

EL INCREMENTO DE TECNOLOGÍAS RENOVABLES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN LAS NACIONES SUDAMERICANAS, ANTE EL FENÓMENO ENOS

THE INCREASE OF RENEWABLE TECHNOLOGIES GENERATION IN THE SOUTH AMERICAN NATIONS, GIVEN THE ENOS PHENOMENON

José Antonio Aquino Robles

Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas del IPN
jaquino@gmail.com

Cecilia Fernández Nava

Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas del IPN
cfernandezn@ipn.mx

Leonel G. Corona R.

Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas del IPN
lcoronaramirez@hotmail.com

Resumen

En este artículo se describen una serie de conceptos que ayudan a entender los menesteres en Sudamérica respecto a su seguridad de suministro eléctrico e independencia energética. Y también se evidencian las necesidades de integración energética a nivel región, las cuales son evidentes ante posibles contingencias que bien podrían ser momentáneas, como también podrían ser de una prolongada duración, como la que se suscita ante el fenómeno macroclimático ENOS. Por otro lado, se analiza la matriz energética de algunas de las naciones sudamericanas, mostrando con ello que se necesita diversificarlas, para que estas no sean tan vulnerables. También se investigó la inserción exitosa de tecnologías renovables en otras regiones. Por ello se puede notar una clara diferencia entre la promoción de instalaciones renovables de nivel macro; comparada con la de nivel micro entre la población en general. Así mismo se describirán las ventajas competitivas de las tecnologías renovables de nivel micro, dentro de los esquemas actuales de interconexión. Respecto a todo ello se ha realizado una investigación documental, estadística, histórica y de prospectiva, para proponer mejores alternativas de

diversificación energética que eviten los problemas de continuidad que se han tenido en Sudamérica.

Palabras Clave: cambio climático, energías renovables, fenómeno ENOS, Independencia energética, Integración energética, seguridad de suministro eléctrico.

Abstract

This paper describes a series of concepts which help to understand the needs of Latin America regarding your security of power supply and energy independence. And also shows the needs of energy integration at the region, which are evident to contingencies that may be momentary and also could be of prolonged duration. On the other hand, is analyzes the matrix energy of some of them Nations Latin American, showing with this that is needs diversify them, so them Nations not are so vulnerable to problems of scarcity of energy primary and before them phenomena of change climate. It also investigated the successful insertion of renewable technologies in other regions. Therefore, a clear difference can be noted between the promotion of large capacity renewable generation; Compared to the generation of small capacity among the general population. It also describes the competitive advantages of small renewable technologies, within the current schemes of interconnection. With respect to all this, a documentary, statistical, historical and prospective research has been carried out.

Keywords: *Climate change, Energy independence, Energy integration, phenomenon ENOS, Power supply security, Renewable energies.*

1. Introducción

Para el desarrollo de esta investigación es necesario comenzar recordando las definiciones expuestas en [1], en donde se describe la Seguridad de suministro eléctrico (SSE). Como el concepto que implica todo aquello que permite al consumidor tener acceso a la energía que necesita, en el instante que la requiere, con una calidad determinada y a un precio competitivo. Sin embargo todo lo anterior, aun cuando es fácil describirlo en primera instancia; requiere de todo un conjunto

de enlaces tales como: cadenas de suministro de energéticos primarios ya sea de procedencia local o foránea, y en caso de existir: un mercado de compra y venta de electricidad, así mismo de un centro de control para la operación del sistema eléctrico de potencia (SEP), conjuntamente con normas y mecanismos regulatorios de estas actividades en cada nación, para finalmente poder disponer en cierta medida de una SSE. Por otro lado, el concepto de Independencia energética (IE). Mismo que en muy connotados documentos informativos y de investigación llega a ser usado de manera indistinta con el de SSE. Empero, la IE se usa de manera diferenciada a la SSE para referirse a la capacidad de producir la energía que se demanda a partir de fuentes autóctonas; es decir directamente en el territorio nacional. En el caso de la SSE el concepto que prima es aquel concerniente a la disponibilidad ininterrumpida de energía que tienen los habitantes de un país que la demandan y esta energía se oferte a precios razonables y en armonía con el medio ambiente independientemente del origen. Finalmente, ambos conceptos convergen en la necesidad de proveer de manera constante el suministro eléctrico ante la demanda del mismo. Empero, la IE asume altos niveles de SSE, no así lo contrario. Es decir, un país puede tener niveles altos de SSE, no así poseer la IE.

2. Marco teórico

Cabe señalar, que la SSE que pueda tener un país que no haya logrado su IE, está muy vinculada con el posicionamiento geopolítico y su supremacía en el orden mundial. Un ejemplo de ello son las singulares relaciones diplomáticas entre Europa occidental (Unión Europea) y Europa oriental (Rusia) las cuales han afectado poco las relaciones comerciales en cuanto al suministro de gas y petróleo (imprescindibles energéticos primarios para la generación eléctrica) que envía Rusia hacia la Unión Europea aún con los problemas que se vivieron debido a los conflictos con Ucrania 2013-2014, y aun a pesar de su pasado histórico beligerante. Un ejemplo que contrasta con el anterior es el de la India, que persigue conseguir a toda costa su IE para el 2020, utilizando la energía nuclear basada en el torio Th. Considerando los problemas históricos en sus fronteras, a la India le es muy difícil establecer relaciones de intercambio energético. A ese respecto la energía nuclear

permite para la mayoría de las naciones tener SSE, dadas las ventajosas características de este tipo de tecnología, sin embargo, si no se dispone del energético primario y si tampoco se dispone de tecnología para aislarlo o refinarlo y enriquecerlo, se tiene que depender del exterior para conseguirlo y también para reciclarlo o desecharlo. Aunado a eso; desde hace unos años la comunidad internacional apuesta por el abandono paulatino del uso de la energía nuclear después de los accidentes de Chernóbil en Ucrania y Fukushima en Japón. Por lo que se han decantado hacia el uso de otro tipo de tecnologías como las renovables.

Las fuentes renovables en la independencia energética.

Respecto a las ventajas competitivas que tienen las fuentes renovables mencionadas en [2], se citan las siguientes:

- Las fuentes renovables son originarias del sitio donde se usan, por tanto, no crean dependencia del exterior.
- No causan impacto ambiental negativo (No generan CO₂ ni otros contaminantes en su uso)
- Inducen mayor diversificación energética, lo cual no solo incrementa la SSE, sino también difiere o reemplaza instalación de generación contaminante convencional de gran escala.

La generación renovable de nivel micro y mini, dispersada e instalada por y entre la población en general, produce también IE del pequeño consumidor-productor respecto al mercado cautivo que tienen las grandes comercializadoras de energía eléctrica. La existencia de microgeneración renovable desperdigada entre una población creciente, también puede llegar a diferir o reemplazar en un momento dado, la instalación de líneas de transporte, elimina o difiere la necesidad de instalar subestaciones de enlace, reductoras y elevadoras y en algunos casos la redundancia de redes de distribución eléctrica. Lo cual no es poca cosa, sí se considera la resistencia social creciente a la instalación de este tipo de infraestructuras. Además, también por el impacto ambiental negativo que genera la

tala de vegetación para la construcción del derecho de vía, para el tendido de las líneas de transporte y distribución. Para corroborar estas recomendaciones y ventajas se menciona el proceso del caso alemán y su adaptación al nuevo modelo energético. El cambio implementado en esta nación se basó aplicando propuestas y tecnología que EE.UU. rechazo hace casi 40 años. En el momento que se suscitó la primera gran crisis del petróleo alrededor de los años 1972-3. En ese entonces en parte por la formación académica el otrora presidente James Carter. El cual decidió reemplazar las tecnologías convencionales por generación renovable. La respuesta por parte de los petroleros árabes y de las compañías petroleras norteamericanas fue de gran inquietud. Al poco tiempo R. Reagan ganó las elecciones, se abandonaron y cerraron todas las incipientes investigaciones en tecnología renovable. Con ello fueron menospreciadas las políticas de Carter, y nuevamente se apostó por el carbón, el gas y la energía nuclear [3]. En contraste Alemania cuenta ya con un amplio despliegue de sistemas fotovoltaicos diseminados entre su población, campos de generación eólica y calderas de biomasa. Todo ello dispersado de forma masiva en su territorio. Actualmente el 25% de la generación eléctrica es ya renovable. A destacar, el hecho, que han alcanzado los 30 GW de capacidad fotovoltaica instalada, equivalente a unas 15 centrales nucleares promedio. Y esto en un país que recibe aproximadamente la misma radiación solar que Alaska. Otro aspecto decisivo es la contribución ciudadana. En Alemania cualquiera puede ser productor de energía, por ejemplo, a través del autoconsumo y balance neto (net metering), o simplemente vendiéndola a la red. Esto ha sido apoyado por la ley, y por un programa de apoyo estatal novedoso basado en el mecanismo de promoción de renovables conocido como «primas en la tarifa» Feed-in-Tariffs, [4] otro aspecto que en principio pareciera ser irrelevante es; que el estado da seguridad jurídica al inversor al margen de los cambios de gobiernos y legislativos. Prácticamente nadie pone en duda que los gases de efecto invernadero han provocado secuelas que han causado efectos ya evidentes en el cambio climático de nuestro planeta. Pero la verdadera razón por la que este movimiento se puso en marcha; fue la posibilidad de obtener beneficios económicos y el objetivo de tener IE como país y además SSE, y lo ha venido logrando, haciendo

que cada persona que decide interconectarse con la red para generar energía vaya obteniendo en cierta medida su propia IE y parte de su SSE de forma individual. Y al conjuntar la IE y SSE de forma individual van logrando la IE y SSE como nación [5]. En un principio, las grandes compañías eléctricas, pronosticaron y pronostican toda suerte de calamidades: entre ellas que esto que sería inviable, que el precio de la electricidad subiría por las primas, que el suministro no quedaría garantizado, y que las industrias exportadoras se verían en peligro por el alza de los costes, negándose en consecuencia a que se aprobara el cambio legal. Pero la presión ciudadana constante, aunque fue un pequeño núcleo inicialmente, y aunque costó una década, lo consiguió. Hoy día el 65% de la energía renovable está en manos de pequeños productores y solo el 5% en las de grandes empresas eléctricas, con ello el suministro eléctrico es el más seguro de Europa (la menor tasa de apagones y cortes ocasionales). Y esto no solo por el hecho de utilizar fuentes renovables, sino también porque ha gestionado una buena cantidad de enlaces con sus vecinos geográficos, tanto con Dinamarca, que genera una gran parte de su energía con tecnología eólica incluso con turbinas instaladas en alta mar, como también tiene enlaces con Holanda, Austria y Suiza. Estos enlaces incrementan la confiabilidad al incrementar la robustez del SEP interconectado, y por tanto una menor tasa de apagones. Los cuales se deben al incremento constante de la demanda eléctrica, juntamente con condiciones ambientales adversas y de consumo, así como también fallas en alguna parte del SEP. Todo ello ha provocado un incremento en los apagones desde 1978 [5]. Los siguientes casos son algunos de los más significativos:

Francia, diciembre de 1978. Un descenso de temperatura no previsto provocó un importante incremento de carga (4600 MW en 1 hora) principalmente en la zona de París, que sobrecargó todo el sistema de 400 kV, debido a la necesidad de traer potencia desde zonas alejadas del este del país, que provocó tensiones bajas en toda la red. Se intentó solucionar el problema haciendo maniobras que habitualmente mantienen la tensión en valores constantes en la red de 230 kV. No se consiguió controlar el descenso de tensión, y comenzaron a operar las protecciones. Ello se hubiera resuelto rápidamente contando con más interconexiones, por lo cual el restablecimiento tardó más de lo esperado. De acá la trascendencia buscar una amplia interconexión eléctrica entre naciones

Japón, Julio de 1987. Se produjo un aumento de demanda muy por encima de lo previsto en un día inusualmente caluroso. Pese a que entraron en servicio todos los bancos de condensadores disponibles, la tensión comenzó a decrecer y en aproximadamente 10 minutos (con tensiones del orden de 0.75 p.u.) la actuación de relés provocó la salida de servicio de 3 estaciones de 500 kV y un apagón importante en la zona de Tokio. El tipo de carga del aire acondicionado, con característica de potencia casi constante fue un factor decisivo en el colapso, aunado a que Japón es una isla un tanto alejada de sus vecinos geográficos, lo cual impide que pueda interconectarse para recibir energía de alguno de ellos y minimizar los efectos negativos provocados.

Alemania, 5 de noviembre del 2006. El problema afectó a Alemania, Francia, Italia, Portugal y España. A las 22:00 horas se procedió a cortar el suministro en una línea de muy alta tensión (400 kV) que cruza el río Ems, para permitir que un gran buque pasara sin peligro. Esta operación se convirtió en el mayor fallo eléctrico europeo de las últimas décadas. Una de las centrales de generación se quedó aislada del sistema, lo que provocó una diferencia entre la demanda y la generación. Al haber mucha más demanda que generación, la frecuencia de la red cayó. Este hecho motivo planear una más amplia interconexión en este continente.

3. La diversificación energética mediante fuentes renovables y una mayor interconexión entre naciones

La interconexión eléctrica entre países, es el mejor modo de apoyarse mutuamente en casos de emergencia, como los descritos anteriormente y de mejorar las condiciones de SSE. Haciendo un uso más eficiente de los recursos energéticos de toda la región. En la integración energética, tenemos beneficios como el aumento de la confiabilidad en los SEPs, aprovechamiento de la complementariedad hidrológica en su caso; y en el comportamiento de la demanda, reducción de emisiones de contaminantes al ambiente.

También permite aprovechar las diferencias entre los regímenes hidrológicos de las cuencas de la región; reduciendo las posibilidades de vertimiento. Algunos aspectos no tan positivos, están relacionados con aspectos de índole político como la dependencia que pudiera tener un país frente a otro en un sector estratégico como el suministro de energía eléctrica y los problemas que se presentan cuando debe

ajustarse las regulaciones propias para armonizarlas con las del mercado integrado y las decisiones frente a las reglas propias de ese mercado. Hasta la fecha, los intercambios energéticos en Sudamérica no han sido tan abundantes; pero hay posibilidades de realizar proyectos de integración del mercado regional, con el propósito elevar el grado de integración de la región, mediante la construcción de proyectos de generación renovable que se dediquen a la exportación. Uno de los objetivos de este estudio es el de ayudar a conformar un sistema lo más renovable posible, interconectando de manera regional o enlazando a varios sistemas interconectados entre varias naciones, en el cual se puedan realizar transacciones de mercado de manera firme y a largo plazo entre agentes de dos o más naciones. Para lo cual habrá que superar barreras políticas y diplomáticas que pueden resultar difíciles. Renunciar en cierta medida a la soberanía energética al importar una parte importante de la energía de otro país. Esto en cierta medida es un asunto políticamente difícil de aceptar; para el cual se deberá de estar preparado como región [6].

En las interconexiones que se han realizado a lo largo de la historia, generalmente los Estados han sido quienes financian y garantizan su construcción o definen a través de la regulación, que este tipo de inversiones se remuneren con independencia de los intercambios de electricidad que finalmente se realicen; lo cual no siempre resulta eficiente desde el punto de vista económico- financiero, sobre todo para convencer a los encargados del presupuesto estatal, con argumentos como el de incrementar la SSE en caso de algún desastre, o un incremento repentino de carga que saque de estabilidad al sistema, como en los casos anteriormente citados. Empero con estudios climáticos serios y bien fundamentados con hechos reales, el presupuesto para justificar esta inversión puede justificarse.

Interconexión ante el fenómeno ENOS (Oscilación Sur)

Ahora bien, por medio de la interconexión eléctrica se pueden aprovechar los efectos de los fenómenos macro climáticos de el Niño y la Niña (ENOS Oscilación Sur). El fenómeno del Niño representa mayores caudales en las principales cuencas relacionadas con la generación de electricidad en Ecuador y Perú, mientras que

para Colombia y Panamá representa períodos de sequía, así mismo el fenómeno de La Niña, representa un incremento en los caudales en Panamá y Colombia y un decremento en Ecuador y Perú. [6], menciona que en el 2016 Panamá fue afectado por el fenómeno del Niño considerablemente, y añade que debido a la falta de planificación, no realizó el proyecto de integración eléctrica con Colombia. Por tales hechos es conveniente que los actores del sector energético tomen las medidas para elaborar un plan estratégico de planificación energética. Debido a ello es necesario que organismos como la OLADE juntamente con las Secretarías o Ministerios de energía deban llamar a todos los sectores a elaborar planes energéticos en miras de evitar futuras crisis energéticas en las diferentes naciones de América Latina. Estos problemas bien pueden resolverse mediante diversas interconexiones entre las naciones que en algún momento disfrutaron de temporadas de abundancia de agua y posteriormente sufren de sequías. Si se considera que sus vecinos tienen los efectos complementarios, bien puede promoverse la interconexión fundamentada mediante estos hechos y además considerar de forma indispensable la participación en la planeación; de especialistas en Meteorología y en modelación del clima, para prever que efectos sucederán o analizar los que están sucediendo en este instante y estar lo suficientemente apercibidos, para los sucesos de un futuro cercano. Por otro lado, la integración permite aprovechar de forma eficiente las características de la región en cuanto a la complementariedad hídrica, pero se requieren el establecimiento o reforzamiento institucional y la armonización de marcos legales, reglamentarios, comerciales y técnicos. La integración energética también brinda beneficios tanto para los países importadores como lo exportadores. Los países importadores se ven favorecidos en su desarrollo industrial gracias al acceso a recursos energéticos abundantes y de bajo costo, así como en la planificación de un desarrollo económico sostenible a largo plazo y a la reducción del grado de incertidumbre y riesgo por desabastecimiento. La integración para los países exportadores, incentiva las inversiones en su sector energético y la ampliación de su Mercado y con ello las naciones interconectadas mejoran su SSE aun cuando pudieran perder algo de su IE, esto bien vale el esfuerzo. La integración energética favorece también a la investigación científico-tecnológica, el intercambio

de tecnología y generación de conocimiento en Sudamérica. Vale aclarar que la integración europea tiene sus particularidades una de ellas es que en ese continente existen muchas naciones en una extensión territorial que podríamos considerar pequeña, y en América Latina existen pocas naciones y una extensión territorial bastante más grande. Otra de ellas es que en Europa la frecuencia de la energía generada para todo el continente es 50 Hz y en América Latina existen naciones que generan su energía en 50 Hz y otras en 60 Hz por lo que la interconexión implicará enlaces en corriente directa. Por ello se está, ante retos mayores que requieren soluciones que deben crearse por especialistas locales que conozcan muy bien las redes de transporte locales y los SEPs sudamericanos. Para las interconexiones debe definirse un esquema que permita aprovechar los beneficios de la integración. El problema radica en escoger el esquema de integración más adecuado, ya que éste depende de las similitudes y diferencias de los países que se van a integrar. Es necesario contar con un esquema de intercambio de electricidad para el manejo de la congestión en las redes de interconexión; sin embargo, no existe un consenso para saber cuál es el esquema más adecuado para aplicar en cada interconexión, debido a que esto depende de las características de los países que se van a integrar. Por otro lado, no se ha hecho mucho por realizar más estudios para analizar los efectos de la interconexión entre dos o más países a futuro [6]. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) propone dos acciones que deben tomar los países para viabilizar los contratos firmes de largo plazo y los proyectos regionales: Lograr algún tipo de coordinación de las políticas energéticas. El país que resulte vendedor en un contrato de largo plazo tendrá que disponer de una capacidad de generación excedentaria por largo tiempo; mientras que el comprador tendrá que depender de las importaciones por el mismo lapso de tiempo. Dicho contrato afectará los planes de expansión de ambos países [7]. La coordinación también es necesaria por razones políticas. La coordinación de las políticas energéticas de los países cuyos agentes sean parte de un contrato firme de largo plazo debe convencer los órganos políticos y la sociedad civil de la bondad del contrato.

La integración energética y análisis de la matriz energética

Después de analizar la matriz energética de las naciones de América Latina en el trabajo [8] se llegó a la conclusión desde la perspectiva de lograr IE. Que es muy necesario que cada una de las naciones Latinoamericanas diversifique cada una su matriz de generación. Aunque ello no es una regla general para todas.

Por ejemplo, Paraguay, su generación de energía eléctrica en un 99,9% está basada en la generación hidráulica. Aun cuando su matriz es totalmente hidráulica y convencional, Pedirle a Paraguay diversificar su matriz, sería contraproducente dadas las ventajas que tiene al disponer de una gran cantidad afluentes hidrológicos. En contraste Brasil, nación cuya matriz energética en 2006, tenía una capacidad instalada total del 95,191.9 MW de los cuales 72,013.46 MW son de plantas hidroeléctricas y 20,934.59 MW de plantas termoeléctricas. Y con tecnologías eólica, solar y geotérmica de 236.85 MW. Para el año 2012 su capacidad total instalada creció en 23% para un total de 117,133.8 MW. Su capacidad hidroeléctrica creció en 14% y su capacidad termoeléctrica en 49% siendo que se estima que aún dispone de 260,093 MW de potencial hidroeléctrico aún. Lo que es trascendente señalar es que en 2006 contaba con solo 236.85 MW de tecnologías renovables no convencional (Eólica, solar y geotérmica) y para 2012 contaba ya con 1426 MW con lo que tuvo un incremento del 602% en este rubro. El punto a resaltar es que aproximadamente el 75 % de su capacidad instalada depende de recursos hídricos, lo cual es un porcentaje alto respecto al total. Y la necesidad de Brasil de diversificar su matriz energética es debidas también a las anomalías macro climáticas que anteriormente se describieron, estas mismas provocaron que en 1999 los embalses de las presas redujeran su capacidad dramáticamente, al pasar del nivel normal de 70% a un nivel crítico de 18%. Ante esta crisis, se vio la posibilidad de comenzar una racionalización en el consumo de energía del 50% entre la población, pero por suerte comenzó a llover de nuevo y no hubo la necesidad de racionalizar el consumo. Sin embargo, a finales del año 2000 los embalses bajaron de nuevo y en 2001 se tuvo que racionar en 20% la cantidad de electricidad utilizada; el 80% de la población tuvo que racionar durante nueve meses, ya que como se mencionó anteriormente, la mayor parte de la generación

es a través de la tecnología hidroeléctrica. La consecuencia de fiarse únicamente de la energía hidroeléctrica es la dificultad de generar suficiente electricidad en periodos secos. En cuyo caso, la introducción de más generación basada en Gas Natural (en adelante GN) disminuye la dependencia de las condiciones climáticas inciertas. Aún con todo; la introducción de la generación térmica tiene otras dificultades y no son para nada insignificantes puesto que, no sólo se tiene con ello un aumento considerable de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero. Sino que en períodos de abundancia de recursos hídricos (mismo que puede durar años), puede que no sea atractivo en lo económico hacer operar las centrales térmicas durante un período significativo de tiempo. De no ser que se tengan acuerdos lícitos y transparentes de participación obligada en el mercado eléctrico de forma regulada. Otro inconveniente para la generación térmica es que requiere combustibles fósiles, misma que no depende en gran medida de situaciones climáticas, pero depende de otras variables incluso un tanto más complejas, considerando que dentro de América Latina existen tantos países productores y/o exportadores, pero también hay países deficitarios de estos recursos. En ese tenor también se menciona que Chile depende del poco fiable suministro argentino. Además, el GN en el Cono Sur se enfrenta a una serie de dificultades como lo son problemas políticos entre Bolivia, Chile y Perú, problemas que no ayudan a garantizar la seguridad de suministro de hidrocarburos especialmente el GN. Por otra parte, la ocurrencia de El Niño a finales de 2009 ha dado lugar a una mayor utilización de GN para la generación de electricidad, por lo que el suministro de GN ha visto en riesgo. Rememorando otras situaciones de países de Sudamérica. El Niño produce más estaciones secas de lo habitual en Colombia, por ejemplo, la de 1997-1998 redujo la entrada de agua a los embalses de casi 30 %. La Niña, por el contrario, intensifica la lluvia en Colombia, mientras que, al mismo tiempo, causa sequías extremas en Chile. Durante la ocurrencia de La Niña de 1998 y 1999, produjeron la reducción de embalses para la generación hidroeléctrica. El sistema eléctrico chileno se enfrentó al mismo tiempo una escasez de GN el cual presionó a los sistemas de ciclo combinado ocasionando una reducción transitoria en la oferta; misma que llevo a la necesidad de implementar

apagones programados y en el máximo apogeo de la crisis, hubo que programar apagones rotatorios de tres horas de duración [3]. Esta situación empeoró cuando una falla en el sistema de precios no permitió pasar los costos reales a los consumidores finales y se creó una distorsión desestabilizadora en el mercado. Esto ha hecho que los planes de expansión de la generación de las fuentes renovables locales como la hidroelectricidad y la geotermia produzca también que se busque utilizar más el GN ya en esta segunda década del presente siglo. De acuerdo con los estudios del Centro de Estudios de Aparejadores por Correspondencia (CEAC) la hidroelectricidad y el GN serán las dos fuentes primarias más importantes para la región en la producción de electricidad. La llegada del GN como fuente de energía en América Central abrirá nuevas posibilidades a la integración regional y así como las posibilidades de crear un mercado regional de GN sobre la base de gasoductos a partir de uno o varios puntos de importación de GN. Un mercado de GN requiere de regulación nacional y regional. Dado el poco tiempo a disposición, teniendo en cuenta la lentitud con que se logran acuerdos internacionales en materia energética y de los plazos que involucra implementación de terminales de importación de GN mismas que son tareas que los países deben iniciar de forma inmediata. Aun con todo se debe de forma paralela para estar preparado para la integración regional es ir siguiendo las pautas de naciones que han podido diversificar aún más sus matrices energéticas, como en el caso de las naciones europeas, mismas que han utilizado programas para la introducción intensiva de tecnologías de aprovechamiento energético renovable, ante el incremento de la demanda energética misma que han podido satisfacer de dos formas:

- Instalando grandes complejos de generación renovable centralizada y con ello también ampliando o construyendo nuevas las redes de transporte.
- Instalando Generación Distribuida Renovable (GDR).

Un gran parque eólico conectado en la red de transporte siempre será más eficiente económicamente hablando que una pequeña central eólica moderna del tipo distribuida (las economías de escala existen cuando se aumentan las dimensiones de un generador en múltiples magnitudes). Sin embargo, en una de las magnitudes

clave, la eficiencia en operación, las diferencias pueden no ser tan significativas. Incluso si lo que se pretende es incrementar las unidades en un parque eólico, probablemente los costos asociados sean mayores a si se instala o se instalan varias plantas eólicas de Generación Distribuida (GD). Esto se debe a una de las características de los equipos de GD ya que son actualmente diseñados para ser fabricadas en serie, por tanto son producidos en forma estandarizada y luego se instalan con relativa facilidad en el lugar, lo que reduce notablemente sus costos; considerando en contraparte que un parque de gran capacidad, sus componentes son en muchos casos diseñados y construidos bajo pedido y existen en el mundo pocos fabricantes que los pueden hacer, por lo cual también el factor tiempo en la construcción, tiene implicaciones importantes, además de que al ser componentes que se producen en pocas cantidades. El soporte técnico y la existencia de refacciones también suele ser un factor considerable al momento de decidir. En la evaluación de las opciones, los costos exactos que se deben evaluar son aquellos de la planta de GDR contra los de la planta generadora convencional o renovable más la red de transporte asociada a esta última, tanto en costos hundidos como en mantenimiento y pérdidas acumuladas. En ese aspecto la GDR no utiliza la red de transmisión y el uso de suelo que invariablemente afecta a una red de muy alto voltaje. Por lo tanto, evita los costos asociados con ésta. Es menester observar también que mientras los costos globales de construcción de las redes de transporte se han incrementado, debido al aumento en el costo de la mano de obra y de las restricciones de uso de suelo, la estética de su diseño, por el contrario, los costos asociados en la GDR han disminuido ya que estas plantas se construyen de forma estandarizada y tienen gran modularidad [9].

Además de lo anterior, debe tenerse en cuenta que la GDR presenta beneficios adicionales al SEP ya que con un marco normativo adecuado y reglas claras de operación puede colaborar para ir:

- Reduciendo las pérdidas en la red eléctrica.
- Incrementando la confiabilidad en el suministro eléctrico.
- Proporcionando control de energía reactiva y regulación de tensión en la red de distribución.

- Dispersando y descentralizando la propiedad en el sector de generación, característica fundamental para incentivar la competencia.

Como consecuencia, la GDR presenta en el papel, singulares ventajas frente a la generación renovable de gran capacidad. Evidentemente, en el sector eléctrico, las imperfecciones del mercado abundan, basta observar que tanto el transporte como la distribución son sectores de grandes redes. Por lo tanto, Competencia y Regulación son actividades francamente complementarias de esta industria, sin embargo, es la Regulación en el plano normativo la que en última instancia determinará el grado de Competencia real que exista. Por consiguiente, en la nueva estructura del sector eléctrico de competencia, el rol que jueguen los marcos regulatorios es fundamental. Estos deben establecer sistemas tarifarios justos que reconozcan los costos y beneficios reales del sistema y eviten los subsidios cruzados entre distintos agentes y la existencia de restricciones, directas o indirectas, a la entrada de nuevos agentes. Con este nuevo esquema, podría llegar a cambiar de dirección en ciertas áreas la circulación de energía en las redes de distribución particularmente donde se tengan conectadas unidades de GD, tanto renovable como generación convencional y la operación del sistema por consiguiente también cambiará tendiendo hacia una operación un tanto más horizontal. La modernización inherente del sector eléctrico incluye la conexión de GDR y una operación inteligente de la red eléctrica que permita: un suministro seguro, eficiente, limpio, confiable, y con la calidad de suministro adecuada, para la satisfacción de las crecientes necesidades energéticas de las poblaciones, aunado a lo anterior y para que la modernización del sector eléctrico sea sostenible, deberá estar bien sustentada en lo social, en lo económico y en lo ecológico, para que el crecimiento del sector no provoque quebrantos financieros ni problemas sociales y sea sostenible desde el punto de vista ambiental también [10].

4. Conclusiones

Este trabajo presenta la necesidad de incrementar tanto la diversificación energética de cada nación de Sudamérica, como la interconexión entre las mismas.

Ello basado en un análisis tanto estadístico, como de sucesos históricos en el ámbito de la SSE,

La interconexión entre naciones además sirve de enlace para poder conseguir una SSE mucho más robusta ante situaciones como las que producen los fenómenos macroclimáticos del Niño y la Niña que no son precisamente fallas momentáneas. Y con ello tener una mayor productividad como nación. Aunado a lo anterior se hace un análisis respecto a la diversificación de las matrices energéticas, motivado precisamente por las naciones que han padecido problemas en su suministro eléctrico debido a la dependencia de un energético primario que escasee o que no esté disponible. Posteriormente se analiza la alternativa de promover la inserción masiva de tecnologías de aprovechamiento energético renovable de nivel micro, entre la población en general y a su vez con ello tener una mayor IE energética desde el punto de vista eléctrico.

También se habla en este trabajo de la necesidad de trabajar desde la perspectiva de investigación y desarrollo tecnológico para poder ir avanzando hacia tener en el futuro una red eléctrica inteligente entre nuestras naciones, que coadyuve a incrementar el bienestar y la productividad en América Latina.

Agradecimientos. – Los autores agradecen a la SIP del Instituto Politécnico Nacional por el apoyo recibido para la realización de este trabajo el cual es parte del proyecto de investigación registro SIP No. 2018707.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Aquino Robles, J.A., Corona R., L., Fernández Nava C. Las decisiones del mercado versus las decisiones en la lucha contra el cambio climático una revisión desde la perspectiva del sector eléctrico. 2º Congreso Nacional en Investigación en Cambio Climático, octubre de 2012: www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/memoriaPincc2012.pdf
- [2] Aquino Robles, J. A., Corona R. L., Fernández N. C. De la Seguridad de Suministro Eléctrico a la Independencia Energética. Un mismo Objetivo con soluciones divergentes. 3er. Congreso Nacional en Investigación en Cambio

- Climático octubre 2013, México: www.pincc.unam.mx/congresonacional2013/presentaciones.html.
- [3] Aquino-Robles J. A. Illescas G. O., Osorio G. B.C. Análisis del incremento en la capacidad instalada, la diversificación energética y el cambio climático en América Latina 4º. Congreso Nacional en Investigación en Cambio Climático, octubre, 2014: www.pincc.unam.mx/4tocongreso/sedes_html/AutorioTlayotl/Jose_Antonio_Aquino.pdf.
- [4] Aquino-Robles J.A., Villafáfila R. R., Sumper A., Ramírez P. R. "Promotion of renewable energy in Latin America for the security of electric supply", 11th International Conference IEEE EPQU 2011, Lisboa Portugal, octubre 2011,
- [5] Aquino Robles J.A. Corona R. L.G. Fernández N. C. Las tendencias actuales de inversión en generación eléctrica en América Latina. X Congreso de Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico CIINDET 2013 organizado por IEEE sección Morelos, sede Ciudad de Cuernavaca, marzo de 2013.
- [6] Matheus RR La Integración del Sector Eléctrico Panamá-Colombia y la Seguridad Energética XII Congreso de Internacional de Innovación y Desarrollo Tecnológico CIINDET 2016, organizado por la IEEE sección Morelos, Cuernavaca, Morelos, México, septiembre de 2016.
- [7] Aquino Robles J.A. Cortez H. P N. Corona R. L. G. Una misma meta con soluciones en las antípodas – Seguridad de Suministro Eléctrico o Independencia Energética. XI Congreso de Internacional de Innovación y Desarrollo Tecnológico CIINDET 2014 organizado por IEEE sección Morelos, sede Ciudad de Cuernavaca abril de 2014.
- [8] Aquino Robles J.A. González C. J.F. Corona R. L.G. Las plantas virtuales de generación en el contexto de México. Presentado en el V International Congress on Alternative energies CINEA 2015, organizado por la Red de energía del IPN México DF, noviembre del 2015.
- [9] Aquino Robles J.A., Fernández N.C., Corona R.L.G. Génesis del mercado eléctrico minorista y de baja potencia, con tecnologías de microgeneración renovable en México. Revista de Investigación y Desarrollo ECORFAN

España, Volumen 2, pp 1-19. Número 6 ISSN: 2444-4987: www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion_y_Desarrollo/vol2num6/Revista_de_Investigacion_y_Desarrollo_V2_N6_1.pdf

- [10] Aquino Robles J. A. Fernández N. C. Trujillo C. J.C. La Enertrónica elemento clave en la transición hacia las redes eléctricas inteligentes en México. Revista de Investigación y Desarrollo ECORFAN España, Volumen 2 pp 20-43 con ISSN: 2444-4987: www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion_y_Desarrollo/vol2num6/Revista_de_Investigacion_y_Desarrollo_V2_N6_2.pdf.