

**IV Conferencia Latinoamericana de Energía Solar
XVII Simposio Peruano de Energía Solar**

Potencial de Cogeneración a partir de los Residuos Biomásicos de la Caña de Azúcar en el Perú

**Henry Garcia Bustamante
Responsable Técnico
GVEP International**

Cusco

Noviembre 2010

CAÑA DE AZUCAR

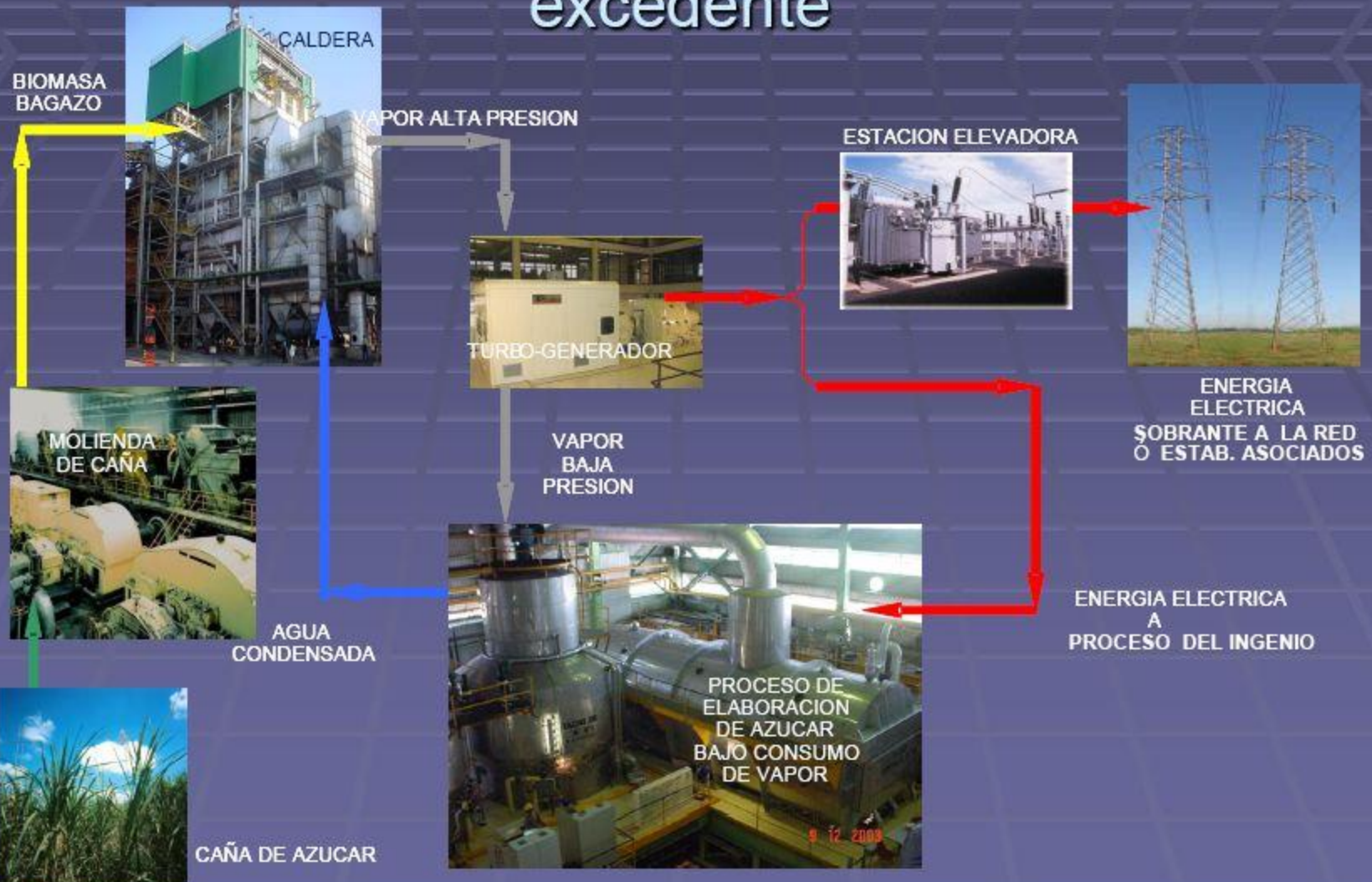
La caña de azúcar es un monocultivo sembrado en su totalidad bajo riego por surcos en la costa de Perú para obtener azúcar. El ciclo de cultivo oscila entre 390-420 días y es posible tener una planta de caña y 3-6 renuevos, antes de que se haga un nuevo laboreo, luego de aproximadamente 7-10 años de la preparación inicial de la tierra y la plantación.

Cerca del 70-75 por ciento del área de caña de azúcar está concentrada en 11 plantaciones. La mayor parte del área adicional es cultivada por numerosos pequeños productores (1-10 ha) y algunos medianos productores (21-100 ha) que procesan su caña en las fábricas de las plantaciones grandes.

Área disponible (ha) para caña de azúcar por región geográfica e índice de aptitud considerando infraestructura de riego existente

Región	Muy adecuada	Adecuada	Moderadamente apta	Marginalmente apta	Muy marginalmente apta	No apta
Selva	4 731 646	387 250	190 430	83 152	158 257	51 410 751
Sierra	446 158	252 476	104 270	70 224	128 995	34 840 981
Costa	219 897	69 584	59 173	41 539	39 808	25 566 330

Sistema típico de cogeneración en ingenios azucareros con generación eléctrica excedente



Ingenios Azucareros 2003 - Potencia Instalada

Empresa	Nombre de la Central	Potencia Instalada, MW	Tipo	Región
Compañía Peruana del Azúcar S.A.	CT Compañía Peruana del Azúcar	3	Interconectado	Ancash
Complejo Agroindustrial Cartavio S.A.	CT ASCOPE	9,8	Aislado	La Libertad
Empresa Agroindustrial Cayalti	CT Turbinas-Planta Fuerza	7,2	Interconectado	Lambayeque
Empresa Agroindustrial Pomalca	CT Pomalca	12,5	Interconectado	Lambayeque
Empresa Agroindustrial Pucalá, S.A.	CT Casa Fuerza-Fábrica	8,5	Interconectado	Lambayeque
Empresa Agroindustrial Tumán, S.A.	CT Tumán	8,4	Aislado	Lambayeque
Empresa Agroindustrial Laredo	CT Laredo	5	Interconectado	La Libertad
Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A.	CT Casa Grande	24,6	Aislado	La Libertad
TOTAL		79		

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

Resultados 1era Convocatoria – 1era Subasta para Generación de Electricidad con FERNC

Tecnología	Precio ofertado (US\$/Mwh)	Potencia a instalar (MW)	Factor de Planta	Energía Ofertada durante el año (Gwh)	Energía Requerida en la Subasta (Gwh)	% Cubierto en la 1era Subasta
Total Biomasa	63,45	27,40	59,57	143,30	813,00	17,6%
Total Eolica	80,35	142,00	45,87	571,00	320,00	178,4%
Total Solar	221,09	80,00	24,68	172,94	181,00	95,5%
Total General	105,06	249,40		887,24	1314,00	67,5%

Proyectos de Generación a partir de Biomasa que se presentaron a la 1era Subasta de Generación con FERNC

Tecnología	Postor	Proyecto	Precio ofertado (US\$/Mwh)	Potencia a instalar (MW)	Factor de Planta	Energía Ofertada durante el año (Gwh)
Biomasa	Petramas S.A.C.	Huaycoloro	110,00	4,40	73,00	28,30
Biomasa	Agroindustrial Paramonga S.A.C.	Central Cogeneracion Paramonga	52,00	23,00	57,00	115,00
Proyectos Adjudicados			63,45	27,40	59,57	143,30
Biomasa	Consorcio de Generación Eléctrica del Norte	Central Térmica Casagrande	99,00	30,00	64,70	170,00
Biomasa	Consorcio de Generación Eléctrica del Norte	Central Térmica San Jacinto	99,00	17,00	29,70	44,20
Biomasa	Consorcio de Generación Eléctrica del Norte	Central Térmica Cartavio	98,90	31,00	75,10	204,00
Biomasa	Maple Biocombustibles S.R.L.	Planta de Biomasa de Maple Biocombustibles	108,00	37,50	88,00	227,76
Biomasa	Empresa de Generación Hidroeléctrica del Chancay S.A.C.	Central Térmica Lambayeque	120,00	1,50	90,00	11,70
Proyectos No Adjudicados			102,46	117,00	70,16	657,66
TOTAL			95,48	144,40	68,27	800,96

Balance de Masa y Energia en Ingenios Azucareros

Metodología basado en el Sugar Handbook – James Chen

Balance de Energía Ingenio Azucarero		
Superficie cosechada caña de azucar	65847	ha
Productividad caña cortada	7 245 783	TM/año
Rendimientos por ha caña cortada	110,0	TM/(ha*año)
Trabajo de la Fabrica	1145	TCH
Residuo Biomásico a partir de la Caña de Azucar		
Bagazo		
Corteza	1 098 823	TM/año
Medula	1 098 823	TM/año
Cogollo y Hojas	2 163 384	TM/año
Cogollo y hojas que se mantienen en el campo	60%	
Dias laborados	264	
Bagazo (%) de la caña	30,33%	
Peso del Bagazo	303,3	Kg/TC
Peso del cogollo y follaje	119,4	Kg/TC
Humedad del bagazo	50%	
Sacarosa en bagazo (%)	2%	
Exceso de aire en los hornos	50%	
Temperatura de gases a la entrada de la chimenea	150	C
Presión de las calderas	42	Kg/cm2 manometrico
Temperatura de sobrecalentamiento del vapor vivo	400	C
Temperatura del agua en el tanque de alimentacion	90	C
Coeficientes del rendimiento de la producción		
α	0,99	
β	0,95	
n	0,95	
Consumo de vapor		
Peso del jugo mezclado por tonelado de caña	1000	kg/TC
Brix del jugo claro	12	
Brix de la meladura	60	
Peso del jugo primario	1100	Kg/TC

Producción de vapor por Ton de caña	1150,2	Kg Vapor / Ton caña cortada
Turbina de Vapor		
Heat rate turbina de vapor	6	Kg Vapor / Kwh
Consumo de vapor en el ingenio		
(1) Motores	Rango (HP/TCH)	
Potencia media total consumida	Mínimo	Máximo
a) Molinos	12	16
b) Otras máquinas		
Fabricas electrificadas	6	8
Fabricas no electrificadas	8	12
Total fabricas electrificadas	18	22
Total fabricas no electrificadas	20	28
Tipo de fabrica	Electrificada	
Consumo nominal (HP/TCH)	20	
Rendimiento promedio de los motores eléctricos	0,85	
Rendimiento medio de las lineas de transmisión	0,97	
Consumo efectivo	24	HP/TCH
Potencia electrica consumida en el ingenio	20,7	Mw
Potencia electrica total factible de instalar	219,5	Mw
Potencia electrica factible de conectarse a la red	198,8	Mw

QUEMA DE CAMPOS DE CAÑA DE AZUCAR



Quema de Plantaciones de Caña



Potencial de Generación de Electricidad a partir de Residuos de la Caña de Azúcar en Ingenios Azucareros y Plantas Alcoholeras

Rubro	Ingenios Azucareros		Plantas Alcoholeras	
	Sin aprovechamiento del Follaje y el Cogollo	Con aprovechamiento del follaje y el cogollo (40%)	Sin aprovechamiento del Follaje y el Cogollo	Con aprovechamiento del follaje y el cogollo (40%)
Cantidad de Hectareas Cosechadas (Ha)	65 847	65 847	23 640	23 640
Rendimiento (Ton caña cortada /(Ha año))	110,04	110,04	149,8	149,8
Productividad Caña cortada (Ton/año)	7 245 783	7 245 783	3 541 272	3 541 272
Potencia electrica consumida en el ingenio (Mwe)	20,7	20,7	10,1	10,1
Potencia electrica total factible de instalar (Mwe)	133,1	219,5	65,1	138,9
Potencia electrica factible de conectarse a la red (Mwe)	112,4	198,8	54,9	128,8
Energía Eléctrica factible de conectarse a la red (Gwh)	711,5	1 258,1	347,7	815,2

Participación de la Biomasa en la Generación con FERNC al 2030

Escenario 2 : Participación por tipos de FERNC

Fuentes	Participación	Prioridad en el Despacho
Energía Eolica	60%	
Energía de la Biomasa		
Ingenios Azucareros	23%	1
Rellenos Sanitarios	1%	
Energía Solar Fotovoltaica	16%	
Total	Asignación Valida	Asignación Valida

Participación de fuente correcta

Evaluación de Cobertura de la Demanda	Demanda Cubierta en todo el periodo
Primer Año en que la Demanda no es cubierta	Demanda Cubierta en todo el periodo

Cobertura del 5 % de la Demanda

Plan de Equipamiento Escenario 2 de Demanda de Electricidad del Plan Referencial de Energía al 2021

Preferencia en la Asignación:

Plan de equipamiento a partir de Cartera de Proyectos Estimados - Cantidad de Centrales	2014	2015	2016	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Energía Eólica													
Marcona	5	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	19,0
Central Eólica Talara													1,0
Central Eólica Cupishnique													1,0
Energía Geotermal													
Central de 50 Mw en Borateras Tacna			1										1,0
Central de 100 Mw en Calientes Tacna			1										1,0
Energía de la Biomasa													
Generación Ingenio Azucarero Paramonga	3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13,0
Generación Relleno Sanitario Huaycoloro	3	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	10,0
Energía Solar													
Panamericana Solar 20TS	17	0	0	0	4	0	4	4	4	0	6	0	40,0
Energía Hidráulica													
Central carhuaquero			1	1									5,0
Central Hidroeléctrica Poechos													1,0
Hidro Chancay			2	2		2		2		2		2	17,0
Pumacana													1,0
Hidro Nuevo Imperial													1,0

Plan de equipamiento a partir de Cartera de Proyectos Estimados - Potencia a Instalarse	2014	2015	2016	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Energía Eólica													
Marcona	160	0	32	32	32	32	32	32	32	64	64	64	608,0
Central Eólica Talara													30,0
Central Eólica Cupishnique													80,0
Energía Geotermal													
Central de 50 Mw en Borateras Tacna			50										50,0
Central de 100 Mw en Calientes Tacna			100										100,0
Energía de la Biomasa													
Generación Ingenio Azucarero Paramonga	74	0	0	25	25	25	25	25	25	25	25	25	318,9
Generación Relleno Sanitario Huaycoloro	13	0	0	4	4	0	4	4	4	0	4	0	44,0
Generación Planta Alcohólera													0,0
Energía Solar													
Panamericana Solar 20TS	340	0	0	0	80	0	80	80	80	0	120	0	800,0
Energía Hidráulica													
Central carhuaquero			10	10									50,0
Central Hidroeléctrica Poechos													10,0
Hidro Chancay			38	38		38		38		38		38	326,4
Pumacana													1,8
Hidro Nuevo Imperial													4,0
Total Potencia a ser instalada (Mw)	586,8	0,0	230,4	109,3	140,9	94,9	140,9	179,3	140,9	126,9	212,9	126,9	2599,8

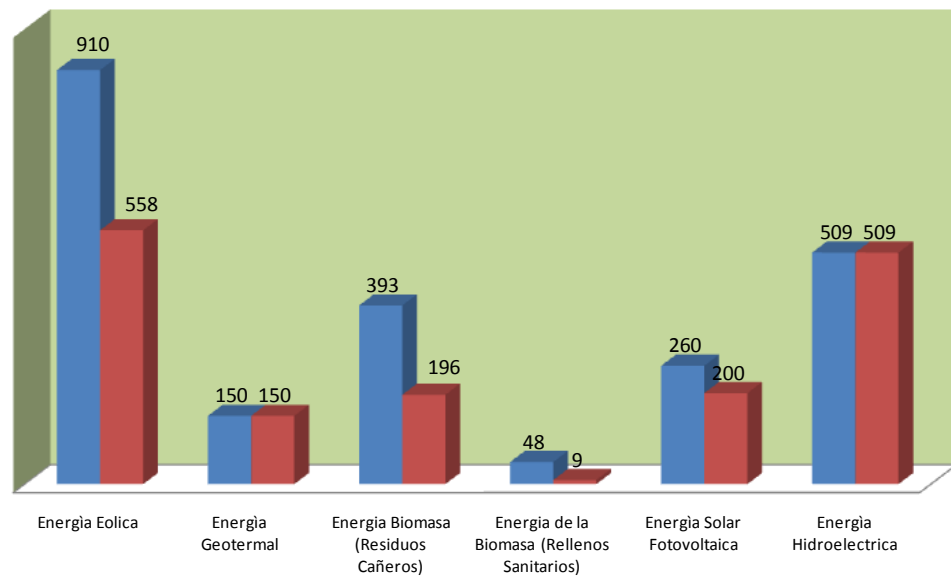
Resultados de los Requerimientos de Plantas de Generación con FERNC

Fuentes	Escenario 2 (2010 - 2030)	Escenario 1 (2010 - 2030)
Energía a ser abastecida (Gwh)	85872,2	63139,8
Energía Eólica		
Potencia Total (Mw)	718,0	494,0
Energía generada (Gwh)	33105,7	26132,0
Inversión Total (MM US\$)	1195,5	841,2
Prima Total (MM US\$)	257,6	222,4
Emisiones Reducidas (10 ⁶ Ton)	18,6	14,7
Energía Geotermal		
Potencia Total (Mw)	150,0	150,0
Energía generada (Gwh)	17410,5	17410,5
Inversión Total (MM US\$)	401,5	401,5
Prima Total (MM US\$)	38,5	38,5
Emisiones Reducidas (10 ⁶ Ton)	8,9	8,9
Energía de la Biomasa		
Potencia Total (Mw)	362,9	213,9
Energía generada (Gwh)	16409,4	10162,8
Inversión Total (MM US\$)	1090,0	619,7
Prima Total (MM US\$)	122,5	89,3
Emisiones Reducidas (10 ⁶ Ton)	7,7	4,8
Energía Solar		
Potencia Total (Mw)	860,0	340,0
Energía generada (Gwh)	17549,1	11082,6
Inversión Total (MM US\$)	1122,0	487,0
Prima Total (MM US\$)	635,2	461,8
Emisiones Reducidas (10 ⁶ Ton)	9,9	6,3
Energía Hidroeléctrica		
Potencia Total (Mw)	508,9	508,9
Energía generada (Gwh)	104763,5	104763,5
Inversión Total (MM US\$)	1253,0	1253,0
Prima Total (MM US\$)	232,7	232,7
Emisiones Reducidas (10 ⁶ Ton)	24,0	24,0
Total de Fuentes		
Energías Renovables no Convencionales (no incluye Hidro)		
Potencia Total (Mw)	2 090,9	1 197,9
Energía generada (Gwh)	84 475	64 788
Inversión Total (MM US\$)	3 809	2 349
Prima Total (MM US\$)	1 054	812
Emisiones Reducidas (10 ⁶ Ton)	45,1	34,6



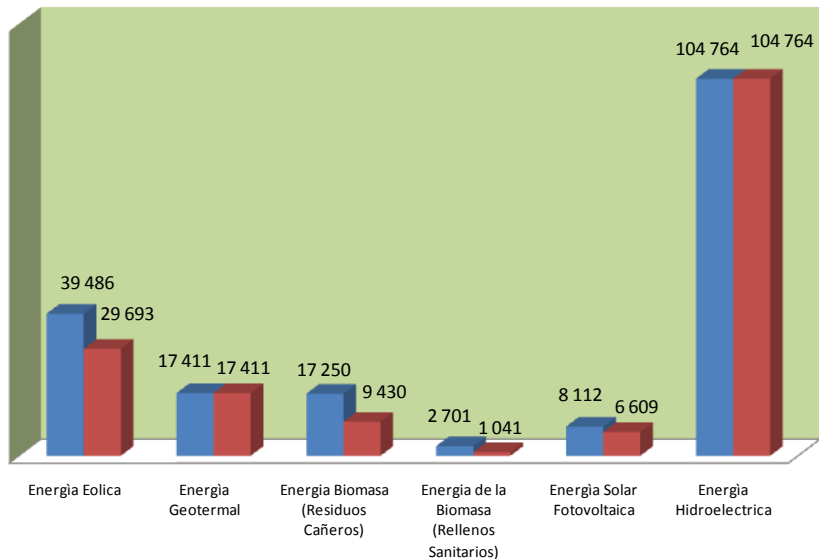
Potencia Total Requerida en el Periodo (Mw)

■ Escenario 2 ■ Escenario 1



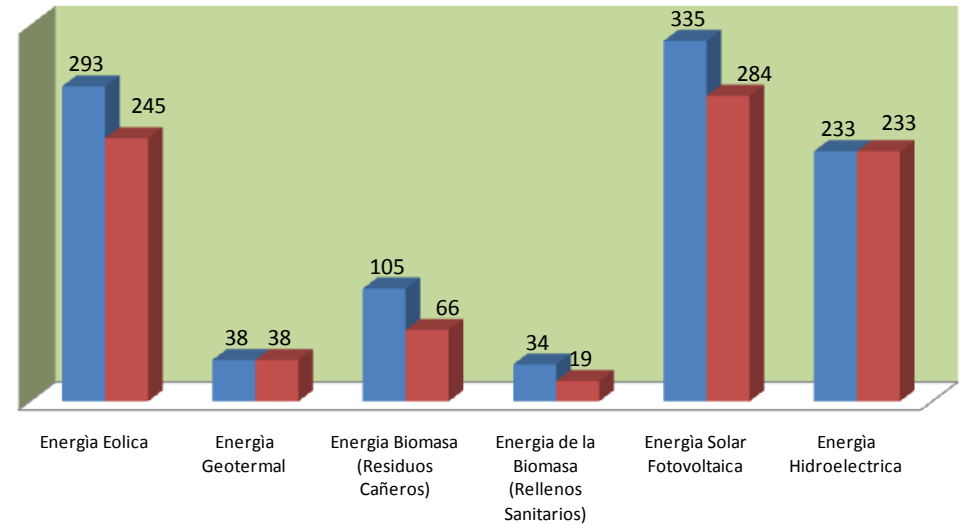
Energía Generada en el Periodo (Gwh)

■ Escenario 2 ■ Escenario 1



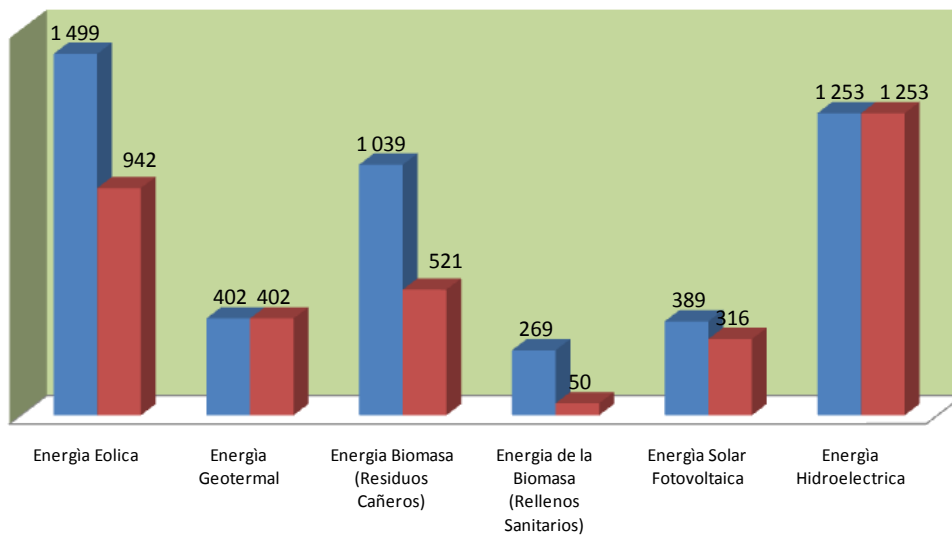
Prima Total Acumulada (MM US\$)

■ Escenario 2 ■ Escenario 1



Inversión Total Requerida (MM US\$)

■ Escenario 2 ■ Escenario 1



CONCLUSIONES

- Se puede apreciar que el potencial existente está entre 198,2 Mwe y 423,1 Mwe en términos de potencia eléctrica y entre 1 059 Gwh y 2 483 Gwh en términos de energía inyectada a la red.
- Para nuevos proyectos, podría ser una mejor opción técnica el utilizar calderas de lecho fluidizado fijo o circulante, las cuales pese a su mayor costo tienen una mayor eficiencia y vida útil que las calderas acuatubulares tradicionales.
- Considerando que el potencial total de generación a partir del bagazo está entre 1059 Gwh y 2 483 Gwh anuales y que en total a esta primera subasta se presentaron un total de 760,96 Gwh a partir del bagazo (lo que corresponde entre 31 % y 72 % del total del potencial existente).
- Desarrollar a futuro esta cartera existente de proyectos para el aprovechamiento en generación de electricidad al sistema interconectado a partir de la biomasa cañera dependerá de las políticas que implementen las empresas de este sector y de lo competitivo que puedan ser sus costos de generación teniendo en cuenta los incentivos que el gobierno ha comprometido en esta subasta.

Gracias

e-mail: henry.garcia@gvepinternational.org

Teléf. 991-211-255

