

ENERGIAS RENOVABLES

Por Jaime Santillana y Julia Salinas de Santillana

(Ing. Químicos (UNI), M.S. in Ch.E. (U - Wisconsin Madison, U - Illinois Urbana
Champaign)

www.ssecoconsulting.com

NOTA INTRODUCTORIA

El presente artículo ha sido tomada del libro texto Ingeniería de Procesos en la Industria del Gas Natural y Condensados, que los autores del blog están próximos a presentar.

ENERGIAS RENOVABLES

Las Energías Renovables se derivan de recursos que están relacionados con los ciclos naturales de nuestro planeta, haciendo posible que dispongamos del recurso de manera permanente. En sus varias formas se derivan directa o indirectamente del sol o es energía generada dentro de la tierra (IEA 2003).

Las energías renovables son la energía eólica (viento), energía Solar, energía Oceánica (olas, marea, térmica), hidroelectricidad, energía geotérmica, energía de la biomasa.

El empleo de las energías renovables conlleva muchas ventajas ya que son amigables al medio ambiente, son infinitas, no producen gases de efecto invernadero, otorgan seguridad energética, contribuyen a un país a reducir la dependencia de las importaciones energéticas, contribuye al desarrollo económico, son fuente de empleo.

En suma el empleo de energías renovables constituye un motor de desarrollo económico y social para los países.

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.

La Figura 1 muestra un panorama general de cómo las energías renovables pueden ayudar a cada país que disponga de ellas a suplir sus necesidades energéticas.

RECURSO	TECNOLOGIA	RECURSOS	APLICACION
SOLAR	Fotovoltaica Térmica Pasiva	Celdas solares Colectores Muros, etc.	Electricidad Calor, electricidad Calor, iluminación
EOLICA	Generación eléctrica Fuerza motriz	Aerogeneradores Aerobombear	Electricidad Fuerza motriz
BIOMASA	Digestión anaeróbica Gasificación Pirólisis Fermentación Alcohólica Esterificación Combustión	Biodigestión Gasificador Pirólisis Destilería Esterificación Hornos, calderas	Biogas combustible Gas combustible Combustible Bioetanol Biodiesel Calor, electricidad
HIDRAULICA	Centrales Hidroeléctricas Mini centrales	Pequeñas centrales Hidráulica Rueda	Electricidad Fuerza motriz
OCEANOS	Mareas Olas Diferencia de temperaturas Corrientes marinas	Barreras, turbinas Flotadores, columnas Aparato focalizador Turbinas, condensadores	Electricidad Electricidad Electricidad Electricidad
GEOTERMIA	Generación eléctrica Usos directos	Plantas energía Aguas termales	Electricidad Calor, recreación

Fig.1.- Energías Renovables

Para entender fácilmente el impacto de las Energías Renovables, tomar en cuenta que la producción diaria de petróleo en el Mundo fue de 91.6 millones de barriles por día calendario; la producción diaria de Estados Unidos, Rusia y Saudi Arabia fue superior a 10 millones de barriles cada uno. Estados Unidos, el mayor consumidor de la tierra, consumió casi 19.4 millones de barriles por día.

Se presenta la Tabla 1. que muestra el consumo conjunto de estas energías renovables en el mundo. Esta Tabla a partir de la data de BP para la energía eólica, solar, geotérmica, biomasa y desechos (waste). Las conversiones se hicieron considerando una eficiencia de conversión eléctrica del 38%.

Tabla 1.7.1.- Consumo de energías renovables (Solar eólica, geotérmica y biomasa)

	MBEPD	2000	2005	2010	2011	2014	2015
1	Estados Unidos	355.2	415.0	789.2	917.5	1,340.8	1,440.8
2	China	14.3	33.4	319.0	475.2	1,042.2	1,259.6
3	Alemania	65.0	194.8	381.1	482.1	649.5	802.3
4	Reino Unido	21.9	54.6	101.0	131.1	267.1	350.0
5	Brasil	35.7	62.2	153.2	158.8	265.4	326.5
6	India	14.9	45.6	144.0	177.3	273.8	311.4
7	España	30.6	112.7	250.7	252.8	322.1	309.3
8	Italia	32.7	63.0	117.5	168.8	282.3	295.1
9	Japón	86.1	129.8	143.9	150.7	233.1	290.8
10	Francia	13.6	22.0	68.4	87.8	130.5	157.9
17	Mexico	29.0	37.1	39.5	41.1	61.2	70.9
28	Chile	4.3	8.2	11.7	22.7	35.7	39.6
35	Argentina	4.0	5.6	9.8	10.0	16.3	17.2
42	Peru	0.7	1.6	3.1	3.1	6.0	7.7
43	Colombia	2.3	2.5	5.2	5.6	6.9	7.2
51	Ecuador	-	0.5	1.1	1.3	2.3	2.5
63	Venezuela	-	-	0.0	0.0	0.1	0.1
	Total Mundo	1,017.3	1,669.9	3,412.5	4,089.2	6,358.1	7,327.2

Se observa que del año 2000 en que el mundo consumió 1.0 millón de barriles equivalentes por día al año 2015 en que se consumió 7.3 millones de barriles por día ha existido un extraordinario aumento en su consumo.

También se observa que los mayores consumidores de las energías renovables son los países desarrollados, siendo Estados Unidos de Norteamérica con 1.4 MBEPDC y la China con 1.25 MBEPDC los mayores consumidores de estas energías renovables.

El Perú con un consumo de 7.7 mil barriles por día calendario se ubicó en el puesto 42. Se observa claramente el efecto que la Ley de los biocombustibles ha tenido en el desarrollo de las energías renovables en el Perú.

Energía solar

La energía solar es aquella obtenida directamente del sol es una Energía renovable y limpia que puede captarse por medio de dispositivos ópticos para transformarse en calor o electricidad. Los dispositivos se denominan equipos fotovoltaicos.

Los dispositivos fotovoltaicos convierten la luz del sol en energía eléctrica para ello la energía radiante es recibida en celda compuesta de un material semiconductor que permite el paso de electrones que se convierten en energía eléctrica. Las celdas se arreglan en módulos y los módulos son dispuestos en arreglos fotovoltaicos. Estos arreglos permiten producir corriente eléctrica continua (DC) en cantidades apreciables. Esta corriente DC pasa luego a un inversor en la que se convierte en corriente alterna (AC). Esta corriente alterna puede ser empleada directamente en un hogar y en ciertos países es posible exportar el excedente de esta corriente a la red pública, tal como se muestra en la Figura 2.

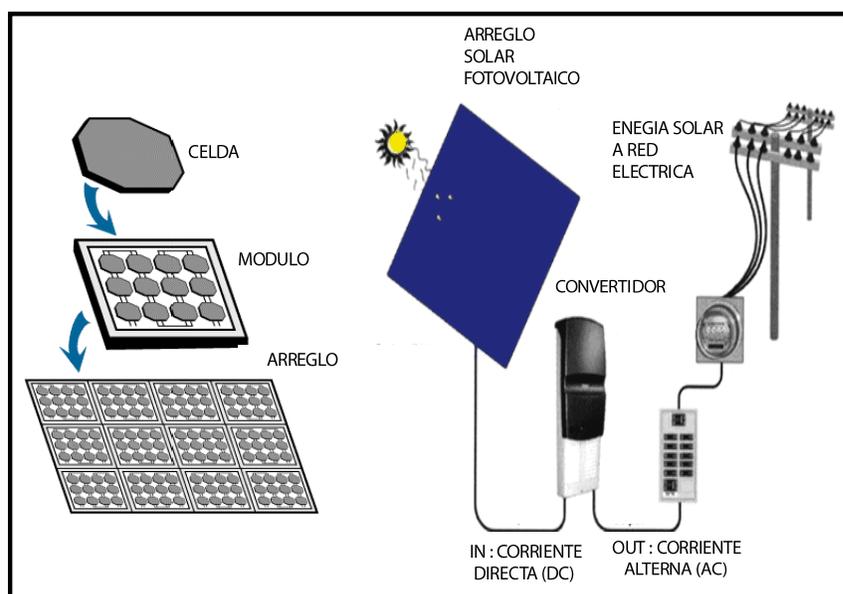


Fig. 2.- Sistema Fotovoltaico

Este tipo de generación eléctrica es neutral al carbón ya que no emplea combustibles fósiles y la energía solar es una energía muy limpia y conceptualmente muy abundante ya que la tierra recibe aproximadamente 120 quadrillon watts de potencia del sol mientras que el hombre emplea sólo 13 trillones watts. Como otras energías limpias tiene la desventaja de ser intermitente ya que solo se puede generar cuando existe radiación solar. Es una energía relativamente costosa en cuanto al costo de conversión de energía, sus costos aún son superiores a 0.20 US\$/ kWh.

El uso de la energía solar se puede clasificar en:

Energía Solar Fotovoltaica (Solar PV).

Concentradores Termosolares (Concentrating Solar Thermal Power CSP)

Calentamiento Térmico y Refrigeración Solar (Solar Thermal Heating and Cooling).

El año 2015 el mercado de energía solar fotovoltaica llegó a 50 GW, para un total estimado de 227 GW. China, Japón y Estados Unidos constituyen el mayor mercado. Alemania produce el 6.4% de su energía eléctrica empleando estas tecnologías solares.

Al año 2015 los concentradores solares incluyen una capacidad de 160 MW en Marruecos, 150 MW en Sud Africa y 110 MW en Estados Unidos. En América del Sur Chile estaba desarrollando un proyecto de 110 MW, Saudi Arabia uno de 100 MW, China de 50 MW y la India uno de 25 MW.

El Calentamiento Solar se continúan desarrollando en China seguido por Turquía, Brasil, India y Estados Unidos: Se estima que la capacidad acumulada de colectores solares de agua llegó a 435 GWth al año 2015; esto permite proveer aproximadamente 357 TWh de calor por año.

Si se expresa el consumo de energía solar en barriles equivalente de petróleo por día calendario se obtiene la tabla 2.

. Tabla 2.- Consumo de Energía Solar en el mundo - MBEPCD

	MMBEPCD	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Estados Unidos	3.40	13.69	21.53	41.07	72.89	124.97	177.24
2	China	0.38	3.19	11.86	28.87	70.33	104.97	178.13
3	Alemania	5.83	53.30	89.06	119.87	140.91	163.84	174.64
4	Japón	6.10	14.92	20.38	27.74	48.65	88.56	140.48
5	Italia	0.14	8.66	49.06	85.71	98.10	101.36	114.54
6	España	0.35	32.28	39.44	54.37	57.66	62.04	63.05
7	Reino Unido	0.04	0.19	1.11	6.14	9.04	18.41	34.34
8	Francia	0.05	2.82	9.44	18.25	21.18	26.63	33.32
9	India	0.08	1.16	2.43	6.14	12.91	19.87	29.99
10	Australia	0.38	4.44	9.29	10.96	17.48	22.50	27.60
20	Chile	-	-	-	0.00	0.04	2.22	6.27
31	Mexico	0.04	0.14	0.14	0.31	0.48	1.00	1.58
34	Peru	-	-	-	0.27	0.89	0.91	1.05
50	Ecuador	0.00	-	0.00	0.00	0.01	0.07	0.16
51	Colombia	-	0.04	0.05	0.07	0.10	0.13	0.15
52	Venezuela	-	0.01	0.01	0.02	0.07	0.09	0.11
54	Brazil	-	-	-	0.00	0.01	0.03	0.09
55	Argentina	0.00	0.00	0.01	0.04	0.07	0.07	0.07
	Mundo	17.92	151.47	290.07	463.13	647.94	866.89	1,149.83

En el Perú, la energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio, 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).

Para evaluar el potencial solar del Perú, se tiene que en la gran mayoría de localidades del Perú, la disponibilidad de la energía solar es bastante uniforme durante todo el año. La radiación solar en el Perú, casi siempre se encuentra dentro de un margen de +/- 20 % del promedio anual y 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 de radiación solar en el Perú está en el rango de 4-5 kWh/m² día en la costa y selva y de 5-6 kWh/m² día, aumentando de norte a sur. Se considera que para el Perú esta es una fuente de energía apropiada para lugares aislados de sierra y selva.

Energía eólica.

La energía eólica se obtiene por medio del viento, mediante la utilización de la energía cinética generada por efecto de corrientes de aire que se convierten en energía mecánica o eléctrica, en las centrales eólicas.

La energía eólica está disponible libremente y está ampliamente distribuida por el mundo. Tiene un enorme potencial, habiéndose estimado que si se pudiera emplear la mitad de la energía eólica disponible podría contribuir con hasta 5 veces el consumo actual de energía del mundo.

Esta energía depende de la potencia del Viento, de la densidad del aire, del área de generada por el barrido de las hélices y de la velocidad del viento. Las centrales eólicas pueden ir desde pequeñas centrales que producen de 250 KW de potencia y que pueden ser instaladas en casa, granjas, escuelas, etc., hasta grandes centrales eólicas con capacidad de generación de 50 MW que pueden producir por año hasta 150 millón kW-hr. Los costos de instalación de estas centrales están en franca caída. La implantación de estas centrales requiere de estudios de medición de viento plurianuales.

La Tabla 3 muestra el consumo de energía eólica en el mundo (en miles de barriles equivalentes de petróleo por día). El consumo se traduce en la producción de energía eléctrica. El consumo global se incrementó de 474 mil barriles por día el año 2005 a casi 4 millones de barriles por día el 2015. La energía eólica es la mayor fuente de nueva capacidad de energía renovable.

El 2015 la generación eólica de electricidad fue la principal fuente de nueva capacidad de generación en Europa y Estados Unidos. A nivel mundial, se añadió 63 GW para un total cercano a 433 GW. El mundo está desarrollando aceleradamente la energía eólica para producir energía eléctrica.

Tabla 3.- Consumo de Energía Eólica expresado (MBEPDC).

	MBEPD	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Estados Unidos	81.8	434.5	551.6	646.4	770.4	833.8	876.4
2	China	8.8	202.8	319.6	436.1	641.6	726.1	841.1
3	Alemania	123.7	171.7	222.1	230.2	235.0	260.6	399.8
4	España	96.6	200.7	192.8	224.8	244.9	237.5	224.0
5	India	27.2	89.3	111.5	136.8	152.6	168.6	188.1
6	Reino Unido	13.2	46.6	71.1	90.1	129.1	145.5	183.8
7	Canada	7.1	39.2	49.7	61.5	75.1	93.7	111.7
8	Brasil	0.4	9.9	12.3	22.9	29.9	55.5	98.8
9	Francia	4.4	42.8	52.8	65.0	69.1	73.5	91.6
10	Suecia	4.3	15.8	27.7	32.5	44.9	52.1	75.5
17	Mexico	0.1	5.6	7.5	16.6	19.0	28.3	36.1
29	Chile	0.0	1.5	1.5	1.8	2.5	6.6	9.7
36	Argentina	0.3	0.1	0.1	1.7	2.1	3.3	3.2
40	Peru	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	2.7
47	Ecuador	-	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.4
48	Colombia	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
	Total World	474.0	1,551.9	1,980.9	2,392.4	2,924.9	3,255.6	3,822.6

El año 2015 el mayor productor y consumidor de energía eólica en el mundo es Estados Unidos con un consumo equivalente a 876.4 mil barriles de petróleo equivalente por día seguido de la China con 841.1 mil barriles de petróleo equivalente por día.

El potencial eólico en el Perú recién está siendo explotado. El año 2015 se consumió el equivalente de 2.7 miles de bariles por día calendario.

Energía oceánica.

La energía oceánica puede provenir de la energía de las mareas, de la energía de las olas o de la energía de las corrientes marinas. En todos los casos se convierte el movimiento del agua en energía mecánica o eléctrica.

Las mareas son originadas por acción de las fuerzas gravitatorias y de la velocidad relativa del sol, la luna y la tierra; esto causa que la superficie del mar se eleve (marea alta) y luego disminuya su nivel (marea baja).

Aprovechando este fenómeno, en algunas partes del mundo, se hace que el mar durante la marea alta ingrese entre en un estuario y mientras ingresa genera electricidad en una turbina colocada al ingreso a un estuario. Cuando el mar se retira del estuario, durante la marea baja se vuelve a emplear una turbina para generar electricidad a partir de las mareas.

También es posible obtener energía de las olas. En este caso se tiene que las olas están generadas por los vientos. La interacción entre el viento y la superficie del mar resulta en olas. La fuerza de las olas fuerzan el mar dentro y fuera de unas cámaras en las que existe una turbina en la que se genera electricidad.

Finalmente es posible colocar turbinas submarinas que generen electricidad aprovechando la existencia de fuertes corrientes marinas.

Energía geotérmica

Esta energía proviene de las diferencias de temperatura que se presentan en el subsuelo; para aprovechar esta energía se colocan pozos profundos que extraen agua muy caliente a alta presión o vapor de agua también a muy alta presión. Se diseñan ciclos de vapor o agua caliente que comprenden turbinas generadoras de electricidad para aprovechar esta energía geotérmica.

En el año 2015 se pusieron en operación Centrales Geotérmicas con una capacidad estimada en 315 MW y se estima que la capacidad total es de 13.2 GW. La Energía Geotérmica requiere de precios altos de los combustibles fósiles para ser competitiva. Estima que la capacidad de uso directo de la Geotermia es de 21.7 GWth.

En el Perú, esta fuente de energía se presenta en la afloración de agua caliente y fundamentalmente está localizada en la zona volcánica sur peruana (Arequipa, Moquegua y Tacna).

De acuerdo al Ministerio de Energía y Minas, el potencial estimado de energía geotérmica en el Perú llega hasta 3 GW.

Energía de la biomasa.

El empleo de esta energía, como energía primaria, está basada en la combustión de materiales orgánicos: madera, leña o materiales agrícolas para producir calor y energía.

Bajo el rubro de biomasa también se considera el empleo de gas metano obtenido de la descomposición anaerobia de materiales orgánicos.

El consumo de energía geotérmica es presentado en la data de BP conjuntamente con el consumo de biomasa y de otros, lo que se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4.- Consumo de Energía Geotérmica, Biomasa y Otros

	MBEPD	2000	2005	2010	2013	2014	2015
1	Estados Unidos	327.19	329.89	341.09	366.55	382.02	387.24
2	China	11.53	24.18	113.07	174.57	211.13	240.36
3	Alemania	21.50	65.23	156.02	212.11	224.99	227.91
4	Brasil	35.70	61.76	143.34	183.93	209.93	227.63
5	Reino Unido	17.64	41.36	54.18	82.54	103.17	131.84
6	Japón	84.35	115.07	111.15	119.81	121.73	125.82
7	Italia	30.04	52.17	67.33	103.38	112.01	113.85
8	India	7.66	18.34	53.53	82.25	85.37	93.26
9	Finlandia	38.98	43.02	49.63	54.13	53.06	51.39
10	Filipinas	51.43	45.00	45.24	44.61	47.73	50.65
15	Mexico	28.89	36.98	33.78	33.27	31.92	33.19
20	Chile	4.28	8.13	10.21	26.18	26.87	23.64

29	Argentina	3.80	5.28	9.67	10.56	12.91	13.92
35	Colombia	2.25	2.29	5.01	5.77	6.49	6.72
37	Peru	0.72	1.58	3.06	2.82	3.87	3.87
44	Ecuador	-	0.47	1.07	1.34	1.82	1.85
	Total Mundo	869.27	1,177.93	1,709.07	2,072.82	2,235.60	2,354.73

Energía de los biocombustibles.

Los biocombustibles son combustibles que se derivan de cualquier recurso biológico o biomasa. La biomasa se define como cualquier organismo con vida reciente (ej. Algas marinas, virutas de madera) y/o sus derivados metabólicos (ej. Estiércol). El termino vida reciente los diferencia de los combustibles tradicionales o fósiles tales como el petróleo y sus derivados. Los biocombustibles se consideran como renovables porque la materia prima utilizada para producir cualquier biocombustible puede ser repuesta. Los biocombustibles, básicamente están compuestos por el bioetanol y el biodiesel.

El biodiésel es un biocombustible que se produce a partir de cualquier grasa animal o aceites vegetales, que pueden ser ya usados o sin usar.

Se suele utilizar aceites derivados de la palma aceitera, la higuera, el piñón blanco, la canola o colza, la soya y/ o el girasol, los cuáles, en pueden ser cultivados exclusivamente para producirlo. También posible obtener biodiésel tomando como materia prima aceites usados y grasas animales

El biodiesel se puede usar puro o mezclado con diesel (gasoil) en cualquier proporción en motores diésel. El principal productor de biodiésel en el mundo es Alemania, le sigue Estados Unidos, Francia, Brasil e Italia.

El sistema más habitual de producción es la transformación de aceites a través de un proceso de transesterificación, mediante el cual se obtiene un éster que se puede utilizar directamente en un motor diesel sin modificar, obteniéndose glicerina como subproducto. La glicerina puede utilizarse para otras aplicaciones.

El bioetanol, también llamado etanol de biomasa, es un alcohol que se obtiene a partir de maíz, sorgo, caña de azúcar o remolacha. Permite sustituir las gasolinas o naftas en cualquier proporción.

Estados Unidos y Brasil son los principales productores de etanol en el mundo, su producción representa aproximadamente el 90% de la producción mundial.

El bioetanol puede proceder del maíz como en los Estados Unidos o de la caña de azúcar como el que se fabrica en Brasil. En este último país se ha venido utilizando el alcohol como combustible de automoción desde los años 60.

La caña de azúcar, la remolacha o el maíz no son la única fuente de azúcar; también se puede emplear la celulosa para obtener azúcar. La celulosa es una macromolécula formada por “eslabones” de glucosa. De este modo, casi todo residuo vegetal potencialmente es susceptible de ser transformado en azúcar (mediante procesos químicos y/o procesos enzimáticos) y luego mediante fermentación por levaduras obtener el alcohol destilando el producto obtenido.

El empleo de biocombustibles tiene ventajas ambientales frente a los combustibles fósiles. El empleo de biocombustibles reduce el volumen total de dióxido de carbono (CO_2) que se emite en la atmósfera, ya que este es absorbido por el proceso de fotosíntesis en la medida que crecen las plantas y emiten prácticamente la misma cantidad que los combustibles convencionales cuando se queman, por lo que se produce un proceso de ciclo cerrado.

Los biocombustibles se mezclan con otros combustibles y proporcionan una reducción limitada de gases de efecto invernadero.

El empleo de biocombustibles conlleva algunas desventajas. Así se tiene el aumento de precios de los alimentos que sirven como materia prima de los biocombustibles, el encarecimiento de las tierras aptas para cultivo. Asimismo, el elevado costo de producción de los biocombustibles conlleva un importante impacto fiscal derivado de los subsidios a estos biocombustibles.

La Tabla 5 muestra la producción de biocombustibles en el mundo.

Tabla 5.- Producción de Biocombustibles en el mundo (expresada en MBEPDC)

	MBDC	2000	2005	2010	2011	2014	2015
1	Estados Unidos	60.1	150.2	513.4	572.7	604.8	622.1
2	Brasil	104.7	157.3	310.0	265.3	331.7	354.1
3	Alemania	3.8	30.6	58.0	56.7	67.7	62.8
4	Francia	6.3	8.8	45.6	37.3	52.3	52.1
5	China	-	12.5	29.7	33.6	44.3	48.8
6	Argentina	0.1	0.2	33.4	44.7	51.7	39.4
7	Países Bajos	-	0.1	7.7	13.1	35.1	35.1
8	Tailandia	-	1.0	13.3	14.5	28.2	30.3
9	Indonesia	-	0.2	14.4	22.2	50.8	27.0
10	Canada	2.1	2.7	14.9	17.1	22.2	21.3
14	Colombia	-	0.3	8.8	11.1	13.1	13.4
24	Mexico	-	-	0.3	0.2	1.1	1.1
	Total Mundial	183.8	394.6	1,196.9	1,228.2	1,490.1	1,503.0

Referencias Bibliográficas

BP en BP Statistical Review of World Energy, junio 2015, bp.com/statistical review.

REN 21. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century en “Renewables 2016 Global Status Report”. Tomado de Internet http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report_REN21.pdf

Santillana Jaime, Salinas Julia en “La Ingeniería Química y los Procesos y Tecnologías del Futuro”- Universidad Nacional de Ingeniería, año 2003.

Santillana, Jaime, Facultad de Ingeniería Química en “Gas Natural y Condensados”. Notas del Curso PI 824, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima 2011.

Kidnay, Arthur, William Parrish y Daniel McCartney en “Fundamentals of Gas Processing”, segunda edición, 2011. CRC Press.

CRN, en “Renewables and Energy Storage”, preparado por Cooperative Research Network, tomado de Internet. <http://www.nreca.coop/wp-content/uploads/2013/06/EnergyStorage.pdf>

Cunza, Hayde de Osinergmin en “Biocombustibles - Biodiesel y Etanol”, Lima 2010, tomado de Internet.

Tamayo Pereyra , Roberto Director General de Electricidad en “Potencial de las Energías Renovables en el Perú”. Ministerio de Energía y Minas, octubre 2001, <http://www.minem.gob.pe/>