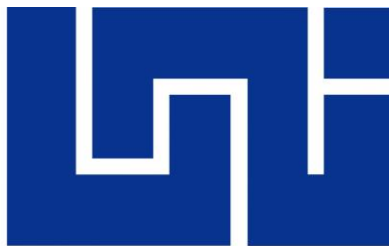


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Recinto Universitario Simón Bolívar
Facultad de Electrotécnica y Computación



Líder en Ciencia y Tecnología

DOCUMENTO MONOGRÁFICO

**“EL AGUA, COMO ELEMENTO IMPORTANTE EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA EN NICARAGUA”**

Autores:

Br. Tania Noelia Rivera Saldaña

Br. Michael Geovanny Barahona Ferrey

Tutor:

Msc. Ing. Ramiro Arcia Lacayo

**Managua, Nicaragua.
Octubre 2017**

Dedicatoria

El presente trabajo monográfico es dedicado a nuestros padres y familiares; que, con su apoyo incondicional en todo momento, hemos logrado afrontar cada acontecimiento de nuestras vidas, inspirándonos a luchar por alcanzar y no abandonar nuestras metas y sobretodo culminar nuestra carrera universitaria.

A nuestros docentes quienes nos enseñaron tanto de la profesión como de la vida, impulsándonos siempre a seguir adelante.

Y a todas aquellas personas que desde el inicio de nuestra carrera creyeron en nosotros y siempre nos brindaron su apoyo y solidaridad.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios, que me ha brindado una vida llena de alegrías y aprendizaje, permitiéndome vivir una grata experiencia en mi etapa universitaria.

A mis padres, por estar siempre en los momentos importantes de mi vida, por ser el ejemplo para salir adelante y por los consejos que han sido de gran ayuda para mi vida y crecimiento, por haberme apoyado en todo momento, por sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi hija, por ser la mejor hija de todas, y por hacer de mí, la madre más feliz de este mundo, por ser mi motivación y la causante de mi anhelo de salir adelante, progresar y culminar con éxito esta monografía.

A mis familiares y amigos, que siempre tuvieron una palabra de apoyo para mí, durante mis estudios, en especial a Javier Rojas por confiar en mí y motivarme a alcanzar mis metas.

A nuestro tutor Msc. Ing. Ramiro Arcia Lacayo, por la orientación y ayuda que nos brindó para la realización de esta monografía, por su apoyo y amistad.

A la Universidad Nacional de Ingeniería y en especial a la Facultad de Electrotecnia y Computación por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

Br. Tania Noelia Rivera Saldaña.

En primer lugar, doy gracias a Dios por haberme dado la vida, salud y sabiduría para realizar ésta monografía, por estar siempre a mi lado, aunque no pueda verlo.

A mis padres, Edwin y Claudia por su incondicional apoyo en todo momento, por estar siempre presente, por brindarme y trasmitirme confianza y ánimo para continuar y no abandonar mis metas.

A mis familiares y amistades, por creer siempre en mí, e impulsarme a cumplir mis sueños.

A nuestro tutor el Msc. Ing. Ramiro Arcia Lacayo, a quien considero una persona muy profesional y de gran calidad humana.

A nuestra alma mater, la Universidad Nacional de Ingeniería por brindarme la oportunidad de ser parte de tan prestigioso y reconocido cuerpo de profesionales.

Br. Michael Geovanny Barahona Ferrey.

Resumen

Hasta hace pocos años, el nexo agua-energía se circunscribía a los aspectos técnicos, económicos y ambientales de la producción de energía hidroeléctrica. Con toda la importancia que esta fuente de energía renovable tiene y ha tenido desde hace décadas, las relaciones entre el sector energético y el del agua constituyen hoy un aspecto esencial para lograr mejoras en ambos sectores que contribuyan a un desarrollo económico y un uso de recursos más sostenibles. La constatación de que la gestión integral del agua es muy exigente en consumo energético y, consecuentemente, de que ambos sectores deben planificarse de manera conjunta y coordinada es muy reciente. Cualquiera que sea el escalón o la etapa del ciclo del agua, el consumo energético se destaca como el principal factor de coste variable. Las tecnologías de uso y tratamiento de aguas han evolucionado muy rápidamente en los últimos años para disminuir riesgos para la salud, aumentar la eficiencia y precisión con que se usa el agua y disminuir la carga de contaminantes con que se devuelve a las fuentes naturales o se reintegra en el ciclo de usos. En todas ellas, el uso de energía es importante y creciente.

También muy recientemente se ha comprobado que el empleo de ciertas fuentes de energía renovables puede requerir agua en cantidades no despreciables para garantizar los procesos de refrigeración.

Este trabajo monográfico trata de ofrecer una visión amplia y actualizada del nexo agua-energía y la importancia del agua en la generación de energía eléctrica en Nicaragua, a partir de otros informes y publicaciones basadas en análisis globales, sobre las necesidades de agua para la producción de energía eléctrica.

Índice

1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
3. Justificación	5
4. Hipótesis	6
5. Objetivos.....	7
6. Marco Teórico.....	8
Generalidades.....	8
Definición de Agua.....	8
Propiedades físicas y químicas	8
Recursos hídricos de Nicaragua	9
El papel del agua en la extracción de combustibles fósiles.	11
Carbón.....	11
Petróleo y gas natural.....	11
El papel del agua en las plantas termoeléctricas.	12
Uso del agua y consumo	13
Problemática de la calidad del agua y del medio ambiente.	13
El papel del agua en plantas hidroeléctricas.....	14
Uso y consumo del agua.	14
Problemática de la calidad del agua y del medio ambiente.	14
El papel del agua en la generación de energía a través de fuentes renovables. 15	
Energía solar	15
Energía eólica.....	15
Energía geotérmica	16
7. Capítulo I Generación de electricidad y consumo de agua.....	17
7.1 Situación del sector de generación de electricidad en Nicaragua.....	18
Plan de expansión de generación.....	18
7.2 Uso y aprovechamiento del agua en la generación de energía eléctrica.	19
Uso del agua en los diferentes tipos de Centrales.....	21
8. Capítulo II Sistemas Óptimos de Generación	33
8.1 Energía renovable en Nicaragua, oportunidades y beneficios	34

Energía eólica.....	34
Energía solar fotovoltaica	35
Energía geotérmica	36
8.2 Consumo de agua por tecnología de energía.....	37
8.3 La energía eólica contribuye a ahorrar agua.....	38
Según un estudio del fabricante de aerogeneradores Vestas Wind Systems en Europa:	39
Complementariedad Hidráulica - Eólica.....	40
8.4 Impacto ambiental de las centrales de generación.	41
Impactos más destacados en centrales hidroeléctricas.....	41
Impacto ambiental de las centrales termoeléctricas.	41
Impacto ambiental de los parques eólicos	42
Impacto ambiental de las plantas geotérmicas	43
Impacto ambiental de las plantas solares fotovoltaicas	43
9. Capítulo III Proyección del Sistema de generación más viable.	45
9.1 Energía Eólica como generación óptima en Nicaragua.	46
¿Por qué la energía eólica?	46
Agua consumida en Aerogeneradores.....	49
Inconvenientes de la energía eólica	49
Desafíos y oportunidades de la energía eólica en Nicaragua.....	50
9.2 Relación entre la eólica y las centrales Hidroeléctricas de embalse de regulación	50
Intermitencia eólica.....	51
9.3 Coste y rentabilidad de la energía eólica	51
9.4 Retiro de Plantas de Generación.	53
9.5 Cartera de Proyectos.	54
Proyectos eólicos, fotovoltaicos y de biomasa.....	54
9.6 Escenario del Plan de Expansión de Generación.	55
10. Conclusiones.....	59
11. Recomendaciones.....	60
12. Referencias bibliográficas	61
13. Anexos	65

Índice de Tablas, figuras y gráficos.

Gráfico 1. Previsión de la evolución de la matriz de generación, escenario de demanda media.....	19
Grafico 2. Agua utilizada y consumida en la generación de electricidad en España 2007	20
Fig. 1. Central Hidroeléctrica de regulación.	23
Fig. 2. Central Hidroeléctrica de Bombeo.....	25
Fig. 3. Aspectos relevantes en la definición de uso de agua en una central termoeléctrica.....	26
Fig. 4. Esquema simplificado de ciclo Rankine con sus principales componentes.	27
Fig. 5. Representación esquemática de diferentes sistemas de refrigeración.	29
Gráfico 3. Agua operacional consumida por Generadoras Térmicas y no Térmicas (m ³ /MWH).....	38
Tabla 1. Plantas de generación a retirarse.....	53
Tabla 2. Proyección de proyectos.	54
Tabla. 3 Escenario A.	56
Gráfico 4. Evolución prevista de la matriz de generación de Energía.	58

1. Introducción

El agua juega un papel muy importante en la vida diaria del ser humano, es indispensable, así también en la generación de energía eléctrica. El agua y la energía son también esenciales para la vida, para el crecimiento económico del país y para el progreso humano. Sin embargo, para generar energía eléctrica se necesita agua y para tratar el agua se necesita energía eléctrica, esta relación agua-energía genera un impacto no sólo en la sociedad y en la economía del país, sino también en la naturaleza.

Nicaragua es un país con gran potencial en cuanto a recursos naturales, muchos de los cuales sin aprovechar plenamente. En el caso de los recursos energéticos se cuenta con un potencial para generación de energía eléctrica superior a los 5000 MW distribuidos en recursos geotérmicos, hídricos, eólicos y bioenergéticos (excluyendo el potencial solar).

Muchos de estos métodos para generar energía eléctrica, también se pueden implementar en zonas rurales totalmente aisladas, donde se cuenta con recursos hídricos, los cuales se pueden aprovechar para generar energía eléctrica que sea económicamente viable para los pobladores. Por ejemplo; mini centrales hidroeléctricas u otros proyectos a menor escala.

Este documento monográfico plantea analizar la importancia del Agua en el sector energético de Nicaragua.

2. Antecedentes

Nexo Agua – Energía

En la medida en que han crecido las preocupaciones respecto a la escasez de agua, ha surgido un término para definir el equilibrio entre su uso y la necesidad de producción de energía: el nexo agua-energía.

El agua y la energía están compitiendo, las necesidades urgentes son esenciales para el negocio, pero también son fundamentales para la seguridad nacional, así como también para el medioambiente. La explicación es simple: la producción de energía requiere agua. La obtención de agua utiliza energía.

Agencia Internacional de Energía, World Energy Outlook 2012

El agua es esencial para la producción de energía, y el sector energético representa ya el 15% del uso total de agua en el mundo. Se espera que dicha necesidad continuará creciendo, por lo cual el agua será un criterio cada vez más importante a la hora de evaluar la factibilidad de proyectos energéticos. En algunas regiones las restricciones de agua ya están afectando la confiabilidad de las operaciones existentes e introducen costos adicionales. Se estima que la ampliación de la potencia de generación de energía eléctrica y la producción de biocombustibles producirá un aumento del 85% en la cantidad de agua consumida (el volumen de agua que no es devuelto a su origen después de su uso) hasta el año 2035.

El Laboratorio Nacional Sandia, Estados Unidos.

La producción de energía requiere una fuente confiable, abundante y predecible de agua, un recurso que ya escasea en gran parte de los Estados Unidos y en el mundo. La industria de la electricidad está en el segundo puesto, sólo luego de la agricultura, como el mayor usuario de agua en los Estados Unidos. La producción de electricidad a partir de los combustibles fósiles y la energía nuclear requieren 190.000 millones de galones de agua por día, representando el 39% de todos los

consumos de agua dulce del país, con el 71% solamente como responsable de la generación de energía eléctrica a partir de combustibles fósiles. El carbón, el combustible fósil más abundante, actualmente representa el 52% de la generación de electricidad en los Estados Unidos y cada kWh generado a partir del carbón requiere el consumo de 25 galones de agua. Eso significa que los ciudadanos norteamericanos indirectamente pueden depender del agua tanto para ducharse o regar sus jardines como también para encender las luces y hacer funcionar los múltiples aparatos eléctricos que utilizan.

Las organizaciones y gobiernos en todo el mundo están interesados en la creación de políticas diseñadas para tratar ambos temas en forma equitativa. Sin políticas concretas que aborden la eficiencia en el uso del agua y la energía, las consecuencias a nivel mundial pueden llegar a ser desastrosas.

El análisis de la Agencia Internacional de Energía muestra que, en la ausencia de una política concertada, dos tercios del potencial económicamente viable para mejorar la eficiencia de energía seguirán siendo no utilizados hasta el año 2035. Por el contrario, la adopción de medidas para mejorar la eficiencia energética podría retrasar el 'bloqueo' completo de las emisiones permisibles de dióxido de carbono. También traería una sustancial seguridad energética y beneficios económicos, incluyendo el recorte de las facturas de combustible en un 20% en promedio.

Otro problema inmediato en el delicado equilibrio entre el agua y la energía es causado por el crecimiento de la población, que exigirá a los seres humanos la necesidad de mayores recursos. Se necesitarán más alimentos, más energía y más agua.

Lograr un equilibrio entre estas necesidades de competencia y disminución de los recursos traerá aparejado una combinación de enfoques que podrían ayudar, dicen los expertos. Esto incluye factores tales como la educación para la cooperación voluntaria sobre la conservación, tanto del agua como de la energía, la formulación de políticas sobre cuestiones tales como las emisiones y los recursos, la creación y adopción de tecnologías útiles, entre otros muchos otros más.

Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España (2010)

Distribución de agua

Debido a las diferencias de altura de las zonas donde tiene que llegar el agua, el coste energético de la distribución de agua será más o menos elevado. Aunque en algunos casos, solo con la gravedad basta para suministrar el agua, en la mayoría de los casos, el bombeo es necesario.

Canalización y tratamiento de aguas residuales

Mientras la canalización de las aguas residuales no representa un coste energético muy elevado, su tratamiento, que varía según la contaminación del agua, tiene un coste considerablemente más elevado. Como en el caso del tratamiento del agua, lo que más influye el coste energético de la depuración de agua es en primer lugar el estado de contaminación del agua, y luego en menor importancia, el nivel de calidad requerido para su uso futuro.

Vertido de aguas residuales

El agua, cuando ha de ser vertida, o devuelta al medio ambiente, requiere un coste energético muy bajo, pues ha estado tratada en plantas de depuración, el único coste que queda es su canalización hacia la zona de vertido, que puede en algunos casos requerir una estación de bombeo.

Tratamiento y distribución de aguas recicladas

Según el uso que se quiera hacer de las aguas recicladas, el nivel de calidad requerido acarreará un coste energético más o menos elevado. En España, el agua reciclada se destina sobre todo para uso urbano (excepto para el consumo humano), agrícola, industrial, recreativo y ambiental.

3. Justificación

El agua es muy importante cuando hablamos de generación de energía eléctrica, es una de las fuentes primarias principales en la mayoría de los procesos de generación de energía eléctrica.

La energía requiere de agua

La energía hace posible el funcionamiento de la sociedad moderna. En la mayor parte del mundo, la energía eléctrica depende de plantas generadoras que queman combustible fósil y en menor grado, de energía nuclear o hidráulica. La forma en que operan actualmente las plantas de energía solar térmica, requiere de grandes cantidades de agua que a la vez queda no apta para consumo humano. Dependiendo del tipo de sistema de enfriamiento de las plantas de energía, puede haber una gran variación en las cantidades de agua requeridas. La energía proveniente de las fuentes renovables como fotovoltaica y eólica, por otro lado, requieren muy poca agua.

Los combustibles fósiles proporcionan alrededor del 80% de las necesidades actuales de energía en el mundo, incluyendo la mayoría de los sistemas de transporte. El proceso para lograr extraer u obtener estos combustibles fósiles de la tierra requiere de grandes cantidades de agua, cabe destacar que estos procesos afectan la calidad y la viabilidad del agua.

El agua requiere de energía

El suministro de agua y su calidad requieren, en muchos casos, de grandes cantidades de energía. En muchos países o regiones, se necesita una considerable cantidad de energía para bombear el agua y transportarla a gran distancia desde sus fuentes de origen hasta los consumidores. En lugares en donde hay agua, pero la contaminación es alta, las soluciones para mejorar la calidad del agua, incluyendo el tratamiento de aguas residuales, dependen de la energía eléctrica. El caso extremo es la desalinización, que requiere de una gran cantidad de energía eléctrica.

4. Hipótesis

Demostrar la importancia del agua en la generación de energía eléctrica en Nicaragua mediante estudios, datos internacionales e investigaciones realizadas tanto en Nicaragua como en otros países.

5. Objetivos

Objetivo General

Determinar la importancia del agua en la generación de energía eléctrica en Nicaragua.

Objetivos Específicos

Analizar todos los procesos de generación de energía eléctrica en el país.

Determinar cuál de todos los sistemas de generación de energía eléctrica es el óptimo, con menor impacto ambiental y más viable económicamente.

Proyectar a futuro la viabilidad del sistema de generación más óptimo.

6. Marco Teórico

Generalidades

Actualmente el nivel de agua dulce está cada vez más bajo, y sigue reduciéndose. Los porcentajes de agua a nivel mundial son, 97 por ciento de agua salada, 2 por ciento de agua congelada en glaciares y poco menos del 1 por ciento de agua dulce.

Definición de Agua

El Agua es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El término Agua generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido, aunque la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en su forma gaseosa denominada vapor.

Propiedades físicas y químicas

- El agua es líquida en condiciones normales de presión y temperatura. El color del agua varía según su estado: como líquido puede parecer incolora en pequeñas cantidades.
- El punto de ebullición del agua (y de cualquier otro líquido) está directamente relacionado con la presión atmosférica.
- El agua es un disolvente muy potente, al que se le ha catalogado como el disolvente universal, y afecta a muchos tipos de sustancias distintas.

Recursos hídricos de Nicaragua

Hidrográficamente, Nicaragua está dividida en 21 cuencas distribuidas en dos grandes vertientes hidrográficas: la vertiente del Pacífico (de 12,183.57 km²) y la del Mar Caribe (117,420.3 km²).

Existen 80 ríos principales, 51 de los cuales tienen su vertiente en el Mar Caribe. Estos últimos representan los recursos hídricos superficiales más importantes del país, los cuales se clasifican en 13 importantes cuencas (algunas con más de 15.000 km²) y cubren el 91% del territorio. Por su enorme longitud, los ríos de la Costa Atlántica se ven afectados por actividades antropogénicas que se realizan en las partes altas de las cuencas.

Nicaragua tiene, además, en cuerpos de agua permanentes, cerca de 11.000 km² de su territorio, entre ellos una de las reservas más grandes de Latinoamérica, el lago Cocibolca, a una altitud de 31 msnm y una superficie de 8.143,7 km. Adicionalmente, tiene 18 lagunas, 9 en la región Pacífica, 5 en la región Central y 4 en la región Atlántica.

También cuenta con cuatro embalses: tres con fines hidroeléctricos y uno para riego y piscicultura.

El sistema interconectado nacional de Nicaragua tiene una capacidad instalada total de generación eléctrica utilizable de 439,78 MW, de los cuales 102,8 MW son de origen hidroeléctrico y equivalen al 26%. No obstante, no se tiene información fidedigna sobre el volumen de agua utilizado para estos fines. En ocasiones, se adiciona temporalmente al sistema generación producida por biomasa (ingenios azucareros), la cual varía entre los 16 y 30 MW. Para el 2001, MARENA estimaba el uso de agua para hidroelectricidad en 481 Mm³ anuales, es decir, 0,49% de la disponibilidad total estimada en el país.

En diversas cuencas se han identificado varios enclaves para el desarrollo hidroeléctrico y se han realizado estudios en diferentes niveles. Sin embargo, son

pocas las obras que se encuentran en ejecución física. Existen proyectos futuros hidroeléctricos y otros renovables, que con capacidad menor de 30 MW ya están perfilados, y también 16 proyectos, con estudios más elaborados, que producirían en su conjunto 150,5 MW. Asimismo, están identificados 12 sitios donde se pueden construir plantas hidroeléctricas que pueden llegar a superar los 300 MW. Si se llevara a cabo la construcción de estas plantas, se adicionarían 1.112,5 MW a la capacidad instalada.

Recursos de energía en Nicaragua

- Energía Hidroeléctrica
- Energía Eólica
- Energía Geotérmica
- Energía de la Biomasa
- Energía Térmica

La electricidad en Nicaragua es generada por diferentes fuentes de energía. La mayoría de nuestra electricidad es generada usando combustibles fósiles.

La energía eléctrica también se obtiene a partir de plantas nucleares, hidroeléctricas, y otros recursos de energía renovable, incluyendo la energía eólica, geotérmica y biomasa. Cada uno de estos procesos requieren agua de una u otra manera para generar energía.

El papel del agua en la extracción de combustibles fósiles.

Los combustibles fósiles son recursos no renovables que se formaron de plantas que vivieron millones de años atrás. Para ser utilizados en la generación de electricidad, estos recursos primero tienen que ser extraídos de la tierra. El proceso de extracción de éstos requiere de agua.

Carbón

El agua se utiliza en las minas de carbón para el enfriamiento de los equipos. El agua es esparcida por todo el lugar para mantener bajos los niveles de polvo. Se estima que las mineras de carbón utilizan hasta 260 millones de galones de agua por día. El agua también se utiliza para el transporte del carbón a través de las tuberías de la minería. El carbón se mezcla con el agua para facilitar el transporte del mismo a través del sistema de tuberías por la mina. Finalmente, cantidades significantes de agua se usa para limpiar las impurezas del carbón antes de quemarlo.

Petróleo y gas natural

En primer lugar, se usa una pequeña cantidad de agua para extraer petróleo y gas naturales de pozos, sin embargo, a medida que los pozos envejecen, el agua se bombea para mantener presión y el petróleo y el gas fluyendo. La mayor cantidad de esa agua no es potable. Cuando el petróleo y el gas son extraídos de la tierra; el agua es también extraída junto con estos. Se estima que 49 millones de galones de agua son extraídos en este proceso cada día. Solamente el setenta por ciento de esta agua se puede reciclar y reusar.

Otro método para extraer gas natural es el que se conoce como *Fracturamiento Hidráulico* o *Hidrofracturamiento*. En este método se inyecta un líquido especial denominado líquido de Fracturamiento, en la perforación para crear Fracturas que permitan al Gas Natural ser extraído desde las profundidades del suelo fácilmente. Este líquido de Fracturamiento incluye hasta 99 por ciento de agua con químicos. El

Hidrofracturamiento requiere hasta 5 millones de galones de agua por pozo. Se estima que la cantidad de esta agua recuperada y no consumida puede variar de un 15 a un 80 por ciento, dependiendo del área.

Preocupación de la calidad del agua y del medio ambiente.

El proceso de extracción de combustibles fósiles aumenta la problemática de la calidad del agua. Una problemática es la contaminación de aguas subterráneas y aguas superficiales a través de los químicos que se usan en este proceso de extracción. Los elementos que se encuentran naturalmente en las rocas se pueden lanzar también en cantidades que puedan contaminar el agua.

Los escurrimientos que provienen de las minerías de carbón pueden también contaminar el agua. Además, el agua que se usa para escurrir el carbón se contamina en el proceso. Esta agua debe eliminarse cuidadosamente para evitar la contaminación de fuentes de agua fresca.

El papel del agua en las plantas termoeléctricas.

Las plantas Termoeléctricas operan usando una fuente de energía para calentar agua y producir vapor. El vapor se utiliza luego para hacer girar una turbina y generar electricidad. El carbón, petróleo y gas natural se pueden quemar para calentar el agua y convertirla en vapor. En cambio, las plantas Nucleares utilizan la fisión nuclear por medio del Uranio para vaporizar el agua.

La Biomasa es un recurso de energía renovable que proviene de una variedad de recursos. Estos recursos incluyen desperdicios municipales e industriales, estiércol, residuos de cultivos de granjas, madera y especialmente los cultivos. Dependiendo de la fuente la biomasa se puede concentrar y quemar directamente en la misma manera que el gas natural. Otras formas de energía renovables, así como la energía

solar y geotermal se pueden emplear para convertir el agua en vapor y así generar energía eléctrica.

Uso del agua y consumo

Las plantas termoeléctricas requieren de agua para el enfriamiento y condensación del vapor. El agua también se usa para limpiar los equipos. Sistemas viejos de lazo abierto retiran grandes cantidades de agua desde una fuente cercana de agua, esta puede ser un lago o un reservorio. Este sistema bombea el agua devuelta al lago o reservorio después de haberse utilizado para el enfriamiento de los equipos. Aunque se utiliza grandes cantidades de agua en este proceso, menos del uno por ciento de esta agua se evapora en el proceso.

Las nuevas plantas utilizan el sistema en lazo cerrado. Estos sistemas usan menos del cinco por ciento de agua para operar, en comparación con modelos más viejos. Sin embargo, la mayor parte de esta agua se consume en la evaporización. Así los nuevos sistemas consumen tanta agua como los modelos viejos, aunque estos en el proceso retiren y utilicen el agua.

El uso y consumo del agua en una planta termoeléctrica puede variar en el recurso que se usa y el tipo de planta. En promedio, aunque, las plantas termoeléctricas en los Estados Unidos retiran y usan alrededor de 136 billones de galones de agua al día y consumen cerca de 3.3 billones de agua por día.

Problemática de la calidad del agua y del medio ambiente.

Aunque la mayor parte del agua desechada de una planta termoeléctrica se hace retornar a su fuente, aún existen algunos efectos negativos en la calidad de esa agua y del medio ambiente. Cuando los niveles del agua son bajos en cierta área, las grandes cantidades de agua retirada para generar electricidad pueden poner en riesgo la vida acuática de esa fuente local de agua. Cuando se envía de regreso el agua que se ha usado en la planta, ésta retorna a una temperatura más alta de lo

normal. Esto puede afectar la vida acuática en los meses de verano particularmente cuando la temperatura ambiente del lago o reservorio está a pico.

El papel del agua en plantas hidroeléctricas.

La energía Hidroeléctrica usa el flujo de agua para hacer girar una turbina y generar electricidad. La mayoría de estas plantas están localizadas cerca de ríos, donde estas pueden aprovechar el flujo del agua. Las plantas Hidroeléctricas a gran escala se basan grandes presas para así lograr controlar el flujo de agua. Estas presas crean grandes reservorios conteniendo una vasta cantidad de agua. La cantidad de agua liberada sobre la presa para hacer girar las turbinas se puede controlar. Esto permite que las plantas logren generar más energía eléctrica cuando la demanda incrementa.

Uso y consumo del agua.

Las plantas Hidroeléctricas usan grandes cantidades de agua para hacer girar las turbinas. En promedio, alrededor de 3,160 billones de galones de agua al día se usan para generar energía eléctrica en las plantas de los Estados Unidos. Casi toda esta agua se retorna a los ríos de donde estas provienen. Sin embargo, las plantas Hidroeléctricas que usan grandes reservorios pueden consumir cantidades significantes de agua a través de la evaporación del agua de la superficie del reservorio. Un promedio del 3.8 billones de galones de agua se consumen por día de reservorios Hidroeléctricos en los Estados Unidos.

Problemática de la calidad del agua y del medio ambiente.

Aunque la mayor parte del agua que se usa en las plantas Hidroeléctricas de potencia permanece en los ríos aledaños a la planta, éstas crean un impacto a la vida acuática en los ríos. Crear un embalse en un río puede cambiar el flujo del agua

rio abajo. Cuando el agua más fresca se libera de un reservorio a un río, esta puede bajar la temperatura del agua y el nivel de oxígeno en el río. Estos cambios pueden terminar con la vida acuática en algunas especies.

El papel del agua en la generación de energía a través de fuentes renovables.

Las fuentes de energía son renovables cuando estas se emplean en un ritmo en el que pueden ser naturalmente reabastecidas. La energía solar, eólica y geotérmica son recursos ejemplos de energía renovable. Como es el caso de los combustibles fósiles cuando se utilizan para la generación de electricidad, el agua también se necesita en la generación a partir de fuentes de energía Renovables.

Energía solar

Las celdas fotovoltaicas convierten los rayos directos del sol en electricidad. Los paneles fotovoltaicos requieren de poca agua para operar. El agua se usa principalmente para limpiar los paneles para que esos estén en óptimas condiciones. Sin embargo, las Plantas Solares Térmicas requieren de agua de igual forma que las plantas Termoeléctricas. Estas plantas utilizan colectores solares para concentrar el calor del sol hacia tuberías llenas de líquido. Esto crea vapor. Estas plantas requieren de agua para el enfriamiento y la condensación del vapor y para el enfriamiento de los equipos.

Energía eólica

En general, las turbinas eólicas no requieren de agua para generar electricidad. Sin embargo, una pequeña porción de agua se usa para limpiar las turbinas del generador. El mantener limpias las turbinas es necesario para que funcione en óptimas condiciones.

Energía geotérmica

Las plantas Geotérmicas se aprovechan del calor que se encuentra por debajo de la superficie de la tierra. Estas plantas usan pozos taladrados para obtener acceso al agua que de forma natural se encuentra caliente debajo de la tierra. Dependiendo de la temperatura de esta agua, esta se puede usar directamente a la planta para hacer girar las turbinas y generar electricidad. El agua de esta fuente se puede usar también para calentar líquidos con un bajo punto de ebullición, creando vapor. En ambos casos el agua caliente se retira de su fuente geotérmica y reemplazada después de su uso como agua caliente. En los sistemas de enfriamiento de la planta de igual forma se utiliza agua, de manera similar a la de otras plantas termoeléctricas.

Las plantas geotérmicas pueden afectar la calidad del agua en el lugar. Algunos químicos se usan en el proceso de perforación y limpieza de los equipos. Estos químicos que no pertenecen a la superficie son altamente contaminantes, si llegasen a mezclarse con las aguas subterráneas o lagos las llegarían a contaminar.

7. Capítulo I Generación de electricidad y consumo de agua.



7.1 Situación del sector de generación de electricidad en Nicaragua.

Según el Instituto Nicaragüense de Energía (INE), Nicaragua tenía en 2014 una capacidad instalada de energía eólica de 187 MW, 154.5 MW de energía geotérmica; 133.8 MW de energía de biomasa; cerca de 120 MW de energía hidroeléctrica (incluyendo las plantas Santa Bárbara y Centroamérica); y 1.4 MW de la única planta interconectada de energía solar (ENATREL, 2014 e INE, 2014). La capacidad de generación se concentra en la región sur occidental, en la que el 100 % de las centrales de energía eólica están ubicadas en una zona de 100 km² en el departamento de Rivas.

Plan de expansión de generación.

El “Plan Indicativo de Expansión de la Generación Eléctrica 2013-2027” del MEM propone incorporar 1,161.4 MW de plantas de generación renovable para compensar el crecimiento de la demanda (escenario de demanda media, Figura 11).

Este Plan contempla la adición de 737 MW de proyectos hidroeléctricos, 131 MW de proyectos geotérmicos (de 4 campos diferentes, puesto que puede proveer capacidad de carga base consistentemente durante todo el año), 114 MW de Biomasa (con una parte pudiendo proveer generación base), 40 MW de proyectos eólicos (ya instalados en 2014) y 140 MW en plantas térmicas de combustibles fósiles. Este plan es ambicioso si nos referimos a las construcciones de la última década, ya que desde el 2002 solamente se instalaron menos de 20 MW hidroeléctricos, menos de 70 MW geotérmicos, y menos de 90 MW de plantas de biomasa (INE, 2014). El objetivo es reducir considerablemente de la utilización de los combustibles fósiles, pero manteniendo suficiente capacidad termoeléctrica para hacer frente a una parte de la demanda pico, así como para regular la intermitencia de la generación eólica e hidroeléctrica a filo de agua.

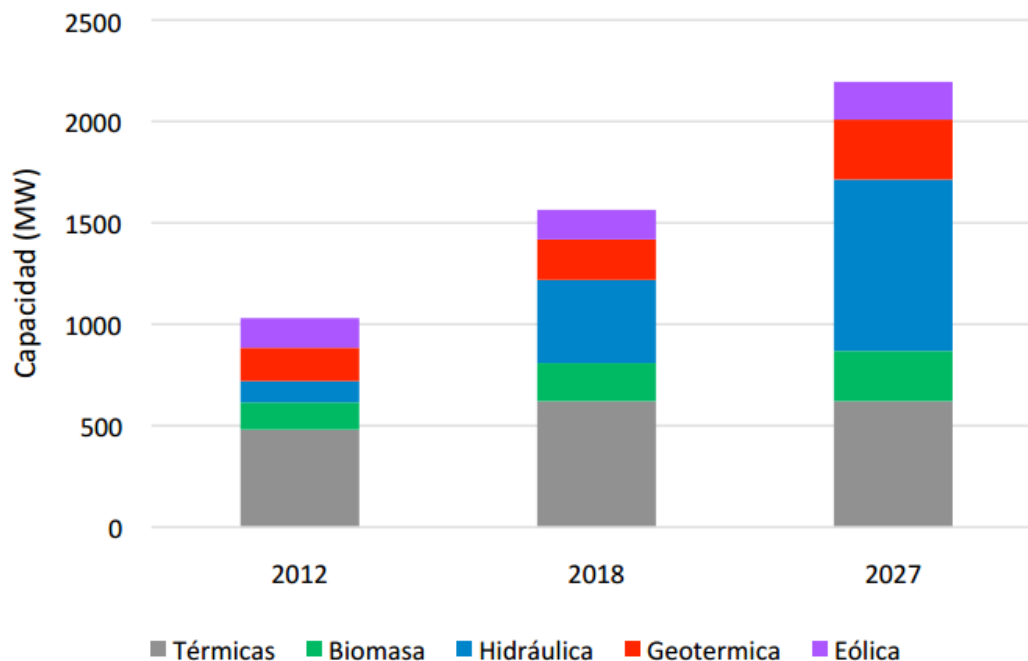


Gráfico 1. Previsión de la evolución de la matriz de generación, escenario de demanda media.

Fuente: MEM, 2015

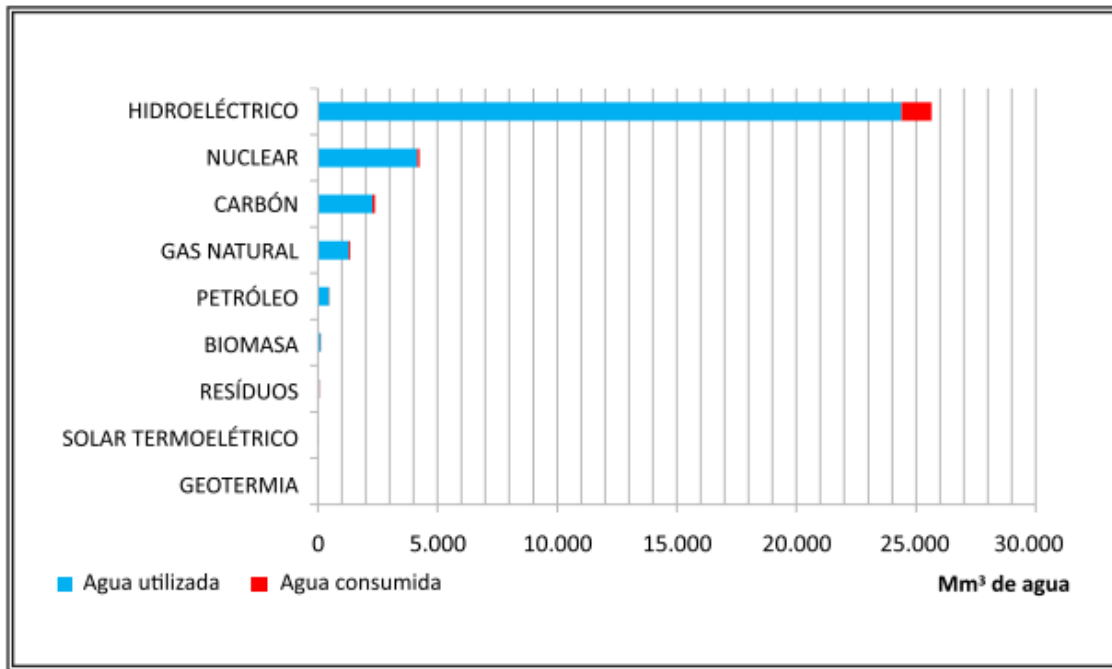
7.2 Uso y aprovechamiento del agua en la generación de energía eléctrica.

El agua para la producción de energía eléctrica es sin duda un insumo básico, prácticamente para todas las tecnologías utilizadas en esta tarea, por ello su cuidado, uso racional, manejo preventivo, reutilización extensiva y disposición final adecuada, son políticas que siempre están presentes en la explotación de este valioso recurso cuando se genera energía eléctrica.

Consumo estimado de agua en centrales de generación de electricidad

Es importante diferenciar la utilización de agua en centrales de generación de electricidad con su consumo directo. En el primer caso, el agua, después de haber sido utilizada en la central, es devuelta al medioambiente, sin que cambie su estado sanitario. En el caso del consumo de agua en centrales de generación, el agua,

después de haber sido utilizada, no puede ser devuelta al medio ambiente bien porque ha sido contaminada durante el proceso en que ha servido o bien porque ha desaparecido en el proceso en que ha servido, por eso es “consumida” (normalmente, evaporada). El Gráfico 2.; muestra la cantidad estimada de agua empleada en la producción de electricidad según el tipo de tecnología productora.



*Gráfico 2. Agua utilizada y consumida en la generación de electricidad en España 2007
Fuente: Análisis de las relaciones entre el agua y la energía en España.*

Para la producción hidroeléctrica, el valor obtenido es muy elevado con respecto a las demás tecnologías. Sin embargo, el agua movilizada solo circula en turbinas, siendo nula la contaminación de ésta. La cantidad de agua consumida en la producción hidroeléctrica es en cambio mucho más importante que para las demás tecnologías. La razón es debida a la evaporación del agua en los embalses que alimentan las centrales. El volumen unitario de evaporación tiene un promedio de 40.000 m³/GWh y el volumen evaporado en un año de producción está alrededor de 1.250 Mm³.

Uso del agua en los diferentes tipos de Centrales.

Centrales Hidroeléctricas.

La energía hidroeléctrica es una energía renovable, ya que, se genera gracias al ciclo hidrológico natural, que permite un elevado nivel de eficiencia energética alcanzando valores de rendimiento del orden del 90%, y limpia, ya que, su producción no da lugar a contaminación alguna. La hidroeléctrica es una energía autóctona, en el sentido de que reduce la dependencia energética del exterior.

En el contexto hidroeléctrico se tienen tres tipos de centrales:

- C.H. fluyente que generan energía de base a todas horas.
- C.H. de regulación que generan la energía eléctrica de mayor calidad por su flexibilidad, en horas punta y cuando el sistema lo demande.
- C.H. de bombeo reversible que consumen energía valle y generan energía punta.

Centrales de agua fluyente

Utilizan directamente el agua que circula por el río desviándola por un circuito hidráulico hasta la central donde se genera la energía, restituyéndola de nuevo al cauce. Se trata simplemente de un “by pass” del río que aprovecha el desnivel del cauce principal para generar directamente la energía potencial del tramo. Consta de un muro de derivación para remansar el agua del río antes de derivarla hacia la toma donde se capta el agua para trasportarla por el canal hasta la cámara de carga. Ésta consiste en un depósito construido con el fin de encauzar el agua hacia la tubería forzada, que la conduce a presión hasta las turbinas hidráulicas situadas en la central hidráulica. La central consta de un edificio donde se disponen los grupos de generación, los sistemas de regulación y control, los elementos de seguridad, las oficinas, etc. A la salida de las turbinas el agua es devuelta al río por una conducción. Entre la toma y la cámara de carga están las compuertas de regulación,

que sirven para controlar el agua de entrada en el circuito hidráulico, y permitir dejarlo en seco cuando se precise una revisión o reparación.

En este tipo de aprovechamientos no existe ningún tipo de almacenamiento de energía ni de regulación de caudales. El caudal de agua que excede a la capacidad del circuito hidráulico continúa por el cauce natural del río, regenerándose el caudal total en el desagüe de la central. Por lo tanto, no se aprovecha toda la energía posible, perdiéndose la que produciría el agua que no puede derivarse y circula por el río. La característica de estos aprovechamientos hidroeléctricos es que la energía que producen no es gestionable, es decir, que no se puede elegir la potencia producida, ya que ella depende exclusivamente del caudal que se deriva por el circuito hidráulico en el punto de la toma. Como es natural, se deriva todo el caudal posible después de mantener en el río el caudal ecológico. La central funciona a todas horas generando energía de base.

Central de regulación

Consta de una presa y su embalse, elemento fundamental en este tipo de aprovechamiento hidroeléctrico, ya que gracias a él se facilita la gestión del agua, y con ello de la energía generada. En ellos se encuentra la toma y, a continuación, las compuertas de regulación, para encauzar el agua hasta la conducción a presión que es una galería excavada en roca con un pozo o torre vertical llamado chimenea de equilibrio que sirve para amortiguar las ondas de presión que se originan en las maniobras de arranque o parada rápida, y está situada antes de la tubería forzada que lleva el agua hasta las turbinas. A la salida de las turbinas el agua es devuelta por una conducción al río. En muchas ocasiones la central se dispone al pie de la presa. En ese caso, el circuito hidráulico es mucho más simple, ya que carece de galería de presión y de chimenea de equilibrio, integrándose todo el circuito hidráulico en el cuerpo de la presa. El elemento fundamental de este tipo de aprovechamientos es el embalse constituido por la presa. Su utilidad es múltiple:

- Regula la aportación del río, aprovechando al máximo el recurso desde el punto de vista energético.

- Almacena energía en forma de agua para utilizarla cuando el sistema de distribución de energía lo requiera.
- Constituye un desnivel de agua entre la superficie del embalse y el punto de descarga de la central susceptible de ser utilizado energéticamente.

Una de las características fundamentales de este tipo de saltos es la facilidad de su puesta en servicio. En escasos 90 segundos se puede generar la potencia máxima partiendo de una situación de parada total. En este tiempo, se produce la apertura de las válvulas de protección del grupo, se acelera la máquina hasta alcanzar la velocidad sincronismo de la red, se acopla al sistema, y se abre el distribuidor del caudal hasta el máximo admisible. Ningún otro elemento de producción de energía con estas potencias arranca con esta facilidad y rapidez, siendo muy útil para resolver situaciones de desacople o desenganche de la red de los sistemas de producción en masa de energía; centrales térmicas, ciclos combinados, nucleares, eólica etc.

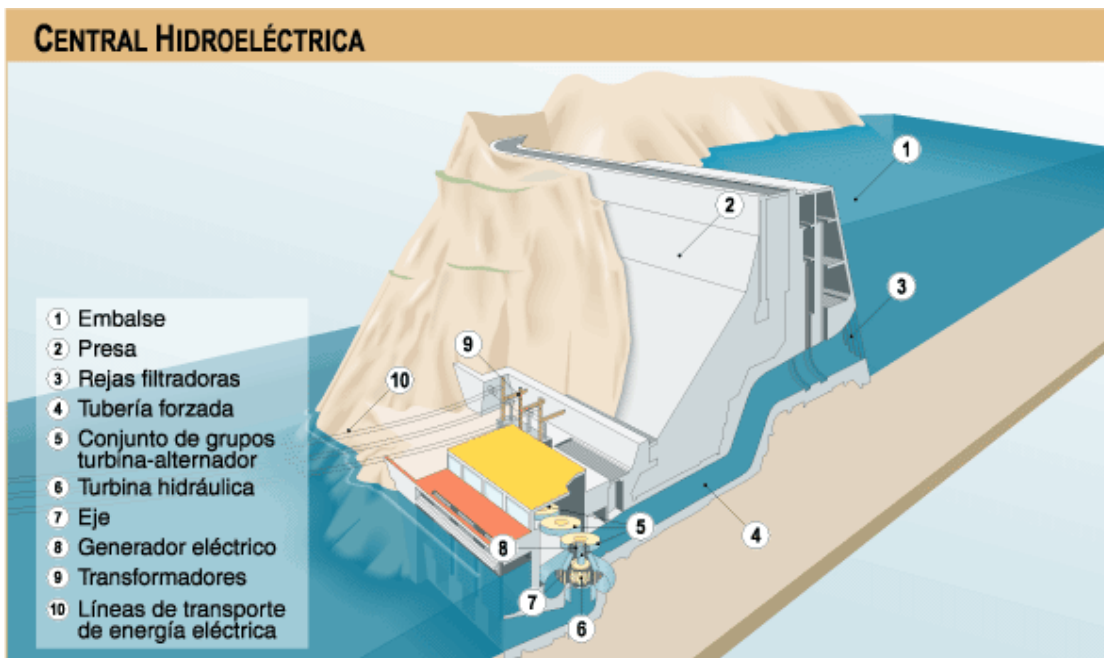


Fig. 1. Central Hidroeléctrica de regulación.

Fuente: Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA).

Central de Bombeo

Debido al excedente de energía que puede darse en el sistema eléctrico en las horas valle, se crean este tipo de centrales que aprovechan la energía sobrante para elevar el agua de un depósito inferior a uno superior. En las horas de mayor demanda eléctrica, el agua del depósito superior se aprovecha para hacer girar la turbina y producir energía eléctrica, retornando nuevamente el agua al depósito inferior.

Las centrales de bombeo son como las centrales de regulación hasta la restitución del agua al río. En lo que se diferencian estructuralmente es que aguas abajo de la central se sitúa el depósito inferior que suele estar constituido por una presa y su embalse, de capacidad igual o superior al depósito superior. Conviene indicar que las tomas de un aprovechamiento reversible funcionan en los dos sentidos, captando agua en unas ocasiones, y aportando agua en otras, según sea el sentido de circulación del agua a causa de la generación o el bombeo.

Este tipo de centrales, además de posibilitar el funcionamiento óptimo del sistema, son imprescindibles si se quiere implantar una potencia significativa de tecnologías renovables no gestionables, principalmente la eólica. En efecto, permiten absorber los excedentes de energía ocasionados por el desfase entre la producción y la demanda, garantizando así la estabilidad del sistema.

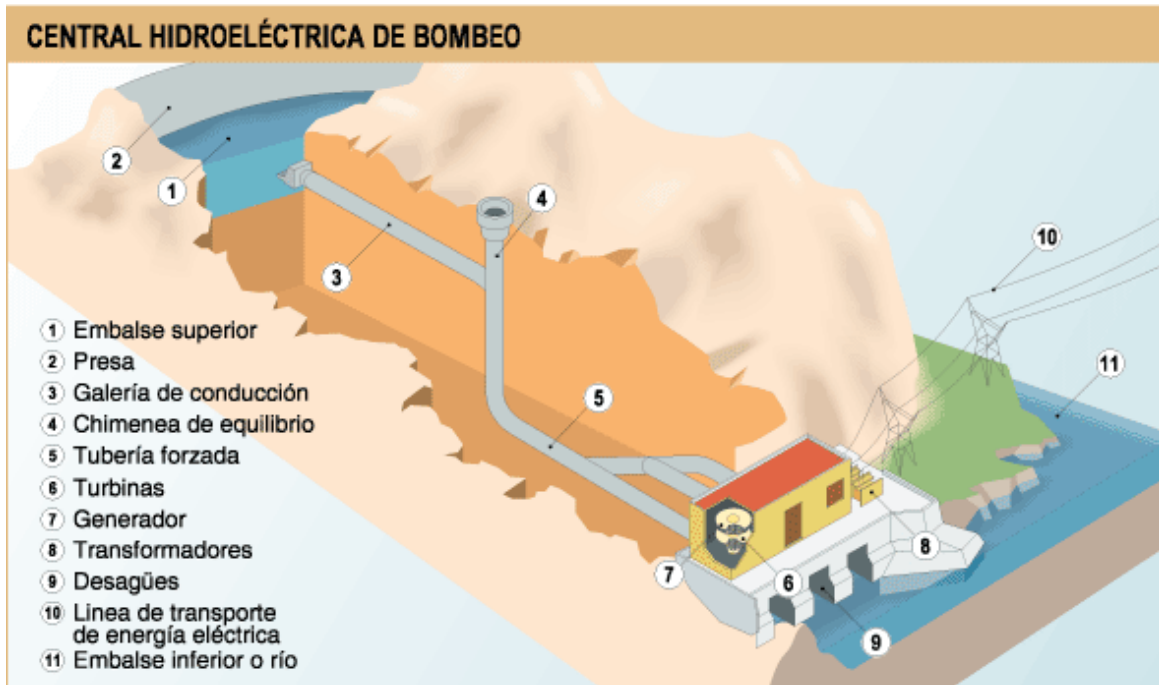


Fig. 2. Central Hidroeléctrica de Bombeo.
 Fuente: Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA).

Centrales Termoeléctricas

La generación termoeléctrica es el proceso de producir electricidad por medio de energía térmica mediante el uso de combustibles fósiles: carbón, petróleo o gas; o fuentes renovables como la biomasa, geotermia o solar. El enfriamiento es el principal factor que explica el uso de agua en centrales termoeléctricas. La cantidad requerida para enfriamiento depende del tamaño de la central, su eficiencia, y el tipo de sistema de enfriamiento, independientemente del tipo de combustible utilizado.

- Los componentes del Proceso de Generación

La Figura 3, ilustra dos tipos de centrales termoeléctricas comúnmente utilizadas: centrales a carbón y central a gas tipo ciclo combinado.

Para cada una de ellas se ilustran tres sistemas relevantes en términos de su relación al uso de agua: Sistema de Captación de Agua, Sistema de Enfriamiento y Sistema de Descarga. Cada uno de estos sistemas puede ser desarrollado mediante distintas alternativas.

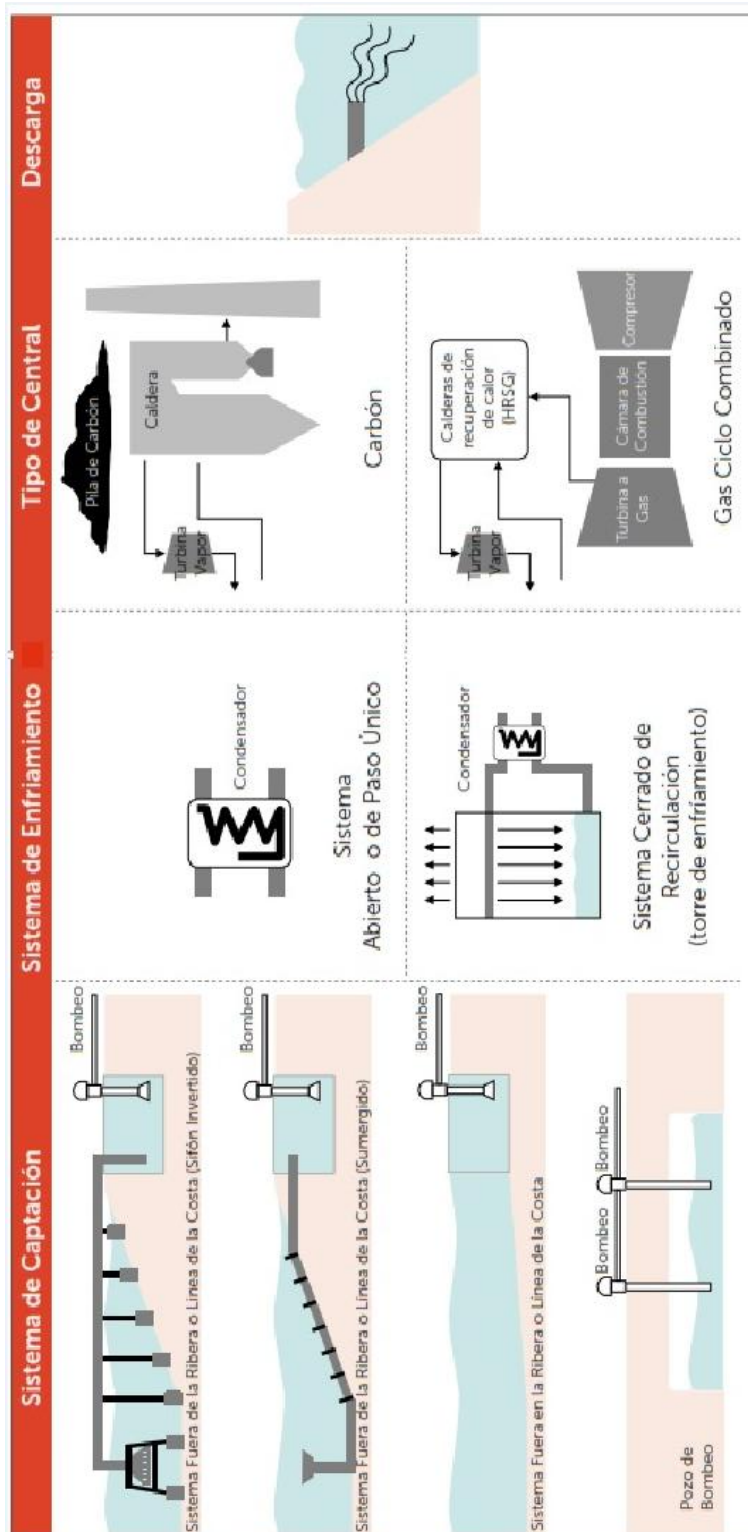


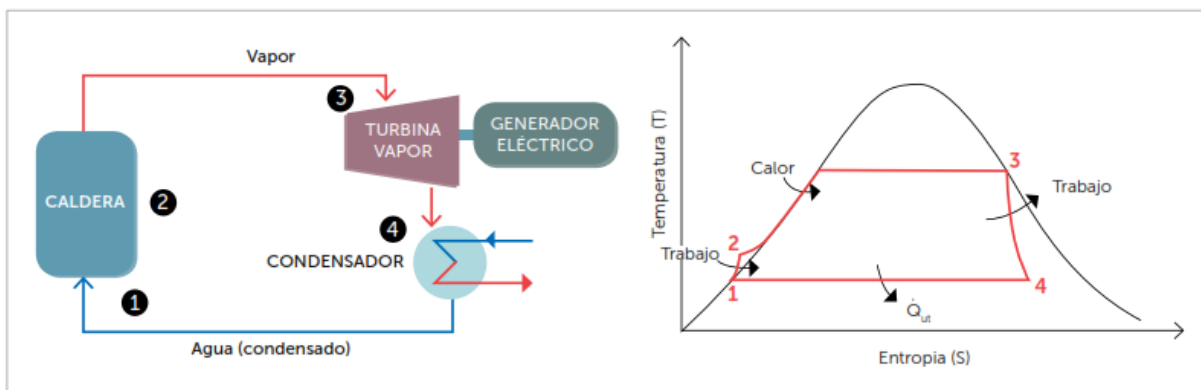
Fig. 3. Aspectos relevantes en la definición de uso de agua en una central termoeléctrica.
Fuente: Guía de buenas prácticas en el uso de agua para refrigeración de centrales termoeléctricas.

- *El proceso de generación*

Las centrales termoeléctricas que utilizan vapor aprovechan la energía del vapor, definida por sus características de presión y temperatura. Estas centrales basan su funcionamiento en ciertos principios de la termodinámica que gobiernan la conversión de energía de un estado a otro. En particular, el ciclo termodinámico de Rankine corresponde a una serie de procesos que son combinados de tal manera que los estados del fluido circulante, que produce trabajo, son repetidos periódicamente.

El proceso comienza con la producción de vapor, a una presión y temperatura determinada, en una caldera (Figura 4, paso 2-3). Luego el vapor se expande en una turbina a vapor donde se produce energía mecánica que posteriormente es transformada en energía eléctrica por un generador (paso 3-4). El vapor a baja presión que sale de la turbina es condensado en un condensador para luego ser enviado en forma de agua nuevamente a la caldera (paso 4-1).

El diseño y operación de una planta termoeléctrica está sujeto a distintos requerimientos que en definitiva definen cómo la central interactúa con el medio ambiente en términos de emisiones atmosféricas, residuos líquidos, captación de agua, residuos sólidos, sustancias peligrosas y ruido, entre otras.



*Fig. 4. Esquema simplificado de ciclo Rankine con sus principales componentes.
Fuente: Guía de buenas prácticas en el uso de agua para refrigeración de centrales termoeléctricas.*

Sistemas de enfriamiento de centrales termoeléctricas.

El sistema de enfriamiento de una central termoeléctrica condensa el vapor a la salida de la turbina para luego restituirlo a la caldera en forma de agua. La función principal del sistema de enfriamiento es mantener la presión a la salida de la turbina en niveles cercanos a la presión de diseño, y minimizar los incrementos de presión de salida ante condiciones ambientales adversas (alta temperatura y humedad). El sistema de enfriamiento debe ser diseñado y operado consistentemente con las necesidades de la turbina de vapor de la central. Si esta función no se puede desarrollar adecuadamente, la central no sólo pierde eficiencia, sino también puede disminuir su potencia máxima.

El condensador es un tipo de intercambiador de calor en el cual el vapor pasa a estado líquido al remover el calor latente con la ayuda de un refrigerante. Para lograr la condensación del vapor se puede utilizar agua como refrigerante (sistema húmedo) o aire (sistema seco). Como consecuencia de la transferencia de calor que se produce en el condensador se aumenta la temperatura del refrigerante.

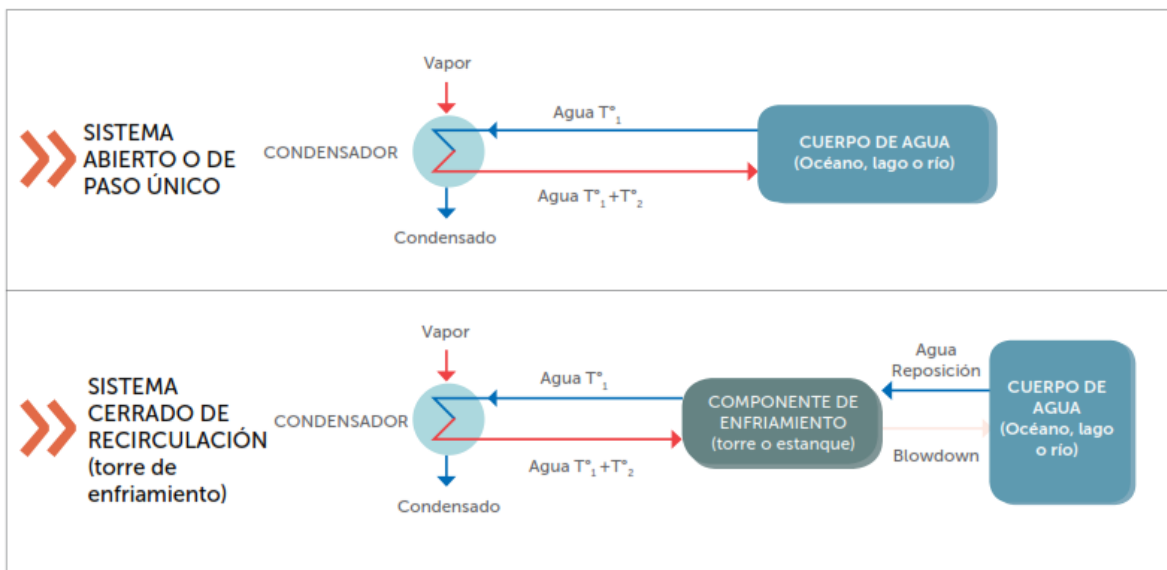
El enfriamiento es el factor principal que explica el uso de agua en centrales termoeléctricas. En el contexto de uso de agua para enfriamiento y su relación con distintos tipos de sistemas de enfriamiento se debe hacer una distinción entre retiro, uso, y consumo de agua. El retiro de agua tiene relación con la cantidad de agua que se extrae del cuerpo de agua en un determinado periodo de tiempo. El uso de agua corresponde a la cantidad de agua que el proceso termoeléctrico necesita para su operación durante un determinado periodo de tiempo. El consumo de agua se define como la cantidad de agua que no retorna al cuerpo de agua producto de evaporación.

La cantidad de agua retirada desde el cuerpo de agua para enfriamiento depende del tamaño de la central, su eficiencia, la temperatura del agua captada, la elevación máxima de temperatura permitida en la descarga, y el tipo de sistema de enfriamiento — independiente del tipo de combustible utilizado.

Existen distintos tipos de sistemas de enfriamiento los cuales se ilustran en la Figura 5.

En un **sistema abierto** de enfriamiento se circula agua fría desde un cuerpo de agua (mar, lago, río o estuario) hacia el condensador; y se descarga el agua al mismo cuerpo de agua a una mayor temperatura.

En un **sistema cerrado** de enfriamiento también se utiliza agua como refrigerante en el condensador. Sin embargo, el agua se enfría en un componente del sistema de enfriamiento hasta una temperatura adecuada para ser recirculada hacia el condensador. El componente de enfriamiento mencionado anteriormente puede ser de distintos tipos, por ejemplo: torres de enfriamiento, estanques (naturales o artificiales), o canales de enfriamiento.



*Fig. 5. Representación esquemática de diferentes sistemas de refrigeración.
Fuente: Guía de buenas prácticas en el uso de agua para refrigeración de centrales termoeléctricas.*

El enfriamiento del agua en una torre de enfriamiento se realiza principalmente por la evaporación de una pequeña proporción del agua (1-2%); por lo tanto, la cantidad de agua evaporada debe ser restituida al sistema cerrado. El volumen de agua de reposición en una torre de enfriamiento es significativamente menor que el volumen de agua retirada por un sistema abierto de enfriamiento; se observa generalmente

una reducción de 70% a 90% dependiendo de la gestión que se realice a la torre de enfriamiento (ciclos de concentración).

En un sistema de enfriamiento cerrado también se requiere realizar una descarga de agua, no obstante, el volumen de agua descargado es significativamente menor que en un sistema de enfriamiento abierto.

- ***Sistemas de captación de agua en centrales termoeléctricas***

Una estructura de captación de agua es un componente de un sistema de enfriamiento de una planta termoeléctrica y como tal debe ser consistente —y estar adaptado — a sus necesidades. La función del sistema de captación de agua es extraer agua y entregarla a él o los usuarios de ésta de manera confiable y con la mejor calidad posible.

El sistema de toma de agua debiera ser diseñado para asegurar un abastecimiento constante de agua, con limitadas fluctuaciones temporales. El agua debe estar libre de desechos, sedimento, algas, y organismos acuáticos que pueden afectar el correcto funcionamiento del sistema de enfriamiento.

El diseño de sistemas de captación de agua requiere de consideraciones hidráulicas para llegar a un concepto de diseño que permita obtener y entregar agua económicamente y con impacto ambiental aceptable dentro del contexto regulatorio y social de la región.

Las centrales termoeléctricas que utilizan agua de mar, estuario, lago o río utilizan dos tipos de sistemas de captación de agua principalmente: sistema de captación en la ribera o línea de la costa y sistema de captación fuera de la ribera o línea costa.

Centrales eólicas.

Uso y consumo de agua en aerogeneradores

La escasez de agua es hoy un problema alarmante en muchas partes del mundo, que se verá agravado por el cambio climático. La eólica puede contribuir a la conservación mundial del agua, un recurso que debe ser utilizado de manera más productiva, tanto para el consumo humano como para la agricultura, por tratarse de una tecnología que, a diferencia de otras, no utiliza recursos hidráulicos.

La energía eólica no genera residuos ni contaminación del agua, un factor importantísimo teniendo en cuenta la escasez de agua. A diferencia de los combustibles fósiles y las centrales nucleares, la energía eólica tiene una de las huellas de consumo de agua más bajas, lo que la convierte en clave para la preservación de los recursos hídricos.

Las tecnologías no térmicas (como la eólica o fotovoltaica) tienen el bajo consumo de agua y el ciclo de vida del agua por unidad de electricidad generada.

Las turbinas eólicas requieren agua para propósitos de enfriamiento (del generador, transformador e inversor) y ocasionalmente para el lavado de las aspas.

- Limpieza de aerogeneradores¹

Limitar el impacto de los contaminantes en el entorno. Limpieza de la polución de los aerogeneradores, fugas de aceite hidráulico y de grasa, así como de sedimentos en suspensión y microorganismos, que afectan negativamente a la eficiencia de las turbinas, así como a la política corporativa de la empresa.

Mediante técnicas de trabajos verticales o mediante plataformas auto sostenidas se lleva a cabo la limpieza externa de los aerogeneradores.

¹ Ver anexo No.1

- *Sistema de refrigeración para aerogeneradores de accionamiento directo.*

Tanto en los generadores de accionamiento directo como en los que no tienen multiplicadora, el generador es la pieza clave de la instalación. Cuando se genera energía, se crea calor en las bobinas que debe ser expulsado para enfriar el generador. En los grandes aerogeneradores multimegavatio, se utiliza un sistema de refrigeración aire/agua para el enfriamiento del sistema, este dato aún no se estima.

8. Capítulo II Sistemas Óptimos de Generación



8.1 Energía renovable en Nicaragua, oportunidades y beneficios

En Nicaragua existe un enorme potencial en energías renovables. El informe “Climascope” coordinado por el Fondo Multilateral de Inversiones del BID y el Bloomberg New Energy Finance, colocó a Nicaragua durante los años 2012 y 2013 respectivamente en 2do. y 3er. lugar en América Latina, con la capacidad para atraer la inversión en energías limpias, habiéndose utilizado 30 indicadores de atracción a la inversión.

La generación de energía eléctrica con fuentes renovables en Nicaragua en promedio anda por un 53%, pero este año, según el Ministerio de Energía y Minas (MEM), se han registrado días en que esas fuentes suministraron a la red de transmisión nacional hasta un 84% de la energía utilizada en el país. Eso demuestra el potencial que tiene el país en energías limpias.

Energía eólica

La energía eólica constituye uno de los sectores energéticos que más rápido ha crecido durante los últimos años. En algunos países ya cubre una fracción notable del suministro.

Según algunos estudios, este recurso podría llegar a satisfacer la demanda energética global. Su principal problema reside en la inestabilidad de la producción. Los retos futuros incluyen instalaciones más eficientes y sistemas de almacenamiento adecuados.

Nicaragua está avanzando en plan de inversiones para desarrollar al máximo su potencial eólico, el cual ha sido impulsado durante los últimos 10 años. Existe una nueva Expansión de la Generación Eólica. Según el Plan de Expansión de la Generación de Nicaragua 2016-2030, se tiene varios proyectos de generación eólica de: 40 MW (Planta Albanisa “Camilo Ortega Saavedra II”, 2018) +23MW (planta Albanisa Ato Grande, 2019).

Energía solar fotovoltaica

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores.

Aunque el efecto fotovoltaico era conocido desde el siglo XIX, fue en la década de los 50, en plena carrera espacial, cuando los paneles fotovoltaicos comenzaron a experimentar un importante desarrollo. Inicialmente utilizados para suministrar electricidad a satélites geoestacionarios de comunicaciones, hoy en día constituyen una tecnología de generación eléctrica renovable.

Una de las principales virtudes de la tecnología fotovoltaica es su aspecto modular, pudiéndose construir desde enormes plantas fotovoltaicas en suelo hasta pequeños paneles para tejados.

Debido a su posicionamiento, Nicaragua es un país con alto potencial de Energía Solar Fotovoltaica. Es más, toda la radiación que recibimos es casi el doble del que cuenta Alemania, uno de los mayores consumidores de paneles solares en el mundo.

Recientemente se instaló una planta solar de 12,5 MW con módulos Recom en la localidad costera de Puerto Sandino, en el departamento de León. La nueva planta solar es un proyecto sobre suelo que generará 18,18 gigavatios hora anuales.

Energía geotérmica

La energía geotérmica puede ser utilizada para la generación eléctrica y otros tipos de aplicaciones de uso directo del calor como pueden ser; calefacción, piscicultura, baño, etc. En comparación a otras tecnologías de energía renovable, la energía geotérmica es la única que ofrece una alternativa como carga base a los combustibles fósiles que se utilizan para generar electricidad.

Dependiendo de las características del recurso geotérmico, por ejemplo, basado en las temperaturas de los recursos, la generación de electricidad tiene lugar en cualquiera de las turbinas de vapor convencionales o plantas de ciclo binario.

La geotermia es la segunda fuente de mayor disponibilidad para la generación de energía limpia en Nicaragua, solo superada por la hidroeléctrica (más de 2,000 megavatios). Con un potencial estimado para generar al menos 1,519 megavatios de la energía que proviene del calor de la tierra, casi tres veces el consumo total actual de Nicaragua, el país solo aprovecha el 10% de su potencial geotérmico, es decir 152 megavatios.

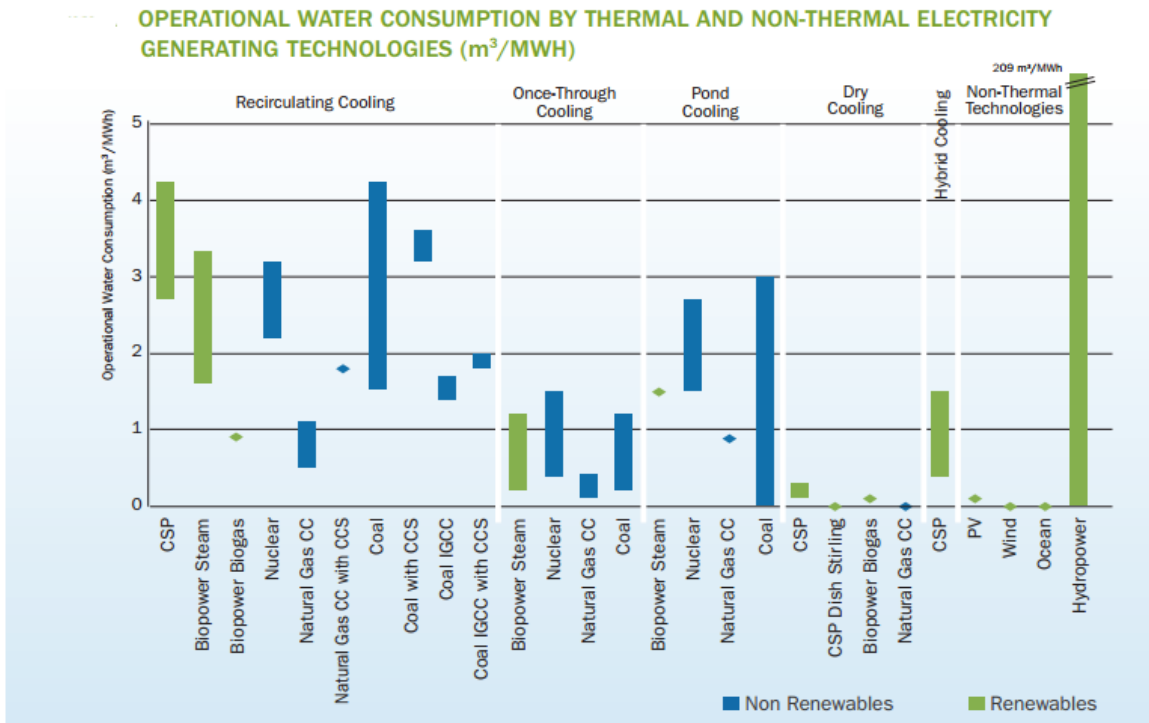
Estudios recientes sobre la geotermia en Nicaragua, hacen notar que la fase exploratoria es riesgosa e involucra importantes inversiones por lo que es poco probable que inversionistas privados lleven a cabo exploración geotérmica sin alguna participación del estado. De igual manera, por el alto riesgo de la exploración geotérmica la banca comercial y la ventanilla privada de los organismos multilaterales no ofrecen financiamiento al sector privado para esta fase.

8.2 Consumo de agua por tecnología de energía.

La producción de energía utiliza el agua de dos maneras principales: 1. Consumo de agua: se toma agua permanentemente de una fuente, típicamente para ser evaporada o transportada a otra localización. 2. "Retiro de agua": el agua se retira temporalmente del suelo o desvía una fuente superficial como un río o lago, y luego regresa a su origen. El retiro de agua está generalmente asociado con tecnologías como la energía hidroeléctrica.

La producción de energía es la actividad que utiliza la mayor cantidad de agua en Europa (44%), principalmente para fines de refrigeración, seguido por la agricultura (24%). El suministro público de agua y la industria tienen partes más bajas. En la producción de energía casi toda el agua de enfriamiento se restaura a un cuerpo de agua a una temperatura más alta mientras que, en agricultura la cantidad es apenas un tercio.

El consumo de agua para el enfriamiento en plantas de generación varía de acuerdo con el tipo de sistema de generación. La elección del sistema de enfriamiento, a menudo se escoge de tipo específico y depende de la disponibilidad de agua, regulaciones medioambientales locales entre otros factores. Las tecnologías no térmicas (como la eólica o fotovoltaica) tienen el bajo consumo de agua y el ciclo de vida del agua por unidad de electricidad generada.



Source: IPCC, SRREN 2011

Gráfico 3. Agua operacional consumida por Generadoras Térmicas y no Térmicas (m³/MWH).

Fuente: Saving water with wind Energy.

La figura arriba describe los diferentes tipos de generación de energía eléctrica renovable y no renovable y el consumo operacional estimado de agua en cada uno de los sistemas de enfriamiento.

8.3 La energía eólica contribuye a ahorrar agua

La eólica puede contribuir a la conservación mundial del agua, un recurso que debe ser utilizado de manera más productiva, tanto para el consumo humano como para la agricultura, por tratarse de una tecnología que, a diferencia de otras, no utiliza recursos hidráulicos.

El 40% de la población mundial vive en áreas con escasez de agua. Y el crecimiento demográfico y la industrialización pondrán más presión sobre la disponibilidad de

este recurso. Dados los altos niveles de uso del agua en la generación de energía convencional, el aumento de la demanda energética agravará la situación. De hecho, se prevé que la demanda mundial de agua supere a la oferta en un 40% en el año 2030.

La generación de energía eólica no sólo conserva el agua, sino que puede ayudar a aliviar la escasez de este recurso. Mientras que los combustibles fósiles convencionales y las plantas de energía nuclear, que constituyen el 78% de la producción mundial de electricidad, usan el agua para el enfriamiento y la condensación del vapor que mueve las turbinas, la generación de energía eólica no requiere prácticamente agua. Como resultado, la eólica puede ahorrar más de 2.000 litros de agua por MWh de electricidad producido.

Los servicios intermitentes de energía solar fotovoltaica y eólica necesitan ser compensados con otras fuentes de energía que, con excepción de la geotérmica, precisan agua para mantener el equilibrio de la carga. La ayuda para el desarrollo de energía renovable, que está muy por debajo de la ayuda prestada a los combustibles fósiles, debe aumentar drásticamente para poder lograr un cambio en la mezcla energética mundial y, por asociación, en la demanda de agua. El uso de energía geotérmica en la producción de electricidad no está suficientemente desarrollado y su potencial está profundamente subestimado. Esta energía no depende del clima, tiene unas emisiones de gases de efecto invernadero mínimas o casi nulas, no consume agua y su disponibilidad es infinita en la escala temporal humana.

Según un estudio del fabricante de aerogeneradores Vestas Wind Systems en Europa:

- La energía eólica evitó el uso de 387 millones de metros cúbicos (MMm³) de agua en 2012 equivalente al consumo medio anual de agua de los hogares de casi 7 millones de ciudadanos de la UE.

- Los 387 MMm³ de consumo de agua evitados por la energía eólica evitarían un coste de 743 millones de euros.
- En 2030, la energía eólica evitará entre 1,22 mil millones de m³ y 1,57 mil millones de m³ de agua de acuerdo con cálculos basados en las proyecciones de la Hoja de Ruta Energética de la CE 2050.
- En 2030, los costos evitados del uso del agua por el aumento del despliegue de energía eólica ascienden entre 3.34 y 4.30 millones de euros ese año.

Complementariedad Hidráulica - Eólica

En el caso de las centrales eólicas, cuyo combustible es el viento no representa costos, y estará siempre disponible en las estaciones secas a diferencia del agua en las centrales hidroeléctricas; existe un comportamiento complementario entre los regímenes de viento y el régimen de caudales de los ríos, permitiendo suponer una ventaja adicional al contar con la alternativa eólica para periodos secos, que compensen el bajo nivel de los embalses en el verano.

La energía eólica no aporta firmeza al sistema por sí sola, dadas las características intrínsecas de su tecnología y combustible. La variación en la velocidad del viento y la dificultad en su predicción, causan una gran incertidumbre sobre la cantidad de energía que pueda generar una planta de este tipo. Así mismo, se muestra que, para compensar las fluctuaciones de corto plazo de las centrales eólicas, otras plantas deben aumentar o disminuir su generación rápidamente, y se propone que ese respaldo sea aportado por capacidad hidráulica

8.4 Impacto ambiental de las centrales de generación.

Impactos más destacados en centrales hidroeléctricas.

- Sobre el medio físico: Ocupación de terrenos, cambio de usos del suelo y pérdida de suelos fértiles, incidencia sobre el microclima (suavización de temperaturas), modificación del nivel freático, etc.
- Sobre el régimen fluvial: Los efectos pueden ser diferentes, aguas arriba, en el propio embalse y aguas abajo; afectando tanto al régimen del cauce como a la calidad del agua.
- Sobre el medio natural: La construcción de un embalse, aparte de una incidencia directa sobre la vegetación de la zona inundada, puede inducir a ciertas modificaciones en las especies ribereñas y un cambio en la disponibilidad del agua y, naturalmente, en el aspecto paisajístico.
- Sobre los asentamientos humanos y la socio-economía: Pueden mencionarse la eventual inundación de áreas habitadas, zonas de cultivos, vías de comunicación, etc., aunque la construcción de un aprovechamiento hidroeléctrico incluye habitualmente compensaciones que aminoran estos efectos.

Impacto ambiental de las centrales termoeléctricas.

Los impactos producto de succión y descarga de agua de procesos industriales no es posible eliminarlos, pero pueden ser minimizados. Es posible identificar ciertos aspectos comunes en distintas industrias (termoeléctrica, desalinización, y otras) que succionan y descargan agua.

En el caso particular de plantas termoeléctricas que realizan retiros de aguas terrestres superficiales y aguas marítimas, los principales aspectos que requieren atención han sido ampliamente estudiados y pueden asociarse tanto al proceso de

captación de agua, como a las descargas de las aguas utilizadas en el proceso. Los impactos pueden ser categorizados en tres aspectos principalmente:

- a) La construcción del sistema de captación y descarga de agua puede producir impactos temporales o permanentes en los hábitats costeros.
- b) La operación de la central, particularmente del sistema de captación de agua puede producir efectos de atrapamiento y arrastre de especies hidrobiológicas con un efecto en la dinámica de la población del hábitat costero si el sistema de captación no es diseñado y gestionado apropiadamente.
- c) La operación de la central, particularmente del sistema de descarga de efluentes en el cuerpo de agua puede afectar la calidad del cuerpo de agua y las especies hidrobiológicas presentes en el cuerpo de agua si el sistema de descarga no es diseñado y gestionado apropiadamente.

Impacto ambiental de los parques eólicos

A pesar de su inmenso potencial, hay una gran variedad de impactos medioambientales asociados con la generación de energía eólica que deben ser reconocidos para intentar mitigarlos lo más posible.

El impacto sobre el uso del suelo de las instalaciones de energía eólica depende en gran medida del lugar de emplazamiento: los campos de aerogeneradores situados en áreas planas normalmente usan más terreno que aquellos situados en zonas altas, colinas o a pie de áreas escarpadas. Sin embargo, los aerogeneradores no ocupan todo el terreno. Deben separarse aproximadamente entre 5 y 10 veces el diámetro de sus rotores. Por ello, los aerogeneradores en sí y la infraestructura que acompaña (caminos de acceso, conexiones a la red eléctrica) ocupan una pequeña zona del total de un parque eólico.

El impacto de los aerogeneradores sobre la vida salvaje, sobretodo sobre la avifauna y los murciélagos, está ampliamente estudiado y documentado. Se han documentado muertes de aves y murciélagos no sólo por impactos directos sino por los cambios en la presión atmosférica provocados por el giro de las palas. También se producen alteraciones en sus hábitats.

Impacto ambiental de las plantas geotérmicas

Durante la fase de exploración, perforación y construcción se pueden producir impactos al medio ambiente.

Las construcciones de caminos de acceso pueden ocasionar la destrucción de bosques o áreas naturales, mientras que la perforación de pozos y la construcción de la planta pueden producir perturbaciones en el ecosistema: ruidos, polvos, humos y posible erosión del suelo.

La contaminación de las primeras capas de agua subterránea puede provenir de:

- Líquidos utilizados en la etapa de perforación.
- Infiltraciones por orificios en las paredes del pozo en la etapa de re - inyección, las que hacen que el líquido contaminado escurra hacia las primeras napas de agua subterránea.
- Fallos en la impermeabilidad de las piletas de evaporación, y sus consecuentes infiltraciones.

Impacto ambiental de las plantas solares fotovoltaicas

El sol constituye una ingente fuente de energía limpia y sostenible, sin emisiones tóxicas contaminantes o emisiones de gases invernadero.

Los potenciales impactos medioambientales asociados a la energía solar, como el uso del suelo y pérdida de hábitats, el uso de agua, así como el uso de materias primas peligrosas en la fabricación de paneles y otros componentes de las

instalaciones solares, varían mucho en función de la tecnología empleada para aprovechar la energía del sol. Así, por ejemplo, no es lo mismo el impacto de la tecnología solar fotovoltaica que el de una planta de concentración solar térmica.

Dependiendo de su localización, las plantas solares más grandes pueden provocar una degradación del suelo y pérdidas de hábitats. Las necesidades totales de suelo varían en función de la tecnología, la topografía de la zona y la intensidad de la radiación.

Los paneles solares fotovoltaicos no usan agua en la generación de electricidad. Sí la usan, en pequeña proporción, en su fabricación. Sin embargo, las plantas de energía solar térmica de concentración sí consumen gran cantidad de agua en su funcionamiento y enfriamiento. La cantidad de agua usada depende del diseño de la planta, de su localización y del tipo de sistema de enfriamiento que usen.

9. Capítulo III Proyección del Sistema de generación más viable.



9.1 Energía Eólica como generación óptima en Nicaragua.

El informe de la Asociación Mundial de la Energía Eólica (World Wind Energy Association) ubica a Nicaragua como el sexto país de Latinoamérica que más aprovecha la energía eólica.

Con este documento monográfico afirmamos que la energía eólica es sin lugar a dudas, el sistema de generación óptimo para generar energía eléctrica en Nicaragua, tomando en consideración de que ésta necesita trabajar en conjunto con otras fuentes de generación como la geotérmica o la hidroeléctrica para compensar la carga final.

¿Por qué la energía eólica?

Son muchas las razones por la cual afirmamos que la energía eólica es la fuente de generación óptima en Nicaragua. La crisis energética que vivió el país en el año 2007, fue lo que hizo surgir la necesidad de generar energía limpia a través de la eólica en el país, de acuerdo con César Zamora, gerente país de la empresa energética IC Power.

“Se propuso la Ley para la Promoción de Generación Eléctrica con Fuentes Renovables y con el nuevo Gobierno (2007, Daniel Ortega) inició un diálogo con representantes del sector energético y el Cosep (Consejo Superior de la Empresa Privada) para planear cómo salir de esa crisis”, recordó.²

El gran beneficio medioambiental que reporta el aprovechamiento del viento para la generación de energía eléctrica viene dado, en primer lugar, por los niveles de emisiones gaseosas evitados, en comparación con los producidos en centrales térmicas. Esto afecta tanto a elementos contaminantes como dióxidos de azufre, partículas, etc., como a la emisión de CO₂, que en este caso es inexistente, con lo que contribuye a la estabilidad climática del planeta.

² Ver referencias bibliográficas (*Nicaragua en el top tres de energías renovables*)

Ventajas energéticas

La energía eólica se produce en el propio territorio, y al cubrir una parte del consumo energético global, nos hace menos dependientes de suministros energéticos, fundamentalmente petróleo o gas, procedentes de países inestables políticamente. De esta manera nos situamos en mejor posición para evitar, en su caso, problemas de abastecimiento o de encarecimiento de esas materias primas.

La energía eólica contribuye también a reforzar el autoabastecimiento de energía mediante recursos autóctonos y a frenar el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles (carbón, petróleo o gas) en el mundo.

Ventajas sociales y económicas de la energía eólica en Nicaragua

La energía eólica aporta mayores beneficios sociales que las energías convencionales. El desarrollo de este tipo de energía puede reforzar la competitividad general de la industria y tener efectos positivos y tangibles en el desarrollo regional, la cohesión económica y social, y el empleo.

Dentro de los impactos de índole socioeconómica, se podrían citar como más significativos los que se detallan a continuación:

- a. De todas las fuentes de generación de energía eléctrica, la eólica es la que genera más puestos de trabajo por unidad energética producida. En octubre de 1999, la Asociación Europea de la Energía Eólica, el Foro para la Energía y el Desarrollo, y Greenpeace Internacional publicaron un estudio, Viento fuerza 10 (Windforce 10), que en su valoración del número de empleos que podrían crearse durante las dos próximas décadas, concluía que están creándose 17 empleos-año por cada megavatio de capacidad de energía eólica fabricado y cinco empleos-año adicionales por cada megavatio instalado, o un total de 22 empleos-año megavatio. Asumiendo que estas tasas se mantendrán, el estudio prevé que el total de empleo en el sector

eólico crecerá de algo menos de los 100.000 empleos de hoy, a casi 2 millones durante las dos próximas décadas

- b. La ocupación de espacio que produce la energía eólica es muy reducida. Además, la eólica es compatible con los usos que se producen en los terrenos antes de su implantación.
- c. La instalación de parques eólicos mejora la garantía de abastecimiento y la infraestructura eléctrica de la zona donde se implantan, además de que puede conllevar la mejora de redes de acceso rodado, caminos, etc.
- d. Los terrenos más ventosos suelen tener escasa riqueza para otros usos, y en muchas ocasiones se encuentran desprovistos de vegetación. La obtención de recursos para las comunidades locales es de ordinario inesperada y no lesiona otras opciones de desarrollo.
- e. Los parques eólicos constituyen en la actualidad un signo de sensibilidad medioambiental y suponen una evidente acción de educación ambiental hacia el consumidor, al establecer una clara relación entre producción y consumo, que no es percibida de igual manera con un reducido número de grandes centrales, de las que el público desconoce mayoritariamente su existencia.

Agua consumida en Aerogeneradores

Una de las principales razones por la cual se brinda mantenimiento a los aerogeneradores, es por fuga de aceite hidráulico desde la cabina.

- Equipo de lavado de alta presión con agua caliente:

Es un servicio de limpieza ecológica realizado por un ente privado calificado, para corregir las fugas de aceite contaminante que se produzcan en las roturas de los componentes hidráulicos del generador. Este servicio incluye la limpieza en torres de hasta 80 metros de altura de buje.

Cuando se producen roturas de los componentes del aerogenerador, y especialmente en las multiplicadoras, se generan vertidos de aceite contaminantes a lo largo del fuste de la torre eólica. Estos accidentes desembocan en problemas de medio ambiente que debe ser subsanados.

El agua utilizada es reciclada (8.000 litros) y es impulsada por un equipo de lavado de agua caliente a 200 bares de presión situado en la plataforma elevadora.

Inconvenientes de la energía eólica

A pesar de que las ventajas medioambientales de la energía eólica son incuestionables, y de que existe un amplio consenso en nuestra sociedad sobre el alto grado de compatibilidad entre las instalaciones eólicas y el respeto por el medio ambiente, es preciso reconocer que la instalación concreta de un parque eólico puede producir impactos ambientales negativos, que dependerán, fundamentalmente, del emplazamiento elegido.

El impacto paisajístico, los efectos sobre la avifauna y el ruido, suelen ser los efectos negativos que generalmente se citan como inconvenientes medioambientales de los parques eólicos.

Desafíos y oportunidades de la energía eólica en Nicaragua

En Nicaragua existe un marco jurídico óptimo para el desarrollo de la generación de energías renovables, sustentado en gran medida en La Ley 532, “*Ley para la promoción de generación eléctrica con fuentes renovables*”, la cual, otorga importantes beneficios de exoneración fiscal en el IVA, derechos arancelarios de importación (DAI), impuesto sobre la renta e impuestos municipales, entre otras normativas técnicas; y Nicaragua es hoy un país de referencia en la región, especialmente por su gran potencial en energías renovables, y su crecimiento sostenido en energías renovables durante los últimos 8 años.

Según el Plan Indicativo de expansión de generación eléctrica 2016-2030, en Nicaragua, la demanda de energía en el año 2020, como marco de referencia, será de 827.75 MW.

Ya hay importantes avances en este sentido en Nicaragua: parque eólico Amayo (63 Mwh), Eolo (44 Mwh), Blue Power & Energy (39.9 Mwh) y parque eólico Camilo Ortega (con proyección de generar aprox. 40 Mwh). No obstante, Nicaragua hoy solo explota aproximadamente el 25% de su potencial en energía eólica.

9.2 Relación entre la eólica y las centrales Hidroeléctricas de embalse de regulación

Para la operación del sistema actual y futuro, se requiere de mayor regulación para las variaciones de la carga y de la generación intermitente (Solar y Eólica). La regulación del Sistema Interconectado Nacional por más de 50 años es realizada con la central hidroeléctrica de embalse Centroamérica desde 1965, año en que entró en operación. Esta central tiene un embalse de regulación estacional y es la que brinda, en su mayoría, la reserva de regulación para el seguimiento de las variaciones de la demanda y las variaciones de la generación eólica y solar. En este plan se toman en consideración los proyectos candidatos hidroeléctricos con embalse de regulación que pueden aportar a la reserva de regulación para la

operación del SIN. En total existen 7 proyectos hidroeléctricos con embalse de regulación, 5 estacionales, que pueden almacenar agua de la estación lluviosa hacia la seca y 2 proyectos de regulación anual que pueden almacenar agua de un año hidrológico a otro.

Intermitencia eólica

La generación de electricidad con el recurso del viento a menudo se describe como “intermitente”, ya que el viento no sopla de forma continuada. Un aerogenerador individual genera electricidad durante el 70-85% del tiempo con una producción eléctrica que varía según la velocidad del viento en cada momento.

Para garantizar un suministro continuado, se tiene que conseguir un equilibrio segundo a segundo entre la generación de energía y la demanda. El sistema eléctrico está diseñado para hacer frente a las diferencias entre la demanda de energía y el suministro. Con todo, ninguna unidad de producción eléctrica es totalmente fiable y la demanda también es incierta. Por esto, se establecen reservas que tienen en cuenta las estadísticas de variaciones previstas durante el tiempo. La variabilidad de la generación de energía eólica es una más de las variaciones que se tienen que tener presentes para establecer los niveles de reserva necesarios que permitan ajustar la generación de energía en función de la demanda.

9.3 Coste y rentabilidad de la energía eólica

Aparentemente, el coste de la energía eólica es elevado, pero este ha dejado de ser un problema y actualmente es una de las fuentes más baratas, hasta llegar a competir en rentabilidad con fuentes energéticas tradicionales, consideradas de muy bajo coste, como las centrales térmicas de carbón, las centrales de combustible e incluso con la energía nuclear. Pero, sobre todo, si miramos los costes a largo plazo, si pensamos en los costes que representan para una sociedad la reparación

de los daños medioambientales generados por las energías convencionales, la energía eólica es, sin duda, mucho más barata que sus competidoras.

Una turbina puede llegar a su mayor productividad cuando el viento alcanza los 40 km/h, un rendimiento medio a los 19 km/h y deja de funcionar automáticamente cuando desciende a 10 km/h. El sistema más rentable para recolectar la energía producida por estos aerogeneradores se encuentra en los parques eólicos, que transfieren energía eólica a la red eléctrica. Cada turbina de estos parques, en condiciones óptimas, tiene una vida útil de 25 años y, cuando esto sucede, su desmantelamiento no deja huellas sobre el terreno. Actualmente, las investigaciones sobre los aerogeneradores están dirigidas a la búsqueda de sensores y software que permiten monitorizar constantemente las fuerzas del viento ejercidas sobre las aspas de las turbinas. De esta manera se lograría, como en las alas de los aviones, que las turbinas tengan una "superficie de control" y alerones simples para cambiar las características aerodinámicas de las aspas. De lograrse a corto plazo esto, permitiría, no solo un control inteligente de las fuerzas del viento, sino un aprovechamiento óptimo en todo momento.

Por otro lado, los parques eólicos han generado una fuerte controversia al interior de los grupos ambientalistas por el impacto que generan sobre el paisaje los gigantes del viento y la muerte de las aves migratorias producida por los aerogeneradores. Para opacar esta desventaja, se han trasladado algunos parques eólicos dentro del mar y, aunque dicha tecnología aún sigue en constante evolución, algunos expertos consideran que la fuerza del viento marítimo es el futuro de la energía eólica y, de paso, la generación de la energía eléctrica en sustitución de las energías convencionales.

9.4 Retiro de Plantas de Generación.

El cronograma de retiro de generación obedece a plantas que por sus años de uso y su baja eficiencia son consideradas para su reemplazo (Planta Nicaragua). Adicionalmente para evitar que se produzcan déficits de generación y se garanticen los niveles de reserva de potencia que requiere el SIN, se consideró la operación de las plantas Corinto, Tipitapa y Censa hasta el año 2020.

PLANTAS	Tipo	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
		Nicaragua 1	Térmico					-50									
Nicaragua 2	Térmico					-50											
Tipitapa PPA	Térmico						-51										
Corinto PPA	Térmico						-69										
Censa PPA	Térmico						-57										
TOTAL		-276	0	0	0	0	-100	-176	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*Tabla 1. Plantas de generación a retirarse.
Fuente: MEM, Plan de expansión 2016-2030*

9.5 Cartera de Proyectos.

Para el proceso de optimización de la expansión de generación de energía, se cuenta con la cartera de proyectos registrados en el MEM. Las características técnicas y económicas. A continuación, se presenta algunos proyectos analizados:

Proyectos eólicos, fotovoltaicos y de biomasa

Item	Nombre del Proyecto	Capacidad (MW)	Periodo de Simulación Disponible (*)	
			Inicio	Fin
Proyectos Eólicos				
1	EOLICO 1	40	enero 2018	enero 2018
2	EOLICO 1.A	23	enero 2019	enero 2019
3	EÓLICO 2 40MW	40	enero 2020	diciembre 2030
4	EÓLICO 3 40MW	40	enero 2025	diciembre 2030
5	EÓLICO 4 40MW	40	enero 2028	diciembre 2030
Proyectos Fotovoltaicos				
1	EL VELERO	12	marzo 2017	marzo 2017
2	SOLAR 2	12	julio 2018	julio 2018
3	SOLAR 3	12	enero 2019	diciembre 2030
4	SOLAR 4	36	enero 2020	diciembre 2030
5	SOLAR 5	50	enero 2021	diciembre 2030
Proyectos de Biomasa				
1	BIOMASA 1	50	enero 2018	diciembre 2030
2	BIOMASA 2	12	enero 2018	diciembre 2030
3	BIOMASA 3	20	enero 2018	diciembre 2030
4	BIOMASA 4	28.5	enero 2022	diciembre 2030
5	BIOMASA 5	35.5	enero 2022	diciembre 2030
6	BIOMASA 6	30	enero 2022	diciembre 2030
7	CASUR I	2	noviembre 2016	noviembre 2016
8	CASUR II	12.6	noviembre 2018	noviembre 2018
9	CASUR III	5.5	noviembre 2020	noviembre 2020
10	CASUR IV	3.4	noviembre 2022	noviembre 2022

*Tabla 2. Proyección de proyectos.
Fuente: MEM, Plan de expansión de energía*

9.6 Escenario del Plan de Expansión de Generación.

Según el Plan de Expansión de Generación Eléctrica 2016-2030, se elaboraron y analizaron 7 escenarios indicativos, considerando los siguientes elementos:

- ✓ La satisfacción de la demanda de energía, previendo los déficits de energía ante la eventualidad del cambio climático.
- ✓ Los costos de Inversión y Operación.
- ✓ La mayor incorporación de proyectos hidroeléctricos con regulación o a filo de agua.
- ✓ Los requerimientos de reserva de regulación, considerando la operación de centrales hidroeléctricas de embalse de regulación anual y estacional y motores de media velocidad en caso que no se logren desarrollar este tipo de centrales hidroeléctricas.
- ✓ Una mayor participación de plantas eólicas, solares fotovoltaicas, biomasa y geotérmica, con respecto a planes anteriores.
- ✓ Incorporación de un escenario de gas natural, considerando exportación de 100 MW.
- ✓ El análisis de demanda mínima estacional.
- ✓ La reserva de potencia y energía requeridas para cubrir la salida de la planta de mayor tamaño, años hidrológicos secos, años con poca generación eólica, poca disponibilidad del recurso geotérmico, mantenimientos imprevistos de unidades de generación dado que, estas condiciones operativas afectan la capacidad efectiva de generación para suplir la demanda.

- ✓ La transformación y diversificación de la matriz energética.
- ✓ De los resultados obtenidos y con base al análisis, se selecciona como escenario de referencia el escenario A, el cual es más económico y cumple con los criterios de calidad y seguridad establecidos por la Normativa de Operación del Mercado Eléctrico Nacional.

A continuación, se detalla el escenario A:

Escenario A

El plan obtenido en este escenario significa la adición de 1,223 MW en el periodo de estudio. De esta potencia adicional, 138 MW corresponden a Biomasa, 74 MW a Solar Fotovoltaicos, 143 MW a Eólicos, 135 MW a Geotérmicos, 271 MW a proyectos hidroeléctricos con embalse de regulación y 22 MW a proyectos hidroeléctricos Filo de agua, además, de 440 MW en plantas Térmicas, de las cuales 140 MW a Base de Fuel Oil para regulación del sistema, y 300 MW son de Gas Natural (100MW son de exportación).

PROYECTOS	Fuente	AÑOS														TOTAL FUENTE 2016-2030		
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029		2030	
Alba Motor (140 MW)	Térmico	140																440
GNL-300MW					300													
CASUR (Ingenio)	Biomasa	2		13				6	3									138
Biomasa 2						30												
Biomasa 3								25.5										
Biomasa 4											28.5							
Biomasa 5															30			
El Velero	Solar - FV		12															74
Solar 2				12														
Solar 3					12													
Solar 4						12												
Solar 5												26						
Eólico 1	Eólico			40	23													143
Eólico 2											40							
Eólico 3													40					
Geotérmico 1	Geotérmico							35										135
Geotérmico 2										25					25			
Geotérmico 3													25			25		
Hidro 1	Hidro Con Embalse						100											271
Hidro 2												150						
Hidro 3									21									
Hidro 4	Filo de agua									22								22
TOTAL		142	12	65	335	42	100	32	59	22	54	66	175	40	55	25		1223

Tabla. 3 Escenario A.

Fuente: MEM, Plan de Expansión de la Generación Eléctrica 2016-2030

La introducción de nuevos proyectos de generación basados en energías renovables en el periodo 2016 – 2030, permitirá modificar la matriz de generación, reduciendo la generación de energía térmica basada en combustibles fósiles, del 45% en el año 2018, a un 36% en el año 2023 y a un 27% en el año 2030.

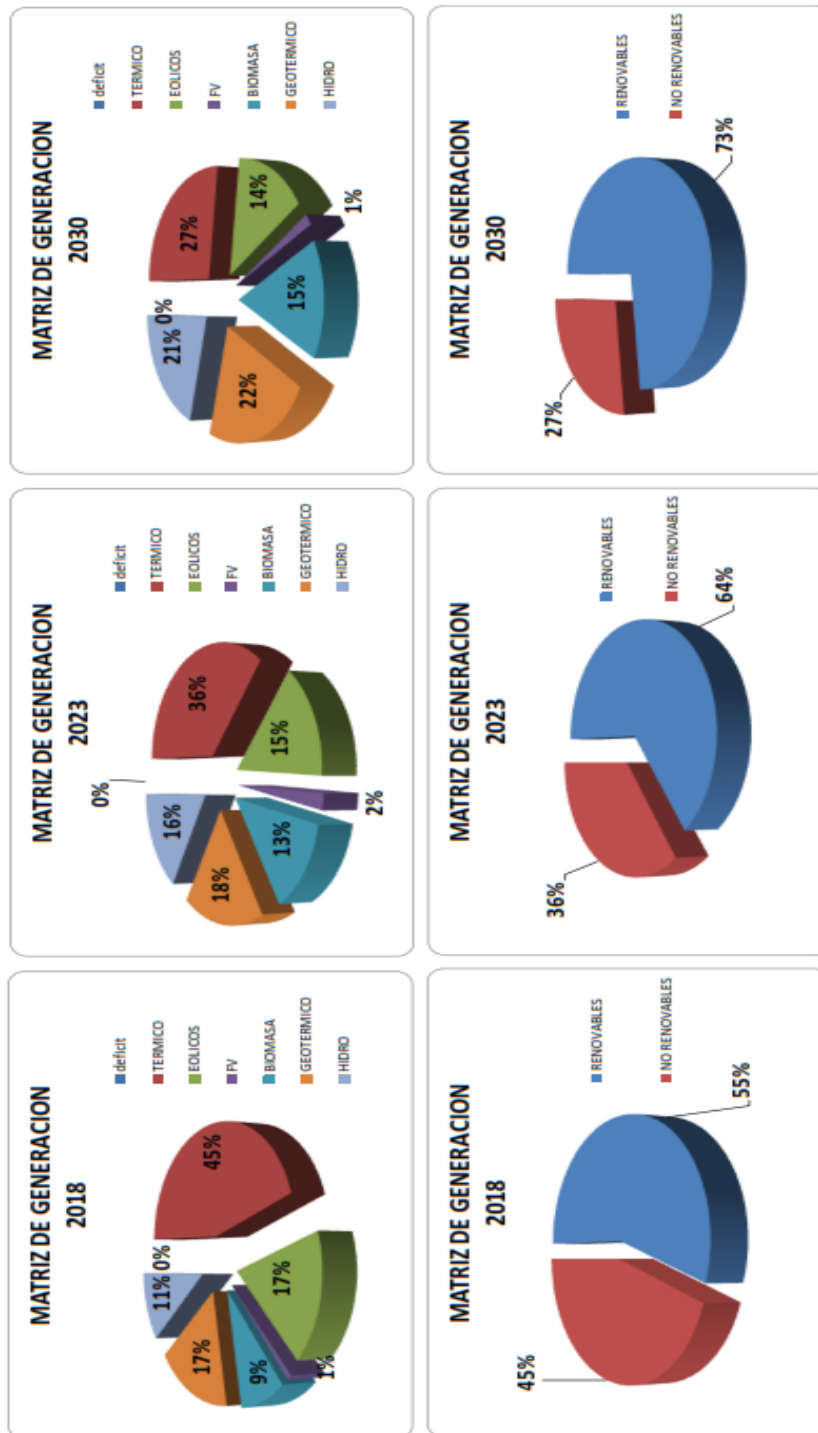


Gráfico 4. Evolución prevista de la matriz de generación de Energía.
 Fuente: MEM, Plan de Expansión de la Generación Eléctrica 2016-2030

10. Conclusiones.

Hemos demostrado la gran importancia que tiene el agua en la generación de energía eléctrica en Nicaragua, y que es el elemento clave; ésta se utiliza desde la limpieza para las aspas de los aerogeneradores hasta ser el elemento principal para mover las turbinas de un generador de una central hidroeléctrica.

Analizamos todos los procesos de generación de energía eléctrica del país, detallando el desempeño de cada uno, impactos ambientales y viabilidad.

Desde la perspectiva hídrica, la energía eólica es claramente la fuente más sostenible de generación de electricidad en Nicaragua, sin embargo, en la mayoría de los casos el servicio intermitente de la energía eólica, necesita ser compensado con otras fuentes de energía, que, con excepción de la geotérmica, precisan agua para mantener el equilibrio de la carga.

Los datos y cifras de fuentes nacionales nos permitieron mostrar una proyección de la generación óptima para el país, y de como ésta, se desempeña en conjunto con otras centrales de generación. Cabe destacar que, un sistema único de generación no es sostenible, ya que debe existir una matriz energética diversificada para lograr mantener el equilibrio de la carga.

11.Recomendaciones

Realizar una serie de análisis o estudios de las relaciones entre el agua y la energía en cada proceso de generación de electricidad con datos más precisos, ya que, en Nicaragua no existe información relacionada a dicho tema y el sigilo por parte de las empresas privadas o públicas limitan la documentación.

12. Referencias bibliográficas

Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA). (s.f.). *Funcionamiento de las centrales eléctricas*. Recuperado de

<https://www.unesa.net/investigar/sabereinvestigar/esquemas/esquemas.htm>

Calero, M. (2017). *Alba Generación expande su parque eólico en Nicaragua en 40 megavatios más*. Recuperado de

<http://www.laprensa.com.ni/2017/07/18/nacionales/2264999-alba-generacion-expande-su-parque-eolico-en-nicaragua-en-40-megavatios-mas>

Calero, M. (2017). *Bajan metas de generación de energías renovables en Nicaragua*. Recuperado de

<http://www.laprensa.com.ni/2017/08/07/nacionales/2275951-bajan-metas-de-generacion-de-energias-renovables-en-nicaragua>

Calero, M. (2017). *Banda de precios hizo menos atractivo invertir en proyectos de energía solar*. Recuperado de

<http://www.laprensa.com.ni/2017/06/19/nacionales/2249374-ya-no-atractivo-invertir-energia-solar>

Centro Nacional de despacho de Carga. (2017). *Generación por tipo de recurso*.

Recuperado de

http://www.cndc.org.ni/graficos/graficaGeneracion_Tipo_TReal.php

Cobos, C. Quiñónez, J. Guillén, R. Medrano, X. Reyes, V. (2017). Global Water Partnership: *Situación de los recursos hídricos en Centroamérica*. Recuperado de http://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/situacion-de-los-recursos-hidricos_fin.pdf

Díaz, B. (2017). *Instalan planta solar de 12,5 MW con módulos Recom en Nicaragua*. Recuperado de <https://www.pv-magazine-latam.com/2017/05/22/instalan-planta-solar-de-125-mw-con-modulos-recom-en-nicaragua/>

Energías Renovables. (2017). *Eólica: La eólica también contribuye a ahorrar agua*. Recuperado de <https://www.energias-renovables.com/eolica/la-eolica-tambien-contribuye-a-ahorrar-agua-20170324>

González, F. (2015). *Nicaragua y su potencial solar*. Recuperado de <http://diariometro.com.ni/nacionales/46641-nicaragua-y-su-potencial-solar/>

Hardy, L. & Garrido, A. (2010). *Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España*. Recuperado de <http://www.crcc.es/wp-content/uploads/2012/02/Hardy-y-Garrido.-2010An%C3%A1lisis-de-lar-relaci%C3%B3n-agua-energ%C3%ADa.pdf>

Informe Europeo sobre el desarrollo. (2011-2012). *De cara a la Escasez: Gestión del agua, la energía y el suelo para un crecimiento incluyente y sostenible.*

Recuperado de https://ec.europa.eu/europeaid/sites/devco/files/erd-consca-report-summary-20110101_es.pdf

Intermitencia Eólica. (s.f.). Recuperado de <http://eoliccat.net/la-tecnologia/principios-de-la-energia-eolica/intermitencia/?lang=es>

Jarquín, L. (2016). *Nicaragua en el top tres de energías renovables.* Recuperado de <http://www.elnuevodiario.com.ni/nacionales/384971-nicaragua-top-tres-energias-renovables/>

Koulouri, A. & Moccia, J. (2017). European Wind Energy Association: *Saving water with wind energy.* Recuperado de https://windeurope.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Saving_water_with_wind_energy.pdf

Mantenimiento de palas. (2017). Recuperado de <http://www.integraenergias.com/es/blades/inspecciones.html>

Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2016). *Plan de expansión de la generación eléctrica de 2016-2030.* Recuperado de <http://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2017/03/Plan-de-Expansion-2016-2030.pdf>

Moreno, J. & Holaschutz, D. (2016). *Guía de buenas prácticas en el uso de agua para refrigeración de centrales termoeléctricas*. Recuperado de http://dataset.cne.cl/Energia_Abierta/Estudios/Minerg/Guia_Buenas_Practicas_Termoelectrica.pdf

Sánchez, F. (s. f.). *Energía eólica en Nicaragua, desafíos y grandes oportunidades*. Recuperado de <http://www.blplegal.com/energia-eolica-en-nicaragua-desafios-y-grandes-oportunidades/?lang=es>

Sánchez, F. (s.f.). *Energía renovable en Nicaragua, oportunidades y beneficios*. Recuperado de <http://www.blplegal.com/energia-renovable-en-nicaragua-oportunidades-y-beneficios/?lang=es>

Sánchez, F. (s.f.). *Nicaragua: Energía Hidroeléctrica, expectativas de desarrollo e inversión 2017-2018*. Recuperado de <http://www.blplegal.com/nicaragua-energia-hidroelectrica-expectativas-de-desarrollo-e-inversion-2017-2018/?lang=es>

Ventajas de la energía eólica. (2011). Recuperado de <https://twenergy.com/a/ventajas-de-la-energia-eolica-402>

13. Anexos

Anexo No. 1 – Imágenes referentes a mantenimiento de generadores eólicos.



Imagen 1. Limpieza de aerogenerador mediante trabajos verticales.

Fuente: "Mantenimiento a torres eólicas" (página web).



Imagen 2. Limpieza de aerogeneradores mediante trabajos verticales.

Fuente: "Mantenimiento a torres eólicas" (página web).



Imagen 3. Limpieza de aerogeneradores mediante trabajos verticales.

Fuente: "Mantenimiento a torres eólicas" (página web).

Anexo No. 2 – Visita a la Planta “Aceitera El Real”

Aceitera El Real, Chinandega.

La planta industrial, Aceitera El Real, se encuentra en Chinandega y cuenta con tecnología de punta para la producción de harinas, aceites, manteca, alimentos balanceados, jabón, aceite crudo de maní y un laboratorio moderno para el control y cumplimiento de las normas de calidad e higiene, para una mayor productividad.

Como empresa industrial tiene un compromiso con el país y con el cuidado del medioambiente. Sus insumos y proveedores de materia prima son locales.

Generación de energía y vapor

La planta de fuerza y vapor consta de 2 calderas acuotubulares las cuales, utilizan cascarilla de maní como combustible (biomasa). La caldera de alta presión (30 bar) tiene un flujo de vapor de 15 toneladas por hora, el cual es inducido a una turbina que genera actualmente 761 KWH. Están en proceso de instalación de una turbina que generara 2.3 MW, suficiente para cubrir la demanda interna de electricidad de la empresa. La caldera de baja presión (12 bar) tiene un flujo de vapor de 10 toneladas por hora utilizado para los diferentes procesos industriales de la compañía. Con la generación de electricidad a partir de biomasa (cascarilla de maní) Aceitera El Real está contribuyendo a la generación de energía limpia y renovable.

El papel del Agua en la Planta Aceitera el Real

En Nicaragua, la generación de vapor (para generar energía eléctrica) se hace comúnmente por la biomasa, como es el caso de la Aceitera el Real. El agua proveniente de la fuente de abastecimiento (en este caso, un pozo local) se hace pasar a una caldera, la cual; para funcionar consume combustible, luego, el vapor que produce la caldera pasa por un sistema de tubería especial, (que lleva un recorrido o tramo previamente calculado en el diseño de la planta) hasta llegar a la

turbina de vapor que se hará girar por la fluidez del vapor. Este vapor que entra y circula por la turbina es succionado o transportado a un condensador (que está conectado a la turbina) que realizará el proceso de convertir este vapor en líquido, luego se transporta a la caldera nuevamente a continuar el mismo proceso.

En las fuentes de generación que no son meramente hídricas, se ocupa el agua en las turbinas de vapor, porque el agua se evapora en las calderas y esa agua en forma de energía calorífica es la que va a transferir el calor y por medio de la ley de la termodinámica, habrá una conversión de energía y se producirá trabajo y ese trabajo luego se convierte en energía cinética o mecánica y por ende en eléctrica. Éstas son las transformaciones de la energía.

En ambos casos siempre existen sistemas de enfriamiento, y para esto se utiliza el agua.



Imagen 4. Aceitera El Real.

Fuente: Documento informativo Canal 2.

Anexo No. 3 – Gráficos sobre proyección de generación

PROGRAMA DE GENERACION DE ENERGIA (GWH)
 PERIODO 2016-2030
 ESCENARIO "A" INDICATIVO DE REFERENCIA (DEMANDA MEDIA)

FUENTES RENOVABLES		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030			
SEMESTRE	FUENTE PLANTAS	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%		
HIJERO	CENTROAMERICA	209	14	207	14	211	15	218	16	214	16	213	16	214	16	216	16	218	16	190	14	199	15	221	16	206	15	215	16	238	18		
	EL VIEJO	14	1	15	1	16	1	17	1	18	1	19	1	20	1	21	1	22	1	23	1	24	1	25	1	26	1	27	1	28	1		
	PANAMA	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2
	EL DIAMANTE	86	6	85	6	84	6	83	6	82	6	81	6	80	6	79	6	78	6	77	6	76	6	75	6	74	6	73	6	72	6	71	6
	HIJERO 1	13	1	12	1	11	1	10	1	9	1	8	1	7	1	6	1	5	1	4	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
	HIJERO 2	12	1	11	1	10	1	9	1	8	1	7	1	6	1	5	1	4	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	HIJERO 3	12	1	11	1	10	1	9	1	8	1	7	1	6	1	5	1	4	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	HIJERO 4	12	1	11	1	10	1	9	1	8	1	7	1	6	1	5	1	4	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	HIJERO 5	12	1	11	1	10	1	9	1	8	1	7	1	6	1	5	1	4	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	HIJERO 6	12	1	11	1	10	1	9	1	8	1	7	1	6	1	5	1	4	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
SUBTOTAL HIJERO		483	34%	479	34%	484	35%	490	36%	486	36%	483	36%	484	36%	486	36%	490	36%	464	34%	473	35%	501	37%	478	35%	487	36%	510	38%		
GEOTERMIA	RENJA POLARIS	484	35	501	36	536	39	536	39	536	39	536	39	536	39	536	39	536	39	536	39	536	39	536	39	536	39	536	39	536	39	536	39
	MOMOTOMBO	199	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14
	GEOTERMICO 1	199	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14
	GEOTERMICO 2	199	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14
	GEOTERMICO 3	199	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14
	GEOTERMICO 4	199	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14	198	14
SUBTOTAL GEOTERMIA		683	50%	705	51%	759	56%	759	56%	759	56%	759	56%	759	56%	759	56%	759	56%	759	56%	759	56%	759	56%	759	56%	759	56%	759	56%		
BIOMASA	MONTERROSA	161	12	164	12	164	12	164	12	164	12	164	12	164	12	164	12	164	12	164	12	164	12	164	12	164	12	164	12	164	12	164	12
	CHASIB	143	10	139	10	132	10	122	9	122	9	122	9	122	9	122	9	122	9	122	9	122	9	122	9	122	9	122	9	122	9	122	9
	MONTELMAR	99	7	132	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10
	BIOMASA 2	99	7	132	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10
	BIOMASA 3	99	7	132	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10
	BIOMASA 4	99	7	132	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10	131	10
SUBTOTAL BIOMASA		413	30%	445	32%	439	32%	439	32%	439	32%	439	32%	439	32%	439	32%	439	32%	439	32%	439	32%	439	32%	439	32%	439	32%	439	32%		
FOTOVOLTAICA	EL VIEJO	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1
	EL VIEJO 2	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1
	SOLAR 3	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1
	SOLAR 4	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1
	SOLAR 5	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1
	SOLAR 6	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1
SUBTOTAL FOTOVOLTAICA		0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%		
EOLICA	AMAYO I	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10
	AMAYO II	91	7	91	7	91	7	91	7	91	7	91	7	91	7	91	7	91	7	91	7	91	7	91	7	91	7	91	7	91	7	91	7
	ALBA RIVAS	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10
	ALBA RIVAS 2	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10	140	10
	BLUE POWER	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10
	EOLICO 1	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10	139	10
SUBTOTAL EOLICA		672	50%	672	50%	672	50%	672	50%	672	50%	672	50%	672	50%	672	50%	672	50%	672	50%	672	50%	672	50%	672	50%	672	50%	672	50%		
TOTAL RENOVABLES		2261	64%	2396	70%	2696	79%	2893	85%	2893	85%	3290	95%	3547	100%	3846	100%	4091	100%	4298	100%	4499	100%	5093	100%	5451	100%	5749	100%	6070	100%		

Gráfico 5. Escenario A indicativo de referencia Demanda Media.

Fuente: MEM

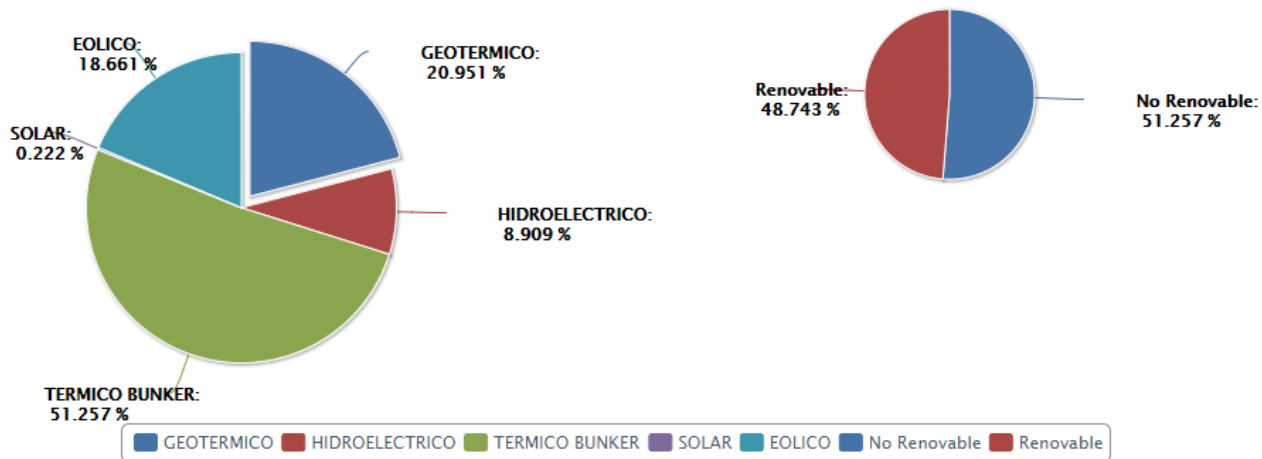


Gráfico 6. Generación por tipo de recurso.

Fuente: Centro Nacional de despacho de Carga (2017).