

Efecto de las centrales con recursos energéticos renovables en la oferta de energía del sein, 2017.**Effect of centrals with renewable energy resources in the sein energy offer, 2017.****Efeito de centrais com recursos energéticos renováveis na oferta de energia sein, 2017.**Robert Fabián Guevara Chinchayan¹ Luis Homero Muñoz Rodriguez²**Resumen**

El presente informe de investigación determina la influencia de las Centrales de Generación de Energía Eléctrica con Recursos Energéticos Renovables RER en la oferta de generación, para la cual se realiza un análisis de la oferta, máxima demanda y reserva de generación de energía actual y su comportamiento estadístico. Se realiza un análisis de los costos de inversión y costos variables de operación, en función a las 4 subastas realizadas en el Perú. Seguidamente se determina el comportamiento de la máxima demanda, oferta y reserva de generación de energía eléctrica para el periodo 2,017 a 2,023. Se ha determinado que en un corto plazo la presencia de las centrales RER contribuirán en la cobertura de la Máxima demanda operando en forma parcial del total de su capacidad o caso contrario podrá operar con toda su capacidad como unidades de base, desplazando a las centrales termoeléctricas con gas natural de ciclo simple y ciclo combinado. Se ha previsto el ingreso de 2,280.8 MW predominantemente con centrales solares y eólicas, con lo cual se incrementa el porcentaje participación de las centrales RER en 14.5 %

Palabras Clave: *Recursos Energéticos Renovables/Generación de Energía***Abstract**

This research report determines the influence of the Power Generation Plants with RER Renewable Energy Resources in the generation offer, for which an analysis of the supply, maximum demand and current energy generation reserve and its behavior is carried out. statistical. An analysis is made of investment costs and variable operating costs, based on the 4 auctions held in Peru. Next, the behavior of the maximum demand, supply and reserve of electric power generation for the period 2.017 to 2.023 is determined. It has been determined that in the short term the presence of the RER plants will contribute to the coverage of the Maxima demand by partially operating the total of its capacity or otherwise it will be able to operate with all its capacity as base units, displacing the thermoelectric plants with natural gas of simple cycle and combined cycle. The entry of 2,280.8 MW has been planned predominantly with solar and wind power plants, which increases the percentage share of RER plants by 14.5%

Keywords: *Renewable Energy Resources / Power Generation***Resumo**

Este relatório de pesquisa determina a influência da energia elétrica de geração de energia com fontes de energia renováveis RER na oferta de geração, para o qual uma análise de oferta, demanda elevada e reserva de geração de energia atual é realizado e comportamento estatística

Uma análise é feita dos custos de investimento e custos operacionais variáveis, com base nos 4 leilões realizados no Peru. Em seguida, é determinado o comportamento da demanda máxima, oferta e reserva de geração de energia elétrica para o período de 2.017 a 2.023.

Foi determinado que, num curto prazo, a presença do centro de RER contribuir em cobrir a procura de pico exploração de uma capacidade total de, parcialmente ou de outra forma podem operar com a capacidade máxima como unidades de base, deslocando usinas com gás natural de ciclo simples e ciclo combinado. A entrada de 2.280,8 MW foi planejada predominantemente com usinas de energia solar e eólica, o que aumenta a participação percentual das usinas de RER em 14,5%

Palavras-chave: *Recursos Energéticos Renováveis / Geração de Energia*

¹ Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad César Vallejo, Chimbote. Perú, guevara281165@yahoo.es

² Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad César Vallejo, Chimbote-Perú, luis.muro300@gmail.com

Introducción

Se denomina Energía Renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o por ser capaces de regenerarse por medios naturales. En consideración su grado de desarrollo tecnológico y a su nivel de penetración en la matriz energética de los países, las Energías Renovables se clasifican en Energías Renovables Convencionales y Energías Renovables No Convencionales. Dentro de las primeras se considera a las grandes centrales hidroeléctricas y; mientras que dentro de las segundas se ubica a las generadoras eólicas, solares fotovoltaicas, solares térmicas, geotérmicas, mareomotrices, de biomasa y las centrales hidroeléctricas menores a 20 MW. (Decreto Legislativo 1002, 2008)

Para efectos del presente Decreto Legislativo, se entiende como RER a los recursos energéticos tales como biomasa, eólico, solar, geotérmico y mareomotriz. Tratándose de la energía hidráulica, cuando la capacidad instalada no sobrepasa de los 20 MW. Dentro de las ventajas tenemos los siguientes: La generación de electricidad a partir de RER tiene prioridad para el despacho diario de carga efectuado por el Comité de Operación Económica del Sistema (COES), para lo cual se le considerará con costo variable de producción igual a cero. Los Generadores con RER que tengan características de Cogeneración o Generación Distribuida conforme lo establezca el Reglamento, pagarán por el uso de redes de Distribución. Asimismo el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas y los Gobiernos Regionales, implementará los mecanismos y acciones correspondientes para el desarrollo de proyectos de investigación sobre energías renovables, promoviendo la participación de universidades, instituciones técnicas y organizaciones de desarrollo especializadas en la materia. (Gobierno del Perú, 2008)

Tradicionalmente el Perú ha sido un país cuya generación de energía eléctrica se ha sustentado en fuentes renovables. Hasta el año 2002 la energía generada con centrales hidroeléctricas representaba el 85% del total de energía eléctrica en el país. Al desarrollarse el uso del gas de Camisea, la participación de las hidroeléctricas se ha ido reduciendo paulatinamente, teniendo la generación a gas una participación de 41%. Se prevé que durante la próxima década la matriz de generación energética del Perú estará basada en el gas natural, pero también se debe propender a diversificar las fuentes considerando que este hidrocarburo se terminará. Actualmente, los recursos energéticos renovables producen aproximadamente el 5% de toda la energía eléctrica generada en el país. Sin embargo, el Perú cuenta con gran potencial en desarrollarlas. (ESAN, 2016)

En noviembre de 2012 fue inaugurada la primera planta 'Tacna Solar' (Tacna) en el sur del país que aporta 50.000 MW/h al año a la red eléctrica. El 31 de diciembre de 2014, la quinta planta con 19 MWp fue puesta en operación cerca de Moquegua. Actualmente operan cinco parques solares conectados a la red con una capacidad instalada nominal de 96 MWp, todos conectados al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional SEIN. Actualmente se encuentran en construcción el parque solar Intipampa con 40 MWp (inicio de operación previsto para 2017) y el parque solar Rubí con 180 MWp (inicio de operación 2018), ambos en el departamento de Moquegua en el sur del país. (Delta Volt, 2017)



Figura N° 1 Central Solar RUBI
Fuente: ENEL PERU

Según el Atlas Eólico del Perú, nuestro país cuenta con un excelente recurso eólico. Destacan las costas del departamento de Piura, Lambayeque y algunas zonas de La Libertad. También destacan los departamentos de Ancash, Lima y Arequipa, pero el departamento con más posibilidades eólicas es Ica. La energía eólica es un recurso abundante, renovable, limpio y ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles, lo que la convierte en un tipo de energía verde. Su principal inconveniente es la intermitencia del viento. El Perú cuenta en operación con las Centrales Eólicas de: Talara (30 MW), Cupisnique (80 MW), Marcona (32 MW) y la CE Tres Hermanas (90 MW). Se cuenta con un ratio de inversión de 198 millones de dólares por 90 MW generados. (Guevara, 2016)

La biomasa abarca todo un conjunto heterogéneo de materias orgánicas, tanto por su origen como por su naturaleza. En el contexto energético, el término biomasa se emplea para denominar a una fuente de energía renovable basada en la utilización de la materia orgánica formada por vía biológica en un pasado inmediato o de los productos derivados de ésta. También tienen consideración de biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora, así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU), aunque dadas las características específicas de estos residuos se suelen considerar como un grupo aparte. (Fernández, 2012)

El INGEMMET en los últimos cinco años ha realizado importantes estudios de Geotermia, con el fin de promover la energía geotérmica como una energía renovable, sostenible y amigable con el medioambiente. Hoy en día la geotermia es una alternativa para la diversificación de la matriz energética del Perú. Entre los estudios integrados más destacados, figuran el “Estudio Geotérmico del Campo Calientes”, “Estudio Geotérmico de Campo Borateras”, “Caracterización y Evaluación del Potencial Geotérmico de la Región Tacna” y la “Caracterización y Evaluación del Potencial Geotérmico de la Región Moquegua”. Asimismo debemos señalar que el INGEMMET ha elaborado el Mapa de Zonas Geotérmicas del Perú. Nuestro país cuenta con un gran potencial de recursos geotérmicos y en ese contexto el INGEMMET en coordinación con la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) y las direcciones regionales de Energía y Minas de Tacna, Moquegua y Puno, empresas privadas y autoridades locales y regionales, desarrollan actividades para difundir sus beneficios y modos de aprovechamiento, estimándose un potencial de 3000 MW (INGEMMET, 2016)

Al inicio de septiembre 2015, Osinergmin publicó las bases de una nueva subasta para instalaciones de energías renovables no tradicionales con una producción anual de hasta 1,300 GWh. La energía fotovoltaica participa con una prevista producción anual de 415 GWh, la eólica con 573 GWh y la biomasa con 312 GWh. Adicionalmente se prevé una ronda de 450 GWh de energía hidroeléctrica. El 16 de febrero 2016 se publicó los resultados de la cuarta subasta de energías renovables. En total se adjudicaron dos centrales de biomasa para residuos con una potencia de 2 MW c/u, tres parques eólicos con una potencia total de 162 MW y dos parques solares de 184 MWp. La parte hidroeléctrica participa con 79.66 MW, distribuida entre 6 centrales. Para sorpresa de muchos, los precios adjudicados, sobre todo de las centrales fotovoltaicas han representado un récord mundial. El precio de barra de la oferta más favorable para la energía fotovoltaica fue de 47.98 US\$ por MWh, y de la energía eólica fue de 36.48 US\$ por MWh (contratos de 20 años). Poco después, una oferta para un parque solar en México todavía fue más barata, y en Septiembre de 2016, Abu Dhabi anunció una oferta con solamente 24.2 US\$ por MWh para una instalación solar de 350 MW. Con estos precios, generar electricidad de energía solar es competitivo con la generación del carbón y del gas. Con esta última subasta de suministro de energías renovables, se prevé un aumento de las energías renovables no tradicionales acercándose a un 5% en el 2018 de la producción total de electricidad para la red nacional. (DELTAVOLT, 2017)

El Acuerdo de París, aprobado el 12 de diciembre de 2015 recién entrará en vigencia el 1 de enero de 2020, en la práctica el nuevo acuerdo reemplazará al Protocolo de Kioto que se adoptó en 1997, es decir hace 18 años. A nivel global las Contribuciones Previstas y Nacionalmente Determinadas de los países del mundo (intended Nationally Determined Contributions – iNDCs, como se denomina en inglés) que se presentaron hasta octubre año 2015 apuntan a reducir la brecha de reducción de emisiones con un total agregado de emisiones globales de 55-53 mil millones de toneladas en el año 2030 (55 GtCO₂eq) (MINAM, 2015)

El componente de mitigación de la iNDC peruana propone una reducción del 30% respecto a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) proyectadas para el año 2030 como parte de un escenario Business as Usual (BaU), lo que representaría una reducción de 89.4 MtCO₂ en dicho año. Un 20% de será implementado a través de inversiones y gastos con recursos internos, públicos y privados (propuesta No Condicionada equivalente a 59 MtCO₂ reducidas en 2030); y un 10% estará supeditado a la disponibilidad de financiamiento externo internacional y condiciones favorables

(propuesta condicionada equivalente a 30.4 MtCO₂). En lo referente a la energía, representa 10.8 MtCO₂eq (12%), o Energías renovables con el 19% del total de reducción de emisiones en este sector; diseño de acciones y proyectos (NAMA) relacionadas a energías renovables y eficiencia energética. (MINAM,2015)

La oferta de generación de energía eléctrica es igual a la sumatoria de las Potencias Efectivas de las Centrales de Generación acopladas a un Sistema Eléctrico. Mientras que la Maxima Demanda es igual a la sumatoria de las demandas coincidentes en un mismo instante de tiempo en un sistema eléctrico de potencia. Según los bloques horarios del día , Horas Fuera de Punta desde las 23.00 horas de un día hasta las 18.00 horas del día siguiente y Horas punta desde las 18.00 horas a 23.00 horas de un mismo día.

La disponibilidad de una reserva de generación de energía eléctrica en un sistema eléctrico depende de la capacidad de respuesta de cada planta a los cambios de carga. Las plantas hidráulicas reaccionan rápidamente, mientras que las térmicas son mucho más lentas, por esta razón se hace necesario clasificar los posibles tipos de reserva con que el sistema debe contar para satisfacer las necesidades que se puedan presentar.

Una de las garantías de seguridad de la operación de un sistema eléctrico interconectado es que su margen de reserva de generación (generación efectiva disponible menos demanda), sea suficiente para cubrir contingencias y condiciones operativas adversas. (Palomino y Pumay, 2014)

Se entiende por Sistema Eléctrico de Potencia a un complejo organismo que reúne diversas actividades pudiéndose agrupar ellas en torno a la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, esto es generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía primaria tales como el gas natural, carbón y agua , transmisión eléctrica vía una compleja red de líneas de alta tensión y distribución de ella hacia los puntos de consumo a una menor tensión o voltaje. El principal objetivo de un sistema eléctrico es el de satisfacer las necesidades de los usuarios que demandan energía eléctrica. Para alcanzarlo se planifica el sistema eléctrico considerándolo como un conjunto de dispositivos que permitan facilitar dicha energía a los usuarios finales, transportándola desde los lugares donde la misma es generada. Además, y es aquí donde reside la complejidad de la planificación, del control y del estudio de sistemas eléctricos, dicha planificación deberá realizarse de forma que el sistema resulte lo más económico y fiable posible, entre otras características exigibles al mismo y cuya importancia es secundaria. (Palomino y Pumay, 2014)

El concepto de confiabilidad en el sistema eléctrico, es definido por la NERC de la siguiente manera: “El grado en que el desempeño de los elementos del sistema eléctrico resulta en un nivel de potencia despachada a los consumidores que posee un estándar aceptable y responde a la capacidad deseada. Se tienen 2 conceptos que se encuentran ligados a la definición de confiabilidad:

La seguridad (“security”): se refiere a la capacidad del sistema de absorber shocks de demanda, es decir lograr que el sistema sea capaz de abastecer a los consumidores ante una variación en la demanda en el corto plazo. La seguridad del sistema es considerada como un bien público, debido a que el servicio no es exclusivo de ningún usuario, es decir no es posible apropiarse de toda la seguridad del sistema. La seguridad beneficia a todos los usuarios por igual y está relacionada con que los grupos generadores brinden una respuesta oportuna ante fluctuaciones de la demanda.

La adecuación (“adequacy”): se refiere a la capacidad del sistema eléctrico para absorber la variación de la demanda en el mediano y largo plazo, siendo esta característica considerada un bien privado bajo ciertos requerimientos en el diseño del sistema eléctrico. La adecuación del sistema está orientada a que el sistema eléctrico cuente con la oferta necesaria para poder satisfacer los requerimientos de demanda en el mediano y largo plazo. (Díaz Ávila, 2011)

Metodología

La Presente Investigación realizó un estudio de proyección en el sistema interconectado nacional en relación a la inserción de centrales de energía eléctrica con recursos energéticos renovables. Teniendo en cuenta el plan de obras de generación RER a corto plazo , así como se proyecta la oferta , demanda y reserva de generación para los escenarios de proyección, en función al inventario estadístico histórico. La Investigación es del tipo bibliográfico y descriptivo.

Resultados

El crecimiento de la oferta de generación ha tenido para el gas natural un crecimiento desde 238 MW el año 2,001 hasta un valor de 3,849 MW de potencia efectiva el año 2,016, con una tasa de crecimiento de 20.39 %. Desarrollándose desde el año 2,006 con el uso del gas de Camisea en las centrales de ciclo combinado de Chilca, Kallpa, Fénix y Ventanilla y por las centrales de Termochilca, Santa Rosa e Independencia. La oferta de generación hidroeléctrica 2,603 MW hasta un valor de 4,370 MW, destacándose la entrada al SEIN, las CH de Carro del Águila, Chaclla y el Platanal. Tan solo ha alcanzado una tasa de crecimiento de tan solo 3.51 %. La oferta de carbón se mantenido constante con la generación de energía con la CT de Ilo con un valor de 141.9 MW. La oferta de generación termoeléctrica con petróleo diesel y residual se ha reducido desde 990 MW a 828.8 MW y desde 411 MW a 237.8 MW respectivamente., y una reducción porcentual desde 1.24 % y 3.58 % respectivamente. Mientras con la oferta con RER se ha incrementado hasta un valor de 395.6 MW.

La reserva de generación tiene dos valores: la reserva efectiva (en función a la oferta efectiva de generación) y la reserva firme (afectada por los factores de disponibilidad, factor de planta para cada tipo de central en función a las contingencias a la que se somete técnicamente cada tecnología de generación). La Reserva efectiva ha variado desde valores de 1,590 MW a 3,322 MW (entre 36.29 % a 33.85 %), mientras que la reserva firme ha variado desde valores de 825 MW a 1,815 MW (entre 22.81 % a 21.85 % desde el año 2,001 al año 2,016 respectivamente)

En el año 2,008 se presentó una reducción considerable de la reserva efectiva y firme (alcanzando esta última valores de 4.9 %), lo que se considera muy crítico para un sistema eléctrico, teniendo en cuenta que el valor objetivo para el Perú es de 33.3 %. (Reserva efectiva)

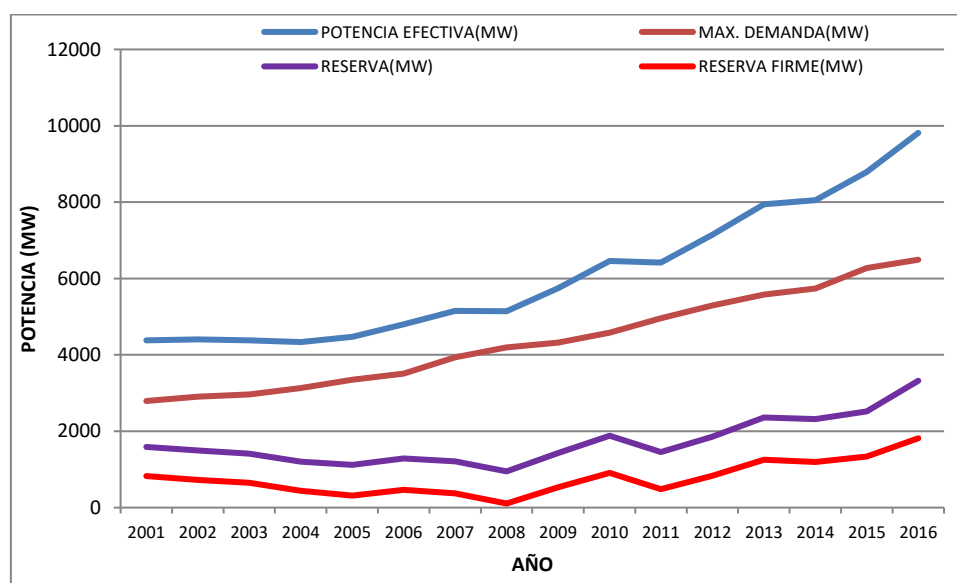


Figura N° 2 Comportamiento de la Oferta, Demanda y Reserva de generación en el SEIN Periodo 2001-2016

Fuente: Elaboración propia

Se tiene el comparativo de costos específicos de operación, en el cual el más alto aun es para las centrales hidroeléctricas RER con un valor de 2,415 U\$/KW, cerca al doble delo que cuestan invertir las centrales eólicas, solares y de biomasa con residuos sólidos urbanos. Los costos específicos de inversión son aún muy elevados comparados a los valores de las centrales termoeléctricas que operan con el ciclo Brayton simple abierto.

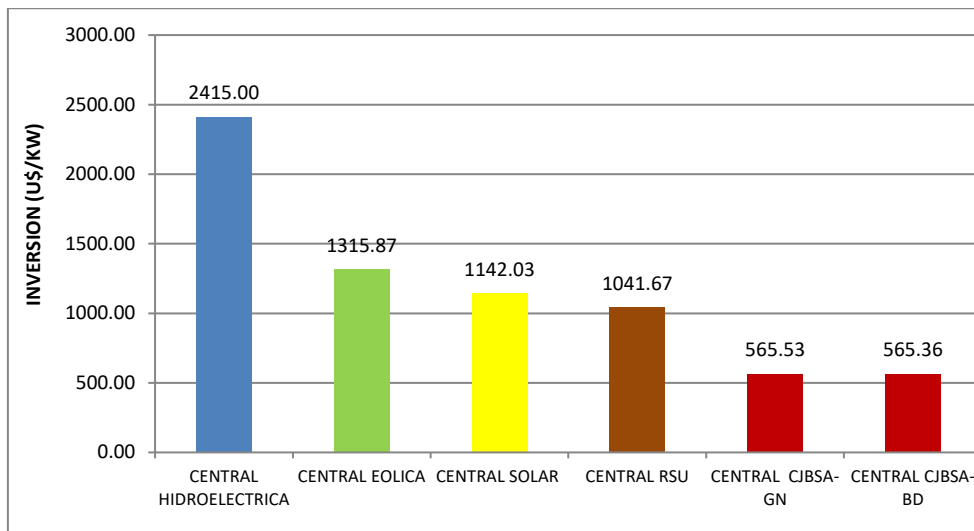


Figura N° 3 Comportamiento de los Costos Específicos de Inversión para Centrales RER
Fuente: Elaboración propia

Dentro de las Centrales RER, la central eólica y la solar presentan un mejor valor económico en su costo variable de operación el cual es 37.83 U\$/MWh, valor con el cual están cercanos al costo marginal del SEIN el oscila entre 35 a 38 U\$/MWh, resultando un costo muy competitivo en el mercado de generación de energía del Perú.

Cuadro N°25 Comportamiento de los Costos Variables de operación para Centrales RER

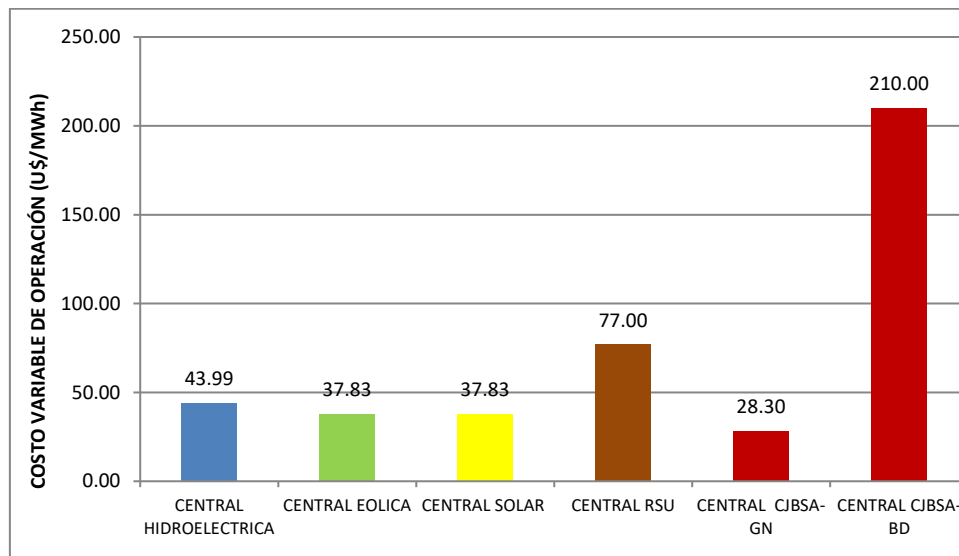


Figura N° 4 Comportamiento de los Costos Variables de operación para Centrales RER
Fuente: Elaboración propia

Se presenta el listado de obras de generación RER a corto plazo (2,023) son de 2,280.8 MW de Potencia Efectiva, de las cuales el 46.78 % corresponden a obras de generación de energía con centrales eólicas (1,067 MW) , y el 45.35 % corresponden a generación de energía con centrales solares fotovoltaicas(1,034.5 MW), esto se debe a los incentivos propuestos en las subastas de RER realizadas en el Perú , que hacen atractivas al inversiones en el Perú . Mientras que la generación de energía con centrales hidroeléctricas RER tan solo 7.7 % (175.3 MW) , finalmente los proyectos de generación de energía con biomasa ,específicamente con RSU son muy escasos con tan solo 0.17 % (4 MW). Se tiene un crecimiento alto entre los años 2,020 al 2,022 , incrementándose la potencia efectiva con centrales RER desde 364.8 MW a 2,180 MW (lo que representa un total del 498 %), con una fuerte presencia compartida entre centrales solares fotovoltaicas y centrales eólicas.

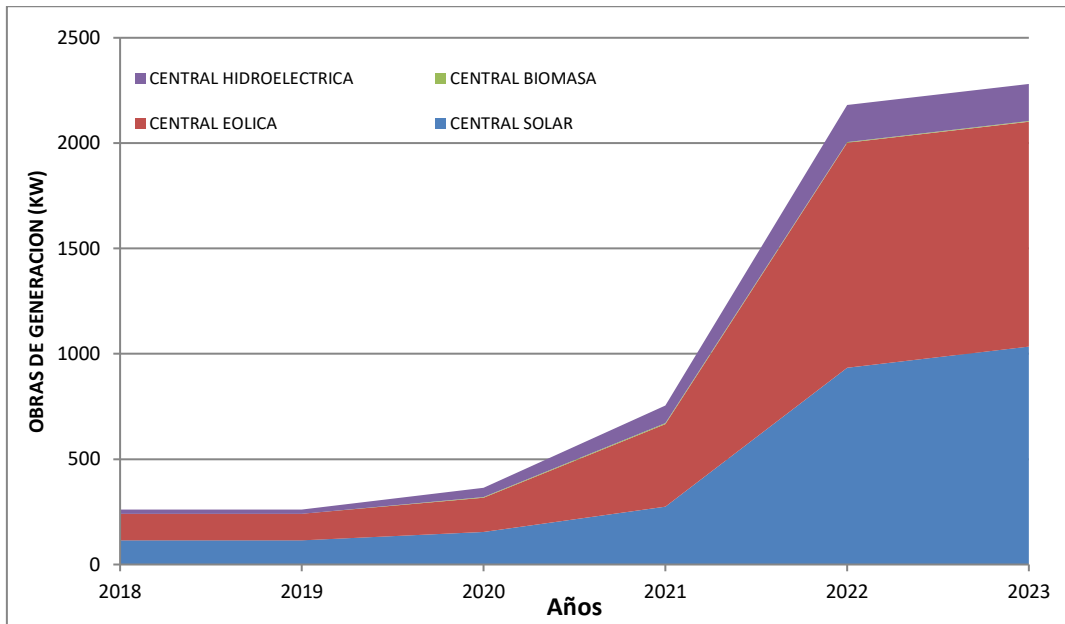


Figura N° 5 Crecimiento de la generación RER a corto plazo
Fuente: Elaboración propia

Se presenta el crecimiento de la Oferta de generación de energía en el corto plazo (hasta el año 2,023), en el cual se visualiza que el parque de generación crecerá fundamentalmente en los siguientes periodos: Ingreso de las Centrales Termoeléctricas del Nodo Energético del sur en el año 2,017, con un total de 1,200 MW operando con combustible BD5. Estas para el año 2,020 se reconvertirán a gas natural como parte del proyecto Gasoducto Sur del Perú. Con esta reconversión se reduce la oferta de generación con petróleo Biodiesel BD5, así como la generación de energía con Carbón y Petróleo R500 no presenta ningún tipo de crecimiento. Desde el año 2,020 se tendrá un incremento de la Potencia Efectiva de las Centrales Hidroeléctricas Convencionales, iniciando con 1,200 (2,021), 1,400 (2,022) y 1200 MW (2,023) aproximadamente. Recuperando el parque hidroeléctrico su presencia en la generación de energía en el Perú. Mientras que las Centrales RER entre los años 2,020 al 2,022, incrementan su potencia efectiva desde 364.8 MW a 2,180 MW (lo que representa un total del 498 %), con una fuerte presencia compartida entre centrales solares fotovoltaicas y centrales eólicas.

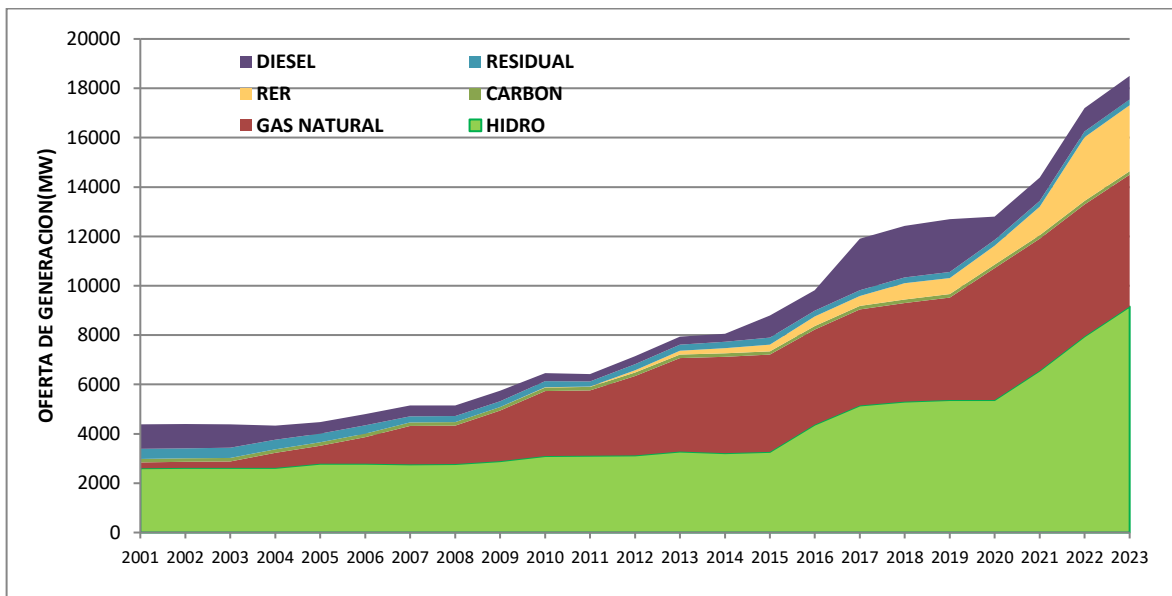


Figura N° 6 Crecimiento de la oferta de generación a corto plazo
Fuente: Elaboración propia

Se tiene el cuadro de cobertura de la demanda a corto plazo proyectada en la cual se observa un incremento sustancial de la oferta de generación.

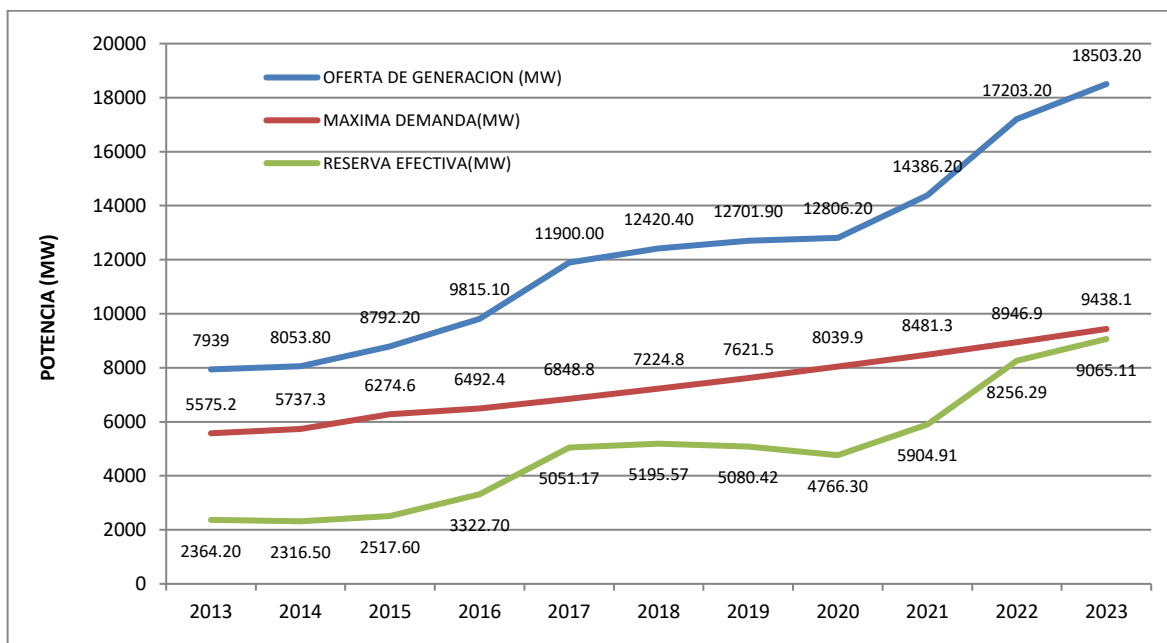


Figura N° 7 Crecimiento de la oferta de generación a corto plazo
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las siguientes consideraciones se ha elaborado la Figura N° 8 para el despacho de la generación de energía en la cobertura de la máxima demanda del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional:

- El despacho de las centrales de generación tiene en cuenta la oferta firme de generación, con las cuales se asumen las condiciones más críticas de operación.
- Las Centrales Hidroeléctricas operando con su factor de planta de 0.74.
- Las Centrales Eólicas operan con su Factor de planta promedio de 0.49.
- Se considera que la Central Termoeléctrica a Carbón de Ilo está fuera de servicio, básicamente bajo el criterio de las emisiones de SOx que emite.
- Tan solo se consideran a las Centrales de Ciclo combinado de Chilca, Kallpa y Fénix Power en operación con su respectivo factor de disponibilidad de 0.95. Considerándose que la Central de Ciclo Combinado de Ventanilla está en condición de reserva al margen de su bajo costo de operación.
- Las Centrales de Ciclo simple con gas natural (del tipo Joule Brayton entran en operación marginando en la cobertura de la máxima demanda, dando prioridad a las Centrales RER en el despacho de generación.

De la misma figura se resalta lo siguiente:

- Hasta el año 2,021 operan como centrales de base las Centrales hidroeléctricas convencionales, Centrales Termoeléctricas de Ciclo Combinado con gas natural (Salvo la Central Termoeléctrica de ventanilla), las Centrales de energía RER y cubriendo la demanda un grupo de centrales termoeléctricas con ciclo simple joule Brayton con gas natural. Así tenemos que un conjunto de centrales termoeléctricas con gas natural queda en condición de reserva firme disponible (fuera de operación en un total de: 941.5, 976.5, 764.6, 1,572.2 y 2,283.8 MW respectivamente desde el año 2,017 al año 2,021.
- Durante el periodo de tiempo desde el año 2017 al año 2,021 las Centrales RER participan en la operación al 100% de su capacidad firme, en un porcentaje de 4.05 %, 6.55 %, 6.21%, 6.96 % y 9.80 % del total de demanda a cubrir, con lo cual supera el valor de 5 % establecido por el

DECRETO LEGISLATIVO N° 1002-2008. en el cual establece que el 5% de la demanda debe ser cubierto con generación de energía RER.

Cuadro N°34

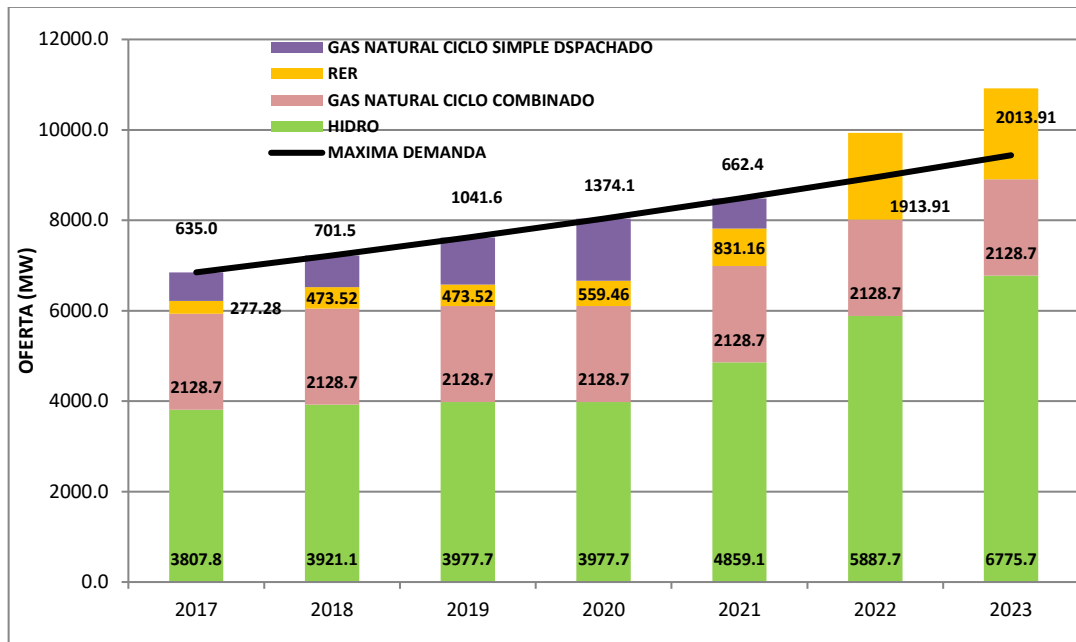


Figura N° 8 Predicción del despacho de generación con centrales RER
Fuente: Elaboración propia

Para el periodo 2,022-2,023 , la oferta conjunta entre Centrales de ciclo combinado con Gas Natural y Centrales RER , superan el valor de la máxima demanda a cubrir , teniendo como base siempre a las Centrales Hidroeléctricas (con su oferta firme de generación), para lo cual se puede optar por las siguientes características de operación para el año 2,022:

- Centrales Termoelectricas de Ciclo Combinado con Gas natural operando al 100 % de su capacidad firme (2,128.7 MW) y las Centrales RER operando en la cobertura de la máxima demanda (con lo cual sería un proceso histórico en la generación de energía del Perú) con un total de 930.61 MW en operación y 983.3 MW en condición de reserva firme disponible.
- En el segundo caso , las Centrales RER operarían al 100 % de su capacidad firme de generación (1,913.3 MW) ,mientras que las Centrales de Ciclo Combinado con Gas Natural (muy económicas en su operación) operarían de manera parcial , en un total 1,198.06 MW operando y 983.3 MW en reserva firme disponible.
- En ambos casos las centrales termoelectricas con ciclo simple con gas natural (2,946.2 MW) quedarían en su totalidad en condición de reserva firme disponible para operar luego de la operación de las centrales RER y de las centrales de ciclo combinado con gas natural.
- La operación se repite el 2,023 , Centrales Termoelectricas de Ciclo Combinado con Gas natural operando al 100 % de su capacidad firme (2,128.7 MW) y las Centrales RER operando en la cobertura de la máxima demanda con un total de 533.81 MW en operación y 1,480.1 MW en condición de reserva firme disponible.
- En el segundo caso para el año 2,023 , las Centrales RER operarían al 100 % de su capacidad firme de generación (2,013.9 MW) ,mientras que las Centrales de Ciclo Combinado con Gas Natural (muy económicas en su operación) operarían de manera parcial con tan solo 648.6 MW , quedando en reserva 1,408.1 MW.

Con estos resultados se apertura la posibilidad de la venta de energía al Ecuador y Chile mediante la Interconexión Eléctrica Regional, debido a que nuestro sistema de demanda es cubierta totalmente con centrales económicas tal es el caso de las Centrales RER y las de Ciclo combinado con gas natural , y además se encuentran con una fracción de estas últimas en condición de reserva firme disponible , un

total de 983.3 y 1480.1 MW para los años 2,022 y 2,023 ,sin contar las 2,946.2 MW generadas por Centrales Termoeléctricas de ciclo simple con gas natural también en condición de reserva.

Discusión

Según la tesis de BALDOVINO FERNANDINI, Enrique y RAMOS MARINÑO, Guillermo (2,007) en la cual se concluyen que el uso de energías renovables y en especial de la energía eólica constituye una herramienta eficaz para la solución de muchos de los problemas energéticos que vive el país con el valor agregado del beneficio ambiental que las barreras para el desarrollo de la energía eólica la constituyen: la falta de un marco legal y normativo; la inexistencia de institucionalidad orientada a incentivar la actividad en este campo, en el presente informe luego de 10 años transcurridos se demuestra que la política energética ha cambiado sustancialmente en el Perú con el DECRETO LEGISLATIVO N° 1002-2008 .en el cual establece que el 5% de la demanda debe ser cubierto con generación de energía RER, los incentivos a la inversión y sobre todo por la aplicación de las subastas de energías renovables. Coincidiendo que dentro de las tecnologías RER, la generación de energía eólica, es la más atractiva con una oferta de generación próxima a instalarse 1,067 MW con centrales eólicas.

Coincidiendo con el informe del Centro de Estudios Estratégicos de IPAE (2,012) en su informe elaborado para el OSINERGMIN, en la cual se concluye que : lo siguiente: La abundancia de gas, propició que la inversión de centrales a gas natural ciclo combinado y ciclo simple , mientras qye la inversión por la generación hidroeléctrica fue limitada , reduciéndose su porcentaje de participación, y además el uso de tecnologías limpias de generación ha sido muy limitado, no obstante que a nivel mundial se aceleró su desarrollo comercial, al margen de eso se han desarrollado subastas para la inserción de Recursos Energías renovables , básicamente Centrales Solares y Centrales Eólicas. Con el presente informe se demuestra que a corto plazo esta situación se va a revertir, incrementándose la presencia de las Centrales RER a un 14.5%, así como el incremento de la presencia de las centrales hidroeléctricas a un valor 49.5 % (valor que se había reducido en un periodo de 15 años), así como la participación del gas natural en la generación de energía se reduce en un valor 28.9 %.

Así como FALCON CORZO, Jorge y ROJAS SEGURA, Yuliana (2,012) manifestaron que: El crecimiento actual del país genera una mayor demanda de energía, la cual debe ser atendida con recursos energéticos renovables, acorde con la corriente de respeto al medio ambiente y que el país tiene una significativa capacidad de generación eléctrica en la zona central y norte del país, pero escasa en el sur. Esta situación se revierte con la generación de energía con Centrales RER las cuales se ubican estratégicamente en la zona Sur (centrales solares), Zona Centro (Centrales eólicas) y Zona norte (centrales solares y centrales eólicas)

De la misma manera a lo reportado por la Oficina de Estudios Económicos de OSINERGMIN (2,014) en su Informe del año 2014: La participación de las fuentes RER en la Generación eléctrica del país ha ido en aumento, aunque de manera moderada. En el año 2008, las fuentes RER constituían menos del 0.01% del total de la energía eléctrica producida, mientras que en el 2013 su contribución se elevó a 2.5%. Así tenemos que según el presente informe de tesis la participación de la generación de energía con Centrales RER se incrementara desde 3.3 % (año 2,017) a 14.5 % (año 2,023)

Coincidiendo con MARTINEZ MARTIN, Isabel (2,014) en su informe de investigación realizada para GREEN PEACE en el cual manifiesta que España, como otros países europeos, apostó por un sistema de incentivos a las energías renovables apoyado en las primas, como elemento que garantizase una atractiva rentabilidad a la inversión en nuevas instalaciones. De la misma manera los procesos de las 4 Subastas de RER ha incentivado que las tecnologías de generación de energía solar fotovoltaica y eólica se han atractivas para su inversión en el Perú, con precios de generación competitivos, con valores de 37.03 US\$/MWh , así como con costos de inversión que se han reducido a 1,315.87 y 1,142.03 US\$/KW para centrales eólicas y solares respectivamente.

Conclusiones

Se realizó un tratamiento de la información estadística de la oferta y demanda de la generación de energía en el sistema Eléctrico Interconectado Nacional determinándose que la máxima demanda tiene un crecimiento de 5.50 % para el periodo de 2,001 al 2,016, mientras que su tasa de crecimiento anual es de 5.82 % . Con valores de 6,492.4 MW para la máxima demanda y de 9,815.1 MW para la oferta efectiva de generación, con una tasa de crecimiento promedio anual de 5.65 % . Esto conlleva a una reserva efectiva de 33.85 % y una reserva firme de 22.85 % .

Los principales proyectos de generación a corto plazo (periodo 2,017-2,013) son : Central Solar Rubí de 144.48 MW (de un total de 1,034.5 MW) , Central Eólica Parque Nazca de 126 MW (de un total de 1,067 MW) , Central Termoeléctrica de Biomasa Huaycoloro II (2.4 MW (de un total de 4 MW)) y la Central Hidroeléctrica RER Ayanunga de 20 MW (de un total de 175.3 MW) , sumando un total de 2,280.8 MW a instalarse a corto plazo.

Dentro de los incentivos para la instalación de las Centrales RER, tenemos la reducción de los costos de inversión y los costos de operación, los cuales se han reducido considerablemente en el lapso de un periodo de 5 años, así tenemos el caso de las Centrales Eólicas cuya inversión se ha reducido desde 3,366.67 U\$/KW a 1,313.87 U\$/KW, mientras que su costo variable de operación se ha reducido el 55.5 % desde 87 U\$/MWh a 55.5 U\$/MWh.

Se ha elaborado una proyección del comportamiento de la máxima demanda y de la oferta de generación con las obras de centrales de energía próximo a instalarse en el corto plazo, determinándose para el año 2,023 una máxima demanda de 9,438.1 MW. Mientras que la oferta de generación se ha incrementado a un valor de 18,503.20 MW y oferta de generación firme de 15,127 MW, con lo cual la reserva de generación efectiva se ha incrementado a 48.99 % y la reserva firme de generación es de 37.61 % , valores aceptados y confiables, teniendo en cuenta con el valor de 33.3 % para una reserva de generación hace sostenible y confiable aun sistema eléctrico.

Dentro de los beneficios de instalar centrales RER en el sistema eléctrico interconectado nacional es que contribuyen en tener una oferta de generación producida con tecnologías limpias sin emisiones de dióxido de carbono y sobre todo que para el periodo de análisis en el corto plazo van a desplazar de la operación a las centrales termoeléctricas que operan con ciclo simple y gas natural , y para el año 2,022 a 2,023 compartirán la cobertura de la máxima demanda con las centrales de ciclo combinado de gas natural. Así como el exceso de ambas tecnologías de generación de energía en el futuro pueden permitir la futura interconexión eléctrica regional con Ecuador y Chile.

Referencias bibliográficas

- Centro de Estudios Estratégicos de IAE. (2014). Prospectiva del Sector Eléctrico al 2018. Recuperado de http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Otros-Estudios/Consultoria/Prospectiva-SectorElectrico.pdf
- Geotutoriales. (2011). Pronóstico de Demanda con Media Móvil Simple. Gestión de Operaciones. Recuperado de <Http://Www.Gestiondeoperaciones.Net/Proyeccion-De-Demanda/Pronostico-De-Demanda-Con-Media-Movil-Simple/>
- Ingeniería Industrial Online (2014). Suavización exponencial simple. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/pron%C3%B3stico-de-ventas/suavizaci%C3%B3n-exponencial-simple/>
- Martinez M., I. (2014). Informe: El impacto de las energías renovables en la economía con el horizonte 2030. *Abay Analistas Económicos y Sociales para GREENPEACE*. Recuperado de <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/2014/Report/cambio-climatico/Informe%20ER%20Economi%CC%81a.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas. Decreto Legislativo 1002. Gobierno del Perú. 2008. Recuperado de http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/contenido/Normas/DL_No_1002.pdf

- OSINERGMIN. (2017). Recursos Energéticos Renovables. Recuperado de <http://www2.osinerg.gob.pe/energiasrenovables/contenido/introduccionenergiasrenovables.html>
- Baldovino F., E. y Ramos M. G. (2007). *Propuesta estratégica para el desarrollo de la energía eólica en el Perú* (Tesis para optar el Grado de Magister). Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú
- Falcón C. J. y Rojas S. Y. (2012). *Plan estratégico para la generación de energía eléctrica fluvial en el Perú* (Tesis para optar el Grado de Magister). Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.
- Pumay M., P. y Palomino N., C. *Estudio de la proyección de la reserva de generación de energía eléctrica para confiabilidad del sistema eléctrico interconectado del Perú* (Tesis para optar el título de Ingeniero). Universidad Nacional del Santa. Perú.
- Orbezo U., H. (2011). Análisis estocástico ARIMA para el modelamiento y predicción de la demanda eléctrica en el sector residencial Lima Sur. Tesis para optar el Grado de Ciencias Energéticas. Universidad nacional de Ingeniería. Perú.
- Guevara, R. (2016). *Módulo de Plantas Generadoras de Potencia*. Universidad Nacional del Santa.
- Oung, K. (2016). *Energy Management in Business: The Manager's Guide to Maximising and Sustaining Energy Reduction*. Routledge Edition.
- Sánchez D., L. (2014). *Modelos de poligeneración energética distribuida en áreas residenciales*. España: Editorial Lulu.com.
- Skiba, Y. (2005). *Métodos y esquemas numéricos: un análisis computacional*. Universidad Autónoma de México.