

LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR A PARTIR DEL USO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Barragán Llanos Rommel Alexis¹, Llanes Cedeño Edilberto Antonio²

rbarragan.mee@uisek.edu.ec¹, antonio.llanes@uisek.edu.ec²

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5434-0232>¹; ORCID <http://orcid.org/0000-0001-6739-7661>²

Universidad Internacional SEK
Instituto Superior Tecnológico Guaranda
Quito-Ecuador

Recibido (05/08/20), Aceptado (17/08/20)

Resumen: El Ecuador es rico en recursos renovables, este se ha abastecido tradicionalmente de las hidroeléctricas combinadas con la energía térmica proveniente de combustibles fósiles. Dentro de las formas de energía existentes, la energía eléctrica constituye la fuente de energía por excelencia en la automatización de muchos procesos industriales. El sector industrial en el Ecuador es heterogéneo y la evolución de cada uno de los subsectores en relación con la eficiencia y el ahorro energético es distinto, por lo tanto, el tipo de energía renovable a aplicar debe estar en función de las características propias que cada sector de la manufactura tiene en sus procesos productivos. El objetivo del presente estudio fue analizar la generación de la energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador a partir del uso de las fuentes de energía renovables, para ello se realizó una búsqueda de la literatura disponible en artículos científicos y documentos actualizados.

Palabras Clave: Energía renovable, manufactura, energía eléctrica.

THE GENERATION OF ELECTRICAL ENERGY FOR INDUSTRIAL DEVELOPMENT IN ECUADOR FROM THE USE OF RENEWABLE ENERGY

Abstract: Ecuador is rich in renewable resources, it has traditionally been supplied by hydroelectric plants combined with thermal energy from fossil fuels. Within the existing forms of energy, the electric power constitutes the quintessential energy source in the automation of many industrial processes. The industrial sector in Ecuador is heterogeneous and the evolution of each subsector in relation to efficiency and energy saving is different; so that the type of renewable energy to be applied must be based on the characteristics of each sector of the manufacture has in its production processes. The objective of the present study was to analyze the generation of electrical energy for industrial development in Ecuador from the use of renewable energy sources, for this a search was made of the available literature in scientific articles and updated documents

Keywords: Renewable energy, manufacture, electric power

I. INTRODUCCIÓN

La energía constituye un componente fundamental de las estrategias de desarrollo económico y social. Su importancia radica en el acceso que se tenga a ella, superando así, aquellas consideraciones basadas sólo en su aporte económico como tal, la energía es un concepto asociado al movimiento en general y es una de las definiciones más complejas que el hombre ha pretendido establecer. Las fuentes de energía son elaboraciones naturales de las que el hombre puede extraerla para realizar un determinado trabajo u obtener alguna utilidad, aunque existen innumerables fuentes de energía, fundamentalmente toda la energía procede del sol. La energía eléctrica es la forma de energía que la mayoría de los equipos utilizan para funcionar. Debido al crecimiento de la población y con ella el aumento de la demanda eléctrica, se ha emprendido la búsqueda de nuevas fuentes de energía, y nuevos sistemas de producción eléctrica, basados fundamentalmente en el uso de energías renovables.

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales [1]. Se consideran en principio limpias o verdes, porque contaminan muy poco, y no emiten los gases suficientes que producen el efecto de invernadero. El resurgimiento de las energías renovables y su importancia se inició como consecuencias del acuerdo de Kioto el cual limita la producción de dióxido de carbono en el medio ambiente, este acuerdo realizado en 1997 en la ciudad de Kioto (Japón) determinó que los países industrializados se comprometen de forma obligatoria a reducir en promedio sus emisiones colectivas de seis elementos de generación de efecto invernadero (GEI) en un 5,2% para el periodo 2008 al 2012, siendo Australia y los Estados Unidos los únicos países en no haber ratificado dicho acuerdo, por considerarlo lesivo para sus economías [2]. La importancia del impulso a las energías renovables y la eficiencia energética no sólo estriba en reducir la dependencia en la utilización de los combustibles fósiles, también se han creado nuevas oportunidades económicas y se ha desarrollado un mercado energético totalmente diversificado y más amigable con el medio ambiente. Por tanto, la energía renovable debe crecer a un ritmo seis veces mayor para que el mundo comience a cumplir los objetivos marcados en el Acuerdo de París. Se estima que en el 2017 las energías renovables representaron una cuarta parte de la generación eléctrica global, con un impresionante crecimiento en el despliegue de las tecnologías eólica y solar fotovoltaica [3].

En América Latina y el Caribe, gracias a la diversidad energética con la que cuenta la región, existe uno de los mercados de energía renovables más dinámicos del mundo. Las proyecciones indican que el crecimiento de las energías renovables será de alrededor del 1,9 % anual durante los próximos decenios. Los aumentos absolutos mayores se esperan en América del Norte, los países en desarrollo de Asia y en América Central y del Sur [4]. El Ecuador se ha abastecido tradicionalmente de energía renovable fundamentalmente la hidroeléctrica combinada con un porcentaje de energía térmica (no renovable) proveniente de combustibles fósiles. El país es rico en recursos renovables, los índices de insolación por ejemplo están entre los más altos de mundo, lo cual permiten instalar plantas fotovoltaicas de alto rendimiento y también calentar agua en forma eficiente y económica [5].

Esta ventaja no la tiene el Ecuador en el caso de los vientos ya que el país se encuentra en una zona de calmas ecuatoriales, sin embargo, a pesar de ello se encuentran zonas a las cuales se pueden encontrar algún viento con características energéticas. En el caso de la energía proveniente de la biomasa, el país cuenta con un sector agroindustrial diversificado que produce por lo general muchos residuos aprovechables para la generación de energía. Siendo en los actuales momentos la industria azucarera la que mayor uso le está dando a sus residuos en la producción comercial de energía eléctrica y vapor. La principal de las energías renovables es en el Ecuador, la energía hidroeléctrica [5].

El recurso está bien aprovechado y se debe destacar el esfuerzo realizado por el estado y el sector privado en la realización de importantes inversiones para la construcción de distintos proyectos de complejos hidroeléctricos de gran capacidad para todo el país. El Ecuador está introduciéndose en este nuevo mundo de manera paulatina pero sostenible. El propósito de las autoridades es alcanzar el 93% de energía limpia y renovable, aprovechando el potencial de los recursos naturales de que dispone el país y desechando de manera gradual la producción de energía contaminante [6]. Dentro de las formas de energía existentes, la energía eléctrica sin duda alguna resulta hoy en día imprescindible en la mayoría de las actividades humanas, por su eficiencia y comodidad como por su uso y utilidad en la automatización de muchos procesos industriales. Las manufacturas son las responsables de más del 20% de las emisiones de gases nocivos que se emiten al planeta [7]. Por lo tanto, se hace urgente poner fin a la dependencia del petróleo y los combustibles en el consumo energético de las empresas. En este contexto, tomar medidas de ahorro energético en fábricas o plantas de producción

industrial se ha convertido en un factor muy importante para la competitividad de las empresas y su margen de beneficios. Lógicamente la toma de decisión en relación a cuál fuente de energía a utilizar estará en función de las características del proceso de producción manufacturera de cada empresa o sector. Incluso existe la posibilidad de aplicar fuentes de energía ecológica extra o combinada. El porcentaje de ahorro energético que una fábrica o empresa manufacturera puede conseguir por lo tanto dependerá de varios factores los cuales deben ser analizados de forma individual.

Es por ello que el presente artículo tiene como fin, mostrar los resultados de un trabajo de investigación acerca del uso de las energías renovables en la generación de la energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador. Para ello se realizó una revisión bibliográfica de la literatura disponible sobre el tema referido atendiendo criterios de artículos científicos y guías actualizadas.

II. DESARROLLO

A. Definición. Energía renovable (ER)

La doctrina en general entiende por fuentes de energía renovables aquellas que por su cantidad en relación a los consumos que los seres humanos pueden hacer de ellas son inagotables y su propio consumo no afecta el medio ambiente [8]. En tanto, las energías renovables comprenden todas aquellas que se extraen de fuentes que se regeneran de manera natural, lo que garantiza que no se agoten y que se consideren en principio limpias o verdes, porque contaminan muy poco, y no emiten los gases que producen el efecto de invernadero. De la definición anterior de energías renovables se resaltan varios elementos a saber:

1. Se extraen de fuentes que se regeneran de manera natural.
2. Son inagotables.
3. Son en su mayoría energías limpias
4. No emiten gases de efecto invernadero.

B. Tipos de energías renovables

Las fuentes de energía renovables pueden dividirse en dos categorías no contaminantes o limpias y aquellas medianamente contaminantes. A continuación, se detallan las que se consideran las más importantes:

•Energía hidráulica: se basa en aprovechar la caída del agua desde cierta altura. La energía potencial, durante la caída, se convierte en cinética. El agua pasa por las turbinas a gran velocidad, provocando un movimiento de rotación que finalmente, se transforma en

energía eléctrica por medio de los generadores. La energía hidráulica como fuente de energía se utiliza casi en exclusividad para producción de energía eléctrica, verificándose que la transformación energética se realiza con un rendimiento muy alto, a diferencia de lo que ocurre con otras fuentes de energía [8]. En definitiva la energía cinética de los saltos de agua de las presas son las que hacen girar las turbinas de un generador para producir energía eléctrica [9].

•Energía solar: esta energía se obtiene de la radiación solar que llega a la tierra. Se le considera un tipo de energía limpia y renovable ya que su fuente, el Sol es un recurso ilimitado. La radiación electromagnética que proviene del sol puede ser recolectada por distintos medios como colectores térmicos, células fotovoltaicas, entre otras, con el fin de transformar la energía solar en energía eléctrica [8]. Por lo tanto la energía solar se basa en aprovechar la energía que nos llega del sol, transformándola en energía eléctrica o en energía térmica [9]. En la actualidad, se trabaja en nuevas tecnologías buscando la reducción de costos, que siguen siendo relativamente elevados para competir con la energía eléctrica producida en centrales térmicas. A pesar de que el mercado fotovoltaico ha estado restringido prácticamente a las instalaciones aisladas, éstas han permitido un rápido crecimiento en la capacidad de producción de la industria fotovoltaica.

•Energía eólica: tiene su origen en el viento, es decir, en el aire en movimiento. La reaparición de la energía eólica como una de las fuentes importantes de energía, puede considerarse como uno de los acontecimientos significativos del siglo XX. Los diferentes incentivos a la generación de energía eólica hacen que se haya revelado como la energía renovable con mayor crecimiento. Otra razón importante del crecimiento y potenciación de la energía eólica, es que es una gran creadora de puestos de trabajo. Otra causa importante del crecimiento de la energía eólica es su gran facilidad para adaptarse a las nuevas tecnologías [10].

•Energía geotérmica: se define como la energía o calor natural que proviene de la tierra. El aprovechamiento del calor terrestre para producir energía útil es conocido desde hace milenios por la humanidad. La localización de extensas zonas que se encuentren a elevadas temperaturas y a profundidades asequibles es la primera condición que debe reunir el lugar en el cual se instalara una central geotérmica. Hay distintas tecnologías, en función del tipo de explotación: muy baja, baja y alta temperatura, y roca seca caliente. Sus aplicaciones modernas para producir electricidad son más recientes, y datan de inicios del siglo XX [11].

•Energía de las olas o energía undimotriz: es la ener-

gía producida por el movimiento de las olas. Es menos conocida y extendida que la mareomotriz, pero cada vez se aplica más.

- Energía mareomotriz: este tipo de energía se origina por la fluctuación periódica del nivel de los mares producto principalmente de la atracción gravitatoria de la luna, y el sol (mareas), las fuerzas de los vientos (oleaje) al movimiento de la tierra (corrientes geostróficas), y la diferencia de temperatura entre las masas de aguas marinas (corrientes y gradientes térmicos). A nivel mundial se han desarrollado tecnologías para el aprovechamiento de este tipo de energía con diferentes potencialidades. Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía que se puede obtener con los medios actuales y el costo económico y ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han impedido una proliferación notable de este tipo de energía [12].

- Energía por biomasa: se considera biomasa a un grupo de productos energéticos y materias primas de tipo renovable que se originan a partir de materia orgánica formada por vía biológica. Esta definición excluye expresamente los combustibles fósiles y las materias orgánicas derivadas de aquéllos, como los plásticos y productos sintéticos [13].

C.Importancia de la energía renovable (ER)

La importancia del impulso a las energías renovables y la eficiencia energética no sólo estriba en reducir la dependencia en la utilización de los combustibles fósiles; también se han creado nuevas oportunidades económicas y se ha desarrollado un mercado energético totalmente diversificado y más amigable con el medio ambiente. A pesar de la predominancia pronosticada de los combustibles fósiles, se espera que el uso de las energías renovables registre un aumento significativo. La incorporación de nuevas fuentes de generación de energía renovable, a la matriz energética continúa siendo un tema de interés mundial, no tanto por su peso como oportunidad de negocio, sino por los efectos nocivos que significan para el medio ambiente el uso creciente de fuentes de energía térmicas o convencionales.

Tanto, que el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático (GICC, en inglés IPCC) ha establecido que las bases físicas del calentamiento global apuntan de manera incontestable a las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antrópico como máximo responsable del fenómeno; como consecuencia, todos los gobiernos del mundo han acordado iniciar una transición energética para la eliminación completa de estos gases como línea principal de acción [14].

La transición energética contemporánea representa el tercer gran momento de la historia moderna de la

energía y consiste en el paso de la era petrolera a la era de la diversificación energética. Por su propia naturaleza, en este tipo de transiciones la incorporación de nuevas fuentes de energía a la matriz energética implica la activación de nuevos puntos del espacio geográfico, ya sea través de la localización de las actividades de explotación o extracción de las fuentes o por la territorialización de las restantes etapas del proceso económico de la energía, incluyendo su consumo final.

Bajo este panorama, en el Ecuador se vienen implementando políticas de fomento a la generación de energías a partir de fuentes renovables, con el objetivo de atraer inversiones, desarrollar los niveles de empleo, fomentar una mayor flexibilidad en la infraestructura local y respaldar el desarrollo de las tecnologías asociadas a estas energías. En este sentido, el respaldo estatal y privado ha resultado imprescindible en la incorporación y desarrollo de este tipo de tecnologías, apoyo que en general se materializa a través de políticas orientadas fundamentalmente a la inversión en infraestructura para la generación de energía hidráulica.

III.METODOLOGÍA

El contenido del presente artículo se realizó en base a la revisión bibliográfica de la literatura disponible sobre el tema referido atendiendo criterios de artículos científicos indexados en bases de datos tales como: Scopus, Scielo y RedALyC. Con el fin de obtener información adicional acerca del tema, se empleó una búsqueda en cadena por medio de consultas en artículos, informes y documentos públicos que caracterizan y describen la realidad del consumo de la energía eléctrica en el sector industrial del Ecuador. Como resultado de ello, se estableció una relación causa-efecto entre todos los componentes de la investigación y a partir de ella se obtuvo un cuerpo de resultados y conclusiones que permitieron desarrollar un análisis en relación a las posibilidades técnico-económicas presentes en el país a fin de generar energía eléctrica a través del uso de las energías renovables para el sector industrial. Para delimitar la búsqueda se utilizaron los operadores booleanos <AND> (operador restrictivo) y <OR> operador de adición), así como los filtros disponibles en cada base de datos. En definitiva se consultaron un total de 45 distintas fuentes de información de las cuales se seleccionaron 32 documentos, aplicando como criterio de inclusión aquellas que aportaban información actualizada, relevante, confiable y de calidad acerca del tema objeto de investigación. Además la revisión realizada presenta una gama de experiencias y opiniones científicas con puntos de vistas diversos y complementarios sobre el problema. El resto del material bibliográfico se excluyó debido a que parte

importante de este presenta vacíos de información sobre el tema estudiado. La búsqueda fue delimitada entre enero 2004 y junio de 2020.

IV.RESULTADOS

Los resultados de la búsqueda bibliográfica se analizan para cada una de las dimensiones que deben tomarse en cuenta en relación a la generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el país a partir del uso de las energías renovables.

A.Diagnóstico

El crecimiento económico que ha experimentado el

Ecuador durante la última década muestra una relación directa con el aumento en el consumo de energético, este ha aumentado en los últimos 15 años en un 70% llegando a un valor de 110.694 kBEP (miles de barriles equivalentes de petróleo) el año 2014. En los años del 2003 al 2012 se ha mantuvo la tendencia creciente del consumo total de energía con un incremento del 4,5% respecto al año anterior. En este sentido el sector manufacturero represento el 31% en promedio del consumo de energía. Tal y como se señala en la siguiente tabla I.

Tabla I Participación del consumo de energía por grupo periodo 2003-2012

Sectores	Años	
	2003	2012
Residencial	36,00%	35,00%
Comercial	19,00%	20,00%
Industrial	29,00%	31,00%
Alumbrado Público	7,00%	5,00%
Otros	9,00%	9,00%

Fuente: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable [15].

El consumo de energía en el Ecuador está basado primordialmente en los combustibles fósiles con un aporte del 80% de la demanda total energética, esta gran dependencia se ha mantenido a lo largo de los últimos 40 años. Durante la década 1990-2000 ha habido una evolución creciente de la contribución de la energía eléctrica como fuente de energía secundaria importante con una contribución del 14% [16]. La matriz eléctrica de Ecuador está conformada ampliamente por energías limpias, alcanzando el 83% de la capacidad instalada en el 2018, de los cuales el 2% de la generación eléctrica corresponde a energías renovables no convencionales. Hace 10 años la generación eléctrica en el Ecuador originada por energía renovable era del 50%. Sin embargo, la meta actual es lograr alcanzar un 93% en el uso de estas fuentes para los procesos de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica tanto para consumo doméstico como industrial [17].

Adicionalmente, cabe destacar que el índice de cobertura eléctrica alcanzo durante el mismo periodo un 97%. Ecuador cuenta desde el año 2015 con tres (3) nuevas centrales hidroeléctricas que producen energía con la fuerza de los ríos, estas son: Manduriacu, Sopladora y Coca Codo Sinclair. Además, a finales del año 2018 se incorporaron las centrales de: Delsitanisagua

y Minas San Francisco. En toda esta infraestructura el Estado invirtió alrededor de \$ 5.600 millones [17].

Sin embargo, la inversión en otras formas de energía renovable principalmente la solar, eólica y la biomasa han tenido bajo impulso. La energía eléctrica eólica (0.32%), solar (0.07%) y la biomasa (1,59%) no representan ni el 2% de la producción total de electricidad en el país. A pesar de que en Ecuador el incentivo al uso de las energías renovables ha tenido un importante estímulo en los últimos años, aún queda un camino muy largo para poder lograr consolidar una transición total de la matriz energética dependiente del petróleo a una dependiente de los recursos renovables. No basta solo con aprobar leyes que regulen e incentiven el paso a un sistema energético más sustentable sino existe un plan estratégico coordinado por el estado, que involucre a todos los sectores del país en la necesidad en el uso de las energías renovables. La configuración energética del país en relación a las potencialidades en la disponibilidad de los recursos renovables viene determinado por las características geofísicas de este [16].

Básicamente Ecuador cuenta con diversidad de fuentes renovables. La hidroeléctrica, por ejemplo, podría cubrir la demanda total del país en cuanto al consumo eléctrico necesario. Además, Ecuador cuenta con

un potencial interesante de energía solar, en su mayoría difusa producto de la nubosidad que hay en la mayor parte del territorio en los periodos de sol. Este aspecto está presente sin mucha variación durante todo el año. Respecto a la energía eólica esta se centra especialmente en la región de los Andes. La biomasa representa un porcentaje muy bajo en la generación de energía eléctrica en el Ecuador, a pesar de ser un país con potencial agroindustrial muy importante esta tecnología ha sido muy poco difundida y por tanto su aplicación hasta ahora es incipiente [18].

Cambiar la matriz energética para que dependa menos de los recursos no renovables como los combustibles fósiles requiere además de inversión de recursos, contar con un plan estratégico que tenga como objetivo nacional reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y para ello se debe involucrar a todos los sectores del país, incluyendo aquellos que como el petrolero generan contaminación. La alta dependencia en la generación de energía eléctrica producto de la fuente hidroeléctrica convierte a Ecuador en un país vulnerable en la generación y distribución de esta energía ya que esta depende de la red hidrográfica oriental del país que tiene un ciclo natural de lluvias y capacidad hídrica variable. Por lo general estas tienen mayor capacidad entre los meses de junio y noviembre, y su capacidad baja considerablemente entre diciembre y mayo. Justamente se reduce en los meses de mayor demanda especialmente en la costa del país. Por lo tanto, habrá meses en donde no se puede cubrir la demanda en su totalidad

con energías renovable hídrica [19].

Es por ello que se requiere que futuros proyectos sean complementarios con el ciclo natural de las hidroeléctricas, a fin de diversificar los riesgos y poder cubrir la demanda ante distintas situaciones. Otro escollo que se presenta actualmente en el desarrollo de las energías renovables alternativas en el Ecuador es el referente al precio de estas. El costo de un kilovatio (kW) generado por las energías como la solar, eólica, biogás, biomasa o la geotérmica es aún muy superior al generado por la energía hídrica. Estas cuestan casi el doble de la producida por agua [20].

B.El ahorro energético en la industria del Ecuador

Existen diversas razones para fomentar el uso eficiente de energía siendo el principal motivo, la promoción a largo plazo en la seguridad del suministro de la energía, la eficiencia y la competitividad de las economías nacionales como los problemas ambientales, incluyendo el calentamiento global. El enorme potencial de la eficiencia energética en todas las etapas de producción y uso de la energía es ampliamente registrado, sin embargo, alcanzar este potencial sigue siendo un desafío [21]. Es casi inevitable hablar de ahorro energético en el sector industrial. Al factor económico se suman los costos medioambientales. Las manufacturas son las responsables de más del 20% de las emisiones de gases nocivos que se emiten en el planeta [7]. En ese sentido en la siguiente tabla se expone la distribución sectorial de emisiones de CO₂ del Ecuador.

Tabla II Porcentajes de emisiones de CO₂ por sectores año 2016

Sectores	% Emisión de CO ₂
Procesos Industriales	49,46%
Otros (transporte)	44,92%
Energía	5,62%

Fuente: Heres [20]

En este contexto, tomar medidas de ahorro energético en fábricas o plantas de producción se ha convertido en un factor muy importante para la competitividad de las empresas. Existen distintas técnicas y estrategias para lograr reducir el consumo de energía en las manufacturas, incluso sin necesidad de una inversión significativa. Desde cambiar la potencia contratada en las fábricas, hasta evitar picos elevados de tensión [20]. Sin embargo, la disposición de otras alternativas sostenibles más eficientes para el sector industrial, como es el caso por ejemplo de la energía solar térmica da la posibilidad de reducir las altas cantidades de consumo de combustibles fósiles para la generación de calor útil para sus

procesos productivos. Hay fábricas que requieren de procesos térmicos para la producción de sus productos finales [22].

La pasteurización, cocción, teñido, secado y limpieza son algunos de los procesos que requieren de la inyección de calor para lograr elaborar sus productos terminados, tal es el caso de la industria alimentaria, química, textil, minera, entre muchas otras. Cerca del 50% del calor consumido en la manufactura puede ser producida eficientemente con tecnologías termo solar. Esta tecnología se ha venido aplicando exitosamente en países de vías de desarrollo como Brasil, Chile, México y recientemente se está fomentando en el Ecuador

[20]. La energía solar térmica en comparación con la solar fotovoltaica permite aprovechar de una manera más eficiente el abundante recurso solar, llegando a eficiencias del 70% versus el 25% de la fotovoltaica. Al implementar colectores térmicos las empresas obtienen una disminución de sus costos energéticos y de su huella ambiental. Además, las empresas mejoran considerablemente la operatividad de los procesos y aumentan su productividad. Esta tecnología resulta una alternativa técnicamente viable y financieramente atractiva para la mayoría de los sectores industriales [22].

En el caso de la energía que se produce por biomasa, el Ecuador por ser un país tradicionalmente agrícola genera altos niveles de residuos orgánicos, por ejemplo, el bagazo de caña de azúcar, cascarilla del arroz, madera, residuos de procesamiento de alimentos y la cría de animales cuyo uso energético es potencialmente aprovechable. Esta bioenergía no se encuentra desarrollada como otras en el país. Para ello se requieren proyectos integrales de biomasa para el autoabastecimiento de la agroindustria en aplicaciones de calor y el uso directo de biogás (invernaderos, plantas de cría, secado y procesamiento de pollos, etc.) [5].

El aumento significativo de los precios de diésel y el gas natural para los consumidores de la manufactura en 2019 les da a las empresas ecuatorianas un impulso adicional para buscar alternativas en la obtención de fuentes de energía eléctrica para su desarrollo productivo. Hay buenas oportunidades para las pequeñas

y medianas empresas (PYME) del país en las áreas de biodigestores, plantas de MBT, plantas de mejoras de biogás, tecnologías de combustión, bombas de calor y tecnologías de cogeneración. El Ecuador debe priorizar la generación eléctrica de biomasa residual, antes que la generación con biomasa proveniente de cultivos energéticos. La biomasa residual presenta grandes ventajas respecto a los cultivos energéticos ya que estos últimos ocupan grandes extensiones de terreno y sus productos son utilizados con el fin de generar energía. Por lo que el uso intensivo de este proceso ha ocasionado que grandes extensiones de tierra cultivada con fines alimenticios sean reemplazadas para generar energía. Por lo tanto los cultivos energéticos agravan la falta de alimentos en el país. En el caso de la biomasa residual esto no ocurre ya que se utiliza solo los residuos de los productos que han sido ya cosechados [5].

C. Uso de la energía en el sector industrial en Ecuador

La manufactura es uno de los sectores más importantes para el desarrollo económico de un país debido a que aporta notables cifras al Producto Interno Bruto (PIB), en el caso del Ecuador se estima que para el 2018 alcanzó el 17,3% de aportaciones al PIB y un 11% de empleo en el país, generando productos de valor agregado con mayor capacidad de diferenciación y menor costo.

Tabla III Estructura de la Generación de Electricidad Capacidad Efectiva en gigavatios hora (GWh) por Fuentes de Energía Año 2016

Fuentes de Energías	Porcentajes	GWh
Hidráulica	49,69%	13.096,27
Térmica MCI	24,64%	6.494,01
Térmica Turbo vapor	9,20%	2.424,92
Térmica Turbo gas	12,41%	3.271,78
Fotovoltaica	0,14%	36,06
Biomasa	1,55%	407,75
Biogás	0,05%	13,37
Eólica	0,37%	98,81
Importación (Colombia)	1,07%	511,81

Fuente: INER [16]

Aunque el consumo desmedido de energía en el sector manufacturero del Ecuador es parte de la acumulación de problemas ambientales en el país, los procesos industriales necesarios para la producción de bienes no han sido manejados con las normas adecuadas e indispensables para mitigar el daño que se le ocasionado al medioambiente. El 49,46% de las emisiones de CO₂ son provocadas por el sector industrial del país [23].

Por lo tanto, el Estado ecuatoriano conjuntamente con este sector deben de desarrollar una gestión energética integral en los procesos industriales para el manejo y la optimización de la energía a fin de mejorar no solo los niveles de competitividad de las empresas sino con el propósito de disminuir los niveles de contaminación que aun hoy en día persisten. La eficiencia energética en las empresas desempeña sin duda alguna un rol clave en la mejora de la seguridad energética, la sostenibilidad ambiental y el rendimiento económico. Es particularmente importante en las estrategias para mitigar el cambio climático. Hoy en día el número de políticas relacionadas con la eficiencia energética y la conservación está creciendo y cambiando de enfoque [24].

Una de las tendencias que se han venido aplicando es la del cambio en la conservación de la energía, a la aplicación y puesta en marcha de estrategias orientadas a la eficiencia energética (destinada a reducir la energía utilizada por nivel de producción). Otra tendencia ha sido el creciente énfasis en el cambio climático y los objetivos de desarrollo sostenible en base a la promoción e impulso en el uso de las alternativas de las fuentes de energías renovables. En el caso de Ecuador los índices de eficiencia energética revelan que la intensidad energética en los últimos años ha disminuido, pero su valor sigue siendo superior al de países industrializados. Toda estrategia de crecimiento de la manufactura en Ecuador debe estar sustentada en las mejoras de los niveles de productividad que permitan ahorrar costos de energía en cuanto a la mejora de procesos industriales para ser aprovechados en un mejor desarrollo industrial [23].

En Ecuador se han puesto en ejecución sistemas de gestión de la energía que han conseguido ahorros importantes en MWh al año (13.000 Megavatio-hora anual) en el consumo de energía eléctrica, toda esta estrategia basada en el Sistema de Gestión de la Energía, requisitos con orientación para su uso o norma ISO 50001, la cual es una útil herramienta que contribuye a mejorar la eficiencia energética apostando por la mejora continua, creando capacidades para la implementación del estándar de gestión de energía y la optimización de sistemas, elevando la conciencia de las empresas sobre sus beneficios [25]. Tal es el caso de las empresas INDIMA S.A, NOVACERO S.A, GM OBB S.A, INDURAMAS.A,

FIBROACERO S.A y DELLTEX S.A, entre otros casos éxitos de implementación de este sistema [26]. Para el año 2015 dentro del sector manufacturero del Ecuador, uno de los tipos de energía más usados para sus procesos productivos es el diésel oil (38%), seguido por la energía eléctrica (31%) y el gas licuado (10%), lo que ha ocasionado una incidencia directa a una contaminación y emisiones de sustancias tóxicas importantes. Desglosando el consumo de la energía eléctrica en el año 2015 para la manufactura, esta proviene el 49% de hidroenergía y el 47% de energía térmica [27].

De estos valores el consumo eléctrico se concentra en un 33,07% en el sector de alimentos, bebida y tabaco, seguido por el sector en minerales no metálicos, metales y productos metálicos con el 31,06% y el 16,04% para el sector de productos químicos, cauchos y plásticos. Siendo estos tres (3) campos industriales los que mayor consumo de energía eléctrica presentan en el país. En este sentido en el periodo 2006-2015 la producción eléctrica se incrementó en 47%, se ejecutaron y entraron en operación cuatro hidroeléctricas, el parque eólico Villanaco en la provincia de Loja y nueve centrales térmicas, proporcionando 40% de energía hidráulica, 57% de energía térmica y el 4% de otras renovables [28].

En cuanto al consumo de energía total los sectores industriales que por su complejidad, características y matriz productiva consumen mayor cantidad son: el sector petrolero, la industria metalúrgica, la industria de alimentos y el sector textil. En cuanto a los sectores industriales que generan mayor contaminación sin duda alguna, el sector químico es uno de los más contaminantes del país. Esto se debe particularmente al uso amplio de una gama de recursos como combustibles sólidos, gaseosos, y líquidos que emanan gran cantidad de gases tóxicos, provocado por las acciones de cada actividad. Luego se encuentran los sectores: petrolero, metalúrgico, textil y alimentos y bebidas respectivamente.

D.Criterio en el uso de las energías renovables en el sector industrial

La eficiencia energética juega un papel importante en el desarrollo de los sectores económicos del país, principalmente el industrial ya que representa para este sector una mejora en costos y competitividad. En Ecuador se han presentado múltiples barreras y dificultades para mejorar la matriz energética del país, y fundamentalmente el sector industrial ha visto comprometida su capacidad competitiva por no contar con una sólida gestión de eficiencia energética. Problemas de información, de financiación y de falta de tecnología eficientes han profundizado esta situación. Por tal motivo el Es-

tado ecuatoriano se ha esforzado conjuntamente con algunas empresas del sector industrial en procurar transformar tanto la matriz energética como la productiva.

Las estrategias han estado enfocadas en diversificar las fuentes de energía que la manufactura requiere hasta reducir la demanda energética y contrarrestar el impacto ambiental generado por problemas de contaminación. Para ello el Estado ha diseñado con organismos internacionales diversos proyectos y programas de eficiencia energética para las fábricas, los cuales han sido puestos en marcha con interesantes resultados. Todos estos proyectos y programas están orientados a la gestión en el uso de energía eficiente. Para ello se han establecidos una serie de normas y regulaciones para el sector industrial. Uno de los proyectos más exitosos llevados a cabo en el Ecuador ha sido el denominado “Eficiencia Energética para la Industria (EFI)” en el que se logró un ahorro anual de 13.000 MWh en el consumo de electricidad y se dejaron de consumir 2 millones de galones de diesel, mediante la participación de 39 empresas industriales del país [15]. Sin embargo, a pesar de estos logros la eficiencia energética por sí sola no es suficiente, esta debe ser una vía complementaria a las energías renovables, y coadyuvar a un desarrollo tecnológico que ayude a la implementación de estos dos componentes [29].

El sector industrial es heterogéneo y la evolución de cada uno de los subsectores en relación con la eficiencia y el ahorro energético es distinto. Para ser competitivo a nivel internacional, las empresas industriales tiene que reducir el costo de la energía al disminuir su tasa de consumo por unidad de producción, y así reducir la energía consumida en relación con el producto económico [29]. Apostando por las fuentes de energía renovable este sector económico del país puede mitigar las emisiones de CO₂ y plantearse como meta depender menos de las fuentes de origen fósil. En este contexto y analizado la configuración del tejido industrial en el Ecuador considerando las características propias de los procesos industriales de cada sector se estima que la aplicación o uso del tipo de energía renovable debe estar en función de estas características que cada sector tiene en sus procesos industriales [26].

Por lo tanto, definir el tipo de energía renovable a aplicar en cada sector industrial viene determinado por distintas variables. Entre los factores que se consideran importantes para tomar la decisión correcta en relación a que tecnología energética utilizar como fuente de consumo de energía eléctrica para las empresas están básicamente: el factor climático, la ubicación geográfica, el modelo o matriz productiva de la empresa, las condiciones físicas y tecnológicas de los equipos y maquinarias

de producción, el nivel de consumo energético de las unidades productivas, el costo de la tecnología necesaria y la distribución de planta. Dada la diversidad de situaciones que se pueden presentar en cada una de los sectores industriales basta decir que el instrumento fundamental de control que se debe adoptar es la auditoria energética, que permite examinar los consumos en los procesos y detectar las ineficiencias energéticas para su corrección [30].

De los resultados que se obtengan de estas auditorías energéticas se toman decisiones para definir las opciones en cuanto a que fuente alternativa de recursos renovables debe adoptar un determinado sector de la manufactura nacional. Otro criterio que se debe considerar ante una posible instalación de ER en espacios industriales es el de las características tecnológicas (eficiencia, disponibilidad, madurez, inversión, acidificación, empleo, disponibilidad del área, y otras) [31]. Hay empresas industriales que en base a sus productos finales pueden tomar como fuente de energía alternativa o cogeneración para obtener energía eléctrica los residuos o desechos que se generan de sus propios procesos productivos, para este tipo de empresas es recomendable definir el uso de la biomasa o bioenergía la cual le permite aprovechar estos recursos para su ahorro energético. En otros casos hay sectores industriales que por su ubicación geográfica le es más conveniente definir su estrategia de eficiencia energética adoptando por ejemplo la tecnología de la energía eólica.

Hay otro tanto de empresas industriales que presentan sistemas productivos más complejos que requieren de una tecnología energética muy específica ya que sus equipos y maquinarias (calderas, hornos, etc.) demandan un volumen de energía muy determinante para desarrollar sus productos finales, es el caso del sector industrial que requiere de procesos de calentamiento térmicos continuos. Los principales requerimientos de energía para los procesos industriales de este tipo normalmente ocurren a temperaturas entre los 80 y 250 grados centígrados. Para este sector industrial es conveniente definir la factibilidad de implementar el uso de la energía solar térmica o en su defecto de producción de biogás con usos energéticos. Incluso se puede dar el caso el uso combinado de ambas fuentes. Para aquellas aplicaciones que operan a los niveles de temperaturas antes mencionados, es necesario desarrollar los captadores solares de alta eficiencia así como los concentradores solares con sus diversos componentes para integrar sistemas [32].

Actualmente el sector manufacturero en el Ecuador obtiene mayormente su energía eléctrica de las fuentes hidroeléctricas tanto de las grandes centrales como

de las pequeñas unidades, esto es debido a que el país cuenta además de un gran potencial hídrico para la generación de esta energía en todo su territorio, de la capacidad y la experiencia técnica de sus recursos humanos, estos tres (3) elementos le han permitido al Ecuador contar con grandes y pequeñas unidades de centrales hidroeléctricas dependiendo de la zona geográfica de que se trate.

Hay empresas pequeñas y medianas cuyo consumo de energía eléctrica no requieren de grandes cantidades de fuentes de energía para alimentar sus procesos de producción. Estas empresas pueden ser atendidas a través del sistema nacional de interconexión (SNI) por medio de centrales hidroeléctricas de menor escala, y dependiendo de las características de sus procesos y productos finales podrían desarrollar incluso planes de uso combinado de energías renovables como: solar, eólica o biomasa. La posibilidad de asegurar la provisión de energía eléctrica mediante redes distribuidas ha vuelto atractivo el uso de centrales de potencias pequeñas, que podrían utilizarse cerca o en los centros de consumo [31].

V. CONCLUSIONES

1. Las energías renovables son aquellas que por su cantidad en relación a los consumos que los seres humanos pueden hacer de ellas son inagotables y su propio consumo no afecta el medio ambiente. Básicamente Ecuador cuenta con diversidad de fuentes renovables siendo la más desarrollada la hidroeléctrica, esto debido principalmente por las características geofísicas presentes en el país. En el Ecuador se vienen implementando planes y programas de fomento en la generación de energías a partir de fuentes renovables, con el objetivo de respaldar el desarrollo de las tecnologías asociadas a estas y cuya finalidad es la de incrementar el ahorro en el consumo de energía eléctrica tanto para los ciudadanos como para el sector productivo del país. Sin embargo a pesar de los avances obtenidos en los últimos años, la inversión en otras formas de energía renovable principalmente la solar, eólica y la biomasa han tenido un bajo impulso. Es por ello que para lograr alcanzar la meta planteada del 93% en el uso de estas fuentes tanto para uso doméstico como industrial, se requiere que tanto el sector público y privado realicen esfuerzos conjuntos de inversión y ejecución de proyectos que procuren cambios significativos en la configuración energética del país.

2. La eficiencia energética en la manufactura desempeña sin duda alguna un rol clave en la mejora de la seguridad energética, la sostenibilidad del medio am-

biente y la productividad económica. En los actuales momentos el enfoque de políticas relacionadas con la eficiencia energética y la conservación está creciendo y cambiando notablemente. En este sentido los índices de eficiencia energética en el Ecuador muestran que la intensidad energética en los últimos años ha disminuido, pero su valor sigue siendo superior al de los países industrializados. El sector industrial en el país es diverso y la evolución de cada uno de los subsectores en relación con la eficiencia y el ahorro energético es diferente. Dentro del sector manufacturero del Ecuador, los tipos de energía más utilizados para sus procesos productivos es el diésel oil (38%), seguido por la energía eléctrica (31%) y el gas licuado (10). El criterio del tipo de energía renovable que se debe aplicar en el Ecuador debe estar en función de las características que cada sector industrial tiene en sus procesos productivos, sin dejar a un lado otros factores que se consideren importantes para tomar la decisión correcta en relación a que tecnología energética utilizar como fuente de consumo de energía eléctrica para las empresas. Para tomar una decisión correcta respecto a cual energía es la más conveniente, se debe adoptar en principio la auditoría energética, la cual permite examinar los consumos en cada uno de los procesos y detectar las ineficiencias energéticas presentes en cada uno de ellos para su debida corrección, así como la tecnología que se requiere según las características de cada proceso inherente a cada sector industrial.

REFERENCIAS

- [1] B. Brinkworth, "Energía solar para el hombre", Madrid: Herman Blume, 2004.
- [2] L. Rodríguez S, "Protocolo de Kioto debate sobre ambiente y desarrollo en las discusiones sobre cambio climático", *Gestión y Ambiente*, vol. 10, n° 2, pp. 119-128, 2007.
- [3] A. Arrieta, "Panorama y futuro energético mundial", *Ingeniería y sociedad*, 2017, pp. 26-29.
- [4] A. I. d. E. IEA, *Irena.org*, 2018. [En línea]. Available: www.irena.org/publications. [Último acceso: 5 julio 2020].
- [5] A. Mena Pachano, «El desarrollo de la energía renovable en el Ecuador,» *Axioma*, pp. 50-62, 2017.
- [6] ARCONEL, Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2015. [En línea]. Available: www.regulacionelectrica.gob.ec. [Último acceso: 6 julio 2020].
- [7] «Cambio Energético,» 28 agosto 2018. [En línea]. Available: www.cambioenergetico.com. [Último acceso: 7 Julio 2020].
- [8] C. Estrada y C. Arancibia, "Las energías renovables: La energía solar y sus implicaciones" *Revista Digital Universitaria*, vol. 11, n° 8, pp. 1-27, 2010.

- [9]L. Juberias S, "Energías renovables, propuesta didáctica", Ribalta, vol. 21, p. 28, 2014.
- [10]O. Jaramillo y M. Borgas, "Energía del viento", Ciencia, pp. 18-20, 2010.
- [11]E. Santoyo y R. Barragán, "Energía geotérmica", Ciencia, pp. 40-51, 2010.
- [12]A. Herrea y A. Quintero, "La energía de origen marino y su potencial en Venezuela", Interciencia, vol. 6, n° 42, pp. 393-399, 2017.
- [13]Organización de las Naciones Unidas, "La bioenergía sostenible: un marco para la toma de decisiones", - Disponible en: <https://repositorio.cepal.org>: Naciones Unidas., 2007.
- [14]S. Morales, "Decisión multicriterio: Aplicación en la selección de alternativas de generación de energía eléctrica, de la economía ambiental a la economía ecológica". Tesis Doctoral, Universidad Mayor de San Andrés., Bolivia, 2018.
- [15]Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, "Eficiencia energética para la industria en Ecuador", Quito, 2016.
- [16]INER, "Análisis de oportunidades en eficiencia energética y energías renovables en Ecuador. Un enfoque desde el sector académico", Quito, 2016.
- [17]R. Ekos, Ekos, 15 02 2018. [En línea]. Available: www.ekosnegocios.com/negocios/verarticuloContenido.aspx?idArt=10182. [Último acceso: 15 mayo 2020].
- [18]International Renewable Energy Agency (IRENA), "Análisis del mercado de energías renovables en América Latina", IRENA, 2015.
- [19]Ministerio de Coordinación de Sectores Estratégicos, "Balance energético nacional",» Quito, 2016.
- [20]D. Heres, "El cambio climático y la energía en América Latina", Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, 2015.
- [21]A. Pasmíño M, "Análisis del plan nacional de eficiencia energética en el Ecuador", Riemat, vol. 5, n° 1, p. 28, 2020.
- [22]J. Pasqualino y V. Cabrera, "Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólicas y solar en el Caribe", Prospectiva 13, vol. 13, n° 1, pp. 68-75, 2015.
- [23]F. E. Pacheco Guiguiano, "Modelo de gestión estratégica para la industria de energías renovables bajo el escenario de cambio de la matriz energética del Ecuador", Repositorio Institucional UASB-Digital, Quito, 2018.
- [24]J. Gonzalez, K. Ruiz y G. Poveda, "Desarrollo de energías renovables en el Ecuador del siglo XXI, optimización de recursos económicos y conservación del medio ambiente", Observatorio Economía Latinoamericana, 2017.
- [25]N. Balderramo, G. Pico y E. Muñoz, "Eficiencia energética en función del plan maestro de electrificación (PME) en Ecuador", Riemat, vol. 3, n° 2, p. 8, 11 julio 2018.
- [26]G. E. Gancino Bustamante, "Análisis de escenarios de la gestión energética del sector industrial del Ecuador", Quito, 2018.
- [27]Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, "Balance energético nacional 2016", Quito-Ecuador, 2016.
- [28]El Universo, "Eficiencia energética como recurso de ahorro industrial", 9 junio 2017.
- [29]M. Montes Ponce de Leon y Carrasco.R, "La eficiencia energética en la economía española y las energías renovables",» Economía Industrial, 2004, pp. 143-163.
- [30]P. Roldán y E. Cazca, "Evaluación de las energías renovables no convencionales factibles de desarrollarse en el Ecuador" Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2009.
- [31]Barragan, Terrados, Vanegas y Zalamea, "Factores que influyen en la selección de energías renovables en la ciudad", EURE, vol. 45, n° 134, Enero 2019.
- [32]Instituto de Energías Renovables, UNAM, «Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia,» RMF, vol. 59, n° 2, p. 81, octubre 2013.