

Presencia de domos (domos Purupurini), ponen en evidencia una fuente geotermal poco profunda. Se estima que la actividad volcánica cesó hace 100 000 años.



REGIÓN AREQUIPA

Laguna Salinas-Chivay

Manantiales de agua termales 45°C a 50°C en Calera y de 60°C a 70 °C en Chivay, además presencia de geysers ..

Tipo de aguas : Sulfato, clorurada alcalina.

Geotermometría: En Chivay SiO2 : 170°C

En Salinas Na/K : 190°C

Presencia de domos apagados indican presencia de cámaras magmáticas poco profundas. La actividad volcánica lávica se estima cesó hace 100 000 años.



REGIONES NORTE y CENTRO

La Gramma

Tipo de aguas : Clorurada sódicas y bicarbonato cálcico

Geotermometría: SiO2 : 210°C
Na/K : 200°C
Na/K/Ca ; 180°C

Callejón de Huaylas

Tipo de aguas : Clorurada sódicas y bicarbonato cálcico

Geotermometría: SiO2 : 190°C
Na/K : 200°C
Na/K/Ca ; 180°C

Potencial Geotérmico:

II. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos del Estudio son:

1. Formular un plan maestro que indique el roadmap (la Hoja de Ruta) del desarrollo de la energía geotérmica en el Perú.
2. Recopilar la información del recurso geotérmico preparando una base de datos sobre dicho recurso para la evaluación de su potencial, evaluación económica, así como la planificación de su óptimo desarrollo para la generación de electricidad y de otras aplicaciones múltiples.
3. Transferir las habilidades y conocimientos técnicos al personal de la contraparte.



III. PRODUCTOS DEL ESTUDIO

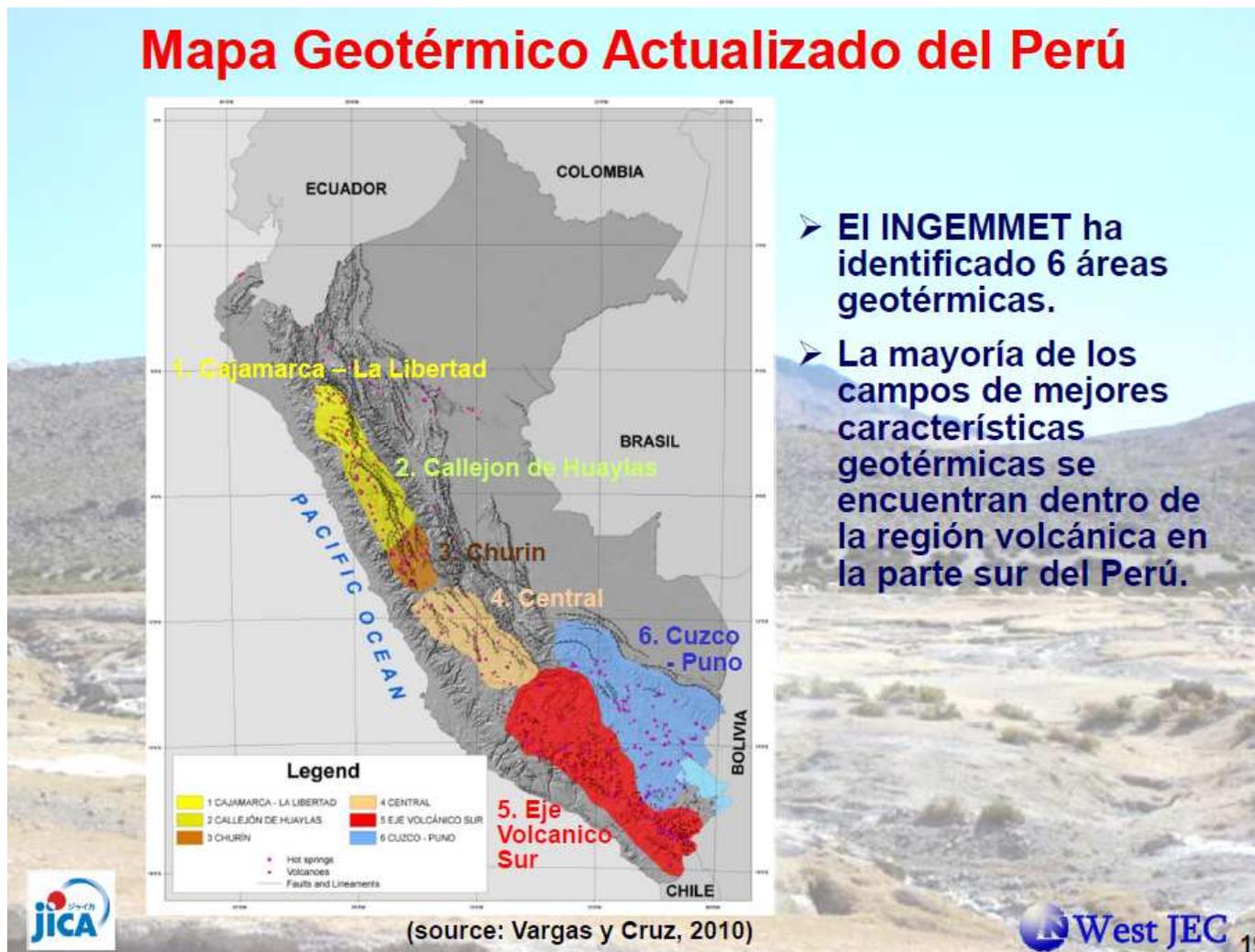
Los principales productos del Estudio son:

1. Un plan maestro para el desarrollo de la energía geotérmica en el Perú
2. Una base de datos sobre el recurso geotérmico



Potencial Geotérmico:

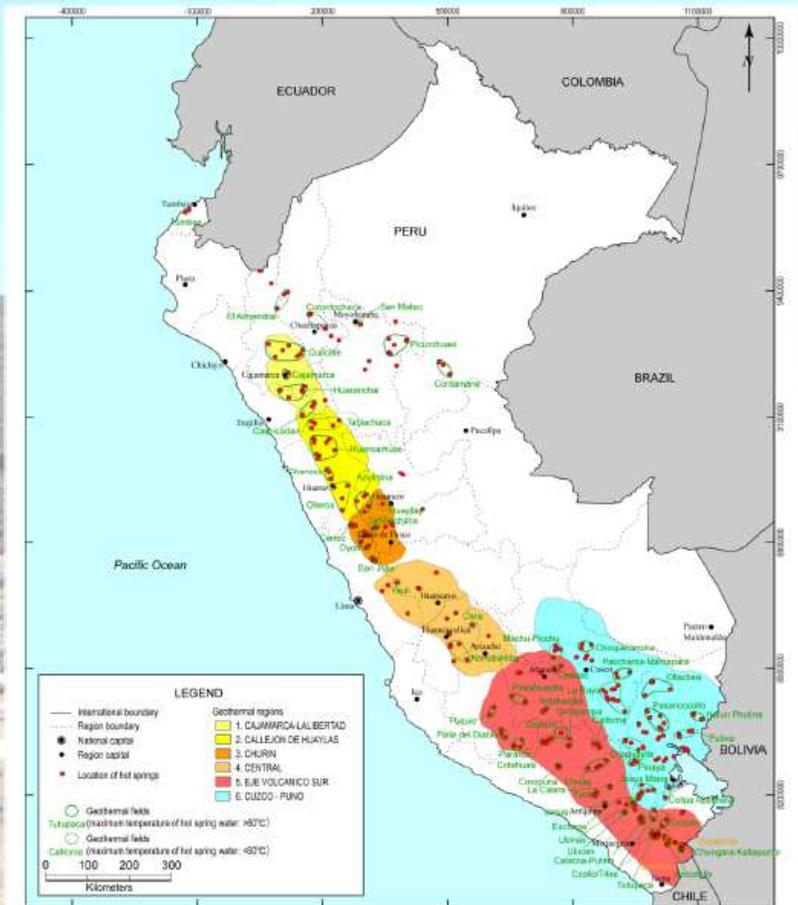
Mapa Geotérmico Actualizado del Perú



- **EI INGEMMET** ha identificado 6 áreas geotérmicas.
- La mayoría de los campos de mejores características geotérmicas se encuentran dentro de la región volcánica en la parte sur del Perú.

Potencial Geotérmico:

Limitación de los Campos Geotérmicos



Se listaron 61 campos geotérmicos basados en la distribución de manantiales calientes y otras manifestaciones hidrotermales .

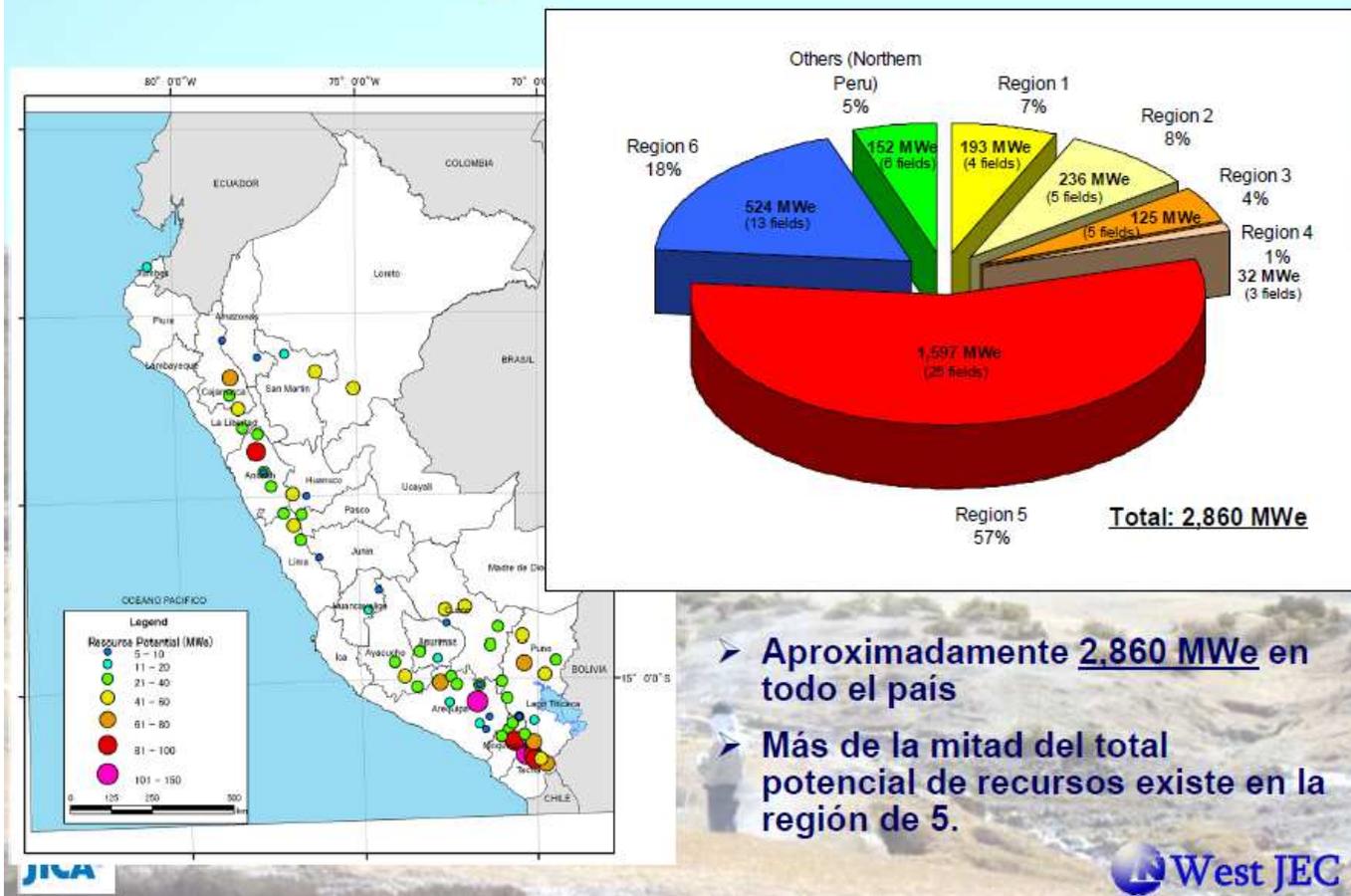


Source: Vergara and Cruz (2010). Simplified MAPA DE REGIONES GEOTERMICAS DEL PERU (INGEMMET)



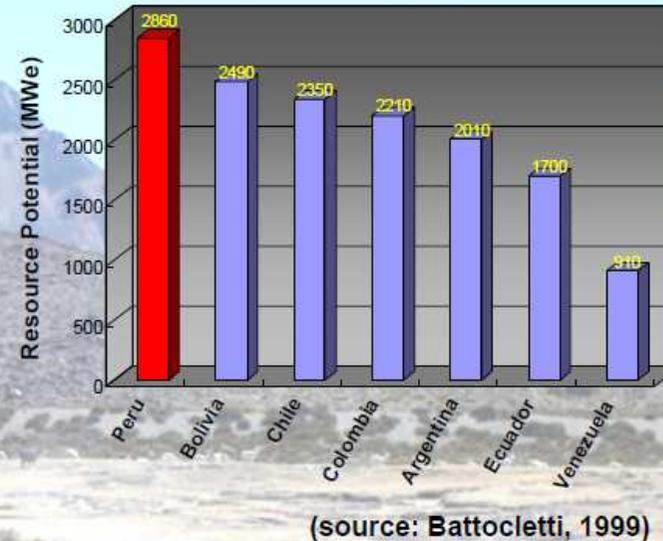
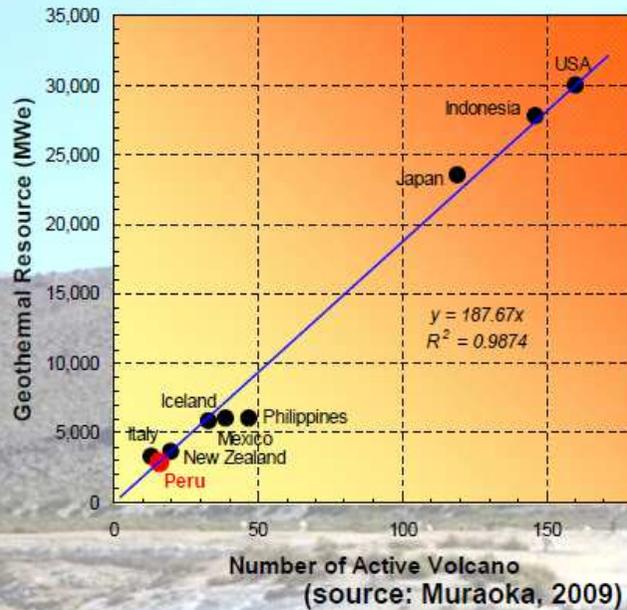
Potencial Geotérmico:

Potencial Geotérmico de Generación de Energía Eléctrica en el Perú



Potencial Geotérmico:

Comparación Potencial con Otros Países



- El potencial geotérmico en el Perú es comparable al de Italia y Nueva Zelanda.
- Perú es el número uno en América del Sur.



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

Energía Hidroeléctrica:

El Perú cuenta con cuencas hidrográficas cuyas aguas son factibles para ser usadas en generación eléctrica, así mismo, países como Brasil se encuentran interesados en desarrollar proyectos.

La energía hidroeléctrica es una fuente probada utilizada principalmente para la generación de electricidad.

En el caso de generación con RER con centrales hidroeléctricas, estas deben ser menores a 20 MW, para



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

Potencial Hidroeléctrico:

Información base:

ELECTROPERU información sobre cuencas a nivel nacional.

Principales estudios realizados:

La magnitud del potencial hidroenergético peruano se estableció mediante el estudio emprendido en los primeros años de la década del 80' por el MEM, Electroperú y la Misión Alemana de Cooperación Técnica, el cual calculó un potencial de 58 GW.

En base a este estudio ELECTROPERU realizaba planes de expansión de la generación hidroeléctrica del país; asimismo, este documento sirve como catálogo referencias de proyectos de generación hidroeléctrica.

Potencial Hidroeléctrico del Perú según el Estudio realizado por la Misión Alemana de 1973 a 1979

58 937 MW

(aprox 11 veces de lo actualmente instalado)

385 118 GWh

(aprox 14 veces de lo actualmente instalado)

328 proyectos identificados

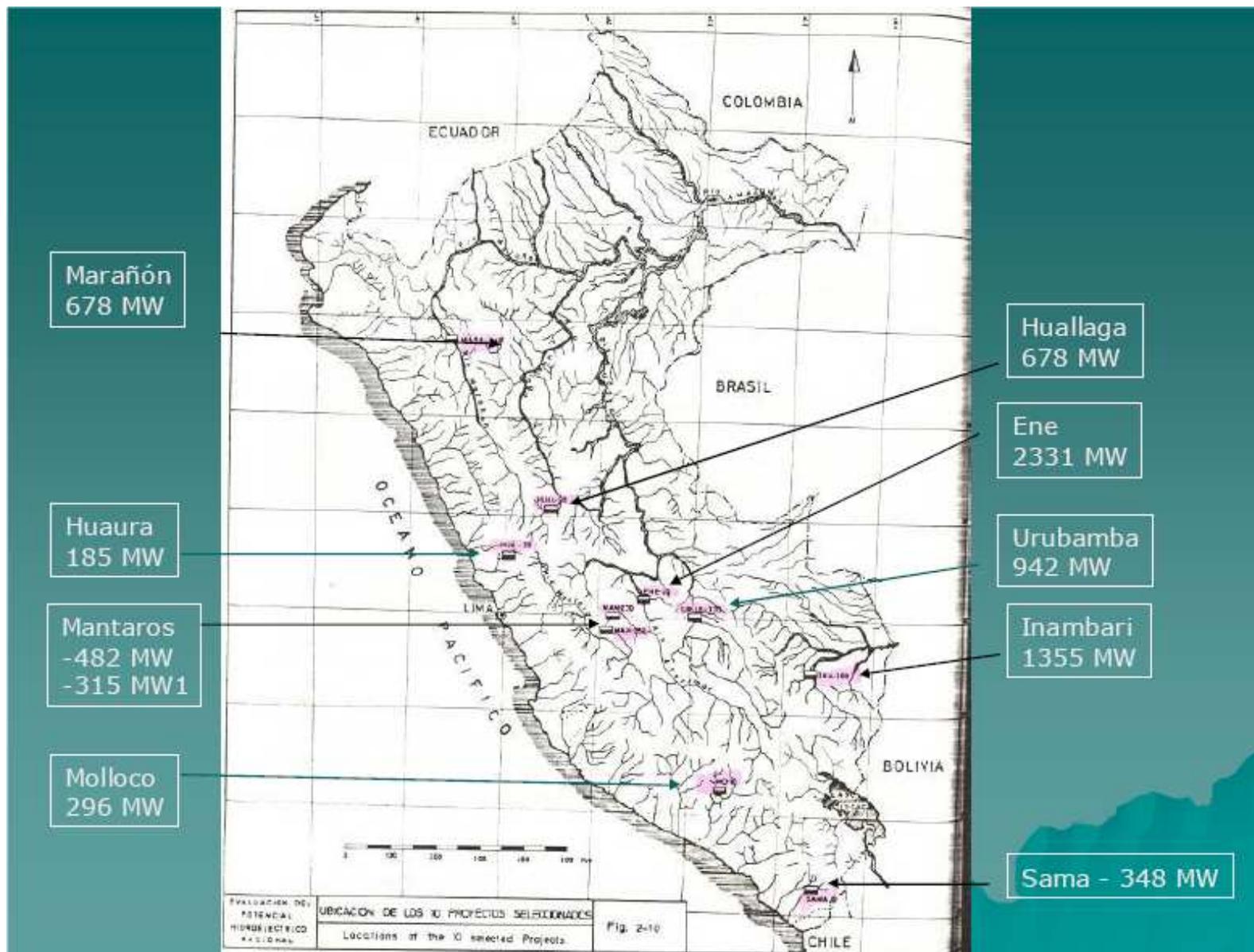


PERÚ

Ministerio de Energía y Minas

Viceministerio de Energía

Dirección General de Electricidad





PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

Potencial Hidroeléctrico:

Principales estudios realizados (cont.):

MEM – Halcrow Group, 2011: EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL POTENCIAL HIDROELÉCTRICO
- HIDROGIS

El objetivo central del estudio ha sido disponer de una evaluación preliminar del Potencial Hidroeléctrico Teórico del Perú, para el rango de 1 a 100 MW.

Como parte de dicho estudio se elaboró el:
ATLAS DEL POTENCIAL HIDROELÉCTRICO DEL PERÚ

Potenciales Proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico		
Departamento	Cantidad	Potencial Técnico(MW)
AMAZONAS	1	135.4481
ANCASH	2	28.0224
APURIMAC	2	4.2248
AREQUIPA	12	281.0349
AYACUCHO	6	47.7576
CAJAMARCA	3	143.8108
CUSCO	38	625.1396
HUANCAVELICA	2	21.4075
HUANUCO	2	105.1170
JUNIN	4	21.3608
LA LIBERTAD	3	92.8328
LIMA	2	20.5914
PASCO	2	55.7871
PUNO	20	529.4634
UCAYALI	1	33.4420
Total	100	2145.4402



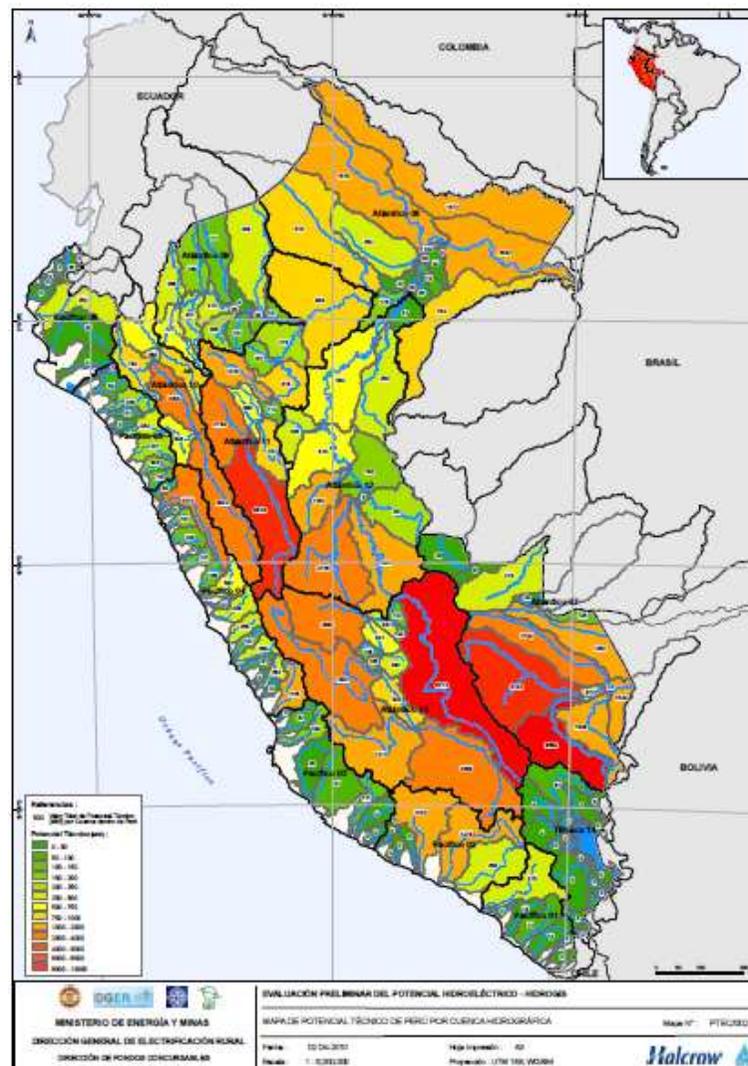
PERÚ

Ministerio de Energía y Minas

Viceministerio de Energía

Dirección General de Electricidad

-MEM – Halcrow Group, 2011: ATLAS DEL POTENCIAL HIDROELÉCTRICO DEL PERÚ





PERÚ

Ministerio de Energía y Minas

Viceministerio de Energía

Dirección General de Electricidad



Potenciales Proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico		
Región Hidrológica	Cantidad	Potencial Técnico (MW)
Pacífico 02	17	322.5546
Pacífico 04	5	65.3892
Pacífico 07	46	1066.7300
Atlántico 10	6	355.3163
Atlántico 11	1	91.9921
Atlántico 12	4	102.3540
Atlántico 13	21	141.1040
Total	100	2145.4402

Tabla 12. Clasificación de los 100 mejores proyectos por Región Hidrológica



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

Potencial Hidroeléctrico:

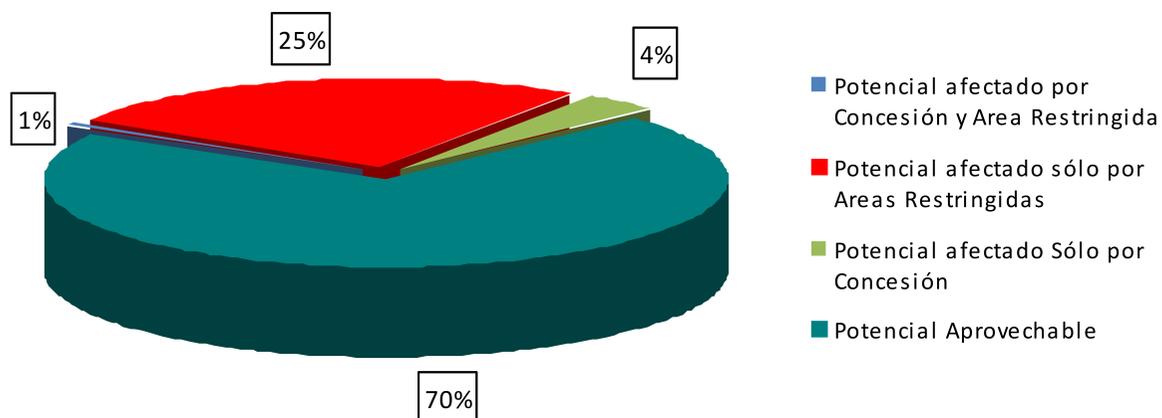
MEM – Halcrow Group, 2011: **EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL POTENCIAL HIDROELÉCTRICO - HIDROGIS**

Logros de los avances del estudio:

- Ha posibilitado la obtención del Potencial Hidroeléctrico Teórico y Técnico del Perú, sobre una plataforma SIG, que permite su apreciación territorial bajo diversas formas de organización de la información.
- La plataforma SIG elaborada ha permitido establecer las capas temáticas necesarias para reproducir características físicas y socioeconómicas de interés de las cuencas, abarcando: topografía, red hidrográfica, población, áreas naturales protegidas, áreas de concesión hidroeléctrica, etc.
- Se han desarrollado sistemas de planillas de cálculo que permiten obtener el Potencial Hidroeléctrico Teórico y Técnico para cada punto evaluado de cada cuenca estudiada.
- Se han implementado los mapas que presentan los resultados obtenidos para los potenciales Teórico y Técnico, a nivel nacional, regional y por cuenca, incorporando además el índice Costo Beneficio con el que se pondera la factibilidad del aprovechamiento.

Potencial Hidroeléctrico:

Potencial Hidroeléctrico Técnico del Perú



Vertiente	$P_{TÉCNICO}$ (PT)	$P_{TÉCNICO}(PTec)$ de PERÚ	$PTec$ Concesión y Area Restringida	$PTec$ Sólo Areas Restringidas	$Ptec$ Sólo Concesionado	$PTec$ Aprovechable
[-]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]
PACÍFICO	11738	11402	174.60	1574	922	8731
ATLÁNTICO	102968	86971	360.61	23244	2740	60627
TITICACA	110	87	0.00	0	0	87
TOTALES	114817	98460	535	24818	3663	69445

Siendo el potencial aprovechable un valor que excluye a áreas restringidas y concesiones ya otorgadas, el potencial técnico aprovechable resulta ser 69 445 MW.

Energía hidráulica de pequeña escala



- **Sólo se considera renovables RER a las mini centrales por tener prácticamente un nulo impacto medioambiental.**



Energía hidráulica de pequeña escala

- Menor a 20 MW de potencia.
 - Similares costos de anteproyecto a los de centrales mas grandes.
 - Altos costos de interconexión y transformación.
 - Barreras por propiedad de predios: falta de títulos y dificultad para imponer servidumbres.
 - Licencias municipales engorrosas.





PERÚ

Ministerio
de Energía y MinasViceministerio
de EnergíaDirección
General de Electricidad

Potencial Hidroeléctrico:

Lista de Proyectos Hidroeléctricos Mini/micro

Project Name	Location			Beneficiary		Installed Capacity (kW)	Discharge (m ³ /s)	Head (m)	Length of Primary Lines (km)
	Region	Province	District	Number of Villages	Number of Households				
1 P.C.H Cachiyacu	Amazonas	Condorcanqui	Santa Maria de Nieva	17	358	50	0.064	110.00	77.78
2 P.C.H Palcapampa	Arequipa	Caylloma	Syballo	3	166	25	0.035	110.00	42.81
3 P.C.H La Majada	Cajamarca	San Miguel	Calquis	11	420	60	0.085	100.00	29.76
4 P.C.H Quebrada Honda		San Miguel	San Silvestre de Cochán	5	194	30	0.050	100.00	11.50
5 P.C.H Yerba Buena		Cajamarca	Encañada	12	535	80	0.112	125.00	23.67
6 P.C.H Quellouno	Cusco	La Convención	Quellouno	11	198	30	0.020	250.00	26.00
7 P.C.H Sarapampa		La Convención	Vilcabamba	13	426	60	0.090	100.00	28.10
8 P.C.H Yanama		La Convención	Santa Teresa	8	206	30	0.050	100.00	32.60
9 P.C.H Cayay	Huanuco	Huacaybamba	Cochabamba	18	405	60	0.120	70.00	35.30
10 P.C.H Chontabamba		Pachitea	Panao	13	447	65	0.090	110.00	53.00
11 P.C.H Quechuarpata		Dos de mayo	Marias	83	1,432	200	0.260	110.00	68.73
12 P.C.H Lomo Largo	Ica	Ica	San José de Los Molinos	9	142	20	0.030	100.00	22.50
13 P.C.H Poyeni	Junin	Satipo	Río Tambo	8	375	50	0.070	105.00	43.63
14 P.C.H Saureni		Satipo	Mazamari	11	426	60	0.090	100.00	61.60
15 P.C.H Shima		Satipo	Río Tambo	17	561	75	0.130	90.00	105.20
16 P.C.H Huaraday	La Libertad	Viru	Chao	16	534	75	0.060	165.00	57.46
17 P.C.H Marachanca	Lima	Huachochiri	Matucana	10	107	15	0.045	50.00	10.80
18 P.C.H Quiula		Huachochiri	Laraos	6	569	100	0.201	80.00	10.80
19 P.C.H Aichiyacu	Loreto	Alto Amazonas	Barranca	10	190	30	0.085	50.00	68.80
20 P.C.H Balsapuerto		Alto Amazonas	Balsapuerto	14	487	80	0.090	125.00	37.17
21 P.C.H San Antonio		Alto Amazonas	Balsapuerto	37	1,420	200	0.200	150.00	137.70
22 P.C.H Santa Catalina	Ucayali	Sarayacu		43	4,422	620	1.300	110.00	225.70
23 P.C.H Challapampa	Puno	Carabaya	Corani	22	308	45	0.060	110.00	68.31
24 P.C.H Huari Huari		Sandia	Limbaní	22	715	100	0.093	110.00	86.44
25 P.C.H Porotongo	San Martín	Huallaga/Omía	Alto Saposoa	12	329	50	0.133	52.00	32.47
26 P.C.H Selecachi		Mariscal Cáceres	Huicungo	14	214	30	0.045	100.00	16.40
27 P.C.H Quebrada Tahunia		Atalaya	Tahuania	14	386	55	0.070	110.00	62.00
28 P.C.H Río Iparia	Ucayali	Coronel Portillo	Iparia	40	1,948	280	0.770	50.00	217.73
29 P.C.H Shinipo		Atalaya	Raymondi	20	578	80	0.220	50.00	50.80
Total				519	18,498	2,655			

Pre-FS site



PERÚ

Ministerio de Energía y Minas

Viceministerio de Energía

Dirección General de Electricidad

Nuevos Proyectos de Hidroeléctricos:

Primera Subasta RER

Proyecto	Tecnología	En operación	MW	Inversiones Estimadas (MM US\$)
17 centrales	Hidroeléctrica	2013	179.7	212.8
Total			179.7	212.8



Segunda Subasta RER

Proyecto	Tecnología	En operación	MW	Inversiones Estimadas (MM US\$)
7 centrales	Hidroeléctrica	2014	102	120.8
Total			102	120.8

	Precio mínimo	Precio máximo	Precio promedio ponderado	Precio Tope fijado por OSINERGMIN
Biomasa Res. Agroindustriales (US\$/MWh)	69,50	69,50	69,50	65,00
Biomasa con Res. Urbanos (US\$/MWh)	99,99	99,99	99,99	No revelado
Eólica (US\$/MWh)	69,00	91,60	75,42	No revelado
Solar (US\$/MWh)	119,90	297,00	186,27	No revelado
Hidroeléctricas (US\$/MWh)	47,40	69,50	55,61	No revelado
Total Precio promedio ponderado ofertado (US\$/MWh)			77,79	



PERÚ

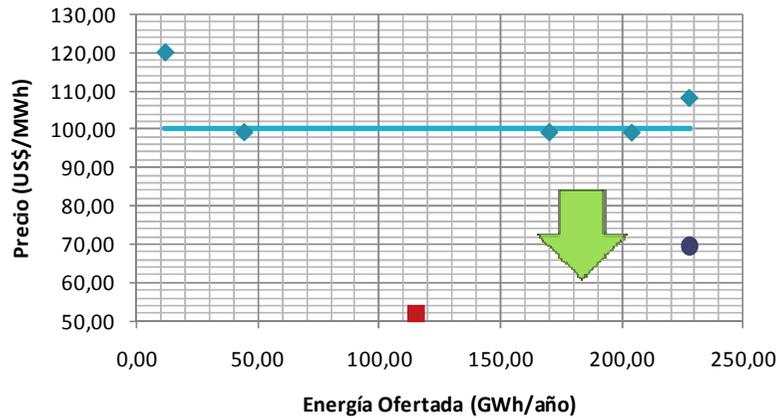
Ministerio de Energía y Minas

Viceministerio de Energía

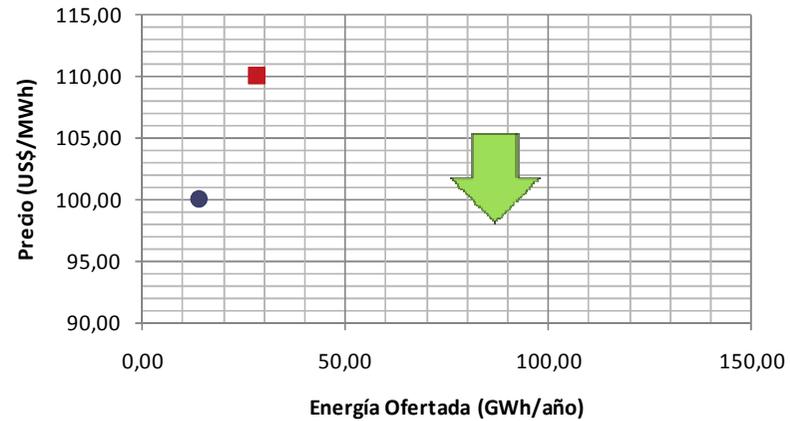
Dirección General de Electricidad

Proyectos RER:

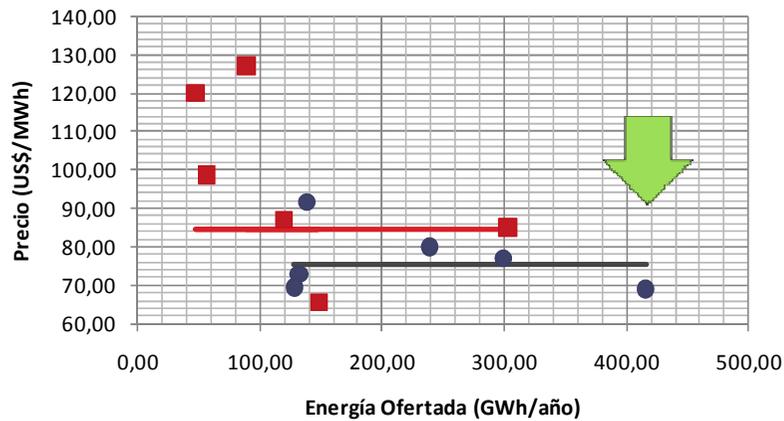
Biomasa Agroindustrial



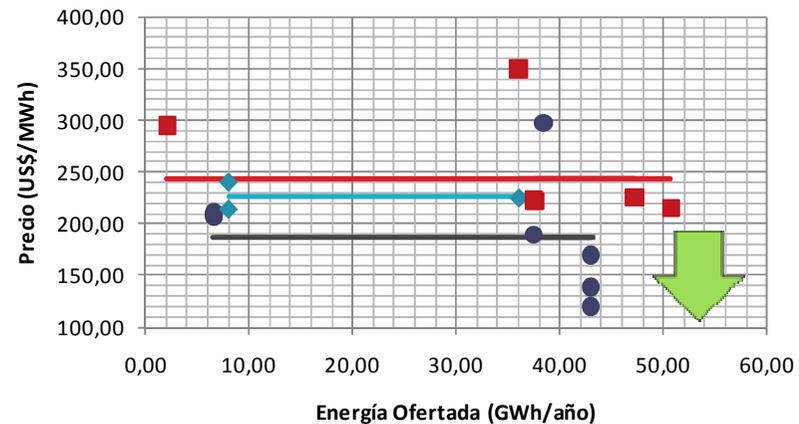
Biomasa Res. Urbano



Eólica

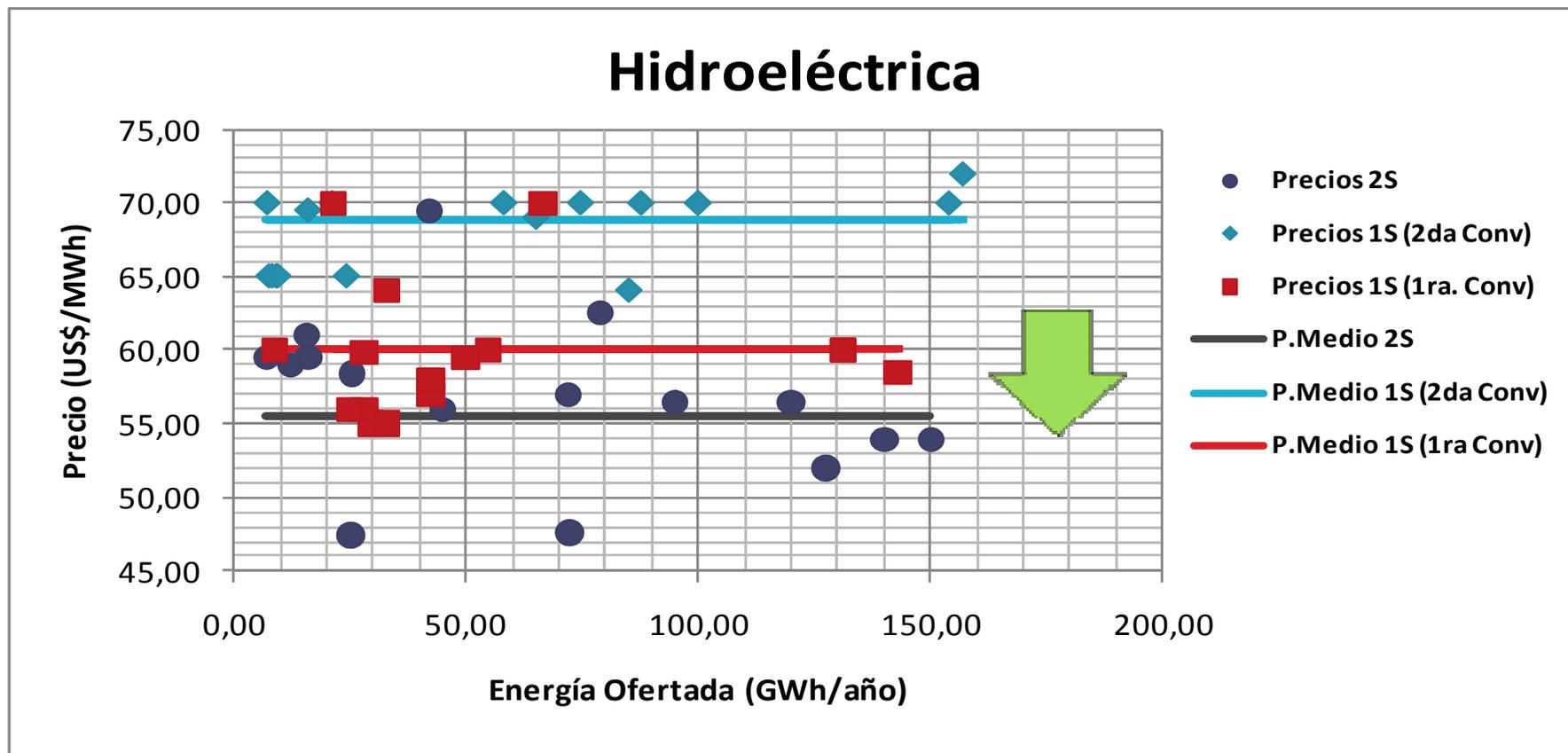


Solar



- Precios 2S
- ◆ Precios 1S (2da Conv)
- Precios 1S (1ra. Conv)
- P.Medio 2S
- P.Medio 1S (2da Conv)
- P.Medio 1S (1ra Conv)

Proyectos RER:



Beneficios comparativos

- Subastas RER hasta por el 5% de la demanda anual. Plazo 20 años.
 - Despacho preferencial: Costo Marginal = cero.
 - A Costo Marginal o Tarifa de adjudicación, el Mayor.
 - Sin obligación de comprar en el sistema cuando no haya producción propia.
- Peajes: Solo los mayores costos incurridos.
- Depreciación acelerada (5 años)
- La energía requerida para la primera subasta corresponde a la asociada a 500 MW con un factor de planta no menor a 0.30



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

Beneficios comparativos

EL PRINCIPAL MECANISMO DE PROMOCIÓN DE LAS RER ESTÁ DADO POR LAS SUBASTAS DE ENERGÍA. COMO RESULTADO DE LA PRIMERA SUBASTA EFECTUADA EL 2010, SE DISPONDRÁ CON 142 MW EÓLICOS. ASIMISMO, COMO RESULTADO DE LA SEGUNDA SUBASTA EFECTUADA EN SETIEMBRE DE 2011 SE AGREGAN 90 MW EÓLICOS. CABE RESALTAR, QUE EN AMBAS SUBASTAS, SE HAN ADJUDICADO TAMBIÉN PROYECTOS RELACIONADOS A PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS (MENORES DE 20 MW), ASÍ COMO CENTRALES EN BASE A GENERACIÓN SOLAR Y BIOMASA.

FINALMENTE, EN EL PERU EXISTEN OPORTUNIDADES DE NEGOCIO EN EL SECTOR DE LA ENERGÍA, EN PARTICULAR EN EL CAMPO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. ESTAS OPORTUNIDADES SE SUSTENTAN EN UN MARCO NORMATIVO Y REGULATORIO CONSOLIDADO, QUE PRETENDE MINIMIZAR ALTOS RIESGOS Y ES PREDICTIBLE.



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

Dirección
General de Electricidad

Muchas gracias

<http://www.minem.gob.pe/>