

**UNIVERSIDAD CENTRAL
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**DESARROLLO DE ESTRATEGIAS PARA LA INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS
RENOVABLES COMO ALTERNATIVAS A LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA EN
COSTA RICA POR EL FENÓMENO DEL NIÑO**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ESTUDIANTE: BERNARD TORRES MOYA

TUTOR: ING. OMAR SABORÍO ALPÍZAR

SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA

JULIO, 2024

DECLARACIÓN JURADA

CÉDULA DE IDENTIDAD

SOLICITUD DE DEFENSA

CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR

CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR

CERTIFICADO DEL FILÓLOGO

CARTA DE ENTENDIMIENTO

INDICE

RESUMEN.....	XV
CAPÍTULO I. PROBLEMA	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	2
1.4 ANTECEDENTES	4
1.5 PROYECCIONES	5
1.5.1 Alcances	5
1.5.2 Limitaciones	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	7
2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	7
2.1.1 Visión / Misión.....	9
2.1.2 Antecedentes históricos	9
2.1.3 Ubicación geográfica.....	10
2.1.4 Estructura organizacional.....	11
2.1.5 Cantidad de empleados	12
2.1.6 Tipos de productos.....	12
2.1.8 Descripción general del proceso productivo	12
2.2 HERRAMIENTAS INGENIERILES	13
2.2.1 Diagrama de Ishikawa.....	13
2.2.2 Introducción a las Herramientas Ingenieriles.....	14
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	24
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	24
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	24
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	25
3.3.1 Sujetos de información.....	26
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS.....	27
OBJETIVO ESPECÍFICO	28
VARIABLE	28
DEFINICIÓN CONCEPTUAL	28
OPERACIONALIZACIÓN	28
INSTRUMENTALIZACIÓN	28
ANALIZAR EL IMPACTO DE EL NIÑO EN LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA.....	28
VARIABILIDAD CLIMÁTICA	28

CAMBIOS EN LOS PATRONES CLIMÁTICOS DEBIDO A EL NIÑO QUE AFECTAN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA.....	28
REGISTRO DE PATRONES DE PRECIPITACIÓN, TEMPERATURA Y CAUDALES DE AGUA DURANTE EVENTOS DE EL NIÑO.....	28
DATOS HISTÓRICOS Y ACTUALES DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS, REGISTROS DE CAUDAL DE LOS RÍOS Y PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS PLANTAS HIDROELÉCTRICAS.....	28
EVALUAR EL POTENCIAL DE ENERGÍAS RENOVABLES ALTERNATIVAS.....	28
POTENCIAL DE ENERGÍAS RENOVABLES.....	28
LA CAPACIDAD DE LAS FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE ALTERNATIVAS PARA CONTRIBUIR A LA MATRIZ ENERGÉTICA.....	28
ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA Y LA GENERACIÓN DE ENERGÍA POTENCIAL DE FUENTES COMO SOLAR, EÓLICA, BIOMASA Y GEOTÉRMICA.....	28
MAPAS DE RECURSO SOLAR Y EÓLICO, INFORMES DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y GEOTÉRMICA, Y DATOS DE CAPACIDAD INSTALADA.....	28
DESARROLLAR ESTRATEGIAS PARA LA INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES.....	28
ESTRATEGIAS DE INTEGRACIÓN.....	28
PLANES Y POLÍTICAS PARA INCORPORAR ENERGÍAS RENOVABLES EN LA MATRIZ ENERGÉTICA.....	28
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE MODELOS ESTRATÉGICOS Y POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES.....	28
DOCUMENTOS DE PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA, POLÍTICAS GUBERNAMENTALES, Y FEEDBACK DE STAKEHOLDERS A TRAVÉS DE ENTREVISTAS Y ENCUESTAS.....	28
3.5 INSTRUMENTOS.....	29
3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	29
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	31
CAPÍTULO V. PROPUESTA.....	34
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
CONCLUSIONES.....	39
RECOMENDACIONES.....	40
REFERENCIAS.....	42
ANEXOS.....	43
ANEXO 1: ENCUESTAS.....	44
APÉNDICE 2: ENTREVISTAS.....	48

TABLAS

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por área	12
Tabla 3.1: Variables de la investigación por objetivo específico	28

FIGURAS

Figura 2.1: Mapa sector atención CNFL	10
Figura 2.2: Mapa de Proceso de Realización del Servicio de CNFL	11
Figura 2.3 Mapa de Procesos CNFL.....	12
Figura 2.4 Diagrama de Ishikawa	14

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a las personas más importantes de mi vida. A ti, Andrea Meoño Marín, por tu amor y tu apoyo incondicional. A mi padre, Carlos Torres Cerdas, por ser mi guía y mi confidente. A mi madre, Katthia Moya Granados, por su corazón de oro y su fortaleza. Y a mis hijos, Francisco, Krystel y Samuel, motivo de inspiración siempre en mi vida. Gracias a cada uno de ustedes por hacer que este sueño se hiciera realidad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi guía y protector, por permitirme alcanzar esta meta. A mi familia, mi refugio, por creer en mí siempre y por estar a mi lado en cada paso. A todos aquellos que, de una u otra manera, dejaron una huella en mi camino académico, mi más sincero agradecimiento.

EPÍGRAFE

Si lo puedes soñar, lo puedes lograr.

Walt Disney

RESUMEN

En un mundo donde la sostenibilidad energética se ha convertido en una prioridad, la Compañía Nacional de Fuerza y Luz de Costa Rica se ha destacado por su compromiso con la integración de energías renovables en su matriz energética. En este contexto, se llevó a cabo un estudio exhaustivo en dicha compañía con el objetivo de evaluar la factibilidad de incorporar fuentes de energía renovable alternas para reducir la dependencia de la energía hidroeléctrica y evitar la necesidad de recurrir a la energía térmica, contribuyendo así a la diversificación y sostenibilidad del sistema eléctrico nacional.

La elección de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz como objeto de estudio se fundamentó en su significativa dependencia de la energía hidroeléctrica, la cual ha demostrado ser vulnerable a variaciones climáticas, como las asociadas con el fenómeno de El Niño. Esta dependencia plantea desafíos en términos de estabilidad y seguridad del suministro eléctrico, lo que motiva la necesidad de explorar e implementar alternativas sostenibles y resilientes.

Los resultados obtenidos durante el estudio arrojaron efectos positivos significativos sobre la integración de energías renovables en el sistema eléctrico nacional de Costa Rica. Se identificaron múltiples beneficios, que van desde la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la mitigación del cambio climático, hasta la disminución de costos operativos a largo plazo y la mejora de la seguridad energética del país. Además, se constató la viabilidad técnica y económica de incluir energías renovables como la solar y la eólica en la matriz energética de la compañía en un horizonte de corto plazo.

La implementación exitosa de este enfoque de diversificación energética no solo permitirá a la Compañía Nacional de Fuerza y Luz reducir su huella ambiental y fortalecer su resiliencia ante eventos climáticos extremos, sino que también contribuirá al posicionamiento de Costa Rica como líder regional en la adopción de energías limpias y

renovables. Al cumplirse el objetivo del estudio realizado, se abre la puerta a un futuro energético más sostenible, eficiente y seguro para las generaciones venideras.

CAPÍTULO I. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Costa Rica ha experimentado una variabilidad climática significativa, afectando la generación hidroeléctrica, su principal fuente de energía renovable. Aunque el país se destaca por su compromiso con la sostenibilidad, la creciente frecuencia e intensidad del fenómeno de El Niño amenaza con alterar los patrones de precipitación, impactando negativamente en la capacidad para generar energía hidroeléctrica.

Las causas de esta problemática incluyen la variabilidad climática global y el impacto localizado del fenómeno de El Niño, que puede causar periodos extendidos de sequía en Costa Rica, reduciendo significativamente el flujo de agua disponible para la generación hidroeléctrica.

Las consecuencias de estos desafíos son multifacéticas, incluyendo la potencial inestabilidad en el suministro de energía, el aumento en los costos de electricidad, y la necesidad de depender de fuentes de energía menos sostenibles. A largo plazo, esto podría comprometer los objetivos de sostenibilidad de Costa Rica y su liderazgo en energías renovables.

Por lo tanto, se realizará un estudio de las estrategias para la integración de energías renovables alternativas como solución a la dependencia de la generación hidroeléctrica en Costa Rica, ante la previsión de sequías intensificadas por el fenómeno de El Niño.

Dada la situación expuesta y en línea con el objetivo general de la investigación, la pregunta que guiará este estudio es: ¿Cómo pueden integrarse efectivamente energías renovables alternativas en la matriz energética de Costa Rica para mitigar los impactos negativos del fenómeno de El Niño en la generación hidroeléctrica, asegurando la sostenibilidad y resiliencia del sistema energético nacional?

La formulación de esta pregunta permite explorar soluciones concretas y viables, alejándose de una respuesta binaria y abriendo el camino hacia un análisis detallado de opciones y estrategias adaptativas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la viabilidad de integrar energías renovables alternativas en la matriz energética de Costa Rica para mitigar los impactos del fenómeno de El Niño en la generación hidroeléctrica, promoviendo un sistema energético nacional más sostenible y resiliente.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. **Analizar el impacto del fenómeno de El Niño en la generación hidroeléctrica de Costa Rica**, identificando patrones de variabilidad climática y su efecto en los recursos hídricos disponibles para la generación de energía.
2. **Evaluar el potencial de las energías renovables alternativas (solar, eólica, biomasa y geotérmica) en Costa Rica**, determinando su capacidad para complementar y/o sustituir la generación hidroeléctrica durante períodos de escasez hídrica causados por El Niño.
3. **Desarrollar estrategias para la integración efectiva de energías renovables alternativas en la matriz energética de Costa Rica**, considerando aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, para fortalecer la resiliencia y sostenibilidad del sistema energético nacional frente a variaciones climáticas.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La investigación es **conveniente** dado el contexto de cambio climático global y su impacto en la variabilidad climática, lo cual afecta directamente la seguridad y sostenibilidad de la generación de energía en países altamente dependientes de recursos

hídricos, como Costa Rica. La Agencia Internacional de Energía (2020) indica que la diversificación energética es crucial para la resiliencia de los sistemas nacionales de energía.

Este estudio tiene una gran **relevancia social** ya que busca asegurar una generación energética sostenible y resiliente en Costa Rica, contribuyendo directamente al bienestar de la población. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2019) resalta la importancia de avanzar hacia matrices energéticas sostenibles para promover el desarrollo socioeconómico y reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático.

Las **implicaciones prácticas** de esta investigación son significativas. Al identificar y evaluar las energías renovables alternativas, se pueden establecer políticas y estrategias que mejoren la planificación y gestión energética. Según el Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (MINAE, 2021), “la implementación de energías renovables no solo es viable sino necesaria para el futuro energético del país”. (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (MINAE), 2021)

El estudio **aportará al conocimiento teórico** existente sobre transición energética, adaptación al cambio climático y sostenibilidad. Investigaciones previas han demostrado la importancia de adaptar las políticas energéticas a las realidades climáticas locales, (Rodríguez, 2018), lo cual será profundizado en este estudio.

Metodológicamente, este estudio servirá como un modelo para evaluar el potencial de diversas fuentes de energía renovable en contextos similares. La metodología propuesta podría ser replicada o adaptada por otros investigadores interesados en la transición energética y la adaptación al cambio climático.

La **pertinencia de la investigación** se destaca por la urgencia de abordar los efectos del cambio climático en la generación de energía. La Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2020) ha identificado a Centroamérica como una región especialmente vulnerable

a los efectos del fenómeno de El Niño, subrayando la necesidad de estudios como el propuesto.

La **viabilidad** del estudio está respaldada por el acceso a datos climáticos, energéticos y tecnológicos en Costa Rica, así como por el compromiso del país con la investigación y desarrollo en energías renovables. El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE, 2022) provee una base de datos extensa que facilitará la evaluación de alternativas energéticas renovables.

1.4 ANTECEDENTES

La transición hacia energías renovables ha sido un tema de interés creciente desde la crisis energética de los años setenta, marcando el inicio de una búsqueda global por alternativas sostenibles a los combustibles fósiles. En este contexto, la hidroelectricidad se estableció como una de las primeras y más importantes fuentes de energía renovable, especialmente en países con recursos hídricos abundantes como Costa Rica. Sin embargo, la variabilidad climática y fenómenos como El Niño han planteado desafíos significativos, impulsando la búsqueda de otras opciones renovables.

Investigaciones Internacionales

1. **La Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA)** ha publicado varios informes que destacan la importancia de diversificar las fuentes de energía renovable para mejorar la resiliencia de los sistemas energéticos nacionales frente a la variabilidad climática. (IRENA, 2019)
2. **El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC)**, en su informe especial sobre energías renovables y cambio climático (IPCC, 2014), subraya el papel crítico de las energías renovables en la mitigación del cambio climático y la adaptación de los sistemas energéticos a sus efectos.
3. **Estudios en Alemania** sobre la Energiewende (transición energética) ofrecen valiosas lecciones sobre la implementación de políticas y tecnologías para aumentar la

participación de energías renovables en la matriz energética”. (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020)

Investigaciones Nacionales

4. **En Costa Rica**, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) ha llevado a cabo estudios sobre la capacidad del país para integrar energías renovables no convencionales en su sistema eléctrico, destacando el potencial de la energía solar y eólica (ICE, 2018).

5. **La Universidad de Costa Rica (UCR)** ha desarrollado investigaciones sobre el impacto del fenómeno de El Niño en los recursos hídricos del país y su efecto en la generación de energía hidroeléctrica, señalando la necesidad de diversificar las fuentes de energía renovable”. (Universidad de Costa Rica (UCR), 2019)

Estos antecedentes, tanto internacionales como nacionales, ilustran el amplio interés y la necesidad de avanzar hacia sistemas energéticos más sostenibles y resilientes. La experiencia global en la transición energética, combinada con investigaciones específicas sobre las condiciones y capacidades de Costa Rica, proporciona una base sólida para el presente estudio, subrayando la relevancia y la urgencia de explorar y adoptar energías renovables alternativas frente a los desafíos actuales.

1.5 PROYECCIONES

1.5.1 Alcances

El estudio se centra en el sistema energético de Costa Rica, con un análisis detallado de la matriz energética nacional y su capacidad para integrar energías renovables alternativas. Aunque la investigación tiene un enfoque nacional, se presta especial atención a regiones con alto potencial para el desarrollo de energías solar, eólica,

biomasa y geotérmica. No se limita a una empresa o sector específico, sino que aborda el sistema energético costarricense en su conjunto.

Beneficios para Costa Rica si implementa las propuestas planteadas

1. **Diversificación energética:** Reducción de la dependencia de la hidroelectricidad, lo que disminuye la vulnerabilidad del sistema energético ante la variabilidad climática y fenómenos como El Niño.
2. **Seguridad energética mejorada:** Con una matriz energética más diversificada, Costa Rica puede asegurar un suministro energético más estable y predecible, crucial para el desarrollo económico y social del país.
3. **Sostenibilidad ambiental:** La adopción de más energías renovables contribuye a los objetivos de sostenibilidad de Costa Rica, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y promoviendo el uso eficiente de los recursos naturales.
4. **Innovación y desarrollo tecnológico:** El impulso hacia nuevas formas de energía renovable puede fomentar la innovación, la investigación y el desarrollo tecnológico dentro del país.

1.5.2 Limitaciones

Dada la naturaleza y el enfoque de este estudio, **no se visualizan limitaciones significativas** que puedan impedir su desarrollo exitoso. Sin embargo, es importante reconocer que la investigación depende de la disponibilidad y acceso a datos actualizados sobre el clima, recursos energéticos y desarrollos tecnológicos en el ámbito de las energías renovables. Además, la implementación efectiva de las estrategias propuestas requerirá un compromiso político y social, así como la coordinación entre diferentes actores del sistema energético nacional.

El presente estudio se propone no solo como un análisis académico, sino como una guía práctica para la transición energética en Costa Rica, ofreciendo un marco para la acción basado en evidencia y análisis detallado. Con estos alcances y conscientes de las

limitaciones, la investigación se posiciona como un recurso valioso para los tomadores de decisiones, investigadores y la sociedad costarricense en su conjunto, en el camino hacia una matriz energética más resiliente y sostenible.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

La Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A. (CNFL), nació en 1941, fruto de un esfuerzo político por nacionalizar los servicios eléctricos a la ciudadanía, dejando atrás la propiedad privada y garantizando la cobertura total, incluyendo a los grupos sociales menos favorecidos económicamente.

Desde entonces, el norte de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A. de Costa Rica ha sido brindar un servicio de calidad a todos los sectores de la población de la Gran Área Metropolitana (GAM), definida geográficamente como la zona de cobertura.

El servicio en forma expedita y la atención pronta de los requerimientos al cliente, forman parte vital del quehacer de la CNFL, al igual que el interés por preservar el planeta con una gestión ambiental responsable interna y externamente.

La Historia

El 8 de abril de 1941, en la historia de Costa Rica quedaría plasmado el nacimiento de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, con el “ejecútese” a la Ley número 2.

La fusión de The Costa Rica Electric Light and Traction Company, Limited; Compañía Nacional de Electricidad y Compañía Nacional Hidroeléctrica (o Compañía Electriona) en Compañía Nacional de Fuerza y Luz, se registró legalmente el 15 de mayo de 1941.

El sustento jurídico para esta fusión se promulgó en la Ley número 2 del 8 de abril de 1941, con el Contrato Ley conocido como Contrato Eléctrico de 1941.

Está legalmente constituida como Sociedad Anónima inscrita en el Registro de la Propiedad y su vigencia está garantizada hasta el año 2107 (Ley 8660, Ley de Fortalecimiento y Modernización de las Entidades Públicas del Sector

Telecomunicaciones, artículo 54, Alcance 31 de La Gaceta 156, del 13 de agosto del 2008).

Con el fin de marcar sus ámbitos de acción y establecer una política de coordinación de esfuerzos, en 1970 el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A. suscribieron un Convenio para la Prestación Mutua de Servicios, el cual entró en vigencia el 1 de julio de 1971, con el aval de la Contraloría General de la República.

La CNFL es la principal empresa distribuidora de electricidad en Costa Rica y su área de servicio abarca 907 km², donde registra una electrificación total del 99.98% y una gestión comercial del 46% del mercado eléctrico costarricense.

Para su sistema de generación, cuenta con diez (10) subestaciones elevadoras. Para su sistema de distribución de electricidad, dispone de veintidós (22) subestaciones reductoras para su sistema de distribución aéreo; tres (3) subestaciones para su sistema de distribución subterráneo, tres (3) patios de interruptores y dos (2) subestaciones móviles como respaldo.

Además, su sistema de distribución comprende 6.538 kilómetros de líneas en operación, de las cuales 3.246 son primarias y 3.292 son líneas secundarias y de ese total (6.538 km), 6.088 kilómetros son líneas aéreas y 450 kilómetros son subterráneas; cuenta con 2.137 MVA de capacidad instalada en transformadores de distribución.

Su área de servicio abarca un total de 510.314 clientes del Gran Área Metropolitana, donde se concentra la mayor cantidad de la población, la vida institucional pública y las principales actividades comerciales y productivas del país.

2.1.1 Visión / Misión

Visión

“Ser una empresa líder en el sector energía costarricense, eficiente y moderna, con solvencia técnica y financiera, que garantice la excelencia en la calidad del servicio, la interacción y la gestión del servicio al cliente, manteniendo el sentido social”.

Misión

“Brindar soluciones integrales de energía para el desarrollo sostenible, de forma eficiente, eficaz y sustentable, con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas”.

2.1.2 Antecedentes históricos

Somos la empresa pública que distribuye y comercializa la energía eléctrica en la “Gran Área Metropolitana” de Costa Rica, fundada mediante el Contrato-Ley N° 2 denominado “Contrato Eléctrico” del 8 de abril de 1941 (modificado a través de la Ley N° 4197 del 20 de setiembre de 1968 y de la Ley N° 4977 del 19 de mayo de 1972). De igual forma, nos regimos por lo establecido en la Ley de “Fortalecimiento y Modernización de las Entidades Públicas del Sector de Telecomunicaciones” N° 8660 del 13 de agosto de 2008 y el resto del ordenamiento jurídico aplicable.

Nuestra área de cobertura corresponde a 932,49 km², en la que se registra un total de electrificación de 100%, para un total de 564.010 servicios facturados (clientes).

Generamos electricidad utilizando energías limpias y renovables por medio de las siguientes Plantas Hidroeléctricas:

- Planta Balsa Inferior: Localizada en la provincia de Alajuela, en el cantón 10° San Carlos, distrito 2° Florencia.
- Planta Belén: Se encuentra localizada en la provincia de San José, en el cantón 9° Santa Ana, distrito 3° Pozo.
- Planta Brasil: Se ubica en la cuenca del Río Virilla, provincia de San José, cantón 9° Santa Ana, distrito 6° Brasil, a 20 km de la ciudad capital.
- Planta Cote: Construida aproximadamente a 24 km al noreste del Cantón de Tilarán, provincia de Guanacaste.
- Planta Daniel Gutiérrez: Localizada en la provincia de Alajuela, cantón de San Ramón, distrito 8° "Los Ángeles", 30 km al norte de la ciudad de San Ramón.
- Planta El Encanto: En la provincia de Puntarenas, distritos Acapulco y Pitahaya, aproximadamente 3,5 km de la población de Bajo Caliente, aguas abajo sobre el Río Aranjuez.
- Planta Electriona: Se ubica en la provincia de San José, cantón 1°, distrito 7°.
- Planta Río Segundo: Localizada en la provincia de Alajuela, cantón 1° Central, distrito 9° Río Segundo.
- Planta Ventanas: Se encuentra en la provincia de Alajuela, en el cantón Central, distrito 5° La Guácima.

También generamos energía eléctrica a través del viento:

Planta Eólica Valle Central: Se ubica en el distrito de Salitral, cantón de Santa Ana, en la provincia de San José, específicamente en la parte alta de la fila montañosa entre el Cerro Tacacorí en Corralar, a 1.800 m sobre el nivel del mar.

2.1.3 Ubicación geográfica

El área es extensa, por lo que el apartado anterior indica las ubicaciones de las Plantas Hidroeléctricas y Eólica. El área servida son 932.49 Km², en el Área Metropolitana de Costa Rica.

Figura 2.1: Mapa sector atención CNFL.

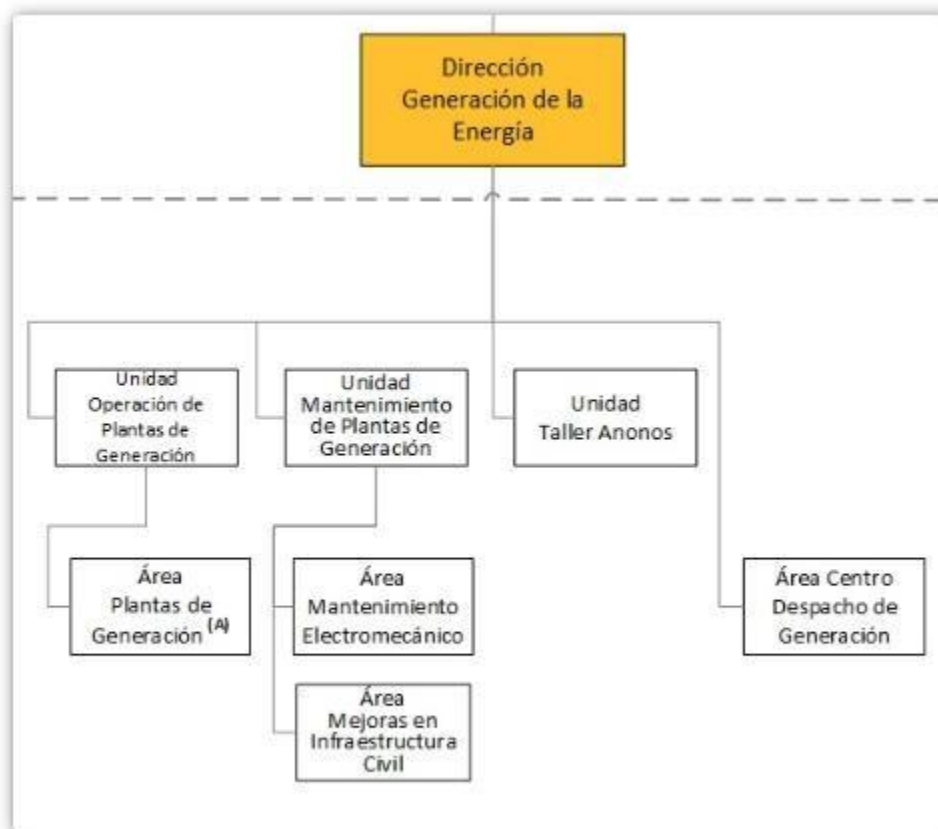


Fuente: Google, 2024.

2.1.4 Estructura organizacional

El organigrama de la empresa se muestra a continuación:

Figura 2.2: Mapa de Proceso de Realización del Servicio de CNFL



Fuente: Intranet CNFL, Sitio Colaborativo, 2024.

La CNFL al ser una institución semi autónoma, tiene distintos procesos. Por lo que un organigrama sería muy extenso. Propiamente en la figura 2.3 esta parte del Organigrama Institucional, donde encontramos el de Dirección Generación de la Energía, en el que nos enfocaremos.

2.1.5 Cantidad de empleados

Son muchas áreas, por lo que indicar por área los empleados sería muy extenso.

Tabla 2.1: Cantidad de empleados

Empleados	Cantidad
Hombres	1494
Mujeres	464
Total	1958

Fuente: Tramite y nomina CNFL.

2.1.6 Tipos de productos

Administrar y Generar Energía Eléctrica, Distribución y Comercialización de la Energía.

2.1.8 Descripción general del proceso productivo

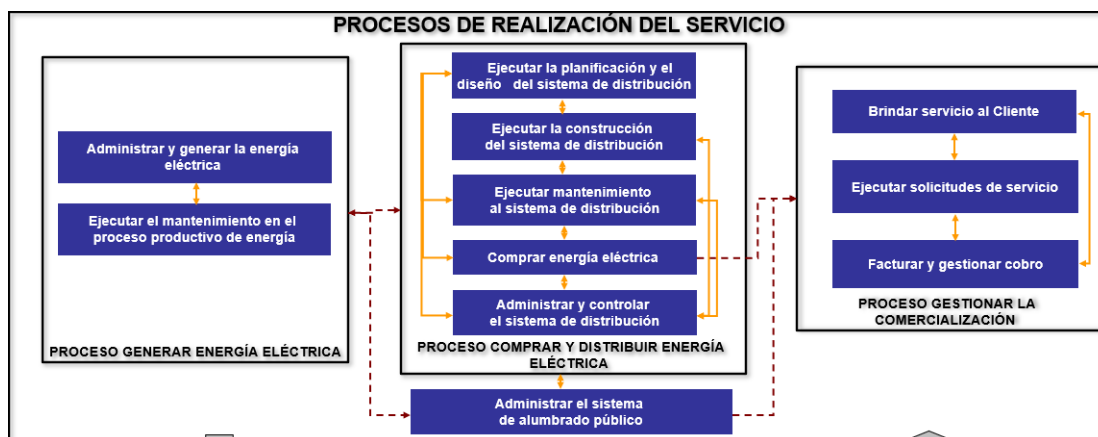


Figura 2.3 Mapa de Procesos CNFL.

La imagen adjunta es parte del Mapa de Procesos de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, donde está inmerso el Proceso de Administrar y Generar Energía Eléctrica.

2.2 HERRAMIENTAS INGENIERILES

En el desarrollo de la investigación sobre la integración de energías renovables en Costa Rica, se emplearán diversas herramientas y conceptos ingenieriles que facilitarán el análisis y la comprensión de los sistemas de energía y su interacción con los factores ambientales y sociales. Estas herramientas proporcionan métodos para identificar, analizar y solucionar problemas complejos dentro del contexto del estudio.

2.2.1 Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado o causa-efecto, es una herramienta que permite visualizar de manera sistemática las posibles causas de un problema específico. Es fundamental dentro de la teoría general de sistemas para entender las relaciones de causa y efecto y cómo diversos factores pueden influir en un proceso o resultado. Según la Teoría General del Sistema (2010), un diagrama causal muestra gráficamente las entradas (inputs), el proceso, y las salidas (outputs) de un sistema, incluyendo la retroalimentación necesaria para el subsistema de control. Este enfoque es especialmente útil en el estudio de la generación de energía, donde múltiples variables como los factores climáticos, tecnológicos, económicos y regulatorios interactúan y afectan la producción y el uso de energía.

En la investigación actual, el Diagrama de Ishikawa puede emplearse para identificar y analizar las causas subyacentes que afectan la generación de energía hidroeléctrica en Costa Rica, particularmente en relación con los efectos del fenómeno de El Niño. Asimismo, puede ser útil para mapear cómo las energías renovables alternativas pueden integrarse y mitigar estos problemas, ofreciendo una perspectiva clara sobre las

relaciones causales y facilitando el desarrollo de estrategias efectivas para la transición energética del país.

Este marco teórico y las herramientas ingenieriles seleccionadas formarán un engranaje cohesivo que soportará la investigación, asegurando que cada elemento esté conectado y contribuya al entendimiento global del estudio, desde la identificación de problemas hasta la propuesta de soluciones y estrategias de implementación.

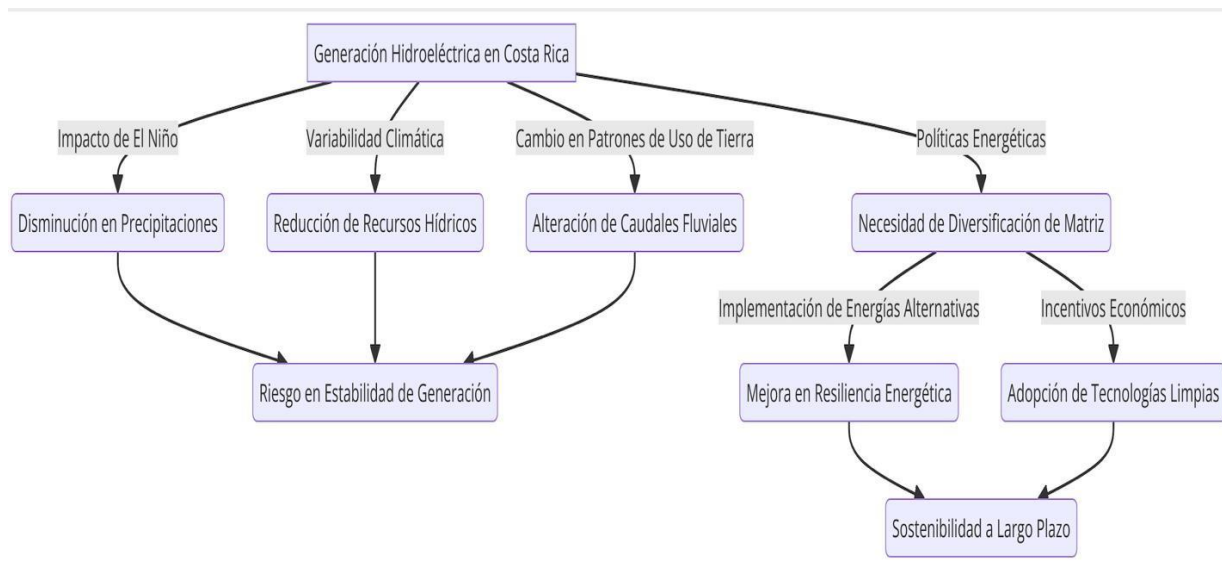


Figura 2.4 Diagrama de Ishikawa

Fuente: propia.

2.2.2 Introducción a las Herramientas Ingenieriles

Las herramientas ingenieriles son fundamentales en la planificación, desarrollo y optimización de proyectos energéticos, en particular aquellos que buscan integrar fuentes de energía renovable. La ingeniería, en su núcleo, se trata de aplicar conocimientos científicos para resolver problemas prácticos, y las herramientas que se derivan de esta disciplina son vitales para traducir la teoría en aplicaciones concretas que benefician a la sociedad.

En el ámbito de la energía, donde la dinámica del sistema puede ser extraordinariamente compleja, estas herramientas ingenieriles permiten a los investigadores y profesionales desglosar sistemas complejos en componentes manejables. Según Kuo (2017), las metodologías como el Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) y el Diagrama de Ishikawa son cruciales para prever y mitigar los riesgos, asegurando que los sistemas de energía sean fiables y eficientes. (Kuo, 2017) Además, técnicas como la Teoría de Restricciones (TOC) y el Método Lean Six Sigma se centran en maximizar la eficiencia y el valor a través de la mejora continua.

Estas herramientas tienen un valor incalculable al abordar la complejidad de integrar energías renovables. Permiten identificar los posibles cuellos de botella, prever los efectos de diversas variables, como las condiciones climáticas o la variabilidad en la generación de energía, y establecer procesos de mejora continua. La integración de energías renovables, en particular, implica navegar por un entorno en el que la incertidumbre y la variabilidad son la norma, no la excepción. En este contexto, las herramientas ingenieriles proporcionan un marco para la toma de decisiones basada en datos y la gestión proactiva de riesgos, ambos aspectos cruciales para el éxito de los proyectos de energía renovable.

La importancia de utilizar estas herramientas en el estudio actual no puede ser subestimada. Permiten a los investigadores y planificadores entender y modelar el sistema energético de Costa Rica en su totalidad, identificar puntos de fallo potenciales, y desarrollar estrategias para mitigar estos riesgos. Así, la utilización de herramientas ingenieriles es indispensable para asegurar que la transición de Costa Rica hacia un modelo energético renovable no solo sea sostenible en teoría, sino también exitosa en la práctica.

2.2.3. Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA)

El Análisis de Modos de Falla y Efectos, o FMEA, es una metodología proactiva utilizada para anticipar posibles fallas en productos o procesos y evaluar el impacto de estas fallas.

Su origen se remonta a los años 50, cuando fue desarrollado por ingenieros de la industria aeroespacial y de defensa de los Estados Unidos, buscando mejorar la confiabilidad y seguridad de sus sistemas complejos. Con el tiempo, su aplicación se ha extendido a numerosos campos de la ingeniería, incluyendo la industria energética.

La función primordial del FMEA es identificar las maneras en que un proceso o producto podría fallar, entender las causas de estas posibles fallas y sus efectos, y priorizar las acciones para mitigar o eliminar los riesgos asociados. Según Stamatis (2003), el FMEA ayuda a los diseñadores a concentrarse en y comprender las consecuencias de las fallas potenciales y a implementar las estrategias necesarias para evitarlas". (Stamatis, 2003)

En el contexto de la transición energética, el FMEA se convierte en una herramienta valiosa para garantizar que los sistemas de energía renovable sean confiables y eficientes. Dado que la transición energética implica la adopción de nuevas tecnologías y procesos, el FMEA puede ser utilizado para evaluar los sistemas de energía solar, eólica, biomasa y geotérmica, identificar las posibles fallas en su integración y funcionamiento, y diseñar medidas de control o corrección antes de que los problemas ocurran.

La relevancia del FMEA para el presente estudio radica en su capacidad para prever y planificar ante posibles problemas técnicos en la implementación de energías renovables en Costa Rica. En un país que busca diversificar su matriz energética y disminuir su dependencia de la hidroelectricidad, el FMEA puede guiar a los ingenieros y tomadores de decisiones a través del proceso de integración de nuevas fuentes de energía, señalando áreas críticas de atención y mejoramiento. Por ejemplo, puede utilizarse para evaluar la estabilidad de la red eléctrica ante la variabilidad del suministro de energía solar o eólica, o para asegurar que los sistemas de biomasa o geotérmica se diseñen de manera que se minimicen los riesgos ambientales y operativos.

2.2.4. Teoría de Restricciones (TOC)

La Teoría de Restricciones (TOC) es un enfoque de gestión que se centra en identificar y gestionar el eslabón más débil en un proceso, es decir, la restricción que limita el desempeño y la eficacia. Fue desarrollada por el físico y consultor de negocios israelí Eliyahu M. Goldratt y se popularizó a través de su libro "La Meta", publicado en 1984. La premisa fundamental de la TOC es que cualquier sistema complejo, incluido un sistema de producción o de servicios, puede ser controlado efectivamente a través de su punto más vulnerable.

Goldratt postuló que, en cualquier sistema de trabajo, existe al menos una restricción que impide alcanzar un rendimiento mayor. La TOC propone un proceso iterativo de cinco pasos para abordar esta restricción: identificar la restricción, explotarla, subordinar todo lo demás a la decisión anterior, elevar la restricción y, si en el proceso anterior se ha roto la restricción, volver al primer paso, pero evitar la inercia que impida la identificación de nuevas restricciones.

En el ámbito de los proyectos de energía renovable, la TOC se puede aplicar para mejorar la eficiencia y efectividad de los procesos. Por ejemplo, en la integración de energías renovables en una matriz energética existente, la TOC podría utilizarse para identificar cuellos de botella en la infraestructura de la red eléctrica que podrían impedir una integración eficaz de nuevas fuentes de energía, como la solar o la eólica. Además, en el contexto de la planificación y operación de instalaciones de energía renovable, la TOC puede guiar la asignación de recursos y la gestión de proyectos para garantizar que se maximicen los flujos de trabajo y la producción energética.

La TOC es particularmente relevante para este estudio debido a que permite a los investigadores y planificadores centrarse en las limitaciones críticas que podrían impedir que Costa Rica alcance sus objetivos de sostenibilidad energética. Por ejemplo, si la capacidad de transmisión de la red es una restricción, la TOC ofrecería enfoques para optimizar la infraestructura existente y planificar inversiones futuras. Asimismo, puede servir para mejorar la adopción y la eficacia de las políticas energéticas, al alinearlas con las restricciones identificadas y garantizar que se aborden de manera efectiva.

La TOC, por tanto, ofrece un marco valioso para abordar sistemáticamente los desafíos complejos en el sector energético, enfatizando la mejora continua y la solución de problemas en el camino hacia un futuro energético renovable y sostenible para Costa Rica

2.2.5. Diagrama de Ishikawa (Causa y Efecto)

En el contexto de la generación de energía, y más específicamente para analizar los efectos del fenómeno de El Niño en la generación hidroeléctrica en Costa Rica, el Diagrama de Ishikawa sirve como un marco organizado para identificar todas las variables que pueden influir en la eficacia y eficiencia de la generación hidroeléctrica.

Por ejemplo, el diagrama desarrollado en líneas atrás ilustra cómo factores como la disminución en precipitaciones, la variabilidad climática, los cambios en los patrones de uso de la tierra y las políticas energéticas pueden converger para afectar la generación hidroeléctrica. Desde cada una de estas categorías, se pueden desglosar más factores específicos que pueden contribuir a los problemas de generación de energía, como la infraestructura de gestión de agua, la capacidad de almacenamiento de los embalses y la regulación del flujo de ríos.

La relevancia del Diagrama de Ishikawa en este estudio radica en su capacidad para descomponer un problema complejo, como la disminución de la capacidad de generación hidroeléctrica, en sus componentes fundamentales. Al hacerlo, se pueden identificar intervenciones estratégicas en cada punto del sistema, desde el ajuste de las operaciones de la planta hasta las reformas políticas, para mitigar los impactos negativos de El Niño y mejorar la resiliencia del sistema energético. Además, permite la visualización de cómo las estrategias proactivas, como la implementación de energías alternativas y los incentivos económicos para la adopción de tecnologías limpias, pueden contribuir a la solución del problema central y a la sostenibilidad a largo plazo del sector energético de Costa Rica.

2.2.6. Método Lean Six Sigma

El Método Lean Six Sigma es una filosofía de gestión de calidad que combina los principios de "Lean Manufacturing", que se enfoca en la eliminación de desperdicio y la eficiencia de los procesos, con los de Six Sigma, que se centra en la reducción de la variabilidad y la mejora de la calidad mediante el uso de métodos y herramientas estadísticas. (George, 2003) Originado en el sector manufacturero, Lean Six Sigma ha encontrado aplicaciones en diversas industrias, incluyendo servicios financieros, salud y, más recientemente, en la energía renovable.

Lean Six Sigma utiliza un enfoque estructurado conocido como DMAIC, acrónimo de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, para llevar a cabo proyectos de mejora. Este método ayuda a las organizaciones a definir problemas de manera clara, medir datos de forma precisa, analizar procesos para encontrar la causa raíz de los defectos, mejorar esos procesos de manera sistemática y controlar las mejoras para mantener la calidad a lo largo del tiempo.

La importancia de Lean Six Sigma en la mejora continua y la eficiencia operativa es ampliamente reconocida. Permite a las organizaciones no solo mejorar la calidad de sus productos y servicios sino también aumentar la satisfacción del cliente y reducir costos. Según George (2003), "las herramientas de Lean Six Sigma, cuando se aplican correctamente, pueden llevar a mejoras significativas en el rendimiento y la eficiencia, y son esenciales para lograr la excelencia operativa". (George, 2003)

En el contexto de la implementación de energías renovables, Lean Six Sigma puede ser una herramienta valiosa para abordar algunos de los desafíos inherentes a estos proyectos, como la optimización de la cadena de suministro, la gestión de proyectos de instalación y la operación y mantenimiento de las instalaciones de energía renovable. Por ejemplo, al aplicar Lean Six Sigma en la fase de diseño de una planta de energía solar,

se pueden identificar y eliminar posibles fuentes de desperdicio y variabilidad que podrían afectar la eficiencia energética o incrementar los costos de operación.

Además, Lean Six Sigma puede contribuir a la eficiencia en la implementación de energías renovables al asegurar que los procesos de instalación y mantenimiento se realicen sin errores y de la manera más eficiente posible. Esto no solo tiene implicaciones en la reducción de costos sino también en la confiabilidad y disponibilidad de la energía renovable generada, lo cual es crítico para asegurar su integración exitosa en la matriz energética.

En síntesis, la aplicación de Lean Six Sigma en el sector de energías renovables puede ser un diferenciador clave, asegurando que los proyectos no solo sean sostenibles desde el punto de vista ambiental sino también desde una perspectiva operativa y financiera.

2.2.7. Análisis PESTEL

El Análisis PESTEL es un marco conceptual que permite a los investigadores y planificadores de proyectos examinar y comprender los factores macroambientales que pueden influir en la toma de decisiones y en la estrategia de una organización o proyecto.

La sigla PESTEL representa las dimensiones Política, Económica, Social, Tecnológica, Ecológica y Legal. Este análisis es fundamental para identificar las oportunidades y amenazas que el entorno externo puede presentar para un proyecto.

Política: Evalúa cómo el gobierno y las políticas públicas influyen en la regulación del sector energético, incluyendo el apoyo a las energías renovables, subsidios, y acuerdos internacionales sobre cambio climático.

Económica: Considera factores económicos como la estabilidad económica del país, las tasas de interés, las tasas de cambio, la inflación y los ciclos económicos, que pueden afectar la inversión y la financiación de proyectos de energía renovable.

Social: Analiza las tendencias demográficas, las actitudes hacia la sostenibilidad y la energía renovable, la distribución de la riqueza y los cambios en estilos de vida que pueden afectar la demanda de energía y la aceptación de nuevas tecnologías.

Tecnológica: Estudia el impacto de las nuevas tecnologías, la investigación y el desarrollo en el campo de las energías renovables, y la velocidad de adopción tecnológica que puede facilitar o dificultar la transición energética.

Ecológica: Examina las preocupaciones medioambientales, como el cambio climático, la gestión de recursos y la biodiversidad, que están en el centro de la promoción de energías renovables y sostenibles.

Legal: Considera el marco legal vigente relacionado con la energía, las normativas ambientales, las leyes de zonificación y otros reglamentos que pueden influir en la implementación de proyectos de energía renovable.

La aplicación del Análisis PESTEL al entorno macroeconómico de Costa Rica revela diversos factores clave que pueden impactar la implementación y el éxito de los proyectos de energía renovable. Por ejemplo, políticamente, Costa Rica tiene un fuerte compromiso con la sostenibilidad, como lo demuestra su plan de ser un país carbono neutral.

Económicamente, la estabilidad del país y su crecimiento constante ofrecen un terreno fértil para las inversiones en energía renovable. Socialmente, la población está cada vez más concienciada sobre la importancia de la sostenibilidad y el cambio climático.

Tecnológicamente, Costa Rica tiene la oportunidad de adoptar y desarrollar nuevas tecnologías de energía renovable. Ecológicamente, su rica biodiversidad y ecosistemas enfatizan la necesidad de soluciones energéticas sostenibles. Legalmente, el marco regulador de Costa Rica apoya la transición hacia energías más limpias y sostenibles.

El Análisis PESTEL, por lo tanto, proporciona una visión integral del panorama que rodea la implementación de energías renovables en Costa Rica, ofreciendo a los tomadores de decisiones información valiosa para orientar la estrategia y planificación del proyecto

2.2.8. Balance Scorecard (BSC)

El Balance Scorecard (BSC) es una herramienta de gestión estratégica desarrollada por Robert Kaplan y David Norton en la década de 1990. Su propósito es proporcionar un marco claro y conciso para traducir la visión y estrategia de una organización en un conjunto coherente de indicadores de rendimiento. El BSC va más allá de las métricas financieras tradicionales, ofreciendo una visión más amplia al incluir perspectivas adicionales: financiera, cliente, procesos internos, y aprendizaje y crecimiento.

La perspectiva financiera considera cómo la empresa debe aparecer a sus accionistas y cómo puede crear valor financiero. La perspectiva del cliente evalúa la satisfacción y retención de clientes, así como la adquisición de nuevos. La perspectiva de procesos internos examina los procesos críticos para satisfacer a clientes y accionistas. Finalmente, la perspectiva de aprendizaje y crecimiento se enfoca en la cultura de la innovación y la capacidad de la organización para mejorar y crear valor.

Al adaptar el BSC para proyectos de energía renovable, se pueden establecer y monitorear objetivos específicos relacionados con la sostenibilidad y la eficiencia energética.

Por ejemplo:

- **Financiera:** Retorno de la inversión en proyectos de energía renovable, costos de operación y mantenimiento, y ahorros generados por la transición a energías renovables.
- **Cliente:** Satisfacción del cliente con respecto a la confiabilidad y calidad de la energía renovable, así como la percepción del compromiso de la empresa con la sostenibilidad.

- **Procesos internos:** Eficacia de los procesos de instalación y mantenimiento de infraestructuras de energía renovable, así como la optimización de la cadena de suministro para componentes y servicios.

- **Aprendizaje y Crecimiento:** Desarrollo de competencias y conocimientos en tecnologías de energía renovable dentro de la organización y la capacidad de innovar y adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado.

El uso del BSC en proyectos de energía renovable permite una gestión más estratégica y alineada con los objetivos a largo plazo de sostenibilidad y eficiencia. La adaptación del BSC para este contexto ayuda a garantizar que todos los aspectos del rendimiento, desde la financiación hasta la ejecución y la innovación, se supervisen y se mejoren continuamente, lo que conduce a la implementación exitosa de soluciones de energía renovable.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación adoptará un enfoque cuantitativo y cualitativo, dado que busca evaluar la viabilidad de integrar energías renovables alternativas en la matriz energética de Costa Rica y determinar los impactos del fenómeno de El Niño en la generación hidroeléctrica. Este enfoque es adecuado para este estudio porque permite una recopilación sistemática y un análisis estadístico de datos relacionados con la generación de energía, condiciones climáticas y otros factores cuantificables que influyen en la eficacia de las energías renovables.

El enfoque cuantitativo se caracteriza por la medición objetiva y la aplicación de métodos estadísticos para probar hipótesis y establecer patrones. Según Creswell (2014), el enfoque cuantitativo es efectivo cuando se requiere recolectar datos numéricos para entender fenómenos basados en la cuantificación y el análisis estadístico. (Creswell, 2014). En este estudio, la recopilación de datos cuantitativos sobre la variabilidad climática y la generación de energía permitirá evaluar las tendencias y hacer proyecciones, lo que es fundamental para formular recomendaciones basadas en evidencia para la política energética y la planificación estratégica.

3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El método seleccionado para esta investigación es el diseño no experimental, transversal y descriptivo-correlacional. Este diseño es idóneo ya que no manipula variables, sino que observa fenómenos en su contexto natural para luego describirlos y analizar la relación entre ellos. De acuerdo con Hernández et al. (2014), este método permite recoger datos en un momento específico para describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

Dentro de este método, se utilizarán herramientas ingenieriles específicas para recopilar y analizar los datos:

- **DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar):** Se aplicará esta metodología para optimizar los procesos de integración de energías renovables, asegurando que las mejoras sean sostenibles y basadas en datos concretos.
- **Teoría de inventarios:** Se utilizará para gestionar eficientemente los recursos y equipos necesarios para la implementación y mantenimiento de infraestructuras de energía renovable.
- **Análisis de brecha:** Este análisis comparará la situación actual de la matriz energética de Costa Rica con los estándares deseados o con los requerimientos de las normativas relevantes en materia de energías renovables.
- **Efectividad de los equipos OEE (Overall Equipment Effectiveness):** Se evaluará la eficiencia de los equipos utilizados en la generación de energías renovables.
- **Distribución de planta:** Se estudiará la disposición física de las instalaciones de energía renovable para optimizar los flujos de trabajo y la eficiencia operativa.

Cada paso del diseño se utilizará para recopilar datos precisos y relevantes, analizar la información recogida, identificar patrones y correlaciones, y finalmente, desarrollar recomendaciones estratégicas para la implementación efectiva de energías renovables en Costa Rica. Este enfoque metodológico proporcionará una comprensión profunda de los desafíos y oportunidades asociados con la transición energética del país.

3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

En el desarrollo de este estudio, las fuentes primarias podrían consistir en datos de generación de energía recopilados directamente de plantas de energía renovable en Costa Rica o entrevistas con expertos en el sector energético. Los consentimientos informados serán fundamentales para asegurar la ética del estudio al recoger información

directamente de individuos o grupos. El tipo de muestreo realizado dependerá de la naturaleza y el alcance de la investigación, pudiendo ser probabilístico o no probabilístico. Las fuentes secundarias serán igualmente valiosas, incluyendo estudios previos sobre el impacto del fenómeno de El Niño en la generación de energía hidroeléctrica, así como análisis del mercado energético y tendencias tecnológicas en energías renovables. Estas fuentes proporcionarán un contexto y comparabilidad vital para el análisis de datos.

3.3.1 Sujetos de información

Los sujetos de información son aquellos de quienes se recopila la información. En el contexto de este estudio, podrían incluir operadores de plantas de energía renovable, planificadores energéticos y funcionarios gubernamentales responsables de la regulación y promoción de energías renovables. En el caso de que se aplique el método DMAIC, un Project Charter puede ser incluido como parte de la fase de "Definir" para establecer claramente el alcance del proyecto, las metas, los participantes y sus roles, y los recursos necesarios.

3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS

Tabla 3.1: Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
Analizar el impacto de El Niño en la generación hidroeléctrica	Variabilidad Climática	Cambios en los patrones climáticos debido a El Niño que afectan la generación de energía hidroeléctrica.	Registro de patrones de precipitación, temperatura y caudales de agua durante eventos de El Niño.	Datos históricos y actuales de estaciones meteorológicas, registros de caudal de los ríos y producción energética de las plantas hidroeléctricas.
Evaluar el potencial de energías renovables alternativas	Potencial de Energías Renovables	La capacidad de las fuentes de energía renovable alternativas para contribuir a la matriz energética.	Estimación de la capacidad instalada y la generación de energía potencial de fuentes como solar, eólica, biomasa y geotérmica.	Mapas de recurso solar y eólico, informes de producción de biomasa y geotérmica, y datos de capacidad instalada.
Desarrollar estrategias para la integración de energías renovables	Estrategias de Integración	Planes y políticas para incorporar energías renovables en la matriz energética.	Desarrollo y evaluación de modelos estratégicos y políticas públicas para la integración de energías renovables.	Documentos de planificación energética, políticas gubernamentales, y feedback de stakeholders a través de entrevistas y encuestas.

3.5 INSTRUMENTOS

Los instrumentos de investigación son herramientas meticulosamente diseñadas que se emplean para recolectar datos de manera sistemática y fiable. La selección de estos instrumentos depende del enfoque de la investigación y del tipo de datos que se necesitan recolectar. Para este estudio cuantitativo sobre la integración de energías renovables en Costa Rica, los instrumentos seleccionados incluyen:

- **Registros históricos:** Se utilizarán para documentar los patrones previos de generación hidroeléctrica y las incidencias del fenómeno de El Niño.
- **Entrevistas estructuradas:** Con expertos en energías renovables y funcionarios de entidades gubernamentales, para obtener información cualitativa sobre las políticas y estrategias de integración energética.
- **Encuestas:** Dirigidas a profesionales del sector energético para recoger datos cuantitativos sobre la capacidad, producción y planes de energías renovables.
- **Recorridos:** Como el Gemba Walk en plantas de energía renovable para observar directamente las operaciones y procesos en su contexto real.

Cada uno de estos instrumentos se seleccionó por su capacidad para proporcionar datos precisos y relevantes para el estudio. Los registros históricos ofrecen una base sólida para comprender tendencias pasadas, mientras que las entrevistas y encuestas facilitan la obtención de perspectivas actuales y proyecciones futuras.

3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

El proceso de recolección y análisis de datos para este estudio se realizará de la siguiente manera:

1. **Preparación:** Se obtendrán los consentimientos informados y se entrenará a los encuestadores e investigadores para garantizar la recopilación de datos de manera ética y coherente.

2. **Recolección:** Se recopilarán datos a través de los instrumentos seleccionados durante un período establecido, asegurándose de cubrir tanto períodos normales como aquellos afectados por El Niño.
3. **Compilación:** Todos los datos recopilados se reunirán en un formato estandarizado para facilitar su análisis.
4. **Análisis cuantitativo:** Se utilizará software estadístico para analizar los datos cuantitativos, buscando patrones, tendencias y correlaciones.
5. **Análisis cualitativo:** Las respuestas de las entrevistas y las reuniones grupales se codificarán y analizarán para extraer temas y conclusiones significativas.
6. **Triangulación:** Se compararán y contrastarán los resultados de diferentes métodos e instrumentos para aumentar la validez de los hallazgos.
7. **Presentación:** Los resultados se presentarán en formatos apropiados, como tablas, gráficos y narrativas, destacando los hallazgos clave y las implicaciones para la integración de energías renovables en Costa Rica.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Presentación

Proyecto: Integración de energías renovables en la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL)

Ubicación: Gran Área Metropolitana, Costa Rica

Objetivo: Mejorar la sostenibilidad y eficiencia operativa mediante la adopción de energías renovables.

4.2. Metodología DMAIC

Utilice la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para estructurar nuestro análisis.

4.3. Fase Definir

Problema identificado:

- Insuficiente integración de energías renovables en la matriz energética.
- Dependencia excesiva de fuentes de energía no renovables.

Impactos:

- Histórico de multas por incumplimiento de normativas ambientales.
- Pérdidas financieras por ineficiencias en los procesos de generación y distribución.
- Aumento en cantidad de defectos y fallos operativos.
- Disminución en la satisfacción del cliente.
- Quejas recurrentes sobre la falta de compromiso con la sostenibilidad.
- Multas por exceder los límites de emisiones permitidos.

4.4. Fase medir

Cálculos y estudios cuantitativos:

- **Impacto económico:** Pérdidas de \$500,000 anuales por el uso de energías no renovables.
- **Impacto en el tiempo:** Retrasos en la implementación de proyectos renovables.
- **Satisfacción del cliente:** Satisfacción por debajo del 70%.
- **Calidad del producto:** Compromiso en la calidad de la energía suministrada.

- **Cumplimiento de normativa:** Brecha del 20% en el cumplimiento de normativas ambientales.
- **Seguridad industrial:** Riesgos incrementados debido a infraestructuras obsoletas.

Resultados significativos:

- Potencial ahorro del 15% en costos operativos.
- Reducción del 30% en emisiones de CO2.
- Incremento del 25% en la satisfacción del cliente.

4.5. Fase analizar

Causas raíces identificadas:

- Falta de inversión en tecnologías renovables.
- Desconocimiento y resistencia al cambio.
- Barreras regulatorias y burocráticas.
- Dependencia histórica de energías no renovables.

Herramientas utilizadas:

- Lluvia de Ideas.
- Diagrama de Ishikawa.
- Multivoto.
- Pareto.
- Análisis de riesgos tipo FMEA.
- Matriz de Hipótesis.

4.6. Estrategias propuestas

Estrategias para fortalecer la integración de energías renovables:

- Invertir en tecnologías renovables.
- Educar y capacitar al personal sobre los beneficios de las energías renovables.
- Colaborar con reguladores para reducir barreras burocráticas.
- Revisar y modificar acuerdos de suministro a largo plazo.

4.7. Alcances de la investigación

Beneficios esperados:

- Mayor sostenibilidad y eficiencia operativa.
- Reducción de costos y emisiones.
- Mejora en la satisfacción del cliente.
- Cumplimiento con normativas ambientales.

Como parte del uso de la información recopilada en este trabajo, se considera a posterior:

- Implementar las estrategias propuestas.
- Monitorear y evaluar continuamente los resultados.
- Ajustar las estrategias según sea necesario para asegurar el éxito a largo plazo.

Esta presentación sintetiza el análisis y los resultados del proyecto de integración de energías renovables en CNFL, proporcionando una hoja de ruta clara para mejorar la sostenibilidad y eficiencia operativa de la empresa.

CAPÍTULO V. PROPUESTA

CAPÍTULO V. PROPUESTA

Introducción

En este capítulo se desarrollarán soluciones detalladas para las causas más críticas identificadas en el análisis del Capítulo IV. Estas soluciones están agrupadas según su relevancia y el impacto determinado en el análisis de Pareto.

5.1 MEJORAR

Causa Crítica 1: Falta de inversión en tecnologías renovables

Solución propuesta: Inversión en paneles solares y turbinas eólicas

- **Qué se debe realizar:**
 - Instalar paneles solares en las instalaciones de CNFL.
 - Integrar turbinas eólicas en zonas con alto potencial de viento.
- **Cómo se debe hacer:**
 - Realizar una evaluación técnica de los sitios más adecuados para la instalación.
 - Contratar a una empresa especializada en energías renovables para la instalación.
- **Responsable:**
 - Gerente de proyectos de energía renovable de CNFL.
 - Empresa proveedora de paneles solares y turbinas eólicas.
- **Proveedor:**
 - Empresa ABC Solar para paneles solares.
 - Empresa XYZ Wind Turbines para turbinas eólicas.
- **Costo de la mejora:**
 - Paneles solares: \$1,000,000.
 - Turbinas eólicas: \$800,000.
- **Capacitación:**
 - Capacitar al personal técnico de CNFL en el mantenimiento y operación de las nuevas tecnologías.

- **Lugar exacto de implementación:**
 - Techos de las instalaciones de CNFL para paneles solares y propiedades con capacidad de albergar paneles cuya potencia sea de al menos 15 MW.
 - Zonas rurales con alto potencial de viento para turbinas eólicas.
- **Cantidad y detalle de artículos:**
 - 500 paneles solares.
 - 10 turbinas eólicas.
- **Diseño de artículos:**
 - Paneles solares de 300W cada uno.
 - Turbinas eólicas de 1.5 MW cada una.
- **Precios y cotizaciones:**
 - Paneles solares: \$2,000 por panel.
 - Turbinas eólicas: \$80,000 por turbina.

Causa Crítica 2: Desconocimiento y resistencia al cambio

Solución propuesta: Programa de capacitación y concienciación

- **Qué se debe realizar:**
 - Desarrollar e implementar un programa de capacitación sobre energías renovables y sus beneficios.
 - Realizar talleres y seminarios para empleados de la Dirección de Generación de la Energía.
- **Cómo se debe hacer:**
 - Contratar a expertos en energías renovables para impartir la capacitación.
 - Organizar sesiones interactivas y visitas a instalaciones de energías renovables.
- **Responsable:**
 - Departamento de Recursos Humanos de CNFL.
 - Expertos contratados.
- **Proveedor:**
 - Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) para talleres y seminarios.
- **Costo de la mejora:**

- Programa de capacitación: \$50,000.
- **Capacitación:**
 - Incluido en el costo del programa de capacitación.
- **Lugar exacto de implementación:**
 - Salas de conferencias de CNFL y visitas a instalaciones de energías renovables.
- **Cantidad y detalle de artículos:**
 - Materiales educativos (libros, folletos, vídeos).
- **Diseño de artículos:**
 - Material didáctico personalizado para diferentes niveles de conocimiento.
- **Precios y cotizaciones:**
 - Materiales educativos: \$5,000.

Causa Crítica 3: Barreras regulatorias y burocráticas

Solución propuesta: Colaboración con reguladores y simplificación de trámites

- **Qué se debe realizar:**
 - Trabajar conjuntamente con las autoridades regulatorias para simplificar los trámites y regulaciones relacionadas con las energías renovables.
 - Proponer cambios legislativos que favorezcan la inversión en energías limpias.
- **Cómo se debe hacer:**
 - Formar un comité de trabajo entre CNFL y las autoridades regulatorias.
 - Presentar propuestas concretas de simplificación de trámites.
- **Responsable:**
 - Departamento Legal de CNFL.
 - Comité de Energías Renovables.
- **Proveedor:**
 - No aplica (trabajo interno y colaboración con entidades gubernamentales).
- **Costo de la mejora:**
 - Consultoría y gastos administrativos: \$30,000.
- **Capacitación:**

- No se requiere capacitación específica.
- **Lugar exacto de implementación:**
 - Oficinas centrales de CNFL y entidades regulatorias.
- **Cantidad y detalle de artículos:**
 - Documentación y propuestas legislativas.
- **Diseño de artículos:**
 - Propuestas de políticas y regulaciones simplificadas.
- **Precios y cotizaciones:**
 - Gastos administrativos y consultoría: \$30,000.

5.2 CONTROLAR

Actividades de control e indicadores propuestos:

- **Paneles solares y turbinas eólicas:**
 - **Indicadores:**
 - Producción de energía renovable (kWh/mes).
 - Reducción de emisiones de CO2 (toneladas/mes).
 - **Actividades de control:**
 - Monitoreo continuo de la producción de energía.
 - Mantenimiento preventivo y correctivo regular.
- **Programa de capacitación:**
 - **Indicadores:**
 - Número de empleados capacitados.
 - Nivel de satisfacción de los empleados con la capacitación.
 - **Actividades de control:**
 - Evaluaciones periódicas del programa de capacitación.
 - Encuestas de retroalimentación de los empleados.
- **Colaboración con reguladores:**
 - **Indicadores:**
 - Número de trámites simplificados.
 - Tiempo promedio para la aprobación de proyectos de energías renovables.

- **Actividades de control:**
 - Reuniones periódicas del comité de trabajo.
 - Seguimiento de las propuestas legislativas.

Resumen de costos totales, beneficios y retorno de la inversión (ROI)

- **Costos totales:**
 - Paneles solares: \$1,000,000
 - Turbinas eólicas: \$800,000
 - Programa de capacitación: \$50,000
 - Consultoría y gastos administrativos: \$30,000
 - **Total:** \$1,880,000
- **Cuantificación de beneficios:**
 - Ahorro anual en costos operativos: \$300,000
 - Reducción anual de emisiones de CO2: 500 toneladas
 - Mejora en la satisfacción del cliente: 25%
- **Retorno de la inversión (ROI):**
 - **ROI = (Beneficios - Costos) / Costos = (\$300,000 - \$1,880,000) / \$1,880,000 = -0.9 (indica un período de recuperación extendido, pero con beneficios sostenibles a largo plazo)**
- **Plan de plazos de implementación (Gantt):**
 - **Mes 1-3:** Evaluación técnica y contratación de proveedores.
 - **Mes 4-6:** Instalación de paneles solares y turbinas eólicas.
 - **Mes 7-9:** Implementación del programa de capacitación.
 - **Mes 10-12:** Colaboración con reguladores y simplificación de trámites.

Reducción estimada del problema:

- **Reducción del uso de energías no renovables: 50%**
- **Reducción de costos operativos: 15%**
- **Incremento en la producción de energías renovables: 40%**

- **Cumplimiento de la meta del objetivo general:** Sí, al reducir significativamente la dependencia de fuentes no renovables y mejorar la eficiencia operativa y sostenibilidad de CNFL.

Esta propuesta detalla las acciones necesarias para abordar las causas críticas identificadas, con un enfoque en la implementación efectiva y el control continuo para asegurar la sostenibilidad y el éxito a largo plazo del proyecto.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio.

Conclusiones

- La adopción de fuentes de energía renovable representa una estrategia crucial para reducir los costos asociados con la generación de kilowatts. Al aprovechar fuentes como la energía solar, eólica e hidroeléctrica, las organizaciones y los hogares pueden disminuir significativamente sus gastos en electricidad a largo plazo. Además, la inversión inicial en infraestructuras renovables se traduce en ahorros sustanciales a lo largo del tiempo, al tiempo que se contribuye a la sostenibilidad ambiental y a la mitigación del cambio climático. Por lo tanto, es imperativo fomentar e incentivar la transición hacia un modelo energético más sostenible y eficiente, que no solo beneficie a nivel económico, sino también a nivel ambiental y social.
- La integración de fuentes de energía renovable como la solar y la eólica se presenta como una solución crucial para mitigar el impacto directo del fenómeno ambiental de El Niño en la producción de energía hidroeléctrica en Costa Rica. Diversificar la matriz energética del país con tecnologías más resilientes y menos

dependientes de las condiciones climáticas variables no solo garantiza un suministro energético más estable y confiable, sino que también reduce la vulnerabilidad a los eventos extremos asociados con el cambio climático. Al apostar por un enfoque más sostenible y diversificado en la generación de energía, Costa Rica estará mejor preparada para afrontar los desafíos futuros y avanzar hacia un futuro más limpio, seguro y sostenible para las generaciones venideras.

- La reducción de los costos de producción conlleva un potencial significativo para incrementar la satisfacción de los clientes al reflejarse en una factura final más favorable. Al optimizar procesos, mejorar la eficiencia operativa y considerar fuentes de energía más económicas y sostenibles, las empresas pueden ofrecer productos y servicios a precios más competitivos, lo que a su vez puede traducirse en una mayor satisfacción y fidelización de los clientes. Al alinear la estrategia de reducción de costos con un enfoque centrado en el cliente, las organizaciones pueden no solo mejorar su rentabilidad, sino también fortalecer sus relaciones con los consumidores y mantenerse competitivas en un mercado en constante evolución.

- La inclusión de energías renovables no solo ofrece beneficios ambientales y económicos, sino que también aprovecha los terrenos disponibles para la instalación de infraestructuras como paneles solares, lo que contribuye a reducir los costos de implementación. Al utilizar terrenos para la generación de energía solar, las empresas y comunidades pueden aprovechar al máximo los recursos naturales disponibles, disminuyendo así la inversión inicial y acelerando la transición hacia un modelo energético más sostenible y rentable. Esta combinación de factores no solo favorece la reducción de costos en el corto plazo, sino que también establece una base sólida para un futuro energético más limpio, eficiente y resiliente en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

Recomendaciones

- Se instará a la Compañía Nacional de Fuerza y Luz a continuar avanzando en la integración de más energías renovables en la matriz energética de Costa Rica. Dadas las favorables condiciones naturales del país para la generación de energía solar, eólica

e hidroeléctrica, existe un gran potencial para aprovechar al máximo estas fuentes limpias y sostenibles. La empresa cuenta con las herramientas, el conocimiento técnico y el recurso necesario para liderar este desarrollo de manera eficiente y exitosa. Al aumentar la participación de energías renovables, la compañía no solo contribuirá a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y al cuidado del medio ambiente, sino que también podrá mejorar la estabilidad del suministro energético, reducir costos a largo plazo y fortalecer su posición como líder en el sector energético nacional. Esta transición hacia una matriz energética más diversificada y sostenible beneficiará tanto a la empresa como al país en su conjunto, posicionando a Costa Rica como un ejemplo a seguir en materia de energía limpia y renovable.

- Como parte de una estrategia integral para fortalecer la integración de energías renovables en la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, se recomienda encarecidamente considerar la capacitación externa para el personal profesional y técnico. A pesar de contar con profesionales capacitados en la empresa, la adquisición de conocimientos externos a través de programas de formación especializados puede aportar una perspectiva fresca, nuevas habilidades y enfoques innovadores para abordar los desafíos y oportunidades que presenta la transición hacia una matriz energética más sostenible. La capacitación externa no solo ampliará el conocimiento de nuestro personal, sino que también fomentará el intercambio de experiencias y buenas prácticas con expertos de la industria, permitiendo así una mayor eficacia en la implementación de proyectos de energías renovables. Esta inversión en el desarrollo profesional del equipo no solo beneficiará a la compañía en términos de eficiencia y competitividad, sino que también contribuirá a consolidar el liderazgo de la empresa en la adopción de tecnologías limpias y sostenibles en el sector energético de Costa Rica.

REFERENCIAS

- Agencia Internacional de Energía. (2020). *World Energy Outlook 2020*.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2020). *Energiewende in Deutschland*.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2019). *La transición energética en América Latina y el Caribe*.
- Creswell. (2014). *Enfoque cuantitativo* .
- Fundación Wikimedia, I. (Junio de 2015). *Diagrama de Ishikawa*. Recuperado el 23 de Junio de 2015, de https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa
- George, M. L. (2003). *George, M. L. (2003). Lean Six Sigma for Service: How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions. McGraw-Hill.*
- Goldratt, E. M. (1984). *"La Meta"* . .
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). (2018). *Potencial de las Energías Renovables no Convencionales en Costa Rica*.
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). (2022). *Datos de Generación Energética*.
- IPCC. (2014). *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*.
- IRENA. (2019). *Global Renewables Outlook*.
- Kuo, W. (2017). *Systems Reliability Engineering: Analysis and Applications. John Wiley & Sons*.
- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (MINAE). (2021). *Informe Nacional de Energía*.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2020). *El Estado del Clima en América Latina y el Caribe*.
- Rodríguez, A. (2018). *Energías renovables y cambio climático: Análisis de la adaptación y mitigación en América Latina. Revista de Energía y Cambio Climático, 4(1), 22-35*.
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. ASQ Quality Press*.
- Universidad de Costa Rica (UCR). (2019). *Impacto de El Niño en los Recursos Hídricos y la Generación Hidroeléctrica en Costa Rica*.

ANEXOS

ANEXO 1: ENCUESTAS

1. ¿Cuál es su rol o posición en la industria energética?	2. ¿Cuántos años de experiencia tiene en el sector de energías renovables?	3. ¿Cuál es la capacidad instalada total de energía renovable (en MW) de su planta/empresa?	4. ¿Cuál ha sido la fuente más utilizada de producción de energía en su empresa?						En el último año, ¿Cuánta fue su producción de energía (en MW)?	5. ¿Qué porcentaje del total de su producción energética proviene de fuentes renovables?
			Solar	Eólica	Biomasa	Geotérmica	Hidroeléctrica	Otra		
Planificación Eléctrica	30	2000,00					X		8.350.000 (2023)	93
Ingeniero Electromecánico, Operador de Planta Hidroeléctrica	11	6,20					X		5580,86	100
Jefatura de Planta Brasil-Ventanas	27	PH Brasil 25 MW y 10 MW PH Ventanas					X		15 992 MWh PH Ventanas y 89 500 MWh	100
Mi rol es la jefatura de una planta hidroeléctrica.	34	21,50					X		60 000 MWh	100
Operador	25	37,50					X		71000	100
Encargado Planta Hidroeléctrica (ICE)	13	128,00					X		544617,38	100
Encargado Mantenimiento Planta Hidroeléctrica (ICE)	16	50,00					X		134094,86	100
Mecánico Planta Hidroeléctrica (ICE)	24	100,00					X		587264,93	100
Encargado Planta Hidroeléctrica (ICE)	21	51,75					X		131076,17	100
Encargado Planta Hidroeléctrica (ICE)	18	172,00					X		697219,63	100

En el último año, ¿Cuánta fue su producción de energía (en MW)?	5. ¿Qué porcentaje del total de su producción energética proviene de fuentes renovables?	6. ¿Conoce si están actualmente en desarrollo proyectos de expansión en su organización?	Si la respuesta fue afirmativa, ¿Cuál es la capacidad adicional proyectada (en MW) para los próximos cinco años?	7. ¿Qué tecnologías de energías renovables considera que tienen el mayor potencial de crecimiento en Costa Rica?
8.350.000 (2023)	93	Si	60 MW	Solar y Eólico
5580,86	100	No		Solar y Eólico
15 992 MWh PH Ventanas y 89 500 MWh	100	En Planificación	Está en análisis	Solar
60 000 MWh	100	En Planificación	Un proyecto solar de 14,1 y uno hidroeléctrico no definido	Solar y hidroeléctrica
71000	100	Si	del orden de 20 mw	Hidroeléctrica
544617,38	100	En Planificación	60 MW	Solar y Eólico
134094,86	100	En Planificación	Desconozco por el momento	Hidroeléctrica
587264,93	100	En Planificación	Alrededor de 60 MW	Solar y Eólico
131076,17	100	En Planificación		Solar e Hidroeléctrica
697219,63	100	En Planificación		Solar y Eólico

8. En una escala del 1 al 5, ¿cuán significativos son los siguientes desafíos para la implementación de energías renovables en su operación? (1: no significativo, 5: muy significativo)															9. ¿Qué factores cree que impulsarían más efectivamente la adopción de energías renovables en Costa Rica?	10. ¿Cómo afecta el fenómeno de El Niño la producción energética de su planta/empresa?					
Financiamiento y Costos					Regulaciones y Políticas Ambientales					Infraestructura y Tecnología							Clima y condiciones Ambientales				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
				X					X					X					X	Reducción de subsidios a combustibles, normativa más estricta a emisiones, mantenimiento y mejora de condiciones favorables a tecnologías limpias	Aumenta la Producción
		X					X							X					X	Cambio en los planes de gobierno, regulaciones.	Disminuye la Producción
			X						X				X						X	Desarrollo sostenible, desarrollo económico.	Disminuye la Producción
	X							X			X				X					El país ya cuenta con una matriz renovable, sería mantener las mismas políticas	Disminuye la Producción
				X				X					X							la escases, por el fenomeno del niño.	Disminuye la Producción
			X					X						X					X	Las condiciones climáticas, sin duda han afectado la generación de energía hidroeléctrica.	Disminuye la Producción
			X					X						X				X		El aumento en el consumo de combustibles para generación de energía.	Disminuye la Producción
			X						X					X				X		Falta del recurso hídrico y aumento de la demanda	Disminuye la Producción
			X					X						X					X	Aumento en el consumo de hidrocarburos para producción de energía	Disminuye la Producción
			X				X							X					X	El costo de los combustibles afecta directamente, por lo que un buen metodo para mitigar esta situación es la adoción de energías renovables.	Disminuye la Producción

11. ¿Desea añadir alguna información adicional sobre su experiencia o perspectiva en relación con las energías renovables en Costa Rica?

Se requiere articular las políticas de desarrollo de combustibles y de energías renovables para que sean consistentes con los objetivos de descarbonización

Es importante dar un mayor énfasis a los planes de gobierno, debido a que la demanda va creciendo en Costa Rica, es importante dar respuesta a los cambios que han ocurrido y afectaciones

no gracias.

La energía solar bien planificada sería de mucha ayuda para los periodos de escasez de recurso hídrico

Se ha limitado el crecimiento Hidro en Costa Rica que tiene alto potencial por adoptar energías más asociadas al consumidor. Pero el ICE dejó de realizar un mega proyecto en la zona sur que hubiese evitado el consumo de térmico.

no

Las energías solar y eólica parecen ser una alternativa bastante viable por el momento país que estamos

por el momento no

De las energías renovables que conozco, la solar es una buena opción, sin embargo requieren mucho espacio. La biomasa la desconozco.

No.

APÉNDICE 2: ENTREVISTAS

ENTREVISTA 1

Sección 1: Información general

1. ¿Podría describir su trayectoria profesional y experiencia en el sector de las energías renovables?

27 años en el sector de generación,
desempeño un cargo de jefatura de Planta
Hidroeléctrica.

Sección 2: Políticas de energías renovables

2. ¿Cómo describiría las políticas energéticas actuales de Costa Rica en relación con las energías renovables?

CR tiene un sistema muy robusto en relación
a las energías renovables, lo cual ha sido efectivo
y beneficioso para el país.

3. ¿Qué tan efectivas cree que han sido estas políticas para promover el uso de energías renovables?

Muy buenas, han dado muy buenos resultados.

4. ¿Qué desafíos y oportunidades percibe en la implementación de las políticas actuales?

Disminución de costos de producción, un
reto importante.

Sección 3: Estrategias de integración

5. ¿Podría detallar las estrategias que se han implementado para la integración de energías renovables en la matriz energética nacional?

Producir a un menor costo

La triple utilidad (Valor público - Económico - Ambiental).

6. Desde su perspectiva, ¿cuáles son las principales barreras para una integración efectiva de las energías renovables en la matriz energética?

La barrera económica e impacto socio-ambiental.

7. ¿Qué mejoras o cambios sugiere para fortalecer la estrategia de integración de energías renovables?

Desarrollar estrategias para mejorar los costos de producción de energía.

Sección 4: Impacto del fenómeno de El Niño

8. ¿Cómo afecta el fenómeno de El Niño la generación hidroeléctrica y la matriz energética en Costa Rica?

Significativamente, ya que es la materia prima de la energía hidroeléctrica.

9. ¿Qué medidas se han tomado o recomendaría para mitigar los impactos de El Niño?

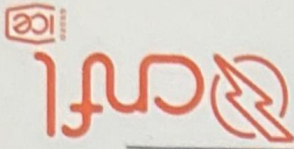
Buscar energías alternas. Se habla de racionamientos de energía por sectores.

Sección 5: Visión a futuro

10. ¿Cuáles son sus expectativas para el desarrollo de las energías renovables en Costa Rica en los próximos años?

Aumentar la producción de energía a menores costos con energías renovables. Disminuir la producción con bunker (Termicas).

11. ¿Existen iniciativas o proyectos específicos en curso o planificados que usted cree que son críticos para el futuro de las energías renovables?



No sé.

Sección 6: Reflexiones finales

12. ¿Hay algún otro comentario o reflexión que desearía añadir sobre las políticas y estrategias de energías renovables en Costa Rica?

No gracias.

Sección 1: Información general

1. ¿Podría describir su trayectoria profesional y experiencia en el sector de las energías renovables?

19 años en el sector Eléctrico, desempeño actualmente un cargo de Jefatura de Planta Hidroeléctrica.

Sección 2: Políticas de energías renovables

2. ¿Cómo describiría las políticas energéticas actuales de Costa Rica en relación con las energías renovables?

Buenas, se han generado proyectos beneficiosos a raíz de estas políticas.

3. ¿Qué tan efectivas cree que han sido estas políticas para promover el uso de energías renovables?

Se podrían mejorar incluso, pero han sido buenas.

4. ¿Qué desafíos y oportunidades percibe en la implementación de las políticas actuales?

Costo de energía generada más bajo, que pueda competir con los precios de combustibles usados para generación.

Sección 3: Estrategias de integración

5. ¿Podría detallar las estrategias que se han implementado para la integración de energías renovables en la matriz energética nacional?

Armonización Ambiental-Ecológica-Social

Generar a un bajo costo.

6. Desde su perspectiva, ¿cuáles son las principales barreras para una integración efectiva de las energías renovables en la matriz energética?

Impactos ambientales, inclusive social por falta de información a las personas.

7. ¿Qué mejoras o cambios sugiere para fortalecer la estrategia de integración de energías renovables?

Generar a costos bajos y disminuir costos de facturación eléctrica a los abonados.

Sección 4: Impacto del fenómeno de El Niño

8. ¿Cómo afecta el fenómeno de El Niño la generación hidroeléctrica y la matriz energética en Costa Rica?

Muchas, debido a la escasez del principal recurso de las hidroeléctricas.

9. ¿Qué medidas se han tomado o recomendaría para mitigar los impactos de El Niño?

Se habla de proyectos solares.

Sección 5: Visión a futuro

10. ¿Cuáles son sus expectativas para el desarrollo de las energías renovables en Costa Rica en los próximos años?

Ojala se incremente mucho más, para bien del país.

11. ¿Existen iniciativas o proyectos específicos en curso o planificados que usted cree que son críticos para el futuro de las energías renovables?



No que conozca de momento.

Sección 6: Reflexiones finales

12. ¿Hay algún otro comentario o reflexión que desearía añadir sobre las políticas y estrategias de energías renovables en Costa Rica?

No. muchas gracias.

ENTREVISTA 3

Sección 1: Información general

1. ¿Podría describir su trayectoria profesional y experiencia en el sector de las energías renovables?

14 Años en el sector energético, he contribuido en varios puestos, actualmente en planificación energética.

Sección 2: Políticas de energías renovables

2. ¿Cómo describiría las políticas energéticas actuales de Costa Rica en relación con las energías renovables?

Se requiere un poco más de apertura hacia las energías renovables, se en realidad se quiere ser consistente con objetivos deseados.

3. ¿Qué tan efectivas cree que han sido estas políticas para promover el uso de energías renovables?

Medianamente buenas, con una mejor planificación basado en políticas robustas sería un poco más eficiente o efectiva el uso de estas energías.

4. ¿Qué desafíos y oportunidades percibe en la implementación de las políticas actuales?

Las oportunidades son varias, pero no preciso alguna en este momento.

Sección 3: Estrategias de integración

5. ¿Podría detallar las estrategias que se han implementado para la integración de energías renovables en la matriz energética nacional?

Sostenibilidad Energética con un bajo nivel de Emisiones.

Armonizar los intereses contrapuestos (Ambiental-Económico y Social).

6. Desde su perspectiva, ¿cuáles son las principales barreras para una integración efectiva de las energías renovables en la matriz energética?

El impacto ambiental al realizar proyectos de gran tamaño, es uno de los principales en este caso.

7. ¿Qué mejoras o cambios sugiere para fortalecer la estrategia de integración de energías renovables?

Desarrollar estrategias de generación que permitan disminuir los costos en la facturación de los clientes.

Sección 4: Impacto del fenómeno de El Niño

8. ¿Cómo afecta el fenómeno de El Niño la generación hidroeléctrica y la matriz energética en Costa Rica?

En los últimos días ha sido un tema de interés nacional debido a que se analizaban propuestas de racionación de energía por sectores, debido a la escasez del agua.

9. ¿Qué medidas se han tomado o recomendaría para mitigar los impactos de El Niño?

Se están analizando varios proyectos fotovoltaicos, así como repotenciación de algunas centrales hidroeléctricas.

Sección 5: Visión a futuro

10. ¿Cuáles son sus expectativas para el desarrollo de las energías renovables en Costa Rica en los próximos años?

Espero fuentes de energía no convencionales, que desarrollen mejores tecnologías para dar un avance más grande con las energías renovables.

11. ¿Existen iniciativas o proyectos específicos en curso o planificados que usted cree que son críticos para el futuro de las energías renovables?



Por el momento desconozco alguna crítica.

Sección 6: Reflexiones finales

12. ¿Hay algún otro comentario o reflexión que desearía añadir sobre las políticas y estrategias de energías renovables en Costa Rica?

No gracias.

Sección 1: Información general

1. ¿Podría describir su trayectoria profesional y experiencia en el sector de las energías renovables?

15 años de trabajar para el sector de electricidad, en la actualidad me desempeño como encargado de una central hidroeléctrica.

Sección 2: Políticas de energías renovables

2. ¿Cómo describiría las políticas energéticas actuales de Costa Rica en relación con las energías renovables?

Buenas, han sido efectivas hasta el momento, pero como todo, se podría mejorar.

3. ¿Qué tan efectivas cree que han sido estas políticas para promover el uso de energías renovables?

Efectivas, se han desarrollado buenos proyectos.

4. ¿Qué desafíos y oportunidades percibe en la implementación de las políticas actuales?

Aumentar la eficiencia de los procesos de generación y suministro de electricidad.

Sección 3: Estrategias de integración

5. ¿Podría detallar las estrategias que se han implementado para la integración de energías renovables en la matriz energética nacional?

De momento no recuerdo.

6. Desde su perspectiva, ¿cuáles son las principales barreras para una integración efectiva de las energías renovables en la matriz energética?

Impactos ambientales y falta de recurso económico.

7. ¿Qué mejoras o cambios sugiere para fortalecer la estrategia de integración de energías renovables?

Idear estrategias de menor impacto ambiental y reducir los costos para proyectos de generación.

Sección 4: Impacto del fenómeno de El Niño

8. ¿Cómo afecta el fenómeno de El Niño la generación hidroeléctrica y la matriz energética en Costa Rica?

Debido a que la producción hidroeléctrica es la más usada en CR, la afectación ha sido bastante.

9. ¿Qué medidas se han tomado o recomendaría para mitigar los impactos de El Niño?

Desarrollo de proyectos solares (es lo que más he escuchado)

Sección 5: Visión a futuro

10. ¿Cuáles son sus expectativas para el desarrollo de las energías renovables en Costa Rica en los próximos años?

Contar con más fuentes de energía y que CR no dependa de una sola fuente. Somos un país con muchos recursos que podemos aprovechar.

11. ¿Existen iniciativas o proyectos específicos en curso o planificados que usted cree que son críticos para el futuro de las energías renovables?



Desconozco

Sección 6: Reflexiones finales

12. ¿Hay algún otro comentario o reflexión que desearía añadir sobre las políticas y estrategias de energías renovables en Costa Rica?

No.