



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE



**INTEGRACIÓN DE UNA ENERGÍA RENOVABLE COMO GENERACIÓN
DISTRIBUIDA EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE SICUANI Y SU
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA REGIÓN DE CUSCO -2018**

PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y
DESARROLLO SOSTENIBLE

PRESENTADO POR:

MSC. DONATO MAMANI PARI

ASESOR:

DR. LAURO ENCISO RODAS

CUSCO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

A Dios quién me ha guiado y me ha dado la fortaleza de seguir adelante.

A mis Padres: Pablo y Damiana quienes me guían desde el cielo

A mis hermanos: Enrique y Jesús por su aliento

A mi esposa: Claudia por su comprensión y apoyo

A mis hijos: Nancy, Wilson y Leslie por su apoyo permanente

A María y Edgar: Por su identificación como hijos espirituales

El autor



AGRADECIMIENTO

No puedo finalizar esta travesía, sin antes agradecer la colaboración de todas aquellas personas y entidades que han hecho posible su realización.

En primer lugar, a mi asesor Dr. Lauro Enciso Rodas, que con su sabia dirección y ayuda se ha llegado a un feliz término de este trabajo de tesis

En segundo lugar a todos mis profesores de Escuela Posgrado del doctorado en medio ambiente y desarrollo sostenible por sus sabias enseñanzas y destrezas en especial al Dr. Enrique Isaac Castro Cuba Barineza.

De manera especial a mis dictaminantes de la tesis: Dr. Nicolás Francisco Bolaños Cerrillo y Dr. Eder Arturo Aco Corrales por sus contribuciones y críticas constructivas que fueron fundamentales en el desarrollo de esta tesis de la Universidad Andina del Cusco.

Finalmente, a Msc. Roosbel Mamani castillo por su colaboración y apoyo en el manejo de la herramienta informática para la simulación respectiva y para la exitosa conclusión de la tesis

El autor



ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
RESUMO.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPITULO I	1
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. Justificación.....	4
1.3.1. Conveniencia.....	6
1.3.2. Relevancia social.....	7
1.3.3. Implicancias prácticas.....	7
1.3.4. Valor teórico	7
1.3.5. Utilidad metodológica	8
1.4. Objetivos de la investigación	8
1.4.1. Objetivo general.....	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
1.5. Delimitación de la investigación.....	9
1.5.1. Delimitación espacial	9
1.5.2. Delimitación temporal	9
1.5.3. Delimitación social.....	9
CAPITULO II.....	10
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes de Estudio	10
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	10
2.1.2. Antecedentes nacionales	17
2.2. Bases teóricas.....	25



2.2.1.	Generación de energía eléctrica convencional	26
2.2.2.	Energías renovables	30
2.2.3.	Tipos de energías renovables	34
2.2.4.	Generación con energías renovables.....	35
2.2.5.	La relación entre desarrollo sustentable y medio ambiente.....	53
2.2.6.	Generación distribuida	55
2.2.7.	Calidad de suministro en redes eléctricas	60
2.2.8.	Marco normativo de generación distribuida y medio ambiente.....	64
2.3.	Hipótesis.....	65
2.4.	Variables e indicadores de estudio	66
2.4.1.	Identificación de variables	66
2.5.	Definición de términos.....	67
CAPITULO III.....		70
3.	METODO	70
3.1.	Tipo de investigación	70
3.2.	Alcance del estudio	70
3.3.	Diseño metodológico	71
3.4.	Población.....	73
3.5.	Muestra.....	74
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	76
3.6.1.	Técnicas	76
3.6.2.	Instrumentos.....	77
3.7.	Validez y confiabilidad de los instrumentos	80
3.8.	Plan de análisis de datos.....	81
3.9.	Aspectos éticos	82
CAPITULO IV.....		83
4.	RESULTADOS	83
4.1.	Resultados respecto a los objetivos específicos	83
4.1.1.	Ubicación geográfica y diagrama de Argis.....	83
4.1.2.	Modelamiento de sistema eléctrico Sicuani	84
4.1.3.	Resultados de la simulación de flujo de carga del sistema eléctrico Sicuani: SI-01, SI-02, SI-03, SI-05, año 2018 (DIgSILENT Power Factory 15.1.7) en plataforma ARGIS. 88	
4.1.4.	Resultados obtenidos sobre el impacto ambiental	104



4.2. Resultados respecto al objetivo general	114
CAPITULO V	117
5. DISCUSIONES	117
5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos	117
5.1.1. Efectos de la GD en un horizonte de operación al año 2018.	117
5.1.2. Discusiones sobre resultados de calidad de agua.....	121
5.2. Limitaciones del estudio.....	128
5.3. Comparación crítica con la literatura existente	129
5.4. Implicancias del estudio	130
CONCLUSIONES	131
SUGERENCIAS	134
FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	135
BIBLIOGRAFÍA	136
ANEXOS	141



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 <i>Cálculo del Mix energético obtenido para el año 2050</i>	16
Tabla 2.2 <i>Comparación antes y después de la instalación de panel solar en las viviendas (Kw)</i> 20	
Tabla 2.3 <i>Operacionalización de las variables</i>	66
Tabla 3.1 <i>Población en el área de proyecto</i>	74
Tabla 3.2 <i>Principales indicadores demográficos en el área de proyecto</i>	74
Tabla 3.3 <i>Demanda por alimentadores del sistema Sicuani al año 2018</i>	75
Tabla 3.4 <i>Volumen de muestra y preservantes utilizados</i>	75
Tabla 4.1 <i>Demanda por alimentadores del sistema Sicuani al año 2018</i>	85
Tabla 4.2. <i>Diagrama unifilar de S.E. Sicuani y la mini C.H. Hercca y Langui</i>	86
Tabla 4.3 <i>Características de los generadores de la mini central hidráulica Hercca</i>	87
Tabla 4.4 <i>Características de los generadores de la mini central hidráulica Langui</i>	88
Tabla 4.5 <i>Condiciones de operación del alimentador SI-01</i>	91
Tabla 4.6 <i>Condiciones de operación del alimentador SI-02</i>	95
Tabla 4.7 <i>Condiciones de operación del alimentador SI-03</i>	97
Tabla 4.8 <i>Condiciones de operación del alimentador SI-05</i>	99
Tabla 4.9 <i>Sistema eléctrico de Sicuani y Combapata con sus respectivos sectores típicos</i>	101
Tabla 4.10 <i>Índice de interrupciones con generación distribuida (sector típico 5)</i>	101
Tabla 4.11 <i>Índice de interrupciones sin generación distribuida (sector típico 5)</i>	102
Tabla 4.12 <i>Estándares de calidad ambiental para agua (ECA) Categoría 3</i>	106
Tabla 4.13 <i>Límites máximos permisibles (LMP) para efluentes líquidos producto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica</i>	106
Tabla 4.14 <i>Tipos de frasco, volumen de muestra y preservantes utilizados para la toma de muestras</i>	109
Tabla 4.15 <i>Métodos de medición de parámetros de calidad de agua</i>	109
Tabla 4.16 <i>Descripción de los equipos utilizados durante el mes de enero</i>	110
Tabla 4.17 <i>Descripción de los equipos utilizados durante el mes de febrero</i>	110
Tabla 4.18 <i>Descripción de los equipos utilizados durante el mes de marzo</i>	110
Tabla 4.19 <i>Ficha de identificación CH. De Hercca</i>	111
Tabla 4.20 <i>Puntos de control de calidad de agua – C.H. de Hercca</i>	112



Tabla 4.21 <i>Fecha y hora de muestreo – C.H. de Hercca</i>	113
Tabla 4.22	113
Tabla 4.23 <i>Resultados de los parámetros fisicoquímicos en el cuerpo receptor – C.H. Hercca</i>	113
Tabla 4.24 <i>Perdidas de potencia por alimentador del sistema Sicuani 2018</i>	114
Tabla 4.25 <i>Tensiones críticas por alimentador del sistema Sicuani 2018</i>	115
Tabla 4.26 <i>Cargabilidad máxima por alimentador del sistema Sicuani 2018</i>	116
Tabla 5.1 <i>Perdidas de potencia por alimentador del sistema Sicuani 2018</i>	118
Tabla 5.2 <i>Tensiones críticas por alimentador del sistema Sicuani 2018</i>	119
Tabla 5.3 <i>Cargabilidad máxima por alimentador del sistema Sicuani 2018</i>	120
Tabla 5.4 <i>Flujo de corrientes por alimentador del sistema Sicuani 2018</i>	121



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. <i>Unifilar de la red de distribución con generación distribuida.</i>	23
Figura 2.2. <i>Simulación del programa informático digsilent Power factory.</i>	24
Figura 2.3. <i>Balances de energía renovable en el mundo en el escenario de nuevas políticas 2040.</i>	26
Figura 2.4. <i>Central térmica</i>	27
Figura 2.5. <i>Planta generadora de energía nuclear</i>	28
Figura 2.6. <i>Ciclo de producción de centrales hidroeléctricas</i>	29
Figura 2.7. <i>Energía primaria y secundaria para el suministro de energía eléctrica.</i>	35
Figura 2.8. <i>Parque de generación de energía eólica</i>	36
Figura 2.9. <i>Partes de un aerogenerador</i>	37
Figura 2.10. <i>Central de generación solar fotovoltaica aislada</i>	40
Figura 2.11. <i>Central de generación solar térmica</i>	41
Figura 2.12. <i>Componentes de los sistemas de autoconsumo fotovoltaico inyectado a red</i>	43
Figura 2.13. <i>Esquema de funcionamiento de una planta eléctrica de ciclo binario.</i>	44
Figura 2.14. <i>Fuente de energía geotérmica con emisiones de vapor de un central seco</i>	44
Figura 2.15. <i>Planta de biomasa de combustión de paja de cereal en Briviesca (Burgos)</i>	45
Figura 2.16. <i>Central mareomotriz</i>	46
Figura 2.17. <i>Diagrama simplificado de una central hidráulica y línea de transmisión</i>	47
Figura 2.18. <i>Disposición de una central hidráulica</i>	49
Figura 2.19. <i>Diagrama esquematizado del sistema de suministro eléctrico</i>	50
Figura 2.20. <i>Sistema eléctrico a) sin y b) con generación distribuida</i>	57
Figura 2.21. <i>Calidad de suministro 2018 Cusco</i>	64
Figura 3.1. <i>Software Power Factory DIgSILENT</i>	77
Figura 3.2. <i>Espacio de trabajo</i>	79
Figura 3.3 <i>Descripción de los equipos utilizados durante la medición.</i>	80
Figura 3.4. <i>Equipos de medición</i>	80
Figura 4.1. <i>Mapas de ubicación de cobertura del sistema eléctrico Sicuani en el sistema argis</i>	83
Figura 4.2. <i>Imagen satelital ubicación de las C.H de Hercca</i>	84



Figura 4.3. <i>Diagrama unifilar, software DigSILENT 15.1.7</i>	89
Figura 4.4. <i>Operación del sistema Sicuani SI-01, año 2018 DIgSILENT 15.1.2</i>	90
Figura 4.5. <i>Perfiles de tensión del alimentador SI-01</i>	92
Figura 4.6. <i>Pérdidas de potencia del alimentador SI-01</i>	92
Figura 4.7. <i>Cargabilidad del alimentador SI-01</i>	93
Figura 4.8. <i>Máxima demanda y pérdidas del alimentador SI-01 con y sin GD</i>	94
Figura 4.9. <i>Máxima demanda y pérdidas del alimentador SI-02</i>	96
Figura 4.10. <i>Máxima demanda y pérdidas del alimentador SI-03</i>	98
Figura 4.11. <i>Máxima demanda y pérdidas del alimentador SI-05</i>	100
Figura 4.12. <i>SAIFI sistema Canchis con y sin generación distribuida</i>	103
Figura 4.13. <i>SAIDI sistema Canchis con y sin generación distribuida</i>	103
Figura 4.14. <i>Equipos de medición</i>	111
Figura 4.15. <i>Ubicación de la CH de Hercca</i>	112
Figura 5.1. <i>Resultados del caudal medido in situ en el punto de control</i>	122
Figura 5.2. <i>Resultados del pH medido in situ en el punto de control</i>	122
Figura 5.3. <i>Resultado de la temperatura medida in situ en el punto de control</i>	123
Figura 5.4. <i>Resultados de la concentración de aceites y grasas en el punto de control</i>	123
Figura 5.5. <i>Resultados de la concentración de SST en el punto de control</i>	124
Figura 5.6. <i>Resultados del caudal medido in situ en los puntos de control</i>	125
Figura 5.7. <i>Resultados del pH medido in situ en los puntos de control</i>	125
Figura 5.8. <i>Resultados del pH medido in situ en los puntos de control</i>	126
Figura 5.9. <i>Resultados de concentración de Aceites y grasas en los puntos de control</i>	127
Figura 5.10. <i>Resultados de la concentración de SST en los puntos de control</i>	128



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolla a raíz de la problemática actual de la operación del sistema eléctrico de Sicuani, para luego plantear las alternativas de solución importantes y sus requerimientos que dirigen la evolución del sistema de distribución de energía eléctrica que sirven a los 15,034 usuarios, con la integración de la central hidroeléctrica de Hercca como energía renovable que le brindará mayor seguridad y confiabilidad en la operación de los 04 alimentadores SI-01, SI-02, SI-03 y SI-05 que alimentan para satisfacer la demanda de energía eléctrica a los usuarios regulados y libres.

El trabajo de investigación tiene carácter tipo aplicativo con un diseño cuasi experimental con un enfoque de nivel explicativo y cuantitativo ya que contempla información respecto a las causas y efectos de relación entre las variables de estudio al momento de ser desarrolladas.

Los resultados obtenidos se muestran en la tesis que han sido analizados antes y después de la incorporación de la generación distribuida en el alimentador SI-01, dando soluciones a las propuestas formuladas como problemática en el sistema eléctrico de Sicuani como interrupciones de servicio de SAIFI y SAIDI como un nuevo modelo de redes eléctricas.

Sobre el monitoreo de la calidad de agua se presenta el reporte de resultados de los parámetros fisicoquímicos de temperatura, pH, caudal, aceites y grasas, sólidos totales en suspensión en el agua turbinada y en el cuerpo receptor de la C.H. de Hercca, los cuales están dentro de los valores permisibles de acuerdo a la normatividad de evaluación ambiental.

Palabras clave: Sistema eléctrico, energía renovable, Generación Distribuida, calidad de suministro, calidad de agua.



ABSTRACT

The present research work is developed as a result of the current problems of the operation of the Sicuani electrical system, to then propose the important solution alternatives and their requirements that direct the evolution of the electrical energy distribution system that serve the 15034 users , with the integration of the Hercca hydroelectric plant as renewable energy that will provide greater safety and reliability in the operation of the 04 feeders SI-01, SI-02, SI-03 and SI-05 that feed to meet the energy demand electricity to regulated and free users.

The research work has an applicative character with a quasi-experimental design with a descriptive and quantitative level approach since it includes information regarding the causes and effects of the relationship between the study variables at the time of being developed.

The results obtained that are shown in the thesis have been analyzed before and after the incorporation of distributed generation, giving the solutions of the proposals formulated as an interruption problem with SAIFI and SAIDI indicators, proposing as a new model of electricity networks with the bidirectional in the operation of the SI-01 system.

As an environmental impact analysis on the monitoring of water quality, the report of the results of the physicochemical parameters of temperature, pH, flow, oils and fats, total solids in suspension in the turbinated water and in the receiving body of the C.H. Hercca, which are within the permissible values according to environmental regulations.

Keywords: Electric system, renewable energy, Distributed Generation, supply quality, water quality.



RESUMO

O presente trabalho de pesquisa é desenvolvido em decorrência dos atuais problemas de operação do sistema elétrico Sicuani, para então propor as importantes alternativas de solução e seus requisitos que direcionam a evolução do sistema de distribuição de energia elétrica que atende os 15034 usuários, com o integração da hidrelétrica de Hercca como energia renovável que proporcionará maior segurança e confiabilidade na operação dos 04 alimentadores SI-01, SI-02, SI-03 e SI-05 que alimentam para atender a demanda de energia elétrica regulada e gratuita Comercial.

O trabalho de investigação é de natureza aplicada, de delineamento quase experimental, com abordagem descritiva e quantitativa, uma vez que inclui informações sobre as causas e efeitos da relação entre as variáveis do estudo no momento do seu desenvolvimento.

Os resultados obtidos que se apresentam na tese foram analisados antes e depois da incorporação da geração distribuída dando as soluções das propostas formuladas como um problema de interrupções com indicadores SAIFI e SAIDI, apresentando-se como um novo modelo de redes elétricas com o bidirecional em operação do sistema SI-01.

Como uma análise de impacto ambiental no monitoramento da qualidade da água, o relatório dos resultados dos parâmetros físico-químicos de temperatura, pH, vazão, óleos e gorduras, sólidos totais em suspensão na água turbinada e no corpo receptor do C.H. Hercca, que se encontram dentro dos valores permitidos de acordo com as normas ambientais.

Palavras-chave: Sistema elétrico, energia renovável, Geração Distribuída, qualidade do abastecimento, qualidade da água



INTRODUCCIÓN

El progreso industrial y tecnológico está relacionado con un incremento en el consumo de la energía eléctrica. Este crecimiento de la demanda eléctrica debe ir de la mano con ampliar las capacidades de las redes de transmisión y distribución, de una manera eficiente; así como también con la construcción de nuevas plantas de generación, siempre respetando las restricciones técnicas y medio ambientales de la forma más rentable y eficiente.

En la actualidad la Generación Distribuida, ha tomado importancia debido a diversos factores, como es la limitación de recursos fósiles y el notable incremento en el precio del petróleo a nivel mundial, también muchos países han comenzado en la investigación y desarrollo de energías renovables o alternativas para la generación distribuida.

Sin embargo, que el concepto de generación distribuida no es un nuevo paradigma que haya sido formulado en los últimos tiempos, pues en realidad se trata de un concepto básico que ha cobrado nuevo impulso, alentado por diversos factores tecnológicos, así como por condiciones del mercado y políticas energéticas y ambientales

A nivel regional y nacional se ha producido un incremento de pequeñas centrales hidroeléctricas conectadas a las redes eléctricas de reparto en media y baja tensión, estas conexiones crean una serie de costes y beneficios en las redes de la energía eléctrica, como son aumentar y reducir las pérdidas de energía, la necesidad de reforzar la capacidad de las líneas y centros de transformación para dar cabida a los nuevos flujos de potencia inyectados por la generación distribuida.

La generación distribuida esta estratégicamente ubicada en el sistema eléctrico de Sicuani para reducir las pérdidas de energía, mejorar el factor de potencia, minimizar las pérdidas en el



sistema eléctrico, regulación de la tensión en la cola de red eléctrica y el factor de carga de esta manera mejorar los índices de confiabilidad cuantitativamente de la calidad del servicio suministrado a todos los usuarios del sistema de distribución.

En realidad, no existe una definición única y común acerca del concepto de generación distribuida y muchos autores manejan diferentes esquemas, así como intervalos de trabajo, para caracterizar servicios que pueden caer en el margen de la generación distribuida (GD). Sin embargo, en el contexto del presente documento, se entenderá por generación distribuida el proceso de producción y distribución de energía eléctrica a pequeña o mediana escala (desde los cientos de kW hasta los 10 MW), con una cercanía a los centros finales de consumo y con posibilidad de interactuar con las redes de interconexión eléctrica.

Por otro lado, se pone en consideración el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable al Subsector Electricidad y de acuerdo con su política ambiental, la Empresa Regional de Servicio Público Electro Sur Este S.A.A conjuntamente con el suscrito ha realizado el monitoreo de calidad de agua de la central hidroeléctrica de Hercca durante los 03 meses de enero, febrero y marzo, correspondiente al primer trimestre 2019, de las mediciones medioambientales de la calidad de agua.

Dentro de los aspectos más importantes a evaluar para que el sistema eléctrico sea sostenible, confiable y de calidad ambiental son:

- Uso de energías renovables en sitios remotos
- Disponibilidad de recursos energéticos y la oferta de energía locales.
- Análisis y evaluación de la demanda de potencia.
- El menor costo comparativo de la energía generada limpia.



- Operación y mantenimiento, vida útil del servicio sin contaminación ambiental.

Por estas razones argumentadas, se realiza la presente investigación que pudiese dar respuesta a la siguiente interrogante: ¿Cuáles serán los impactos positivos y negativos de la incorporación de una generación distribuida con Energía hidráulica en las inmediaciones del distrito de Sicuani, se presenta a la culminación del desarrollo de la tesis 5 capítulos:

El capítulo I: Introducción: en donde se explica el planteamiento del problema de una generación por fuentes convencionales y no renovables y los resultados derivados de dichas formas de producción, formulación, justificación y objetivos.

El capítulo II: Marco Teórico: con antecedentes de la investigación, los cuales fueron expuestos como contenidos referenciales al trabajo, definición de términos, definición de variables y operacionalización de las mismas.

El capítulo III: Método: que establece los lineamientos metodológicos de la investigación, conforme un diseño no experimental de enfoque cuantitativo, nivel explicativo para un tipo de trabajo aplicado, cuyo espacio muestral se constituyó por 29 sujetos reconocidos como usuarios de la empresa Electro Sur Este, para los cuales se aplicó un instrumento tipo cuestionario a fin de evaluar las consideraciones asociadas al servicio y la generación distribuida.

El capítulo IV: Resultados: se efectuó el procesamiento de datos y se evalúa la operación de los diferentes alimentadores del sistema eléctrico de Sicuani con el software DIgSILENT Power Factory 15.1.7, teniendo en consideración en las barras de carga como concentradas y los generadores como fuentes de potencia constantes y se muestran los resultados respecto a los objetivos específicos y al objetivo general, en diferentes escenarios de proyección de demanda y la inyección de la energía hidráulica con ello obtener los resultados técnicos. Por otro lado, se



muestra el monitoreo de la calidad de agua en 03 puntos de control de la central hidráulica de Hercca.

El Capítulo V: Discusión: se muestra los y significativos, también se hizo una comparación crítica con los antecedentes de este estudio, asimismo en este espacio se hallan las conclusiones y recomendaciones sobre los aspectos operativos y análisis medioambientales.



CAPITULO I

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Hoy en día se hace imprescindible la necesidad de planificar la expansión de la generación distribuida a través de las energías renovables en las redes de distribución para determinar las opciones más convenientes desde el punto de vista económico, técnico y de Impacto Ambiental.

El actual modelo económico está basado en el crecimiento exponencial e ilimitado, en el 2012 poco más del 80% de la energía primaria que consumía el mundo provenía de combustibles fósiles. Se desea cambiar el enfoque energético, planificando el incremento/decremento de la demanda energética, aunque esto se dificulta por factores como la demografía y la actividad económica. (Castells & Bordas, 2012)

Sabiendo que en la actualidad el tema de energías renovables es un tema preocupante para los países debido a la sobreexplotación y el agotamiento de los combustibles fósiles, y el alto nivel de contaminación e impacto ambiental que producen, el hombre se ha visto en la necesidad de buscar fuentes energéticas renovables que permitan la mantención del equilibrio de los ecosistemas. (Castells & Bordas, 2012)

Cuando se plantea un problema de energías renovables una de las opciones es la generación hidráulica que aprovecha la energía potencial de la caída del agua a cierta altura, se dice que esta energía es renovable cuando su potencia es inferior a 10 MW. Los países que mayor uso hacen de esta energía renovable son: China, Brasil, Estados Unidos, Canadá, Rusia, India y Turquía. (REN 21 Renewables 2015 Global Status Report) Hoy en día se hace imprescindible la necesidad de planificar la expansión de la Generación Distribuida en las



redes de distribución de para determinar las opciones más convenientes desde el punto de vista económico, técnico y de Impacto Ambiental.

Es por eso se plantea la problemática que existe en la región del Cusco, sabiendo que hay pequeñas centrales de generación eléctrica como generación distribuida, que se implementaron para atender la demanda eléctrica cuando éste todavía era un sistema aislado, posteriormente dichas centrales quedaron conectadas como circuitos independientes al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), sin antes poder evaluar las ventajas de estas fuentes de generación dentro del sistema de distribución de Sicuani, en las cuales las pequeñas centrales no llegan a cubrir la demanda eléctrica requerida por el crecimiento industrial, comercial y poblacional.

De acuerdo a la evaluación realizada de las condiciones de operación y comportamiento actual de las redes eléctricas de distribución primaria tienen grandes distancias los cuales causan caídas de tensión, pérdidas de energía, cargabilidad, y factor de carga, todo ello trae un problema técnico a solucionar en la operación del sistema eléctrico, y también se tiene el diagnóstico del funcionamiento de las pequeñas centrales generadoras ubicadas en el distrito de Sicuani, provincia de Canchis que deben ser interconectados a la red para mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico como generación distribuida que son:

- Pequeña Central Hidroeléctrica de Hercca
- Pequeña Central Hidroeléctrica de Langui

Otro problema que se puede identificar es que la red eléctrica de Sicuani se encuentra en una zona de descargas atmosféricas la cual origina interrupciones en las líneas de transmisión y en época de invierno con temperatura muy bajo con presencia de nevadas y



heladas intensas que puede originar la rotura de los conductores de media y baja tensión, provocando interrupciones del suministro de energía eléctrica, por ello los índices de confiabilidad se reduce y no cumple la calidad de suministro a todos los usuarios del sistema de distribución, otra razón para que sea importante este tema es que en la actualidad no se cuenta con normatividad específica para Generación Distribuida.

La Generación Distribuida (GD) a través de energías renovables deberá ser la solución que está ubicada casi siempre en una barra de carga en un sistema de distribución Primaria, para reducir las pérdidas de energía, mejorar el factor de potencia, regular la tensión en la cola de la red eléctrica y mejorar el factor de potencia.

Referente a la evaluación del impacto ambiental el problema fundamental es debido a la topografía y medio paisajístico del área del Proyecto se ven alterados como resultado de las actividades de operación la Central Hidroeléctrica de Hercca, teniendo en cuenta principalmente la matriz de evaluación de impactos ambientales, se puede mencionar algunos impactos ambientales negativos de mayor significancia que se producen:

- La regulación y captación del caudal del río para la operación de la Central.
- Los efectos sobre la comunidad biótica por las variaciones en caudal, lo que será más importante aguas abajo de la captación.
- Efectos sobre la vida de los pobladores locales en términos de la apariencia de su entorno, acceso al recurso hídrico para actividades de uso doméstico, agrícola, recreativo, y acceso a los terrenos ocupados por la central, etc.
- Cambios en la calidad de suelos y agua por la generación de residuos sólidos y líquidos producto de las actividades de mantenimiento y domésticas de la central



hidroeléctrica de Hercca, las aguas de limpieza de la casa de máquinas, los aceites dieléctricos y otros los cuales son analizados en la presente tesis.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son los impactos que puede provocar la integración de una energía renovable como Generación Distribuida (GD) en la operación del sistema eléctrico de Sicuani y su impacto ambiental en la región del cusco al año 2018?

1.2.2. Problemas específicos

1° ¿Cuál es la situación actual de operatividad del sistema eléctrico de Sicuani antes y después de la incorporación de una energía renovable como Generación Distribuida?

2° ¿Cuáles serán las mejoras técnicas en la operación del sistema eléctrico de Sicuani en redes de media tensión con la incorporación de generación distribuida?

3° ¿Cómo se puede realizar el monitoreo de calidad de agua con presencia de impactos ambientales significativos con la integración operativa de la central hidroeléctrica de Hercca?

1.3. Justificación

La presente tesis de investigación se justifica por las siguientes razones:

Dentro del ámbito de la provincia de Canchis se encuentran las pequeñas centrales hidroeléctricas de Hercca y Langui generando una potencia de 1.02 y 3.25 MW



respectivamente; la empresa Electro Sur Este S.A.A, se encarga de distribuir la energía eléctrica beneficiando a empresas y usuarios.

El ritmo acelerado de crecimiento de la demanda de energía eléctrica en la región Cusco y la centralización en el proceso de generación eléctrica, ha traído consigo la saturación de las redes de distribución en tramos, con tensiones nominales normalizadas de 22.9 y 10.5 KV, incrementando las pérdidas, afectando la calidad del servicio, así como su continuidad, teniendo que verse en la necesidad de tener que hacer inversiones en la construcción de nuevas redes de distribución, ampliación de las capacidades de las subestaciones entre otros; para de esta manera poder subsanar estos problemas que vienen afectando la operación normal de las redes de distribución.

Por consiguiente, es necesario conocer las implicancias técnicas, ventajas, desventajas y beneficios económicos, que conlleva la incorporación de la generación distribuida en los sistemas de distribución de media tensión en la región del Cusco, atendiendo de esta manera la reducción de pérdidas técnicas, mejorar el perfil de tensiones y calidad de suministro, cumpliendo con los requerimientos de la Norma Técnica de calidad de servicios eléctricos.

En cuanto al programa de monitoreo de calidad de agua como recurso primario es gestionado por la empresa concesionaria Electro Sur Este responsable del programa de manejo ambiental realizado por la consultora HIDROSAT Y MEDIO AMBIENTE S.A.C.

La presente investigación no discute el concepto de impacto social en la evaluación del impacto social de programas y proyectos sociales, los cuales se hacen ex-post. La discusión que realiza este estudio es sobre la conceptualización del impacto social en los



estudios de impacto ambiental (EIA) de los proyectos de inversión económica (minera, petrolera, industrial, viales, etc.), en el marco de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.

La metodología del monitoreo pretende pronosticar la evolución de los impactos ambientales para verificar la eficacia de las medidas de prevención y mitigación propuestas.

La realización de muestreos de agua en campo para estimar los valores de los parámetros y vectores ambientales, a una frecuencia de muestreo definida según la naturaleza, persistencia y efectos potenciales de los vectores contaminantes.

Un aspecto de particular importante desde el punto de vista ambiental es que actualmente existe una central hidroeléctrica de HERCCA en la zona del proyecto; lo que permite con mayor precisión, identificar los impactos existentes y proyectar los impactos actuales y futuros.

Finalmente, hoy en día los sistemas energéticos vienen enfrentando a muchos desafíos, porque se están introduciendo nuevos conceptos emergentes en este aspecto, la matriz energética tendrá alta incidencia de las energías renovables, y consumidores diversos, se observa en la actualidad que los pocos sistemas de distribución eléctrica con energías renovables en el país, quienes traen como consecuencia la contaminación del medio ambiente casi nulo en la sociedad.

1.3.1. Conveniencia

El estudio de la tesis contribuye de manera técnica y económica tanto para la Empresa Concesionaria como para los usuarios de la energía eléctrica en el ámbito regional por ello es necesario realizar el estudio del impacto de las energías



renovables como generación distribuida con y sin conexión a la red eléctrica. Los resultados del estudio nos permitirán mostrar la evaluación operativa de un sistema eléctrico y la congruencia entre las dos variables básicas de nuestra investigación.

1.3.2. Relevancia social

Los resultados que se obtienen de la presente investigación tienen relevancia social, ya que los sistemas de generación renovables contribuirán en la asignación de tarifas eléctricas especialmente en zonas rurales, ya que el poblador de la zona no cuenta con los recursos necesarios para solventar el pago de la energía eléctrica y de esta manera solucionará el aspecto social de los pobladores.

1.3.3. Implicancias prácticas

En el ámbito regional los usuarios finales como consumidores de la energía eléctrica no necesariamente son servidos satisfactoriamente de acuerdo a las normas de calidad de servicio, es por ello necesario hacer un diagnóstico de las todas redes eléctricas en media tensión con y sin generación de energía renovable para que garantice en forma segura y confiable el suministro de energía eléctrica.

1.3.4. Valor teórico

En el desarrollo de la investigación se aplicó todos los conocimientos teóricos pertinentes al tema de estudio, conocimientos de la ciencia existentes Dichos conocimientos han sido sistematizados y ordenados. Esto es un aporte teórico efectivo para que los investigadores que se aproximen a nuestro tema encuentren información teórica pertinente y clara como fundamento del trabajo tanto descriptivo y técnico en el campo de la validación de datos.



1.3.5. Utilidad metodológica

En la ejecución de la tesis ha sido necesario elaborar instrumentos de recolección de información, dichos instrumentos son de hecho un aporte metodológico que investigaciones futuras puedan aplicar si lo consideran conveniente. Así mismo el enfoque metodológico que abordamos también constituye un antecedente metodológico para investigaciones futuras sobre la materia.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar los impactos de la integración de una energía renovable como Generación Distribuida (GD) en la operación del sistema eléctrico de Sicuani y su impacto ambiental en la región del cusco al año 2018

1.4.2. Objetivos específicos

1° Evaluar la operatividad del sistema eléctrico de Sicuani antes y después de incorporar una generación distribuida como una energía renovable.

2° Analizar las mejoras técnicas en la operación del sistema eléctrico de Sicuani en redes de media tensión con la incorporación de generación distribuida.

3° Proponer el monitoreo de calidad de agua con presencia de impactos ambientales significativos con la integración operativa de la central hidroeléctrica de Hercca.



1.5. Delimitación de la investigación

1.5.1. Delimitación espacial

El trabajo de investigación se realizó en el ámbito del distrito de Sicuani, provincia y región de Cusco donde se analizó el comportamiento de la operatividad de la central hidroeléctrica de Hercca con y sin interconexión de la generación distribuida al sistema eléctrico SI-01 de concesión de Electro Sur Este.

1.5.2. Delimitación temporal

El desarrollo de la presente investigación se empieza a ejecutar en el lapso del segundo semestre del año 2018. Así mismo la información referida a la situación de los sistemas eléctricos operativos de la empresa ELSE será actualizada al año de estudio.

1.5.3. Delimitación social

La población que se involucra son los usuarios regulados o sector residenciales administrados por la empresa concesionaria tanto conectados directamente o aislados con la integración de las energías limpias.



CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Para la elaboración de la presente tesis de investigación se tomó antecedentes de trabajos afines sobre la generación distribuida, energías renovables e impacto ambiental a nivel internacional, nacional y local con algunas restricciones

2.1.1. Antecedentes internacionales

González C. (2004), Bogotá, en su investigación titulada “Energías Renovables No Convencionales Para Uso Domiciliario”, tuvo como objetivo explicar y analizar los diferentes tipos de tecnologías existentes, centrándose principalmente en sus aplicaciones para uso domiciliario, a objeto de determinar si están dadas las condiciones geográficas, técnicas, económicas y políticas que permitan implementar masivamente su uso. Investigó dos grupos: quienes tienen acceso a los servicios básicos y aquellos que por estar ubicados en zonas geográficamente remotas no lo tienen. Sobre el primer grupo, hay un mayor avance legislativo que facilita el desarrollo de proyectos de ERNC. Por una parte, se encuentra la Ley 20.571 (Net Metering) que permite la inyección de electricidad con fuentes renovables a la red pública de distribución. Mientras que en el segundo grupo porque están ubicados en zonas aisladas de la red o porque los costos de conexión son altísimos, las ERNC sí constituyen una alternativa, y en muchos casos única, de solucionar dicho problema. La utilización de ERNC en la población rural, no sólo permite proveer de los servicios básicos que estos carecen, sino que además disminuye la brecha energética



existente en los sectores más vulnerables, contribuye a mejorar la calidad de vida de las personas y evita que las familias migren y abandonen sus viviendas y terrenos. Al respecto, no hay instrumentos de fomento concretos que financien ni faciliten la implementación de sistemas de ERNC en poblaciones rurales, existiendo únicamente programas aislados y de bajo impacto.

Comentario: De todas las alternativas tecnológicas de GD, el trabajo realizado en esta tesis modela y analiza en detalle el comportamiento de dos sistemas de generación distribuida: la generación eólica que usa generadores asíncronos y la generación con combustibles de origen fósil usando generadores síncronos.

García L. (2016), california: en su investigación titulada “Energía Eólica Y Desarrollo Sostenible En La Región De La Rumorosa, Municipio De Tecate “tuvo como objetivo explorar la problemática del desarrollo sostenible en relación con los proyectos de energía eólica, con el objetivo de analizar los aspectos que permitan potenciar el desarrollo socioeconómico a nivel local. Para lograr este fin, se diseñaron y aplicaron dos encuestas, una para evaluar los diferentes criterios de desarrollo sostenible y otra para evaluar algunos aspectos de la aceptación social de los proyectos eólicos. Los criterios evaluados en la primera encuesta fueron identificados a partir de la revisión bibliográfica y con la retroalimentación recibida por los residentes y dueños de la tierra en los sitios de estudio, localizados en la región Norte del estado de Baja California. Los criterios se dividieron en seis categorías: la aceptación social con seis indicadores; el beneficio social con seis indicadores; el impacto en la cultura con tres indicadores, el impacto ambiental con tres indicadores; el beneficio económico con siete indicadores y finalmente, criterios técnico-



ecológicos con cuatro indicadores. Los datos obtenidos lo analizaron empleando un método de análisis multicriterio de relaciones de preferencia (Outranking). A todos los indicadores le asignó el mismo peso. En contraste, la función de preferencia se eligió empleando el menú de ayuda del software Visual PROMETHEE, el cual fue empleado para el análisis. Las funciones de preferencia permitieron clasificar los sitios de estudio de acuerdo con los valores obtenidos en el flujo neto Phi, el cual esencialmente representa un promedio de las relaciones de preferencia por pares. Con la segunda encuesta se evaluó únicamente la aceptación social y los resultados se analizaron de forma cualitativa. En general, se observó que los proyectos de energía eólica cuentan con una gran aceptación social, pero no inciden en el desarrollo socioeconómico a nivel local, por lo que se sugiere que los criterios identificados como más relevantes para potenciar el desarrollo sean tomados en cuenta para proyectos eólicos futuros.

Comentario: De todas las alternativas tecnológicas de GD, el trabajo realizado en esta tesis modela y analiza en detalle el comportamiento de generación distribuida como sistema eólico que usa generadores asíncronos.

Aldeán J. M. (2014) en su tesis titulada “Las Fuentes de Energía Renovables y su Influencia en el Cambio de Matriz Energética: su Impulso Desde el Enfoque de la Sustentabilidad de los Recursos Naturales Especialmente de Hidroenergía, por ser de Mayor Potencial en Ecuador.” Realizo el análisis de la necesidad del emprendimiento del actual gobierno, de impulsar la explotación de fuentes de energía no convencionales – renovables sobre todo de energía hidroeléctrica, considerando que entre estas fuentes, es la de mayor potencial -hablando en términos técnico y



económicamente aprovechables- en comparación con las demás, esto se debe impulsar mediante la construcción de varios proyectos hidroeléctricos - micro, medianos, grandes y mega proyectos - con la finalidad de diversificar la oferta y el suministro de energía, garantizando de esta manera el derecho pleno de los ciudadanos al fácil y libre acceso a la misma. El otro componente es la transición de la matriz energética, la misma que en la actualidad está basada en fuentes energéticas provenientes de combustibles fósiles contaminantes y que según diferentes estudios no perdurará por mucho tiempo, a una nueva matriz compuesta por energías poco contaminantes y sostenibles a largo plazo, pero resaltando el gran aporte de la energía hidráulica, aun sabiendo anticipadamente que no se llegará a sustituir al petróleo por energía renovable, pero previniendo que al menos en la matriz del sector eléctrico sí se podrá llegar a un elevado reemplazo de termoenergía por hidroelectricidad, también teniendo conciencia plena que por cada punto porcentual que reemplace la energía sustentable a la fósil, los beneficios se notarán en todos los ámbitos de vida del Ecuador como son: económico, social, ambiental, cultural, político, ético.

Comentario: sobre el resultado menciona el cambio de la matriz energética conjuntamente que las energías convencionales en el país de Ecuador

Gascó Gonzales (2013) en su trabajo “Integración de energías renovables en redes eléctricas inteligentes”, en su tesis doctoral en la Universidad de Alicante. El mismo, tuvo carácter analítico de las diferentes tecnologías para la utilización de la generación distribuida, que es un cambio de la generación eléctrica centralizada, se considera a la generación distribuida como “instalaciones de reducida potencia integradas de forma dispersa en el sistema eléctrico”, donde ha desarrollado temas



como: El desarrollo de tecnologías limpias compatibles con la población, la mejora de la eficiencia de pequeñas instalaciones, la reducción en inversiones de transporte de electricidad, la minimización de las pérdidas de transporte de energía, la seguridad de suministro

También manifiesta sobre fuentes de generación distribuida que constituyen el crecimiento de los sistemas eléctricos avanzados, y las tecnologías que lo componen se basan en la utilización de recursos renovables y con reducidas emisiones, entre ellas destacan: Parques eólicos, centrales solares fotovoltaicas, centrales solares termoeléctricas, turbinas de gas y microturbinas, de vapor, minihidráulica, motores alternativos.

Resultados:

Se hace una evaluación de las tecnológicas existentes sobre la integración de los distintos tipos de generación distribuida en esa fecha para España, en el cual hace mención también sobre redes inteligentes y su normatividad europea respectiva. Se utiliza una herramienta de análisis y simulación para determinar los efectos técnicos por la inserción de estos generadores y con lo que mencionamos las conclusiones más importantes:

Como conclusión general de este trabajo de tesis doctoral menciona que, “La generación distribuida es cada día más importante y está sustituyendo a la generación mediante el sistema de grandes centrales eléctricas centralizadas. El nuevo paradigma de red distribuida requiere desarrollar las redes de distribución eléctrica inteligentes.



Comentario: En este trabajo contempla el análisis de la integración de las energías renovables fotovoltaicas y eólicas como generación distribuida para ser considerados en los sistemas de Smart grid

Serrano E. (2017), en su tesis doctoral de: “Aportaciones para Justificar el Suministro Renovable en el Sistema Eléctrico Español y Conseguir un Modelo Energético Altamente Descarbonizado”

Plantea como objetivo fundamental de este trabajo es que propone un sistema eléctrico de potencia a largo plazo, que sea más respetuoso con el medio ambiente pero viable desde el punto de vista técnico, compuesto en su mayor parte por generadores de energías renovables que vayan desplazando de forma paulatina las grandes centrales eléctricas, emisoras de CO₂ y medioambientalmente problemáticas, a medida que cumplan su ciclo de vida. Como segundo objetivo primordial, de este trabajo de tesis, se plantea el análisis de la transición desde el sistema actual, hasta las propuestas futuras que se hagan, para conseguir un sistema eléctrico altamente descarbonizado.

El resultado final, que se obtiene del modelo planteado como se muestra en el cuadro siguiente, es el porcentaje de producción mix de energía eléctrica por diferentes tecnologías.



Tabla 2.1

Cálculo del Mix energético obtiene para el año 2050

Tecnología	Participación en el mix (%)
Hidráulica	15,76
Nuclear	0,00
Carbón	0,00
Carbón limpio	10,33
Ciclo combinado	1,91
Resto hidráulica	5,26
Eólica	24,62
Eólica marina	0,00
Solar fotovoltaica	17,23
Solar térmica	6,52
Térmica renovable	4,77
Cogeneración	12,01
Residuos	1,59
Total	100

Fuente: Serrano E (2017)

También hace un comentario sobre el resultado es un mix de energía eléctrica donde predominan las energías renovables con un 87,76 % de participación, mientras que las tecnologías no renovables, con combustibles fósiles, contribuyen tan solo con un 12,24 %.

Llega a dar algunas conclusiones finales: propone tres escenarios distintos en función de la previsión de la demanda de energía eléctrica para el año 2050 en la península. Las diferencias en la predicción de la demanda entre cada uno de ellos, son debidas, entre otras cosas, a variables como el grado de concienciación en el ahorro y la eficiencia energética, el nivel de desarrollo de la tecnología que se alcance, o el grado de implicación de nuevos equipos en el consumo de energía eléctrica, el primer escenario se ha considerado como el más conservador por su moderado incremento en la demanda de energía eléctrica hasta el año el año 2030,



para posteriormente comenzar un ligero descenso hasta el 2050, en cuanto al segundo escenario, también se considera la evolución de población prevista por el INE y los históricos de demanda de energía eléctrica, pero ahora la evolución de la demanda per cápita se considera en forma de curva exponencial y finalmente el tercer escenario, la previsión para el año 2050 es bastante superior a los niveles que tenemos en la actualidad y a los dos escenarios anteriores.

Comentario: sobre el resultado es un mix de energía eléctrica donde predominan las energías renovables con un 87,76 % de participación, mientras que las tecnologías no renovables, con combustibles fósiles, contribuyen tan solo con un 12,24 %.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Como primer antecedente nacional se encuentra la tesis de: Oliveros A.A. (2012): denominado: “Mejora en la Gestión de las Energías Renovables en la Micro y Pequeña Empresa en el Perú (Mype)”, presenta como objetivo de investigación: Un modelamiento de gestión alternativo que actualmente es empleado en nuestro país, que permita al empresario de la pequeña empresa contar con energía renovable de manera confiable técnica y económicamente, para satisfacer sus necesidades energéticas y afrontar el aumento constante de los costos de la energía comercial y el deterioro ambiental.

Este trabajo plantea una metodología de medición del impacto ambiental:

- i. Las energías renovables son amigables con el ambiente y el impacto ambiental es prácticamente nulo.



ii. Argumenta que el Estado protege la salud de las personas a través de la calidad del Medio Ambiente: aire, agua, suelo para lo cual ha dictado una serie de normas que se encuentran en la Ley general del Medio Ambiente y su reglamento 27, 28, 29, dictadas por el Consejo Nacional del Ambiente-CONAM y el Ministerio del Medio Ambiente, en los que se establecen los límites máximos permisibles y que deberán ser respetados cuando se realicen emisiones al aire o disposición de sub productos, como consecuencia de la realización de la actividad productiva.

iii. Sobre la instalación de una central hidroeléctrica podría demandar la construcción de una represa, la cual puede interrumpiría el flujo de peces en su camino para desovar en las partes altas de una cuenca (caso de truchas). Asimismo, puede dañar el medio ambiente por efecto de vertimiento de aceite u otras sustancias tóxicas, presencia humana no acostumbrada y la disposición de sus residuos sólidos y líquidos.

Conclusiones a lo que arriba es:

i. La mejora de la gestión de las energías renovables puede producir aumentos sustanciales en la economía de las micro y pequeñas empresas, cuando el modelo de gestión la considera como preponderante y se hace una planificación que permita, con una organización sencilla, ofrecer productos de calidad en mercados más exigentes.

ii. La capacitación juega un rol muy importante toda vez que prepara al recurso humano local para la gestión, mantenimiento preventivo/correctivo y cuidado del



ambiente, entre otros, esta deberá ser modular-secuencial-aplicativa, para facilitar la apropiación y puesta en práctica de los nuevos conocimientos.

iii. Existen tecnologías de energías renovables, para la micro y pequeña empresa, que se encuentran en una etapa comercial en nuestro país: como solar, eólico, biomasa, micro y pico centrales hidráulicos, como otras que se pueden adaptar, como los secadores solares o los motores gasolineros y diésel.

iv. La rica biodiversidad de nuestro país permitiría plantear Modelos de Gestión para los diversos pisos ecológicos existentes.

Comentario: este autor indica sobre la mejora de la gestión de las energías renovables puede producir aumentos sustanciales en la economía de las micro y pequeñas empresas por ende una buena planificación que permita organizar los mercados en forma óptima.

Ramos Gonzales M. (2019) tesis doctoral de: “Búsqueda de Emplazamientos Óptimos para Albergar Instalaciones de Energías Renovables en La Región Puno”, la cual tenía como objetivo localizar emplazamientos óptimos para albergar instalaciones de energía renovables en la Región de Puno, el método de investigación fue cuantitativo pero siendo complementado con análisis interpretativos generales, la población estuvo conformada por 13 provincias y 110 distritos, los resultados que se obtuvieron fueron que la zona propuesta para instalación cuenta con una superficie adecuada para la instalación del generador fotovoltaico de 245 m² y el generador es el adecuado para un consumo anual de 313357 Kwh para 22 familias, se llegó a la conclusión que la zona ubicada era la ideal y que los factores climáticos y estudios



previos a la instalación del generador de energía renovable son la base para que el proyecto funcione y garantice una mejora en la calidad de vida de al menos 2219 familias, se vio una reducción en la contaminación ambiental debido a la disminución del uso de materias primas y un ahorro energético.

Tabla 2.2

Comparación antes y después de la instalación de panel solar en las viviendas (Kw)

	Antes	Después	Ahorro
1	30.54	10.76	15.78
2	50.08	76.91	3.15
3	60.08	40.67	19.41
4	10.34	14.56	4.22
5	20.06	11.89	8.17
6	21.09	6.54	14.55
7	34.04	12.38	21.66
8	14.08	10.92	3.16
9	29.18	5.34	23.84
10	32.99	9.52	23.47
11	13.06	4.76	8.3
12	28.09	12.49	15.6
13	31.24	9.99	21.25
14	60.76	40.03	20.73
15	29.87	5.81	24.06
16	35.95	11.93	24.02
17	13.07	10.43	2.64
18	36.86	8.05	28.84
19	22.87	9.94	12.93
20	30.46	16.09	14.37
21	24.75	8.46	16.29
22	72.42	63	9.42
Total	641.35	344.47	327.42
Promedio	30.54	15.65	14.88

Fuente: Ramos Gonzales M. (2019)

Comentario: este autor indica sobre la instalación de paneles solares para 22 familias para pobladores de la zona de la región Puno.



En un estudio realizado por Flores G. (2018) en su tesis: “Método para la mejora del suministro sostenible de energía eléctrica renovable con celdas fotovoltaicas en las zonas rurales de la Región Arequipa, 2018”, la cual tuvo como objetivo establecer un método para la mejora del suministro sostenible de la energía eléctrica renovable con celdas fotovoltaicas en la población de las zonas rurales de la Región Arequipa, para mejorar la calidad de vida; el tipo de investigación fue de carácter exploratorio y descriptivo, la población estuvo conformada por los consumidores potenciales de la energía eléctrica en 24 Provincias de las Zonas Rurales de la Región Arequipa; las conclusiones de la investigación fueron que el método para la mejora del suministro sostenible de energía eléctrica renovable con celdas fotovoltaicas con el Plan Regional de Electrificación, asegura el incremento de la Electrificación en forma significativa; lo que solucionara los problemas de calidad de vida en las zonas rurales, comprobándose la hipótesis global planteada y aplicando los correctos principios de gestión del método para la mejora del suministro de energía renovable con celdas fotovoltaicas, se cumplirán los objetivos del proyecto de electrificación rural.

Comentario: este autor indica un método para la mejora del suministro sostenible de la energía eléctrica renovable con celdas fotovoltaicas en la población de las zonas rurales de la Región Arequipa

Como tercer antecedente presenta el autor Cornejo Solórzano V. H. (2017) en su tesis doctoral de: “Generación Distribuida en redes secundarias en Arequipa”



Como objetivo central plantea la evaluación de la influencia de la generación distribuida en los parámetros de una red secundaria de la ciudad de Arequipa, por la inserción de plantas de generación fotovoltaica.

Hace un modelo para la simulación de los parámetros de la red de distribución de baja tensión se utiliza el software especializado de sistemas de potencia Digsilent power system

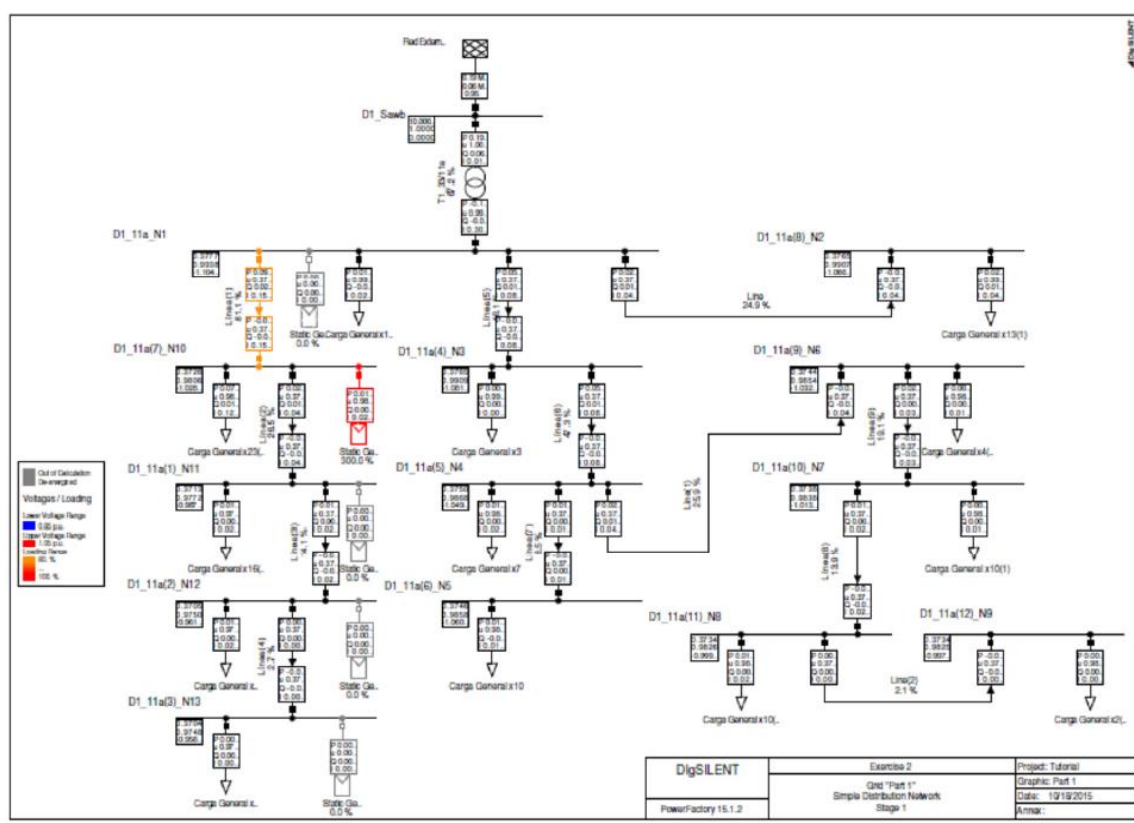
Parámetros de simulación:

- Tensión de alimentación
- Transformador de 110 kV a 380 kV
- Líneas de distribución de 0.380 kV
- Cargas 125
- Planta fotovoltaica de 5 KW

En la figura siguiente presenta un diagrama unifilar de la red de distribución con generación Distribuida



Figura 2.1. Unifilar de la red de distribución con generación distribuida.

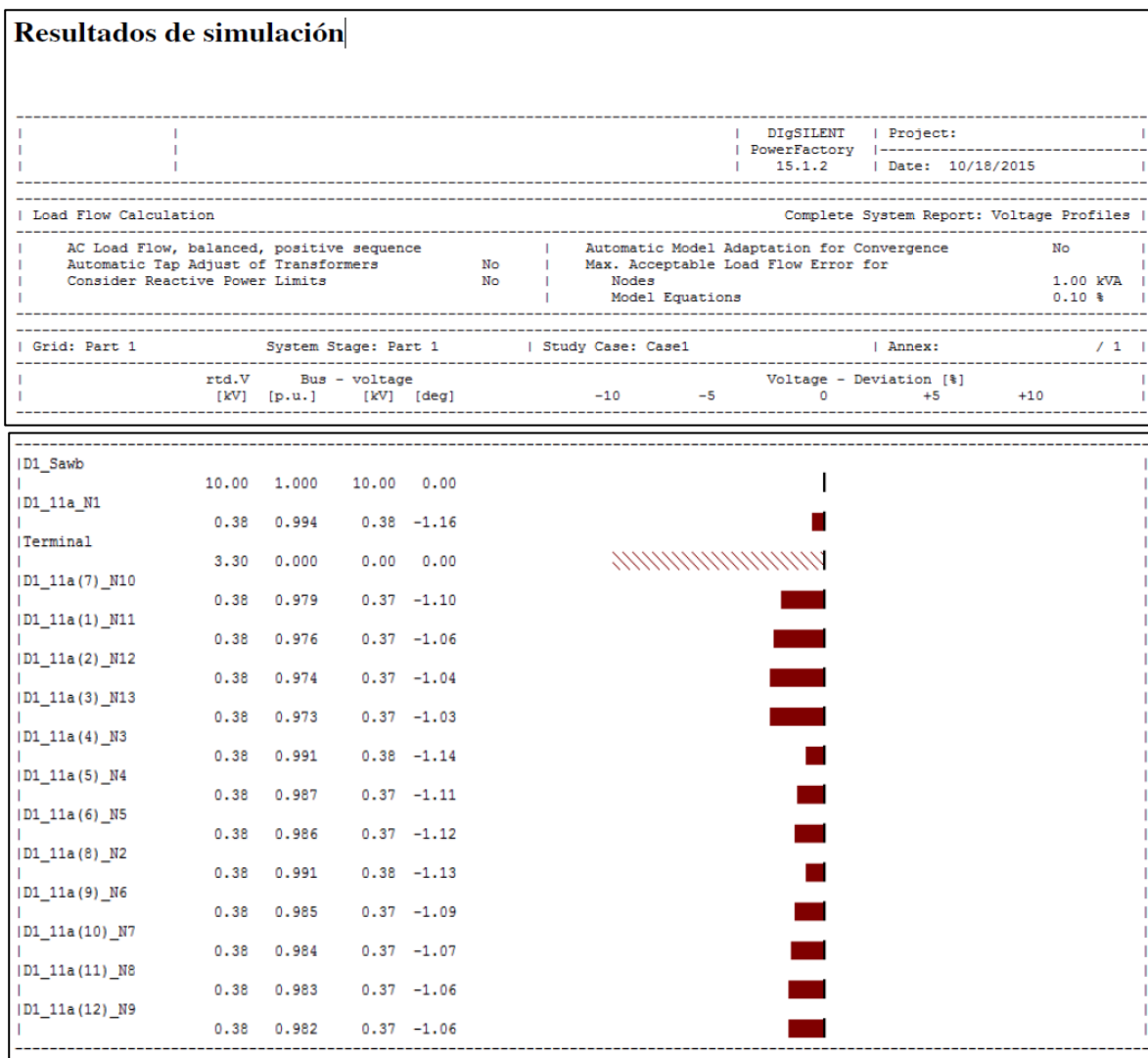


Fuente: Cornejo Solórzano V. H. (2017)

Presenta la simulación del programa informático digsilent Power Factory



Figura 2.2. Simulación del programa informático digsilent Power factory.



Fuente: Cornejo Solórzano V. H. (2017)

Arriba a las siguientes conclusiones:

1. En el Perú no está definida la reglamentación de la Generación Distribuida a niveles de redes secundarias.
2. Arequipa tiene potencial para la generación distribuida fotovoltaica por su ubicación geográfica y es factible la micro generación distribuida fotovoltaica para los diferentes consumos de las viviendas.



3. La generación distribuida fotovoltaica, puede suministrar toda la energía necesaria para muchos hogares, siendo el costo de implementación el único inconveniente y mejora el comportamiento de los niveles de tensión en las redes secundarias.

Comentario: este trabajo incide sobre las plantas fotovoltaicas de generación distribuida que se puede optimizar y lograr mejores respuestas en niveles de media y alta tensión.

2.2. Bases teóricas

Según Hernández Callejo, L (2017) , la generación de energía eléctrica lo define en dos grandes grupos:

- a. **Fuentes o energías no renovables:** Son aquellas cuyos recursos de los que se obtienen energía son limitados, es decir, que no se autoregeneran como las energías renovables. las cuales están disponibles en cantidades limitadas y se agotan por su uso, como los combustibles fósiles (carbón mineral, petróleo, gas natural). Estas tienen la característica de que, una vez utilizadas para la generación de energía, no se pueden volver a usar.
- b. **Energías renovables:** Son aquellas energías procedentes de fuentes naturales y casi inagotables como el viento y del sol, bien por la cantidad de energía que contienen o bien por su capacidad para regenerarse de forma natural. El agua y la biomasa también se incluyen en esta categoría, aunque son renovables bajo la condición de que la fuente se maneje en forma apropiada, por ejemplo, las cuencas hidrológicas y plantaciones de árboles son fuentes de energía ilimitadas.

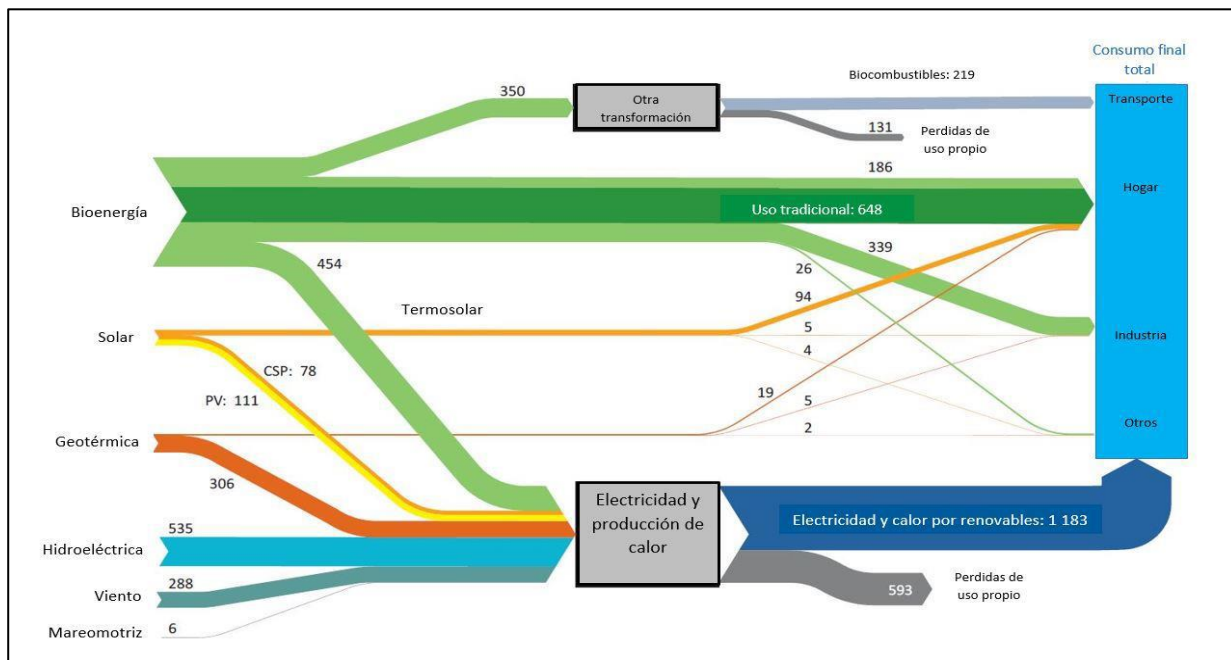


2.2.1. Generación de energía eléctrica convencional

Demirel (2012). Define: “A todas aquellas que son las fuentes más comunes para generar energía eléctrica. Tales como las que utilizan como fuente de alimentación combustibles fósiles, hasta la que utilizan la fuerza del agua y una vez generada la energía primaria se utiliza para generar electricidad”.

También menciona que la electricidad es el motor que mueve las actividades humanas que se conoce hoy en día, es por eso que las actividades de la sociedad se ven más preocupantes debido al cambio climático, es por eso que a nivel internacional se han generado distintas políticas regulatorias que hacen tener una prospectiva positiva sobre las energías renovables, dicha prospectiva fue realizada por la Agencia Internacional de Energía, como se muestra en la figura 2.3.

Figura 2.3. Balances de energía renovable en el mundo en el Escenario de Nuevas Políticas 2040

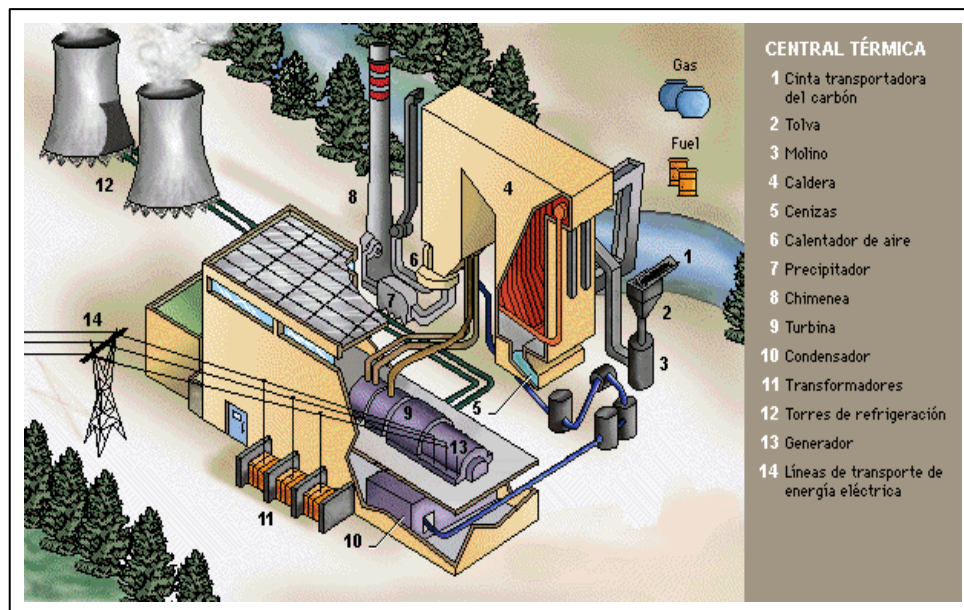


Fuente: IEA (2014)

El autor menciona sobre tipos de generación de fuentes de energía convencional:

- a) **Energía térmica:** Es aquella que transforma la energía química en energía eléctrica obtenido poder calorífico que se produce mediante la conversión de los combustibles fósiles, que puede ser gas natural, petróleo, etc., en trabajo mecánico. En la caldera se realiza la combustión, en donde, la energía química es liberada en la combustión, transformándola en energía térmica. El poder calorífico de la transformación de la energía química se transmite a una línea de agua, la cual ayuda a elevar la temperatura y la presión del agua y la transforma en vapor.

Figura 2.4. *Central Térmica*



Fuente: Muñoz (2010)



b) Energía nuclear

Bodansky, K. (2004) define:

“La energía nuclear es un método en el cual el vapor se produce calentando el agua a través de un proceso llamado fisión nuclear, la cual consiste en una reacción nuclear en la que el núcleo de n átomo se divide en partes más pequeñas, la cual produce a menudo neutrones libres y fotones en forma de rayos gamma”. En una planta de energía nuclear, el reactor contiene un núcleo de combustible nuclear, principalmente de uranio. Cuando los átomos de combustible de uranio son golpeados por neutrones, se fisionan y liberan calor y más neutrones. Bajo condiciones controladas, estos neutrones pueden atacar y dividir más átomos de uranio” (pp. 22 - 23)

Figura 2.5. *Planta generadora de energía nuclear*



Fuente: Muñoz (2010).

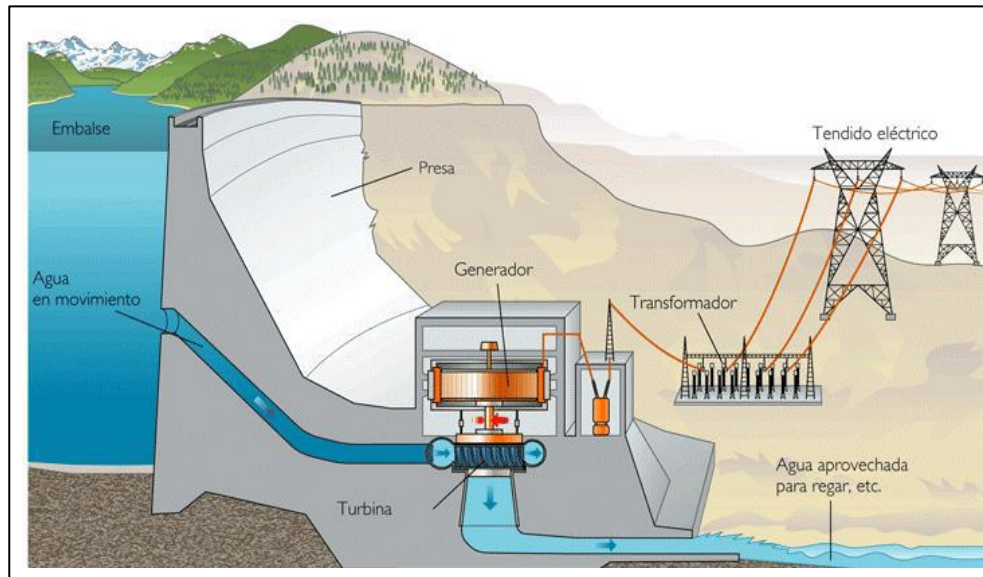
c) Energía hidroeléctrica.

Forsund FR. (2010) define, “Como un proceso en el cual la fuerza del agua que fluye sobre el sistema se utiliza para girar una turbina la cual está conectada a un generador el cual produce electricidad” (p.10). La mayoría de la

energía hidroeléctrica proviene de la energía potencial del agua estancada que impulsa la turbina y el generador. También identifica tres tipos de centrales hidroeléctricas:

- i. **Central hidroeléctrica larga:** Las cuales tienen salidas de más de 100 MW a más de 10 GW, este tipo de centrales son supervisadas por asociaciones como International Hydropower Association.
- ii. **Central hidroeléctrica pequeña:** Tienen una capacidad de hasta 10 MW. Generalmente son construidas para servir a plantas industriales específicas que requieren una cantidad sustancial de electricidad.
- iii. **Central hidroeléctrica micro:** Suelen producir hasta 100 kW de poder. Las cuales son para alimentar a una casa, normalmente se combinan con alguna fuente de generación de electricidad, tales como la fotovoltaica. (pp:3-4)

Figura 2.6. *Ciclo de producción de centrales hidroeléctricas*



Fuente: González (2004)



2.2.2. Energías renovables

Se presenta las fuentes de energías renovables que son: solar térmica, solar fotovoltaico, eólica, geotérmica, del mar, biomasa e hidráulica, señalando las ventajas, desventajas y la eficiencia del uso de las energías renovables.

Garzón Soria (2010): define sobre energías renovables, ventajas y desventajas:

“Las fuentes energéticas renovables tienen la característica de ser relativamente limpias, e inagotables, aunque dependen en alto grado de la situación climatológica de cada zona para su nivel de producción eléctrica” (p.26).

Al clasificar una fuente energética basta el asociar por lo general dos conceptos básicos: el aprovechamiento de la energía natural del planeta, lo que permite una fuente inagotable de flujo energético, y la no generación de residuos tóxicos como consecuencia directa de su utilización; la unión de estos conceptos define a las energías respetuosas con el medio ambiente, pero no todas las energías que se utilizan cumplen estos conceptos.

Las energías renovables son tan antiguas como el Sol o el planeta, pues aparecieron con los ríos, las montañas, el viento y la luz.

Menciona las ventajas de energías renovables

Cuando se usan fuentes energéticas renovables para generar electricidad, las mismas son mucho más limpias que los combustibles usados convencionalmente para producir energía, del mismo modo el carácter inagotable de este tipo de energías es un factor también decisivo frente a las convencionales, aunque en el caso de



muchas de ellas no se tiene en cuenta en esta valoración el consumo del recurso suelo, que es cada día más limitado, sus ventajas más relevantes son las siguientes:

- i. Son energías limpias: con escaso riesgo de contaminación, que no producen gases de efecto invernadero, ni mareas negras, ni residuos peligrosos.
- ii. Son seguras: pues no es comparable el riesgo con el riesgo de que falle una central nuclear.
- iii. Son inagotables: Renovables, pues el sol, el viento, como también se podría incluir al agua, son fuentes inagotables.
- iv. Son autóctonas: Que vienen a ser utilizadas cerca de donde se producen, por lo que nos hace independientes del exterior, y generan más empleo local. reducir la dependencia energética es algo positivo por la autonomía frente a posibles conflictos.
- v. Son diversas: Pues incluyen la solar, hidráulica, eólica, biomasa, geotérmica, marina, lo que permitiría a cualquier región del planeta autoabastecerse de energías renovables.
- vi. Son Baratas: Pues hay que valor económicamente su nulo coste social.
- vii. Son personales: Toda vez que no requieren grandes empresas no grandes inversiones para producir un poco de electricidad. Cualquier ciudadano puede convertirse fácilmente en productor de electricidad su tiene una vivienda bioclimática.
- viii. Al generar recursos por si misma, la energía solar contribuye a la diversificación y el autoabastecimiento.
- ix. Desarrolla la industria y la economía de la región en la que se instala.



- x. Las energías renovables dañan (31) veces menos la naturaleza. La eólica y la mini central hidráulica vienen a ser las más limpias.

Detalla también las desventajas de energías renovables:

- 1) **Viento:** La energía eólica depende de fuertes vientos los que a su vez dependen de factores incontrolables como la geografía de un lugar. Las turbinas de viento son grandes y poco atractivas. Además, son ruidosas para operar y pueden ser una amenaza potencial para las poblaciones de aves silvestres en los alrededores.
- 2) **Geotérmica:** La producción de energía geotérmica se basa en el calor que emana de las entrañas de la Tierra. Se trata de sitios específicos y no fácilmente disponibles en todos los lugares. La investigación y explotación de yacimientos geotérmicos consume tanto tiempo como dinero.
- 3) **Biomasa:** La biomasa es la materia orgánica como el estiércol de vaca, la paja, la madera, la basura de las aves de corral y los restos de comida. La biomasa puede ser convertida para producir aceite natural, gas o etanol y se utiliza como combustible. La quema de la biomasa para la producción de energía produce gases de efecto invernadero y partículas que son perjudiciales para el medioambiente.
- 4) **Mareas:** La energía mareomotriz aprovecha el poder del cambio de las mareas, grandes presas tienen que ser construidas a través de una bahía o un estuario para aprovechar esta energía. Sin embargo, las presas son caras para construir e impactan a los ecosistemas debido al cambio en las corrientes y los niveles de agua.



- 5) **Naturaleza difusa:** Es un problema inherente a las energías renovables, con la excepción de la energía geotérmica la cual, sin embargo, sólo es accesible donde la corteza terrestre es fina.
- 6) **Diversidad geográfica:** Algunos países y regiones disponen de recursos sensiblemente mejores que otros, en particular en el sector de la energía renovable. Algunos países disponen de recursos importantes cerca de los centros principales de viviendas donde la demanda de electricidad es importante.
- 7) **La integración en el paisaje:** Un inconveniente evidente de las energías renovables es su impacto visual en el ambiente local. Algunas personas odian la estética de los generadores eólicos y mencionan la conservación de la naturaleza cuando hablan de las grandes instalaciones solares eléctricas fuera de las ciudades.
- 8) **Energías ecológicas:** Algunos sistemas de energía renovable generan problemas ecológicos particulares. Por ejemplo, los primeros aerogeneradores eran peligrosos para los pájaros, pues sus aspas giraban muy deprisa, mientras que las centrales hidroeléctricas pueden crear obstáculos a la emigración de ciertos peces, un problema serio en muchos ríos del mundo.

El autor comenta sobre el ahorro y Eficiencia Energética:

En los países industriales la industria utiliza entre la cuarta parte y un tercio del total de Energía consumido en el país. En los últimos años se ha notado un notable avance en la reducción del consumo de energía por parte de las industrias. Las empresas se han dado cuenta de que una de las maneras más eficaces de reducir costos y mejorar los beneficios es usar eficientemente la energía.



Reciclar las materias primas es una de las maneras más eficaces de ahorrar energía.

En la construcción, puede ahorrar mucha energía aislando adecuadamente las viviendas, oficinas y edificios que necesitan calefacción o aire acondicionado para mantenerse confortables de los edificios.

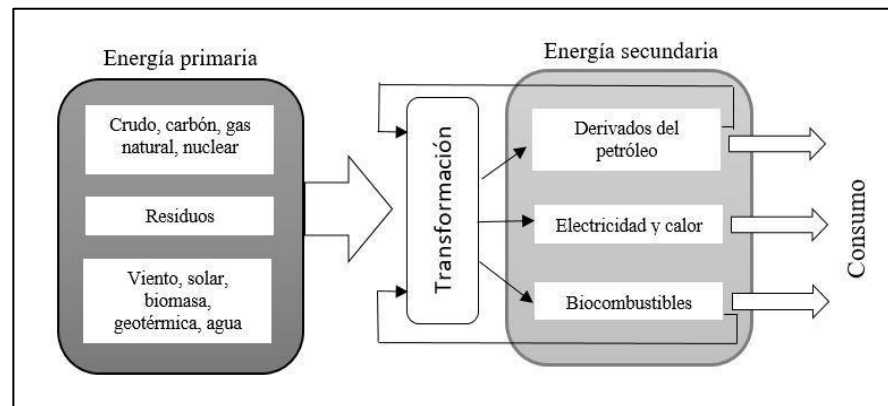
En casas pequeñas medidas tan simples como plantar árboles que den sombra en verano o que corten los vientos dominantes en invierno, se ha demostrado que ahorran entre un (15%) a un (40%) del consumo de energía que hay que hacer para mantener la casa confortable. (pp. 15-18)

2.2.3. Tipos de energías renovables

Demirel (2012), define la energía renovable como:

El suministro eficiente de energía eléctrica a un costo accesible promueve la competitividad y la capacidad de las empresas y la industria para colocar más y mejores productos y servicios en el mercado, se define como: la generación de energía eléctrica se obtiene mediante fuentes convencionales y la no convencionales en donde, las convencionales son aquellas que dependen de los combustibles fósiles, y las no convencionales provienen del recurso de la naturaleza, tales como viento, sol, agua, etc. se muestra en la figura 2.7.

Figura 2.7. *Energía primaria y secundaria para el suministro de energía eléctrica.*



Fuente: Demirel (2012)

2.2.4. Generación con energías renovables

Son aquellas formas en que se producen energía no tan común, cuya eficiencia es menor a las convencionales, menor costo de producción, obtención de la energía eléctrica y son sustentables con el medio ambiente, llamadas energías renovables limpias.

a) Energía eólica.

Manwell, McGowan, & Rogers (2010) indica:

“Es el aprovechamiento de este tipo de energía se debe a la conversión directa en energía mecánica a través del giro del eje de la turbina eólica con una cierta potencia”.

“Un parque eólico consta de un conjunto de aerogeneradores, el cual va a depender de la velocidad del viento, el área que abarcan las aspas y de un coeficiente propio de cada aerogenerador”. (p.11)



Figura 2.8. *Parque de Generación de Energía Eólica*

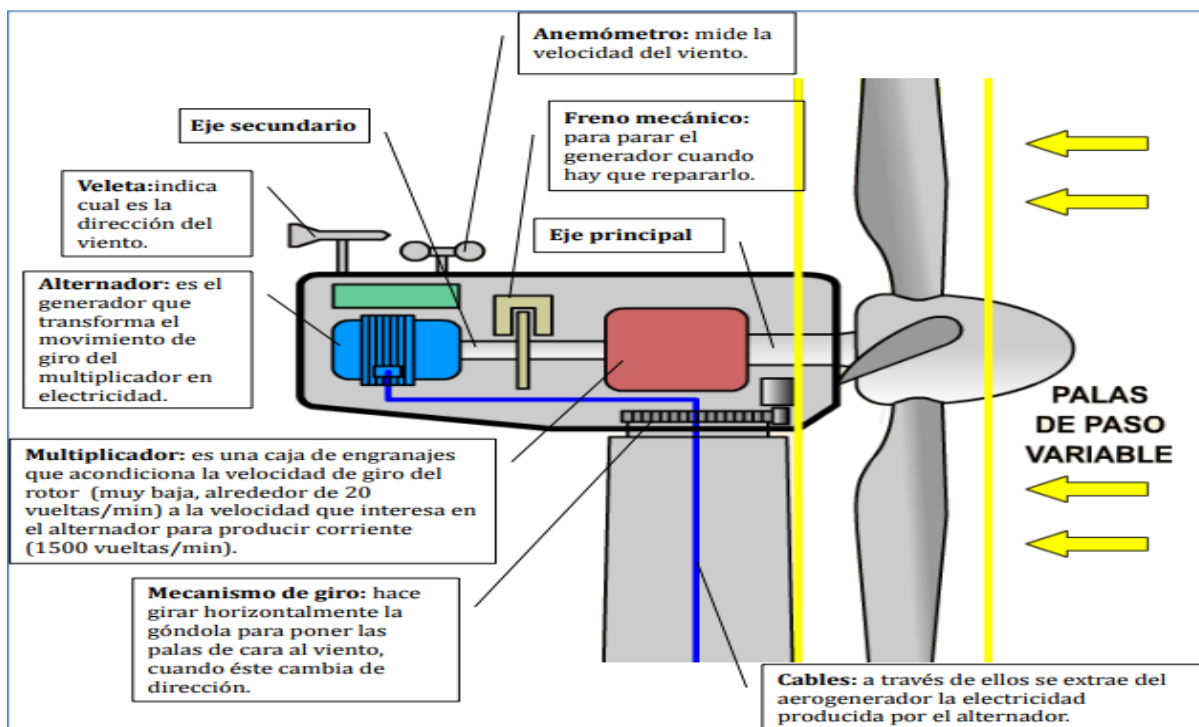


Fuente: Renovables Verdes (2017)

Características fundamentales:

- Se instalan generalmente en zonas costeras, alturas montañosas, islas o frente al mar.
- Un número de palas inadecuado puede incidir en un menor rendimiento (la estela que deja una la puede recoger la siguiente y frenarse); sin embargo, a mayor número de palas menor par de arranque; por tal razón se ha considerado la opción de tres palas como la óptima. En la figura 2.7 que se presenta a continuación muestra un parque de generación de energía eólica con sus componentes.

Figura 2.9. Partes de un aerogenerador



Fuente: González (2004)

Menciona algunas ventajas:

- i. Es una energía limpia, evita el consumo de combustibles fósiles y de esta manera aporta contra el cambio climático.
- ii. No genera ruido exagerado y es relativamente barata pudiendo competir con energías tradicionales.
- iii. En la producción de energía eléctrica no emite gases tóxicos que afecte a la atmósfera y se elimina problemas de contaminación por transporte, extracción y combustión de combustibles fósiles lo que beneficia la no contaminación de la atmósfera, el agua y el suelo.



- iv. Reduce el intenso tráfico terrestre o marítimo cerca de las centrales y no es necesario la instalación de tuberías para el transporte de combustible, gas y otros.
- v. Estas energías pueden instalarse en sectores rurales creando fuentes de trabajo y ayudando al crecimiento e igualdad de servicios de cada población, ya que no es indispensable la conexión a una red de un sistema eléctrico. Presenta desventajas:
 1. Necesitan amplios espacios para su operación, con grandes máquinas generadoras lo que perjudica el cultivo de las tierras para poder operar en este sector.
 2. Los parques eólicos causan un impacto estético, y alteran el paisaje en las zonas aledañas.
 3. Las aves pueden colisionar con las aspas causándoles la muerte.
 4. Alto costo de inversión inicial, aunque si se comparan con las energías tradicionales y evalúa sus costos por daños al medio ambiente, pueden estar en igual o menor costo. (pp.12-13)

b) Energía solar.

Centrales termosolares.

Mills, D. R. (2004). Define que las instalaciones son:

“Semejantes a las centrales térmicas, la energía calorífica que necesita para mover la turbina se consigue mediante la energía solar, la cual presenta una gran dispersión, para obtener densidades energéticas elevadas se necesitan



grandes superficies de captación o sistemas de concentración de los rayos solares”. (p.13)

Centrales fotovoltaicas.

Bradford T. (2006). “El funcionamiento de este tipo de materiales es a través de la emisión de electrones cuando una luz incide sobre ellos, en donde, la circulación de estas cargas eléctricas crea una corriente eléctrica” (pp. 308-317). Este tipo de instalaciones constan de paneles que están constituidos de materiales que forman las células solares o fotovoltaicas.

Contreras (2007) define dos métodos de generación eléctrica.

La primera se obtiene mediante paneles solares fotovoltaicos los mismos que se encuentran constituidos por dispositivos semiconductores; el principal material con el que están constituidos estos dispositivos son obleas finas de silicio (Si) o algún otro material semiconductor siendo su comportamiento idéntico al de un diodo: al momento de recibir radiación solar los electrones se excitan y provocan saltos electrónicos apareciendo una pequeña diferencia de potencial (tensión) en sus extremos; el acoplamiento de varios dispositivos de este tipo, permite la obtención de tensiones mayores. (pp.13-14).

Figura 2.10. *Central de Generación Solar Fotovoltaica aislada*



Fuente: González (2004)

El segundo método se basa en el calentamiento de un fluido mediante radiación solar y su uso en un ciclo termodinámico convencional; este proceso se fundamenta en concentrar la energía solar, de forma que si todo el Sol que llega a un metro cuadrado logre concentrarse sobre un cuadrado de 10 cm, se producen temperaturas elevadas, de 300 °C hasta 1 000 °C, lo que permitirá mover un alternador para generar electricidad como en una central térmica clásica; la necesidad de concentrar la radiación solar radica en poder alcanzar la temperatura necesaria para obtener un rendimiento aceptable en el ciclo termodinámico, lo que no se podría obtener con temperaturas más bajas (p. 14).



Figura 2.11. *Central De Generación Solar Térmica*



Fuente: Muñoz, 2010.

Menciona algunas características fundamentales:

- a. La energía solar es una fuente renovable, que se emplea en muchas partes del mundo para abastecer la demanda de energía eléctrica; para poder conseguir un eficiente uso de la energía solar se necesita utilizar un módulo solar.
- b. La electricidad que se obtiene luego de transformar la energía proveniente del Sol tiene su origen en lo que conocemos como “módulos solares”, o “módulos fotovoltaicos”; este método es uno de los más innovadores y se debe principalmente a que es silencioso y no produce combustión ya que no requiere de combustible fósil para su funcionamiento. (p.15), de la misma forma indica ventajas y desventajas:



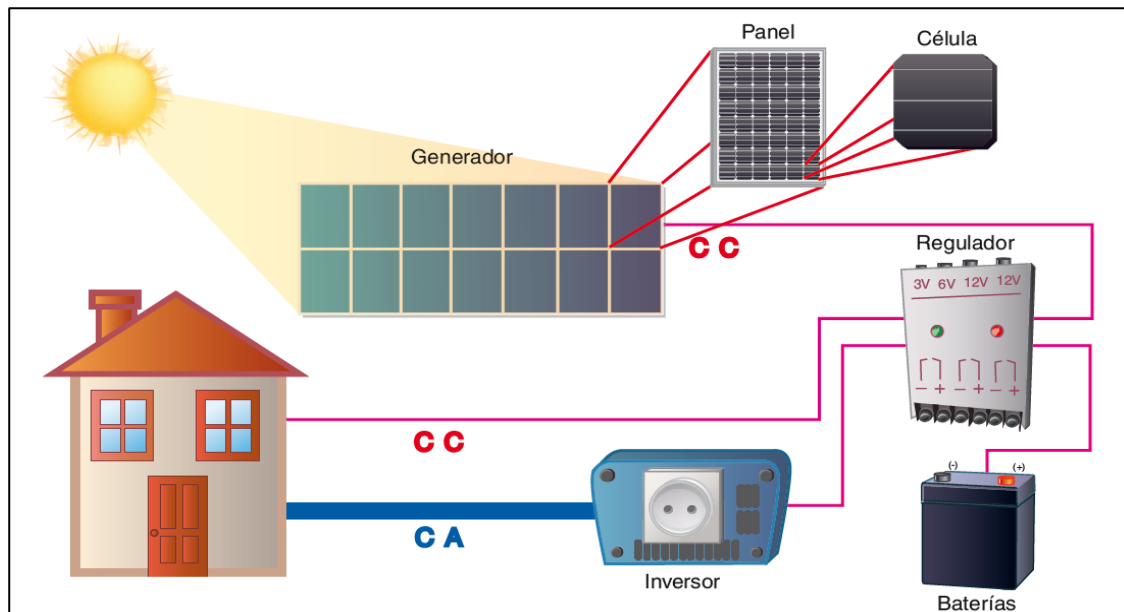
Ventajas:

- Es una energía relativamente limpia e inagotable.
- En la etapa de generación de electricidad no emana gases contaminantes que perjudiquen la atmósfera.
- Puede estar a disposición casi en cualquier parte del planeta, sobre todo si su uso es en pequeña escala.
- Se puede hacer uso de esta energía en zonas alejadas de las redes de eléctricas o de difícil acceso.

Desventajas:

- Alto costo de inversión inicial.
- Al momento de terminar su ciclo de vida puede causar impacto sobre el medio ambiente por causa de desechos fotovoltaicos.
- Impacto visual que causa lo cual es inevitable por las pantallas de captación solar.
- Se requiere de grandes espacios de terreno para su uso a gran escala que dejan de ser útiles para otros usos.
- Uno de los problemas de la electricidad generada con el Sol es que sólo se puede producir durante el día y es difícil y costosa para almacenar, para poder consumir en el momento que se la requiera. (pp.15-16)

Figura 2.12. Componentes de los sistemas de autoconsumo fotovoltaico inyectado a red



Fuente: Muñoz, 2010.

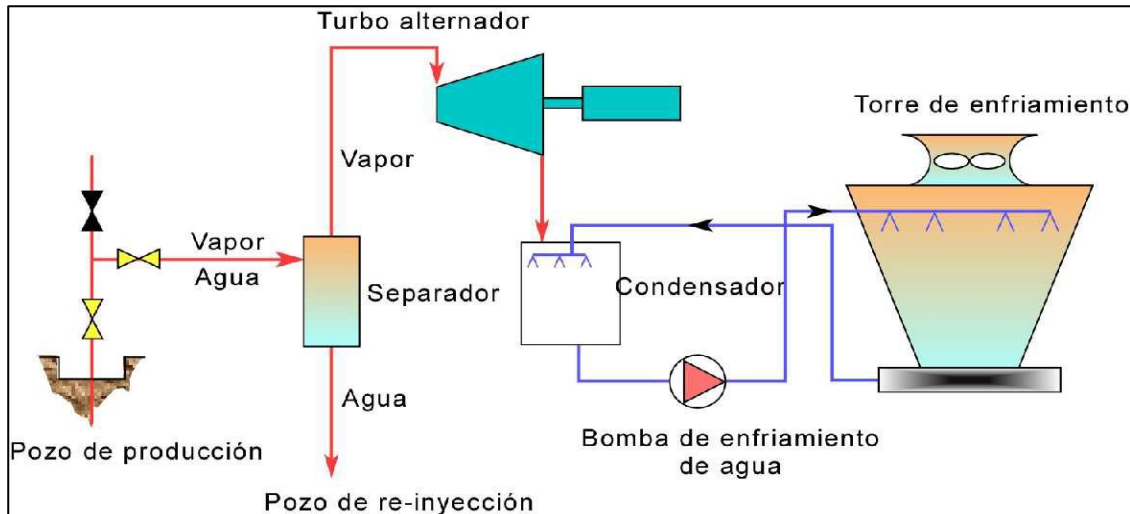
c) Energía geotérmica.

DiPippo, (2008). Indica que: “La energía geotérmica proviene de la energía térmica que se encuentra debajo de la superficie de la tierra”. Existen dos tipos de centrales de energía geotérmica:

Centrales de vapor seco: El vapor geotérmico se conduce directamente a una turbina, donde se expande y se produce energía. Para después el vapor expandido se inyectará en un pozo geotérmico.

“Centrales de ciclo binario: El término "binario" se refiere a un sistema de doble fluido, donde la salmuera geotérmica caliente se bombea a través de una red de intercambio de calor para transferirle su energía a un fluido de trabajo que impulsa un tren de potencia”. (p.18)

Figura 2.13. Esquema de funcionamiento de una planta eléctrica de ciclo binario.



Fuente: Geothermal Energy. Dikson, M.H. y Fanelli, M.

Figura 2.14. Fuente de energía geotérmica con emisiones de vapor de un central seco



Fuente: The Geysers, California (Pacific Gas and Electric)



d) Energía de la biomasa.

Bassan (2010), define:

Es un material orgánico que se genera a partir del proceso denominado fotosíntesis vegetal, a través del cual las plantas, las algas, los microorganismos, y animales que utilizan la energía solar y la almacenan la energía como biomasa, para transformar la materia orgánica que se necesitan para su crecimiento y desarrollo. La biomasa es una fuente de energía renovable que se basa en el ciclo del carbono, también puede ser transformada en biocombustibles. (p.7)

Harwood (2008), define la bioenergía es, “energía renovable derivada de fuentes biológicas, que se utilizará para calor, electricidad o combustible del vehículo. El biocombustible derivado de los materiales vegetales se encuentra entre las tecnologías de energía renovable que crecen más rápidamente”. (p:8)

Figura 2.15. *Planta de biomasa de combustión de paja de cereal en Briviesca (Burgos)*



Fuente: <http://www.acciona-energia.es>



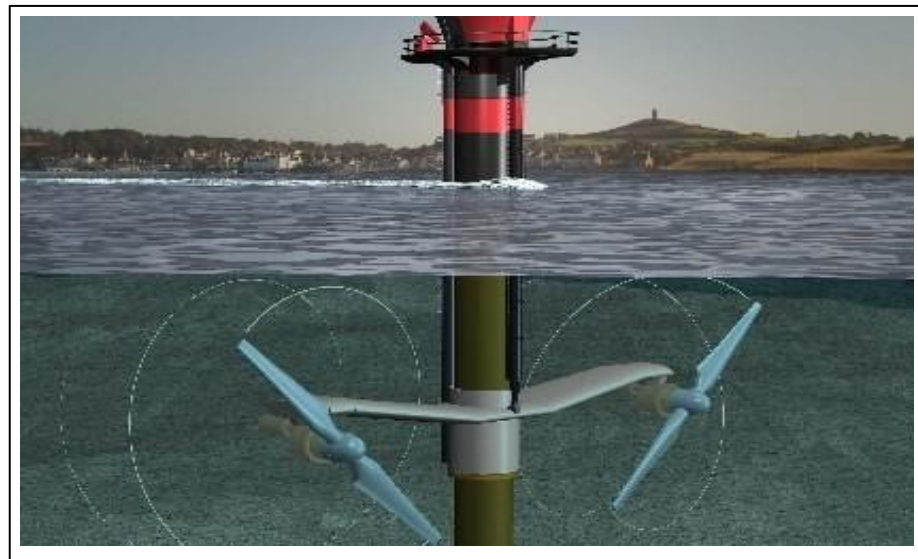
e) Energía mareomotriz

Soria, G. (2010), enfatiza:

La energía mareomotriz está considerada dentro de las energías renovables, ya que es una fuente de energía limpia e inagotable; las mareas constituyen un fenómeno permanente y se fundamenta en transformar la energía que contienen las mareas para producir energía eléctrica. Las mareas son las fluctuaciones periódicas del nivel de los océanos, debido a la atracción gravitatoria de la luna y del sol y a la rotación de la tierra; en el mundo existen pocos lugares donde se pueda explotar la energía producida por las mareas, pues requiere una bahía o estuario y es necesaria una amplitud de marea mínima de 5 metros.

La explotación de este tipo de energía no es muy usual y se encuentra aún en estudio; actualmente existen pequeñas centrales de generación que no son de gran aporte energético dentro un sistema eléctrico. (pp: 8-9)

Figura 2.16. *Central Mareomotriz*



Fuente: Muñoz, 2010.

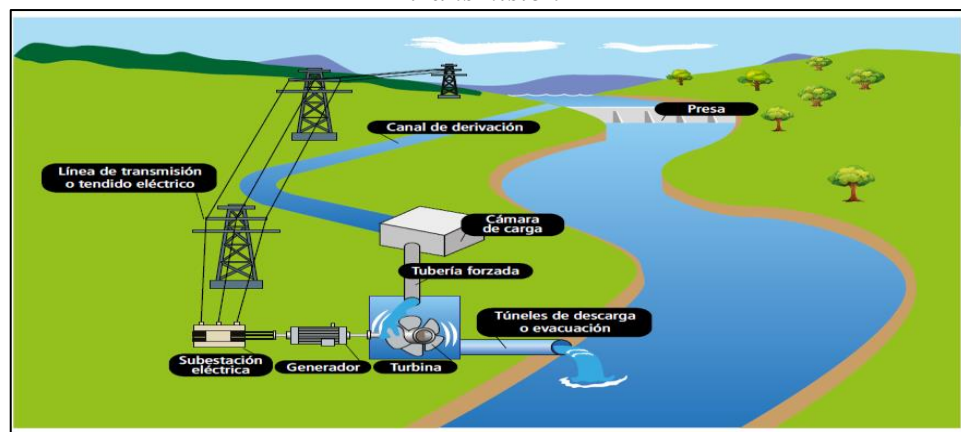
f) **Minicentral hidráulica:**

Daena (2015), comenta:

Esta fuente de energía tuvo un rápido crecimiento debido al desarrollo técnico experimentado a finales del siglo (XIX) y principios del (XX), especialmente en lo que se refiere a la tecnología del generador eléctrico y de las turbinas hidráulicas. A pesar de que las tecnologías de producción no han experimentado grandes revoluciones desde principios del siglo (XX), sí se han desarrollado nuevos mecanismos para optimizar el rendimiento, de los diferentes tipos de turbinas que son utilizadas de acuerdo a la altura del salto de agua.

La energía hidroeléctrica sigue siendo la energía renovable más utilizada en todo el mundo, ya que se estima que un (20%) de la energía consumida en el mundo tiene origen hidroeléctrico, mientras que en los países en desarrollo este porcentaje se eleva hasta el (33%). Si se compara con otras energías renovables los datos son contundentes: del total de la producción renovable mundial, un (90%) tiene su origen en la hidrogenación. (pp: 24-25)

Figura 2.17. *Diagrama simplificado de una central hidráulica y línea de transmisión*



Fuente: normas RER-osinergmin



Es necesario definir caudal ecológico y agua turbinada:

- i. **Caudal ecológico:** Se define como el flujo mínimo de agua necesario para preservar los valores ecológicos del cauce, dicho de otra manera como el agua necesaria para preservar los valores ecológicos en el cauce del mismo, como:
 - Los hábitats naturales que cobijan una riqueza de flora y fauna,
 - Las funciones ambientales como dilución de contaminantes,
 - Amortiguación de los extremos climatológicos e hidrológicos,
 - Preservación del paisaje.

Todo proyecto que conlleve la derivación de agua de cauces hídricos naturales (agua potable, riego, hidroeléctricas, etc.), deben considerar la conservación del caudal ecológico aguas abajo de las obras, para evitar la alteración de los corredores ecológicos constituidos por estos cauces hídricos.

El caudal ecológico, debe cumplir con los siguientes requisitos:

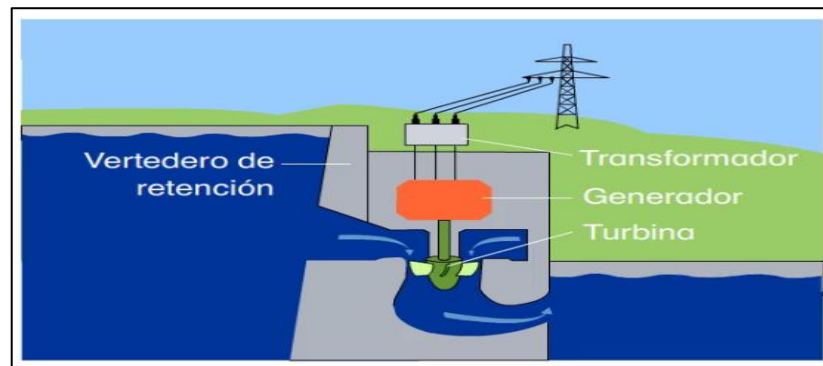
1. La base de cálculo deberá responder a una regularidad natural real que, como tal, formará parte de la coevolución entre el medio físico y las comunidades naturales, independientemente de que fuera una relación poco reconocible. Debe evitarse al máximo la incorporación de arbitrariedades, en la medida en que supone una intrusión de subjetividad y puede devaluar la solidez de los cálculos;
2. La aplicación del método y el resultado a obtener deben ser específicos, respectivamente, para cada cauce o tramo de cauce en concreto, evitando planteamientos basados en proporcionalidades fijas. La información que



cada cauce aporta sobre las necesidades de sus comunidades naturales, son evaluadas en profundidad;

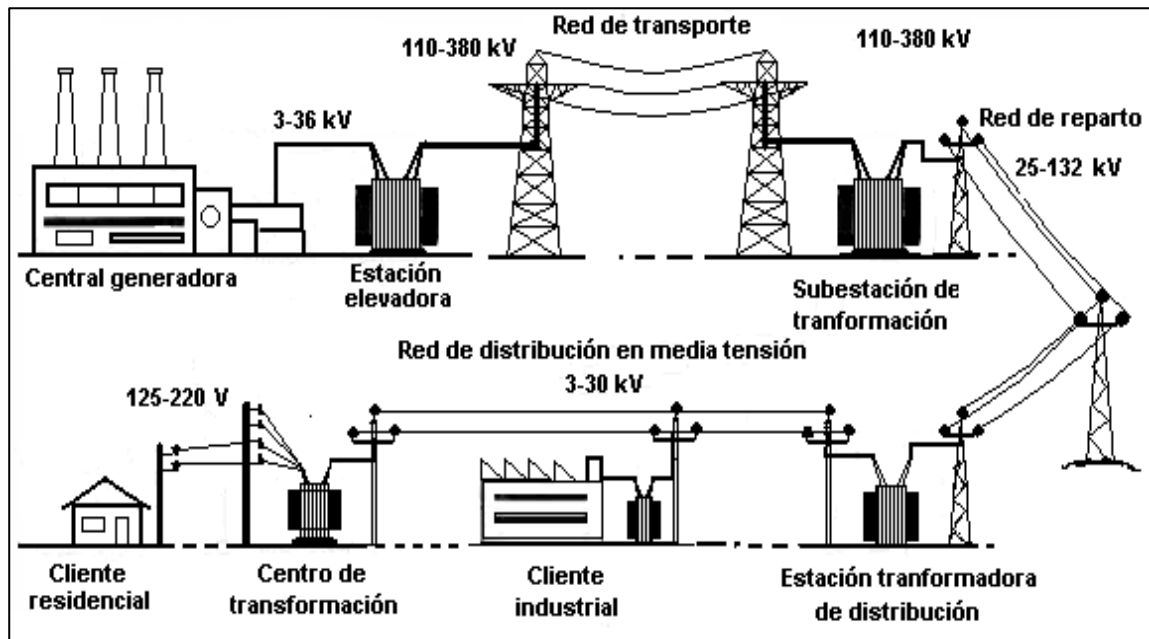
3. Derivado en parte del requisito anterior, el método adoptado debe cumplir un axioma tan simple y obvio como que: el caudal de mantenimiento o caudal ecológico es comparativamente más conservativo en los cauces menores y menos en los de mayores. Restar menos de “poco” puede conducir a nada, mientras que restar mucho de “más” puede permitir una situación sostenible.
 4. Los resultados obtenidos deben estar en línea con experiencias empíricas, tanto bibliográficas como personales, y con los condicionantes propios de los aprovechamientos hídricos ordinarios sobre regulación y/o derivación de caudales. A pesar de la enorme variedad de métodos de cálculo existentes, los resultados obtenibles de todos ellos siguen una distribución más o menos normal que encierra el intervalo de máxima probabilidad entre el 10% y el 30% del caudal medio interanual.
- ii. **Agua turbinada de una central:** Es el caudal máximo que se puede turbinar en uno o en todos los grupos del central operando con un determinado salto.

Figura 2.18. *Disposición de una central hidráulica*



Fuente: Renova (2015)

Figura 2.19. Diagrama esquematizado del Sistema de suministro eléctrico



Fuente: S/A, 2014.

En resumen, las energías renovables

Renova (2015), Define:

Las energías renovables se obtienen de fuentes naturales e idealmente inagotables que existen en grandes cantidades o tienen capacidad natural de regeneración, su principal ventaja es contribuir al equilibrio territorial pudiendo instalarse en zonas rurales y aisladas con la consecuente disminución de la dependencia de fuentes externas. (pp. 10-16)

a. Energía solar

Renova (2015) Define:

El sol es el centro de las energías renovables, provoca diferencia de presión que da origen al viento (energía eólica); permite el ciclo del agua al causar la evaporación que provoca la formación de nubes y la lluvia (energía hidráulica); sirve a las plantas en su vida (biomasa) y se usa como fuente directa de energía. (pp. 10-16)



b. Energía solar térmica

Renova (2015) Define:

La energía solar térmica consiste en aprovechar la radiación solar para generar calor, la energía se recoge mediante paneles y el calor resultante se destina para el consumo y calefacción doméstica o industrial; el uso de esta energía permite reducir más del 25% del consumo de energía convencional en viviendas con la consecuente reducción de gases contaminantes producto del uso de combustibles fósiles; su utilización masiva actualmente se limita por el alto costo de combustible (pp. 10-16)

c. Energía solar fotovoltaica

Renova (2015) Define:

La energía solar fotovoltaica consiste en transformar en electricidad la radiación solar a través de paneles compuestos por semiconductores tipo diodo (células fotovoltaicas), los paneles al recibir radiación solar generan saltos de electrones generando diferencias de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de los paneles permite obtener voltajes en corriente continua, sin embargo, se puede transformar en corriente alterna mediante un inversor para usarse de manera directa o ser almacenada en baterías para aprovecharla en horas nocturnas; incluso es posible inyectar la electricidad a la red eléctrica. (pp. 10-16)

d. Minicentrales hidroeléctricas

Renova (2015) Define:

Las microcentrales hidroeléctricas no requieren grandes construcciones para funcionar, por tal razón su impacto ambiental es menor y prácticamente no contaminan pudiendo trabajar en forma continua; se clasifican en: picocentrales (hasta 5kW), microcentrales (5 a 100kW) y Minicentrales (100 a 1.000kW). En zonas donde existen ríos, vertientes o acequias de caudal constante, se puede generar electricidad a través de



microcentrales hidráulicas equipadas con generadores de bajo voltaje y alta eficacia que alimentan un banco de baterías. (pp. 10-16).

e. Energía eólica

Renova (2015) Define:

La energía cinética del viento se transforma en electricidad al mover las hélices de turbinas que hacen girar el eje central de un generador eléctrico, el conjunto e interconexión de estas turbinas constituye un parque eólico que es la principal aplicación de la energía eólica, la misma que requiere condiciones óptimas y egulares del viento para poder aprovecharlo, se considera que una velocidad entre 5 y 12,5m/s es la mejor. La gran ventaja de esta energía es su crecimiento acelerado ya que en el 2020 podría cubrir el 12% de la electricidad mundial, hecho que se facilita con la aparición de las Redes Inteligentes. (pp. 10-16)

f. Energía geotérmica

Herrera (2013) define:

La energía geotérmica se obtiene al aprovechar el calor generado en el interior de la tierra que llega a la corteza terrestre alcanzando temperaturas de alrededor de 5.000°C, en algunas zonas del planeta cerca de la superficie las aguas subterráneas pueden alcanzar temperaturas de ebullición y el vapor de agua al pasar por una turbina conectada a un generador produce electricidad. (pp. 10-16)

g. Energía mareomotriz

Herrera (2013) define:

La energía mareomotriz se debe a fuerzas gravitatorias entre la luna, la tierra y el sol que originan las mareas por la diferencia de altura de los mares según la posición relativa entre estos astros; la diferencia de altura se aprovecha en lugares estratégicos como golfos o bahías utilizando turbinas que se interponen en el movimiento natural del agua y mediante mecanismos



de canalización y depósito mueven un eje que al acoplarse al alternador genera electricidad. (pp. 10-16)

h. Energía del hidrógeno

Herrera (2013) define:

El hidrógeno es un elemento muy abundante en el universo, aunque no se encuentra en estado puro, para obtenerlo es necesario utilizar otras energías en procesos previos; el hidrógeno se transforma en electricidad usando una tecnología similar a la fabricación de pilas que transforman la energía química en electricidad. (pp. 10-16)

2.2.5. La Relación entre desarrollo sustentable y medio ambiente

Se presentan las bases teóricas y conceptuales del conocimiento sólido existente, así como del marco referencial. Se presentan los conceptos que serán internalizados en el desarrollo metodológico para el abordaje y análisis de la investigación.

Desarrollo sustentable

Foladori & Tommasino, (2000). menciona:

“El crecimiento económico a niveles de riqueza y prosperidad ha sido fuertemente criticado ya que a pesar de considerarse fundamental para el bienestar no garantiza la equidad o justicia social. A la vez, el concepto del desarrollo también se dice que ha causado daños irreparables al medio. Así, crecimiento económico y desarrollo, han estimulado a la sociedad a conceptualizar términos como el de Desarrollo Sustentable” (pp: 08-09)

Medio ambiente:

Romero Lankao P. (2001):



Enfatiza el medio ambiente que es determinado tanto por las corrientes de la ecología, por un lado, como de la economía neoclásica por el otro, estipulando las relaciones hombre-naturaleza de modo distinto en cada una de ellas.

Foladori - Tommasino, (2000). plantea la sustentabilidad:

“Como una continuación a través del tiempo y agregarlo al término del desarrollo, conduce al debate de una continuidad del desarrollo”. Así, la discusión ha llevado a diferenciar entre las necesidades de sostener un desarrollo exclusivamente de lo ecológico, entendido como sostenibilidad ecológica o una sostenibilidad exclusivamente social (p.9)

Hamdouch Zuindeau, (2010). El desarrollo sustentable está compuesto por:

Fundamentos epistemológicos, desarrollos teóricos, métodos y aplicaciones prácticas heterogéneas, ya que existen diferencias de interpretaciones que se han creado mediante la presentación de desacuerdos. Así, la construcción del concepto y lo que se desprende o implica del mismo, no es igual entre actores diversos con distintas posiciones para actuar (p.10)

La energía, la humanidad y el medio ambiente

Aea y Undesa, (2001). Define:

“La visión que plantea una integralidad entre el desarrollo y el medio ambiente, ha sido relacionada con los usos de energía por la humanidad desde principios de los sesentas. Uno de los principales retos para el desarrollo sustentable, es precisamente la energía ya que resulta fundamental para avanzar en cuanto a crecimiento económico y desarrollo social” (p:20)



García, (2009):

El concepto está inmerso en la discusión política, generando diferentes puntos de vista reflejados en su gestión, propiciando una dispersión principalmente en los instrumentos que de ellas emanan.

Por otro lado comenta: Alcanzar metas sociales como la erradicación de la pobreza, la mejora de la salud, la educación, el fomento de una alianza mundial y la garantía de una sustentabilidad, necesitan de su uso.¹¹ Una de las conclusiones principales de la cumbre mundial para el desarrollo sustentable de Johannesburgo en 2002, fue realizar acciones conjuntas para propiciar servicios de energía seguros, limpios y accesibles [...] y alcanzar así objetivos como los antes mencionados, ya que el uso de la energía aunque sea indirectamente resulta fundamental para ello (p:339).

Romero (2001):

Argumenta que las diferentes nociones de sustentabilidad provocan diferencias, malentendidos y problemas entre sectores y entes gubernamentales.

2.2.6. Generación distribuida

i. Generación Distribuida (GD) y sus características

Segura Heras (2005), Define:

"Generación Distribuida es la producción de electricidad con instalaciones que son suficientemente pequeñas en relación con las grandes centrales de generación, de forma que se puedan conectar casi en cualquier punto de un sistema eléctrico. Es un subconjunto de recursos distribuidos" (pp 1)

Herrera (2008), Define:

“Unidades generadoras de pequeño tamaño ubicadas cerca de los puntos de consumo. Sin embargo, esta definición puede ser interpretada de



diferentes formas debido a los vacíos y ambigüedades de algunas de sus palabras. De hecho, diferentes países y organismos privados que han investigado el tema, han entregado diversas interpretaciones asociadas a esta definición, lo que involucra mayor atención y cuidado cuando se desean analizar cifras y conceptos de estudios particulares”. (Pp 44-45)

Willis & Scott (2000): Estos autores definen:

La GD como pequeños generadores (típicamente entre 15 KW. y 10 MW) esparcidos en los sistemas eléctricos, estos generadores pueden estar conectados a las redes de distribución (en las instalaciones de la empresa distribuidora o en las instalaciones de los consumidores) o estar aislados de éstas.

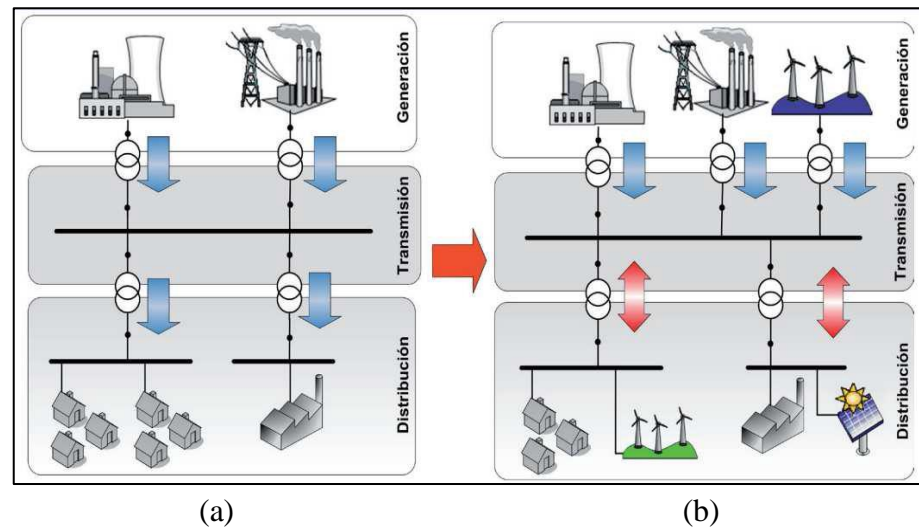
Jenkins et al. (2000), da una definición:

“Sin entrar a discutir detalles sobre el tamaño de los generadores, tensión de conexión, tecnología de generación”.

Sin embargo, mencionan algunos atributos asociados generalmente a la GD:

- No ser planificada centralmente.
- No ser despachada o programada centralmente.
- Normalmente con potencia menor a 50 ó 100 MW.
- Usualmente conectada en las redes de distribución ($V \leq 145$ KV). (pp: 44-45)

Figura 2.20. Sistema eléctrico a) sin y b) con Generación distribuida



Fuente: Endesa

ii. Tipos de generación distribuida

Observatorio Industrial del Sector de la Electrónica (2011), tipifica a la GD como se va utilizar de acuerdo a los requerimientos y necesidades del usuario.

- a. **Sistemas conectados a la red:** “Consisten en sistemas de generación con conexión a la red de distribución eléctrica en forma eventual o permanente”,
- b. **Sistemas aislados de la red:** Los sistemas aislados se utilizan para generar energía eléctrica y autoabastecer sitios remotos y aislados que no pueden conectarse a la red pública por situaciones geográficas o falta de capacidad. Pueden ser plantas de generación individuales o comunitarias con grandes sistemas de almacenamiento de energía para cubrir las horas de poca producción energética. (pp.18-19)

Observatorio Industrial del Sector de La Electrónica (2011), Indica: “El auge de la Generación Distribuida se debe a la facilidad de adaptación



conseguida con las redes inteligentes y a los grandes beneficios que ésta tecnología brinda al usuario y a la red eléctrica”, menciona algunos beneficios de la Generación Distribuida

Beneficios tecnológicos

- Reducción de pérdidas en redes de transmisión y distribución, ya que las generadoras están en el sitio de consumo y no se utilizan estas redes.
- Uso eficiente de la energía y aprovechamiento de la misma, especialmente de las fuentes renovables no contaminantes.
- Menor saturación en las redes existentes por la disminución del flujo eléctrico en la red tradicional.
- Reducción del índice de fallas y el impacto de las mismas al tener un basto número de centros de generación.
- Mayor aprovechamiento del calor residual al reutilizarlo en beneficio del consumidor y sus actividades.
- Las fuentes de generación distribuida se pueden poner en línea con mayor rapidez que los grandes centros de generación.
- Libera capacidad del sistema al aumentar la generación.
- Proporciona mayor control de energía reactiva. (p.18)

Beneficios económicos y sociales

- La construcción y uso de sistemas de Generación Distribuida fomentan el incremento de fuentes de empleo especialmente en el sector rural.



- La futura masificación de la Generación Distribuida que ocasiona reducción de costos permite disminuir la inversión en la construcción de sistemas de generación y el riesgo de esta inversión también es menor.
- Disminución del impacto ambiental ya que se prioriza el uso de fuentes de energía renovables no contaminantes.
- Al tener un gran número de centros de Generación Distribuida la salida de algunos de ellos no afectaría al sistema, reduciendo la vulnerabilidad a fenómenos climáticos y de otra índole. (pp.18)

Beneficios para el usuario final

1. Incremento en la confiabilidad y calidad de la energía ya que el aumento de la generación permite disponer con mayor seguridad del suministro.
2. Actualmente la demanda de las horas pico se cubre con fuentes de generación costosas, el uso masivo de Generación Distribuida permite disminuir los costos de esta tecnología reduciendo el costo de la energía.
3. Disminución de emisiones contaminantes debido al aprovechamiento a grandes escalas de las fuentes de generación renovable no contaminante.

Inconvenientes de la generación distribuida

Vinicio González (2008), describe: Las principales barreras que actualmente impiden la implementación y el crecimiento de los sistemas de generación distribuida:



Barreras Tecnológicas: Todavía existe una falta de conocimiento de las tecnologías de generación distribuida; muchas de ellas aún están en etapa de investigación con un alto costo asociado.

Redes de distribución son típicamente radiales: Es decir, están diseñadas para llevar el flujo de energía en una sola dirección, mientras que la generación distribuida requiere de flujos que se muevan en ambas direcciones, por lo tanto, surge la necesidad de tener sistemas de distribución enmallados o en anillo.

Barreras de regulación y de mercado: En la mayoría de los países subdesarrollados, los sistemas regulatorios no consideran a la generación distribuida como un aspecto diferente a la generación convencional, por lo que explícitamente la penalizan. (p: 57)

Estructura tarifaria: Aun no pensada para los consumidores en dos vías de la generación distribuida, es decir cuando se autoabastece y el excedente generado lo vierte a la red de distribución para aliviar el pico de la demanda máxima estimada de energía.

2.2.7. Calidad de suministro en redes eléctricas

La aplicación de norma peruana, para el presente estudio es la “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE)” en el tema de calidad de energía eléctrica evalúa cuatro aspectos que son: La calidad de producto, suministro, servicio comercial y alumbrado público.



NTCSE-COES. (1997), señala que: “La Calidad de Suministro se expresa como la continuidad del servicio eléctrico a los clientes, expresado por el número de interrupciones del servicio”.

“Se considera como interrupción a toda falta de suministro eléctrico en un punto de entrega. Las interrupciones pueden ser causadas, por salidas de equipos de las instalaciones del suministrador u otras instalaciones que lo alimentan, y que se puede producirse por mantenimiento, por maniobras, por ampliaciones, etc., o aleatoriamente por el mal funcionamiento de los equipos.”

i. Indicadores de calidad de suministro

OSINGERMIN, OS/CD (2014), en el procedimiento de la directiva establece:

La Calidad de Suministro se evalúa en Periodos de Control de seis meses, un semestre, utilizando los dos indicadores que son las siguientes:

a. Número total de interrupciones por cliente por semestre (N)

Es el número total de interrupciones en el suministro de cada Cliente durante un Período de Control de un semestre

$N = \text{Número de interrupciones [interrupciones/semestre]}$

El número de interrupciones programadas* por expansión o reforzamiento de redes que deben incluirse en el cálculo de este indicador, se ponderan por un factor de cincuenta por ciento (50 %).



b. Duración total ponderada de interrupciones por cliente (D)

Es la sumatoria de las duraciones individuales ponderadas de todas las interrupciones en el suministro eléctrico al Cliente durante un Período de Control de un semestre:

$$D = \sum_{i=1}^N K_i \cdot d_i \quad [\text{Expresado en horas}]$$

Dónde:

d_i : Es la duración individual de la interrupción i .

K_i : Son factores de ponderación de la duración de las interrupciones por tipo:

- Interrupciones programadas por expansión o reforzamiento: $K_i = 0,25$
- Interrupciones programadas por mantenimiento: $K_i = 0,50$
- Otras: $K_i = 1,00$

El término “Interrupciones programadas” se refiere exclusivamente a actividades de expansión o reforzamiento de redes; o, mantenimiento de redes, ambas programadas oportunamente, sustentadas ante la Autoridad y notificadas a los Clientes con una anticipación mínima de cuarenta y ocho (48) horas, señalando horas exactas de inicio y culminación de trabajos.

c. Tolerancias

Las tolerancias en los indicadores de Calidad de Suministro para Clientes conectados en distinto nivel de tensión son:



Número de interrupciones por cliente (N)

- Clientes en muy alta y alta tensión: 02 interrupciones/semestre
- Clientes en media tensión: 04 interrupciones/semestre
- Clientes en baja tensión: 06 interrupciones/semestre

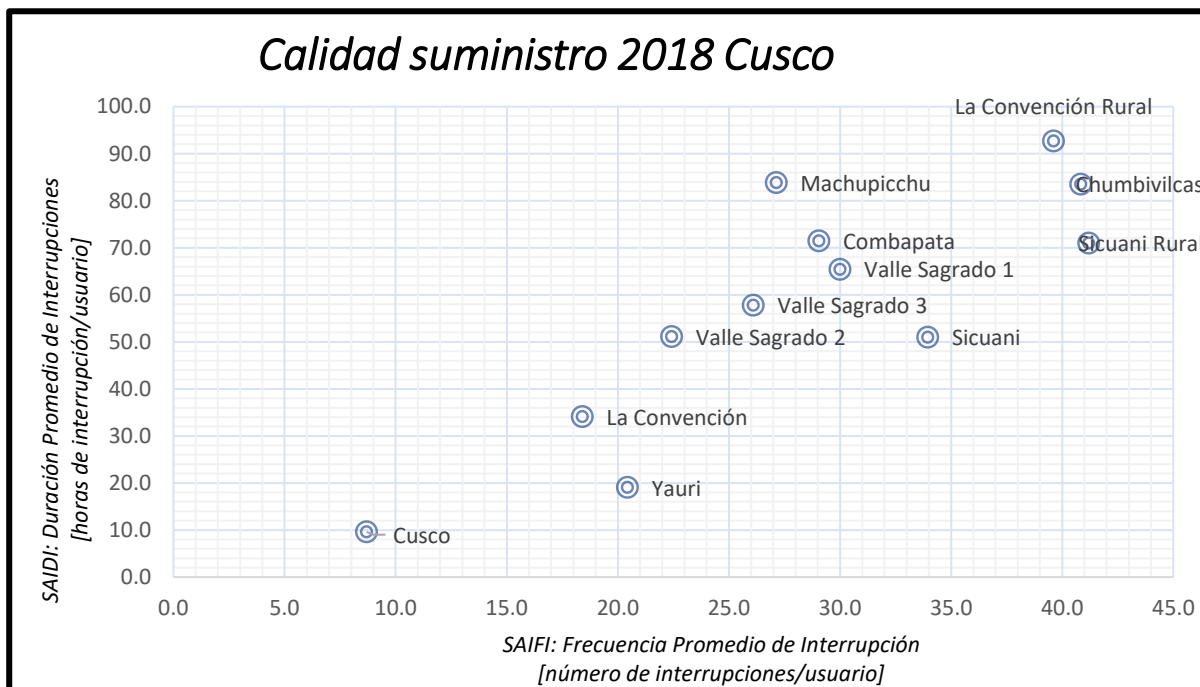
Duración total ponderada de interrupciones por cliente (D)

- Clientes en muy alta y alta tensión: 04 horas/semestre
- Clientes en media tensión: 07 horas/semestre
- Clientes en baja tensión: 10 horas/semestre

ii. Evaluación de interrupciones del suministro eléctrico en la región Cusco

45% de SAIFI y 52 % de SAIDI por causas propias (mantenimientos y reforzamientos, fallas equipos y falta mantenimiento de componentes y servidumbres, entre otras causas).16% de SAIFI y 17% de SAIDI es debido a terceros (Hurto de conductores, contactos accidentales, caídas de árboles, vandalismo, entre otras causas originadas por terceros) 19% de SAIFI y 14% de SAIDI es por fenómenos naturales (descargas atmosféricas, fuertes vientos, entre otras causas climatológicas adversas) 20% de SAIFI y 17% SAIDI por Otras Empresas Eléctricas (mantenimientos, déficit de generación, fallas SEIN, entre otras causas originadas en OEE)

Figura 2.21. Calidad de suministro 2018 Cusco



Fuente: Osinergmin

2.2.8. Marco normativo de generación distribuida y medio ambiente

- Decreto Supremo N° 020-97-EM: Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos (NTCSE-COES). 11 oct. 1997: contempla sobre calidad de producto, suministro, comercial y alumbrado público.
- Reglamento de la ley de concesiones eléctricas (D.S. 009-93 EM). 1993
- LEY N° 28832: Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica, 23/07/2006
- D.L. N° 1002: Ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con energías renovables (D.L. N° 1002). 19/11/1992 ...
- LEY N° 27345 Ley de Promoción del uso eficiente de la energía. 28 sept. 2015
- Decreto Ley N 1221: Regula la Generación Distribuida como cogenerador de energía. 24 sept. 2015



- Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables Decreto Supremo 012-2011-EM (Marzo 2011)
- Bases de la segunda Subasta RER, aprobadas mediante Resolución, Viceministerial N° 036-2011-MEM/VME del Ministerio de Energía y Minas, 2011
- Ley General del Ambiente N° 28611, aprobada el 13 de octubre de 2005
- Ley N° 29968, Ley de creación del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las inversiones sostenibles (SENACE). Dic. 2012
- D.S N° 009-93-EM, Reglamento de la ley de concesiones eléctricas, 1993
- Ley de concesiones eléctricas (D.L. 25844), 1992.
- Código nacional de electricidad – suministro 2011
- Ley N° 27314 – Ley general de residuos sólidos 2016
- Reglamento de protección ambiental para las actividades eléctricas (D.S. N° 29-94-EM), 1994
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias, 7 jun. 2017
- R.D. N° 008-97-EM/DGAAE, Aprueban niveles máximos permisibles para efluentes líquidos producto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, 17 de marzo de 1997.

2.3. Hipótesis

No existe prueba de hipótesis



2.4. Variables e indicadores de estudio

2.4.1. Identificación de variables

- **Variables independientes:** Generación distribuida: oferta de energía (Kwh)
- **Variables dependientes:** Operación del sistema eléctrico Sicuani e impacto ambiental.

Tabla 2.3

Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente: Generación distribuida.	Lorente de la Rubia (junio de 2011): Generación Distribuida es la producción de electricidad con instalaciones que son suficientemente pequeñas en relación con las grandes centrales de generación, de forma que se puedan interconectar casi en cualquier punto de un sistema eléctrico. Es un subconjunto de recursos distribuidos.	Los niveles de oferta de la energía eléctrica para cubrir la demanda de los usuarios interconectados a la red eléctrica de distribución.	Demanda de energía eléctrica Oferta de potencia generada	<ul style="list-style-type: none"> • Kwh • Kwh
Variable dependiente: Operación del sistema eléctrico Sicuani	OSINERGMIN, 2017: La calidad de suministro se define como la continuidad, la calidad de onda y la calidad de atención al cliente, expresado por el número de interrupciones del servicio eléctrico, con indicadores SAIFI Y SAIDI	Grado de impacto de la calidad de suministro de energía eléctrica que garantiza la confiabilidad de operación del sistema de Sicuani, con la integración de la generación distribuida conectados a la barra de los usuarios SI-01.	calidad de suministro eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> • N° de interrupciones SAIFI [%] • Duración de interrupciones SAIDI [%]
Impacto ambiental	Damián de Torres en el “Manual de Evaluación de Impacto Ambiental para Ingenieros y Arquitectos: lo expresa un impacto es cualquier cambio registrado por una variable ambiental, tras una acción determinada que conforma el medio ambiente.	El impacto que va ocasionar la alteración de la calidad de agua turbinada usado como recurso primario para el accionamiento de la turbina tantas aguas arriba y abajo en el conducto de la cámara de carga.	<ul style="list-style-type: none"> • Energía limpia • Calidad de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Kwh • Caudal • pH del agua • Temperatura • Aceites y grasas • Solidos suspendidos (SST)



2.5. Definición de términos

1. **Agua turbinada de una central:** Es el caudal máximo que se puede turbinar en uno o en todos los grupos del central operando con un determinado salto. (URL de acceso al servicio 2017)
2. **Calidad de suministro eléctrico:** La calidad de suministro abarca la continuidad, la calidad de onda y la calidad de atención al cliente. Los dos primeros puntos son aspectos técnicos, el tercero es importante al tratarse de un servicio público. Hasta hace no mucho, la usencia de suministro eléctrico era el punto al que más atención prestaba la calidad de suministro y probablemente el único. De esta manera, la calidad de suministro estaba ligada a la disponibilidad de energía. (OSINERGMIN, 2017),
3. **Caudal ecológico:** Se define como el flujo mínimo de agua necesario para preservar los valores ecológicos del cauce, dicho de otra manera, como el agua necesaria para preservar los valores ecológicos en el cauce del mismo. (URL de acceso al servicio 2017)
4. **Desarrollo sostenible:** El desarrollo sostenible puede definirse como aquel modelo de desarrollo que busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la satisfacción de las necesidades de generaciones futuras. (NC ISO 14 044, 2009)
5. **Demanda eléctrica:** es la cantidad de energía que una serie de consumidores necesitan para abastecer sus necesidades a nivel de industrias, empresas, oficinas, comercios, hogares, centros públicos, alumbrado público. (OSINERGMIN, 2017),
6. **Impacto ambiental:** Es la alteración positiva o negativa de uno o más de los componentes del ambiente, provocada por la acción de un proyecto. (NC ISO 14 044, 2009)



- 7. Eficiencia energética:** Es la relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y, los recursos naturales renovables. (Tovar Castillo, 2014)
- 8. Energías renovables:** Las fuentes energéticas renovables tienen la característica de ser relativamente limpias, e inagotables, aunque dependen en alto grado de la situación climatológica de cada zona para su nivel de producción eléctrica, al clasificar una fuente energética basta el asociar por lo general dos conceptos básicos: el aprovechamiento de la energía natural del planeta, lo que permite una fuente inagotable de flujo energético, y la no generación de residuos tóxicos como consecuencia directa de su utilización. (Tovar Castillo, 2014)
- 9. Fuentes convencionales de energía:** Para efectos de la presente ley son fuentes convencionales de energía aquellas utilizadas de forma intensiva y ampliamente comercializadas en el país. (Tovar Castillo, 2014)
- 10. Generación Distribuida:** Generación Distribuida es la producción de electricidad con instalaciones que son suficientemente pequeñas en relación con las grandes centrales de generación, de forma que se puedan conectar casi en cualquier punto de un sistema eléctrico. Es un subconjunto de recursos distribuidos. (Lorente de la Rubia, 2011)
- 11. Medio ambiente:** Es el conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos. (NC ISO 14 044, 2009)
- 12. Oferta de energía:** es la cantidad de energía que genera una central eléctrica con fuentes convencionales o renovables. (OSINERGMIN, 2017),



13. Sistema eléctrico: El objetivo de un sistema eléctrico de potencia es generar, transmitir y distribuir energía eléctrica a los centros de consumo, con niveles satisfactorios de calidad de energía de acuerdo a la normatividad. (OSINERGMIN, 2017),



CAPITULO III

3. METODO

3.1. Tipo de investigación

Es aplicada porque busca crear nueva tecnología a partir de los conocimientos a través de una investigación estratégica como es la herramienta informática del software DIgSILENT 15.1.2 Power Factory para simular la operación del sistema eléctrico de Sicuani para luego medir y cuantificar las variables dependientes del sistema eléctrico dimensionado con la calidad de suministro y ambiental.

3.2. Alcance del estudio

La investigación tiene un nivel explicativo, de corte transversal cuasi experimental, ya que contempló información respecto a las causas de relación entre las variables de estudio al momento de ser desarrolladas, con lo que se pudo predecir el comportamiento futuro a partir del valor de la otra relacionada.

El diseño es de carácter transversal porque se toman datos reales y especificaciones fijos de los equipos en un solo momento al año 2018 para el análisis de la interconexión de la generación distribuida (control) con y sin integración de las PCH de Hercca.

Es aplicada porque busca crear nueva tecnología a partir de una herramienta informática del software DIgSILENT 15.1.2 Power Factory para simular la operación del Sistema Eléctrico y luego medir y cuantificar las variables dependientes como la operación del sistema eléctrico y en cuanto al impacto ambiental se hizo las mediciones directas de la calidad de agua y en laboratorio según los parámetros considerados.



Es explicativo porque se establece una relación causa y efecto de las variables dependientes e independientes que se obtuvieron de la evaluación operativa de la central hidráulica de Hercca antes y después de la interconexión como generación distribuida a los alimentadores de sistema eléctrico de Sicuani: SI-01, SI-02, S-03, SI-05.

Expresan Hernández, Fernández y Baptista (2012), que cuando se habla sobre el alcance de una investigación, no se debe pensar en una tipología, ya que más que una clasificación, lo único que indica dicho alcance, es el resultado que se espera obtener del estudio.

Según estos autores, de una investigación se pueden obtener cuatro tipos de resultados, estos son el estudio exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo, siendo este último el que mejor se adaptó al estudio que se desarrolló, pues las causas de los eventos, sucesos o fenómenos estudiados, explicaron las condiciones en las que se manifestaban.

Refiere Fidias G, Arias (2012) que la investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. Por ende, la investigación fue de tipo explicativa toda vez que tuvo un proceso orientado, no sólo a describir o hacer un acercamiento sobre el fenómeno bajo estudio, sino que buscó establecer las causas que se encontraban en el inmersas, es decir, se basó primordialmente en plantear el por qué y para qué de dicho fenómeno, a fin de ampliar el ¿cómo?; de esta manera, fue más allá de describir, explicando de este modo por qué sucede.

3.3. Diseño metodológico

La investigación de corte transversal cuasi experimental porque se toman datos reales y especificaciones fijas de los equipos en un solo momento para el análisis de la generación



distribuida antes y después de la interconexión de la pequeña central hidráulica de Hercca considerado como grupo de control.

Por tanto, se confirma que se trata de una investigación aplicada, dado que se describió de forma clara el objeto de estudio, se incluyen pasos para dar seguimiento al mismo, asumiendo un enfoque basado en el modelo cuantitativo, de esta manera, permite el desarrollo del marco teórico, al tiempo que llevó a seleccionar el diseño apropiado para la recolección de la información y su respectiva presentación de resultados.

De acuerdo a lo señalado por Hernández et al (2012), el diseño es cuasi experimental, de carácter transversal porque se toman datos reales y especificaciones de los equipos presentes en materia de estudio, observando los diferentes fenómenos en dos escenarios con y sin interconexión de las energías renovables como generación distribuida de las pequeñas centrales hidráulicas, donde se manipula las variables de control en la generación y ajustes en los equipos de control para mejorar la calidad de suministro. Todas las actuaciones de los equipos en forma integrada se simularán con el programa computacional DIgSILENT 15.1.2 Power Factory.

Además, es de corte transversal que para Bernal Torres, C. (2006), permite a los investigadores examinar las diferencias de desarrollo en la conducta, es estudiando diferentes puntos a la vez. Este tipo de experimento, se convierte en variable independiente en el diseño de la investigación, la mayor ventaja de esta aproximación, naturalmente, es que requiere mucho menos tiempo que cualquier otro diseño.

A demás se hace una descripción de las variables de estudio, de la misma forma en que se manifestaron en el lugar donde sucedía la problemática, proponiendo de esta manera



el análisis, considerando la interrelación e incidencia, dejando claro que midió dichas variables una sola vez durante el tiempo que duró la misma, observando los hechos realizados sobre el monitoreo de calidad de agua en el área de influencia de las actividades de la pequeña Central hidráulica de Hercca.

De allí, que el trabajo tiene un carácter cuasiexperimental, ya que tanto el contexto de análisis de la generación distribuida como de los impactos ambientales de la misma, las propiedades y categorías, fueron estudiadas en el medio natural, quedando claramente definidas la no participación del investigador.

3.4. Población

La población está compuesta por 55,131 habitantes de las localidades urbanas y rurales del distrito de Sicuani de la región Cusco de la empresa, dicha población es servida energéticamente por la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A. a nivel de distribución eléctrica de media tensión, quienes reciben el servicio de energía eléctrica en sistemas trifásico y monofásico tipificados como pequeñas industrias, municipalidades, hospitales, clínicas, radioemisoras, empresas telefónicas, hoteles, hospedajes, consorcios, universidades, ente otros.

En opinión de Pineda, De Álvaro, & De Canales, (citado en López, 2004, p. 2), "el universo o población puede estar constituido por personas, animales, registros médicos, los nacimientos, muestras de laboratorio, accidentes viales, entre otros"; pudiendo agregar al campo de la investigación de este país, artículos de prensa, editoriales, películas, videos, series de televisión, programas radiales y por supuesto personas.



Tabla 3.1

Población en el área de proyecto

Provincia-Distrito	Población
Población de la Provincia de Canchis	
Distrito de San Pablo	7,218
Distrito de Marangani	12,062
Distrito de Pitumarca	7,392
Distrito de Checacupe	3,825
Distrito de San Pedro	3,540
Distrito de Sicuani	55,131
Distrito de Combapata	5,582

3.5. Muestra

Se obtuvo el número total de clientes son 15,034, este dato existe en la data histórica sede Sicuani (se adjunta en el anexo E) de la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A. en el área control de calidad, los cuales están interconectados a las redes de distribución del sistema eléctrico de Sicuani, se presenta en las tablas 3.2 y 3.3 con sus indicadores demográficos y la demanda eléctrica.

Tabla 3.2

Principales indicadores demográficos en el área de proyecto

Indicadores	Canchis			
	San Pablo	Marangani	Sicuani	Combapata
<u>Datos Generales</u>				
Población	6183	12801	55131	5967
Superficie (Km ²)	524.06	432.65	645.88	182.50
Densidad Poblacional (Hab./ Km ²)	11.8	29.6	85.36	32.7
N° de viviendas:	2064	4267	22142	1989
Región Natural	Sierra	Sierra	Sierra	Sierra

Fuente: INEI



Tabla 3.3

Demanda por alimentadores del sistema Sicuani al año 2018

SET	ALIMENT.	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Sicuani	SI- 01 (KW)	921	989	1028	1068	1110	1156	1201
	SI- 02 (KW)	576	619	643	668	695	723	751
	SI- 03 (KW)	720	773	804	835	868	904	939
	SI- 05 (KW)	1662	1784	1856	1926	2004	2085	2166
Total, Sicuani	(KW)	3880	4164	4331	4496	4677	4868	5057

Fuente: Electro Sur Este S.A.A - Área Control de calidad

Elaboración: Propia

Para la toma de muestras para medir la calidad de agua referente a los parámetros de aceites y grasas, sólidos totales en suspensión en laboratorio respectivo se usaron volumen de muestra y preservantes utilizados.

Tabla 3.4

Volumen de muestra y preservantes utilizados

PARÁMETRO	TIPO DE FRASCO	VOLUMEN	PRESERVANTE
Aceites y Grasas	Vidrio ámbar	1000 ml	H2SO4
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Polietileno/ Vidrio	250 ml	-

Las muestras de agua se recogieron en botellas de polietileno y vidrio ámbar a nivel de superficie para la medición en laboratorio de los siguientes parámetros: aceites y grasas y Sólidos Suspendidos Totales. Los parámetros temperatura, caudal, y pH se midió en campo.

Las muestras fueron transportadas de inmediato al laboratorio en coolers con hielo y preservantes según el tipo de ensayo para poder realizar los análisis de interés. Luego se



evaluaron todos los resultados de los análisis del laboratorio y los parámetros medidos en campo, permitiendo generar el presente informe ambiental.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Tomando en cuenta que la técnica en una investigación se asume como la forma en cómo se recolectarán los datos, para este caso en estudio, se utilizaron los registros de datos reales existentes realizados con un adecuado estudio de mercado eléctrico y ambiental la Empresa Electro Sur Este, para luego modelar los diferentes elementos que componen las redes primarias en media tensión y hacer el estudio de flujo de potencia en los 04 alimentadores del sistema eléctrico de Sicuani con el software Power Factory DIgSILENT 15.1.2. No se realizó ninguna encuesta.

Las técnicas seguidas para la recolección de datos del monitoreo de calidad de agua tanto para cuerpo receptor (agua superficial) como para efluentes líquidos (agua turbinada) se realizó el muestreo de aguas con botellas de polietileno y vidrio ámbar a nivel de superficie para la medición en laboratorio de los siguientes parámetros: aceites y grasas y Sólidos Suspendedos Totales y medición en campo de la temperatura, caudal, y pH.

Las muestras fueron transportadas de inmediato al laboratorio en coolers con hielo y preservantes según el tipo de ensayo para poder realizar los análisis de interés. Luego se evaluaron todos los resultados de los análisis del laboratorio y los parámetros medidos en campo, permitiendo generar un reporte del resultado.



3.6.2. Instrumentos

Para la simulación del estudio de flujo de carga en el sistema eléctrico de Sicuani se utilizó la herramienta informática software Power Factory DIgSILENT 15.1.2. como aplicativo y tiene las siguientes características:

Figura 3.1. *Software Power Factory DIgSILENT*



1. Características del programa

El DIgSILENT Power Factory es una herramienta integrada para el análisis de sistemas eléctricos de potencia caracterizando técnicas confiables y flexibles de modelado y algoritmos. Ha sido desarrollado con la nueva tecnología de programación orientada a objetos y lenguaje de programación C++. Logra el mejor compromiso entre flexibilidad ilimitada y requerimientos de fácil manejo, siendo completamente compatible con Windows 7, 8 y 10 en 32 y 64 bits.

2. Funciones principales y espacio de trabajo

a. Funciones

- Flujo de potencia AC/DC
- Análisis de cortocircuito VDE/IEC
- Fallas generales/Análisis de Eventos
- Simulación dinámica (RMS)
- Simulación de transitorios electromagnéticos EMT



- Análisis de Eigenvalores
- Reducción de redes
- Coordinación de relés de protección
- Chequeo de la respuesta de unidades de Protección
- Análisis armónico
- Cálculo de confiabilidad
- Despacho económico
- Interfases SCADA / GIS
- Lenguajes DSL ++ y DPL
- Diagramas unifilares del sistema modelado
- Diagrama de configuración de subestaciones
- Instrumentos virtuales para visualiza
- Interface A/D Medinas 2000 A/D

Todas estas funciones tienen acceso a una base de datos relacional rápida y común, con un sistema integrado de manejo de casos de estudio y escenarios de sistemas. Algunas características adicionales incluidas:

- Capas múltiples integradas, ventanas múltiples para ver simultáneamente diagramas unifilares u diagramas de subestaciones.
- Generación automática de configuración de subestaciones acorde al manual de la ABB con 5 configuraciones básicas, que pueden ser editadas de acuerdo a las especificaciones requeridas por el usuario.



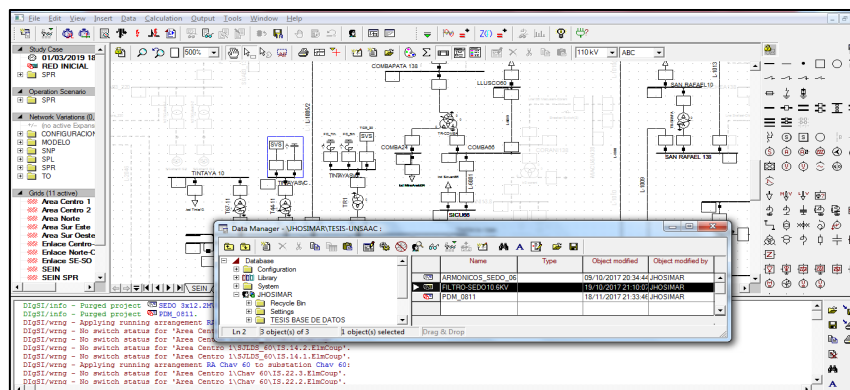
- El sistema más moderno de ventanas con un administrador de datos integrado (Data Manager).
 - Un administrador del sistema, con filosofía de manejo no redundante para la definición de casos de estudio y escenarios del sistema.
 - Cálculo de parámetros (OHLs, cables, maquinas, etc.).
- b. Espacio de trabajo**

El programa utiliza un ambiente de trabajo muy similar al que se utiliza en Windows, las ventanas más importantes se muestran en la Figura 1.

- Ventana principal (1)
- Ventana del administrador de datos (Data Manager) (2)
- Ventana gráfica (3)
- Ventana de salida (4)

También podemos observar la barra de título, la barra del menú principal y la barra de estado. Comencemos por estudiar los submenús que se encuentran en la barra del menú principal.

Figura 3.2. Espacio de trabajo



En la parte ambiental los equipos utilizados en el monitoreo in situ para las mediciones de calidad de agua en la central de Hercca de Electro Sur Este S.A.A. se detallan a continuación

Figura 3.3

Descripción de los equipos utilizados durante la medición.

Parámetro	Equipo	Código	Marca	Modelo	N° Serie
pH	Medidor de pH	131412	HANNA	HI991300	02210083991
Temperatura	Termómetro digital	41106102	TRACEABLE	4430	160330305
Caudal	Correntómetro	131201	GLOBAL WATER	FP 111	1446006032

Figura 3.4. *Equipos de medición*



Fuente: Imágenes tomadas por HIDROSAT Y MEDIO AMBIENTE S.A.C.

3.7. Validez y confiabilidad de los instrumentos

a. Validez

Los instrumentos de recolección de datos fueron sometidos a pruebas de calidad y juicio de expertos, en tal sentido, se validaron aplicando el método de agregados individuales, para ello, se seleccionaron tres expertos o jueces para juzgar el contenido



de los mismos. la validez en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento pretende medir. Este concepto puede tener diferentes tipos de evidencia, la relacionada con el contenido, relacionada con el criterio y relacionada con el constructo.

La validez del instrumento no será necesario puesto que el software utilizado es del tipo comercial y académico estandarizado a nivel internacional

b. Confiabilidad.

Mientras que en cuanto a la confiabilidad del instrumento, indica Bernal (2006), se refiere a la consistencia de las puntuaciones obtenidas por las mismas personas, cuando se las examina en distintas ocasiones con los mismos cuestionarios; cita el autor a McDaniel y Gates dado que la definen como la capacidad del mismo instrumento para producir resultados congruentes cuando se aplica por segunda vez, en condiciones tan parecidas como sea posible; es decir, el instrumento arroja medidas congruentes de una medición a la siguiente.

En este sentido, el instrumento informático especializado utilizado para la simulación de la operatividad del sistema eléctrico, es validado por un ente encargado de verificar el control de calidad de este software utilizados para fines académicos y comerciales de entidades del uso de esta herramienta en forma virtual, en cuanto a la instrumentación utilizada para medir los parámetros de la calidad de agua son totalmente confiables ya que son instrumentos que se someten a controles de calidad para su uso.

3.8. Plan de análisis de datos

Para llevar a cabo el plan de análisis de datos recolectados de las oficinas de la empresa concesionaria, previamente se seleccionan toda la data necesaria para ser procesada



exclusivamente para fines de estudio de la simulación y medición de los parámetros de calidad de agua, al concluir esta acción se inició el procesamiento en la forma que se indica: fueron seleccionados los softwares Power Factory DIgSILENT 15.1.2., la hoja electrónica EXCEL y el paquete estadístico IBM SPSS STATISTIC versión 23, una vez que la información fue recolectada por medio de los instrumentos contruidos y validados éstos por los expertos. En cuanto a la estadística aplicada, esta fue no paramétrica, debido a que las variables fueron categóricas nominales, el objetivo central de efectuar una evaluación, procedimiento y presentación de la información, se menciona:

1. Power Factory DIgSILENT 15.1.2.
2. AutoCAD (2016). edición de imágenes y diagramas unifilares
3. Microsoft Vision (2010)
4. Word (2016). edición de texto.
5. Excel (2016). edición de cuadros y archivos de eventos.
6. ArcGIS (Ver. 10). Base de datos de la red de ELSE
7. GOOGLE EARTH
8. PC core 7 para validación de datos

3.9. Aspectos éticos

En la presente investigación cuantitativa está presente la ética y forma parte de la filosofía que trata la ciencia y estado de arte del marco teórico de la tesis, así mismo el autor muestra una conducta de ética profesional cumpliendo con las normas de la parte moral y humana como ser viviente.

CAPITULO IV

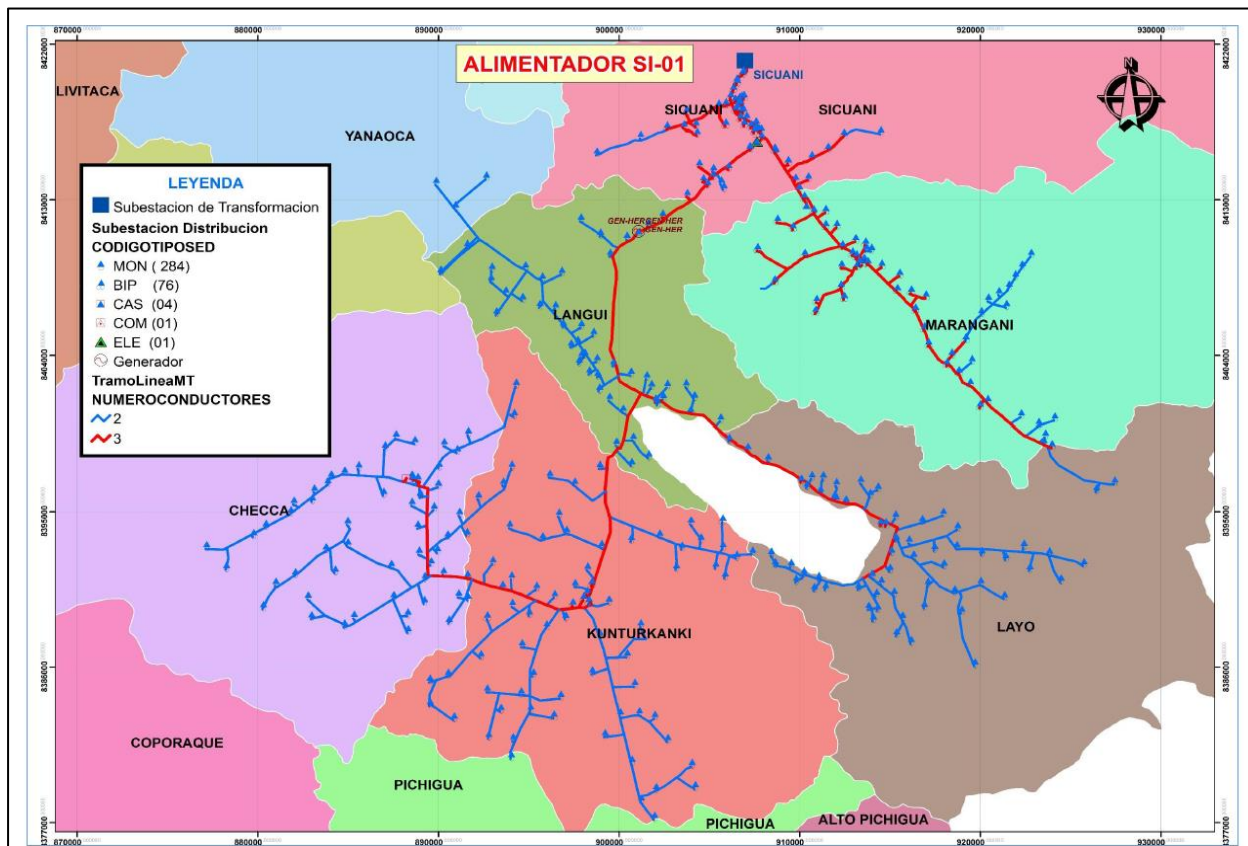
4. RESULTADOS

4.1. Resultados respecto a los objetivos específicos

4.1.1. Ubicación geográfica y diagrama de Argis

La central de Hercca está ubicado en el distrito de Sicuani, provincia de Canchis, región Cusco, el agua de la laguna Languí-Layo es vertida al río Languí y captada 10 km aguas abajo mediante una toma de fondo en el río Hercca, para la generación de energía por las pequeñas Centrales Hidroeléctricas de Hercca y Langui.

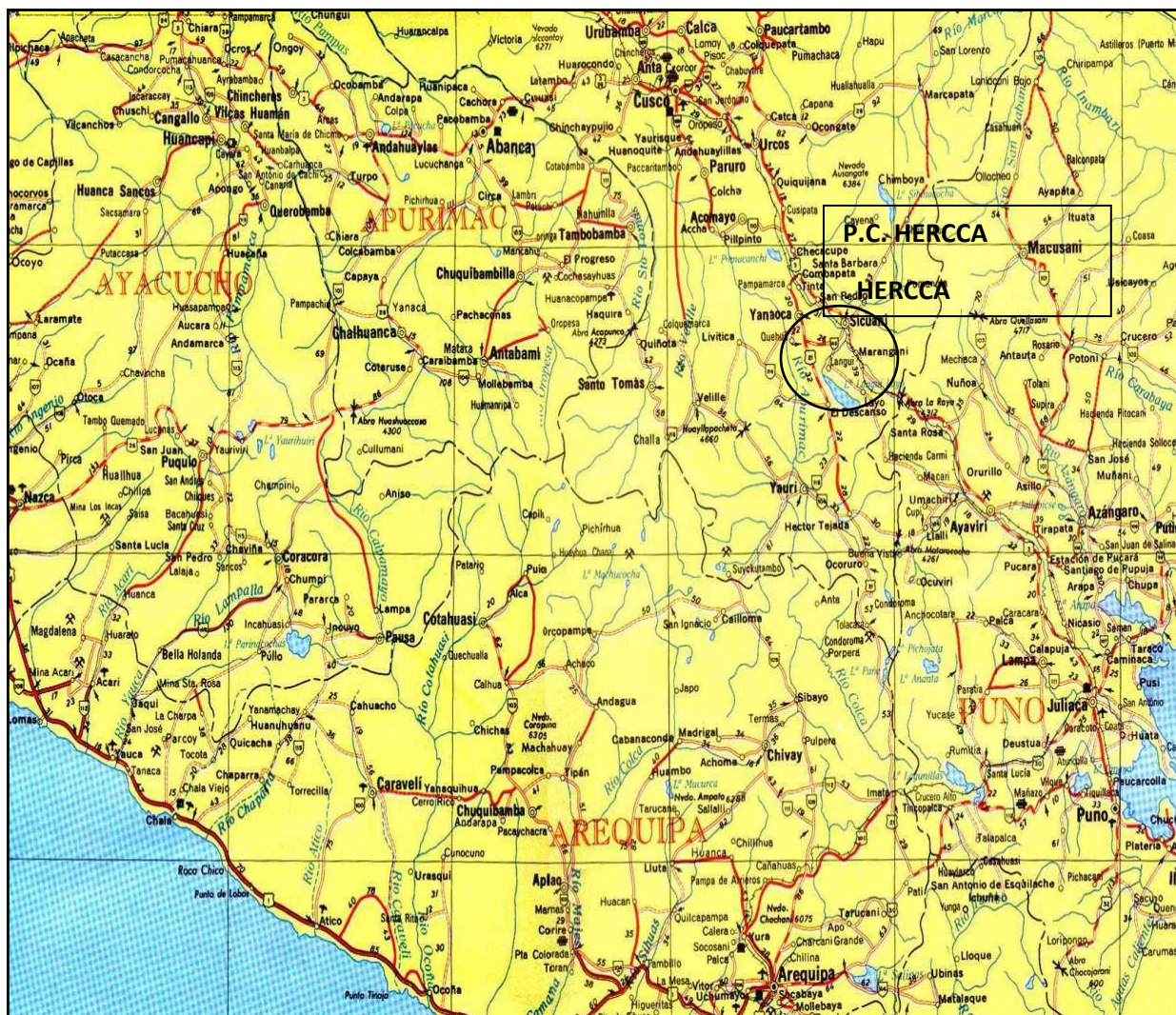
Figura 4.1. Mapas de ubicación de cobertura del sistema eléctrico Sicuani en el sistema argis



Fuente: Elaboración propia



Figura 4.2. Imagen satelital ubicación de las C.H de Hercca



Fuente: Google Earth - Elaboración Propia

4.1.2. Modelamiento de sistema eléctrico Sicuani

Se presenta los resultados más relevantes sobre la operatividad del sistema eléctrico de Sicuani con y sin generación distribuida, obteniendo resultados con la simulación del software Power Factory DIgSILENT 15.1.2. en los alimentadores SI-01, SI-02, SI-03 Y SI-05 respectivamente. Se presenta el sistema eléctrico SI-01 con la plataforma de argis.



a. Datos de la demanda al año 2018

Para tener un mejor panorama de las posibles tendencias de crecimiento que el sistema eléctrico de Canchis, se ha tomado en cuenta el “Plan de Desarrollo Eléctrico 2012-2018, elaborado por la empresa concesionaria del servicio eléctrico Electro Sur Este S.A.A.

Tabla 4.1

Demanda por alimentadores del sistema Sicuani al año 2018

SET	Aliment.	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Sicuani	SI- 01 (KW)	921	989	1028	1068	1110	1156	1201
	SI- 02 (KW)	576	619	643	668	695	723	751
	SI- 03 (KW)	720	773	804	835	868	904	939
	SI- 05 (KW)	1662	1784	1856	1926	2004	2085	2166
Total, Sicuani	(KW)	3880	4164	4331	4496	4677	4868	5057

Fuente: Electro Sur Este S.A.A - Área Control de calidad

Elaboración: Propia

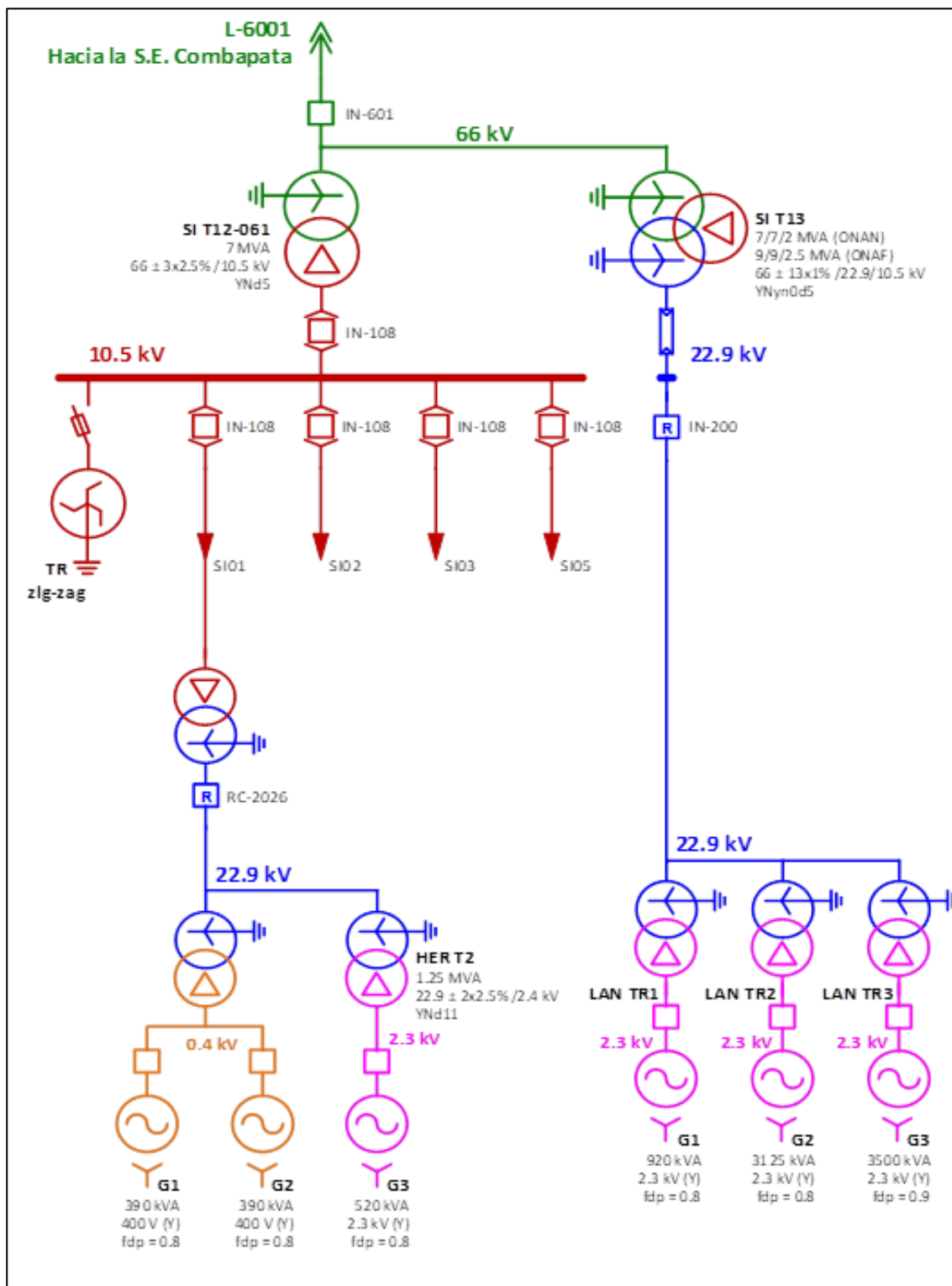
b. Datos de la subestación de Sicuani y las pequeñas centrales hidráulicas

La subestación de Sicuani es de transformación de AT/MT por intermedio de dos transformadores de potencia SI T12-061 de 7 MVA de 66/10.5 kV y el T13 de 7/7/2 MVA de 66/22.9/10.5 kV. Ambos transformadores se conectan por un único interruptor al SEIN a través de la línea L-6001 desde la S.E. Combapata.

En el transformador T12 están conectadas las cargas en el nivel de 10.5 kV, los alimentadores SI01, SI02, SI03 y SI05. En el alimentador SI01 se cuenta con GD, la mini C.H. Hercca, el transformador T13 está conectado únicamente la mini C.H. Langui en el nivel de 22.9 kV por intermedio de una línea del mismo nivel de tensión.



Tabla 4.2. Diagrama unifilar de S.E. Sicuani y la mini C.H. Hercca y Langui



Fuente: Elaboración propia en base a datos brindados por ELSE



c. Mini central hidráulica Hercca

La mini central hidráulica está ubicado en el distrito de Langui de la Provincia de Canas y se conecta a la red del AMT SI01, en nivel de 22.9 kV. El alimentador SI01 cuenta con dos niveles de tensión: de 10.5 kV que parte desde la S.E. Sicuani hasta la puente Arturo y de 22.9 kV desde la S.E. Puente Arturo, donde está un autotransformador elevador de 22.9/10 kV. La central está a 16 km de la S.E. Sicuani.

Está conformado por 03 generadores cuya potencia instalada suma 1300 kVA, dos grupos (G1 y G2) idénticos se conectan a través de un transformador elevador de 22.9/0.4 kV a la red de 22.9 kV, el grupo G3 se conecta a la red de 22.9 kV a través de un transformador elevador de 22.9/2.3 kV en la subestación de Hercca. En el table 6.2 se muestra las características de los generadores.

Tabla 4.3

Características de los generadores de la mini central hidráulica Hercca

Grupo	Marca	Potencia [kVA]	Factor de potencia	Tensión de fase [kV]	Grupo Conexión	Resistencia Tierra [Ω]
G1	AVK Deutschland	390	0.8	0.40	YN	0
G2	AVK Deutschland	390	0.8	0.40	YN	0
G3	AEG	520	0.8	2.30	YN	0
Total		1300				

Fuente: Elaboración propia en base a datos brindados por ELSE

d. Mini central hidráulica Langui

La mini central hidráulica está ubicado en el distrito de Langui de la Provincia de Canas y se conecta a la S.E. Sicuani al nivel de 22.9 kV a través de una línea desde la C.H. Langui. Hasta antes del 2016 la central se conectaba en



el alimentador SI 05 en el nivel de 10.5 kV en la S.E. Puente Arturo, sin embargo, con la ampliación de la mini central actualmente existe una línea de 22.99 kV dedicada para la mini C.H. de Langui, y el transformador T13 de la S.E. Sicuani está destinada para conectarla a la red.

Está conformado por 03 generadores cuya potencia instalada suman 7545 kVA, cada grupo cuenta con un transformador elevador de 22.9/2.3 kV y se conecta a la red de 22.9 kV, de propiedad de la mini C.H. Langui, hasta la S.E. Puente Arturo, y de este último hacia la S.E. Sicuani, es de propiedad de ELSE.

Tabla 4.4

Características de los generadores de la mini central hidráulica Langui

Grupo	Marca	Potencia [kVA]	Factor de potencia	Tensión de fase [kV]	Grupo Conexión	Resistencia Tierra [Ω]
G1	L-G01	920	0.8	2.30	Y	0
G2	L-G02	3125	0.8	2.30	Y	0
G3	L-G03	3500	0.9	2.30	Y	0
Total		7545				

Fuente: Elaboración propia en base a datos brindados por ELSE

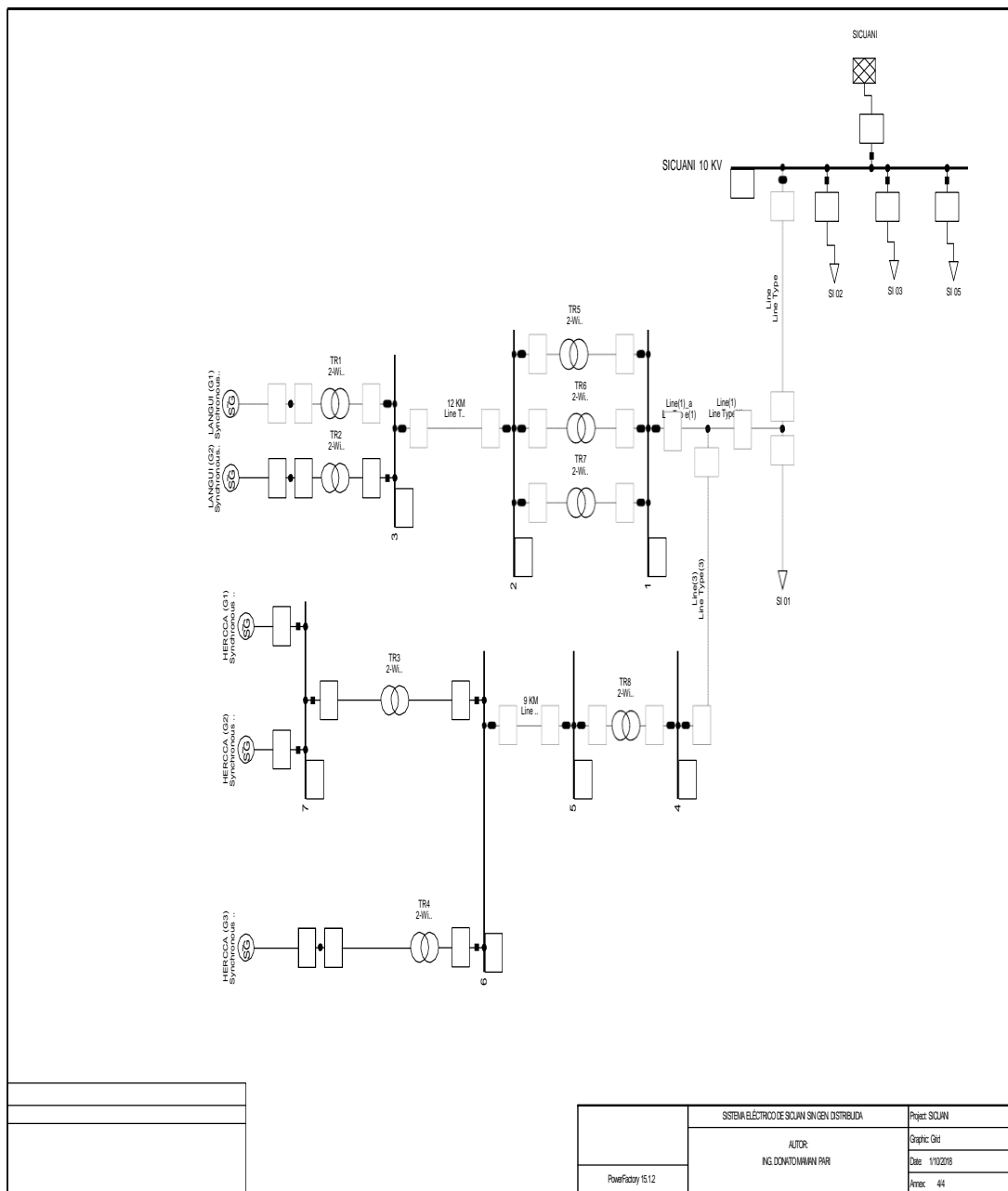
4.1.3. Resultados de la simulación de flujo de carga del sistema eléctrico Sicuani: SI-01, SI-02, SI-03, SI-05, año 2018 (DIgSILENT Power Factory 15.1.7) en plataforma ARGIS.

La operación de los diferentes alimentadores del sistema eléctrico de Sicuani se simula con el software DIgSILENT Power Factory 15.1.7, teniendo en consideración en las barras de carga como concentradas y los generadores como fuentes de potencia constantes.



Las presentes simulaciones responden a los objetivos específicos 1) y 2), donde se muestran en forma clara máximas potencias generadas, pérdidas de potencia, perfiles de tensión y cargabilidad de los alimentadores: SI-01, SI-02, SI-03 y SI-05, con y sin generación distribuida y se muestran en las tablas 4.4 al 4.7

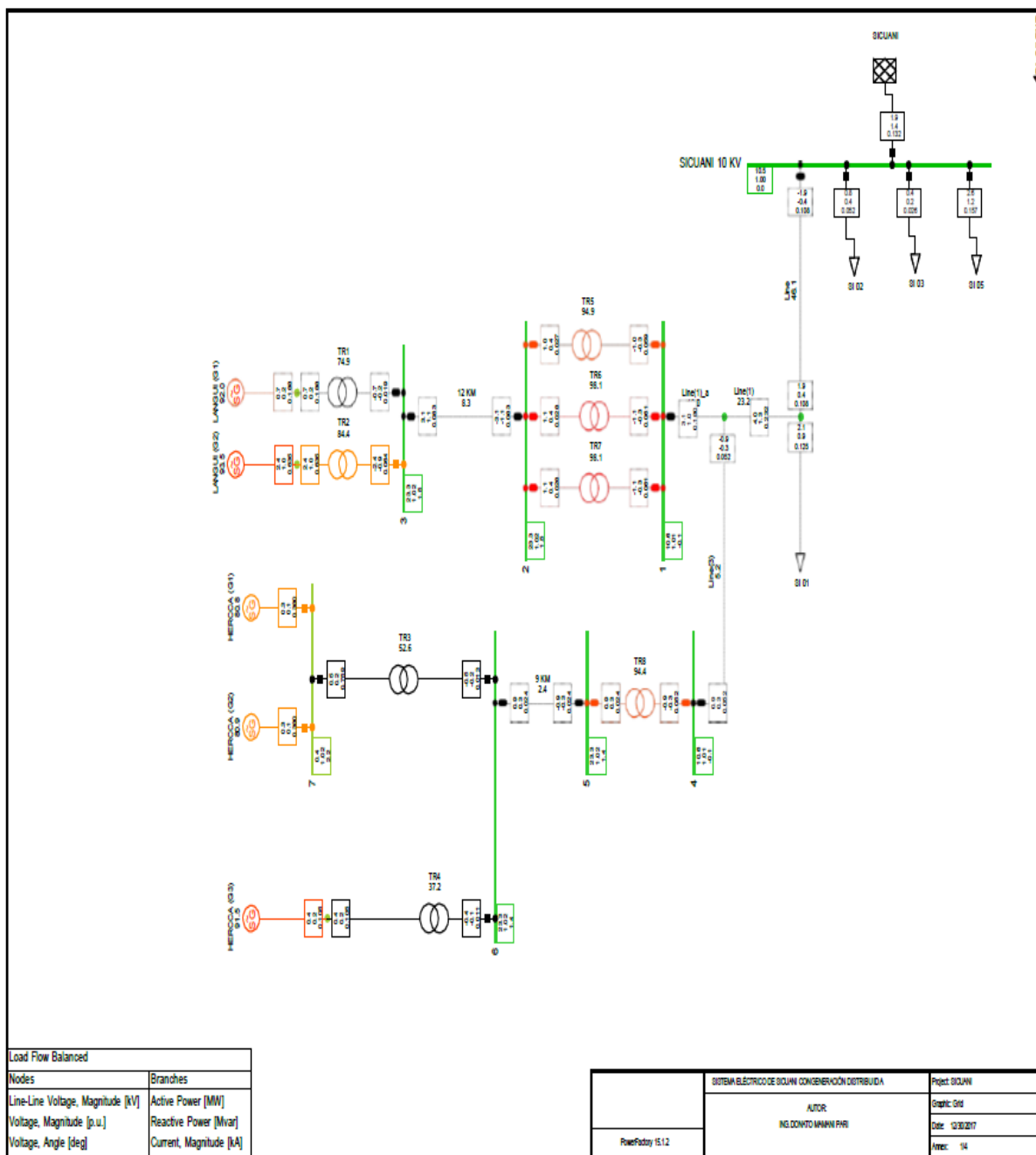
Figura 4.3. Diagrama Unifilar, software DigSILENT 15.1.7



Fuente: Elaboración propia



Figura 4.4. Operación del Sistema Sicuani SI-01, año 2018 DIGSILENT 15.1.2



Fuente: Elaboración Propia



a. Resultados de flujo de potencia en escenario de máxima demanda con y sin generación distribuida al año 2018.

Tabla 4.5

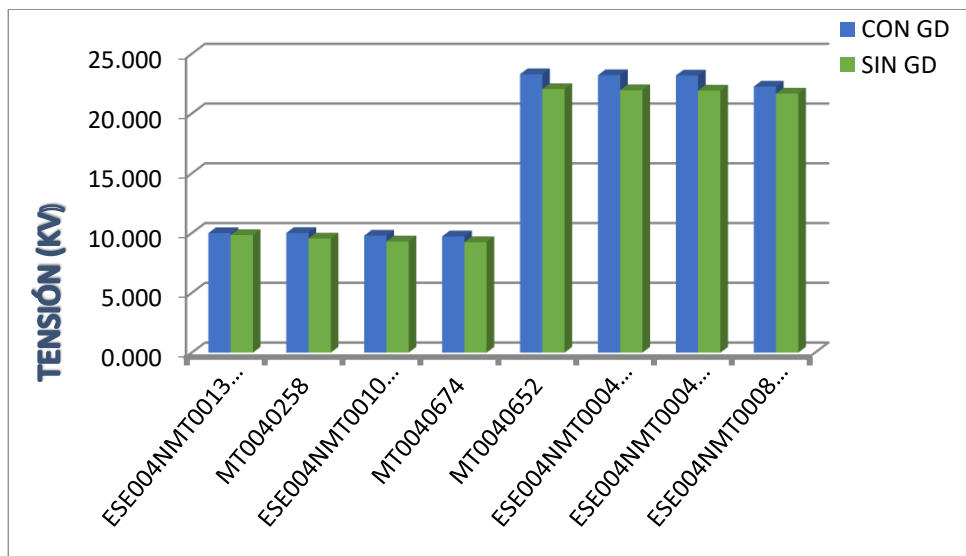
Condiciones de Operación del Alimentador SI-01

CON GENERACION DISTRIBUIDA						SIN GENERACION DISTRIBUIDA						
PERDIDAS						PERDIDAS						
P Pérdidas MW	P Pérdidas %	Q Pérdidas MVar	Q Pérdidas %	P Gen MW	Q Gen MVar	P Pérdidas MW	P Pérdidas %	Q Pérdidas MVar	Q Pérdidas %	P Gen MW	Q Gen MVar	
0.103	8.576	-0.105	12.915	1.201	0.301	0.126	10.491	-0.071	8.864	1.201	0.329	
TENSION						TENSION						
Tensión Nominal	Nodo Nombre		U kV	ΔV %	Tensión Nominal	Nodo Nombre		U kV	ΔV %	Tensión Nominal	Nodo Nombre	
10 KV	ESE004NMT001344		10.003	-0.034	10 KV	ESE004NMT001344		9.838	1.622	10 KV	ESE004NMT001344	
10 KV	MT0040258		10.013	-0.133	10 KV	MT0040258		9.546	4.544	10 KV	MT0040258	
10 KV	ESE004NMT001043		9.786	2.136	10 KV	ESE004NMT001043		9.308	6.917	10 KV	ESE004NMT001043	
10 KV	MT0040674		9.728	2.717	10 KV	MT0040674		9.247	7.532	10 KV	MT0040674	
22.9 KV	MT0040652		23.296	-1.730	22.9 KV	MT0040652		22.052	3.702	22.9 KV	MT0040652	
22.9 KV	ESE004NMT000479		23.219	-1.394	22.9 KV	ESE004NMT000479		21.962	4.097	22.9 KV	ESE004NMT000479	
22.9 KV	ESE004NMT000438		23.193	-1.279	22.9 KV	ESE004NMT000438		21.931	4.233	22.9 KV	ESE004NMT000438	
22.9 KV	ESE004NMT000870		22.266	-0.266	22.9 KV	ESE004NMT000870		21.678	5.337	22.9 KV	ESE004NMT000870	
CARGABILIDAD						CARGABILIDAD						
Línea Nombre	Cargab. %	P Pérdidas MW	Factor de Potencia Cos Φ	Línea Nombre	Cargab. %	P Pérdidas kW	Factor de Potencia Cos Φ	Línea Nombre	Cargab. %	P Pérdidas kW	Factor de Potencia Cos Φ	
ESE004MT00085 (10KV)	10.945	0.110	0.898	ESE004MT00085 (10KV)	25.774	0.748	0.972	ESE004MT00085 (10KV)	25.774	0.748	0.972	
ESE004MT01639 (10KV)	18.211	0.212	0.921	ESE004MT01639 (10KV)	18.446	0.208	0.981	ESE004MT01639 (10KV)	18.446	0.208	0.981	
ESE004MT01368 (10KV)	8.013	0.138	0.923	ESE004MT01368 (10KV)	8.375	0.151	0.924	ESE004MT01368 (10KV)	8.375	0.151	0.924	
ESE004MT00730 (10KV)	4.716	0.058	0.929	ESE004MT00730 (10KV)	4.938	0.063	0.930	ESE004MT00730 (10KV)	4.938	0.063	0.930	
ESE004MT00702 (22.9KV)	4.980	0.021	0.838	ESE004MT00702 (22.9KV)	5.099	0.022	0.874	ESE004MT00702 (22.9KV)	5.099	0.022	0.874	
ESE004MT01767 (22.9KV)	4.095	0.025	0.825	ESE004MT01767 (22.9KV)	4.210	0.027	0.859	ESE004MT01767 (22.9KV)	4.210	0.027	0.859	
ESE004MT00261 (22.9KV)	2.633	0.019	0.684	ESE004MT00261 (22.9KV)	2.710	0.019	0.709	ESE004MT00261 (22.9KV)	2.710	0.019	0.709	
ESE004MT00832 (22.9KV)	2.191	0.021	0.740	ESE004MT00832 (22.9KV)	2.284	0.023	0.755	ESE004MT00832 (22.9KV)	2.284	0.023	0.755	
CORRIENTE POR FASE						CORRIENTE POR FASE						
I(LR)KA	I(LS)KA	I(LT)KA	I(LR)KA	I(LS)KA	I(LT)KA	I(LR)KA	I(LS)KA	I(LT)KA	I(LR)KA	I(LS)KA	I(LT)KA	
0.005	0.007	0.008	0.079	0.071	0.066	0.079	0.071	0.066	0.079	0.071	0.066	

Fuente: Elaboración-Propia



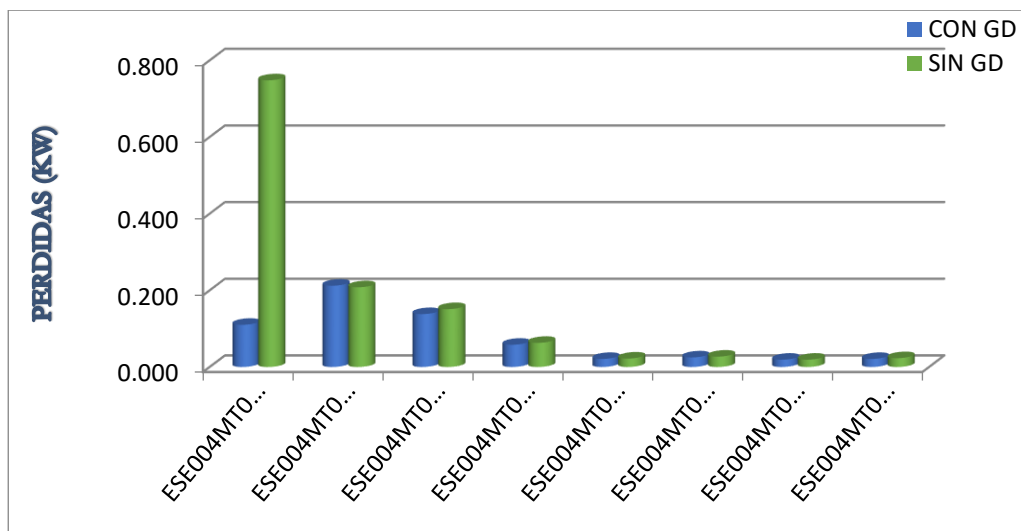
Figura 4.5. Perfiles de tensión del alimentador SI-01



Fuente: Elaboración-Propia

Los nodos considerados en la figura 4.5, para los perfiles de tensión del alimentador SI-01 se han considerado las tensiones nominales de 10 KV y 22.9 KV y tomando puntos de la troncal del alimentador desde el inicio de la barra hasta el punto más alejado, el cual observamos que sin GD disminuye notoriamente la caída de tensión mientras con GD se incrementa tensión.

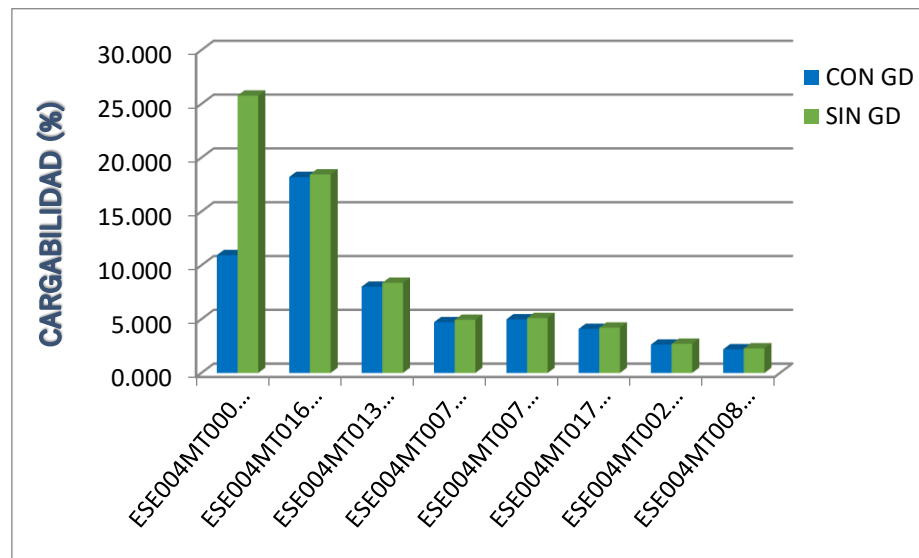
Figura 4.6. Pérdidas de potencia del alimentador SI-01



Fuente: Elaboración-Propia

Como se observa en la figura 4.6 ya mencionado los detalles de este alimentador SI-01, para las pérdidas de potencia en las líneas de media tensión sin GD se incrementan las pérdidas, mientras con GD presenta una disminución de las pérdidas de tensión, ya que gracias a la generación distribuida el flujo de la potencia hacia la carga disminuye.

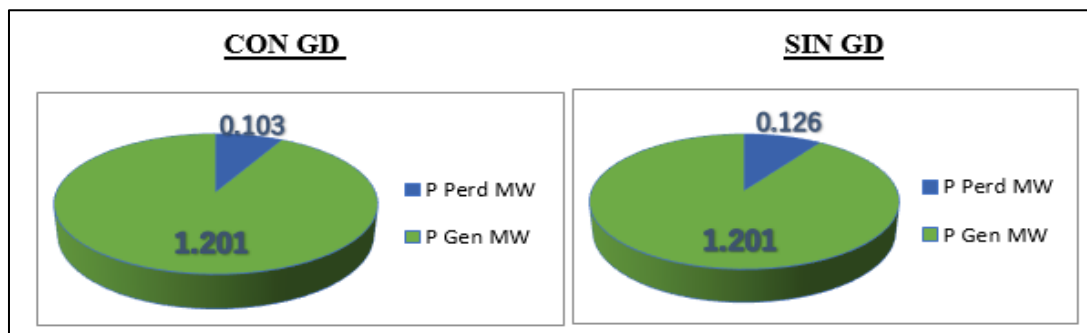
Figura 4.7. *Cargabilidad del alimentador SI-01*



Fuente: Elaboración-Propia

Se observa en la figura 4.7, para el caso de la cargabilidad en el alimentador SI-01 disminuye con GD y sin GD se incrementa, debido a la incorporación de la GD libera capacidad en tramos de las líneas de media tensión

Figura 4.8. *Máxima demanda y pérdidas del alimentador SI-01 con y sin GD*



Fuente: Elaboración-Propia

En la figura 4.8, para los dos escenarios se tiene una demanda máxima de 1.201 MW, las pérdidas de potencia activa que genera con GD alcanza un valor 0.103 MW que significa 8.576% a diferencia de las pérdidas sin GD es de 0.126 MW que significa 10.491% del total de la demanda de este alimentador, comparando valores con y sin GD obtenemos menores pérdidas de potencia con la incorporación de la GD distribuida, el porcentaje de pérdidas se obtuvo de la Tabla 4.4.



Tabla 4.6

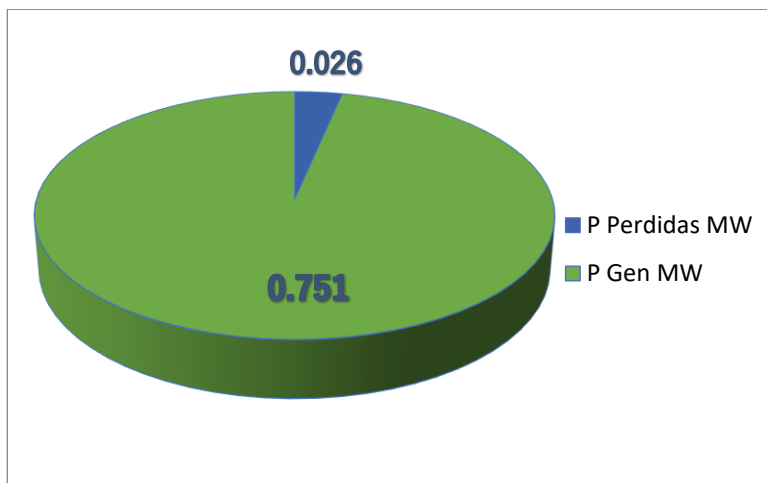
Condiciones de operación del alimentador SI-02

CON GENERACION DISTRIBUIDA						SIN GENERACION DISTRIBUIDA					
PERDIDAS						PERDIDAS					
P Pérdidas	P Pérdidas	Q Pérdidas	Q Pérdidas	P Gen	Q Gen	P Pérdidas	P Pérdidas	Q Pérdidas	Q Pérdidas	P Gen	Q Gen
MW	%	MVar	%	MW	MVar	MW	%	MVar	%	MW	MVar
0.026	3.462	0.035	14.170	0.751	0.247	0.026	3.462	0.035	14.170	0.751	0.247
TENSION						TENSION					
Tensión Nominal		Nodo	U		ΔV	Tensión Nominal		Nodo	U		ΔV
		Nombre	kV		%			Nombre	kV		%
10 kV		MT0040006	9.962		0.384	10 kV		MT0040006	9.962		0.384
		ESE004NMT001453	9.914		0.862			ESE004NMT001453	9.914		0.862
		ESE004NMT001465	9.899		0.862			ESE004NMT001465	9.899		0.862
		ESE004NMT001472	9.878		1.217			ESE004NMT001472	9.878		1.217
		ESE004NMT001473	9.874		1.255			ESE004NMT001473	9.874		1.255
		ESE004NMT001478	9.867		1.332			ESE004NMT001478	9.867		1.332
CARGABILIDAD						CARGABILIDAD					
Línea	Cargab.	P Pérdidas	Factor de Potencia			Línea	Cargab.	P Pérdidas	Factor de Potencia		
Nombre	%	kW	Cos Φ			Nombre	%	kW	Cos Φ		
ESE004MT01202	19.423	0.830	0.949			ESE004MT01202	19.423	0.830	0.949		
ESE004MT00198	17.234	0.234	0.950			ESE004MT00198	17.234	0.234	0.950		
ESE004MT00065	21.834	0.047	0.950			ESE004MT00065	21.834	0.047	0.950		
ESE004MT00565	7.766	0.039	0.949			ESE004MT00565	7.766	0.039	0.949		
CORRIENTE POR FASE						CORRIENTE POR FASE					
I(LR)KA		I(LS)KA		I(LT)KA		I(LR)KA		I(LS)KA		I(LT)KA	
0.046		0.046		0.046		0.046		0.046		0.046	

Fuente: Elaboración-Propia



Figura 4.9. *Máxima demanda y pérdidas del alimentador SI-02*



Fuente: Elaboración-Propia

Como se observa en la figura 4.9, para el alimentador SI-02 con y sin GD opera con una tensión nominal de 10.5 KV, demanda máxima de 0.751 MW y las pérdidas de 0.026 MW que significa 3.462% del total de demanda de este alimentador.



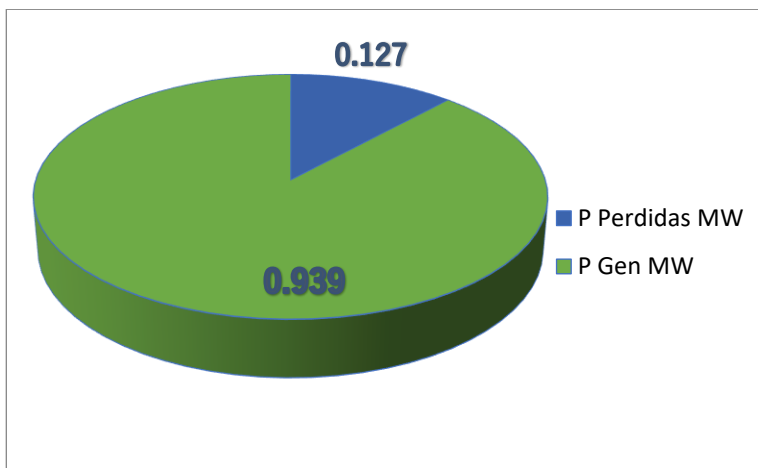
Tabla 4.7

Condiciones de operación del alimentador SI-03

CON GENERACION DISTRIBUIDA						SIN GENERACION DISTRIBUIDA					
PERDIDAS						PERDIDAS					
P Pérdidas	P Pérdidas	Q Pérdidas	Q Pérdidas	P Gen	Q Gen	P Pérdidas	P Pérdidas	Q Pérdidas	Q Pérdidas	P Gen	Q Gen
MW	%	MVar	%	MW	MVar	MW	%	MVar	%	MW	MVar
0.127	13.525	0.152	54.676	0.939	0.278	0.127	13.525	0.152	54.676	0.939	0.278
TENSION						TENSION					
Tensión Nominal			Nodo	U	ΔV	Tensión Nominal			Nodo	U	ΔV
			Nombre	kV	%				Nombre	kV	%
			ESE004NMT006917	9.881	1.190				ESE004NMT006917	9.881	1.190
			ESE004NMT006950	9.752	2.476				ESE004NMT006950	9.752	2.476
10 kV			MT0040047	9.658	3.421	10 kV			MT0040047	9.658	3.421
			ESE004NMT001700	9.569	4.308				ESE004NMT001700	9.569	4.308
			ESE004NMT001675	9.460	5.366				ESE004NMT001675	9.460	5.366
			ESE004NMT007936	9.319	6.810				ESE004NMT007936	9.319	6.810
CARGABILIDAD						CARGABILIDAD					
Línea	Cargab.	P Pérdidas	Factor de Potencia			Línea	Cargab.	P Pérdidas	Factor de Potencia		
Nombre	%	kW	Cos Φ			Nombre	%	kW	Cos Φ		
ESE004MT01389	36.696	1.568	0.960			ESE004MT01389	36.696	1.568	0.960		
ESE004MT00726	20.894	0.058	0.965			ESE004MT00726	20.894	0.058	0.965		
ESE004MT00271	20.081	0.251	0.935			ESE004MT00271	20.081	0.251	0.935		
ESE004MT01374	0.864	0.007	0.872			ESE004MT01374	0.864	0.007	0.872		
CORRIENTE POR FASE						CORRIENTE POR FASE					
I(LR)KA	I(LS)KA	I(LT)KA				I(LR)KA	I(LS)KA	I(LT)KA			
0.079	0.046	0.045				0.079	0.046	0.045			

Fuente: Elaboración-Propia

Figura 4.10. *Máxima demanda y pérdidas del alimentador SI-03*



Fuente: Elaboración-Propia

Como se observa en la figura 4.10, para el alimentador SI-03 con y sin GD opera con una tensión nominal de 10.5 KV, demanda máxima de 0.939 MW y las pérdidas de 0.127 MW que significa 13.525% del total de demanda de este alimentador.



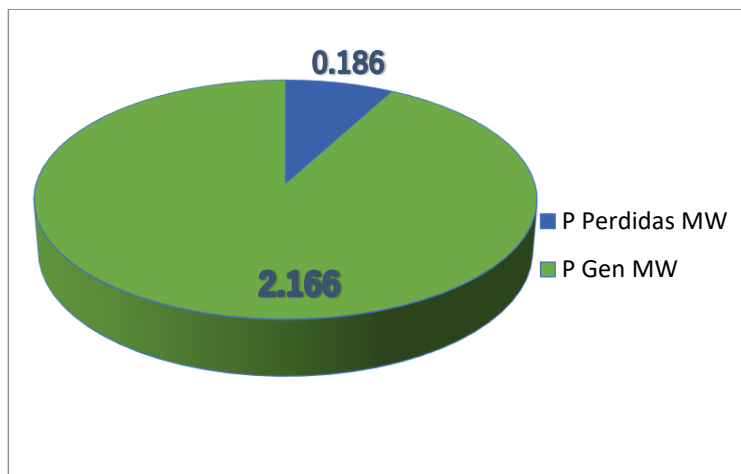
Tabla 4.8

Condiciones de operación del alimentador SI-05

CON GENERACION DISTRIBUIDA						SIN GENERACION DISTRIBUIDA							
PERDIDAS						PERDIDAS							
P Pérdidas	P Pérdidas	Q Pérdidas	Q Pérdidas	P Gen	Q Gen	P Pérdidas	P Pérdidas	Q Pérdidas	Q Pérdidas	P Gen	Q Gen		
MW	%	MVar	%	MW	MVar	MW	%	MVar	%	MW	MVar		
0.186	8.587	0.203	20.588	2.166	0.986	0.186	8.587	0.203	20.588	2.166	0.986		
TENSION						TENSION							
Tensión Nominal				U	ΔV	Tensión Nominal				U	ΔV		
Nodo				kV	%	Nodo				kV	%		
Nombre						Nombre							
ESE004NMT007022				9.885	1.152	ESE004NMT007022				9.885	1.152		
ESE004NMT007030				9.792	2.083	ESE004NMT007030				9.792	2.083		
ESE004NMT007075				9.578	4.224	ESE004NMT007075				9.578	4.224		
10 kV	MT0040012				9.451	5.493	10 kV	MT0040012				9.451	5.493
ESE004NMT001798				9.389	6.112	ESE004NMT001798				9.389	6.112		
ESE004NMT001901				9.366	6.341	ESE004NMT001901				9.366	6.341		
CARGABILIDAD						CARGABILIDAD							
Línea	Cargab.	P Pérdidas	Factor de Potencia				Línea	Cargab.	P Pérdidas	Factor de Potencia			
Nombre	%	kW	Cos Φ				Nombre	%	kW	Cos Φ			
ESE004MT01490	59.481	3.150	0.911				ESE004MT01490	59.481	3.150	0.911			
ESE004MT02115	65.079	3.449	0.912				ESE004MT02115	65.079	3.449	0.912			
ESE004MT00269	18.614	0.367	0.915				ESE004MT00269	18.614	0.367	0.915			
ESE004MT00125	6.152	0.030	0.918				ESE004MT00125	6.152	0.030	0.918			
CORRIENTE POR FASE						CORRIENTE POR FASE							
I(LR)KA	I(LS)KA					I(LR)KA	I(LS)KA						
0.140	0.140					0.140	0.140						

Fuente: Elaboración-Propia

Figura 4.11. *Máxima demanda y pérdidas del alimentador SI-05*



Fuente: Elaboración-Propia

Como se observa en la figura 4.11, para el alimentador SI-05 con y sin GD opera con una tensión nominal de 10 KV, demanda máxima de 2.166 MW y las pérdidas de 0.186 MW que significa 8.587% del total de demanda de este alimentador.

1. Índice de interrupciones del sistema Canchis

Teniendo los datos estadísticos del año 2018, obtenidos de la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A., se tiene los siguientes cuadros donde se muestran los índices de interrupción Saifi y Saidi del sistema eléctrico Canchis, separados de acuerdo al sector típico que presentan cada uno de los alimentadores, donde se puede observar la diferencia que existe, cuando opera con GD y sin GD.



Tabla 4.9

Sistema eléctrico de Sicuani y Combapata con sus respectivos sectores típicos

Sistema eléctrico	Localidad	Alimentadores	Sector típico	Cod del sistema
SICUANI	Sicuani	SI-02, SI-05	3	SE0244
SICUANI	Sicuani rural	SI-01, SI-03	5	SE4242
COMBAPATA	Combapata	CO-01, CO-02, CO-03, CO-05	5	SE1242
COMBAPATA	Chumbivilcas	CO-04	5	SE3242

Fuente: Electro Sur Este S.A.A - Área del Control de Calidad

Elaboración: Propia

En la Tabla 4.9 se muestra como están distribuidos los alimentadores de acuerdo al sistema eléctrico de Canchis, conformado por las localidades, sectores típicos y el código del sistema en cual están asignados para los cálculos SAIFI y SAIDI.

Tabla 4.10

Índice de interrupciones con generación distribuida (sector típico 5)

Alimentadores	SAIFI	SAIDI	Mes	Año
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	10.354	19.254	Enero	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	6.23	26.587	Febrero	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	9.589	10.421	Marzo	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	3.368	8.258	Abril	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	1.258	4.876	Mayo	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	1.123	3.874	Junio	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	5.652	13.487	Julio	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	3.687	13.524	Agosto	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	9.657	29.658	Setiembre	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	6.124	24.578	Octubre	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	4.587	8.336	Noviembre	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	4.521	13.667	Diciembre	2018

Fuente: Electro Sur Este S.A.A - Área Control de calidad

Elaboración: Propia



Tabla 4.11

Índice de interrupciones sin generación distribuida (sector típico 5)

Alimentadores	SAIFI	SAIDI	Mes	Año
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	11.924	23.356	Enero	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	7.329	28.155	Febrero	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	10.578	12.824	Marzo	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	4.829	10.114	Abril	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	1.712	5.839	Mayo	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	1.658	4.493	Junio	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	6.063	15.095	Julio	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	4.907	15.189	Agosto	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	11.861	31.670	Setiembre	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	8.837	26.841	Octubre	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	6.832	9.750	Noviembre	2018
SI-01,SI-03,CO-01,CO-02,CO-03,CO-04,CO-05	5.338	15.681	Diciembre	2018

Fuente: Electro Sur Este S.A.A - Área Control de calidad

Elaboración: Propia

En las Tablas 4.10 y 4.11 con respecto a los datos de SAIFI de dichos alimentadores y en el sector típico 5, se obtuvieron los siguientes resultados, con GD el valor más bajo de 10.354 y sin GD su valor más alto es de 11.924 haciendo la comparación con y sin GD la diferencia es de 1.570 esto representa que con la incorporación de GD las interrupciones de saifi disminuyen notoriamente.

De igual manera sucede con los datos de SAIDI en las Tablas 4.24 y 4.25 se tiene con GD el valor más alto es 29.658 y sin GD es de 31.670 la diferencia de estos dos valores es de 2.012, entonces la incorporación de la GD es un gran aporte por que disminuye notoriamente las interrupciones.

Considerando los datos con y sin GD de los valores de SAIFI y SAIDI, se afirma que en los meses de enero y setiembre se obtuvieron mayores cortes programados y no programados y la incorporación de la generación distribuida



mejora la confiabilidad del sistema de distribución Canchis ya sea en costos por energía y en mejor atención al cliente.

Figura 4.12. SAIFI sistema Canchis con y sin generación distribuida

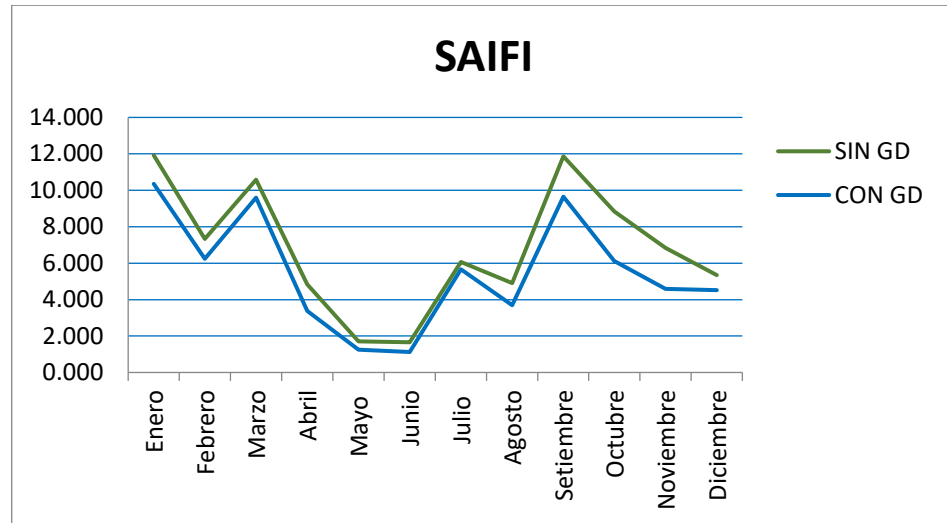
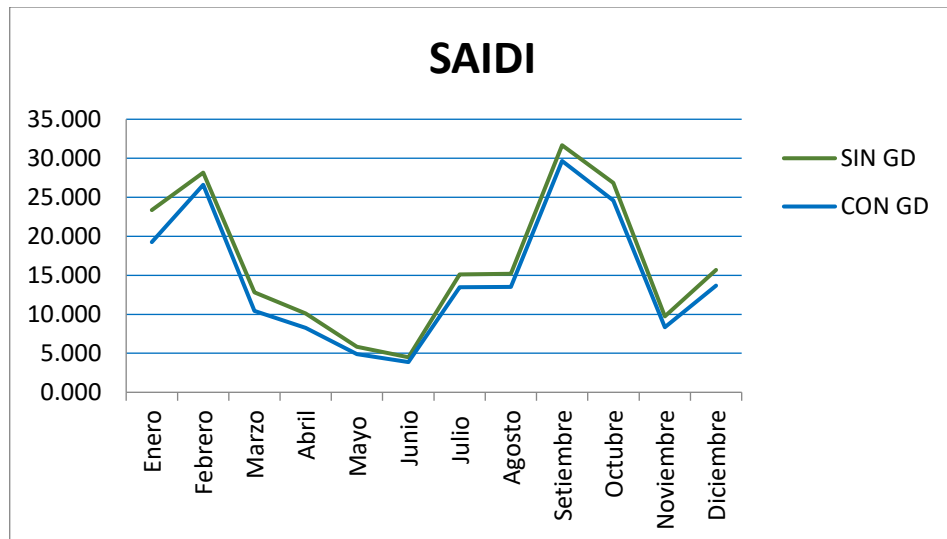


Figura 4.13. SAIDI sistema Canchis con y sin generación distribuida





En las Figuras 4.10 y 4.11 se muestra gráficamente que los resultados con GD son menores que sin GD, analizando la incorporación GD podemos decir que es un gran aporte que ayuda a la disminución de cortes y salidas de los alimentadores y también a la confiabilidad del sistema de Canchis.

4.1.4. Resultados obtenidos sobre impacto ambiental

a. Introducción

Este ítem responde al objetivo específico 3) sobre el monitoreo de la calidad de agua en cumplimiento con la normativa ambiental aplicable al Subsector Electricidad y de acuerdo con su política ambiental, la Empresa Regional de Servicio Público Electro Sur Este.

Este S.A.A realizó el monitoreo de calidad de agua de la Central Hidroeléctrica de Hercca durante los meses de enero, febrero y marzo, correspondiente al Primer trimestre 2019.

De acuerdo con los objetivos del monitoreo de calidad de agua se realiza en los siguientes puntos:

- Aguas arriba de la toma (puntos de control)
- Descarga de la central; y
- Cuerpo receptor aguas abajo de la descarga

b. Objetivos fundamentales:

- Conocer las características físico-químicas del agua superficial en el área de influencia de la central generadora de Hercca.



- Conocer las características físico-químicas del agua turbinada en el área de influencia de la central generadora de Hercca.

c. Metodologías de análisis y muestreo

Las metodologías seguidas para la realización del monitoreo de calidad de agua tanto para Cuerpo Receptor (agua superficial) como para efluentes líquidos (agua turbinada) se detalla a continuación:

Se realizó el muestreo de aguas con botellas de polietileno y vidrio ámbar a nivel de superficie para la medición en laboratorio de los siguientes parámetros: aceites y grasas, Sólidos Suspendidos Totales. Así mismo en campo se midió: temperatura, caudal, y pH.

Las muestras fueron transportadas de inmediato al laboratorio en coolers con hielo y preservantes según el tipo de ensayo para poder realizar los análisis de interés. Luego se evaluaron todos los resultados de los análisis del laboratorio y los parámetros medidos en campo, permitiendo generar el presente informe ambiental y tomando en cuenta las normas de ECA y LPM



Tabla 4.12

Estándares de calidad ambiental para agua (ECA) categoría 3.

Parámetro	Unidad	d1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo	d2: Bebida de animales
pH	-	6,5 -8,5	6,5 -8,4
Temperatura	°C	Δ3	Δ3
Aceites y Grasas	mg/L	5	10
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	-	-

Dato:
Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluad

Fuente: Ministerio del Ambiente – MINAM

Tabla 4.13

Límites máximos permisibles (LMP) para efluentes líquidos producto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica

Parámetro	Valor promedio anual	Valor en cualquier momento
pH	6 a 9	6 a 9
Aceites y grasas (mg/L)	10	20
Sólidos suspendidos (mg/L)	25	50
Temperatura (°C): Incremento en el cuerpo receptor		ΔT máx= ±3

Fuente: Ministerio de Energía y Minas – MEM

d. Parámetros evaluados

Los parámetros evaluados han sido considerados de acuerdo a lo establecido en la normativa nacional (D.S. N° 029-94-EM). Mostrado en el anexo N° 02, Tanto para efluente como para Cuerpo Receptor se determinaron los siguientes parámetros: Temperatura, pH, caudal, aceites y grasas, sólidos totales en suspensión.



e. Descripción de los parámetros evaluados

pH

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número iones hidrogeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra. Los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica. Es recomendable la medición in situ, de modo que no se modifique los equilibrios iónicos. Debido al transporte o una permanencia prolongada en recipientes cambia cuando es llevado al laboratorio, el método aplicado in situ es método electrométrico.

Temperatura

Es la propiedad de un cuerpo mediante el cual se determina la dirección del flujo de calor al ponerse en contacto térmico con otro; el calor fluye desde una zona de alta temperatura a una de baja temperatura; la temperatura de un cuerpo va a depender de la cantidad de calor contenido en su masa. La temperatura se determina mediante termometría realizada “in situ”.

El monitoreo de la temperatura de los efluentes que se descargan en los cuerpos hídricos receptores es importante, porque las descargas de agua a altas temperaturas pueden causar daños a flora y fauna de las aguas receptoras, aumento del crecimiento de bacterias y otros organismos, aceleración de reacciones químicas, como los procesos de respiración y metabólicos, reducción de los niveles de oxígeno disuelto y el consiguiente daño a los organismos vivos.



Aceites y grasas

En aguas, el término grasa incluye a las grasas propiamente dichas, ceras, ácidos grasos libres, jabones de calcio y de magnesio, aceites minerales y otros materiales no grasosos.

Los efectos que podrían causar en las aguas son: reducción de la transmisión de luz al formar películas superficiales, disminución del oxígeno disuelto por consumirse en la descomposición de las grasas y daños a la flora y fauna acuática.

El contenido de aceites y grasas en el agua se determina en el laboratorio mediante la extracción de todo el material soluble en un solvente orgánico tal como el hexano. Los resultados se reportan como mg/L de MEH (material extraíble en hexano).

Sólidos en suspensión

Es la suma de los sólidos suspendidos y los sólidos suspendidos coloidales. Los sólidos suspendidos que en reposo sedimentan en la prueba del cono Imhoff son llamados sedimentables, mientras que aquellos que permanecen en suspensión durante períodos de varios días pero que no pasan la capa filtrante de asbesto de un crisol de Gooch son los coloidales.

Los efectos perjudiciales que podrían causar los sólidos suspendidos son: reducción de la fauna acuática, reducción de la penetración de luz en el agua (interferencia en la fotosíntesis de las plantas acuáticas) y enturbiamiento del agua.



f. Métodos utilizados

1. Métodos utilizados para calidad de Agua (efluente líquido y cuerpo receptor).

Se realizó el muestreo en el efluente líquido y Cuerpo Receptor de cada central hidroeléctrica de Hercca con ayuda de un balde para la medición de parámetros in situ. Los parámetros medidos en laboratorio se recogieron en frascos de polietileno y vidrio ámbar según corresponda, a continuación, se detallan los procedimientos utilizados para la toma de muestras y posterior análisis:

Tabla 4.14

Tipos de frasco, volumen de muestra y preservantes utilizados para la toma de muestras.

Parámetro	Tipo de frasco	Volumen	Preservante
Aceites y Grasas	Vidrio ámbar	1000 ml	H2SO4
Solidos Suspendidos Totales (SST)	Polietileno/ Vidrio	250 ml	-

Fuente: Laboratorio R-LAB.

Tabla 4.15

Métodos de medición de parámetros de calidad de agua.

Parámetro	Método de Muestreo
Temperatura	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. (Excepto parte 2)
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Paer 4500-H+B, 23rd Ed.
Caudal	UNE-EN ISO 748
Aceites y grasas	EPA-821-R10-001 Method 1664 Revisión B.
Sólidos Totales Suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2540 D 23rd. Ed.

Fuente: Laboratorio R-LAB.



2. Equipos utilizados

Los equipos utilizados en el monitoreo In Situ para las mediciones de calidad de agua en la Pequeña Central hidráulica de Hercca al año 2019 de los meses de enero a marzo, que se detallan a continuación:

Tabla 4.16

Descripción de los equipos utilizados durante el mes de enero

	Parámetro	Equipo	Código	Marca	Modelo	N° Serie
Enero	pH	Medidor de pH	131412	HANNA	HI991300	02210083991
	Temperatura	Termómetro digital	41106102	TRACEABLE	4430	160330305
	Caudal	Correntómetro	131201	GLOBAL WATER	FP 111	1446006032

Tabla 4.17

Descripción de los equipos utilizados durante el mes de febrero.

	Parámetro	Equipo	Código	Marca	Modelo	N° Serie
Febrero	pH	Medidor de pH	131412	HANNA	HI991300	02210083991
	Temperatura	Termómetro digital	41106102	TRACEABLE	4430	160330305
	Caudal	Correntómetro	131201	GLOBAL WATER	FP 111	1446006032

Tabla 4.18

Descripción de los equipos utilizados durante el mes de marzo.

	Parámetro	Equipo	Código	Marca	Modelo	N° Serie
Marzo	pH	Medidor de pH	131412	HANNA	HI991300	02210083991
	Temperatura	Termómetro digital	41106102	TRACEABLE	4430	160330305
	Caudal	Correntómetro	131201	GLOBAL WATER	FP 111	1446006032

Figura 4.14. Equipos de medición



Fuente: Imágenes tomadas por HIDROSAT Y MEDIO AMBIENTE S.A.C.

g. Reporte del monitoreo de calidad de aguas en la central hidroeléctrica de Hercca

1. Ubicación de las estaciones de monitoreo

Tabla 4.19

Ficha de identificación Ch De Hercca

Unidad	Central Hidroeléctrica de Hercca
Distrito	Sicuani
Provincia	Canchis
Departamento	Cusco
Coordenadas UTM WGS84	
Este	0-253-800
Norte	8413175
Zona	19sur
Altitud	3719 msnm
Tipo de muestra	Líquida
Cuerpo Receptor	Rio Hercca

Fuente: Información proporcionada por el Else S.A.A

Figura 4.15. *Ubicación de la CH de Hercca*



Fuente: Google Earth. Image Digital Globe 2019

Tabla 4.20

Puntos de control de calidad de agua – C.H. de Hercca.

Código	Descripción	Coordenadas UTM WGS84-19S	
		Este	Norte
Punto de control N° 1	Canal de descarga de agua turbinada	0 253 815	8 413 186
Punto de control N° 2	Aguas arriba de la descarga	0 253 837	8 413 239
Punto de control N° 3	Aguas abajo de la descarga	0 253 718	8 413 217

Fuente: Puntos de control establecidos por ELSE S.A.A.



2. Resultados

Tabla 4.21

Fecha y hora de muestreo – C.H. de Hercca

Puntos de Control	Fecha: 24/01/19	Fecha: 24/02/19	Fecha: 09/03/19
	Enero	Febrero	Marzo
Punto de control N° 1	11:00 hrs	15:40 hrs	07:00 hrs
Punto de control N° 2	11:17 hrs	15:58 hrs	07:21 hrs
Punto de control N° 3	11:35 hrs	16:20 hrs	07:44 hrs

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.22

Resultados de los parámetros fisicoquímicos en el agua turbinada – C.H. de Hercca

Parámetro	Unidades	Punto de Control N° 1			LMP R.D. 008-97- EM/DGAA
		Enero	Febrero	Marzo	
Caudal	m ³ /s	1,87	1,72	1,73	-
pH	-	8,1	7,9	7,9	6-9
Temperatura	°C	13,4	18,2	11,6	-
Aceites y grasas	mg/L	<1,6	<1,6	<1,6	20 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<2	11	<2	50 mg/L

Fuente: Resultados de los informes ensayo N°1901102A, N°1902140A y N°1903031A del laboratorio R-LAB S.A.C. Monitoreado por laboratorio ambiental R-LAB S.A.C

Tabla 4.23

Resultados de los parámetros fisicoquímicos en el cuerpo receptor – C.H. Hercca

Parámetro	Unidades	Punto de Control N° 2			Punto de Control N° 3			D.S. N° 004-2017-MINAM ECA (Cat. 3)	
		Enero	Febrero	Marzo	Enero	Febrero	Marzo	Riego de Vegetales	Bebida de animales
Caudal	m ³ /s	4,52	4,58	4,13	6,58	7,24	5,94	-	-
pH	-	8,3	8,2	8,1	8,3	8,2	8,0	6,5-8,5	6,5-8,4
Temperatura	°C	13,7	17,9	11,1	13,5	17,7	11,3	Δ 3°C	Δ 3°C
Aceites y grasas	mg/L	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	5	10
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<2	7	<2	<2	8	<2	-	-

Fuente: Resultados de los informes ensayo N°1901103A, N°1902141A y N°1903032A del laboratorio R-LAB S.A.C. Monitoreado por laboratorio ambiental R-LAB S.A.C



4.2. Resultados respecto al objetivo general

Los impactos de Generación distribuida para un horizonte de operación del sistema eléctrico de Sicuani al año 2018, debido al incremento de la demanda eléctrica y con la integración al sistema de la GD, ya no sea suficiente la oferta de energía para mejorar los parámetros de operación del sistema, tal como se puede mostrar en los resultados simulados.

Tabla 4.24

Perdidas de potencia por alimentador del sistema Sicuani 2018

ALIMENT.	CON GENERACIÓN DISTRIBUIDA						SIN GENERACIÓN DISTRIBUIDA					
	P Pérdidas MW	P Pérdidas %	Q Pérdidas MVar	Q Pérdidas %	P Gen MW	Q Gen MVar	P Pérdidas MW	P Pérdidas %	Q Pérdidas MVar	Q Pérdidas %	P Gen MW	Q Gen MVar
SI-01	0.103	8.576	-0.105	12.915	1.201	0.301	0.126	10.491	-0.071	8.864	1.201	0.329
SI-02	0.026	3.462	0.035	14.170	0.751	0.247	0.026	3.462	0.035	14.170	0.751	0.247
SI-03	0.127	13.525	0.152	54.676	0.939	0.278	0.127	13.525	0.152	54.676	0.939	0.278
SI-05	0.186	8.587	0.203	20.588	2.166	0.986	0.186	8.587	0.203	20.588	2.166	0.986
TOTAL	0.442	8.740	-0.495	21.456	5.057	1.812	0.465	9.195	-0.461	20.035	5.057	1.840

Fuente: Elaboración-Propia

Como se observa en la tabla 4.8 en el análisis de los alimentadores de Sicuani se tiene una demanda máxima total de 5.057MW con y sin GD respectivamente, considerando las pequeñas centrales de generación de Hercca y Langui no llegan a cubrir la demanda máxima requerida.

La potencia distribuida en todo el sistema muestra la reducción del nivel de pérdidas de potencia activa, que con GD es 0.442 MW que equivale a 8.740 % y la pérdida reactiva es -0.495 MVar que equivale a 21.456 % en el caso de sin GD presenta un incremento de pérdidas activas que asciende a 0.465 MW que equivale 9.195 % y la pérdida reactiva representa una disminución de -0.461MVar que equivale 20.035 % estos valores se representan durante las horas punta de máxima demanda de los alimentadores, haciendo una



comparación con y sin GD la diferencia de pérdidas activas seria de 0.03 MW de ahorro de compra de energía gracias a la incorporación de la generación distribuida.

Tabla 4.25

Tensiones críticas por alimentador del sistema Sicuani 2018

ALIMENT.	U. NOMINAL KV	CON GENERACIÓN DISTRIBUIDA			SIN GENERACIÓN DISTRIBUIDA		
		NODO NOMBRE	U KV	ΔV %	NODO NOMBRE	U KV	ΔV %
SI-01	10	MT0040674	9.728	2.717	MT0040674	9.247	7.532
SI-01	22.9	ESE004NMT000870	22.266	-0.266	ESE004NMT000870	21.678	5.337
SI-02	10	ESE004NMT001478	9.867	1.332	ESE004NMT001478	9.867	1.332
SI-03	10	ESE004NMT007936	9.319	6.810	ESE004NMT007936	9.319	6.810
SI-05	10	ESE004NMT001901	9.366	6.341	ESE004NMT001901	9.366	6.341

Fuente: Elaboración-Propia

Como se observa en la Tabla 4.9, se han determinado las tensiones críticas y mínimas por nodos, de acuerdo al límite establecido en el Código Nacional de Electricidad y Suministro las caídas de tensión en zonas rurales no deben superar el $\pm 6\%$ del valor nominal y para el caso de zonas urbanas $\pm 3.5\%$ de su tensión nominal, los alimentadores críticos son SI-01 con tensión de 9.247 KV llegando hasta 7.532% (sin GD), SI-03 con tensión de 9.319 KV llegando hasta 6.810% y SI-05 con tensión de 9.366 KV llegando hasta 6.341% (con y sin GD) respectivamente, pasando los límites establecidos para la zona urbana y rural que se da por la norma (CNES y NTCSE), debido a las extensas longitudes de cada uno de los alimentadores y contribuyendo al crecimiento de las pérdidas en la red.



Tabla 4.26

Cargabilidad máxima por alimentador del sistema Sicuani 2018

ALIMENT.	U.n KV	CON GENERACIÓN DISTRIBUIDA				SIN GENERACIÓN DISTRIBUIDA			
		LÍNEA	Cargab. %	P Perd. KW	F d P Cos Φ	LÍNEA	Cargab. %	P Perd. KW	Fd P CosΦ
SI-01	10	ESE004MT01639	18.211	0.212	0.921	ESE004MT00085	25.774	0.748	0.972
SI-01	22.9	ESE004MT00702	4.980	0.021	0.838	ESE004MT00702	5.099	0.022	0.874
SI-02	10	ESE004MT00065	21.834	0.047	0.950	ESE004MT00065	21.834	0.047	0.950
SI-03	10	ESE004MT01389	36.696	1.568	0.960	ESE004MT01389	36.696	1.568	0.960
SI-05	10	ESE004MT02115	65.079	3.449	0.912	ESE004MT02115	65.079	3.449	0.912

Fuente: Elaboración-Propia

En la Tabla 4.10 se presenta los alimentadores que tienen mayor porcentaje de cargabilidad y perdidas activas de todos los alimentadores de Sicuani, obteniendo el valor más elevado en el alimentador SI-05 de 65.079% y 3.449 KV respectivamente dentro de la tensión nominal de 10.5 KV.

El sistema de Sicuani se presenta el aumento de la cargabilidad al inicio de la troncal de los alimentadores y transformadores, haciéndose dificultosa la ampliación de carga de la red, por consiguiente, se hace difícil poder llegar a los extremos de estos alimentadores con un suministro de buena calidad.



CAPITULO V

5. DISCUSIONES

5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos

5.1.1. Efectos de la GD en un horizonte de operación al año 2018.

La Generación Distribuida (GD) integrada a la red de distribución del sistema eléctrico Sicuani se encuentra conectada al alimentador SI-01; ha contribuido a mejorar los indicadores de calidad, confiabilidad, pérdidas de energía y demanda, los cuales beneficiará a los usuarios finales tanto clientes regulados y libres en el horizonte de estudio que se han considerado, los cuales se muestran en las tablas 5.1 al 5.4:



Tabla 5.1

Perdidas de potencia por alimentador del sistema Sicuani 2018

ALIMENT.	CON GENERACIÓN DISTRIBUIDA						SIN GENERACIÓN DISTRIBUIDA					
	P Pérdidas MW	P Pérdidas %	Q Pérdidas MVar	Q Pérdidas %	P Gen MW	Q Gen MVar	P Pérdidas MW	P Pérdidas %	Q Pérdidas MVar	Q Pérdidas %	P Gen MW	Q Gen MVar
SI-01	0.103	8.576	-0.105	12.915	1.201	0.301	0.126	10.491	-0.071	8.864	1.201	0.329
SI-02	0.026	3.462	0.035	14.170	0.751	0.247	0.026	3.462	0.035	14.170	0.751	0.247
SI-03	0.127	13.525	0.152	54.676	0.939	0.278	0.127	13.525	0.152	54.676	0.939	0.278
SI-05	0.186	8.587	0.203	20.588	2.166	0.986	0.186	8.587	0.203	20.588	2.166	0.986
TOTAL	0.442	8.740	-0.495	21.456	5.057	1.812	0.465	9.195	-0.461	20.035	5.057	1.840

Como se observa en la tabla 5.1 en el análisis de los alimentadores de Sicuani y Combapata se tiene una demanda máxima total de 5.057 MW con y sin GD respectivamente, considerando las pequeñas centrales de generación de Hercca y Langui no llegan a cubrir la demanda máxima requerida.

La potencia distribuida en todo el sistema muestra la reducción del nivel de pérdidas de potencia activa, que con GD es 0.442 MW que equivale a 8.740% y la pérdida reactiva es -0.495 MVar que equivale a 21.456% en el caso de sin GD presenta un incremento de pérdidas activas que asciende a 0.465 MW que equivale 9.195% y la pérdida reactiva representa una disminución de -0.461 MVar que equivale 20.035% estos valores se representan durante las horas punta de máxima demanda de los alimentadores, haciendo una comparación con y sin GD la diferencia de pérdidas activas sería de 0.023 MW de ahorro de compra de energía gracias a la incorporación de la generación distribuida.



Tabla 5.2

Tensiones críticas por alimentador del sistema Sicuani 2018

ALIMENT.	U. NOMINAL KV	CON GENERACIÓN DISTRIBUIDA			SIN GENERACIÓN DISTRIBUIDA		
		NODO NOMBRE	U KV	ΔV %	NODO NOMBRE	U KV	ΔV %
SI-01	10	MT0040674	9.728	2.717	MT0040674	9.247	7.532
SI-01	22.9	ESE004NMT000870	22.266	-0.266	ESE004NMT000870	21.678	5.337
SI-02	10	ESE004NMT001478	9.867	1.332	ESE004NMT001478	9.867	1.332
SI-03	10	ESE004NMT007936	9.319	6.810	ESE004NMT007936	9.319	6.810
SI-05	10	ESE004NMT001901	9.366	6.341	ESE004NMT001901	9.366	6.341

Fuente: Elaboración-Propia

Como se observa en la Tabla 5.2, se han determinado las tensiones críticas y mínimas por nodos, de acuerdo al límite establecido en el Código Nacional de Electricidad y Suministro las caídas de tensión en zonas rurales no deben superar el $\pm 6\%$ del valor nominal y para el caso de zonas urbanas $\pm 3.5\%$ de su tensión nominal, los alimentadores críticos son SI-01 con tensión de 9.247 KV llegando hasta 7.532% (sin GD), SI-03 con tensión de 9.319 KV llegando hasta 6.810% (con GD) y SI-05 con tensión de 9.366 KV llegando hasta 6.341% (con y sin GD) respectivamente, pasando los límites establecidos para la zona urbana y rural que se da por la norma (CNES y NTCSE), debido a las extensas longitudes de cada uno de los alimentadores y contribuyendo al crecimiento de las pérdidas en la red.



Tabla 5.3

Cargabilidad máxima por alimentador del sistema Sicuani 2018

ALIMENT.	U.Nominal KV	CON GENERACIÓN DISTRIBUIDA				SIN GENERACIÓN DISTRIBUIDA			
		LÍNEA	Cargab. %	P Perd. KW	F d P Cos Φ	LÍNEA	Cargab. %	P Perd. KW	F d P Cos Φ
SI-01	10	ESE004MT01639	18.211	0.212	0.921	ESE004MT00085	25.774	0.748	0.972
SI-01	22.9	ESE004MT00702	4.980	0.021	0.838	ESE004MT00702	5.099	0.022	0.874
SI-02	10	ESE004MT00065	21.834	0.047	0.950	ESE004MT00065	21.834	0.047	0.950
SI-03	10	ESE004MT01389	36.696	1.568	0.960	ESE004MT01389	36.696	1.568	0.960
SI-05	10	ESE004MT02115	65.079	3.449	0.912	ESE004MT02115	65.079	3.449	0.912

Fuente: Elaboración-Propia

En la Tabla 5.3 se presenta los alimentadores que tienen mayor porcentaje de cargabilidad y perdidas activas de todos los alimentadores de Sicuani, obteniendo el valor más elevado en el alimentador SI-05 de 65.079% y 3.449 KV respectivamente dentro de la tensión nominal de 10.5 KV.

El sistema de Sicuani se presenta el aumento de la cargabilidad al inicio de la troncal de los alimentadores y transformadores, haciéndose dificultosa la ampliación de carga de la red, por consiguiente, se hace difícil poder llegar a los extremos de estos alimentadores con un suministro de buena calidad.



Tabla 5.4

Flujo de corrientes por alimentador del sistema Sicuani 2018

ALIMENT.	TENSIÓN KV	CON GENERACIÓN DISTRIBUIDA			SIN GENERACIÓN DISTRIBUIDA		
		CORRIENTE POR FASE (KA)			CORRIENTE POR FASE (KA)		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
SI-01	10	0.005	0.007	0.008	0.079	0.071	0.066
SI-02	10	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046
SI-03	10	0.079	0.046	0.045	0.079	0.046	0.045
SI-05	10	0.140	0.140	0.132	0.140	0.140	0.132

Fuente: Elaboración-Propia

Como se puede observar en la Tabla 5.4, el alimentador SI-02 presentan un flujo de corriente balanceado en sus fases RST, estos se encuentran en zona urbana y rural; con respecto a los restantes ocurre lo contrario ya que presentan flujos desbalanceados en sus fases, originando incremento de pérdidas de potencia.

5.1.2. Discusiones sobre resultados de calidad de agua.

Agua turbinada

Caudal

En el punto de control N° 1 durante los meses de enero; febrero y marzo, los valores del caudal fueron 1,87 m³/s; 1,72 m³/s y 1,73 m³/s respectivamente. Este parámetro no tiene norma de referencia en los LMP para agua.

Figura 5.1. Resultados del caudal medido in situ en el punto de control.

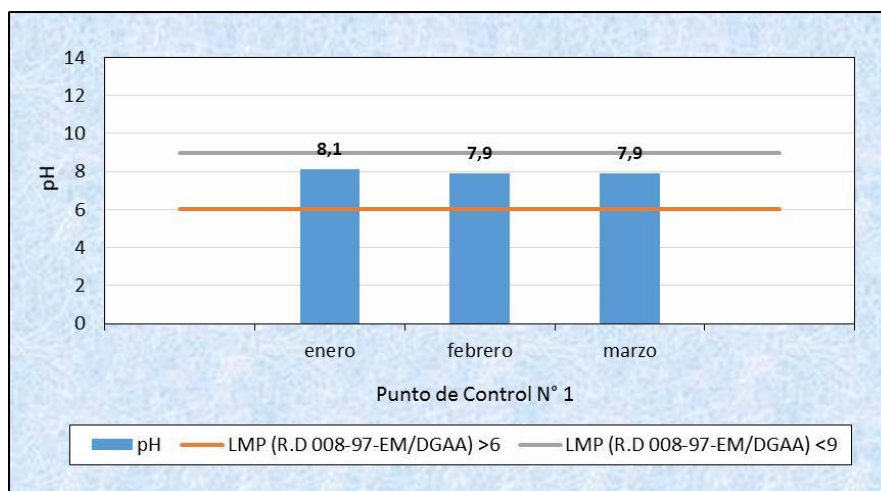


Fuente: Elaboración propia

pH

En el Ppnto de control N° 1 las variaciones de pH durante los meses de enero; febrero y marzo, fueron 8,1, 7,9 y 7,9 respectivamente; encontrándose estos valores dentro de lo establecido por la R.D N° 008-97-EM/DGAA.

Figura 5.2. Resultados del pH medido in situ en el punto de control



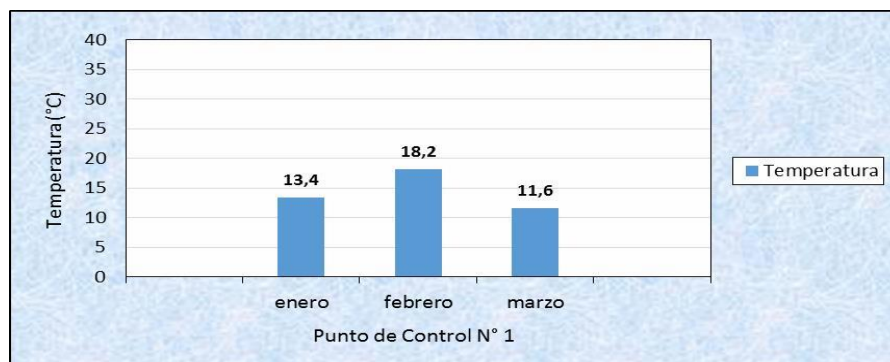
Fuente: Elaboración propia



Temperatura

En el punto de control N° 1 durante los meses de enero; febrero y marzo, la temperatura del agua fue 13,4 °C, 18,2 °C y 11,6 °C respectivamente. Este parámetro no tiene norma de referencia en los LMP para agua.

Figura 5.3. Resultado de la temperatura medida in situ en el punto de control.

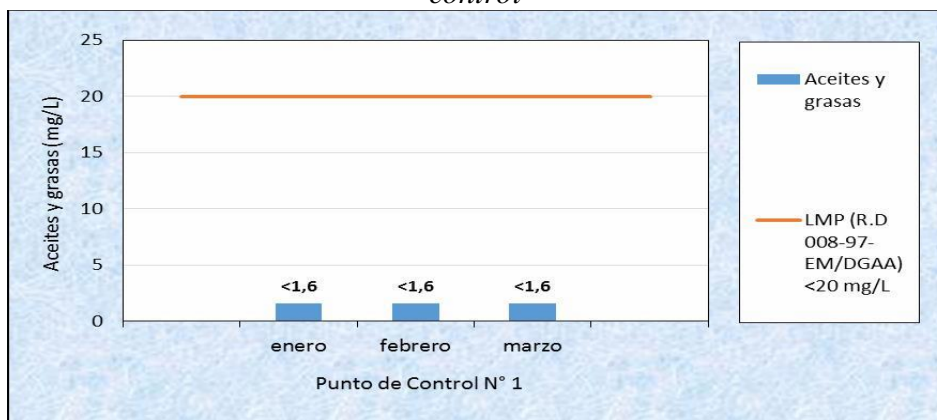


Fuente: Elaboración propia.

Aceites y grasas

En el punto de control N° 1 durante los meses de enero; febrero y marzo, no se detectaron concentraciones de aceites y grasas; encontrándose dentro de lo establecido por la R.D N° 008-97-EM/DGAA.

Figura 5.4. Resultados de la Concentración de Aceites y Grasas en el punto de control



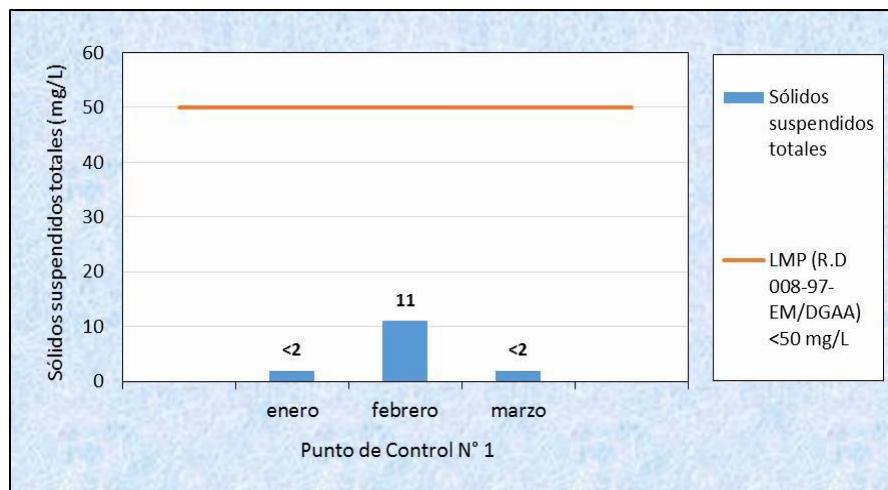
Fuente: Elaboración propia



Sólidos suspendidos totales

En el punto de control N° 1 durante los meses de enero y marzo, no se detectaron concentraciones de SST, sin embargo, para el mes de febrero la concentración de SST fue de 11 mg/L encontrándose este parámetro dentro de lo establecido por la R.D N° 008-97-EM/DGAA.

Figura 5.5. Resultados de la concentración de SST en el punto de control



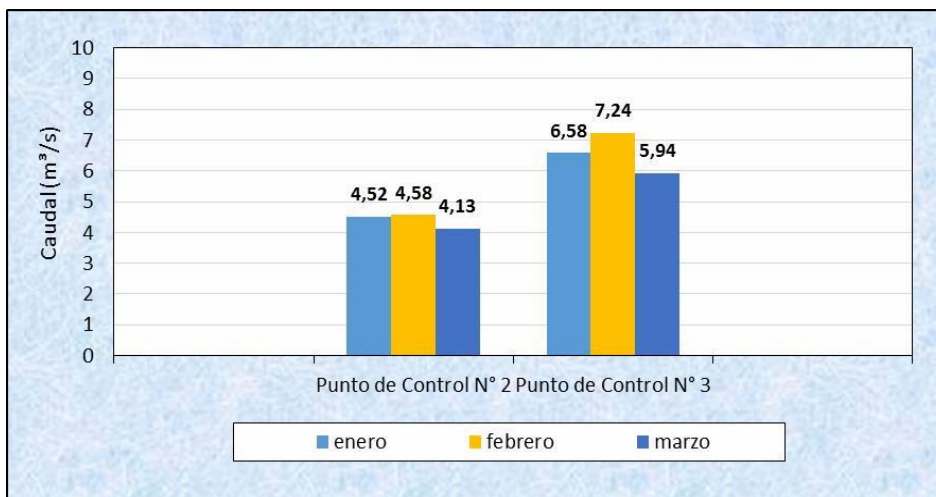
Fuente: Elaboración propia

Cuerpo receptor

Caudal

En el punto de control N° 2 los resultados obtenidos de caudal durante los meses de enero; febrero y marzo, fueron 4,52 m³/s, 4,58 m³/s y 4,13 m³/s respectivamente, mientras para el punto de control N° 3 los resultados fueron 6,58 m³/s, 7,24 m³/s y 5,94 m³/s respectivamente. No hay norma de referencia para este parámetro.

Figura 5.6. Resultados del caudal medido in situ en los puntos de control

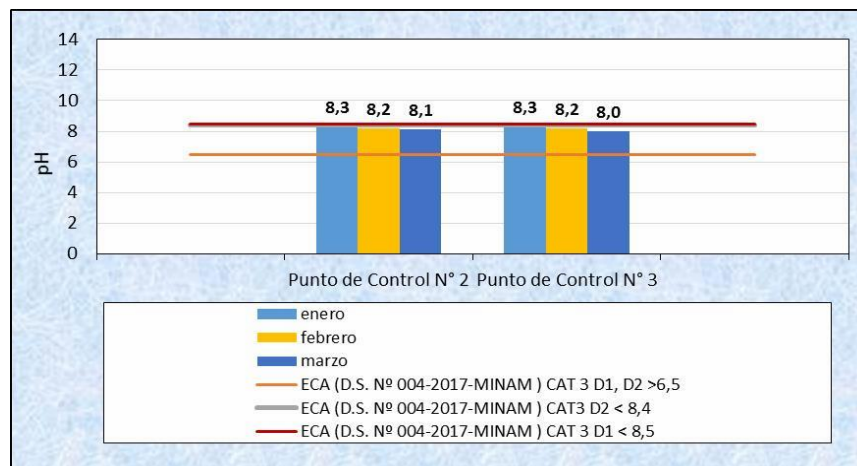


Fuente: Elaboración propia

pH

Los valores de pH durante los meses de enero; febrero y marzo, en el punto de control N° 2 fueron 8,3; 8,2 y 8,1 respectivamente, mientras para el punto de control N° 3 los resultados fueron 8,3; 8,2 y 8,0 respectivamente. Encontrándose ambas estaciones dentro de lo establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM Categoría 3 (D1: riego de vegetales y D2: bebidas de animales).

Figura 5.7. Resultados del pH medido in situ en los puntos de control



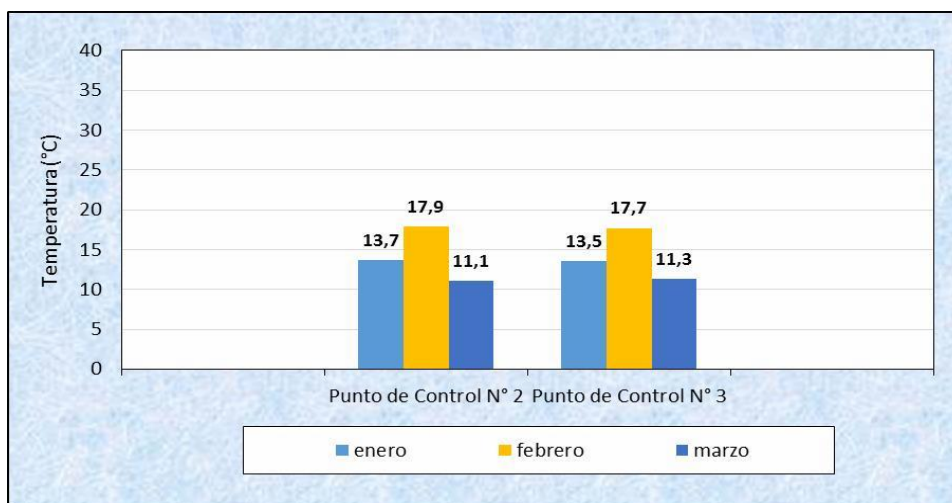
Fuente: Elaboración propia



Temperatura

Las variaciones de temperatura del agua durante los meses de enero; febrero y marzo, en el punto de control N° 2 fueron 13,7 °C, 17,9 °C y 11,1 °C respectivamente, mientras para el punto de control N° 3 los resultados fueron 13,5 °C, 17,7 °C y 11,3 °C respectivamente. Este parámetro no tiene norma de referencia en los ECA para agua.

Figura 5.8. Resultados del pH medido in situ en los puntos de control

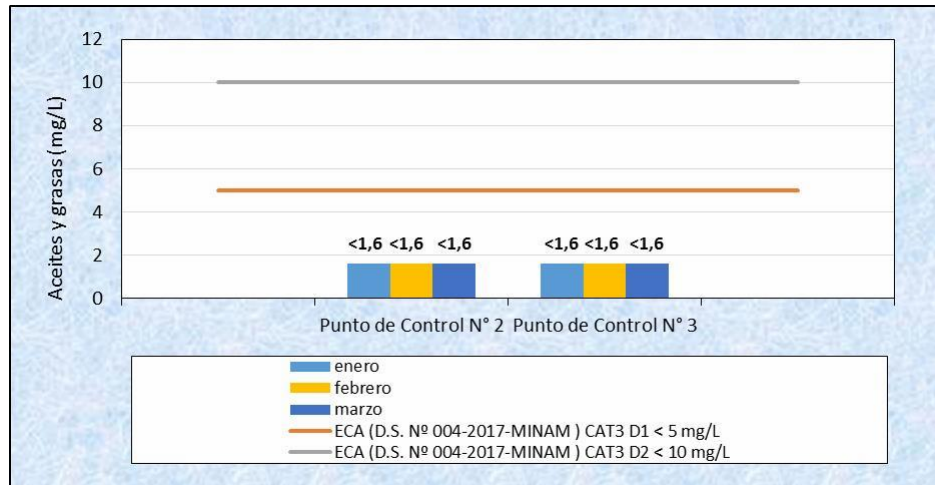


Fuente: Elaboración propia

Aceites y grasas

En las estaciones de monitoreo (punto de control N° 2 y en el punto de control N° 3) no se detectaron concentraciones de aceites y grasas durante el primer trimestre. Encontrándose ambas estaciones dentro de lo establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM Categoría 3 (D1: Riego de vegetales y D2: Bebidas de animales).

Figura 5.9. Resultados de concentración de Aceites y grasas en los puntos de control



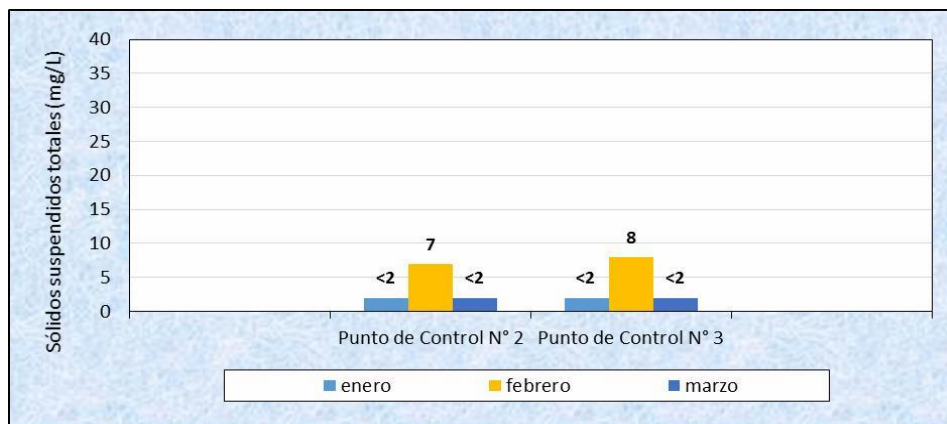
Fuente: Elaboración propia

Sólidos suspendidos totales (SST)

En las estaciones de monitoreo (punto de control N° 2 y punto de control N° 3) no se detectaron concentraciones de sólidos suspendidos totales durante los meses de enero y marzo, sin embargo, en el mes de febrero se registró una concentración de 7 mg/L y 8 mg/L respectivamente. Este parámetro no tiene norma de referencia en los ECA para agua.



Figura 5.10. Resultados de la concentración de SST en los puntos de control



Fuente: Elaboración propia.

5.2. Limitaciones del estudio

- El estudio se limita solo a la integración de la generación distribuida con la red de distribución y no incluirá la protección del generador ya que el objetivo principal es evaluar y reducir los efectos que tiene la generación distribuida sobre la operación del sistema eléctrico de Sicuani en los dos escenarios.
- El tipo de generador distribuido utilizado en esta tesis es un generador síncrono, pero se podría hacer este estudio también para otros tipos de tecnologías de generación distribuida tales como generación fotovoltaica, generador asíncrono etc.
- En una red de distribución con presencia de generación distribuida se tiene deficiencias en el funcionamiento de los relés de protección cuando la potencia de la carga es igual a la potencia de
- la generación distribuida (situación poco probable), cuando esta condición se cumple, el efecto isla no podrá ser evitado, para evitar esta condición se tendrá que dimensionar a la generación distribuida con una capacidad menor que la capacidad del circuito de la red de distribución a la cual está conectada.



- e. Carencia de antecedentes sobre investigaciones referentes al estudio de investigación a nivel regional y nacional para poder validar con trabajos similares.
- f. Falta de información de los diferentes eventos evolutivos situ del caudal de agua para la generación eléctrica y para la elaboración del del estudio de calidad de agua en el río Hercca.
- g. Falta de disponibilidad de algunos de los profesionales de la muestra estudiada, debido al desinterés que evidenciaban
- h. No existe una adecuada normatividad en el ámbito nacional y solo existen pocas bases legales respecto al tema de investigación que integra todo lo relacionado al uso de la generación distribuida aplicando energías renovables hidráulicas, esto afecta a la aplicabilidad directamente a estudios similares con otro tipo de energía renovable.
- i. Se tiene una limitación económica para realizar un estudio más detallado sobre el medio ambiente y para adquirir un software especializado para la simulación virtual de la operación del Sistema Eléctrico en los dos escenarios estudiados.

5.3. Comparación crítica con la literatura existente

En el presente trabajo de investigación se analiza mediante un estudio de tipo referencial las diferentes técnicas de revisión de literatura especializada aplicando la lectura crítica. Las fuentes primarias como libros revistos, monografías, tesis, páginas web y las fuentes secundarias que son resúmenes de bases de datos confiables y especializadas, y una tercera fuente de información la cual nos ayuda a discriminar de la base de datos lo que no aportará a la investigación. La revisión de la literatura sigue una secuencia ordenada y metodológica también es la base del marco teórico para realizar una investigación científica; así como garantiza que el trabajo pueda tener un alto impacto en la ciencia que se quiera



crear o demostrar. Se incluye en el presente trabajo una tabla donde se analiza los pasos para la revisión de literatura científica, una vez revisada la bibliografía respectiva sobre las diferentes metodologías usadas por diferentes autores sobre revisión de la literatura en diferentes estudios científicos.

5.4. Implicancias del estudio

Cabe señalar que el modelo de tesis se diseñó en un tiempo y espacio determinado y está basado en los datos reales obtenidos de la Empresa Electro Sur Este y de las dependencias del ministerio del Ambiente. La investigación del tema como un estudio original para la UAC, tendrá las implicaciones positivas en tanto que podrá satisfacer las necesidades de las diferentes entidades dedicados a la Generación Distribuida a través de energías renovables limpias que contribuyen positivamente al medio ambiente, lo cual trae como la mejora continua de calidad de suministro que se traducirán en la consolidación de la confiabilidad de operación del Sistema eléctrico a corto y mediano plazo y que sea como un aporte en el ámbitos local, regional y nacional.



CONCLUSIONES

Primera: De la evaluación del sistema eléctrico actual de Sicuani con la interconexión de la generación distribuida (GD) de las dos Pequeñas Centrales Hidroeléctricas de Hercca y Langui, se muestra una reducción del nivel de pérdidas de potencia activa en el alimentador SI-01 que asciende de 0.103 MW y 0.126 MW y sus porcentajes 8.576% y 10.491% respectivamente, mostrando una gran diferencia gracias a la incorporación de la generación distribuida.

Segunda. El perfil de tensiones en el sistema eléctrico de Sicuani se mejora con la incorporación de la generación distribuida, llegando a obtener caídas de hasta 2.717% considerando la GD y 7.532 % sin GD y la cargabilidad de las líneas de SI-01 para una operación con generación distribuida tiene un valor de 18.211% y sin GD de 25.774% existiendo una diferencia relevante.

En cuanto a la calidad de suministro se concluye que el indicador de SAIFI de los alimentadores SI-01 Y SI-03 de la red de Sicuani se obtiene resultados con generación distribuida (GD) de 10.354 y sin GD de 11.924 de igual manera se obtiene con los datos SAIDI se tiene con GD el valor de 29.658 y sin GD de 31.670, la diferencia de estos dos valores es de 2.012, esto representa que con la incorporación de la generación distribuida se mejora las interrupciones y confiabilidad del sistema de eléctrico de Sicuani.

Tercera. Del monitoreo de la calidad del agua en la operación de la central hidroeléctrica de Hercca se concluye sobre:



A. Agua turbinada

- Los parámetros pH, Aceites y Grasas y Solidos Suspendidos Totales en la estación de monitoreo (Punto de Control N° 1) se encontraron dentro de los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos producto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica que indica la R.D N° 008-97-EM/DGAA para los tres meses de monitoreo.
- La medición de caudal en la estación de monitoreo (Punto de Control N° 1) para el primer trimestre se encontró entre 1,72 m³/s y 1,87 m³/s. Este parámetro no tiene norma de referencia.
- El parámetro temperatura en la estación de monitoreo (Punto de Control N° 1) para el primer trimestre se encontró entre 11,6°C y 18,2°C.

B. Cuerpo receptor

- En las estaciones de monitoreo (Punto de Control N° 2 y Punto de Control N° 3) los valores de pH y Aceites y Grasas se encontraron dentro de lo establecido en los Estándares de calidad Ambiental para agua que indica el D.S. N° 004-2017-MINAM Categoría 3 (D1: Riego de vegetales y D2: Bebidas de animales) para el primer trimestre.
- En las estaciones de monitoreo (Punto de Control N° 2 y Punto de Control N° 3) no se detectó concentraciones de Solidos Suspendidos Totales durante el primer trimestre, sin embargo, por el mes de febrero se obtuvo concentraciones de 7 mg/L y 8 mg/L respectivamente. Este parámetro no se encuentra normado en los ECA para agua.



- En las estaciones de monitoreo (Punto de Control N° 2 y Punto de Control N° 3) las mediciones de caudal durante el primer trimestre se encontraron entre 4,13 m³/s y 7,24 m³/s. Este parámetro no tiene norma de referencia.
- El parámetro temperatura no ha sido influenciado por la descarga de agua turbinada por una diferencia de más de 3°C, para el primer trimestre se encontró entre 11,1 °C y 17,9 °C.

Cuarta. Con la integración de la generación distribuida (GD) se obtiene una demanda máxima en los alimentadores de Sicuani se tiene una demanda máxima total de 5.057MW con y sin GD respectivamente, considerando las pequeñas centrales de generación de Hercca y Langui que no llegan a cubrir la demanda máxima requerida. De la simulación de la operatividad del sistema eléctrico Sicuani, la potencia distribuida en todo el sistema muestra la reducción del nivel de pérdidas de potencia activa, que con GD es 0.442 MW que equivale a 8.740 % y la pérdida reactiva es -0.495 MVar que equivale a 21.456 % en el caso de sin GD presenta un incremento de pérdidas activas que asciende a 0.465 MW que equivale 9.195 % y la pérdida reactiva representa una disminución de -0.461MVar que equivale 20.035 % estos valores se representan durante las horas punta de máxima demanda de los alimentadores



SUGERENCIAS

1. Para mejorar la operación del alimentador SI-01 se sugiere a la empresa Electro Sur Este S.A.A cambiar la sección del conductor para transmitir mayor demanda en dicho alimentador, para disminuir las pérdidas en la red.
2. Debido a la existencia de algunos transformadores de distribución sobrecargados y otros sobredimensionados, se sugiere un estudio para la rotación o cambio de los mismos, de acuerdo con el pronóstico de la demanda elaborado para el año 2018, se debe prever un incremento en la capacidad del transformador de la Subestación transformadora de Combapata en el corto plazo y la renovación de los alimentadores SI-01, SI-05 en lo posterior.
3. Se debe realizar un estudio integral sobre la identificación de aspectos ambientales significativos con el sistema Layout
4. Es recomendable que la Entidad que administrara el Proyecto encargue la elaboración de un Sistema de Gestión Ambiental, mediante el cual se llevara a cabo la implementación del Plan de Gestión Ambiental en forma permanente. Se recomienda poner especial cuidado en el manejo del agua en la captación para evitar conflictos sociales y alteración de la flora y fauna ictiológica (caudal ecológico).



FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Considerando las conclusiones de esta tesis, y las aportaciones más relevantes, las futuras líneas de investigación derivadas de esta tesis doctoral, deben de centrarse en: - La actualización continua de los sistemas de generación distribuida, acumulación y control a través de redes eléctricas inteligentes.

- El análisis completo de operación en régimen estacionario y transitorio de las fuentes de generación, sistemas de acumulación y sistemas de control que no han sido considerados en esta tesis.
- La inclusión de consignas a los operadores de generación eólica y fotovoltaica en el sentido de proveer un control de frecuencia mediante la reducción de la potencia activa.
- La adición de consignas a los operadores de generación eólica y fotovoltaica en el sentido de suministrar una reserva de potencia a subir en situaciones de alta penetración de generación de origen no despachable.
- El desarrollo de sistemas fiables que permitan la interconexión de sistemas eléctricos con diferentes características. Estos ítems se considerarán para los futuros trabajos de investigación que se deriven de la investigación seguida en el desarrollo de esta tesis doctoral.
- Estudio de la elaboración de un Sistema de Gestión Ambiental, mediante el cual se lleve a cabo la implementación del Plan de Gestión Ambiental en forma permanente.



BIBLIOGRAFÍA

- Aeia, & Undesa. (2001). *Desafío 6: Utilizar la energía para cubrir las necesidades del desarrollo*. 21 Agencias colaboradoras.
- Aldeán Atarihuana, J. M. (2014). *Las fuentes de energía renovables y su influencia en el cambio de matriz energética. Maestría en ciencias sociales*. Universidad Flacso Andes. Obtenido de <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/10469/7545/TFLACSO-2014JMAA.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación Introducción a la Metodología científica* (6ta ed.). Caracas: Episteme.
- Arispe Alburqueque, C., Yangali Vicente, J. S., Guerrero Bejarano, M. A., Lozada de Bonilla, O. R., Acuña Gamboa, L. A., & Arellano Sacramento, C. (2020). *La investigación científica*. Guayaquil/UIDE/2020. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4310>
- Arriaga Sanchez de Tembleque, P. (2005). *Gestión de la Demanda y Eficiencia Energética*. Madrid: Documento de trabajo.
- Asociación de Pequeñas y Medianas Centrales Hidroeléctricas (APEMEC). (2010). *Las Minihidro y la Meta 20-20 del Gobierno Peruano*.
- Bassam. (2010). *Proyectos de generación de energía con biomasa aprobados por el Sistema de Evaluación ... mayor productividad, con 2.500 L aceite ha-1*.
- Bernald Torres, C. A. (2006). *Metodología de la Investigación Para administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales* (Segunda ed.). (L. G. Figueroa, Ed.) México: Pearson. doi:ISBN 970-26-0645-4
- Bodansky, D. (2004). *Energía Nuclear*.
- Boyle, G. (2010). *Tecnologías de Energía Renovable Para La ... Marcial Pons*. Madrid.
- Bradford, T. (2006). *Solar Revolution*. Energy Policy .
- Castells, X., & Bordas, S. (2012). *Energía, Agua, Medioambiente Territorialidad y Sostenibilidad* (Diaz de Santos ed.). Madrid.
- Contreras, S. (2007). *Generación Eléctrica con Energías Renovables*. Energia.
- Cornejo Solórzano, V. H. (2017). *Generación Distribuida en Redes Secundarias en Arequipa*. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Daena. (2015). *Historia y Uso de Energías*. International Journal of Good Conscience. doi:ISSN 1870-557X
- Decreto Supremo N° 020-97. (1997). *Norma Técnica De Calidad De Los Servicios Eléctricos (NTCSE-COES)*.



- Demirel, Y. (2012). *Energy Production, Conversion, Storage, Conservation, and Coupling. Colección Green Energy and Technology.*
- DiPippo. (2008). *Energías Renovables y Medio Ambiente. Su Regulación Jurídica en Ecuador Dr. C. Pascual Felipe Correa Álvarez.* España.
- Directiva de OSINGERMIN . (2014). *El Proyecto de Resolución Que Aprueba el “Procedimiento Para Gestión de la Demanda Y Eficiencia Energética.* Res. N° 012-2014-OS/CD.
- Empresa Electro Sur Este S.A.A. (2016). *La Gestión de la Demanda de Electricidad (Vol. 1).* España.
- Flores Larico, J. A. (2018). *Metodo Para La Mejora Del Suministro Sostenible De Energía Eléctrica Renovable Con Celdas Fotovoltaicas En Las Zonas Rurales De La Región Arequipa, 2018”. Maestría en Ciencias, Ingeniería de Proyectos con mención en Gerencia Medioambiental.* Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, Arequipa.
- Foladori, G. (2005). *Modernización ecológica, cambio tecnológico y globalización*, en *Economía, Sociedad y Territorio.* Toluca, México: El Colegio Mexicalense.
- Foladori, G., & Tomsino, H. (2000). *El Concepto de Desarrollo Sustentable Treinta años después, en Desemvolvimiento y Medio Ambiente.* (UFPR, Ed.)
- Forsund, F. R. (2010). *Hidropower Economics.* Berlin: Springer. doi:10.1007/978-0-387-73027-1
- García Hernández, L. S. (2016). *Energía eólica y desarrollo sostenible en la región de la rumorosa, municipio de tecate. Tesis de Maestría.* El colegio de la Frontera Norte, Tijuana. Obtenido de <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2016/12/TESIS-Garcia-Hernandez-Luis-Salvador.pdf>
- García, J., Banal Estanol, A., & Trillas , F. (2009). *El poder de mercado bajo el nuevo diseño del pool eléctrico español.* Madrid. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10784/566>
- Garzón Soria, P. (2010). *Tecnologías de Generación de Electricidad Incluidas las Energías Renovables.*
- Gascó Gonzales, M. V. (2013). *Integración de energías renovables en redes eléctricas inteligentes.* España: Universidad de Alicante.
- Gonzales, F. M. (2004). *Sistemas de generación distribuida, introducción a la generación distribuida eléctrica, integración de energías renovables en redes eléctricas inteligentes.*
- Hamdouch, & Zuideau. (2010). *Energía renovable no convencional: Incluye la minihidráulica y las demás ... en el mundo proviene de fuentes renovables.* En *Energías Renovables en el Mundo.*
- Hamdouch, A., & Zuindeau, B. (2010). *Sustainable Development, Yearson: Methodological Innovations Practices and Open Issues. Environmental Planning and Management, 53(4), 427-438.*



- Harwood. (2008). *Energías Renovables y Eficiencia Energética, La Politécnica ... RE Act – Acta de Energías Renovables del 2008*. Filipinas.
- Hernández Callejo, L. (2017). *Generación de Energía Eléctrica Distribuida*. España: Universidad de Valladolid (UVa).
- Hernández Sampieri, F., & Baptista, L. (2012). *Metodología de la investigación* (Cuarta ed.). Mc Graw Hill.
- Herrera. (2013). La Sostenibilidad y la Valoración Ambiental en el Marco del Desarrollo. En E. Mantilla Pinilla, *La Caimanera-Colombia, Ciencia y libertad*.
- Herrera García, M. (2013). *Descripción de Redes Inteligentes y Su Aplicación en los Sistemas de Distribución Eléctrica*.
- Horn, M. (2010). *Matriz Energética en el Perú y Energías Renovables Aprovechamiento descentralizado de fuentes renovables de energía*. Lima: Friedrich Ebert (FES).
- Jenkins. (2000). según la disponibilidad de la fuente, no suministran energía de manera centralizada. En *generación de energía renovable producen electricidad* (pág. 43).
- Jiao, Z., Gong, H., & Wang, Y. (2012). Theory-based Relay Protection System Hidden Failures Detection Method in Smart Grid. IEEE Transactions on Smart Grid. En L. J. José I. Pérez Arreaga, *la Calidad del Servicio Eléctrico*.
- Lopez, P. (2004). *Poblacion Muestra y Muestreo*. Cochabamba: UCB.
- Lorente de la Rubia. (2011). *Estudio Sobre El Estado. Actual De Las "Smart Grids"*.
- Manwell, J. F., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. (2010). *Wind Energy Explained: Theory, Design and Application*. John Wiley & Sons.
- MEM. 1994. D.S. N° 29-94-EM. (1994). *Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas*.
- MEM. 2013. R.M. N° 547-2013-MEM/DM. (2013). *Aprueban Términos de Referencia para Estudios de Impacto de Proyectos de Inversión con características comunes o similares en el subsector electricidad*. Lima.
- Mendoza Yupanqui, P. (2017). *Diseño De Generador Hidroelectrico Portable para Zonas Rurales*. Lima.
- Mills, D. R. (2004). *Advances in solar thermal electricity technology* (Vol. 76). Solar Energy.
- MINAM. 2014. R.M. N° 398-2014-MINAM. (2014). *Lineamientos para la Compensación Ambiental en el Marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)*. Lima.
- MINAM. D. S. N° 019-2009-MINAM. (2009). *Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental*. Lima: Ministerio del Ambiente.



- Ministerio de energía y Minas. (2010). *Dirección General de Electricidad - "Normas Técnica de Calidad de los servicios Eléctricos"*. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2010). El Perú y el cambio climático. Lima: Ministerio del Ambiente. En *Plan Nacional de Educación ambiental*. Lima. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe>
- NC ISO 14 044. (2009). Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida,; Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). *Soluciones de Ingeniería SOLVENTA, S. L.*
- Novoa, A. (2010). *Matriz Energética en el Perú y Energías Renovables. Contribución de las Energías Renovables*. Lima: Fundación Friedrich Ebert.
- Observatorio Industrial del Sector de la Electrónica y Telecomunicaciones. (2011). *Apuesta por la Aportación de la Sociedad de la Información y Agenda Digital*. Lima.
- Oliveros Donohue, A. A. (2012). *Mejora en la Gestión de las Energías Renovables en la Micro y Pequeña Empresa en el Perú (Mype)*”,. Piura, Perú: Universidad de Piura.
- Pineda , B., De Alvaro, E., & De Canales , F. (1994). *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Washington: OPS.
- Piumetto, M. J. (2015). *Estudio de las Influencias y Aportes de la Generación Distribuida para controlar y optimizar el funcionamiento de las redes eléctricas de distribución características de la república Argentina*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Ramirez Quiroz, E. (2015). *Modelo Estratégico para Viabilizar Proyectos de Generación de Electricidad Utilizando Energías Renovables no Convencionales en Zonas Rurales del Perú, para Promover su Desarrollo Sustentable*. Lima.
- Ramos Gonzales, M. A. (2019). *Búsqueda de Emplazamientos Óptimos para Albergar Instalaciones de Energías Renovables en La Región Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Renova. (2015). La Contribución De Las Energías Renovables Al Bienestar. *Galega de Economía*, 20, 1-16.
- Romero , P. J., & Romero, N. (2001). El desarrollo sostenible en el sector energético: Las Energías Renovables En Galicia Y Su Aportación Al Grupo Unión Fenosa. *Revista Galega de Economía*, 10(2), 1-23. doi:ISSN 1132-2799
- Romero Lankao, P. (2001). Diseño de la política ambiental mexicana. En *Política ambiental mexicana. Distancia entre objetivos y logros* (págs. 147-190). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México.
- Sayas Poma, L. (2016). *Gerente de Supervisión de Electricidad ingeniería eléctrica, integración de energías renovables en redes integración al sistema interconectado nacional*.
- Segura, H. (2005). *Estadísticas Energéticas de Canarias de 2006*. Canarias: Gobierno de Canarias. Dirección General de Industria y Energía.



- Sener. (2016). *Reporte de avance de energías limpias primer semestre 2016*. Obtenido de :https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177519/Reporte_Avance_Energ_as_Limpas_1er_sem_2016_VFinal_28122016.pdf
- Serrano , L. E. (2017). *Aportaciones para Justificar el Suministro Renovable en el Sistema Eléctrico Español y Conseguir un Modelo Energético Altamente Descarbonizado*. León, España: Universidad de León.
- Solventa Soluciones de Ingenieria S.L. (2015). *Introduccion a las Energias Renovables* .
- Torres Castillo. (2014). *Tratado de Energías Renovables*. Medellin, Colombia.
- Tovar Castillo, A. M. (2014). *Evaluación de Impacto Ambiental de la Energía Solar y Eólica en La Abiota De Colombia*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Vinicio Gonzales. (2008). Ingeniería en Telecomunicaciones Radiocomunicaciones. En *Activités et associations :Coordinateur général du bureau des élèves. Un programme* .
- Willins, & Scott. (2000). *Potencial de las Energías Renovables en la España Peninsular*. Madrid.



ANEXOS



DIgSILENT

PowerFactory 15

ANEXO A:



Software:

DIgSILENT

PowerFactory 15.1.2



DIGSILENT **PowerFactory 15**

1. Características del programa

El DIGSILENT Power Factory es una herramienta integrada para el análisis de sistemas eléctricos de potencia caracterizando técnicas confiables y flexibles de modelado y algoritmos. Ha sido desarrollado con la nueva tecnología de programación orientada a objetos y lenguaje de programación C++. Logra el mejor compromiso entre flexibilidad ilimitada y requerimientos de fácil manejo, siendo completamente compatible con Windows 7, 8 y 10 en 32 y 64 bits.

2. Funciones principales y espacio de trabajo

a. Funciones

- Flujo de potencia AC/DC
- Análisis de Corto Circuito VDE/IEC
- Fallas generales/Análisis de Eventos
- Simulación dinámica (RMS)
- Simulación de Transitorios Electromagnéticos EMT
- Análisis de Eigenvalores
- Reducción de redes
- Coordinación de Relés de protección
- Chequeo de la respuesta de unidades de Protección
- Análisis Armónico
- Cálculo de Confiabilidad
- Despacho Económico
- Interfases SCADA / GIS



- Lenguajes DSL ++ y DPL
- Diagramas unifilares del sistema modelado
- Diagrama de configuración de subestaciones
- Instrumentos virtuales para visualiza
- Interface A/D Medinas 2000 A/D

Todas estas funciones tienen acceso a una base de datos relacional rápida y común, con un sistema integrado de manejo de casos de estudio y escenarios de sistemas. Algunas características adicionales incluidas:

- Capas múltiples integradas, ventanas múltiples para ver simultáneamente diagramas unifilares u diagramas de subestaciones.
- Generación automática de configuración de subestaciones acorde al manual de la ABB con 5 configuraciones básicas, que pueden ser editadas de acuerdo a las especificaciones requeridas por el usuario.
- El sistema más moderno de ventanas con un administrador de datos integrad (Data Manager).
- Un administrador del sistema, con filosofía de manejo no redundante para la definición de casos de estudio y escenarios del sistema.
- Cálculo de parámetros (OHLs, cables, maquinas, etc.).

b. Espacio de trabajo

El programa utiliza un ambiente de trabajo muy similar al que se utiliza en Windows, las ventanas más importantes se muestran en la Figura 1.

- Ventana principal (1)
- Ventana del administrador de datos (Data Manager) (2)
- Ventana gráfica (3)
- Ventana de salida (4)



También podemos observar la barra de título, la barra del menú principal y la barra de estado.

Comencemos por estudiar los submenús que se encuentran en la barra del menú principal.

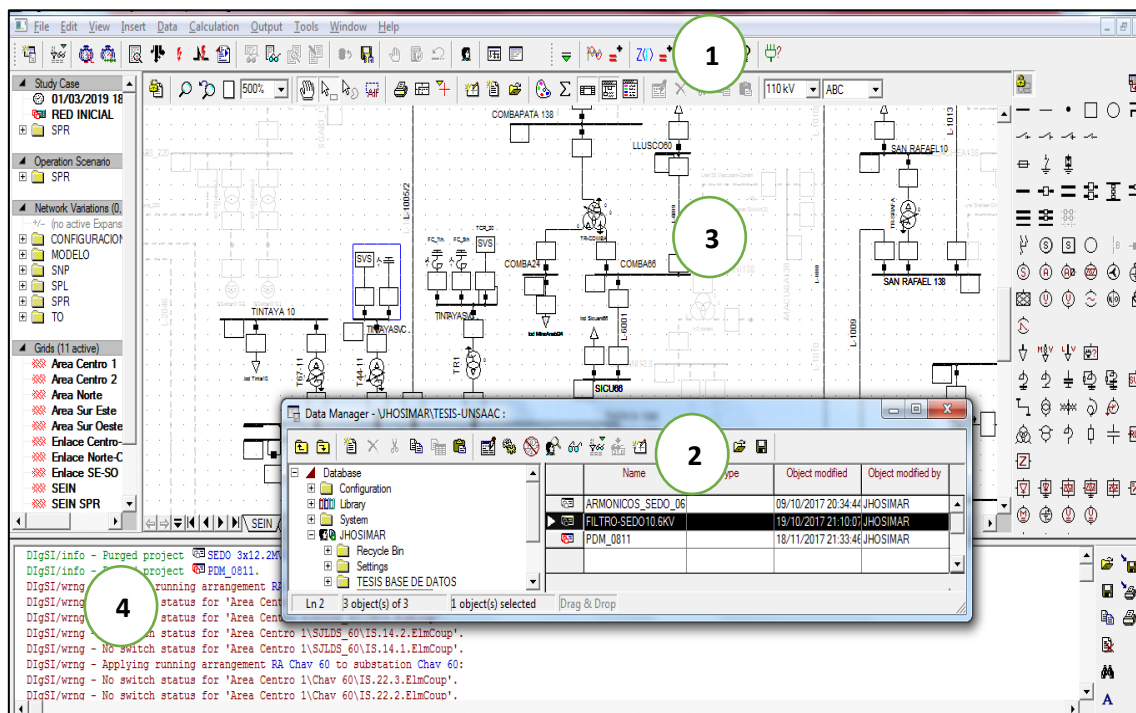


Figura N° 1: Espacio de trabajo

- **File**

En la Figura 2 se observa el despliegue del menú file en el menú principal.

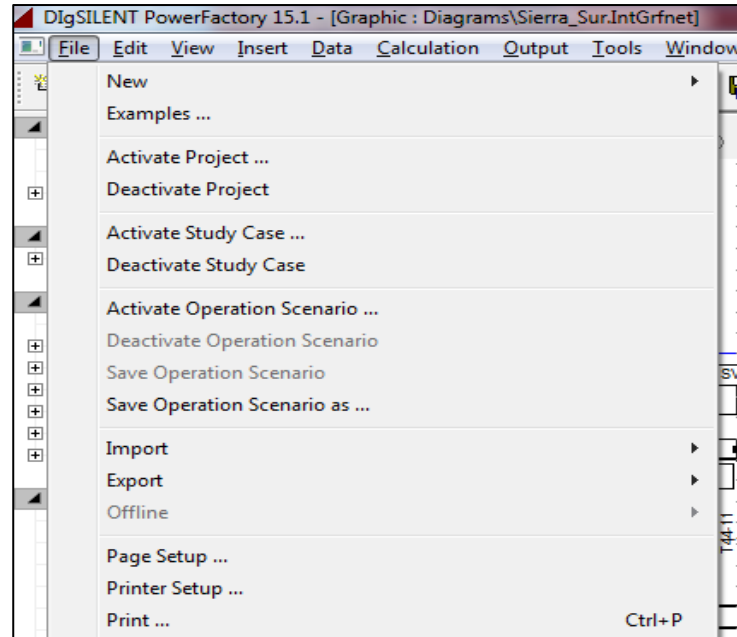


Figura N° 2: Menú file

- **Examples**

Contiene ejemplos de diversos sistemas (transmisión, distribución) con aplicación de los programas de flujo de carga; análisis de cortocircuito y cálculo de transitorios.

- **Activate Project, Desactivate Project**

Activa o desactiva proyectos que ya se encuentran en la base de datos del DigSILENT

- **Import, Export**

Funciones para exportar e importar los archivos generados (*.dz o *.pfd). Con esto se puede mantener un backup de la información generada o poder realizar el intercambio de información, en el evento de no tener una base de datos centralizada.

- **Study Case**

Edita el caso de estudio activo. En esta opción es posible: cambiar el nombre, mirar el contenido del caso de estudio, saber cuántas áreas y escenarios están asociados al caso de estudio activo y definir los prefijos de las unidades (Voltios, Amperios y Voltiamperios).

▪ **Edit**

En la Figura 3 se observa el despliegue del menú Edit.

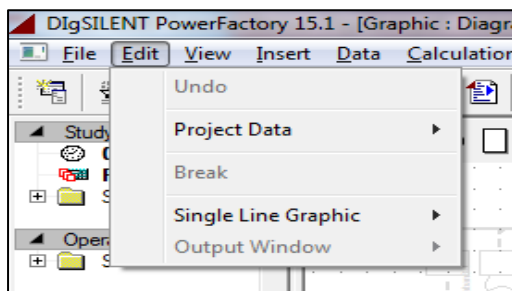


Figura N° 3: Menú Edit

- **Single Line Graphic**

Se tiene acceso a las propiedades de los diagramas unifilares de los casos que se encuentren activados y a funciones como copiar, cortar, pegar, deshacer, borrar y seleccionar.

- **Project Data**

Para definir áreas nuevas de trabajo (grids) o casos nuevos de estudio en el proyecto activo.

▪ **Calculation**

En la Figura 4 se puede observar el despliegue del menú Calculation.

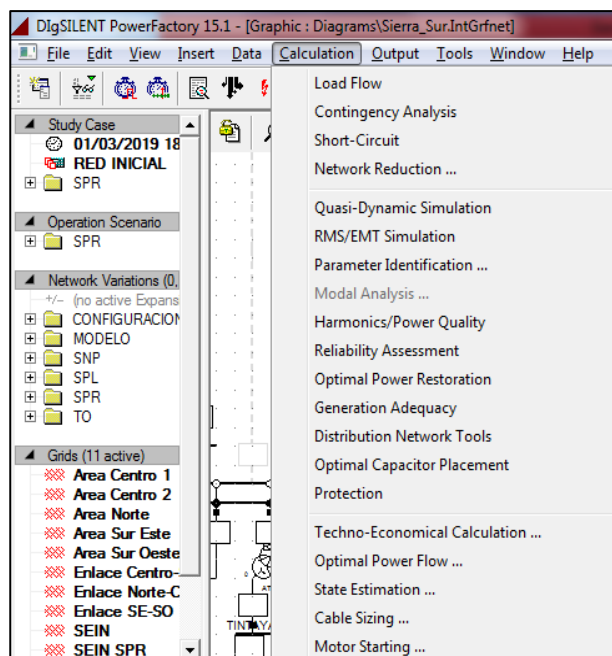


Figura N° 4: Menú calculation



En este menú se encuentran las principales funciones del software DIgSILENT PowerFactory, en este caso describiremos las opciones más importantes.

- **Load Flow**

Con esta opción se accede a la pantalla flotante del flujo de carga y sus opciones respectivas, por ejemplo: Flujo de carga con dependencia de la tensión, adaptación automática de modelos, sistemas balanceados o desbalanceados, ajuste automático de taps de transformadores, etc.

- **Short Circuit**

Acceso a la pantalla flotante del módulo de análisis de fallas y las funciones respectivas, por ejemplo: Método de solución y cálculo de las fallas (IEC, VDE), barras bajo falla, tiempo de interruptores, corrientes de corto, factores de corrección por tensión, consideración de motores, etc.

- **Stability**

Para acceder a las funciones propias del módulo de estabilidad, como son: la comprobación de las condiciones iniciales, la definición de los tiempos de arranque y paro de la simulación, análisis modal u de identificación de parámetros.

- **Harmonics**

Acceso a la máscara flotante del módulo de Armónicos, con funciones particulares como por ejemplo: Cálculo de THD bajo las normas IEEE o DIN, característica de Impedancia – Frecuencia, distribución de las fuentes de tensión – corriente de armónicos.

▪ **Data**

En la Figura 5 se puede observar el despliegue del menú Data.

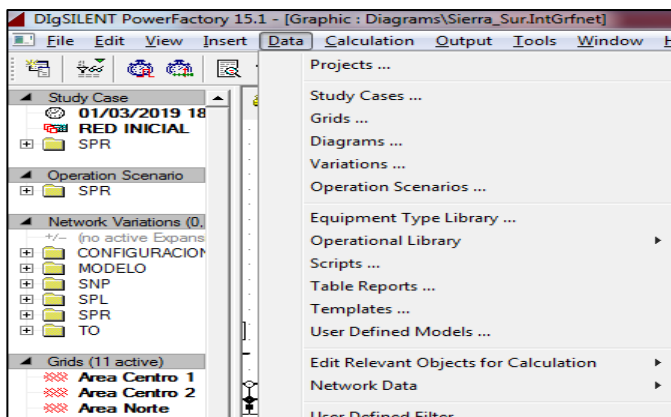


Figura N° 5: Menú Data

▪ **Output**

En la Figura 6 se puede observar el despliegue del menú Output.

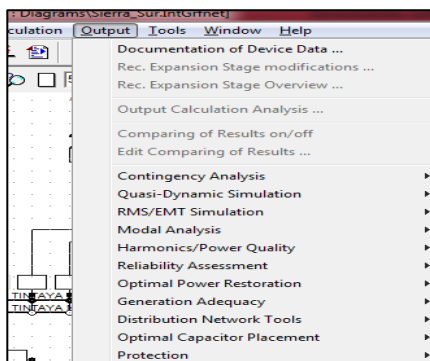


Figura N° 6: Menú Output

▪ **Window**

En la Figura 7 se puede observar el despliegue del menú Window.

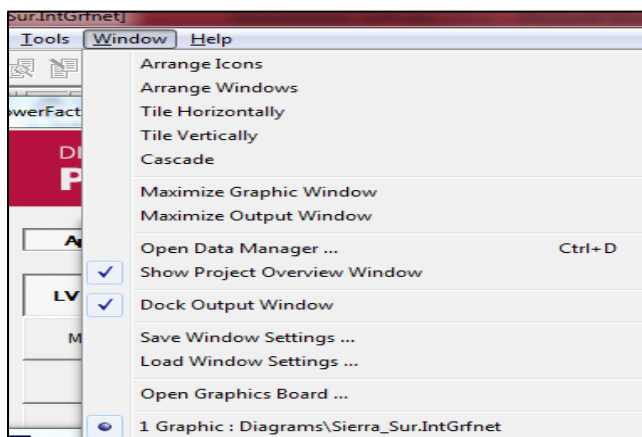


Figura N° 7: Menú Output



Para el manejo de las ventanas en la plataforma de trabajo, personalización de los iconos y espacio de trabajo se emplean las funciones dentro del menú: ARRANGE ICONS, ARRANGE WINDOWS, TILE HORIZONTALLY, TILE VERTICALLY, CASCADE, son comandos esencialmente para organizar las ventanas y su distribución dentro del espacio de trabajo.

- Save Workspace

Para salvar una distribución particular del espacio de trabajo definida por el usuario.

▪ Help

En la Figura 8 se puede observar el despliegue del menú Help.

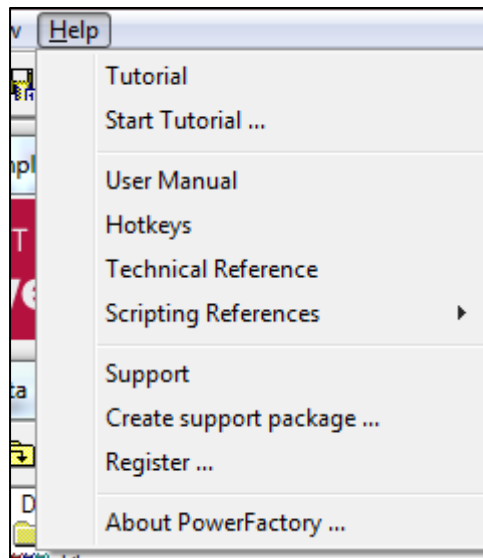


Figura N°8: Menú Help

El menú Help nos permite encontrar apoyo sobre el uso del software, así como permitir:

- Permite el acceso directo al material de ayuda en línea para el usuario inicial.
- Acceder al manual del usuario básico.
- Acceder a la ayuda en línea, sobre el soporte técnico de los distintos tópicos del programa.

Por ejemplo: funciones de cálculo, modelación de subestaciones, modelos de elementos, etc.



- Acceso a la respuesta de algunas de las preguntas más recientes que se presentan al comenzar la interacción con el programa.
- Abre una ventana que presenta información correspondiente a la versión del programa que está siendo empleada, los derechos de autor y los módulos disponibles en la versión que se está trabajando. Además, nos puede dar información acerca de si estamos en modo DEMO VERSION; es decir, si el programa no pudo leer la licencia.

3. Administración de la información

Los sistemas de potencia eléctricos se caracterizan por estar acompañados de muchos elementos los cuales a su vez contienen o están definidos por muchas variables internas. El objetivo del Data Manager es facilitar la administración de la información a los usuarios finales, es por eso que tiene definida una estructura jerárquica de información, en la cual se identifican las siguientes secciones principales.

- Examples
 - System
 - User
- **Administración de los proyectos**

Por System Stage dentro del DIgSILENT Power Factory se entiende la modificación hecha sobre una red eléctrica (Grid), la cual toma en principio la topología de datos de la red original. Se puede decir que un System Stage es una derivación de la red inicial. Esta modificación puede ser una expansión o disminución de la red (entrada o salida de elementos), una variación en la demanda, cambio de parámetros de un elemento, etc.
 - **Creación de un nuevo caso de estudio**

Al crear un nuevo proyecto por defecto el DIgSILENT Power Factory crea un caso de estudio. Como se describió anteriormente, uno de los componentes del caso de estudio es el



Summary Grid (Resumen de redes), el cual contiene las redes que se solucionarán en los distintos módulos del programa. Para la creación de un nuevo caso de estudio, se ubica el puntero sobre el proyecto y con un click derecho se despliegan las distintas opciones utilizando New / Study Case. A este nuevo caso de estudio se le asignan los System Stage generados dentro de las redes originales, los cuales constituyen un caso con la topología de la red inicial y una proyección de demanda. Con este caso activado y al correr flujo de carga se pueden observar sobrecargas en los elementos.



ANEXO B: NORMATIVA AMBIENTAL

B.1. NORMA GENERAL

1. Ley general del ambiente (Ley N° 28611)

La Ley General del Ambiente aprobada el 13 de octubre de 2005, es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú.

Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

2. Ley N° 29968, Ley de creación del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE).

La presente Ley crea el SENACE como organismo público técnico especializado, con autonomía técnica y personería jurídica de derecho público interno, constituyéndose en pliego presupuestal, adscrito al Ministerio del Ambiente.

El SENACE forma parte del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental - SEIA y es el ente encargado de revisar y aprobar los Estudios de Impacto Ambiental detallados (EIA-d) regulados en la Ley N° 27446, y sus normas reglamentarias, que comprenden los proyectos de inversión pública, privada o de capital mixto, de alcance nacional multiregional que impliquen actividades, construcciones, obras y otras actividades comerciales y de servicios que puedan causar impactos ambientales significativos.

3. D.S N° 009-93-EM, Reglamento de la ley de concesiones eléctricas

El presente Decreto Supremo aprueba el reglamento de la Ley de concesiones eléctricas que norma lo referente a las actividades relacionada con la generación, transmisión, distribución y



comercialización de la energía eléctrica, y establece un Registro de concesiones eléctricas en el que se inscribirá todo lo relacionado con la solicitud, el otorgamiento, la renuncia y caducidad de las concesiones, así como los gravámenes, actos y contratos que las afecten.

4. Ley de concesiones eléctricas (D.L. 25844)

Establece en su Art. 9°, que el Estado previene la conservación del medio ambiente y el Patrimonio Cultural de la Nación, así como el uso racional de los recursos naturales en el desarrollo de las actividades relacionadas con la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

En su Art. 3°, establece los casos en los que se requiere concesión:

La generación de energía eléctrica que utilice recursos hidráulicos y geotérmicos, cuando la potencia instalada sea superior a 10 MW.

La transmisión de energía eléctrica, cuando las instalaciones afecten bienes del Estado y/o requieran la imposición de servidumbre por parte de éste; □ La distribución de energía eléctrica con carácter de Servicio Público de Electricidad, cuando la demanda supere los 500 kW.

Mientras que en su Art. 4°, indica que se requiere autorización para desarrollar las actividades de generación termoeléctrica y la generación hidroeléctrica y geotérmica que no requiere concesión, cuando la potencia instalada sea superior a 500 kW.

5. Código nacional de electricidad –Suministro 2011

Aprueban el Código Nacional de Electricidad (Suministro 2011) mediante Resolución Ministerial N° 214-2011-MEM/DM.

Establece las reglas preventivas que permitan salvaguardar a las personas (de la concesionaria, o de las contratistas en general, o terceros o ambas) y las instalaciones, durante la construcción, operación y/o mantenimiento de las instalaciones tanto de suministro eléctrico como de comunicaciones, y sus equipos asociados, cuidando de no afectar a las propiedades públicas y privadas, ni el ambiente, ni el Patrimonio Cultural de la Nación.



6. Ley N° 27314 – Ley general de residuos solidos

La presente Ley establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

La Ley 27314 se aplica a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los sectores económicos, sociales y de la población. Asimismo, comprende las actividades de internamiento y tránsito por el territorio nacional de residuos sólidos. Con Fecha 23-12-2016, se aprobó el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, la misma que establece la derogatoria de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos, a partir de la entrada en vigencia de su Reglamento.

B.2. NORMATIVA ESPECÍFICA

1. Reglamento de protección ambiental para las actividades eléctricas (D.S. N° 029-94-EM)

Este reglamento tiene como objetivo normar la interrelación de las actividades eléctricas en los sistemas de generación, transmisión y distribución, con el medio ambiente, bajo el concepto de desarrollo sostenible.

Establece la obligación de presentar Estudios de Impacto Ambiental – EIA para operaciones nuevas, Programas de Adecuación y Manejo Ambiental – PAMA para las actividades que se encontraban operando a la fecha de aprobación de este reglamento; además se deberá presentar informes de gestión ambiental anual, dando cuenta sobre el cumplimiento de la legislación ambiental vigente, los avances de EIA o PAMA y los resultados de los controles efectuados sobre sus emisiones y vertimientos.



Este reglamento establece la necesidad de ejecutar monitoreos ambientales periódicos, que permitirán conocer los niveles de contaminación ambiental dentro del área de concesión de las empresas como consecuencia de sus actividades.

2. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM .- Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen Disposiciones Complementarias

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Los ECA para agua están orientados a proteger el ambiente y la salud y establecen objetivos de calidad que deben ser cumplidos por los diversos titulares de actividades económicas de diversos sectores, y contienen parámetros que en función al uso que se le va a dar al cuerpo natural de agua se clasifica en categorías y subcategorías.



En el presente informe la categoría a considerarse es Categoría 3: Subcategorías D1 (riego de cultivos de tallo alto y bajo) y D2 (bebida de animales) que a continuación se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 01: Estándares de calidad ambiental para agua (ECA) Categoría 3.

PARAMETRO	UNIDAD	D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
pH	-	6,5 -8,5	6,5 -8,4
Temperatura	°C	$\Delta 3$	$\Delta 3$
Aceites y Grasas	mg/L	5	10
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	-	-

Dato:

$\Delta 3$: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Fuente: Ministerio del Ambiente – MINAM

3.R.D. N° 008-97-EM/DGAAE, Aprueban niveles máximos permisibles para efluentes líquidos producto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

Aprobada por Resolución Directoral N° 008-97-EM/DGAA los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos producto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, estableciendo que la descarga del efluente a ríos no deberá incrementar en más de 3°C la temperatura del Cuerpo Receptor, considerándose este valor a partir de un radio igual a 5(cinco) veces el ancho de su cauce en torno al punto de descarga. En el caso de descargas al mar o lagos, la temperatura del efluente no deberá superar en ningún momento 50 °C en su punto de descarga.



Cuadro N°02: Límites máximos permisibles (LMP) para efluentes líquidos producto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica

PARAMETRO	VALOR PROMEDIO ANUAL	VALOR EN CUALQUIER MOMENTO
pH	6 a 9	6 a 9
Aceites y Grasas (mg/L)	10	20
Sólidos Suspendidos (mg/L)	25	50
Temperatura (°C): Incremento en el Cuerpo Receptor		$\Delta T \text{ máx} = \pm 3$

Fuente: Ministerio de Energía y Minas – MEM



ANEXO C: FICHA DE UBICACIÓN Y FOTOGRAFÍAS TOMADAS EN DIFERENTES

PUNTOS DE CONTROL DE LA C.H. DE HERCCA.

DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO:

1. Punto de control N° 1 (CH DE HERCCA)

Nombre de la Empresa : Electro Sur Este S.A.A.

Nombre de Proyecto/ Unidad/ Lote : Informe de monitoreo de calidad de
agua

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN

Código/Nombre de la estación : Punto de control N°1

Tipo de muestra : Efluente

Clase de punto : EI = Efluente Industrial

Normativa : R.D N° 008-97-EM-DGAA.

Categoría y Clasificación : categoría 3

Descripción de Ubicación : Canal de descarga de agua turbinada.

UBICACIÓN

Distrito : Sicuani

Provincia : Canchis

Departamento : Cusco

Coordenadas U.T.M.

Norte : 8 413 186

Este : 0 253 815

Altitud : 3 719 m.s.n.m.

Zona : 19

Datum : WGS - 84



Foto N° 01.- Estación de monitoreo punto de control N° 1.



2. FICHA DE UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO:

Punto de control N° 2 (CH DE HERCCA)

Nombre de la Empresa : Electro Sur Este S.A.A.

Nombre de Proyecto/ Unidad/ Lote : Informe de Monitoreo de Calidad de Agua

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN

Código/Nombre de la Estación : Punto de control N° 2

Tipo de Muestra : Agua superficial

Clase de Punto : R = Receptor

Normativa : D.S. N° 015-2015-MINAM

Categoría y Clasificación : Categoría 3

Descripción de Ubicación : Aguas arriba de la descarga.

UBICACIÓN

Distrito : Sicuani

Provincia : Canchis



Departamento : Cusco
Coordenadas U.T.M.
Norte : 8 413 239
Este : 0 253 837
Altitud : 3 690 m.s.n.m.
Zona : 19
Datum : WGS - 84

Foto N° 02.- Estación de monitoreo Punto de Control N° 2.





3. FICHA DE UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO: Punto de control N° 3 (CH DE HERCCA)

Nombre de la Empresa : Electro Sur Este S.A.A.
Nombre de Proyecto/ Unidad/ Lote : Informe de Monitoreo de Calidad de Agua

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN

Código/Nombre de la Estación : Punto de control N° 3
Tipo de Muestra : Agua superficial
Clase de Punto : R = Receptor
Normativa : D.S. N° 015-2015-MINAM
Categoría y Clasificación : Categoría 3
Descripción de Ubicación : Aguas abajo de la descarga

UBICACIÓN

Distrito : Sicuani
Provincia : Canchis
Departamento : Cusco

Coordenadas U.T.M.

Norte : 8 413 217
Este : 0 253 718
Altitud : 3 692 m.s.n.m.
Zona : 19
Datum : WGS



Foto N° 03.- Estación de monitoreo punto de control N° 3.



Foto 04: Pequeña central hidroeléctrica de Hercca





Foto 05: Vista panorámica de la central hidroeléctrica de hercca





Foto 06: Grupo de generadores de la pequeña central hidroeléctrica de Hercca





ANEXO C: COSTO REFERENCIAL DE LA PROPUESTA

C.1. Introducción

En este acápite presentaré la metodología que se emplea para poder determinar los costos en la generación y fijación de precios de energía en barra según la Ley N° 28832 para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica, también la Ley de Concesiones Eléctricas y su aplicación en la generación distribuida dentro del sistema eléctrico de Sicuani.

C.2. Estimación de costos en la generación

En el negocio de la generación como en todo negocio existen costos que los empresarios o inversionistas deben recuperar. Estos costos lo podemos considerar como costos fijos y variables que forman parte del proceso de generación eléctrica, y se clasifican de la siguiente manera.

C.3. Costos fijos

Son aquellos costos de producción que no tienen relación con el volumen de producción, representa el capital total necesario para construir una central hasta su inicio de operación comercial.

C.3.1 Costos de inversión

Representa el capital total necesario para construir una central hasta su inicio de operación comercial. Se consideran costos directos que están asociados directamente a los equipos estructuras que forman parte de la central eléctrica (obras Civiles, generador, turbina, etc.), terrenos, equipos de automatización, subestación asociada a la generación, transformadores, etc.

Para el caso de la central de Hercca se tiene los siguientes costos de inversión:



Tabla C.01: Costo de inversión

Central	Potencia	Inversión inicial	Costo de inversión
Hidroeléctrica	KW	US\$	US\$/KW INSTALADO
HERCCA	1,020.00	1,114,607.47	1,092.75
LANGUI	3,250.00	2,523,275.00	776.39

Elaboración: propia

C.3.2. Costos de operación y mantenimiento.

Son todos los costos de operación, incluyen todos los costos directos e indirectos de mano de obra y personal de supervisión cuya finalidad es ejecutar las actividades de los procesos de producción de energía, control y mantenimiento preventivo de centros de generación, con el propósito de garantizar la mayor disponibilidad operativa. Este costo aproximadamente está en 3% de la inversión total.

Tabla C.02: Costos de operación pequeña central hidroeléctrica Hercca

ITEM	CARGO	CANTIDAD	COSTO MENSUAL	MESES	COSTO ANUAL
1	Tecn.Espec.	1	S/. 1,200.00	12	S/. 14,400.00
2	Tomero	2	S/. 750.00	12	S/. 18,000.00
3	Ing. Supervisor	0.1	S/. 3,000.00	12	S/. 3,600.00
TOTAL					S/. 36,000.00
PRECIO EN					\$ 14,400.00
DOLARES					

Elaboración: Propia



Tabla C.03: Costos de mantenimiento pequeña central hidroeléctrica Hercca

Item	Descripción Actividad	Und.	Precio Unit.	Unid. Ejec.	Total anual
1	Limpieza y mantenimiento de canales	Und.	1093.73	4.774	S/. 5,221.47
2	Pintado y mantenimiento de tubería forzada, rejillas y compuertas	Und.	767.25	1.33	S/. 1,020.44
3	Mantenimiento eléctrico (SSEE, generadores, tableros, conexiones)	Und.	5000	0.7	S/. 3,500.00
4	Mantenimiento de edificios y señalización	Und.	396	5.649	S/. 2,237.00
5	Mantenimiento mecánico de grupos (Turbinas, Reguladores, Válvulas, etc)	Und.	962.5	0.595	S/. 572.69
TOTAL					S/. 12,551.60
PRECIO EN DOLARES					\$ 5,020.64

Elaboración: Propia

Tabla C.04: Costos de operación pequeña central hidroeléctrica Langui

ITEM	CARGO	CANTIDAD	COSTO MESUAL	MESES	COSTO ANUAL
1	Tecn.Espec.	1	1200	12	S/. 14,400.00
2	Tomero	2	750	12	S/. 18,000.00
3	Ing. Supervisor	0.25	3000	12	S/. 9,000.00
TOTAL					S/. 41,400.00
PRECIO EN DOLARES					\$ 16,560.00

Elaboración: Propia



Tabla C.05: Costos de mantenimiento pequeña central hidroeléctrica Langui

Ítem	Descripción Actividad	Und.	Precio Unit.	Unid. Ejec.	Total anual
1	Limpieza y mantenimiento de canales	Und.	S/. 1,093.73	6.82	S/. 7,459.24
2	Pintado y mantenimiento de tubería forzada, rejillas y compuertas	Und.	S/. 767.25	1.9	S/. 1,457.78
3	Mantenimiento Eléctrico (SSEE, generadores, tableros, conexiones)	Und.	S/. 5,000.00	1	S/. 5,000.00
4	Mantenimiento de edificios y señalización	Und.	S/. 396.00	8.07	S/. 3,195.72
5	Mantenimiento Mecánico de grupos (Turbinas, Reguladores, Válvulas, etc)	Und.	S/. 962.50	0.85	S/. 818.13
TOTAL					S/. 17,930.86
PRECIO EN DOLARES					\$ 7,172.34

Elaboración: Propia

C.4. Estimación de costos fijos: [13]

$$CF = I_{INVE} + COYM$$

Donde

CF : Costo fijo

I_{INVE} : Costo de inversión

COYM : Costo de operación y mantenimiento

Considerando los costos en los cuales se han incurrido para la construcción y operación de estas dos centrales tenemos los siguientes costos fijos.



Tabla C.06: Costos fijos de las pequeñas centrales hidroeléctricas

Central Hidroeléctrica	Costo de Inversión US\$ anual	COYM US\$/ Año	COSTO FIJO anual (\$)
HERCCA	186,865.83	19,420.64	206,286.47
LANGUI	286,863.83	23,732.34	310,596.17

Elaboración: Propia

C.5. Costos variables.

Son aquellos costos que están relacionados directamente con el volumen a producir, mientras más se produce mayores costos variables se tendrá.

C.5.1. Costo de combustible

Los costos variables en las centrales hidroeléctricas son relativamente bajos, el sistema peruano reconoce los siguientes componentes:

- **Canon agua (CA)**

Corresponde a la retribución que se hace al estado por el uso del agua. La tarifa a la cual se determina corresponde al 1% de la energía producida en la central hidroeléctrica multiplicado por el precio de energía en la barra de referencia santa Rosa 220 kV en horas fuera de punta.

$$CA = 1\% * PEBFP * EPCH$$

Dónde:

CA: Retribución que se hace al estado por el uso de agua

PEBFT: Es el costo de la energía fuera de punta en la barra de referencia (Santa Rosa 220 kV), actualmente asciende a 0.045472405 S/ kW.h

EPCH: Es la energía mensual, anual que se produce en la central hidráulica considerada.



Tabla C.07: Canon del agua pequeña central hidroeléctrica Hercca

Mes	EPCH	PEBFT	C.A	C.A
	<u>KWh</u>	<u>S./KWh</u>	<u>S./MES</u>	<u>\$/MES</u>
ENERO	531,434.52	0.0428	227.45	90.98
FEBRERO	537,995.44	0.0428	230.26	92.10
MARZO	544,556.36	0.0428	233.07	93.23
ABRIL	551,117.28	0.0450	248.00	99.20
MAYO	557,678.20	0.0450	250.96	100.38
JUNIO	564,239.12	0.0450	253.91	101.56
JULIO	570,800.04	0.0473	269.99	108.00
AGOSTO	577,360.96	0.0473	273.09	109.24
SEPTIEMBRE	583,921.88	0.0473	276.20	110.48
OCTUBRE	590,482.80	0.0473	279.30	111.72
NOVIEMBRE	597,043.72	0.0473	282.40	112.96
DICIEMBRE	610,165.56	0.0473	288.61	115.44
TOTAL	6,816,795.88	0.0456	3,113.24	1,245.29

Fuente: ELSE

Elaboración propia

- **Sólidos en Suspensión (CSS)**

Corresponde al costo ocasionados por partículas que arrastran las aguas turbinadas y desgastan prematuramente, disminuyen eficiencia de las turbinas de un generador, estos costos son los que corresponden a mantenimiento, pérdida de eficiencia, etc.

- **Valor agua (CVA)**

Es el costo de oportunidad del agua, es decir que el modelo plantea que el agua cuesta más cuando se predice que faltara agua en el futuro, por lo que lo recomendable es almacenar agua para gastarlo en el futuro, por lo que este valor agua se incrementa, haciendo que se incremente el costo variable

hidráulico y despachen unidades más baratas (pueden ser térmicas), gráficamente podemos apreciarlo en las siguientes curvas.

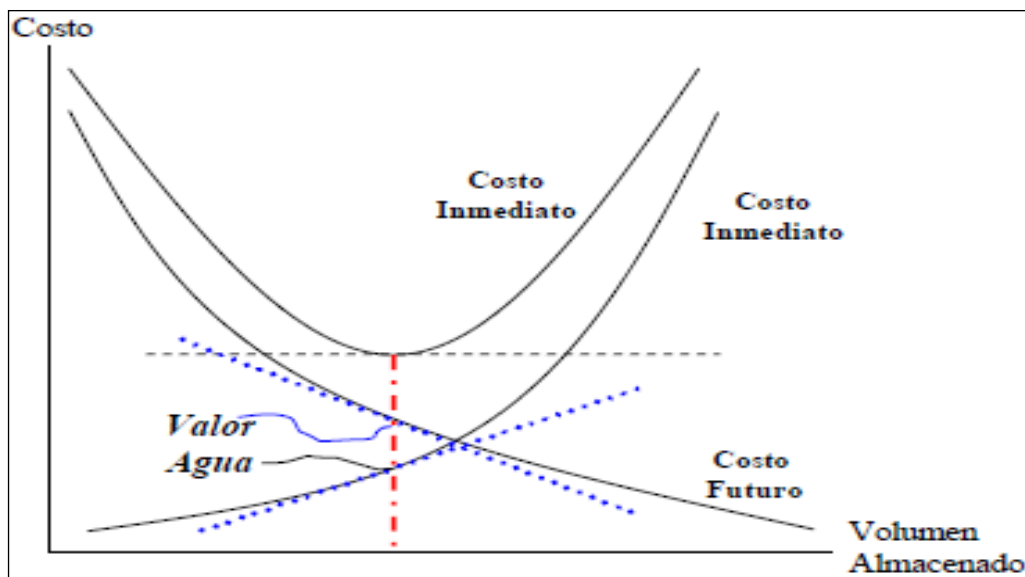


Figura 4.14: Valor del agua
Fuente: elaboración propia
Electro Sur Este S.A.A

C.5.2. Estimación de costos variables

$$CV = CA + CSS + CVA \text{ US\$/MWh}$$

Dónde:

CV : Costo variable

CA : Canon del Agua

CSS : Sólidos en suspensión

CVA : Valor del agua

Para el caso de las Pequeñas centrales hidroeléctricas Hercca y Langui, para la estimación del costo variable no se considera los costos de sólidos en suspensión y valor del agua, debido al tamaño de éstas.



Tabla C.09: Costos por unidad de producto

CONCEPTO	CH. HERCCA	CH. LANGUI
Inversión inicial (\$)	1,114,607.47	2,523,275.00
Costo de inversión (\$)	186,865.83	286,863.83
Vida útil (Años)	30	30
Unidades de producto por año (Kwh) Coym (\$)	6,816,795.88	18,215,137.48
Canon del agua (\$)	1,245.29	3,327.55
Costo total anual	217,220.26	327,089.74
Costo por unidad de producto (\$/Kwh)	0.0319	0.0180
Costo por unidad de producto (Ctm. S./Kwh)	7.966	4.489

Fuente: Elaboración-propia



ANEXO D: LISTADO DE CLIENTES SICUANI

LISTADO DE LIBROS

Sucursal: Canchis CRP: TODOS Periodo: 201812 Libro Inicio: TODOS
Zona: SICUANI 1 Sector: TODOS Sistema Electrico: TODOS Libro Fin: TODOS

Nro.	Codigo	Ruta	Nombre Libro	Generar Corte	Activos	Anulados	Incobrables	No Exonerado AP	Exonerado AP
1	1016	0060100	SICUANI	01	374	0	1	374	0
2	1017	0060101	SICUANI	01	797	1	11	797	0
3	1018	0060102	SICUANI	01	788	10	18	788	0
4	1019	0060103	SICUANI	01	268	3	5	268	0
5	1020	0060104	SICUANI	01	342	1	1	342	0
6	1021	0060105	SICUANI	01	527	5	1	527	0
7	1022	0060106	SICUANI	01	255	1	4	255	0
8	1023	0060107	SICUANI	01	454	4	7	454	0
9	1024	0060108	SICUANI	01	237	0	3	237	0
10	1025	0060109	SICUANI	01	456	4	10	456	0
11	1026	0060110	SICUANI	01	1516	2	8	1516	0
12	1027	0060111	SICUANI	01	1415	5	12	1414	1
13	1028	0060112	SICUANI	01	2894	9	16	2894	0
14	1029	0060113	SICUANI	01	959	8	14	959	0
15	1030	0060114	SICUANI	01	340	1	3	340	0
16	1031	0060115	SICUANI	01	351	1	5	351	0
17	1032	0060116	SICUANI	01	194	0	2	194	0
18	1033	0060117	SICUANI	01	108	0	1	108	0
19	1034	0060118	SICUANI	01	423	0	0	423	0
20	1035	0060119	SICUANI	01	223	0	4	223	0
21	1037	0060121	SICUANI	01	29	0	2	29	0
22	1038	0060122	SICUANI	01	466	1	3	466	0
23	1039	0060123	SICUANI	01	174	1	1	174	0
24	1040	0060124	SICUANI	01	321	0	1	321	0
25	1041	0060125	TRAPICHE	01	152	0	1	152	0
26	1042	0060126	USCUPATA	01	77	1	3	77	0
27	1043	0060127	TOTORANI LIZANI	01	23	0	0	4	19
28	1044	0060128	TOTORANI HUANUMA	01	590	3	6	168	422
29	1045	0060129	CHUCHAPATA	01	77	1	2	8	69
30	1046	0060130	SICUANI NEGRO CANCHA	01	526	3	6	526	0
31	1047	0060131	SICUANI SANTA SOFIA	01	140	1	4	140	0
32	1048	0060132	SICUANI ANDA LUZ	01	291	1	7	156	135
33	1049	0060133	SAN ISIDRO	01	114	0	2	114	0
34	1050	0060134	CHILI CHILI	01	102	3	4	34	68
35	1051	0060135	CRUZ CUNCA	01	59	0	1	20	39
36	1052	0060136	CHIHUACO CHILCOMA	01	51	0	1	8	43
37	1053	0060137	SUCUTANI	01	209	1	7	88	121
38	1054	0060138	CHIHUACO CHARA CHIH	01	120	0	3	22	98
39	1055	0060139	TOTORANI	01	55	0	1	7	48
40	1056	0060140	QQUEHUAR	01	201	2	1	89	112
41	1057	0060141	QQUEHUAR	01	71	0	2	15	56
42	1058	0060142	QQUEHUAR	01	168	1	1	61	107
43	1059	0060143	VISCACHANI	01	82	2	2	26	56
44	1060	0060144	SANTA BARBARA	01	126	0	6	126	0
45	1061	0060145	LARI PUCHURI	01	189	1	2	25	164
46	1062	0060146	SILLOTA	01	130	0	0	45	85
47	1063	0060147	HUITACA	01	55	0	0	6	49
48	1064	0060148	PATAPATA	01	93	0	0	93	0
49	1065	0060149	CCANCCAHUA	01	165	0	2	12	153
50	1066	0060150	PAMPACALASAYA	01	98	0	1	8	90
51	1067	0060151	PAMPACALASAYA	01	9	0	0	1	8
52	1068	0060152	PAMPACALASAYA	01	169	0	0	23	146
53	1069	0060153	PAMPACALASAYA	01	4	0	0	0	4
54	1070	0060155	SUNCHUCHUMO	01	81	0	1	13	68
55	1071	0060156	IPACUY	01	53	1	0	10	43
56	1072	0060157	BARRIO CGALUYO	01	36	0	5	36	0
57	1073	0060158	PATATINTA	01	45	0	1	10	35
58	1074	0060159	CALLANCA	01	21	0	1	6	15
59	1075	0060160	SUYO	01	64	0	0	19	45
60	1076	0060161	AÑUMARCA II	01	147	0	2	61	86
61	5671	0060163	INDUSTRIAL PANAMERICANA	01	149	0	1	149	0
62	5672	0060164	APV PROPIETARIOS WIRACOOCHA	01	79	0	0	78	1
63	1077	0060165	CHUMO	01	107	2	1	52	55
64	1078	0060166	CHUMO	01	159	0	5	100	59
65	1079	0060167	CHUMO JANANPAMPA	01	609	1	8	607	2



66	1080	0060168	CHUMO SUYO	01	41	1	0	3	38
67	1081	0060169	CHUMO URAYPAMPA	01	300	0	0	219	81
68	1082	0060170	CHUMO URAYPAMPA	01	121	4	3	91	30
69	1084	0060172	PREPAGO SICUANI	01	0	0	0	0	0
70	1085	0060175	SENCCA CHECTUYOC	01	87	1	1	87	0
71	1086	0060176	SENCCA CHECTUYOC	01	123	0	1	123	0
72	1087	0060177	SONDORI	01	31	0	0	9	22
73	1088	0060180	IRUBAMBA-MACHACCOYO	01	17	0	0	0	17
74	1089	0060181	IRUBAMBA-MACHACCOYO	01	31	0	2	4	27
75	6509	0060182	LLUTTUYO	01	13	0	3	13	0
76	1090	0060183	HUALLATAYRE	01	37	0	2	3	34
77	7017	0060184	APV MAYUPAMPA 1RA ETAPA	01	159	2	0	159	0
78	7177	0060185	PUCARA	01	12	0	0	12	0
79	7178	0060186	LAYHURE Y BORA APACHETA	01	14	0	0	14	0
80	7179	0060187	CERRO JURURO	01	11	0	0	11	0
81	7268	0060188	SAYCUPATA	01	6	0	0	6	0
82	7180	0060189	CHAPICHUMO I	01	13	0	0	13	0
83	1091	0060190	PATA PATA	01	46	0	2	20	26
84	7181	0060191	CHAPICHUMO II	01	7	0	0	7	0
85	1092	0060192	CCOLLOCCATA	01	30	0	1	5	25
86	7182	0060193	CHAPICHUMO II - VISCACHANI	01	19	0	0	19	0
87	1093	0060194	PUGIO PUGIO	01	48	0	5	1	47
88	7183	0060195	SAN LUIS	01	13	0	0	13	0
89	1094	0060196	CUNCAPATA	01	16	0	0	0	16
90	7184	0060197	MOROCACCA	01	7	0	0	7	0
91	1095	0060198	PATACALASAYA - I	01	74	0	1	16	58
92	1096	0060199	PATACALASAYA II	01	40	0	1	2	38
93	1115	0060242	TUCSA	01	20	0	2	8	12
94	7265	0060243	VIZCACHANI	01	5	0	0	5	0
95	7185	0060244	HULLQUIPA	01	7	0	0	7	0
96	7186	0060245	TAHUANTINSUYO	01	9	0	0	9	0
97	7187	0060246	JUCUNI	01	16	0	0	16	0
98	7188	0060247	VELUYO I	01	25	0	0	25	0
99	7189	0060248	VELUYO II	01	15	0	0	15	0
100	7264	0060249	LLOCLLATA	01	13	0	0	13	0
101	7190	0060250	CCOTACUNCA	01	6	0	0	6	0
102	7191	0060251	MARCANI II	01	18	0	0	18	0
103	7192	0060252	MARCANI I	01	10	0	0	10	0
104	7193	0060253	PALLCAPATA	01	33	0	0	33	0
105	7194	0060254	CCANCCAPATA	01	28	0	0	28	0
106	7196	0060255	PALLCA	01	12	0	0	12	0
107	7195	0060256	MACHACOYO	01	16	0	0	16	0
108	7197	0060257	PACCPAMPA	01	11	0	0	11	0
109	7200	0060258	CHACAPAMPA	01	11	0	0	11	0
110	7201	0060259	AÑUMARCA I	01	12	0	0	12	0
111	7202	0060260	SOCORRO	01	9	0	0	9	0
112	7266	0060261	AÑUMARCA II	01	10	0	0	10	0
113	7203	0060262	CHACACUCHO	01	11	0	0	11	0
114	7267	0060266	PATACAPILLANI	01	7	0	0	7	0
115	4614	0600101	Capilani	01	25	0	0	25	0
116	4615	0600110	Uyumire	01	15	0	0	15	0
117	4616	0600120	Urcafa	01	27	0	1	27	0
118	4617	0600121	Urinsaya	01	14	0	0	14	0
119	4618	0600130	Huancoire	01	18	0	2	18	0
120	4619	0600131	Ura Huancotuyoc	01	20	0	2	20	0
121	4620	0600132	Hanacc Huancotuyoc	01	14	0	4	14	0
122	4621	0600133	Kaqchata	01	28	0	3	28	0
123	4622	0600134	Acco Acco	01	17	0	0	17	0

16,034

100

361



ANEXO F: MATRIZ DE CONSISTENCIA: INTEGRACIÓN DE UNA ENERGÍA RENOVABLE COMO GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE SICUANI Y SU EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA REGIÓN DE CUSCO -2018

PROBLEMA DE ESTUDIO	OBJETIVOS DE ESTUDIO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	CONCLUSIONES
<p>Problema Principal: ¿Cuáles son los impactos que puede provocar la integración de una energía renovable como Generación Distribuida (GD) en la operación del sistema eléctrico de Sicuani y su impacto ambiental en la región del cusco al año 2018?</p> <p>Problemas específicos: 1° ¿Cuál es la situación actual de operatividad del sistema eléctrico de Sicuani antes y después de la incorporación de una energía renovable como Generación Distribuida? 2° ¿Cuáles serán las mejoras técnicas en la operación del sistema eléctrico de Sicuani en redes de media tensión con la incorporación de generación distribuida? 3° ¿Cómo se puede realizar el monitoreo de calidad de agua con presencia de impactos ambientales significativos con la integración operativa de la central hidroeléctrica de Hercca?</p>	<p>Objetivo General: Evaluar los impactos de la integración de una energía renovable como Generación Distribuida (GD) en la operación del sistema eléctrico de Sicuani y su impacto ambiental en la región del cusco al año 2018</p> <p>Objetivos Específicos: 1° Evaluar la operatividad del sistema eléctrico de Sicuani antes y después de incorporar una generación distribuida como una energía renovable. 2° Analizar las mejoras técnicas en la operación del sistema eléctrico de Sicuani en redes de media tensión con la incorporación de generación distribuida. 3° Proponer el monitoreo de calidad de agua con presencia de impactos ambientales significativos con la integración operativa de la central hidroeléctrica de Hercca.</p>	<p>Hipótesis General: La integración de una energía renovable como generación distribuida optimiza la calidad de servicio en la operación del sistema eléctrico de Sicuani y se monitorea la calidad de agua de efluentes y agua turbinada de la PCH de Hercca con impacto ambiental en la región del Cusco al año 2018</p> <p>Hipótesis Especificas: 1° Se optimiza la operación del sistema eléctrico en la ciudad de Sicuani antes y después de incorporar una generación distribuida, haciendo un balance energético de la calidad de servicio en ambos escenarios. 2° Se obtiene mejoras técnicas en la operación del sistema eléctrico de Sicuani en las redes de media tensión incorporación de una Generación Distribuida, reduciendo las pérdidas de energía, mejorando los perfiles de tensión, y mayor calidad de energía eléctrica para los usuarios. 3° Se obtiene un reporte del monitoreo de calidad de agua tanto para cuerpo receptor como para efluentes líquidos de agua turbinada de la central hidroeléctrica de Hercca</p>	<p>Variables independientes: Generación distribuida: oferta de energía</p> <p>Variables dependientes: Operación del sistema eléctrico Sicuani e impacto ambiental</p> <p>Indicadores - N° de interrupciones SAIFI [%] - Duración de interrupciones SAIDI [%] Kwh</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Caudal ▪ pH del agua ▪ temperatura ▪ aceites y grasas ▪ solidos suspendidos (SST) 	<p>La investigación es de tipo aplicada y nivel explicativo, de corte transversal cuasi experimental, ya que contempló información respecto a las causas de relación entre las variables de estudio al momento de ser desarrolladas, con lo que se pudo predecir el comportamiento futuro a partir del valor de la otra relacionada. El diseño es de carácter transversal porque se toman datos reales y especificaciones fijos de los equipos en un solo momento al año 2018 para el análisis de la interconexión de la generación distribuida con y sin integración de las PCH de Hercca.</p>	<p>PRIMERA: De la evaluación del sistema eléctrico actual de Sicuani con la interconexión de la generación distribuida (GD) de las dos Pequeñas Centrales Hidroeléctricas de Hercca y Langui, se muestra una reducción del nivel de pérdidas de potencia activa en el alimentador SI-01 que asciende de 0.103 MW y 0.126 MW y sus porcentajes 8.576% y 10.491% respectivamente, mostrando una gran diferencia gracias a la incorporación de la generación distribuida. SEGUNDA. El perfil de tensiones en el sistema eléctrico de Sicuani se mejora con la incorporación de la generación distribuida, llegando a obtener caídas de hasta 2.717% considerando la GD y 7.532 % sin GD y la cargabilidad de las líneas de SI-01 para una operación con generación distribuida tiene un valor de 18.211% y sin GD de 25.774% existiendo una diferencia relevante. TERCERA. Del monitoreo de la calidad del agua en la operación de la central hidroeléctrica de Hercca se concluye sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua Turbinada: Los parámetros pH, Aceites y Grasas y Solidos Suspendidos Totales en la estación de monitoreo (Punto de Control N° 1) se encontraron dentro de los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos producto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica • La medición de caudal en la estación de monitoreo (Punto de Control N° 1) para el primer trimestre se encontró entre 1,72 m3/s y 1,87 m3/s. Este parámetro no tiene norma de referencia. <p>B. Cuerpo Receptor</p> <ul style="list-style-type: none"> • En las estaciones de monitoreo (Punto de Control N° 2 y Punto de Control N° 3) los valores de pH y Aceites y Grasas se encontraron dentro de lo establecido en los Estándares de calidad Ambiental para agua que indica el D.S. N° 004-2017-MINAM Categoría 3 (D1: Riego de vegetales y D2: Bebidas de animales) para el primer trimestre. <p>CUARTA. De la simulación de la operatividad del sistema eléctrico Sicuani, la potencia distribuida en todo el sistema muestra la reducción del nivel de pérdidas de potencia activa, que con GD es 0.442 MW que equivale a 8.740 % y la pérdida reactiva es -0.495 MVar que equivale a 21.456 % en el caso de sin GD presenta un incremento de pérdidas activas que asciende a 0.465 MW que equivale 9.195 % y la pérdida reactiva representa una disminución de -0.461MVar que equivale 20.035 % estos valores se representan durante las horas punta de máxima demanda de los alimentadores.</p>