



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**

II Programa de Elaboración de Tesis

TESIS

Para Obtener el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**Evaluación del funcionamiento para
optimizar la producción energética en la
minicentral hidroeléctrica El Verde**

Autor:

Bach. Rubio Benavides Gleyser

Asesor:

MSc. Ing. Villalobos Cabrera Jony

Lambayeque – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

II Programa de Elaboración de Tesis

TESIS

Para Obtener el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**Evaluación del funcionamiento para
optimizar la producción energética en la
minicentral hidroeléctrica El Verde**

Jurado examinador:

PRESIDENTE: MSc. Ing. Aguirre Zaquinaula Norman Osvaldo

SECRETARIO : Ing. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO

MIEMBRO : MSc. Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ

ASESOR : MSc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA

Lambayeque – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
II Programa de Elaboración de Tesis**

TESIS

TITULO

**Evaluación del funcionamiento para optimizar la producción energética en
la minicentral hidroeléctrica El Verde**

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Bach. Rubio Benavides Gleyser

MSc. Ing. Aguirre Zaquinaula Norman Osvaldo
PRESIDENTE

MSc. Ing. Yupanqui Rodriguez Carlos
SECRETARIO:

Ing. Julca Orozco Teobaldo Edgar
MIEMBRO

MSc. Ing. Villalobos Cabrera Jony
ASESOR

**Lambayeque – Perú
2022**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios todo poderoso, quien en su infinito amor y misericordia me da la vida, salud y la sabiduría que me ha permitido llegar hasta este momento tan importante de mi vida y formación profesional.

A mis padres, Orfelinda Benavides Idrogo y Segundo Belizario Rubio Guevara, quienes son el motor que me impulsa a seguir adelante, ellos fueron quienes sentaron las bases en mi formación como persona para no dar mi brazo a torcer y nunca rendirme, siendo el pilar fundamental en mi vida en el cual me apoyo día a día para poder superarme y ser mejor, brindándome siempre su apoyo y amor incondicional los cuales han hecho posible que siga adelante en la meta que me tracé para formarme como profesional.

A mis hermanos, compañeros de estudios y a los Ingenieros de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, quienes dedicaron su tiempo y esfuerzo para poder brindarme los conocimientos necesarios que me permiten desarrollarme como un profesional competente.

AGRADECIMIENTO

A Jehová Dios todo poderoso por la vida, la salud, sabiduría y entendimiento, por guiarme día a día y darme la fortaleza y las ganas de salir siempre adelante, por ponerme a los seres más especiales que son mis padres en mi camino, que a pesar de todas las adversidades presentadas estuvieron allí creyendo en mí, animándome para seguir adelante con su apoyo incondicional.

A mis padres hermanos y compañeros de estudios quienes formaron parte importante en mi etapa como estudiante y contribuyeron en mi formación tanto como profesional y como persona.

Al Ing. M. Sc. Villalobos Cabrera, Jony, quien fue designado para el asesoramiento de este trabajo, brindándome su apoyo para poder así desarrollar este trabajo de investigación, por sus consejos y paciencia que tuvo conmigo, haciendo que todo este trabajo se desarrolle con toda la pertinencia del caso.

A todos los ingenieros que laboran en la prestigiosa Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, quienes con su labor en cinco años han contribuido en darme los conocimientos necesarios para poder desarrollarme como un buen profesional competitivo, y ser una mejor persona.

RESUMEN

Evaluar el funcionamiento para optimizar la producción energética en la Minicentral Hidroeléctrica El Verde, que permitirá desarrollar sistemas de bombeo y mejorar la calidad de energía entregada al Centro Poblado El Verde y la Comunidad El Arenal, que pertenecen al Distrito de Chalamarca, Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca. Frente a la problemática existente en la Minicentral Hidroeléctrica El Verde, el tipo de investigación fue del tipo aplicada.

Se obtuvo como resultados del proceso de investigación que la Minicentral Hidroeléctrica El Verde cuenta con una potencia instalada de 60 kW con un caudal asociado de 0.230 m³/s y una altura de 54 m, luego de haber realizado la evaluación del estado situacional, esta se encuentra operando con el 59.6% de su eficiencia, evidenciando que tiene componentes en estado crítico como el tablero de control y el sistema de regulación de carga, entre otros; también del estudio se obtuvo que la minicentral podría abastecer a 152 viviendas proyectadas en 20 años y tres sistemas de bombeo de diferente capacidad, además luego realizada la optimización esta tendrá una potencia de 80 kW que permitirá abastecer la demanda del Centro Poblado el Verde y la Comunidad el Arenal, este incremento de potencia se obtiene con el caudal asociado de 0.230 m³/s.

En el estudio realizado para optimizar la producción de energía eléctrica en la minicentral se tomó en cuenta el estado en el que se encuentran los componentes, donde se plantea el mantenimiento correctivo en parte de la infraestructura civil, hidromecánica y electromecánica, además de la adquisición de nuevos componentes para cubrir la potencia demandada proyectada, el costo referencial para la optimización es de S/. 87 118, con un VAN de S/. 88 932, una TIR del 26% y un beneficio/costo del 1.26.

Palabras claves: Producción Energética, Minicentral, Potencia Instalada.

ABSTRACT

Evaluate the operation to optimize energy production in the El Verde mini-hydroelectric plant, which will allow the development of pumping systems and improve the quality of energy delivered to the El Verde Village Center and the El Arenal Community, which belong to the District of Chalamarca, Province of Chota, Department of Cajamarca. In view of the existing problems at the El Verde mini-hydroelectric power plant, the type of research was applied.

The results of the research process showed that the El Verde mini-hydroelectric plant has an installed power of 60 kW with an associated flow of 0.230 m³/s and a height of 54 m. After the evaluation of the situation, it is operating at 59.6% of its efficiency, evidencing that it has components in critical condition such as the control panel and the load regulation system, among others; also from the study it was obtained that the mini power plant could supply 152 houses projected in 20 years and three pumping systems of different capacity, also after the optimization it will have a power of 80 kW that will allow supplying the demand of the Village Center El Verde and the Community El Arenal, this increase in power is obtained with the associated flow of 0.230 m³/s.

In the study carried out to optimize the production of electric energy in the mini power plant, the state in which the components are in was taken into account, where the corrective maintenance in part of the civil, hydromechanical and electromechanics infrastructure is proposed, in addition to the acquisition of new components to cover the projected demanded power, the referential cost for the optimization is of S/. 87 118, with an VNA of S/. 88 932, an TIR of 26% and a benefit/cost of 1.26.

Keywords: Energy production, Mini-plant, Installed power.

ÍNDICE

CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1. 1. Realidad Problemática.....	4
1. 1. 1. A Nivel Mundial	4
1. 1. 2. A Nivel Nacional.....	5
1. 1. 3. A Nivel Local	5
1. 2. Problema Identificado en el Caso de Estudio.....	6
1. 3. Causa que Ocasionaron el Problema Existente.....	7
1. 4. Consecuencia si el Problema Persiste o se Agrava	7
1. 5. Aporte del Estudio	7
1. 6. Formulación del Problema.....	7
1. 6. 1. Problema General	7
1. 6. 2. Problemas Específicos	7
1. 7. Delimitación de la Investigación.....	8
1. 7. 1. Ubicación Geográfica	8
1. 7. 2. Delimitación Temporal	13
1. 8. Justificación e Importancia de la Investigación	13
1. 8. 1. Justificación de la Investigación.....	13
1. 8. 2. Importancia de la Investigación.....	15
1. 9. Limitaciones de la Investigación.....	16
1. 10. Objetivos de la Investigación.....	17
1. 10. 1. Objetivo General	17
1. 10. 2. Objetivos Específicos.....	17
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2. 1. Antecedentes del Estudio	18
2. 1. 1. Contexto Internacional.....	18

2. 1. 2. Contexto Nacional	19
2. 1. 3. Contexto Local.....	21
2. 2. Desarrollo de la Temática Correspondiente al Tema Investigado	22
2. 2. 1. Energía Hidráulica.....	22
2. 2. 2. Energía Hidroeléctrica	23
2. 2. 3. Pequeñas Centrales Hidroeléctricas	23
2. 2. 4. Tipos de Centrales Hidroeléctricas.	24
2. 2. 5. Evaluación del Estado Situacional de una Minicentral Hidroeléctrica	26
2. 2. 6. Estimación de la Demandade Energía Eléctrica	30
2. 2. 7. Estudio Hidrológico y Selección del Caudal de Diseño	37
2. 2. 8. Medición de Caudales en Ríos y Canales Abiertos.....	38
2. 2. 9. Determinación del Salto Bruto, Útil y Neto.....	42
2. 2. 10. Componentes de un Sistema Hidroeléctrico	44
2. 2. 11. Obras Civiles.....	45
2. 2. 12. Equipamiento Hidromecánico	47
2. 2. 13. Equipamiento Electromecánico.....	50
2. 2. 14. Métodos de Evaluación Económica	66
2. 2. 15. Mini y Micro Centrales Hidroeléctricas en el Territorio Peruano.....	67
2. 2. 16. Normas Legales.....	69
2. 3. Definición Conceptual de la Terminología Empleada	71
CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	74
3. 1. Tipo y Diseño de Investigación.	74
3. 1. 1. Tipo de Investigación.....	74
3. 1. 2. Diseño de la Investigación.....	74
3. 2. Población y Muestra.	76
3. 3. Hipótesis.....	76
3. 4. Variables y Operacionalización.....	76
3. 5. Método y Técnicas de Investigación	78

3. 5. 1. Métodos.....	78
3. 5. 2. Técnicas	78
3. 5. 3. Instrumentos Utilizados.....	79
3. 6. Análisis estadístico e Interpretación de Datos.....	79
 CAPITULO IV. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	 81
4. 1. Propuesta de la Investigación.....	81
 CAPITULO V. RESULTADOS Y DISCUSIONES.	 82
5. 1. Resultados	82
5. 1. 1. Estado Situacional de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde	82
5. 1. 2. Evaluación de la demanda máxima y disponibilidad del recurso hídrico.	109
5. 1. 3. Dimensionamiento y selección de nueva tecnología	121
5. 1. 4. Evaluación económica, (beneficio/costo, VAN, TIR).....	132
5. 2. Discusión de resultados.	136
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	 139
6. 1. Conclusiones.	139
6. 2. Recomendaciones.....	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de las Centrales Hidroeléctricas.....	25
Tabla 2 Clasificación de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH).....	26
Tabla 3 Cuadro Referencial de Número de Personas por Hogar.	32
Tabla 4 Consumo por Abonado Doméstico (AD) en el Ámbito Rural.....	32
Tabla 5 Cuadro de valores referenciales de tasa de crecimiento de los consumos de energía.	33
Tabla 6 Tipos de Turbinas Hidráulicas.	52
Tabla 7 Tipos de Turbinas Hidráulicas de Acuerdo al Salto.	53
Tabla 8 Parámetros del Generador Eléctricos.....	59
Tabla 9 Cuadro de las Mini y Micro Centrales Hidroeléctricas (MINEM, 2015).....	67
Tabla 10 Operacionalización de las Variables en Estudio.....	77
Tabla 11 Datos Técnicos de la Minicentral Hidroeléctrica.	83
Tabla 12 Datos Técnicos de la Microcuenca.	85
Tabla 13 Cuestionario del Check List.....	87
Tabla 14 Resultados Individuales de Evaluación.	107
Tabla 15 Tasa de Crecimiento Poblacional por Departamento.	110
Tabla 16 Tasas de Crecimiento Promedio - Censos 1940 Al 2017 – Cajamarca.	111
Tabla 17 Población Proyectada en 20 años.....	112
Tabla 18 Viviendas Proyectadas en 20 años.....	112
Tabla 19 Potencia Requerida en kW por Unidad de Vivienda.	113
Tabla 20 Consumo Mensual de Alumbrado Público.	114
Tabla 21 Puntos de Iluminación en cada ecenario.....	114
Tabla 22 Potencia Requeridapor las Cargas en Cada Caso.	116
Tabla 23 Máxima demanda y Consumo de Energía.	117
Tabla 24 Aforos Realizados Aguas Arriba de la Bocatoma.	118

Tabla 25 Datos para Determinar el Caudal Disponible.	119
Tabla 26 Caudal Promedio Disponible para ser Aprovechar por la MCH.	120
Tabla 27 Caudales de Diseño considerados para la MCH.	120
Tabla 28 Cotas de Elevación de la MCH El Verde.	121
Tabla 29 Determinación del Salto Aprovechable de la MCH El Verde.	121
Tabla 30 Potencia Hidráulica Teórica para Cada Caso.	122
Tabla 33 Potencia electrica efectiva para Cada Caso	125
Tabla 35 Ficha Técnica de cable INDECO N2XOH Unipolar	127
Tabla 36. Factores de Caída de Tensión (FCT)	128
Tabla 37 Potencias Nominales de Transformadores.....	130
Tabla 38 Potencias nominales de transformadores de Distribución (Por fabricantes)	130
Tabla 39 Costos directos e indirectos.	133
Tabla 40 Proyección de demanda y flujo.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Geográfica del Distrito de Chalamarca.	9
Figura 2 Lugar Ojo de Agua Punto Donde el Agua Subterránea Sale a la Superficie.	11
Figura 3 Ubicación Geográfica de La Minicentral Hidroeléctrica El Verde.	12
Figura 4 Formas del Aprovechamiento de Energía Hidráulica.	23
Figura 5 Construcción de la Curva de Caudales Clasificados.	38
Figura 6 Medición del Caudal Mediante el Método del Flotador.	39
Figura 7 Subdivisiones por Áreas de la Sección Transversal del Rio o Canal.	41
Figura 8 Esquema General de un Salto de Agua.	43
Figura 9 Método para Determinar el Salto o Altura.	44
Figura 10 Componentes Importantes de un Sistema de Generación Hidroeléctrico.	45
Figura 11 Canal de Conducción Abierto Tipo Trapezoidal.	46
Figura 12 Compuerta Lineal Deslizante Hidráulica.	48
Figura 13 Diagrama de la Tubería Forzada y Las Partes Que Componen.	48
Figura 14 Unión de Tubería Forzada de Acero.	49
Figura 15 Anclaje de Tubería Forzada.	49
Figura 16 Diagrama de Selección de Turbinas Hidráulicas.	54
Figura 17 Rendimiento de las Turbina.	55
Figura 18 Componentes Principales de un Generador de Corriente Alterna.	60
Figura 19 Esquema General de un Sistema de Automatización.	65
Figura 20 Procedimientos de la Investigación.	75
Figura 21 Propuesta de Investigación.	81
Figura 22 Partes de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.	82
Figura 23 Promedio Mensual de Lluvia en Chalamarca.	84
Figura 24 Delimitación de la Microcuenca Hidrográfica Aportante.	85

Figura 25 Bocatoma de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.	91
Figura 26 Canal de Conducción de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.	92
Figura 27 Daños Causados por la Erosión del Suelo en El Canal de Conducción.	92
Figura 28 Aliviadero en la Margen Derecha del Canal de Conducción.	93
Figura 29 Cámara de Carga de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.	93
Figura 30 Casa de Máquinas de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.	94
Figura 31 Conjunto Turbogenerador de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.	95
Figura 32 Canal de Descarga de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.	95
Figura 33 Compuerta de regulación de la bocatoma.	96
Figura 34. Compuerta Hidráulica de Descarga y Limpieza.	97
Figura 35 Tubería de 12” de PVC Instalada y Medición del Recorrido de La Tubería.	98
Figura 36 Válvula Principal Tipo Compuerta Instalada.	99
Figura 37 Carcasa de Soporte de la Turbina Hidráulica	100
Figura 38 Mecanismo de Regulación y Direccionamiento de Flujo.	101
Figura 39 Carcasa Donde se Aloja la Turbina Michell-Banki Instalada.	101
Figura 40 Sistema de Trasmisión de Potencia Mecánica.	102
Figura 41 Generador Síncrono de Corriente Alterna Instalado.	103
Figura 42 Tablero de Control Instalado.	104
Figura 43 Sistema de Regulación de Potencia.	105
Figura 44 Transformador Elevador Instalado en la Minicentral.	106
Figura 45 Diagrama de Chart o Radar de Chart de los Resultados de la MCH.	108
Figura 46 Selección del Tipo de Turbina Hidráulica para cada caso.	124
Figura 47 Esquema del Sistema Eléctrico.	126
Figura 48 Diagrama Unifilar del Sistema de Distribución	132

INTRODUCCIÓN

En el Perú para la producción de energía eléctrica se hace uso de diversas tecnologías, entre las tecnologías más difundidas se encuentran las centrales hidroeléctricas y las centrales termoeléctricas, que hacen uso de los combustibles fósiles, como: carbón, derivados del petróleo y gas natural, entre otros; esta última tecnología ha contribuyendo en gran medida a la contaminación ambiental, la cual se ha convertido en un problema de interés mundial desde ya hace varias décadas.

Para Mosquera (2008) “menciona que, a nivel mundial en materia de energía se enfrenta a un duro desafío, indicando que se avecinan tiempos de escasez y de precios cada vez más altos, para la producción de energía con combustibles fósiles, considerando que el petróleo que dinamizó la producción energética en el siglo XX, ya no puede ser el motor del siglo XXI”.

Por otro lado, Vargas (2011) mencionan que la contaminación que provoca el uso de fuentes energéticas como los combustibles fósiles, tienen un impacto negativo en el medio ambiente; la “necesidad de cuidado, reparación y conservación del medio ambiente, en la última década, ha venido impulsando la investigación, estudio y desarrollo de nuevas y mejores formas de producir energía eléctrica”.

Estado del Arte.

La energía hidráulica y eólica, agrupadas son las principales formas empleadas por el hombre para aprovechar la energía, durante siglos la energía proveniente del agua y el viento se emplearon para la molienda de grano y otras aplicaciones de transformación de energía para realizar trabajos mecánicos; “a finales del siglo XIX, con el advenimiento de la electricidad, surgieron las primeras centrales hidroeléctricas a pequeña escala, las cuales tuvieron un desarrollo impetuoso hasta las primeras décadas del siglo XX, fueron desplazadas paulatinamente por las centrales térmicas y los grupos electrógenos”. Vargas (2011)

“Desde la década de 1930 del siglo XX, motivado fundamentalmente por el

requerimiento regular de evitar inundaciones de los grandes ríos, se dio inicio a la construir de grandes centrales hidroeléctricas. La primera de ellas se trató de la Hoover, en el desierto de California, EE.UU., con una potencia instalada de 2000 MW”.

“Como consecuencia de la falta del petróleo, y el requerimiento de preservar el medio ambiente, sobrevino una segunda etapa para el desarrollo de la energía hidráulica, que inicio a estimular, el uso de las pequeñas centrales hidroeléctricas”. (García Faure, 2005)

Para (García Faure, 2005), “la optimización se trata de un proceso superior para la toma de decisión y validación de los proyectos. La Teoría de la estimación paramétrica del costo, más empleada hoy día en las aplicaciones industriales, es la computarizada, para el proyecto de los sistemas energéticos, que se considera una herramienta de inestimable valor, las potencialidades de los softwares que han incrementado considerablemente. Sin embargo, muy poco de ellos se refieren al énfasis de la simulación de las centrales hidroeléctricas”. (J. Liddle y A.M. Gerrad citados en García Faure, 2005), “manifiestan que se emplee la computación para el análisis de datos, seguido del procedimiento de correlación”.

Para cumplir con los objetivos planteados, la investigación se estructuro en seis capítulos como se describe a continuación:

En el Capítulo I, se presenta la realidad problemática existente en diferentes contextos que involucran a la Minicentral Hidroeléctrica El Verde, la cual nos permite realizar el estudio para evaluar las condiciones que dificultan el buen funcionamiento y el bajo rendimiento de la producción energética, haciendo uso del método de la observación, dando lugar a la formulación del problema, justificar el trabajo y presentar los objetivos.

En el Capítulo II, se presenta el marco teórico concerniente a la generación hidroeléctrica a pequeña escala, donde se muestran los antecedentes y conceptos fundamentales además del sustento científico.

En el Capítulo III, se presenta el marco metodológico, donde se describe el diseño de

la investigación, es decir la forma como se van a obtener los datos y procesarlos, describiendo las variables y realizando la operacionalización de las mismas, también se presenta la población y muestra implicada en el caso de estudio, además de describir las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados en la investigación, finalmente se describen los métodos de análisis de datos.

En el Capítulo IV, se describe detalladamente cada uno de los componentes que conforma la minicentral hidroeléctrica, además del describir el estado en el que se encuentra funcionando cada uno.

En el Capítulo V, se presenta el procesamiento de la información obtenida con el resultado de los datos en tablas y figuras, asimismo, se realiza la contrastación de las hipótesis con resultados obtenidos en base a los objetivos planteados. En este capítulo también se realiza la autoevaluación del procedimiento empleado, discusión de los alcances y significados de la investigación. Se interpreta los resultados obtenidos con respecto a la información encontrada en la literatura revisada.

Finalmente, se presentan las conclusiones a las que se llega luego de realizado el estudio, de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación, realizando recomendaciones las cuales son el aporte que sustente las medidas de acción a tomar por las organizaciones o instituciones (Públicas o privadas) materia de estudio como parte de la solución al problema investigado.

CAPITULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

1.1.1. *A Nivel Mundial*

A nivel mundial el crecimiento de la demanda de energía eléctrica y la necesidad de proteger el medio ambiente es un gran reto que enfrenta la humanidad, debido a que la matriz energética a nivel mundial se compone principalmente de dos grandes fuentes de energía las renovables y las no renovables.

Las fuentes de energía no renovables han jugado un papel muy importante en el siglo XX, dinamizando la matriz energética a nivel mundial, debido a la crisis sufrida en los años setenta, los expertos opinan que no será el motor del siglo XXI es por ellos que en las últimas décadas se ha venido apostando por una matriz energética más dinámica.

En la Unión Europea tiene como propósito priorizar la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes renovables. “Esto se debe a razones de seguridad y diversificación del suministro de energía, de protección del medio ambiente, así como la cohesión económico y social. La intención de la UE era lograr, entre otros objetivos, que para el año 2020 el 20% del consumo bruto de energía proceda de fuentes renovables, este propósito se distribuye entre los Estados miembros de la UE con planes nacionales de acción diseñados para establecer una hoja de ruta para el desarrollo de energías renovables” (Nerea, 2019, p.25).

“El consumo mundial de energía comercial, es miles de veces inferior, comparado con los flujos de energía que recibe la tierra procedente del sol. La energía hidroeléctrica, proveniente de una forma indirecta de la energía solar, comparte las ventajas de ser limpia, autóctona e inagotable como el resto de las energías renovables. Se logró calcular que la producción anual media de energía hidroeléctrica a nivel mundial es aproximadamente de 2,780 TWh, esto representa aproximadamente el 19% del total de la energía eléctrica producida” (Aranda, 2018).

1.1.2. *A Nivel Nacional*

Los científicos dedicados al campo de la producción de energía eléctrica en las últimas décadas han venido enfatizando en el desarrollo de nuevas tecnologías y la optimización de las ya existentes para un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos y así mitigar la contaminación ambiental, haciendo que la producción de energía eléctrica sea más amigable con el ambiente.

La hidroelectricidad actualmente es la principal fuente de energía renovable a nivel mundial, pero enfrenta un gran reto, debido a la oposición de los ambientalistas para la construcción de nuevas centrales además, muchas de las centrales hidroeléctricas (CH) actualmente en servicio tienen más de treinta años de operación, han cumplido su vida útil, son ineficientes, sus componentes se han deteriorado, su tecnología es obsoleta, tienen costos elevados de operación y mantenimiento, su producción ha disminuido al igual que su confiabilidad y disponibilidad, son menores sus ingresos económicos, etc., por lo que es necesario rehabilitarlas, modernizarlas o repotenciarlas para que recuperen su eficiencia y continúen operando en condiciones similares a las originales durante varias décadas más. Cabe señalar que, en el actual ambiente de cambio tecnológico acelerado, la tecnología de una central puede quedar obsoleta en 15 años.

Por otra parte “El cambio de factores energéticos a través del tiempo, teniendo en cuenta el cambio climático y el aumento de la demanda eléctrica, han provocado la necesidad de retroceder a los inicios de los sistemas eléctricos, promoviendo un modelo similar descentralizado, en el que se hace uso de tecnologías eficientes y compactas de generación para ubicar plantas de menor escala cada vez más cerca de la carga”. (Otero, 2017)

1.1.3. *A Nivel Local*

La generación de electricidad en la Comunidad El Arenal, perteneciente al Centro Poblado El Verde, Distrito de Chalamarca, Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca,

es de gran importancia para el desarrollo de las comunidades, como brindar mayor comodidad al sector residencial, así como el desarrollo de las actividades agrícolas, comerciales y productivas en la zona.

El sistema de generación hidroeléctrico “El Verde” tiene una potencia instalada de 60 kW el cual según la “Organización Latinoamericana de Energía” (OLADE), “se clasifica como minicentral por encontrarse en el rango de 50 kW – 500 kW de potencia instalada”, en adelante nos referiremos como “Minicentral Hidroeléctrica El Verde”. En el presente estudio se propone evaluar el funcionamiento para optimizar la producción energética, con el fin de mejorar las condiciones de funcionamiento y aumentar la capacidad de generación, haciendo uso de los conceptos de rehabilitación y modernización de la infraestructura y el equipamiento instalado.

Actualmente la “Minicentral Hidroeléctrica El Verde” viene operando con muchas deficiencias debido al deterioro y envejecimiento del equipamiento instalado, la minicentral hidroeléctrica inicialmente fue diseñada para abastecer de energía al Centro Poblado El Verde y parte de comunidades aledañas, pero esta ha venido perdiendo eficiencia en cuanto a la producción de energía eléctrica y con la llegada del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), esta ha venido saliendo del mercado eléctrico local, quedando con cerca de 40 usuarios conectados a su sistema de distribución, se plantea la optimización con el fin de poder suministrar energía al Centro Poblado El Verde y la comunidad El Arenal, además se incluirá en la demanda de energía el desarrollo de pequeños sistemas de bombeo, que son de suma importancia para estas localidades.

1. 2. Problema Identificado en el Caso de Estudio

En el centro Poblado El verde, se ha observado que la "minicentral hidroeléctrica" viene presentando un mal funcionamiento de las obras civiles, equipamiento hidromecánico y parte del equipamiento electromecánico.

1. 3. Causa que Ocasionaron el Problema Existente

En este estudio existen múltiples causas de diferente índole que pueden producir este problema que se ha identificado, pero para este estudio se ha definido que el problema se presenta por erosión del terreno en cuanto a la infraestructura civil, y en cuanto al equipamiento hidro y electromecánico debido a que algunos de sus componentes ya cumplieron con su vida útil y a fallas sufridas en su periodo de operación.

1. 4. Consecuencia si el Problema Persiste o se Agrava

Si esta situación problemática no se soluciona se corre el riesgo de perder el potencial hidroenergético existente en la zona, el equipamiento que aún se encuentra en buen estado y trayendo como consecuencia que la minicentral hidroeléctrica quede fuera de servicio.

1. 5. Aporte del Estudio

Se propondrá evaluar el estado actual del funcionamiento de la minicentral hidroeléctrica, para determinar las acciones que permita la optimización de la producción energética, además realizar el dimensionamiento y selección de la tecnología adecuada, para aprovechar de forma óptima el recurso hidro energético.

1. 6. Formulación del Problema

1. 6. 1. *Problema General*

¿De qué manera la evaluación del funcionamiento permitirá optimizar la producción energética en la Minicentral Hidroeléctrica el Verde?

1. 6. 2. *Problemas Específicos*

- a)* ¿Cómo identificar la situación actual de la infraestructura y el equipamiento de la minicentral Hidroeléctrica El Verde?
- b)* ¿Cómo evaluar la demanda máxima de la energía eléctrica en la zona de influencia y disponibilidad del recurso hídrico aprovechable?
- c)* ¿Cómo identificar la tecnología que permita optimizar la producción energética

en la minicentral hidroeléctrica El Verde?

d) ¿Cómo realizar el análisis económico (beneficio/costo, VAN, TIR) de la optimización de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde?

1. 7. Delimitación de la Investigación

Se describe el espacio geográfico en que se realizó el estudio, delimitándolo, describiendo, georreferenciándolo además de localizarlo geopolíticamente.

1. 7. 1. *Ubicación Geográfica*

1. 7. 1. 1 Distrito de Chalamarca.

“El distrito de Chalamarca, es uno de los diecinueve distritos, que conforman la Provincia de Chota, ubicada en el Departamento de Cajamarca, bajo la gestión del Gobierno Regional de Cajamarca, localizada en la parte Norte Central del Perú, que limita por el norte con el Distrito de Tacabamba; por el Este con los Distritos de Chadín y Paccha; por el Sur con el Distrito de Bambamarca, que es la capital de la provincia de Hualgayoc, y por el Oeste con los distritos de Chota y Conchán. Cuenta con 35 comunidades rurales”. (Wikipedia, 2019)

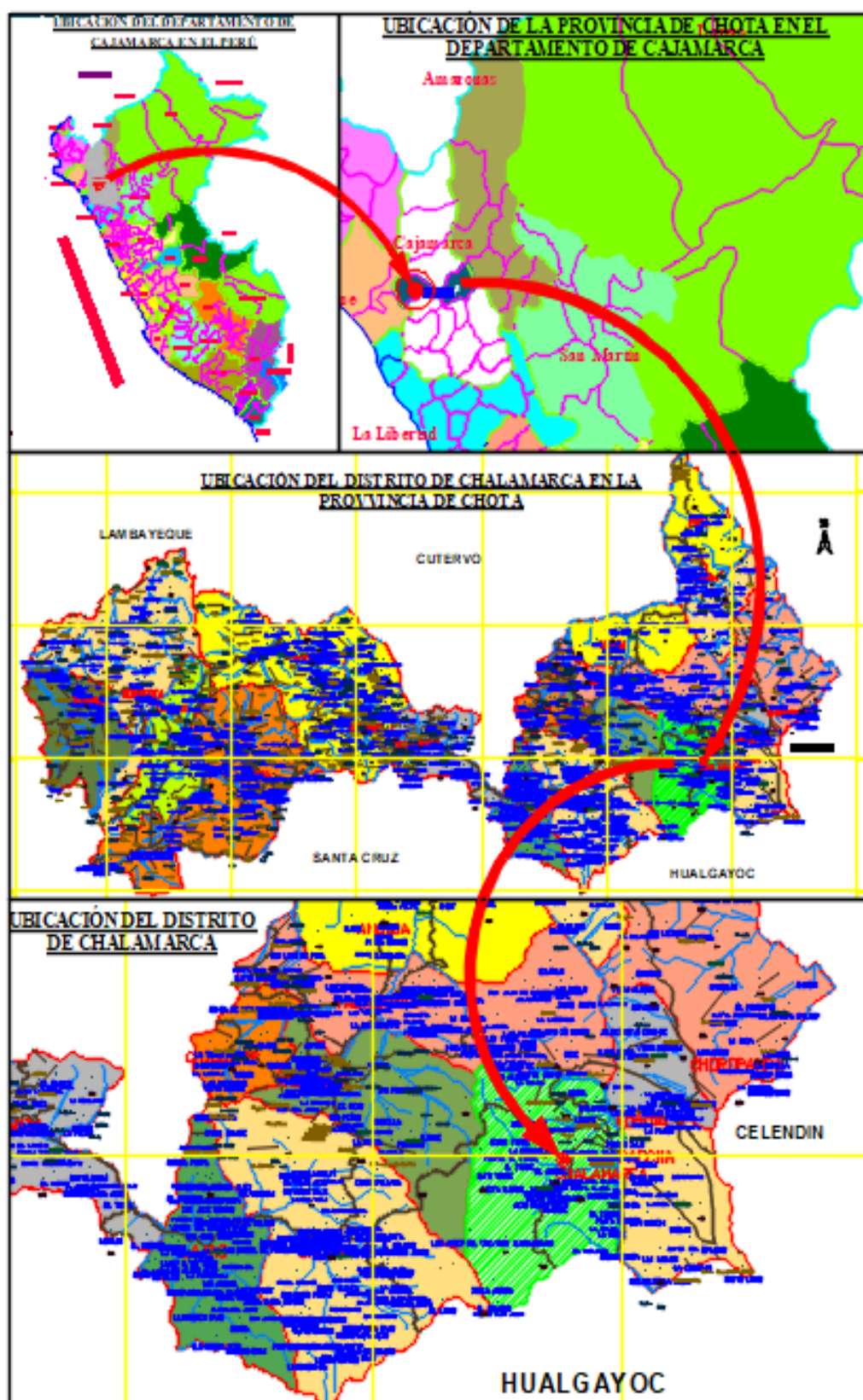
1. 7. 1. 2 Geografía del Distrito de Chalamarca.

“La geografía del distrito de Chalamarca, mantiene una extensión de 179,74 Km², que presenta una topografía distinta, desde accidentado hasta llano (Valle de Santa Clara y Namoyoc), presenta una variación de clima desde cálido hasta frío seco, puesto que su territorio suele abarcar desde la Yunga Fluvial (a orillas del río Llaucano, C.P. de Chilcapampa, Huangamarquilla, La Colpa y el Naranjo) hasta la Puna (C.P. de Bella Andina, Alto Verde, Nuevo San Juan y El Mirador)”. (Weather Spark, s.f)

En la figura 1 se puede apreciar la geolocalización del Distrito de Chalamarca, en coordenadas UTM WGS86: 9280371E - 778645S - 17M

Figura 1

Ubicación Geográfica del Distrito de Chalamarca.



Fuente. Adaptado de mapa. (Municipalidad Distrital de Chalamarca, 2017) y otros

1. 7. 1. 3 Centro Poblado El Verde.

Es uno de los once centros poblados que conforman el Distrito Chalamarca, el cual pertenece a la Provincia de Chota, considerado como Centro Poblado en el último censo realizado por el “Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el año 2017, con una población censada de 235 habitantes y 131 viviendas particulares, pertenece a la región natural quechua con una altitud de 2916 m.s.n.m”. (INEI, 2018)

Limites Geopolíticos del Centro Poblado El Verde:

- Por el Norte. CC Las Pampas El verde.
- Por el Este. CC de Las Rosas
- Por el Sur. CC San Juan Del Suro.
- Por el Oeste. CC Vista Alegre.

1. 7. 1. 4 Sector Ojo de Agua.

Denominada así por la existencia de un manantial de agua el cual lleva el mismo nombre, cuyas aguas da origen al riachuelo conocido como Ojo de Agua como se muestran en la figura 2, las aguas de este riachuelo van a dar al río Namoyoc, el cual da vida al valle de Santa Clara en el Distrito de Chalamarca; las aguas de este manantial son distribuidas entre dos comunidades, las cuales las aprovechan para la agricultura y la ganadería, el caudal que queda en el manantial sigue su curso aguas abajo donde existe la construcción de una pequeña bocatoma, la cual ayuda con el aprovechamiento de este caudal para generar energía eléctrica en la MCH El Verde, en este sector las actividades económicas que priman son la agricultura y la ganadería, en donde los cultivos más comunes son: papa, maíz, arveja, entre otros cultivos en menor cantidad.

Figura 2

Lugar Ojo de Agua Punto Donde el Agua Subterránea Sale a la Superficie.



Fuente: Elaboración propia.

1. 7. 2. *Delimitación Temporal*

Este trabajo de tesis tuvo una duración temporal de 12 meses.

1. 8. Justificación e Importancia de la Investigación

1. 8. 1. *Justificación de la Investigación*

1. 8. 1. 1 Justificación Teórica.

Este estudio cuenta con justificación teórica porque resume las bases teóricas de los autores más importantes que hacen referencia de las variables en estudio como es la evaluación del funcionamiento de las centrales hidroeléctricas a pequeña escala como son las minicentrales hidroeléctricas y la optimización de la producción de energía, que permitirá abordar el tema en estudio que tiene como objeto de estudio a la minicentral hidroeléctrica El Verde.

1. 8. 1. 2 Justificación Académica.

De igual manera también presenta justificación académica debido a que en la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, a través de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, se ha implementado dentro del campo de estudio el eje investigativo, conllevando al descubrimiento de nuevas alternativas e ideas que tiene un beneficio, tanto en la sociedad como en el investigador, ya que para consolidar los conocimientos adquiridos es necesario vincular la teoría con la práctica y lograr dar soluciones viables al objeto, situación o fenómeno concreto en nuestro entorno.

1. 8. 1. 3 Justificación Técnica.

Igualmente presenta justificación técnica por que el estudio se enfoca tomando en cuenta el análisis técnico de los datos y los aspectos técnicos involucrados en el desarrollo de proyectos hidroeléctricos a pequeña escala, como las minicentrales hidroeléctricas viendo la necesidad, de realizar una documentación que sirva de base para evaluar el funcionamiento y determinar las acciones necesarias, para la optimización de la producción energética en las pequeñas, mini, micro y pico centrales hidroeléctricas.

1. 8. 1. 4 Justificación Económica.

Así mismo también tiene justificación económica ya que en el presente estudio sobre la optimización de la producción de energía, se mejorara las condiciones de una de las tecnologías más rentable para las familias beneficiarias, lo que se traducirá en el ahorro económico al ser suministradas con la energía de la minicentral hidroeléctrica; realizando todas las mejoras técnicas en los sistemas se espera que los proyectos de mini, micro generación tenga mayor rentabilidad que permitan desarrollarse en diferentes zonas del territorio.

1. 8. 1. 5 Justificación Legal.

También cuenta con justificación legal ya que este estudio tiene como objeto de estudio a la minicentral hidroeléctrica El Verde la cual está regulada por normas y leyes correspondientes al sector energético como se menciona en la “Constitución Política del Perú”, que es el procedimiento legal, de gran jerarquía en nuestro país, en la cual resalta que es un deber necesario del Estado, garantizar el derecho de todo sujeto a gozar de un ambiente muy equilibrado para el desarrollo de su vida, además establece el aprovechamiento de los recursos naturales renovables y no renovables, que conceptualiza la concesión como obligación real, estipulado en la “Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N° 25844”, donde manifiesta que los concesionarios de generación, transmisión y distribución, se encuentran obligados a cumplir con los procedimientos de conservación del medio ambiente.

1. 8. 1. 6 Justificación Investigativa.

Debido a que los resultados obtenidos darán pie a que se continúe con el estudio de centrales hidroeléctricas a pequeña escala, ya sea tomando las mismas variables o considerando distintas variables que no se han considerado en este estudio y poder aplicar análisis previos en otros sistemas hidroeléctricos o en otra área geográfica donde el aprovechamiento del recurso hídrico sea factible.

1. 8. 1. 7 Justificación Ambiental.

También cuenta con justificación ambiental por que se realiza el estudio en una tecnología que produce energía eléctrica sin tener impacto negativo en el medio ambiente y además se pretende identificar la tecnología que aproveche de forma óptima el recurso energético contribuyendo a mitigar el cambio climático y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, incentivando el desarrollo de proyectos a pequeña escala que sean eficientes al usar el recurso energético primario.

1. 8. 2. *Importancia de la Investigación.*

La importancia del estudio se debe a que en la actualidad el cambio climático, la contaminación ambiental y el calentamiento global es un problema de gran preocupación en todo el mundo, ya que en el afán de generar energía eléctrica con combustibles fósiles ha ido incrementando esta problemática considerablemente, por lo que en la actualidad se está optando por generar energía eléctrica con recursos renovables tanto convencionales como no convencionales. La energía eléctrica en el mundo actual es el enlace para alcanzar el progreso de las comunidades en varias partes del mundo; para lograr el progreso hay que tener los servicios mínimos a nuestra disposición siendo uno de gran importancia la energía eléctrica. Los recursos naturales de nuestro entorno nos pueden ayudar a lograr toda una matriz energética básica, para ser utilizada tanto en ciudades, complejos industriales, como en pequeñas poblaciones alejadas y pequeñas industrias.

Por otra parte teniendo conocimiento de la existencia de muchos proyectos de mini y micro centrales hidroeléctricas instaladas en la Sierra y Selva Central del país, que no se encuentran funcionando en óptimas condiciones, otras que se encuentran paralizadas temporal o permanentemente, así como la necesidad de cubrir la demanda de energía eléctrica en zonas rurales en donde las redes de electrificación no han llegado o centros poblados que pueden autoabastecerse, es necesario realizar una documentación que sirva de base para optimizar,

recuperar y modernizar estos sistemas.

Teniendo en cuenta que parte de las estructuras, equipos y componentes preexistentes, son aprovechables, así como establecer un mejor control en el consumo de recursos utilizados para la producción de energía, de esta manera será posible que las empresas generadoras logren mejorar su producción energética.

La minicentral hidroeléctrica El Verde, que será materia de estudio es un pequeño sistema de generación eléctrica que viene operando desde 1996, la cual fue diseñada inicialmente para suministrar de energía eléctrica al Centro Poblado El Verde, esta minicentral se encuentra en la comunidad El Arenal, la cual ha tenido ampliación en su sistema de distribución, pero ninguna actualización tecnológica o mejoramiento en los sistemas que los componen.

La potencia generada se utilizara para brindar el suministro energético a las viviendas cercanas a las instalaciones de la mini central, como ser aprovechada en pequeños sistemas de bombeo de agua que se pretende desarrollar en la zona de influencia y de ser posible conectar al SEIN, impulsando el desarrollo de la “generación distribuida la que consiste en la generación de energía eléctrica mediante muchas pequeñas fuentes de generación, instaladas cerca del consumidor que se conecta a la red de distribución de energía eléctrica”.

1. 9. Limitaciones de la Investigación

Las limitaciones que se presentaron fueron con respecto a los datos históricos, es decir se tuvo restricciones en la obtención de información como los datos hidrológicos de la cuenca y pluviométricos de la zona ya que en el manantial del cual se aprovecha el recurso hidro energético no existe estación meteorológica ni hidrométrica.

También encontramos una limitación al obtener la información de la documentación con respecto al estudio para la evaluación y ejecución de la minicentral hidroeléctrica, de la cual solo se encontraron documentos contractuales y acuerdos que se han realizado para el

desarrollo de dicho proyecto, por lo que la información que se ha obtenido es gracias a la información proporcionada por el personal encargado de la operación y mantenimiento.

También se tuvo limitaciones por la pandemia COVID – 19, para realizar más visitas técnicas a las instalaciones de la minicentral hidroeléctrica, para obtener los planos de las estructuras, instalación del equipamiento, diagramas y planos eléctricos.

1. 10. Objetivos de la Investigación

1. 10. 1. *Objetivo General*

Evaluar el estado situacional del funcionamiento de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde para optimizar la producción energética que permita suministrar de energía eléctrica al Centro Poblado El Verde y a la Comunidad El Arenal.

1. 10. 2. *Objetivos Específicos*

- a) Identificar la situación actual de la infraestructura y el equipamiento de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.
- b) Evaluar la demanda máxima de la energía eléctrica en la zona de influencia y disponibilidad del recurso hídrico aprovechable.
- c) Ingeniería del proyecto, identificar la tecnología que permita optimizar la producción energética en la minicentral hidroeléctrica El Verde.
- d) Realizar el análisis económico (beneficio/costo, VAN, TIR) de la optimización de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2. 1. Antecedentes del Estudio

2. 1. 1. *Contexto Internacional*

Martínez (2019), en su tesis “estudio técnico económico de repotenciación de centrales Hidroeléctricas y su aplicación a una microcentral hidroeléctrica de 60 kVA” se trazó como objetivo general. “Establecer los criterios que deberán ser integrados en un proyecto de repotenciación de centrales hidroeléctricas, se muestran así los proyectos de repotenciación como una alternativa para aumentar la capacidad de generación de energía eléctrica”. Obteniendo como resultados que el “proyecto de repotenciación de la microcentral de la hidroeléctrica de la finca Santa Gertrudis, debe realizarse mejoras y mantenimientos en las obras de: bocatoma, aliviaderos, pasos de agua de lluvia y la línea existente; y deben ser reemplazadas y ampliadas las obras de: canal de conducción, desarenador, cámara de presión, tubería de presión, casa de máquinas y el equipo electromecánico”, además se obtuvo que la repotenciación de la microcentral hidroeléctrica aumenta la potencia instalada de aproximadamente 48 kW a tener 226 kW; es decir 178 KW adicionales, la inversión inicial para desarrollar este proyecto es de Q 1,485,085.67 equivalente S/. 71,863,295.57, siendo un proyecto económicamente atractivo, debido a que tiene una VAN de Q 6, 129, 015.71 equivalente S/. 296,583,070.21 y una TIR del 12.89%.

Chicaiza (2019) en su tesis “Estudio de factibilidad técnica – económica para la modernización de la minicentral hidroeléctrica “Planta Noroccidente” perteneciente a la empresa pública metropolitana de agua potable y saneamiento de Quito” se trazó como objetivo elaborar un estudio de factibilidad técnica – económica para la modernización de la minicentral, planteando alternativas que solucionen problemas encontrados, elaborando el análisis económico. Concluye que la estrategia de modernización junto a la implementación de un plan de mantenimiento permanente y acorde a las necesidades de la central hidroeléctrica,

constituyendo que la mejor alternativa a largo plazo, pues además de extender su vida útil, incrementando la capacidad de generación y obteniendo condiciones operativas mejores a las del diseño original, el rendimiento óptimo del grupo generador turbina se alcanza con un caudal de entrada lo más cercano a 0,255 m³ /s, con el que se obtiene un rendimiento de 84,91%, obteniendo un VAN de \$ 171 520.75, una TIR del 23.63% y un Beneficio/Costo de 1.50.

Lira (2019) en su tesis “Diseño de herramienta con Scilab para la optimización de centrales mini - hidroeléctrica” se trazó como objetivo “optimizar la inversión, maximizar la producción energética o también mejorar las instalaciones de las centrales hidroeléctricas”, Concluyendo que la máxima producción de energía anual y el VAN de los 3 diferentes tipos de turbina estudiadas, además del algoritmo de optimización se obtuvo que la producción óptima se obtiene utilizando una turbina Kaplan (tipo 3). “Los cálculos para los 3 tipos de turbina se realizaron para el mismo caudal de equipamiento obtenido por el algoritmo de optimización”.

2.1.2. Contexto Nacional

Chavarry (2019) en su tesis “Eficiencia energética como factor de rentabilidad en las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Callahuanca Lima - Perú” se trazó como objetivo “implementar la eficiencia energética para mejorar la Rentabilidad en las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Callahuanca Lima – Perú; con objetivos específicos; diagnosticar la situación energética de la Central Hidroeléctrica Callahuanca, plantear mejoras potenciales para lograr la Eficiencia Energética, determinar la Rentabilidad de la Central Hidroeléctrica Callahuanca”. Concluye que “se identificaron diferentes estrategias, donde algunas de ellas no demandan de inversión, en otros casos requieren de mediana inversión, todo ello de acuerdo a los recursos económicos y a la disposición de la empresa; para el cumplimiento de los objetivos es necesario que la empresa aplique el plan energético propuesto y ejecute las mejoras indicadas, que conducirán a optimizar la operación y mantenimiento de sus instalaciones”; por

otro lado “la potencia efectiva es 84,165 kW, la generación anual media es 612 GWh, la potencia de los servicios auxiliares es 391,14 kW, cuenta con turbina Pelton eje horizontal en las 4 unidades de generación acoplados a un generador síncrono, el caudal turbinado de la central hidroeléctrica Callahuanca es igual a 25,29 m³/s, la altura bruta promedio medida de los grupos 1, 2 y 3 es de 435,3 m y en el grupo 4 es de 435,1 m”.

Pando y Zárate (2016) en su tesis “Estudio y diseño preliminar para la minicentral hidroeléctrica de Carampoma ubicada en la Cuenca Alta del Río Rímac” se trazó como objetivo general, “determinar el caudal de diseño que genere la mayor rentabilidad y realizar el predimensionamiento de las estructuras típicas para la Minicentral Hidroeléctrica de Carampoma; con los objetivos específicos que permitan definir el emplazamiento de las obras de generación hidroenergético; emplear la metodología de transmisión hidrológica, frente a la escasez de datos hidrométricos en la subcuenca del río Shuncha; desarrollar el análisis económico para los caudales probables considerados y determinar la opción de mayor rentabilidad; realizar el predimensionamiento de las estructuras que conforman la minicentral hidroeléctrica para el caudal más rentable”. Concluye que “el estudio del proyecto de la Minicentral Hidroeléctrica de Carampoma contempla el aprovechamiento de las aguas reguladas de las lagunas que forman el río Shuncha del sistema energético de la cuenca del río Rímac - Santa Eulalia que cuenta con un caudal máximo de 4,82 m³/s; mientras que el salto obtenido de 530 m, se han evaluado algunas alternativas de diseño correspondientes a distintos caudales obtenidos de la curva de persistencia, habiéndose establecido que el caudal óptimo es 1,38 m³/s, al cual le corresponde una potencia de diseño de 5,74 MW”.

Goyzueta (2017) en su tesis “Estudio y diseño para la minicentral Hidroeléctrica II etapa del distrito de Phara – Sandia - Puno” se trazó como objetivo “determinar la demanda insatisfecha de energía eléctrica en el distrito de Phara; con objetivo específicos, determinar el balance de oferta-demanda de energía eléctrica; determinar el tamaño y localización de la mini

central hidroeléctrica II etapa del distrito de Phara.; diseño de los componentes de la mini central hidroeléctrica II etapa.; estudio económico y financiero de la mini central hidroeléctrica II etapa, viabilidad técnica económica como propuesta de desarrollo”. Concluye que “la demanda insatisfecha de energía eléctrica actualmente en el distrito de Phara es de 81,62 kW y para el año 2041 es proyectado a 210,73 kW. el estudio hidrológico se ha obtenido un caudal de diseño de 0,24 m³/s, una altura bruta de 138 m y una altura neta de 134,25 m con estos datos se llegó a obtener una potencia de 220 kW con la cual se cubre el déficit y se garantiza la demanda de energía eléctrica exigida por la población de 5 localidades en el distrito de Phara”.

2.1.3. Contexto Local

Asenjo Guevara (2018), en su tesis “Repotenciación de la minicentral hidroeléctrica la playa ubicada en el distrito de Incahuasi provincia de Ferreñafe departamento de Lambayeque” se trazó como objetivo, “Rediseñar la Mini Central Hidroeléctrica para aumentar la potencia instalada actual, que cumpla con los criterios de diseño y las normas vigentes para brindar un servicio eléctrico de calidad a los 07 caseríos aledaños”. Determinando que en ese entonces “la mini central hidroeléctrica tenía una potencia instalada de 50 kW, abasteciendo de energía al Caserío La Playa. Se evaluó la necesidad energética de los 07 caseríos aledaños: Tigoj, Tingo, Tasajera, Tasajera Alta, Tasajera Baja, Tolospampa y Totorá, para este estudio se contó con un registro del año 2017, dato que se corroboró empleando el método del flotador. Con el repotenciamiento de la mini central hidroeléctrica se aumentará la potencia instalada de 50 kW a 100 kW abasteciendo de energía eléctrica a los caseríos aledaños del distrito de Incahuasi, para una proyección de 20 años”.

Inoñan Ventura y Vargas Calderon (2018), en su tesis “Análisis técnico económico del repotenciamiento de la mini central hidroeléctrica de Omia de 100 kW a 250 kW, ubicado en el distrito de Omia – provincia de Rodríguez de Mendoza – departamento de Amazonas”, tuvo como objetivo “Analizar técnica y económicamente la repotenciación de la Mini Central

Hidroeléctrica de Omia de 100 kW a 250 kW”. Luego del estudio hidrológico “se obtuvo un caudal en avenida 140 m³/s también se analizó un registro de caudal que data del año 2004 este comprende un periodo de un año, obteniendo un caudal promedio de 5 m³/s, suficiente para producir 250 kW, siendo el caudal de diseño de 2 m³/s y altura neta de 18,5 m”, seleccionando “una turbina marca Xin Yi Hydro modelo Turbina Francis Hydro de 250 kW de potencia, Un Generador de 250 kW, 600 RPM, 400 V, 60 Hz, 451,06 A, del análisis económico del Repotenciamiento de la Mini Central Hidroeléctrica de Omia”, se obtuvo que “la inversión es de S/. 457 585,00, el Costo Teórico de Generar Energía Eléctrica de 0,036 S./ kW-h, la Tarifa de Venta de Energía de 0,050 S./ kW-h, con lo que obtenemos un TIR de 17 % y un VAN de S/. 959 074,86”.

2. 2. Desarrollo de la Temática Correspondiente al Tema Investigado

En este punto se desarrollara los conceptos sobre el desarrollo de las energías renovables enfocadas en la hidroelectricidad, teniendo en cuenta el desarrollo de estas en “las regiones que cuenten con suficientes recursos para desarrollar sistemas de generación hidroeléctricos, fotovoltaicos, eólicos y de biomasa; estas tecnologías pueden disminuir la contaminación del medio ambiente causada por las emisiones de gases de efecto invernadero producido por los sistemas convencionales, que utilizan combustibles fósiles como el carbón y productos derivados del petróleo. Estos gases contribuyen al efecto invernadero y al calentamiento global”. (Biomass Users Network (BUN-CA), 2002)

2. 2. 1. *Energía Hidráulica*

Al hablar de energía hidráulica nos estamos refiriendo al “aprovechamiento del potencial de energía contenida en el agua, la que se obtiene al hacer caer el agua de un punto alto hacia uno punto inferior, transformándose en energía mecánica, con el uso de una rueda o turbina hidráulica, esta energía se puede utilizar directamente en un pequeño aserradero, un molino, también es posible la conexión de la turbina a un generador eléctrico y de esta manera

transformar la energía mecánica en energía eléctrica, las distintas formas de aprovechamiento se puede observar en la figura”. (Biomass Users Network (BUN-CA), 2002)

Figura 4

Formas del Aprovechamiento de Energía Hidráulica.



Fuente: (Tipos de energía, s.f.).

2. 2. 2. Energía Hidroeléctrica

“La energía generada por el movimiento del agua en la naturaleza es renovable, pues el ciclo hidrológico anual es impulsado por la energía solar. Las centrales de generación hidroeléctricas aprovechan el caudal la diferencia de nivel o carga hidráulica de una corriente de agua, sea esta natural o artificial. La energía potencial es convertida en energía eléctrica mediante el uso de un turbogenerador de alta eficiencia”. (Reed Czitrom, Armando Trelles, & Hiriart, 2010)

2. 2. 3. Pequeñas Centrales Hidroeléctricas

Al igual que las centrales de media y alta potencia hacen uso de la energía hidráulica la cual es prácticamente inagotable en la naturaleza, la utilización de la energía hidráulica se efectúa por medio del aprovechamiento del saltos de agua ya sean naturales o artificiales, como

los que se producen derivando agua de un río por medio de un canal de pequeña pendiente con relación al cauce primitivo, también se obtiene un salto, cerrando el paso de la corriente con una represa, provocando el incremento del nivel aguas arriba. (Moncayo Escobar, 2009)

Características de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.

- Rango de aprovechamiento múltiple.
- Fuente de energía limpia, renovable y continua.
- Bajos costos de construcción, operación y mantenimiento.
- Se pueden utilizar generadores eléctricos comunes en el mercado.
- Bajo impacto medioambiental.

2. 2. 4. Tipos de Centrales Hidroeléctricas.

“Los sistemas empleados de minigeneración, se consideran una menor contribución en el suministro a la red, que particularmente, se encuentra en el rango de 50 kW a 500 kW, siendo estos los valores extremos”, los sistemas que se encuentran en este rango suelen denominarse “generación en menor escala”. “Los sistemas para la micro generación son más pequeños y por lo general, no suministran energía eléctrica a redes nacionales”. (Coz, y otros, 1995)

Por la forma de captación pueden ser:

- Centrales de pie de presa.
- Centrales de agua fluyente.
- Centrales en canal de riego o abastecimiento.

2. 2. 4. 1 Centrales de Agua Embalsada o Centrales de Pie de Presa.

“En este tipo de centrales es necesario considerar la sedimentación que seguirá acumulándose al pasar del tiempo, para poder determinar las acciones pertinentes para el degrado del mismo. La ventaja de tener una central con embalse de reserva es que se puede producir energía durante todo el año, según la acumulación de agua que se tenga”. (Mallitásig Panchi , 2008)

2. 2. 4. 2 Centrales a Filo de Agua, Derivación o de Agua Fluyente.

“Es un sistema de derivación, que no logra detener el caudal del río, sino que desvía parte del caudal a un canal seguido de una tubería y luego hacia una turbina hidráulica.

La mayor parte de los sistemas de micro hidro generación, son del tipo de derivación; la desventaja de dicho método, es que el agua no se puede almacenar de una generación de lluvias a una generación seca anual; la ventaja es que se puede construir localmente a un menor costo y su simplicidad brinda mejor confiabilidad a largo plazo”. (Coz, y otros, 1995)

En la tabla 1 se muestra la clasificación de las centrales hidroeléctricas de acuerdo al rango de potencia de generación instalada, dicha clasificación fue realizada por La “Organización Latinoamericana de Energía” (OLADE) el cual es un organismo internacional.

Tabla 1

Clasificación de las Centrales Hidroeléctricas.

Tipo de Central	Rango de Potencia de Generación.
Grandes Centrales.	Más de 10.000 kW.
Medianas Centrales.	5000 kW – 10.000 kW
Pequeñas Centrales	500 kW – 5.000 kW
Mini Central.	50 kW – 500 kW
Micro Centrales.	5 kW – 50 kW.
Pico Centrales.	0,3 kW- 5 kW. En desarrollo

Nota 1: Clasificación de las Centrales Hidroeléctricas según OLADE según su potencia instalada. Fuente. (Moncayo Escobar, 2009).

Las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH), también se clasifican de acuerdo al salto, caudal y de acuerdo a la potencia instalada como se indica en la tabla 2, para la cual se considera la clasificación según diferentes Organizaciones.

Tabla 2

Clasificación de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH).

Región	Institución	Micro (kW)	Mini. (kW)	PCH (MW)	Gran. (MW)
Norteamérica	ONUDI	0 - 100	101-2000	2-10	>10
Latinoamericana	OLADE	0 - 50	51-500	0.5-5	>5
España	IDAE	0 – 50	51 – 500	0.5 – 10	>10
R.P. China	HIC	0 – 50	51 – 500	0.5 – 25	>25
	B. mundial	0 – 100	101 - 1000	1 - 20	>20

Nota 2: Clasificación de las PCH según potencia instalada por las diferentes organizaciones.

ONUDI: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

OLADE: Organización Latinoamericana de Energía.

IDEA: Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía. España

HIC: Hanzhou International Center. República de China.

Fuente: (Zulueta Bonilla, 2012) & (García Faure, 2005)

2. 2. 5. Evaluación del Estado Situacional de una Minicentral Hidroeléctrica

2. 2. 5. 1 Envejecimiento de centrales hidroeléctricas.

Una central hidroeléctrica debe garantizar la producción de energía de calidad en forma segura, estable y confiable, para ello, sus componentes deben funcionar como un sistema unificado propiciando su constante mantenimiento para ralentizar su envejecimiento y reducir la probabilidad de ocurrencia de una falla inesperada o salida de servicio ocasionando la pérdida de producción. (Chicaiza Colcha, 2019)

Los componentes de las centrales hidroeléctricas muestran pocos evidencias de deterioro en la etapa temprana, pero con el transcurso de los años se deterioran y eventualmente fallarán debido a la degradación térmica, eléctrica y mecánica de los materiales aislantes utilizados en los devanados, conductores y equipos eléctricos, la erosión, corrosión y cavitación de los equipos mecánicos y degradación de la infraestructura civil asociada, a las condiciones climáticas y los eventos extremos naturales, como inundaciones y terremotos juegan un papel importante en el envejecimiento. Lo antes mencionado, ha ocasionado que la esperanza de vida normal de una central hidroeléctrica es de 30 a 35 años. (Chicaiza Colcha, 2019)

Tras una vida útil larga y exitosa o corta y desafortunada dependiendo en gran medida de las prácticas de operación y mantenimiento, los equipos e infraestructura llegan inevitablemente a una crisis que se ve reflejada en el incremento de interrupciones forzadas y el incremento de los costos de operación a tal punto que pueden exceder los ingresos por venta de energía.(Chicaiza Colcha, 2019)

2. 2. 5. 2 Estrategias para el futuro de centrales hidroeléctricas deterioradas

Cuando una central hidroeléctrica enfrenta una crisis producida por el deterioro de los equipos e infraestructuras y la disminución de energía generada, existe un dilema para tomar la decisión sobre el momento óptimo para realizar la inversión y qué actividades se deben llevar a cabo, pueden ser difíciles de determinar y están limitadas por el recurso hídrico disponible, el tiempo fuera de servicio que conllevan dichas actividades, los objetivos y los intereses especiales del propietario. (Chicaiza Colcha, 2019)

Las estrategias para el futuro de centrales hidroeléctricas deterioradas son: repotenciación, rehabilitación o extensión de vida útil, modernización y/o retiro. (Chicaiza Colcha, 2019)

A. *Remodelación de centrales hidroeléctricas*

Consiste en añadir nuevas unidades para incrementar la potencia de la central o reconstruir las unidades existentes, va de la mano con el rediseño del aprovechamiento del recurso hídrico y puede implementarse en cualquier momento de vida de la central cuando las condiciones hidrologías, de demanda o financieras lo requieran. (Chicaiza Colcha, 2019)

B. *Retiro de centrales hidroeléctricas*

Implica poner a la central fuera de servicio permanente y desmantelarla, con el objetivo de evitar excesivos costos de operación y mantenimiento futuros, que no permitirían obtener una ganancia. Es una estrategia extrema que debe tomarse después de descartar las estrategias restantes. (Chicaiza Colcha, 2019)

C. *Rehabilitación o extensión de vida útil de centrales hidroeléctricas*

Comprende el mantenimiento, reparación, reemplazo parcial o completo de uno o más equipos y/o estructuras para que la producción de energía, el rendimiento y la confiabilidad de la central retornen a las condiciones iniciales de diseño. (Chicaiza Colcha, 2019)

Las situaciones que impulsan la rehabilitación son: reducción de la disponibilidad, fallas constantes, pocas oportunidades para aumentar la producción, incremento de las actividades y costos de mantenimiento, y el costo por kW generado es alto. Estas situaciones van de la mano con el cumplimiento de los criterios de concesión de licencias de uso de agua, caso contrario se piensa en la modernización de los equipos. (Chicaiza Colcha, 2019)

D. *Modernización de centrales hidroeléctricas*

(Chicaiza Colcha, 2019) La modernización permite a las centrales hidroeléctricas incrementar la producción de energía, el rendimiento y la confiabilidad a condiciones superiores a las de diseño, sin modificar el esquema físico del aprovechamiento del recurso hídrico, a través de:

- La actualización (upgrade) de equipos y/o infraestructuras existentes mediante el reemplazo total por equipos de moderna e innovadora tecnología. (Chicaiza Colcha, 2019)
- El incremento de la capacidad (uprate) de los equipos y/o infraestructuras existentes, al integrar componentes que operan con los existentes o reemplazar parcialmente los mismos. (Chicaiza Colcha, 2019)

A pesar de que la modernización puede requerir una inversión significativa, los beneficios técnicos permiten el rápido retorno de la inversión. (Chicaiza Colcha, 2019)

El desarrollo de la tecnología informática ha sido un catalizador que ha permitido el desarrollo de tecnologías más eficientes, más confiables y, en consecuencia, más rentables en la industria hidroeléctrica, que aumentan la producción, el rendimiento de los equipos y

reducen los costos de operación y mantenimiento permitiéndoles ser competitivos en el mercado y respetuosos con el medio ambiente. (Chicaiza Colcha, 2019)

Las situaciones que impulsan la modernización son: probables oportunidades para mejorar el rendimiento, aumentar la producción, automatizar la central, mejorar la calidad de la energía producida, la central no es rentable y la modernización le permitiría ser rentable.(Chicaiza Colcha, 2019)

2. 2. 5. 3 Plan de Modernización y Rehabilitación de Centrales Hidroeléctricas

Las estrategias más importantes y utilizadas entre los propietarios y administradores de centrales hidroeléctricas para combatir el envejecimiento de los equipos y la reducción de energía generada son la modernización y rehabilitación, pues las inversiones requeridas para estas estrategias evitan una inversión mayor para la construcción de una nueva central. Para obtener mejores resultados se consideran ambas estrategias en un mismo plan denominado “Plan de modernización y rehabilitación”. (Chicaiza Colcha, 2019)

Algunas de las situaciones que impulsan el desarrollo de un plan de modernización y rehabilitación son la reducción de la disponibilidad de la central por largos y repetidos períodos, el modo de operación actual marcadamente diferente al del diseño original, la central no está automatizada o no puede ser operada mediante control remoto, se utilizan equipos obsoletos, no se cumple con las regulaciones vigentes, existe un riesgo significativo en términos de operación o pérdidas económicas. (Chicaiza Colcha, 2019)

El plan de rehabilitación y modernización permite mantener o incrementar la producción, reducir los costes de mantenimiento y los costos operativos a través de la automatización, cumplir las regulaciones vigentes e implementar un programa de gestión del ciclo de vida para optimizar el uso de equipos, recursos hídricos, económicos y humanos para guiar futuras decisiones y gastos, en consecuencia, permite mejorar la rentabilidad. En términos generales, el plan de modernización y rehabilitación está formado por cuatro etapas: (Chicaiza

Colcha, 2019)

- Recolección de información.
- Evaluación de equipos e identificación de las necesidades y oportunidades.
- Planteamiento y evaluación de alternativas de modernización y rehabilitación que se acoplen a las estrategias de la central y permitan mantener seguro al personal.
- Análisis económico para identificar la mejor alternativa.

2. 2. 6. *Estimación de la Demandade Energía Eléctrica*

“El pronóstico de la demanda de energía eléctrica, permite conocer la máxima demanda de energía de las localidades en las cuales tiene influencia el sistema de generación con una proyección horizontal y así de esta manera determinaremos la capacidad de la mini central hidroeléctrica, tratando de obtener una adecuada instalación y operación para brindar un servicio de calidad, teniendo en cuenta los principales parámetros que componen la demanda de energía eléctrica”. (Asenjo Guevara, 2018)

2. 2. 6. 1 Tipos de abonados.

Para realizar el estudio los abonados se clasifican como sigue:

- Abonados Domésticos (AD): “son los abonados residenciales del área de influencia”. (Asenjo Guevara, 2018)
- Abonados Comerciales (AC): “son los que realizan alguna actividad comercial o corresponden a áreas de comercio, incluso los que se encuentran dentro de viviendas”. (Asenjo Guevara, 2018)
- Abonados de Uso General (AUG): son “escuelas, postas médicas, iglesias, centros comunales, etc., que forman parte de ámbito comunal”. (Asenjo Guevara, 2018)
- Abonados de Pequeña Industria (API): son todo tipo de “industrias cuya

demanda es superior a la de un abonado comercial pero que no llega a ser una carga especial: talleres de carpintería, de calzado, etc.”. (Asenjo Guevara, 2018)

La estimación del número de abonados: “domésticos(AD), comerciales(AC), pequeña industria (API) y abonados de uso general(AUG), por cada localidad, está sustentada con información obtenida del trabajo de campo. La totalidad constituye el número de abonados del PIP”. (Asenjo Guevara, 2018)

$$N^{\circ} AT = AD + AC + AUG + CE + API \quad (Ecu. 1)$$

Si bien pueden existir abonados de carga especial (ACE) como mineras, aserraderos, grandes molinos, etc. Estas cargas especiales son privadas. (Asenjo Guevara, 2018)

2. 2. 6. 2 Tipos de Localidades.

A. Localidad tipo I.

“Compuesto por localidades concentradas o semi dispersas situadas en áreas rurales, que presentan configuración urbana definida y pueden contar con plazas y/o calles; así mismo, cuenta con nivel de desarrollo intermedio, con mayor número de servicios y locales públicos y con vías de acceso”. (Asenjo Guevara, 2018)

B. Localidad tipo II.

“Compuesto por localidades dispersas situadas en áreas rurales, que presentan configuración urbana o es incipiente, con menos número de servicios y locales públicos y con vías de acceso en regular estado (trochas carrózales) o que no cuentan con vías de acceso”. (Asenjo Guevara, 2018)

2. 2. 6. 3 Persona por hogar en el área rural

“Resulta de la división de la población beneficiaria entre el número de hogares a electrificar según el PIP. Este valor debe sustentarse sobre la base de encuestas. En el siguiente cuadro se indica referencialmente el número de personas por hogar obtenido del último Censo de Población y Vivienda del INEI, por región geográfica”. (Asenjo Guevara, 2018)

Tabla 3

Cuadro Referencial de Número de Personas por Hogar.

Región Geográfica	Persona/Hogar
Costa	4.2
Sierra	3.9
Selva	4.6

Fuente: Recuperado de (Asenjo Guevara, 2018)

2. 2. 6. 4 Consumos de energía por abonado

Este consumo debe sustentarse comparando los consumos de localidades electrificadas “similares y cercanas al área de influencia del proyecto. Esa similitud comprende criterios como zona geográfica, tamaño de las localidades, nivel de dispersión entre abonados, distancias y vías de acceso al principal foco de desarrollo de la zona”. (Asenjo Guevara, 2018)

Valores referenciales del consumo de energía por tipo de Abonado Doméstico (AD) en el ámbito rural.

Tabla 4

Consumo por Abonado Doméstico (AD) en el Ámbito Rural.

Región Geográfica	Consumo de energía por abonado(kWh-mes)	
	Tipo I	Tipo II
Costa	19 a 30	10 a 18
Sierra	17 a 25	8 a 16
Selva	20 a 35	12 a 20

Fuente: Recuperado de (Asenjo Guevara, 2018)

2. 2. 6. 5 Tasa de crecimiento del consumo de energía por abonado doméstico(i%).

“Se obtiene a partir de información histórica de la empresa concesionaria relacionada con áreas similares a Proyectos de Inversión Pública (PIP). Los Valor Referenciales por tipo de localidad se presentan a continuación”. (Asenjo Guevara, 2018)

Tabla 5

Cuadro de valores referenciales de tasa de crecimiento de los consumos de energía.

Descripción	Tipo I	Tipo II
Tasa de crecimiento de consumo de energía	1.5 a 2 %	1 a 1.5%

Fuente: Recuperado de (Asenjo Guevara, 2018)

2. 2. 6. 6 Estimación de la demanda eléctrica

A. *Estimación de la demanda inicial*

“La estimación de la demanda inicial (año base) parte del supuesto de que los abonados, la población total y la población electrificada en ese año, son determinados sobre la base de la información y evaluación del trabajo de campo”. (Asenjo Guevara, 2018)

- “Datos de inicio. Población total, población electrificada, número de abonados y participación por tipo de abonado del área de influencia de Proyectos de Inversión Pública (PIP), sustentada con información del trabajo de campo”. (Asenjo Guevara, 2018)
- “Grado de electrificación inicial. Divide la población electrificada entre la población total”. (Asenjo Guevara, 2018)
- “Consumo Unitario de energía por tipo de abonado (C.U.). Se obtiene del análisis sobre el consumo de energía por cada tipo de abonado (doméstico, comercial, uso general y pequeña industria) indicado en el punto. Los valores deben ser expresados en forma anual y en kW.h por abonado”. (Asenjo Guevara, 2018)
- “Consumo de energía por tipo de abonado (C). Se obtiene de la multiplicación individual del consumo unitario anual por tipo de abonado y el número de abonados”. (Asenjo Guevara, 2018)

$$C_A = CU * N^{\circ}A \quad (Ecu. 2)$$

- “Consumo de alumbrado público: Se obtiene de la multiplicación de los puntos de iluminación por la potencia de la lámpara y horas de utilización”. (Asenjo Guevara, 2018)
- “Consumo total de energía: Se obtiene sumando el consumo anual de todos los abonados e incluyendo el alumbrado público”. (Asenjo Guevara, 2018)

$$C_T = C_D + C_C + C_{UG} + C_{PI} + C_{AP} \quad (Ecu. 3)$$

B. Estimación de la demanda proyectada.

“Para la proyección de la demanda debemos asumir una tendencia creciente del consumo de energía por abonado doméstico (KW-h/abonado) y del número de abonados estimados para cada año en el horizonte de evaluación”. (Asenjo Guevara, 2018)

“Con las variables definidas en la estimación de la demanda inicial, se desarrolla la proyección de la demanda de energía para el periodo de evaluación en forma anual y en kW-h. para esto se tiene que seguir los pasos que se mencionan a continuación”. (Asenjo Guevara, 2018)

- “Datos de inicio. Población total, grado de electrificación, personas por hogar, participación por tipo de abonados, consumo unitario de energía y puntos de iluminación inicial”. (Asenjo Guevara, 2018)
- “Tasa de crecimiento poblacional (r%). La población se proyecta con la tasa de crecimiento intercensal para el distrito donde se localiza el proyecto, según los censos de población y proyecciones del INEI”. (Asenjo Guevara, 2018)

$$i = \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} - 1 \quad (Ecu. 4)$$

Donde:

P_n = Población proyectada al año “n”.

P_o = Población estimada para el año 0.

i = Índice o tasa de crecimiento considerado.

n = N° de años de proyección.

- Proyección de la población total: Se obtiene incrementando la tasa de crecimiento poblacional a la población total inicial elevado al número de años proyectado.

$$P_n = P_0(1 + i)^n \quad (\text{Ecu. 5})$$

Donde:

P_n = Población proyectada al año “n”.

P_0 = Población estimada para el año 0.

i = Índice o tasa de crecimiento considerado.

n = N° de años de proyección.

- “Proyección del número total de abonados: Resulta de dividir la población electrificada proyectada entre el índice de habitantes por hogar determinadas en el punto”. (Asenjo Guevara, 2018)

$$NV = \frac{P_n}{IHV} \quad (\text{Ecu. 6})$$

P_n = Población proyectada al año “n”.

NV = Número de viviendas.

IHV = Índice de habitantes por vivienda.

- “Proyección por cada tipo de abonados: Se obtiene de la distribución del número total de abonados de acuerdo a la participación de abonados por sectores determinada en un inicio”. (Asenjo Guevara, 2018)

$$N^\circ.A_{sector} = N^\circ AT * \%A_0 \quad (\text{Ecu. 7})$$

- “Proyección del Consumo Unitario de energía por tipo de abonado (C.Uproy): En el sector doméstico, se calcula con la tasa de crecimiento del consumo de energía por abonado”. (Asenjo Guevara, 2018)

$$CUAD_{proyectada} = CAD_{Inicial}(1 + i\%) \quad (Ecu. 8)$$

- “Proyección del Consumo de Energía por Tipo de Abonado (CProy.): Se obtiene de la multiplicación individual del consumo unitario anual por tipo de abonado con el respectivo número de abonados”. (Asenjo Guevara, 2018)

$$C_A = CU_P * N^o * A_P \quad (Ecu. 9)$$

Alumbrado de vías publicas

El número de puntos de iluminación (PI), se calcula según como está establecido en la norma DGE “Alumbrado de vías públicas en áreas rurales”, el mismo que se presenta a continuación.

Determinación del consumo mensual por alumbrado público (CMAP):

$$CAMP = KALP * UN \quad (Ecu. 10)$$

Donde:

CMAP = Consumo mensual de alumbrado público en kW.h

KALP = Factor de AP en kW-h / usuario – mes.

NU = Número de usuarios de la localidad

Cálculo del número de punto de iluminación (PI):

$$PI = \frac{CAMP * 1000}{NHMAP * PPL} \quad (Ecu. 11)$$

Donde:

PI = Puntos de iluminación.

CMAP = Consumo mensual de alumbrado público en kW-h.

NHMAP = Número de horas mensuales del servicio alumbrado público (horas/mes).

PPL = Potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado público.

Proyección del Consumo Total de Energía: “se obtiene a partir de la suma del consumo proyectado de todos los abonados, incluyendo alumbrado público”. (Asenjo Guevara, 2018)

$$EPD = EUV + EAP \quad (Ecu. 12)$$

Donde:

EPD = Energía promedio diario.

EUV = Energía de unidades de vivienda kW-h.

NHMAP = Energía de alumbrado publica (horas/mes).

Máxima demanda. Se determina al multiplicar la potencia instalada por el factor de simultaneidad, se considerará como situación crítica cuando la potencia instalada es igual a la máxima demanda.

$$MD = PI \times fs \quad (Ecu. 13)$$

Donde:

MD = Máxima Demanda (kW)

PI = Potencia Instalada (kW)

fs = Factor de Simultaneidad

Energía consumida en año proyectado, esto se determina multiplicando la máxima demanda por el número total de horas del año.

$$E_a = MD * H_{año} \quad (Ecu. 14)$$

Donde:

Ea: Energía anual

MD: Máxima demanda

H año: Horas año (8760)

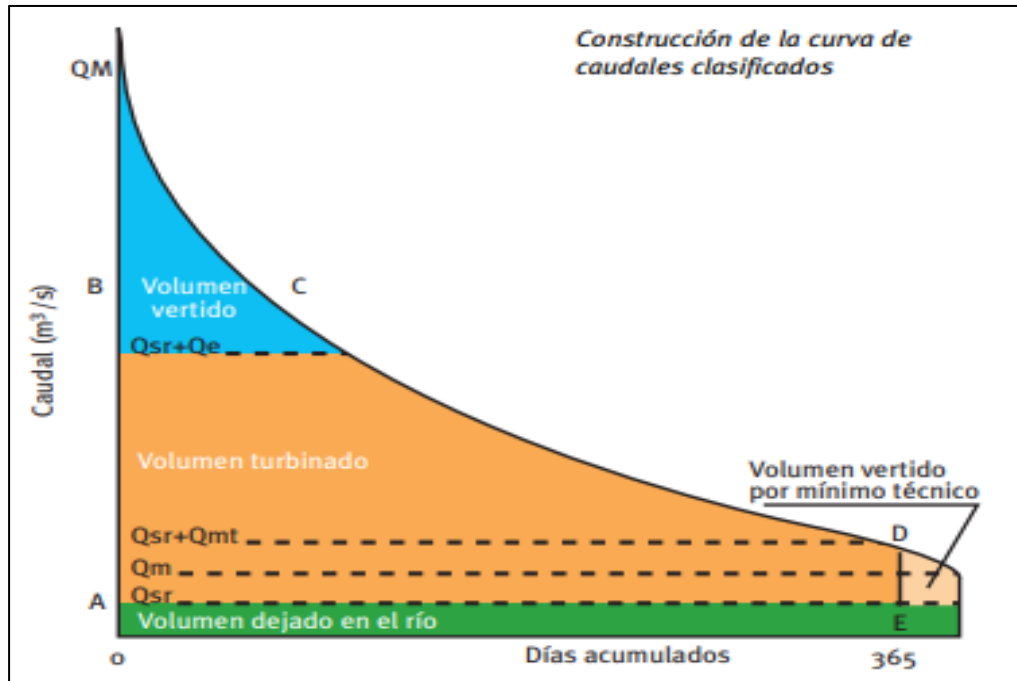
2. 2. 7. Estudio Hidrológico y Selección del Caudal de Diseño

“Es fundamental la elección de un caudal de diseño adecuado para definir el equipamiento a instalar, de forma que la energía producida sea la máxima posible en función de la hidrología. Por tanto, el conocimiento del régimen de caudales del río en la zona próxima a la toma de agua es imprescindible para la determinación del caudal de diseño del

aprovechamiento”. (Castro, 2006)

Figura 5

Construcción de la Curva de Caudales Clasificados.



Fuente: (Castro, 2006)

Castro, 2006, “para elaborar esta curva representada en la figura 5, que acompaña este texto, hay que calcular los siguientes parámetros”:

- QM: Caudal máximo alcanzado en el año o caudal de crecida.
- Qm: Caudal mínimo del año o estiaje.
- Qsr: Caudal de servidumbre, que es necesario dejar en el río por su cauce normal. Incluye un caudal ecológico y útil para otros usos.
- Qmt: Caudal mínimo técnico. “Es aquel directamente proporcional al caudal de equipamiento con un factor de proporcionalidad “K” que depende del tipo de turbina”. (Castro, 2006)

2. 2. 8. Medición de Caudales en Ríos y Canales Abiertos.

Para realizar la cuantificación del caudal que circula por un río, quebrada o canales abiertos, existen varios métodos para realizar dicha medición, entre los más usados tenemos:

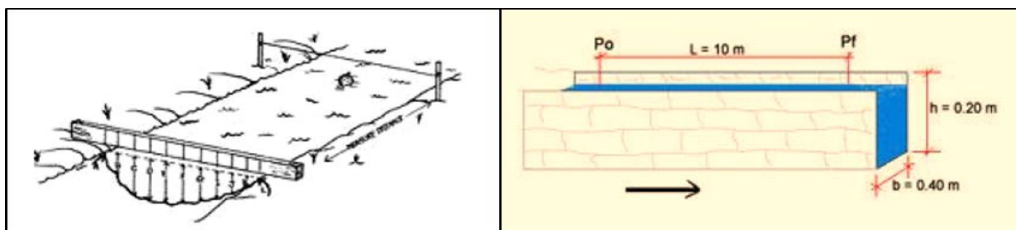
- Método Volumétrico
- Estructura Hidráulica
- Calibración de compuertas.
- Velocidad y sección.
- Método de un objeto flotante.
- Método racional
- Aforo con correntómetro.
 - Modalidad de vadeo.
 - Modalidad suspensión.

2. 2. 8.1 Método De Un Objeto Flotante.

Se hace uso de herramientas a disposición para determinar el caudal existente ya sea en un río, quebrada, canal de riego con pequeño y mediano caudal en una sección uniforme como se muestra en la figura 6. (Amaya C., Hernández G., & Villegas C., 2009)

Figura 6

Medición del Caudal Mediante el Método del Flotador.



Fuente: (Inoñan Ventura & Vargas Calderon, 2018) & (3HC S.A, s.f)

Para determinar dicho caudal se hace uso de la ecuación de continuidad como sigue:

$$Q = V * A \quad (Ecu. 15)$$

Donde:

V: Velocidad

A: Área o sección del transversal del canal o río

Q: Caudal

2. 2. 8. 2 Medición de Caudal con Correntómetro.

“En un canal o río para conocer el caudal que pasa por su sección, se requiere determinar el caudal que pasa por cada una de las subsecciones en que se divide la sección transversal del canal como se muestra en la figura 7”. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2013)“La sección del canal se divide en subsecciones, el número de subsecciones depende del caudal estimado”. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2013)

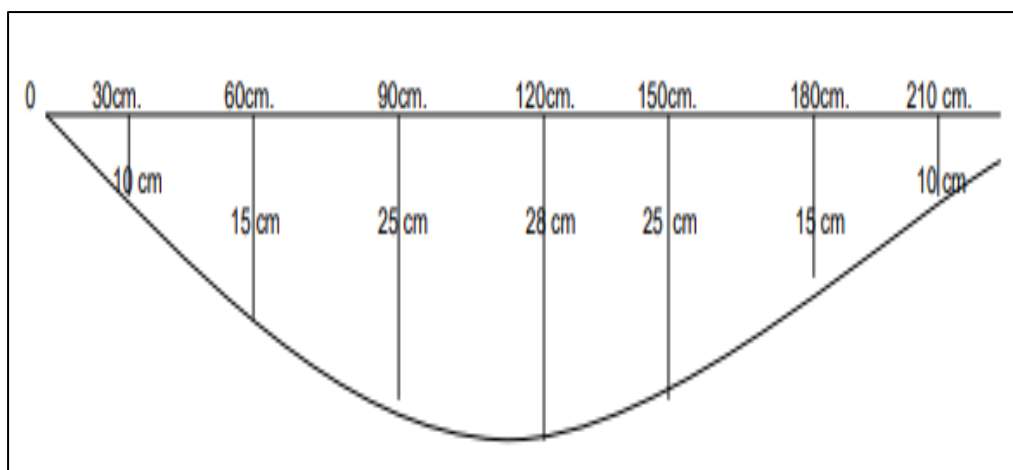
1. “El ancho superior de la sección transversal (superficie libre de agua) se divide en tramos iguales cuya longitud es igual al ancho superior de la sección transversal dividido por el número de subsecciones calculado”. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2013)
2. En los límites de cada tramo del ancho superior del cauce se trazan verticales hasta alcanzar el lecho.
3. “Con el correntómetro se mide las velocidades a dos profundidades en el mismo vertical a 0.2 y 0.8 de la profundidad de la vertical, para lo cual se toma el tiempo que demora el correntómetro en dar 100 revoluciones y se calcula el número de rps, con este dato se calcula la velocidad del agua en cada una de las profundidades utilizando la formula correspondiente según el número rps (n)”. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2013)
4. Se obtiene la velocidad promedio del agua en cada vertical. La velocidad promedio del agua en cada subsección es el promedio de las velocidades promedio de las verticales que encierran la subsección. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2013)
5. “El área de cada subsección se calculará fácilmente considerándola como un paralelogramo, cuya base (ancho del tramo) se multiplica por el promedio de las profundidades que delimitan dicha subsección”. (Ministerio de Agricultura

y Riego, 2013)

6. “El caudal de agua que pasa por una subsección se obtiene multiplicando su área por el promedio de las velocidades medias registradas en cada extremo de dicha subsección”. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2013)
7. “Entonces el caudal de agua que pasa por el canal es la suma de los caudales que pasan por las subsecciones”. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2013)

Figura 7

Subdivisiones por Áreas de la Sección Transversal del Rio o Canal.



Fuente: (Ministerio de Agricultura y Riego, 2013)

2. 2. 8. 3 Método del Vertedero.

“Los vertederos, se caracterizan por ser estructuras que se ubican opuestos a la corriente, que se va a medir para originar una obstrucción parecida a una presa de menor cantidad que permite hacer pasar el agua por una sección con parámetros pre establecidos, de tal forma que, con una sola medición de espesor de la corriente, con respecto a la cresta es posible estimar el caudal”. (Inoñan Ventura & Vargas Calderon, 2018)

2. 2. 8. 4 Método Racional.

Este método, es uno de los más utilizados para estimar el caudal máximo asociado a determinada precipitación de diseño que cae en una zona específica. Tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la cuantificar los caudales máximos en una cuenca.

La expresión matemática más utilizada por el Método Racional es:

$$Q = \frac{C * i * A}{360} \quad (Ecu. 16)$$

Donde:

Q: Caudal máximo (m³/s).

C: Coeficiente de escorrentía, valores para cuencas Rurales y Urbanas.

i: Intensidad de la Lluvia de Diseño(mm/h).

A: Área de la cuenca (Ha).

2. 2. 8. 5 Caudal de diseño.

Es el caudal que se escoge para poder seleccionar el componente turbogenerador de una minicentral hidroeléctrica para cubrir la demanda de energía eléctrica de la o las localidades que abastecerá de energía eléctrica, y este determinada haciendo uso de las siguientes expresiones matemáticas.

$$Q_d = Q_m - (0.1 \times Q_m) \quad (Ecu. 17)$$

$$Q_d = Q_m - (0.1 \times Q_m) - Q_{riego} \quad (Ecu. 18)$$

Donde:

Q_d : Caudal de diseño.

Q_m : Caudal promedio.

Q_{riego} : Caudal para riego.

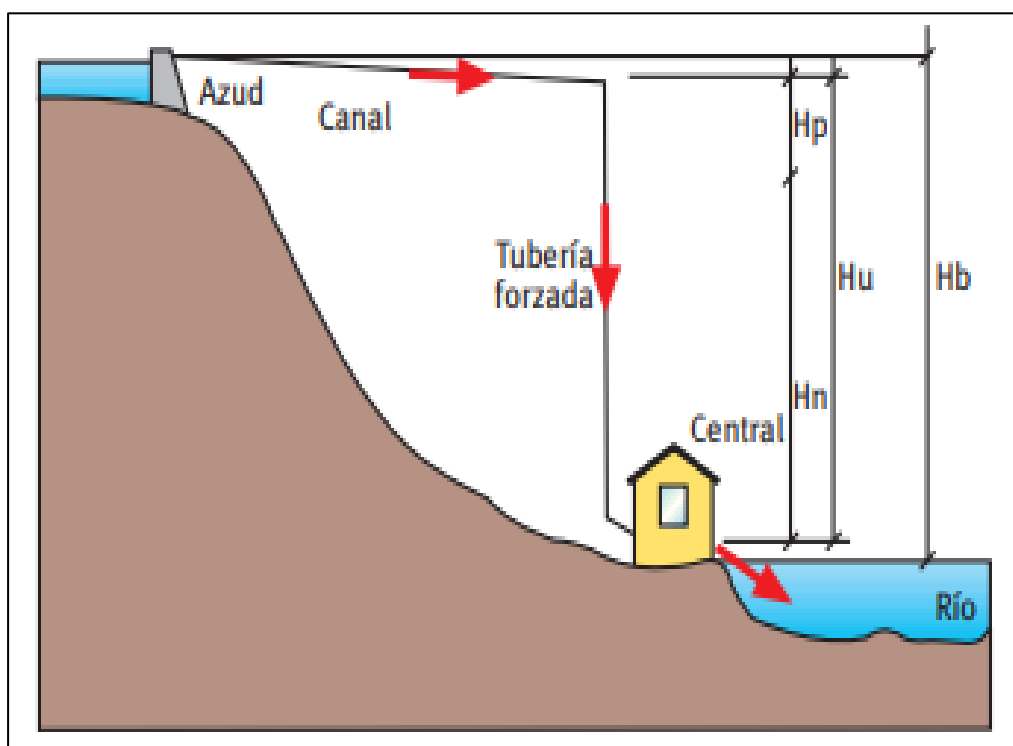
$0.1 \times Q_m$: Representa el porcentaje para caudal ecológico.

2. 2. 9. Determinación del Salto Bruto, Útil y Neto

“El salto, es una magnitud primordial para realizar el diseño de una minicentral hidroeléctrica, en donde el valor debe ser el máximo permitido por la topografía del terreno como se muestra en la figura 8, se consideran los límites que marcan la afección al medio ambiente y la solvencia económica de lo invertido”. (Castro, 2006)

Figura 8

Esquema General de un Salto de Agua.



Fuente: (Castro, 2006)

- Salto bruto (H_b): “diferencia de altura entre la lámina de agua en la toma y el nivel del río en el punto de descarga del agua turbinada”. (Castro, 2006)
- Salto útil (H_u): “diferencia entre el nivel de la lámina de agua en la cámara de agua y el nivel de desagüe de la turbina”. (Castro, 2006)
- Salto neto (H_n): “es el resultado de restar al salto útil (H_u) las pérdidas de carga originadas por el paso del agua a través de la embocadura de la cámara de carga, de la tubería forzada y sus accesorios”. (Castro, 2006)

“El cálculo de las pérdidas de carga se realiza mediante fórmulas empíricas ampliamente difundidas. Una consideración aceptable es suponer que la pérdida de carga es del orden de un 5% a un 10% del salto bruto. Para obtener el valor de los saltos, se necesita conocer las cotas en los puntos pertinentes, que pueden obtenerse con un GPS o extraerse del programa Google Earth”. (Castro, 2006)

2. 2. 9. 1 Método de la Manguera de Nivelación.

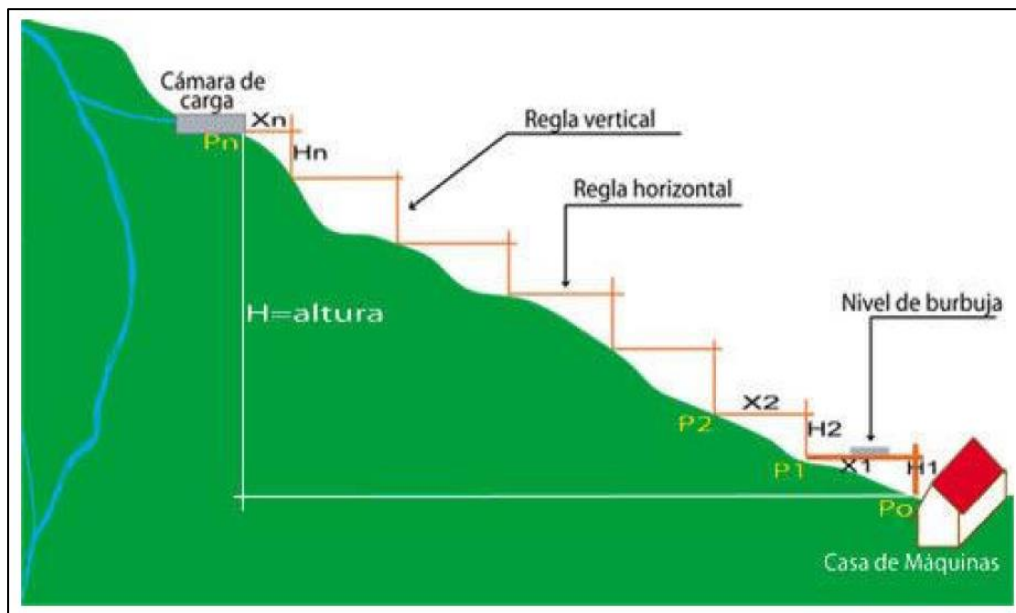
“Este método se basa, en el principio de vasos comunicantes y es recomendado especialmente para lugares de menor alturas, siendo económicas, preciso y no se encuentran propenso a inconvenientes. Al efectuar la revisión se necesita dos personas y se usa la misma forma que emplean los albañiles: es decir una manguera de plástico transparente de una cierta dimensión, se logra llenar de agua, dejando unos 30 cm vacíos en un extremo”. (Inoñan Ventura & Vargas Calderon, 2018)

2. 2. 9. 2 Método del Nivel de Carpintero y Reglas.

“Este método, se considera idéntico al de la manguera de nivelación, siendo la diferencia la horizontalidad, que se encuentra establecida, no por rangos de agua, sino más bien por una regla graduada de carpintero como se ve en la figura 9”. (3HC S.A, s.f)

Figura 9

Método para Determinar el Salto o Altura.



Fuente: (3HC S.A, s.f)

2. 2. 10. Componentes de un Sistema Hidroeléctrico

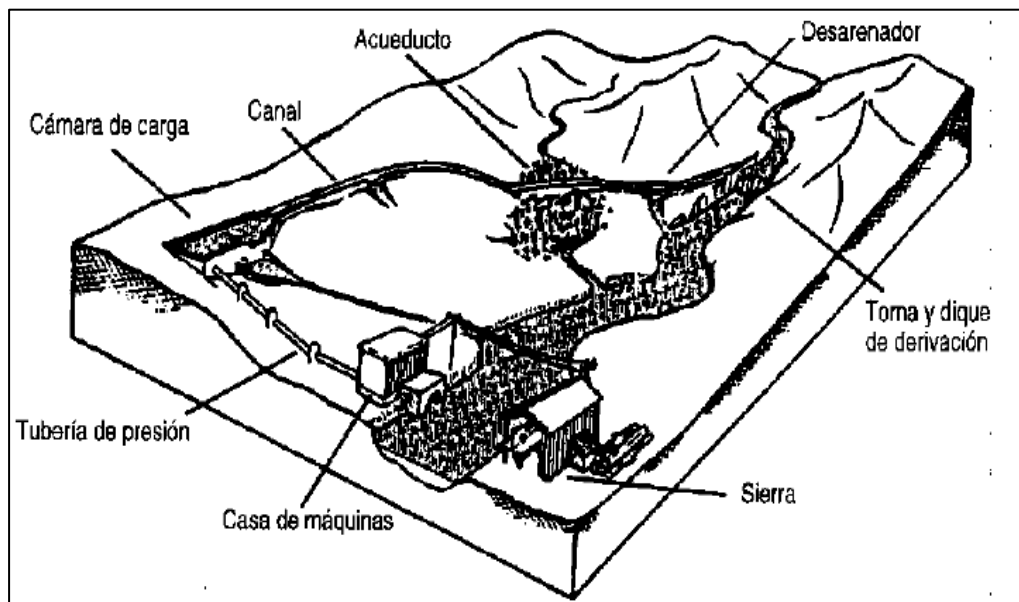
Un sistema de generación hidroeléctrico tiene diferentes partes y componentes como se muestra en la figura 10, para fines de estudio se han clasificado las partes en tres grupos,

teniendo en cuenta su principio de funcionamiento los cuales son:

- Obras civiles.
- Equipamiento hidromecánico.
- Equipamiento electromecánico.

Figura 10

Componentes Importantes de un Sistema de Generación Hidroeléctrico.



Fuente: Manual de mini y micro centrales hidroeléctricas (Coz, y otros, 1995)

2. 2. 11. Obras Civiles.

2. 2. 11. 1 Bocatomas.

“Son obras hidráulicas, cuya función es adquirir y acondicionar cierta cantidad de caudal del río para el aprovechamiento hidroenergético. la bocatoma capta y encausa el caudal de agua hacia el canal de conducción”. (Argüello Hidalgo & Rivas Alfaro, 2010)

Toda bocatoma debe de cumplir con lo siguiente:

- Garantizar la captación de una cantidad constante de agua, en época de estiaje.
- Impedir, hasta donde sea posible, el ingreso de materiales sólidos y flotantes, haciendo que estos sigan el curso del río o facilitando la limpieza.
- Proteger el resto del sistema de obras hidráulicas.

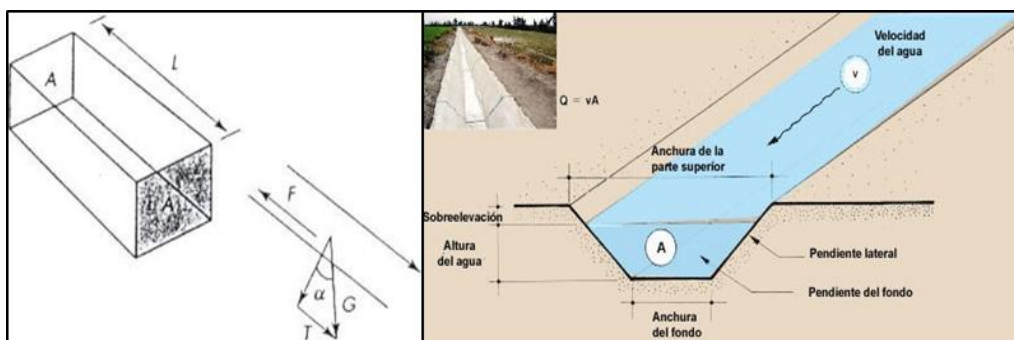
2. 2. 11. 2 Canal de Conducción.

Los canales de conducción pueden realizarse mediante la excavación en el propio terreno o mediante estructura de hormigón. Estos canales llevan una pendiente en todo su trayecto para evitar pérdidas. (Moncayo Escobar, 2009)

“En la obra de dicha conducción, el caudal mantiene un flujo uniforme, y velocidad a lo largo del tramo; por lo tanto, el gradiente hidráulico y geométrico del cauce logra ser constante, en la figura 11 se muestra dos tipos de conducción por canal abierto”. (Moncayo Escobar, 2009)

Figura 11

Canal de Conducción Abierto Tipo Trapezoidal.



Fuente:

http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6708s/GR000888.JPG

2. 2. 11. 3 Aliviaderos.

“Son aquellas estructuras hidráulicas conformadas por una escotadura, mediante la cual hace circular el agua, para regular y proteger, sirven para evacuar los caudales excedentes del canal de conducción; si estas aguas que sobresalen, ingresaran a las distintas obras que componen el sistema, podrían ocasionar daños de imprevisibles consecuencias”. (Moncayo Escobar, 2009)

2. 2. 11. 4 Desarenador.

“Se considera una obra hidráulica, que es de gran utilidad para sedimentar partículas de material sólidos que se encuentran suspendidas en el agua, en el interior de la conducción; las

partículas se logran mantener en suspensión debido a que la velocidad de dicha entrada en la bocatoma es de mayor cantidad y suficiente para que se lleva las partículas sólidas; en los aumentos logra entrar una mayor cantidad de sedimentos, el volumen de sólidos en el período de las crecientes para ríos de montaña es aproximadamente de 4% a 6% del volumen de agua transportada y en ríos de llanura es de 0.2% a 1.0%”. (Moncayo Escobar, 2009)

2. 2. 11. 5 Cámara de Carga.

“La cámara de carga, normalmente cuenta con un aliviadero, ya que en situaciones de parada de la central el agua no es turbinada, y se debe evacuar hasta el río o arroyo más cercano. Además, es de gran utilidad, que se instale en la cámara una reja, con limpia- rejas y compuertas para el desarenado y limpieza. Una cámara de carga es un desarenador más en el sistema, un filtro final para intentar sedimentar todo lo posible”. (Moncayo Escobar, 2009)

2. 2. 11. 6 Casa de Máquinas.

La casa de máquinas es el lugar donde se albergan los equipos electromecánicos como lo son la turbina, control de desviaciones de agua de la tubería forzada (en caso de tener más turbinas), el generador, controles eléctricos, almacén de repuestos, etc. (Argüello Hidalgo & Rivas Alfaro, 2010)

2. 2. 11. 7 Canal de Descarga.

Argüello Hidalgo & Rivas Alfaro, 2010. “Mencionan que existen centrales donde su descarga es directa hacia el río. Otras minicentrales descargan direccionando este flujo con tuberías (distancia corta al río); sin embargo, cuando el río está relativamente retirado de la casa de máquinas, se hace un canal similar al de derivación”.

2. 2. 12. Equipamiento Hidromecánico

2. 2. 12. 1 Compuertas hidráulicas deslizantes.

Las compuertas hidráulicas permiten regular y controlar la cantidad de caudal, además tienen diferentes diseños uno de ellos se muestra en la figura 12. Esta compuerta se abre con

cierta frecuencia y por un corto tiempo mientras se realiza la limpieza en la bocatoma, desarenador y cámara de carga. (Argüello Hidalgo & Rivas Alfaro, 2010)

Figura 12

Compuerta Lineal Deslizante Hidráulica.



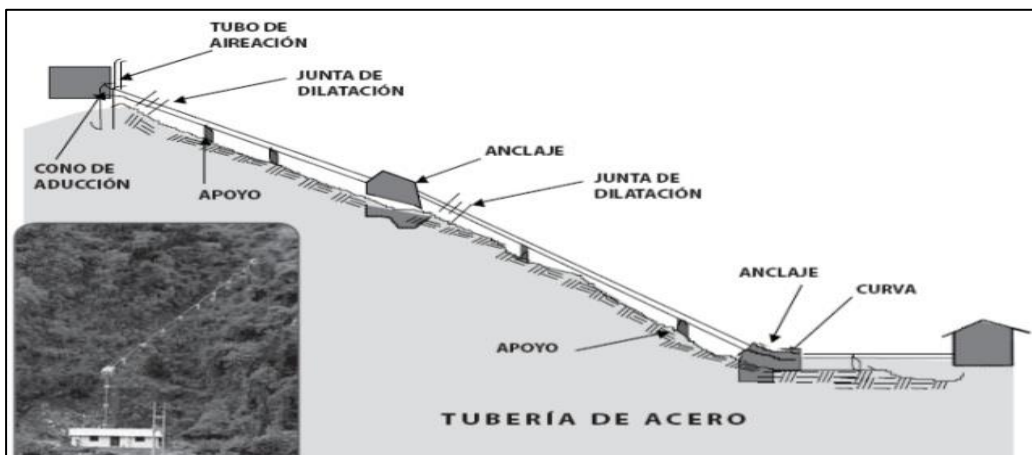
Fuente: <http://www.riegonacional.com/compuertas-deslizantes.html>

2. 2. 12. 2 Tubería Forzada.

“En el tramo entre la cámara de carga y la turbina hidráulica, se encuentra una tubería a la que se le denomina “Tubería Forzada” o “Tubería de Presión”. Cuando la presión interna es muy alta, se incluye un armazón metálico como refuerzo, en la figura 13 se muestra un diagrama y sus partes que conforman”. (Argüello Hidalgo & Rivas Alfaro, 2010)

Figura 13

Diagrama de la Tubería Forzada y Las Partes Que Componen.

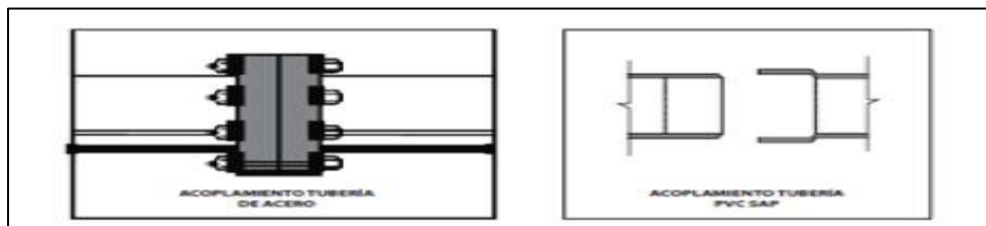


Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/obrasciviles2-140925232401-hpapp02/95/camara-de-carga-central-hidroelctrica-de-pasada-13-638.jpg?cb=1411687625>

- a. **Junta de dilatación.** “Es un accesorio que conecta dos tubos de acero, dejando un espacio de más o menos de una pulgada para absorber variaciones longitudinales, debido a la variación de la temperatura”. (Argüello Hidalgo & Rivas Alfaro, 2010)
- b. **Soportes o apoyos.** “Sirven fundamentalmente como apoyo de la tubería de presión cuando ésta es de acero. Cuando la tubería es de PVC no se utilizan apoyos, ya que va enterrada, en la tubería es de PVC el acoplamiento es rígido utilizándose pegamento o a través de una unión flexible, en la figura 14 se puede observar los tipos de uniones en una tubería de acero y de PVC”. (Argüello Hidalgo & Rivas Alfaro, 2010)

Figura 14

Unión de Tubería Forzada de Acero.



Fuente: (Argüello Hidalgo & Rivas Alfaro, 2010)

- c. **Anclajes.** “Los anclajes se colocan para soportar los esfuerzos generados por los cambios de dirección en el perfil de la tubería, generalmente se hacen de hormigón en masa, reforzado con fierro de construcción como se observa en la figura 15”. (Argüello Hidalgo & Rivas Alfaro, 2010)

Figura 15

Anclaje de Tubería Forzada.



Fuente: (Argüello Hidalgo & Rivas Alfaro, 2010)

2. 2. 12. 3 Válvulas de Distribución para la Tubería de Presión Forzada.

“La válvula principal es un mecanismo de obturación que controla el paso de agua hacia la turbina y/o distribución; la válvula principal debe trabajar siempre completamente abierta o cerrada y por lo general es del tipo compuerta o de mariposa”. (Argüello Hidalgo & Rivas Alfaro, 2010)

A. *Válvula tipo compuerta.*

“Una válvula de compuerta, comprende de un disco metálico que sube y baja a voluntad, que se encuentra localizado en el cuerpo de la válvula, a base de presiones mayores, empleando con válvulas de mayor diámetro que precisa de una fuerza laboral importante para operarlas, y vencer la fuerza de fricción que requiere la válvula”. (Moncayo Escobar, 2009)

B. *Válvula tipo mariposa.*

“Lo conforma la extensión de dicha tubería dentro de la cual, se ingresa un disco de manera de lente montado, hacía un eje central. Para operar dicho tipo de válvula, se necesita de poca fuerza, ya que la presión de contra corriente en cada parte del disco, se encuentra prácticamente balanceada”. (Moncayo Escobar, 2009)

2. 2. 13. *Equipamiento Electromecánico*

“Las turbinas y el resto de equipos de una central suelen presentar en la actualidad una mayor eficiencia, cubriendo todos los indicadores de la gama de caudales desde 0,1 a 500 m³/s, utilizando hasta 1,800 m de salto regular, con eficientes rendimientos mecánicos”. (Castro, 2006)

2. 2. 13. 1 Turbinas Hidráulicas.

Las turbinas hidráulicas, se logran clasificar en dos grupos: turbinas de acción y turbinas de reacción. Además, según (Castro, 2006), “en el procedimiento de transformación del fluido con energía mecánica o viceversa, que emplean distintos tipos de máquinas, que logran clasificarse del siguiente modo”:

- a. Maquinas gravimétricas.
- b. Maquinas hidrostáticas o de desplazamiento.
- c. Maquinas roto dinámicas o turbo máquinas.

A. *Elementos constitutivos.*

- **El distribuidor.** Es un componente fijo cuya misión es dirigir el agua, desde la sección de entrada de la máquina hacia la entrada en el rodete, distribuyéndola alrededor del mismo, o a una parte.
- **Rodete, rotor o rueda móvil.** El rodete es el componente móvil de la turbina que al recibir el agua gira a una velocidad determinada dependiendo de las condiciones de diseño.
- **Corona directriz.** Es una corona de alavés fijos que recogen el fluido del rodete y transforma la energía cinética comunicada por el rodete en energía de presión.
- **Caja espiral.** Componente que transforma la energía dinámica en energía de presión, además conduce al fluido a su salida por el tubo de impulsión.
- **Tubo difusor.** Transformación de la energía dinámica en energía de presión.

B. *Clasificación de las turbinas.*

En el primer caso, la energía potencial se transforma en energía cinética mediante un chorro de gran velocidad, que es proyectado contra unas cazoletas o alabes fijos en la periferia de un disco. A este tipo de turbinas se las conoce como turbinas de acción. Las turbinas hidráulicas se pueden clasificar según los siguientes criterios:

- Según la variación de la presión estática a través del rodete.
- Según la dirección del flujo a través del rodete.
- Según el grado de admisión del rodete.

Clasificación según su grado de reacción, estas características las turbinas se clasifican en impulsión y reacción véase la tabla 6:

Tabla 6

Tipos de Turbinas Hidráulicas.

TIPO DE TURBINA	TIPO DE FLUJO	TURBINA	ALABES
IMPULSIÓN	Tangencial	Pelton	Fijos
	Lateral	Turgo	Fijos
	Cruzado	Michell-Banki	Fijo
REACCIÓN	Mixto	Francis	Fijos
		Deriaz	Orientables
	Axial	Hélice	Fijos
		Kaplan	Orientables

Nota 6. Clasificación de turbinas hidráulicas de acuerdo al flujo que incide en los alabes.

Fuente:<https://slideplayer.es/slide/1723083/7/images/5/TIPOS+DE+TURBINAS+TIPO+DE+FLUJO+TURBINA+%C3%81LABES+IMPULSO+tangencial.jpg>

C. Selección de la Turbina.

Para seleccionar la turbina hidráulica de un sistema se tiene que tener en cuenta los siguientes criterios:

- Altura de salto neto.
- Horquilla de caudales a turbinar.
- Velocidad de rotación.
- Problemas de cavitación.
- Velocidad de embalamiento.
- Costo de la turbina.

i **Altura del salto.** Es el desnivel geográfico en la zona donde se va instalar la central hidroeléctrica, tomando la distancia vertical desde el punto donde se instalará la turbina hidráulica y el punto a pelo de agua en la cámara de carga, en la tabla 7 se puede observar el tipo de turbina y el rango del salto con el que opera.

Tabla 7

Tipos de Turbinas Hidráulicas de Acuerdo al Salto.

Tipo de turbina	Horquilla del salto en (m)
Kaplan y hélice	2 < H > 20
Francis	10 < H > 350
Pelton	50 < H > 1300
Michell-Banki	3 < H > 200
Turgo	3 < H > 250

Nota 7. Clasificación de turbinas hidráulicas de acuerdo al salto aprovechable.

Fuente: Recuperado de (Cascante Vindas & El-Ghellali Quirós, 2003)

Los aprovechamientos con abundante caudal y pequeño salto, hacen uso de uno de los dos tipos de turbina aplicables a estos saltos como se muestra en la tabla 7: la turbina Kaplan y la semi-Kaplan.

Criterios de selección:

- Horquilla de caudales a turbinar.
- Altura de salto.
- Naturaleza del terreno.
- Criterios medioambientales (fundamentalmente impacto visual y sonoro).
- Costo de la mano de obra.

Potencia hidráulica. Es la potencia a disposición de la turbina y se calcula con la siguiente expresión.

$$P_h = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad [W] \quad (Ecu. 19)$$

Donde:

Q = caudal de la turbina, m³/s.

ρ = Densidad, Kg/m³

H = altura bruta, m

g = gravedad: 9,81 m/s².

P_h = potencia hidráulica

La potencia de la turbina. Tiene relación directa con la gravedad, el caudal, la altura bruta y las pérdidas en la tubería, la potencia de la turbina se obtiene de las siguientes ecuaciones.

$$P_T = P_h \times \eta_t \quad (\text{Ecu 20})$$

Donde:

P_h = potencia hidráulica

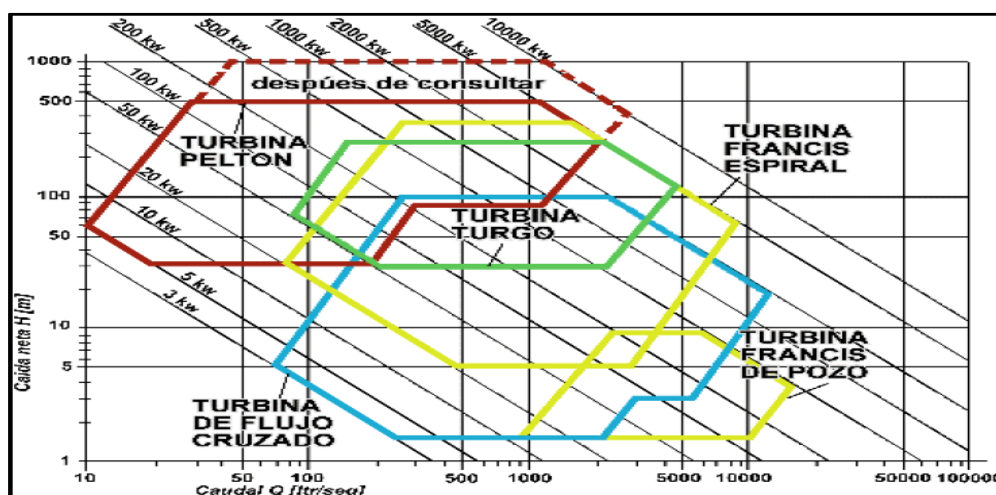
P_T = potencia en el eje de la turbina

η_T = eficiencia del generador = 0,80 – 0,90

ii Selección rápida de la turbina hidroeléctrica. Se puede realizar una selección rápida de la turbina para una minicentral hidroeléctrica; utilizando el diagrama de selección de turbinas hidráulicas que se presenta en la figura 16, en la que aparecen las diversas turbinas que se usan en la actualidad ubicadas por zona de aplicación referidas al salto neto, caudal, potencia y una eficiencia promedio.

Figura 16

Diagrama de Selección de Turbinas Hidráulicas.



Fuente: (Amaya C., Hernández G., & Villegas C., 2009)

iii Velocidad específica N_s . “La velocidad específica representada normalmente N_s , es también denominada velocidad específica absoluta o velocidad angular

específica. Corresponde al número de revoluciones por minuto (rpm) que daría una turbina instalada en un salto de 1 m de altura produciendo una potencia de 1 kW. Por medio de este número adimensional es posible determinar el tipo de turbina adecuado para el proyecto de la MCH. Su valor se obtiene a partir de la Ecuación”. (Mataix, 1986)

$$N_s = \frac{N * \sqrt{P_T}}{H_n^{5/4}} \quad [kW] \quad (Ecu. 21)$$

Donde:

P_T : Potencia en el eje en kW.

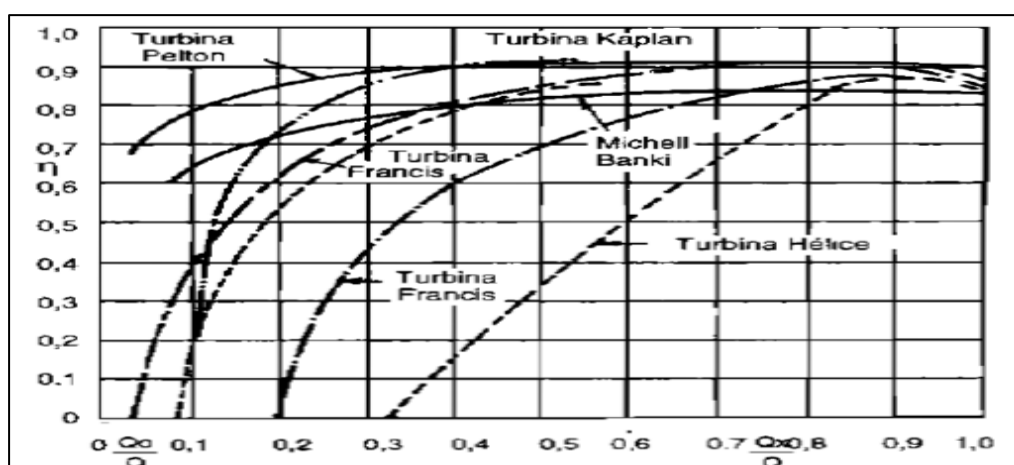
H_N = Altura neta en m.

N = Velocidad de sincronismo en rpm.

iv Eficiencia de la Turbina. En la figura 17, muestra las curvas de las eficiencias VS la “relación de caudales para los distintos tipos de turbinas hidráulicas”. (Mataix, 1986)

Figura 17

Rendimiento de las Turbina.



Fuente: (Mataix, 1986)

v Velocidad Sincrónica. “En general una turbina va acoplada a un alternador que ha de generar electricidad a una determinada frecuencia, que en Perú es de 60

ciclos por segundo, por lo que su velocidad debe ser tal que, conjugada con el número de pares de polos, produzca esta frecuencia”. (Mataix, 1986) De la Ecuación se tiene

$$n = \frac{120 * f}{z} \quad [kW] \quad (Ecu. 22)$$

Donde:

z = Número de pares de polos del generador.

f = frecuencia de 60 Hz, operada en Latinoamérica.

n = Revoluciones por minuto.

vi Potencia eléctrica efectiva. La potencia eléctrica efectiva, tiene relación directa con la gravedad, el caudal, la altura bruta y las perdidas en la tubería, la potencia generada se obtiene de las siguientes fórmulas:

$$P_G = \frac{P_T \times \eta_G}{f_p} \quad (Ecu. 23)$$

$$\eta_{GR} = \eta \times \eta_{TR} \times \eta_G \quad (Ecu. 24)$$

$$P_e = \rho * g * \eta_{turbina} * \eta_{generador} * \eta_{trasmision} * Q * H \quad (Ecu. 25)$$

Donde:

P_T = potencia en el eje de la turbina, kW

P_e = potencia eléctrica efectiva, kW.

P_G = potencia eléctrica en los bornes del generador, kW

η_T = eficiencia de la turbina

ρ = densidad específica del agua.

Q = caudal turbinado, m³/s.

H = altura bruta, m.

f_p = factor de potencia = 0,90

η_G = eficiencia del generador = 0,97

g = gravedad: 9,81 m/s².

vii *Energía producible.* Es la producción posible de una instalación hidroeléctrica, durante un periodo de tiempo determinado.

$$E_{anual} = P_{turbina} \times NH \times fc \quad (Ecu. 26)$$

Donde:

E_{anual} = energía producible en kWh-año.

NH = Número de horas año.

fc : Factor de carga de la minicentral hidroeléctrica.

2. 2. 13. 2 Transmisor de Potencia Mecánica.

Normalmente los generadores eléctricos para esta aplicación son de corriente alterna, requieren que la turbina genere un movimiento a una frecuencia de 60 Hz, estos generadores disponen de velocidades $n = 3600/p$ (siendo n las RPM necesarias y p el número de polos que el generador tiene). (Amaya C., Hernández G., & Villegas C., 2009)

a. Tipos de transmisiones.

Existen varios tipos de transmisiones, entre los más importantes podemos mencionar y describir. (Amaya C., Hernández G., & Villegas C., 2009)

i *Transmisiones por fajas.* Es el sistema de transmisión más usada en las minicentrales. Esta funciona mediante la fricción que hace la polea, moviendo la faja, con este mismo principio se hace mover la siguiente polea. (Amaya C., Hernández G., & Villegas C., 2009)

ii *Trasmisión por fajas dentadas.* La transmisión por fajas dentadas, se logran diferenciar de las antes expuesto, debido que en ellas la transmisión, es mediante una fuerza de contacto directo y no mantiene la dirección. Esto le brinda una sincronización perfecta en el recorrido.

iii *Transmisiones por cadenas.* Las cadenas flexibles al tener articulaciones de

eslabones metálicos, que al entrar en contacto con los dientes de las poleas permiten una perfecta sincronización. Los eslabones son hechos con material de alta resistencia. (Amaya C., Hernández G., & Villegas C., 2009)

iv Transmisiones por engranajes. Conocidas también como cajas reductoras, estas utilizan una serie de engranajes ocupando poco espacio. (Amaya C., Hernández G., & Villegas C., 2009)

2. 2. 13. 3 Generadores Eléctricos.

“El generador es una máquina que gracias a la inducción electromagnética transforma la energía mecánica en energía eléctrica”. (Castro, 2006)

El generador eléctrico, se encuentra compuesto por dos partes principales:

- Rotor o inductor móvil. Su principal función es generar un campo magnético muy variante debido a la velocidad de giro que le la turbina entrega.
- Estátor. Es el componente donde ocurre la producción de energía eléctrica gracias al principio del electromagnetismo.

“En centrales cuya capacidad es menos de 1000 kW, la tensión de trabajo del generador es de 400 o 660 voltios, pero en potencias más elevadas de generación, suele producir en media tensión (3000, 5000 o 6000 voltios). El generador puede ser de dos tipos: síncrono o asíncrono”. (Amaya C., Hernández G., & Villegas C., 2009)

a. Síncronos. En esta clase de generador la función de conversión de energía mecánica en eléctrica se genera, a una velocidad estable, la cual se denomina velocidad de sincronismo, se expresa: (Amaya C., Hernández G., & Villegas C., 2009).

$$N_s = \frac{120 * f}{p} \quad (Ecu. 27)$$

Donde:

Ns = velocidad de sincronismo expresada en RPM.

f = frecuencia en Hz.

p = número de pares de polos del generador.

- **Velocidad sincrónica.** Se considera la velocidad de giro de la máquina en RPM, que logra permanecer estable, que produce corriente alterna, a través de la frecuencia síncrona (Castro, 2006). En la tabla 8, se puede apreciar la velocidad sincrónica en función de la frecuencia y el número de polos.

Tabla 8

Parámetros del Generador Eléctricos.

Frecuencia	Polos	Velocidad sincrónica (rpm)
50	2	3000
	4	1500
	6	1000
	8	750
	10	600
	12	500
60	2	3600
	4	1800
	6	1200
	8	900
	10	720
	12	600

Nota 8: Relación entre frecuencia, número de polos y velocidad sincrónica.

Fuente. (Moncayo Escobar, 2009)

- b. Asíncronos.** “Debido a su simplicidad, su robustez y el bajo costo, los motores eléctricos, han venido empleándose como generadores, principalmente en las centrales de la pequeña potencia, en donde es necesario que el planteamiento, se encuentre comunicado al rotor que produzca una velocidad de giro mayor al de sincronismo”. (Castro, 2006)

- c. Generador eléctrico de corriente directa.**

“El principio de la producción de energía en los generadores de corriente directa (DC),

es muy parecidos a los generadores de corriente alterna (AC), en donde la armadura del tipo de generador DC, logra girar entre dos distintos polos de campos fijos, en donde la corriente en la armadura, se mueve en una dirección durante la mitad de cada revolución y en la coordinación de la otra mitad”. (Amaya C., Hernández G., & Villegas C., 2009).

d. Generador Eléctrico de corriente alterna.

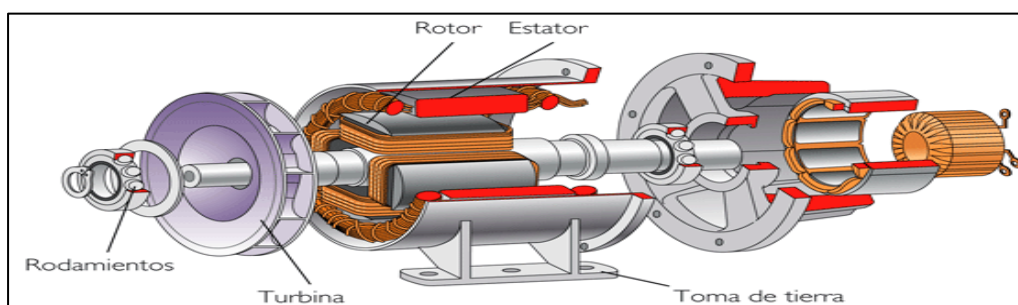
“Una gran cantidad de la generación de corriente eléctrica producida por máquinas dínamos eléctricas es alterna. A raíz de esto, el generador de corriente alterna o alternador es el medio más importante en la producción eléctrica”. (Castro, 2006).

- Rotor o inductor móvil. “Cumple la función de producir un campo magnético variable, al girar y esta sea arrastrado por la turbina”. (Castro, 2006)
- Estator o inducido fijo. “Se refiere a la acción de producir la corriente eléctrica aprovechable”. (Castro, 2006)

“Los generadores pueden ser ya sean síncronos o asíncronos dependiendo de su modelaje constructivo y la naturaleza de la excitación en sus devanados”. (Castro, 2006).

Figura 18

Componentes Principales de un Generador de Corriente Alterna.



Fuente:

<https://grupoelectrogeno.net/wp-content/uploads/2017/10/xpartes.jpeg.pagespeed.ic.67bHNtBhvd.webp>

2. 2. 13. 4 Equipo Eléctrico General y Línea.

“El equipamiento eléctrico, considerado de gran utilidad en la central hidroeléctrica, debido que es el encargado para la transformación de la tensión, de la medición de los diferentes rangos de la corriente eléctrica, de la conexión a la línea de salida, con la distribución de ella”.

(Castro, 2006).

Cálculo de la intensidad de corriente. Los conductores de la línea eléctrica se seleccionan de acuerdo a la corriente que pueden transportar, para esto se calcula la corriente de diseño y con ayuda de tablas se procede a seleccionar.

$$I_d = \frac{1,25 \times P}{V \times \sqrt{3} \times \cos \varphi} \quad (\text{Ecu. 28})$$

Donde:

P: Potencia activa.

V: Tensión de trabajo.

$\cos \varphi$: Factor de potencia.

A. *Los equipos eléctricos de protección.*

Son de gran utilidad, y se encuentran instalados en tableros eléctricos situados en el interior del edificio de la central y básicamente, son los siguientes:

- Disyuntores y seccionadores. Son los que se requieren para la conexión y desconexión a la red.
- Transformadores de medida. Tanto de la tensión como de la intensidad que logran facilitar los valores instantáneos, de estas magnitudes en distintas partes de la instalación.
- Transformadores de los equipos auxiliares. Se suministran con la tensión requerida para el adecuado funcionamiento de los equipos.
- Pararrayos o autoválvulas. Intervienen como descargadores a tierra, de las sobreintensidades, que se logre producir.

B. *La línea eléctrica.*

“Es de gran utilidad para transportar la energía generada hasta los centros de consumo o hasta la red donde se realiza la distribución, es considerado una de las partes principales, al

momento de diseñar y presupuestar el proyecto”. (Castro, 2006).

Las características de la red, se debe conocer la frecuencia y tensión:

- *Frecuencia*. Información conocida de partida (60 Hz).
- *Tensión*. Normalizadas tenemos desde 3 kV hasta 66 kV y 72 kV, o 132 kV, depende de las condiciones del punto de acceso a la conexión (Castro, 2006).

“Selección del conductor. Se parte del supuesto de la caída de tensión de acuerdo a la norma”. (Castro, 2006). Para realizar el dimensionamiento se usa la fórmula para caída de tensión que se muestra como sigue:

$$\Delta V\%_{0-1} = P_{0-1} \times L_{0-1} \times FCT \quad (29)$$

Donde:

$\Delta V\%_{0-1}$: Caída de tensión en el tramo 0-1.

P_{0-1} : Potencia a transmitir en el tramo 0-1.

L_{0-1} : Longitud del tramo 0-1.

FCT : Factor de caída de tensión.

C. El transformador de tensión.

“Es uno de los principales elementos, que depende de la tensión de trabajo del generador, en donde la transformación podría ser baja o media, y media/alta tensión, el propósito de incrementar la tensión de la línea, es para brindar la conducción de la energía eléctrica con las menores pérdidas posibles”. (Castro, 2006).

Para seleccionarlos o dimensionarlos se usa la potencia activa de la minicentral, para determinar la potencia aparente necesaria para los transformadores, esto se determina usando la siguiente expresión:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \quad (30)$$

Donde:

S: Potencia Aparente (kVA).

P: Potencia Activa (kW).

$\cos \varphi$: Factor de potencia.

D. *Elementos de regulación y control.*

“La instalación de estos elementos, es de gran importancia para para regular y controlar el correcto funcionamiento de la central, mediante dispositivos eléctricos y electrónicos, se instalan en la central y en la línea de transmisión, actúan cuando se genere algún inconveniente en la central”. (Castro, 2006).

Los necesarios bucles de control, sistemas de supervisión y de mando para una minicentral hidroeléctrica, son:

Para la supervisión de la turbina:

- Regulador de la velocidad, en instalaciones con grupos síncronos.
- Reguladores de nivel para centrales, con conjunto asíncronos, que se encuentran conectados a la red.
- Regulador de potencia para centrales en red aislada.
- Regulador de caudal turbinado, en la supervisión del generador.
- Regulador de las tensiones para los conjuntos síncronos.
- Equipos para la sincronización, cuando logran existir grupos síncronos funcionando, estables a una red.
- Baterías de condensadores y un relé taquimétrico, cuando hay grupos asíncronos funcionando mediante la red.

E. *Protección del sistema de generación.*

“Son aquellos que protegen a la minicentral, al producirse una falla en el funcionamiento, provocando una alarma ya sea en las partes mecánicas como eléctricas, estas fallas pueden provocar una parada de algún grupo e incluso la parada total de la central, generalmente depende del motivo que se haya originado dicha irregularidad, los principales

actos, que pueden accionar la activación de las alarmas de protección protecciones”. (Castro, 2006)

F. *Regulación de la velocidad.*

“Esta acción depende directamente de controlar la velocidad de la turbina, siendo otro dato que se necesita tener en cuenta, para lograr el diseño eléctrico de la central, el cual depende del tipo de regulación de la velocidad a emplear, el diseño considera un equipo eléctrico, incorporado físicamente en la turbina para controlarla” (Castro, 2006).

Este tipo de reguladores, involucra el siguiente equipo eléctrico:

- “Un generador de imanes estables, para alimentar el motor de péndulo del regulador de velocidad, quien logra censar la razón de la velocidad de la turbina y brinda al sistema hidromecánico las acciones para regular, con la finalidad de que sean subsanadas y mantenerla en el monto nominal de trabajo”. (Castro, 2006)
- “Una bomba eléctrica, contiene la presión de aceite del sistema hidráulico, en un monto pre establecido”. (Castro, 2006)
- “Una válvula electro magnética accionada con energía continua, para parada emergente de la turbina, referente al sistema hidráulico del regulador para la velocidad y logra el cierre de los álabes de la turbina” (Castro, 2006).
- “Motores de corriente continua, que se emplea para la operación automática de ingreso y cierre de los álabes, así como el ajuste de velocidad, etc.”. (Castro, 2006)

“El sistema de control de velocidad de la turbina, de la forma eléctrico – electrónico con disipación de carga, involucran diferentes componentes eléctricos”. (Castro, 2006)

- Un sistema de fuerza compuesto por un conjunto de elementos electrónicos de potencia TRIAC o SCR.
- Un banco de resistencias eléctricas de la capacidad nominal de la central.
- Un sistema electrónico de control y supervisión.

G. *Automatización.*

“La automatización de una minicentral, permite aminorar los costos de operación y mantenimiento, incrementado la seguridad de los equipos y optimizando al máximo la capacidad energética de la instalación”. (Castro, 2006)

Con respecto a la tecnología, se logra distinguir entre:

Convencional. “Basada en los relés electromecánicos o estáticos. La utilización de relés convencionales es la forma más sencilla y económica de automatizar una minicentral, aunque tiene la desventaja de ser más limitada”. (Castro, 2006).

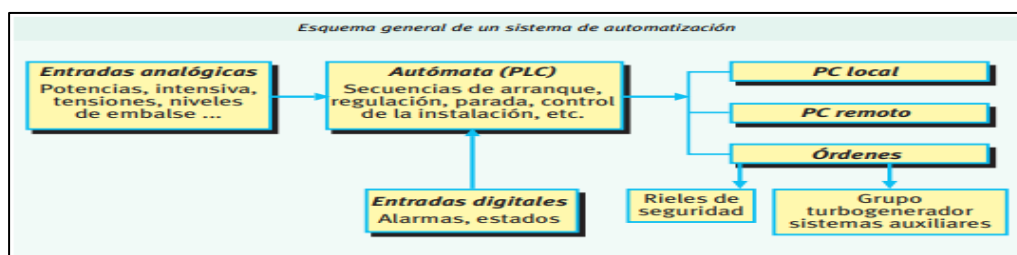
- Secuencias de arranque.
- Secuencias de parada por protecciones.

Digital. “Se refiere a técnicas informáticas que permiten la gestión de todas las funciones de la central como se presenta en el esquema de la figura 19. Los equipos de automatización que funcionan con microprocesadores ofrecen un abanico mayor de posibilidades de automatización, siendo posible la programación de distintas secuencias”. (Castro, 2006)

- Arranque y parada normal de grupo.
- Parada de emergencia de grupo.
- Regulación del grupo por nivel o caudal.
- Optimización de funcionamiento del conjunto de la instalación.

Figura 19

Esquema General de un Sistema de Automatización.



Fuente: Recuperado de (Castro, 2006)

“Los centros de control remoto sirven para gestionar una o varias centrales automatizadas a través de técnicas de telemando. Para poder emplear esta opción es imprescindible contar con los equipos informáticos y el software adecuado, que se instalarán en paralelo en la central y el centro de control”. (Castro, 2006)

2. 2. 14. Métodos de Evaluación Económica

Los métodos para evaluar proyectos más difundidos son aquellos, que toman en consideración el valor de la inversión en el tiempo, al analizar los beneficios y costos esperados durante la vida útil del proyecto.

2. 2. 14. 1 Valor actual neto (VAN).

El VAN, permite calcular el valor presente de determinados flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología, consiste en descontar al momento actual a todos los flujos de caja futuros del proyecto. En dicho valor, se le resta la inversión, de tal modo que el valor obtenido es el valor neto del proyecto. Por lo tanto, si el $VAN > 0$; “el proyecto es aceptado”; $VAN < 0$; “el proyecto es rechazado”.

La fórmula, que nos permite calcular el valor actual neto es:

$$VAN = -k_0 + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{F_{ci}}{(1 + D)^i} \quad (Ecu. 31)$$

Donde:

K_0 = Inversión o capital inicial

F_{ci} = Flujo de caja en el año i

D = Tasa de descuento

i = Número de periodos

2. 2. 14. 2 Tasa Interna de Retorno (TIR).

La TIR, logra ser la tasa de descuento para el valor actual neto, si este resulte ser igual a cero, quiere es decir que es aquella tasa de retorno donde los costos igualan a los beneficios,

por lo tanto, representa el tipo de interés o rendimiento que los beneficios se van obteniendo de haber realizado la inversión del proyecto, solamente cubre dicha inversión y por lo tanto no se obtiene ninguna utilidad.

$$VAN = -k_0 + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{F_{ci}}{(1 + TIR)^i} \quad (Ecu. 32)$$

Entonces, el criterio general para conocer si es conveniente desarrollar un proyecto de inversión debe cumplir lo siguiente: $TIR > D$, realizar el proyecto; $TIR < D$, no realizar el proyecto; $TIR = D$, el inversionista es quien decide entre realizar el proyecto o no.

2. 2. 15. *Mini y Micro Centrales Hidroeléctricas en el Territorio Peruano*

En nuestro país existe una gran cantidad de proyectos de generación hidroeléctrica a pequeña escala beneficiando a muchos pobladores y centros productivos, los cuales han sido desarrollados por la Intermediate Technology Development Group (ITDG), las cuales se indican en la tabla 9.

Tabla 9

Cuadro de las Mini y Micro Centrales Hidroeléctricas (MINEM, 2015).

N.º	MCHs	Fam. Benef	Pot. (kW)	Distrito, Provincia, Departamento
1	Monte Salvado	400	60	Quebrada Honda, Calca, Cusco
2	Riobamba	120	25	Yanatile, Calca, Cusco
3	Allis	80	50	Allis, Yauyos, Lima
4	Macate	150	70	Macate, Santa, Áncash
5	Atahualpa	85	45	Cajamarca, Cajamarca, Cajamarca
6	Huacataz	120	9	Baños Del Inca, Cajamarca, Cajamarca
7	Combayo Bellavista	100	8	La Encañada, Cajamarca, Cajamarca
8	Tambomayo	600	15	La Encañada, Cajamarca, Cajamarca
9	Chalán	90	25	Miguel Iglesias, Celendín, Cajamarca
10	Yerbabuena	2	1	La Encañada, Cajamarca, Cajamarca
11	Conchán (Rehab).	150	80	Conchán, Chota, Cajamarca

N.º	MCHs	Fam. Benef	Pot. (kW)	Distrito, Provincia, Departamento
12	Luichupucro	50	1	Baños del Inca, Cajamarca, Cajamarca
13	Yumahual	15	15	Magdalena, Cajamarca, Cajamarca
14	El Tinte	100	15	Cajamarca, Cajamarca, Cajamarca
15	La Peca (Rehab.)	780	175	La Peca, Bagua, Amazonas
16	S. Rosa de Congona	18	3	Colasay, Jaén, Cajamarca
17	Toraya	5	25	Toraya, Aymares, Apurímac
18	Trinidad	30	4	Trinidad, Contumazá, Cajamarca
19	Chugur (Rehab)	150	75	Chugur, Bambamarca, Cajamarca
20	Incahuasi	170	50	Incahuasi, Ferreñafe, Lambayeque
21	Cortegana	90	30	Cortegana, Celendín, Cajamarca
22	El Tingo	5	20	Bagua, Bagua, Amazonas
23	Cañaris	150	40	Cañaris, Ferreñafe, Lambayeque
24	Tamborapa Pueblo	160	40	Tabaconas, San Ignacio, Cajamarca
25	Huarango	150	50	Huarango, San Ignacio, Cajamarca
26	Las Juntas	65	25	Pomahuaca, Jaén, Cajamarca
27	Combayo	120	50	La Encañada, Cajamarca, Cajamarca
28	Gómez	30	1	Acos Vinchos, Huamanga, Ayacucho
29	Mayupampa	25	1	Acos Vinchos, Huamanga, Ayacucho
30	Shillangate	90	40	Querocotillo, Cutervo, Cajamarca
31	Sondor	280	120	Sondor, Huancabamba, Piura
32	Chetilla	180	80	Chetilla, Cajamarca, Cajamarca
33	El Pululo	83	7	Cajamarca, Cajamarca, Cajamarca
34	El Punre	20	24	La Encañada, Cajamarca, Cajamarca
35	Huarandoza	320	200	Huarango, San Ignacio, Cajamarca
36	Santo Tomás	450	200	Santo Tomás, Cutervo, Cajamarca
37	Buenos Aires	40	5	La Coipa, San Ignacio, Cajamarca
38	Las Colmenas	2	2	S. José del Alto, Jaén, Cajamarca
39	Nivintos	5	3	Jaén, Cajamarca
40	Guayaquiles	40	5	La Iaquiz, Huancabamba, Piura
41	Yanacancha	80	40	La Encañada, La Encañada, Cajamarca

N.º	MCHs	Fam. Benef	Pot. (kW)	Distrito, Provincia, Departamento
42	Yaman	90	5	Chugay, S. Carrión, La Libertad
43	Calabazas	50	15	La Coipa, San Ignacio, Cajamarca
44	Cochalán	50	20	S. José del Alto, Jaén, Cajamarca
45	El Progreso	40	20	S. José del Alto, Jaén, Cajamarca
46	Manantial Eterno	1	30	Tingo María, Tingo María, Huánuco
47	Nuevo Progreso	10	3	Chirinos, San Ignacio, Cajamarca
50	El Verde	110	60	Chalamarca, Chota, Cajamarca
TOTAL		951	1887	

Nota 9. Relación de mini y Microcentrales desarrolladas en diferentes zonas del Perú.

Fuente: (ITDG) Intermediate Technology Development Group, recuperado de (Finetti Dominguez & Ramos Chafloque, 2018)

2. 2. 16. *Normas Legales*

En la Constitución Política del Perú, se resalta que “es deber primordial del Estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. Asimismo, establece que para el aprovechamiento de recursos naturales renovables y no renovables, se define la concesión como derecho real”.

En la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente; cuyo marco normativo legal permite la gestión ambiental en el Perú, “estableciendo que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarios para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la ley”.

En el Reglamento N° 28245, Ley Marco del Sistema de Gestión Ambiental aprobado por el Decreto Supremo N° 008-2005-PCM, trata sobre las “Competencias Ambientales, precisa que las demás entidades del Estado, ejercen sus funciones apoyando el desarrollo de las actividades de gestión. La Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada, Decreto Legislativo N° 757, define que los Estudios de Impacto Ambiental serán realizados por empresas o instituciones públicas y privadas, que se encuentren debidamente calificadas e

inscritas en el registro del respectivo sector; ello se concuerda con la Ley General del Ambiente”.

2. 2. 16. 1 Normas Sobre Sector Electricidad

La ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N° 25844, “indica que los concesionarios de generación, transmisión y distribución están obligados a cumplir con las normas de conservación del medio ambiente”.

El Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas (Decreto Supremo N° 029-94-EM), “norma la interrelación de las actividades eléctricas en los sistemas de generación, transmisión y distribución, con el medio ambiente, bajo el concepto de desarrollo sostenible. La Resolución Directoral N° 008-97-EM/DGAA, se establece niveles máximos permisibles para efluentes líquidos producto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica”.

El Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas, aprobado por Resolución Ministerial N° 161-2007-MEM/DM, “define la prevención, protección de la seguridad y salud de las personas, mediante la consideración de planes de contingencia y programas de control y reducción de riesgos”.

2. 2. 16. 2 Normas Sobre Recursos Naturales

El Decreto Legislativo N° 997 crea la Autoridad Nacional del Agua ANA, como organismo adscrito al ministerio de agricultura (MINAG), cuya responsabilidad refiere a dictar las normas y establecer los procedimientos para la gestión integral y sostenible de los recursos. Por Decreto Supremo N° 014-2008, se “dispone la fusión de la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA en la Autoridad Nacional del Agua ANA”.

Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338 y su Reglamento aprobado vía Decreto Supremo N° 001-2010-AG, “establece que el agua tiene valor sociocultural, valor económico y valor ambiental, por lo que su uso debe basarse en la gestión integrada y en el equilibrio entre

estos. El uso del agua se otorga y ejerce en armonía con la protección ambiental”.

El Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, Decreto Supremo N° 074 – 2001 – PCM, “establece que la protección de la calidad de aire es obligación de todos y la información respecto de las prácticas que mejoran o deterioran la calidad del aire, se realizarán de manera constante, confiable y oportuna”.

2. 3. Definición Conceptual de la Terminología Empleada

- a. Minicentral hidroeléctrica.** Se denomina minicentrales hidroeléctricas a las centrales hidroeléctricas con capacidad de generación menores a 500 kW.
- b. Recurso hídrico.** Hace referencia a la disponibilidad de agua aprovechable para generar energía eléctrica. En este caso específico se aprovecha por medio de un canal de derivación para obtener un salto adecuado.
- c. Caudal:** Es la cuantificación de un volumen de fluido que recorre una distancia en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.
- d. Optimización hidroenergética.** Se define como el proceso por el cual se logra obtener la mayor cantidad de producción de energía eléctrica con la misma cantidad de recurso hídrico.
- e. Energía mecánica.** Se define como el resultado de la adición de las energías cinética y potencial gravitatorio, teniendo en cuenta que la energía potencial es la energía que posee un cuerpo por su posición respecto a otra de referencia en el campo gravitatorio terrestre y la energía cinética es la aquella que un cuerpo genera al moverse de un punto a otro.
- f. Estiaje.** Se define como la época del año donde las precipitaciones son más bajas dando lugar al caudal mínimo que un río o quebrada puede tener.
- g. Demanda.** Se define como la cantidad de potencia demandada por una determinada

carga de acuerdo a su capacidad instalada y los factores de simultaneidad y utilización.

- h. Factor de Carga.** Se define como el cociente entre la energía eléctrica suministrada, en un periodo determinado y la energía que correspondería a una carga constante durante este mismo periodo a la demanda máxima respectiva.
- i. Factor de Demanda.** Se define como la relación que existe entre la demanda máxima y la carga conectada, en un punto del sistema eléctrico.
- j. Mecanismo de Control.** Se define como el dispositivo que permite la maniobra principal y auxiliar en la operación del sistema, así como su regulación, control, protección u otros.
- k. Potencia útil de una máquina.** Es la cantidad de potencia dada por una máquina al circuito de utilización o carga en el caso de generadores y sobre el eje en el caso de motores.
- l. Bocatoma.** Es la estructura que permite derivar parte del recurso aprovechable desde los cursos de agua naturales tales como Río, arroyo, o canal, para ser utilizada con un fin específico.
- m. Casa de máquinas.** Se define como el lugar donde existe la concentración de equipos electromecánicos directamente responsables con producción de energía, en este emplazamiento se encuentran; la turbina, el generador, el sistema de excitación y el regulador de velocidad.
- n. Cuenca hidrográfica.** Área de terreno accidentado que cuenta con un único sistema de drenado natural.
- o. Desarenador.** Estructura civil diseñada para retener partículas de arena que traen las aguas servidas o las aguas superficiales el su lecho natural, a fin de evitar que ingresen al canal de aducción, a la turbina hidráulica, creando serios problemas.

- p. Energía hidráulica.** Se define como el trabajo por unidad de tiempo que realiza un determinado volumen de líquido que se encuentra a distinto nivel de un punto referencial al moverse de un punto superior a uno inferior.
- q. MCH.** Es el acrónimo de Mini Central Hidroeléctrica, se caracteriza por ser una instalación que permite aprovechar pequeñas cantidades de agua en movimiento que circulan por los ríos, y hacerla pasar por una turbina hidráulica, produciendo un movimiento de rotación que se transforma en energía eléctrica por medio de un generador eléctrico, con una potencia instalada menor a 500 kW.
- r. Quebrada.** Es el paso estrecho que definen las montañas en la parte inferior haciendo que el agua trascurra por este lecho.
- s. Recurso Renovable.** Se define como el recurso que se puede restaurarse por proceso natural a una velocidad superior a la del consumido por los seres humanos, entre estos recursos tenemos el recurso hídrico, fotovoltaico, eólico, entre otros.

CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO.

3. 1. Tipo y Diseño de Investigación.

3. 1. 1. *Tipo de Investigación*

El tipo de investigación es aplicada, donde para Murillo (2008) una investigación aplicada se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, para posterior implementar y sistematizar en la práctica basada en investigación. En este caso se aplicó los conocimientos de ingeniería para analizar y proponer la optimización de la producción energética en la minicentral hidroeléctrica El Verde y con ello permita contribuir en el aprovechamiento óptimo del recurso hidroenergético, mejorando las condiciones de vida y comodidad de los habitantes del área de influencia.

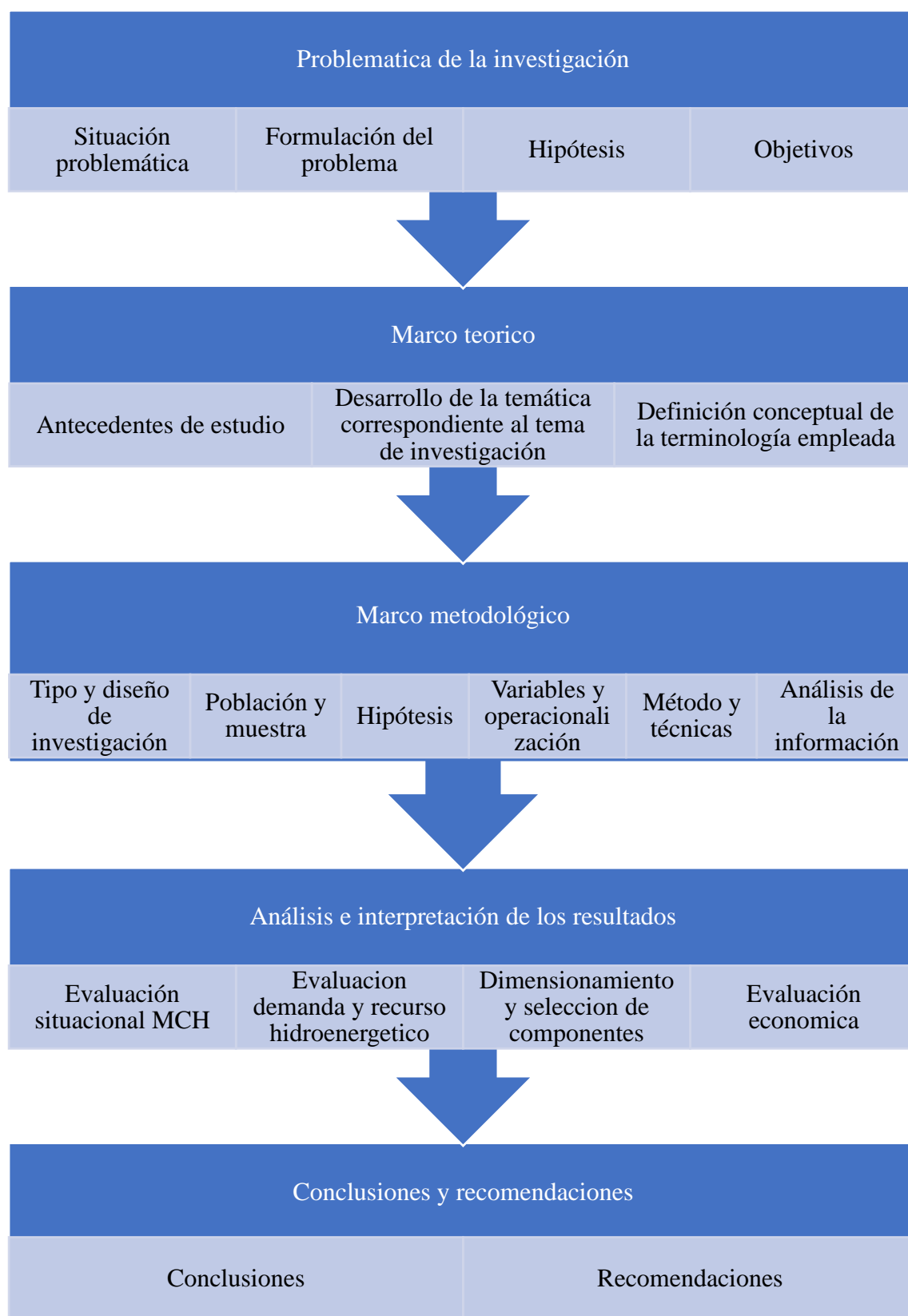
3. 1. 2. *Diseño de la Investigación*

“El tipo de investigación tiene un enfoque experimental, contempla cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula”. (Dr. Hernández Sampieri, Dr. Fernández Collado, & Dra. Baptista Lucio, 2010). Los métodos experimentales son los más adecuados para poner a prueba hipótesis de relaciones causales.

La investigación, se realizó siguiendo el esquema presentado en la figura 20.

Figura 20

Procedimientos de la Investigación.



Fuente: Elaboración propia.

3. 2. Población y Muestra.

Estuvo conformado por las instalaciones de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.

3. 3. Hipótesis

La evaluación del funcionamiento permitirá optimizar la producción energética en la Minicentral Hidroeléctrica el Verde.

3. 4. Variables y Operacionalización

Para la construcción del soporte técnico de la investigación y explicación de la hipótesis, se desarrolló la definición conceptual y operacional de las variables por separado.

X: Variable independiente: Evaluación del funcionamiento.

Y: Variable dependiente: Optimización de la producción energética.

Tabla 10

Operacionalización de las Variables en Estudio.

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores
Variable Independiente: Evaluación del funcionamiento	La evaluación es un proceso que tiene por objeto determinar y dar una valoración de las condiciones en las que se encuentra algo.	Determinación del estado en el que se encuentra la infraestructura de la minicentral. Verificar el estado actual obras civiles, equipamiento hidromecánico y electromecánico.	<ul style="list-style-type: none"> Estado de Infraestructura <ul style="list-style-type: none"> Obras Civiles. Equipamiento Hidromecánico Equipamiento electromecánico. Reparación de obras Civiles. Determinar parámetros Óptimos. Dimensionamiento de nueva tecnología. <ul style="list-style-type: none"> Potencia Energía
Variable Dependiente: Optimización de la producción energética	Se define optimizar como el acto de buscar el mejoramiento de las condiciones de infraestructura y tecnología para aprovechar de manera más eficiente la infraestructura y el equipamiento, así como el recurso existente.	Aprovechar de manera más eficiente la infraestructura y el equipamiento, así como el recurso existente, para poder mejorar las condiciones de funcionamiento y producción de energía eléctrica.	

Nota 10. Se describe y se define metodológicamente cada una de las variables en estudio.

Fuente. Elaboración propia.

3. 5. Método y Técnicas de Investigación

Al iniciar la investigación, se utilizó la técnica documental con fichas de recolección de datos, de forma que se recopiló la información contenida en textos, manuales, cuadros estadísticos, tesis de referencia, libros referentes al tema en estudios, los cuales se encuentran detallados en la bibliografía, también se utilizó la técnica empírica en sus siguientes modalidades:

- **Observación:** de esta manera se recopiló información del estado en el que se encuentran los equipos, características de la cuenca y la infraestructura.
- **Medición y cálculos:** de esta manera se logró determinar el caudal aprovechable, salto bruto, parámetros eléctricos etc.
- **Entrevistas:** esta técnica permitió recopilar información sobre el tiempo de operación de la MCH, características de la zona de influencia y alrededores.

Se realizó una observación del fenómeno en estudio, con la aplicación de los instrumentos seleccionados, realizando un análisis cualitativo y cuantitativo, que permitan describir el objeto de estudio, permitiendo formular o establecer un plan de acción pertinente recomendado para mejorar la realidad descrita.

3. 5. 1. *Métodos*

Esta investigación se basó en el método deductivo a partir de las teorías, leyes y normas emitidas por el Ministerio de Energía y Minas, lo cual se aplicó para calcular y seleccionar los equipos. Las técnicas principales empleadas fueron las siguientes:

3. 5. 2. *Técnicas*

- Análisis de contenido.** Este instrumento se utilizó para obtener información de diferentes fuentes bibliográficas sobre el sistema de generación hidroeléctrica: tesis, revistas, software páginas web, etc.
- Observación directa.** Se realizó visitas técnicas al lugar donde se desarrolló la

investigación, detallando las condiciones en que se encuentra la infraestructura y los equipos que conforman los sistemas, permitiendo analizar las acciones que se necesita para abastecer la demanda de energía.

- c) **La Entrevista.** Se entrevistó a pobladores de la zona en donde se encuentra instalada la minicentral hidroeléctrica, con la finalidad de obtener información de la energía producida, para tomar como referencia de cómo se emplearía y que beneficio traería al lugar.

3. 5. 3. *Instrumentos Utilizados*

- a) **Guías de observación.** Se utilizó para recopilar información sobre los equipos instalados en la minicentral.
- b) **Check list.** Instrumento utilizado para verificar el estado, en el que se encuentra los componentes y poder asignarlo una valoración conforme a la apreciación que se tiene en campo.
- c) **Ficha de análisis de documentos.** Se empleó para recopilar información necesaria, tales como tesis, revistas, manuales técnicos.
- d) **Entrevista libre** Este tipo de entrevista no se encuentra referida a las preguntas, con un orden establecido si no es que es más parecido a una conversación donde las preguntas surgieron de las respuestas del candidato.

3. 6. **Análisis estadístico e Interpretación de Datos**

Los datos se procesaron y analizaron por medios electrónicos, clasificándolos, sistematizándolos de acuerdo a las unidades correspondientes respecto a las variables. Para el procesamiento se utilizó la estadística descriptiva, que permitió obtener valores promedio de recurso hídrico aprovechable, mediante la tabulación de datos que permitió organizar la información, en tablas y gráficos estadísticos con sus respectivas descripciones e interpretaciones de los resultados.

Para el análisis del dimensionamiento del equipamiento o parte de la infraestructura, se utilizó en el procesamiento la información obtenida en campo, software y aplicativos tales como Microsoft Office 2019- (Word, Excel), para el cálculo y procesamiento de datos, así como para la diagramación de barras, columnas y otros.

CAPITULO 4: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

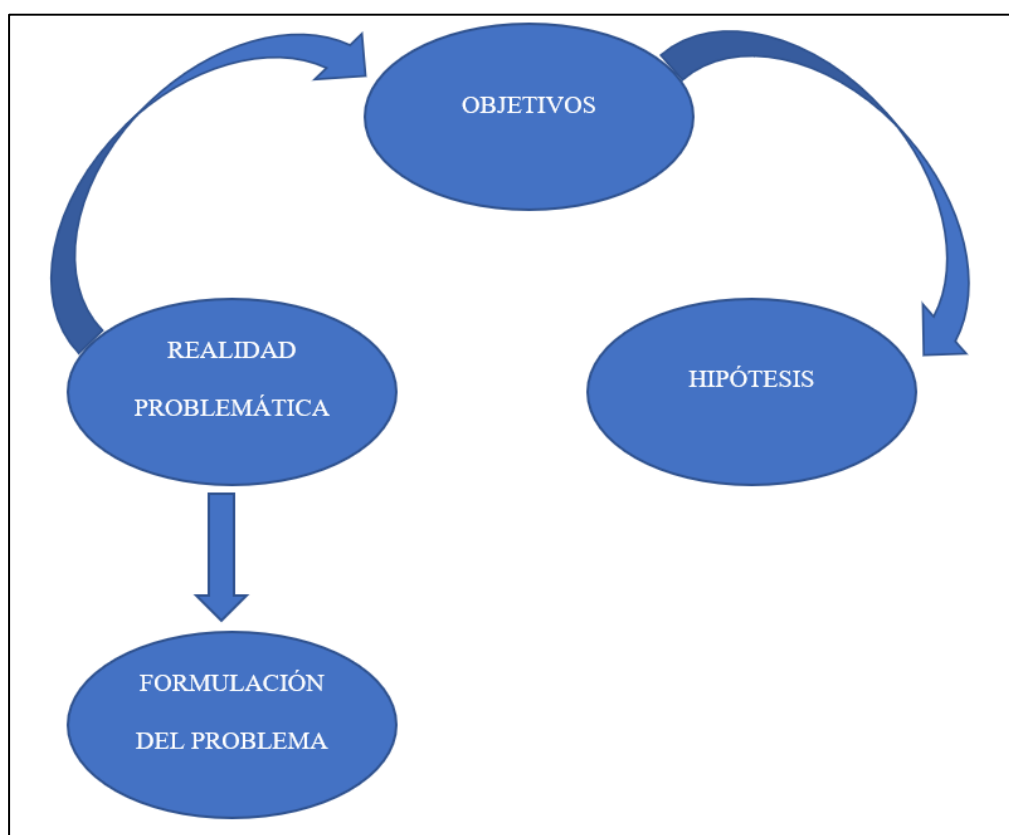
4.1. Propuesta de la Investigación

Debido a la problemática existente en la Minicentral Hidroeléctrica El Verde, que es el mal funcionamiento y con la finalidad de profundizar el estudio en las energías renovables, las cuales no producen impacto ambiental negativo es que se propone la optimización de la producción energética en la minicentral hidroeléctrica de El Verde, para la cual se realiza una auditoria de las partes que constituyen la minicentral, dividiéndolo en tres grupos que se mencionarán y describirán en el capítulo siguiente.

Asimismo, para realizar esta investigación se propone hacer el estudio de acuerdo al diagrama mostrado en la figura 21.

Figura 21

Propuesta de Investigación.



Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIONES.

5. 1. Resultados

5. 1. 1. *Estado Situacional de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde*

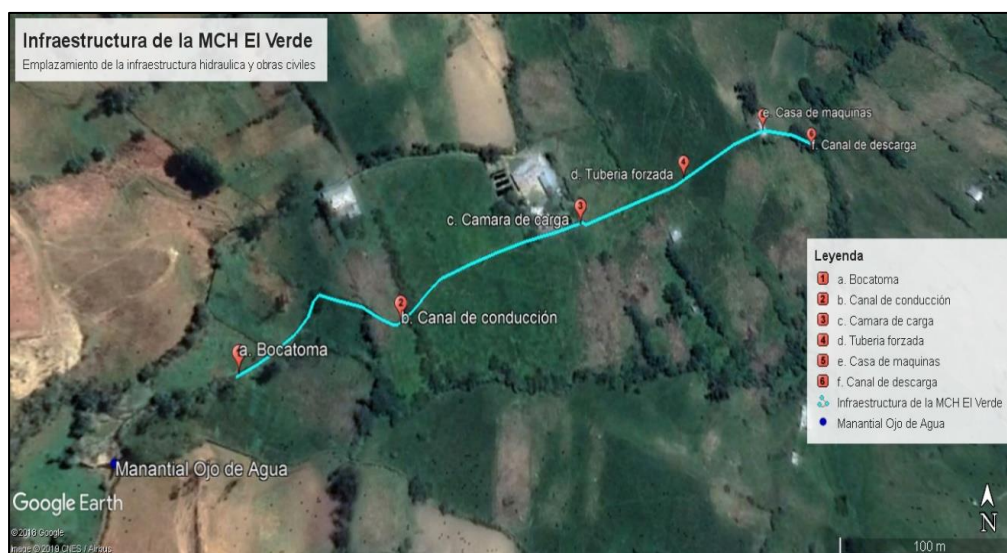
5. 1. 1. 1 La Minicentral Hidroeléctrica “El Verde”.

La “Minicentral Hidroeléctrica El Verde”, es una Minicentral Hidroeléctrica que estuvo administrada por el comité de electrificación El Verde, esta fue construida gracias a la inversión del Ministerio de Agricultura, mediante en el Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHS).

Situada en la Comunidad El Arenal en el Sector Ojo de Agua, su propósito principal fue brindar suministro eléctrico al centro poblado El Verde, llegando a conectarse aproximadamente a 140 hogares como máximo según indica el encargado de la operación; en la figura 22 se muestra el emplazamiento de la MCH El Verde.

Figura 22

Partes de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.



Fuente: Adaptación de (Google Earth, s.f).

Fue construida en el año 1995 y puesta en operación en el año 1996. Hasta la actualidad viene operando con el mismo equipamiento instalado sin ninguna actualización tecnológica, solo se han realizado reparaciones cuando esta ha sufrido daños; la tecnología instalada es del

tipo Michell-Banki caracterizada por la turbina de 93 kW, fabricada por la empresa peruana 3HC empresa dedicada al desarrollo de proyector de minicentrales hidroeléctricas, en la actualidad la minicentral se encuentra prestando servicio a 40 viviendas, los datos técnicos de la minicentral se presenta en la tabla 11.

Tabla 11

Datos Técnicos de la Minicentral Hidroeléctrica.

1	DATOS DE GENERACIÓN		
1.1	Estado actual de la minicentral hidro eléctrica.		Operativo
1.2	Cantidad de grupos generadores.	Unid.	1
1.3	Potencia instalada.	kW	60
1.4	Salto bruto.	m	61
1.5	Salto neto.	m	54
1.6	Caudal asociado	m3/s	0.230
1.7	Longitud del canal.	m	220
1.8	Longitud de la tubería de presión.	m	170
1.9	Potencia en el eje de la turbina.	kW	80
1.10	Potencia del generador.	kVA	70
1.11	Horas de funcionamiento diario.	Hrs.	24
1.12	Puesta en servicio.	Año	1996
2	DATOS DE TRASMISIÓN		
2.1	Tensión de distribución primaria	kV	10
2.2	Tensión de distribución secundaria	V	220/380
2.3	Sub estaciones de distribución	Und.	1
2.4	Localidades atendidas	Unid.	1
2.5	Número total de usuarios	Unid.	40

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.2 Caracterización de la Microcuenca y el Manantial.

En la microcuenca y el manantial de donde se aprovecha el recurso hidroenergético no se ha podido obtener los datos históricos hidrométricos, por lo que se realizó entrevistas al encargado de la operación quien está más familiarizado con el comportamiento hidrológico del riachuelo, para conocer el comportamiento hidrológico del manantial y del riachuelo del cual

se aprovecha el recurso para la minicentral hidroeléctrica.

De la página Web (Weather Spark, s.f), “se obtuvo información hidrometeorológica del Distrito de Chalamarca, donde se encuentra ubicada la microcuenca, que aportaría un caudal de agua en época de lluvia al manantial Ojo de Agua, se tomara la información del clima y las precipitaciones de este lugar”; de donde obtuvimos la siguiente información:

El clima y precipitación de lluvia en Chalamarca, se describe como sigue:

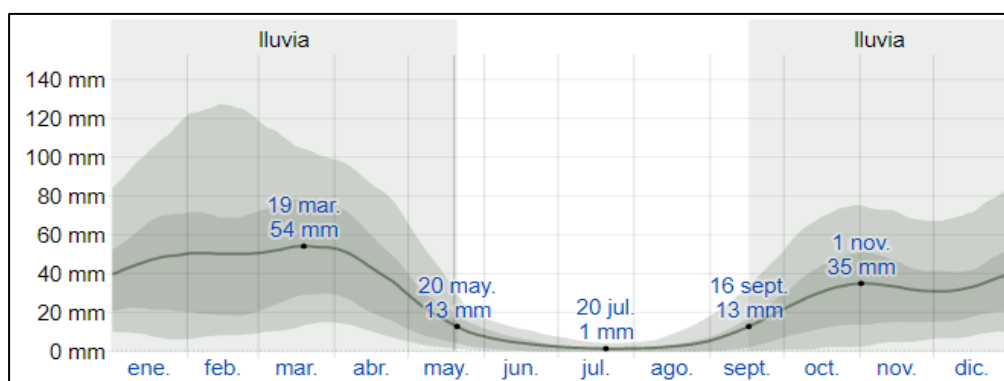
“Los veranos son cómodos y nublados y los inviernos son cortos, frescos, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 6 °C a 21 °C y rara vez baja a menos de 4 °C o sube a más de 24 °C”. (Weather Spark, s.f)

“La temporada de lluvia dura 8,1 meses, del 16 de septiembre al 20 de mayo, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 19 de marzo, con una acumulación total promedio de 54 milímetros”. (Weather Spark, s.f)

“El periodo del año sin lluvia dura 3,9 meses, del 20 de mayo al 16 de septiembre. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 20 de julio, con una acumulación total promedio de 1 milímetro, en la figura 23 se muestra la intensidad de precipitación a lo largo del año en el distrito de Chalamarca”. (Weather Spark, s.f)

Figura 23

Promedio Mensual de Lluvia en Chalamarca.

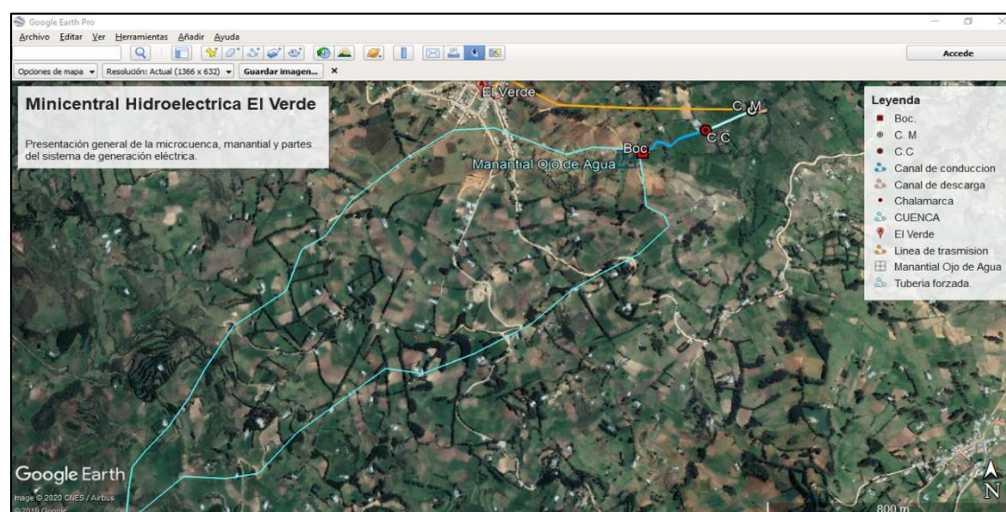


Fuente. (Weather Spark, s.f)

El encargado de la Operación el Sr. Rubio Guevara S. B (2020)., indico al investigador que el caudal del riachuelo es relativamente constante en todo el año, debido a la presencia de lluvias en la zona, indicando que en épocas de lluvia este riachuelo presenta incremento del caudal por la aportación del escurrimiento y en época de sequía cuando la presencia de lluvia es escasa y el único aportante al riachuelo es el manantial este se mantiene con un caudal prácticamente constante durante ese periodo en la figura 24 se puede apreciar la delimitación de la microcuenca que aporta agua por escurrimiento en épocas de lluvia al manantial.

Figura 24

Delimitación de la Microcuenca Hidrográfica Aportante.



Fuente. Adaptación de (Google Earth, s.f).

Tabla 12

Datos Técnicos de la Microcuenca.

1 DATOS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA			
1.1	Tipo de fuente natural		Manantial
1.2	Superficie de la cuenca vertiente	ha	93,40
1.3	Elevación del manantial Ojo de Agua.	msnm	2799
1.4	Coordenadas UTM del manantial.	774922.82 m E	9278999.71 m S
1.5	Pendiente media del terreno	%	22,4
1.6	Área superficial del manantial	m2	900

Nota 12. Información técnica del tipo de fuente natural y características de la microcuenca.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.3 Evaluación del Funcionamiento Actual de la MCH El Verde.

Par evaluar el estado situacional en el que se encuentra operando la MCH se realizaron visitas técnicas y la aplicación del Check List que se presenta en la tabla 13. Las preguntas del cuestionario tienen como objetivo, conocer el cumplimiento de diseño de sus componentes de la minicentral hidroeléctrica.

Las preguntas del cuestionario están divididas en 3 partes:

- **Obra Civil:** Evalúa si las obras civiles están diseñadas adecuadamente a los requerimientos de la MCH, además si esta cuenta con todos los componentes necesarios.
- **Equipamiento Hidromecánico:** Se exponen si tiene aquellos elementos necesarios para regular y conducir de forma eficiente el recurso hidroenergético.
- **Equipamiento Electromecánico:** Se exponen si tiene aquellos elementos necesarios para aprovechar de forma eficiente el recurso hidroenergético, además de evaluar el estado en el que se encuentra y la eficiencia con que estos se encuentran operando, de tal manera que puedan aprovechar la potencia hidráulica existente.

El “Check List” es una hoja de cálculos muy fácil de utilizar, básicamente se contestan específicamente por puntaje las preguntas planteadas y el programa automáticamente realiza un análisis de estos resultados. Al contestar por completo, se tendrá una nota básica la puntuación de 0, 5 y 10 dando la valoración de bajo, media y alta correspondiente a la puntuación indicada, (siendo 10 un estado ideal es un componente).

En total son 14 casillas con sus respectivas preguntas enfocadas al funcionamiento que la casilla representa. Un ejemplo: la primera casilla representa al Bocatoma y da preguntas específicas del funcionamiento de este; la bocatoma corresponde a la clasificación de Obra Civil.

Estas preguntas se contestan teniendo 3 posibles alternativas: baja (0), media (5) y alta (10). En media, se debe aclarar en la columna “observaciones” aquello que no permitió haber

cumplido un 10.

En los anexos se encuentran el llenado del “Check List”, realizado en una de las visitas a la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.

Tabla 13

Cuestionario del Check List.

Cuestionario del Check List		
Sub. Sist.	Nº	ÍTEM
OBRAS CIVILES	1	Bocatoma.
	1.1	La minicentral cuenta con una bocatoma adecuada.
	1.2	Se encuentra ubicada en un tramo recto y estable del río.
	1.3	Cuenta con compuerta de regulación para controlar el flujo a derivar.
	1.4	Cuenta con rejilla de admisión para retener los elementos flotantes.
	1.5	La infraestructura de la bocatoma se encuentra en óptimas condiciones.
	1.6	La bocatoma se encuentra libre de palizada y piedras.
	2	Canal de derivación.
		Las medidas del canal son las adecuadas para derivar el caudal
	2.1	aprovechable.
	2.2	El canal de derivación se encuentra revestido en todo su recorrido.
	2.3	El revestimiento del canal se encuentra en perfectas condiciones.
	2.4	El canal de derivación cuenta con todos los aliviaderos requeridos.
	2.5	La pendiente del canal de derivación en su recorrido es uniforme.
	2.6	Los sellos y juntas en su recorrido del canal se encuentran en buen estado.
	2.7	Los aliviaderos se encuentran en buen estado y sin obstrucción.
	3	Desarenador.
	3.1	La minicentral cuenta con desarenador en el recorrido de su canal.
	3.2	Se encuentra en buenas condiciones la obra civil del desarenador.
		El desarenador cuenta con compuerta de regulación en la transición de
	3.3	ingreso.
		Existe obstrucción en el ingreso del desarenador, (piedras, vegetación,
	3.4	etc.)
		El desarenador funciona adecuadamente decantando los sólidos en
	3.5	suspensión.
	3.6	El desarenador cuenta con compuertas de limpieza de sedimentos.

EQUIPAMIENTO HIDROMECÁNICO	4	Cámara de carga.
	4.1	La cámara de carga posee reservorio de acumulación.
	4.2	La cámara de carga posee tanque de presión.
	4.3	La cámara de carga cuenta rejilla para detener elementos flotantes.
	4.4	Las medidas del taque de presión son adecuadas.
	4.5	Las paredes del reservorio se encuentran en buenas condiciones. Tiene compuerta para limpieza de sedimentos en el reservorio de
	4.6	acumulación.
	4.7	Las paredes del tanque de presión se encuentran en buenas condiciones.
	5	Casa de máquinas.
	5.1	Las dimensiones de la casa de máquinas son las adecuadas.
	5.2	La disposición del grupo turbo generador es adecuada.
	5.3	En las paredes de la casa de máquinas no se visualiza fisuras o grietas.
	5.4	El techo de la casa de máquinas se encuentra en buenas condiciones.
	5.5	Existe buena ventilación en el ambiente de la casa de máquinas.
	5.6	Está protegido contra el ingreso de insectos y polvo al interior. Existe un ambiente para el alojamiento del operador en buenas
	5.7	condiciones
	6	Canal de descarga.
		Las medidas del canal de descarga son las adecuadas para el caudal
	6.1	turbinado.
	6.2	El canal de descarga se encuentra revestido en todo su recorrido.
	6.3	El revestimiento se encuentra en perfectas condiciones.
	6.4	El canal de descarga cuenta con disipadores de energía.
	6.5	El canal de descarga se encuentra liberado en todo su recorrido.
	7	Compuertas hidráulicas.
	7.1	Posee compuerta para regulación, al principio del canal (bocatoma) La compuerta de bocatoma no presenta, (corrosión, desgaste, fallas
	7.2	mecánicas)
		Posee compuertas hidráulicas en el desarenador, (Transición de ingreso y
	7.3	purga)
		Las compuertas del desarenador no presentan, (corrosión, desgaste, fallas,
	7.4	etc.)
		Posee compuerta para regulación, al final del canal (cámara de carga -
	7.5	CC.)
	7.6	La compuerta de regulación de CC no presenta, (corrosión, desgaste,

EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	fallas, etc)	
	7.7	Posee compuerta para limpieza de la cámara de carga.
		La compuerta limpieza de la CC no presenta, (corrosión, desgaste, fallas
	7.8	etc.)
	8	Tubería de presión forzada.
	8.1	Tiene instalada una rejilla de admisión.
	8.2	La tubería se encuentra bajo tierra (tubería de PVC).
	8.3	La tubería no presenta desgaste (corrosión, grietas, perforaciones).
	8.4	La tubería se encuentra sin filtraciones de agua (uniones).
	9	Válvula de regulación.
	9.1	Posee una válvula principal al final de la tubería forzada.
	9.2	Posee un sistema de válvulas a otros componentes y/o turbinas.
	9.3	Los sellos de la válvula no presentan desgaste o fugas permanentes.
	9.4	La válvula de regulación no presenta desgaste o fallas mecánicas
	9.5	No presenta fugas y/o goteos en las uniones de la válvula principal.
	9.6	Las válvula principal y uniones son las adecuadas para la presión y caudal.
	10	Turbina hidráulica.
	10.1	Posee mecanismo de regulación de caudal.
	10.2	Cuenta con instrumentos de medición de presión.
	10.3	No presenta fugas o goteo en la carcasa de la turbina.
	10.4	Los acoplamientos mecánicos son los adecuados.
	10.5	No presenta fugas o goteos en los acoplamientos.
	10.6	Los sellos mecánicos de las chumaceras se encuentran en buen estado.
	10.7	Las empaquetaduras de los acoplamientos se encuentran en buen estado.
		El recubrimiento de pintura en los acoplamientos se encuentra en buen
	10.8	estado.
	10.9	Los rodamientos de las chumaceras se encuentran en buen estado.
	10.10	Los rodamientos están correctamente lubricados.
	11	Generador eléctrico
	11.1	Se encuentra alineado correctamente con la turbina hidráulica.
	11.2	La carcasa del generador se encuentra en buen estado (corrosión, fisuras)
	11.3	Loa rodamientos no presentan sobre calentamiento.
	11.4	Se encuentra debidamente anclado.
	11.5	No existe presencia de contaminantes (polvo, humedad, grasa)
	11.6	No presenta algún tipo de ruido en sus rodamientos.
	11.7	Posee guarda de seguridad el sistema de transmisión de potencia

11.8	La faja esta adecuadamente tensada
12	Tablero eléctrico y de control
12.1	Se cuenta con medidor de frecuencia.
12.2	Se cuenta con medidor de potencia consumida en la red.
12.3	Cuenta con diagrama unifilar.
12.4	Cuenta con plano de instalación eléctrica y de control.
12.5	Los interruptores funcionan adecuadamente.
12.6	Cuenta con medidor de tensión y corriente.
13	Sistema de regulación de carga
13.1	Cuenta con sistema de regulación de carga.
13.2	Los sistemas de alarma funcionan correctamente.
13.3	Los mecanismos de control se pueden activar de manera adecuada.
13.4	El sistema de carga no presenta algún desperfecto.
13.5	Los componentes se encuentran en buen estado.
13.6	No existe desgaste o deterioro en sus terminales y conexiones.
13.7	No existe presencia de corrosión y desgaste en sus componentes.
13.8	Las resistencias se encuentran en buen estado.
13.9	No existe agentes contaminantes en el emplazamiento donde se encuentra instalado.
13.10	El nivel de agua refrigerante es el adecuado.
14	Trasformador eléctrico elevador.
14.1	El trasformador es el adecuado para la demanda de energía eléctrica.
14.2	El trasformador se encuentra debidamente aislado.
14.3	Existe una verificación periódica de los puntos calientes de las conexiones.
14.4	Cuenta con sistema de puesta a tierra.
14.5	Existe una verificación periódica den nivel de aceite.
14.6	La salida de los conductores es la adecuada.
14.7	Cuenta con cerco perimétrico de protección.

Fuente: Elaboración propia.

5. 1. 1. 4 Obra Civil de Minicentral Hidroeléctrica “El Verde”.

A continuación, se realiza una brevemente descripción del estado situacional en el que se encuentra operando todos los subsistemas caracterizados por ser obras de construcción civil y sus componentes que permites su adecuado funcionamiento.

A. *Bocatoma.*

La Minicentral Hidroeléctrica aprovecha las aguas excedentes que provienen del manantial Ojo de Agua, por medio de un pequeño dique de concreto instalado a pocos metros aguas abajo del manantial en la parte inferior de una pequeña cascada, esta estructura es de concreto, reforzado con rocas, desvía el caudal aprovechable hacia un canal trapezoidal revestido de concreto con un ángulo de unos 27° respecto al río, la bocatoma recoge el caudal excedente que sigue el curso del riachuelo, direccionándolo hacia el canal de derivación.

Esta estructura se encuentra operando con algunas dificultades, debido a que existen algunas fisuras pequeñas en el dique, además de estar cubierta por arbustos y con algo de piedras acumulada en el fondo de esta, la acumulación de rocas y sedimento se debe al incremento del caudal en la época de lluvias.

Cabe mencionar que en la bocatoma no existe una rejilla que permita detener los objetos flotantes que el agua arrastre en época de lluvia o avenidas.

Además, esta estructura no cuenta con un sistema de limpieza de sedimentos, por lo que se tiene que realizar una parada de la minicentral para realizar la descolmatación y limpieza de sedimentos; en la figura 25, se observa las condiciones en que se encuentra la bocatoma.

Figura 25

Bocatoma de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.



Fuente. Elaboración Propia

B. *Canal de derivación.*

El canal de conducción es de sección trapezoidal como se muestra en la figura 26, con un recorrido de 220 m, este es consecutivo a la bocatoma.

Figura 26

Canal de Conducción de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.



Fuente: Elaboración propia.

El canal de derivación en su recorrido tiene un revestimiento de concreto sin refuerzo interno. Su estructura es a base de concreto con rocas, no presenta algún armazón metálico.

Los movimientos telúricos y la erosión del terreno han ocasionado deformaciones en ciertas partes del recorrido rompiendo brevemente el canal como se muestra en la figura 27, causando pérdidas de agua por filtración volviéndolo ineficiente en su operación.

Figura 27

Daños Causados por la Erosión del Suelo en El Canal de Conducción.



Fuente: Elaboración propia.

Durante épocas de invierno, cuando el caudal incrementa y existe excedente de caudal,

este debería evacuarse por el aliviadero, devolviendo los excedentes a su cauce natural.

El aliviadero que se encuentra al inicio del canal, se encontró en una primera visita con arbustos y en la segunda visita solo con pequeñas obstrucciones dejando notar que se encuentra en buen estado, como se muestra en la figura 28.

Figura 28

Aliviadero en la Margen Derecha del Canal de Conducción.



Fuente: *Elaboración propia.*

C. Desarenador y Cámara de carga.

La cámara de carga se encuentra provista de un pequeño reservorio que cumple la función de acumular un pequeño volumen de agua, y como desarenador ya que en el recorrido del canal no se encontró desarenador alguno, el reservorio y el tanque de presión conforman la cámara de carga en conjunto.

La cámara de carga se encuentra emplazada al final del canal de conducción donde se realiza el proceso de desarenado para luego conducir a la tubería de presión forzada.

La estructura en su conjunto se encontró en buen estado, sin fisuras o filtraciones, salvo por la mala ubicación de la compuerta hidráulica de limpieza que en la actualidad se encuentra fuera de servicio, en la figura 29 se muestra cómo se encuentra la cámara de carga.

Figura 29

Cámara de Carga de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.



Fuente: Elaboración propia.

D. Casa de máquinas.

El emplazamiento donde se encuentra la casa de máquinas tiene un área de 95 m² aproximadamente, la construcción comprende la cada de máquinas y un cuarto para el operador que también sirve del almacén.

Figura 30

Casa de Máquinas de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.



Fuente: Elaboración propia.

La casa de máquinas propiamente dicho es donde se aloja todo el equipamiento

electromecánico y los mecanismos de control, además en este ambiente se encuentra ubicado el transformador o subestación elevadora de tensión.

La casa de máquinas cuenta con un área aproximadamente de 140 m², construida de material noble, en esta estructura no se encontraron daño, salvo por la parte donde sale los conductores del transformador hacia la línea de transmisión, debido a las condiciones del clima y la humedad por la forma en que está dispuesto.

Figura 31

Conjunto Turbogenerador de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.



Fuente: Elaboración propia.

E. Canal de descarga.

El canal de descarga es el componente final de la minicentral hidroeléctrica, con una longitud aproximada de 40 m; es el encargado de devolver el caudal turbinado a su cauce natural, este canal se encuentra revestido de concreto y piedra en todo su recorrido

La erosión del terreno ha provocado que el canal presenta rajaduras en su recorrido, además de encontrarse cubierto por arbustos y pastizal, debido a la falta de mantenimiento, lo que ha agravado el estado en el que se encuentra.

Figura 32

Canal de Descarga de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.



Fuente: Elaboración propia.

En los anexos, se presentarán los datos técnicos de las obras civiles obtenidos durante el periodo de investigación tanto los datos tomados en campo así con información recolectada mediante documentación y/o entrevista.

5. 1. 1. 5 Equipamiento Hidromecánico.

A. Compuertas hidráulicas.

Las compuertas hidráulicas se encontraron instaladas en la bocatoma y en la descarga de fondo del pequeño reservorio o desarenador. La compuerta de la bocatoma se encontró en mal estado debido al desgaste y la corrosión que en esta se puede observar, además de fallas en el mecanismo de apertura y cierre, haciendo difícil su operación.

Los marcos y la compuerta misma se observaron que se encuentran en buen estado, además del tornillo de potencia que también puede ser reutilizado y dejar operativa con un funcionamiento óptimo, en la figura 33 se presenta la compuerta hidráulica.

Figura 33

Compuerta de regulación de la bocatoma.



Fuente: Elaboración propia.

La compuerta de la descarga de fondo del pequeño reservorio, se encuentra ubicada en mal estado, el encargado de la operación y el mantenimiento de la minicentral indicó que esta presento filtraciones a los pocos meses de operación de la minicentral.

Además, se encontró que está fuera de servicio por que le falta parte del mecanismo de apertura y cierre como es la volante, esta compuerta presenta deterioro en la pintura y corrosión.

Cabe mencionar que, al verificar el estado de la compuerta propiamente dicha, en conjunto con el marco y el tornillo de potencia se encuentran en estado que pueden ser reutilizados.

Figura 34.

Compuerta Hidráulica de Descarga y Limpieza.



Fuente: elaboración Propia.

B. *Tubería de presión forzada.*

El material de la tubería de presión forzada es de PVC de 300 mm de diámetro nominal equivalente a una tubería de 12 pulgadas en el sistema inglés, la longitud aproximada de la tubería es de 170 m.

El tramo final de la tubería de presión forzada, que conecta a la turbina es de acero, con un diámetro nominal de 200 mm (8 pulgadas).

Al final de la tubería, en la sección de tubería de acero, esta cuenta con una válvula de regulación de flujo tipo compuerta, la que permite pasar o cortar el flujo hacia la turbina.

En la tubería no se logró observar fuga o deterioro alguno, esta tubería va enterrada a una profundidad considerable.

Figura 35

Tubería de 12" de PVC Instalada y Medición del Recorrido de La Tubería.



Fuente: Elaboración propia.

C. Válvula de regulación tipo compuerta.

Esta es una válvula de tipo compuerta de 8" de diámetro nominal, de marca FUMOSA de 150 Lb, fabricada en 1996, se encuentra acoplada mediante bridas, al mecanismo de regulación de la turbina.

La válvula de regulación solo presenta fugas de agua al momento de apertura o cierre.

Figura 36

Válvula Principal Tipo Compuerta Instalada.



Fuente: Elaboración propia

En los anexos, se presentarán los datos técnicos del equipamiento hidromecánico obtenidos durante el periodo de investigación tanto datos tomados en campo así con información recolectada mediante documentación y/o entrevista

5.1.1.6 Equipamiento Electromecánico.

A continuación, se realiza brevemente una descripción del estado actual en el que se encuentran operando todos los subsistemas caracterizados por ser parte del equipamiento electromecánico y sus componentes que permiten su adecuado funcionamiento, además se realizará una tabla en donde se indique los datos técnicos más relevantes de cada uno de los componentes más relevantes.

A. *Turbina hidráulica.*

La turbina hidráulica instalada es del tipo Michell-Banki y consta de varios componentes, los cuales se tienen que evaluar para determinar el estado situacional, estos se describen a continuación.

a) Carcasa de la turbina.

Es la estructura que soporta todos los componentes, solidaria a ella se encuentra la entrada, que permitirá acoplar la tubería de presión forzada; la carcasa es fabricado en plancha de acero estructural ASTM A36, de 3/8" de espesor.

Esta carcasa presenta daño en su pintura y corrosión, además esta estructura cuenta con sellos de goma moldeado, tipo V para el eje del rodete, de sección rectangular para el eje del alabe directriz en el inyector.

Los sellos tipo V, se determinó que se encuentran desgastados ya que se encontró restos de grada alrededor de las chumaceras que contienen a los rodamientos que soportan el eje de la turbina.

Los sellos del tipo rectangular, los cuales deben hermetizar la carcasa de la turbina, presentan pequeñas filtraciones, indicando que estos se encuentran deteriorados.

Figura 37

Carcasa de Soporte de la Turbina Hidráulica



Fuente: elaboración propia.

b) Inyector y mecanismo de regulación de caudal.

Es el mecanismo que permite regular la cantidad de agua y la dirección, con que esta incide en los alabes de la turbina, el ancho del inyector es de 200 mm.

El chorro de agua es regulado por un alabe directriz de configuración hidrodinámica.

Los apoyos del eje del alabe de regulación, disponen de graseras para mantenerla lubricadas

El conducto del inyector y alabe directriz está construido en acero estructural.

El conjunto presenta ciertas fallas al momento de realizar la regulación, además la volante no cuenta con su pasador de fijación, el que se ha remplazado con otro elemento para poder realizar la regulación.

Figura 38

Mecanismo de Regulación y Direccionamiento de Flujo.



Fuente: Elaboración propia.

c) Rodete de la turbina.

Del rodete de la turbina no se ha podido obtener mucha información visual debido a que no se tuvo la oportunidad de desmontarla, para lo cual se realizó una inspección exterior y se consultó al encargado de operación del estado en el que este se encontraba, indicando que la turbina viene funcionando con normalidad y que la última vez que se hizo la inspección interna se encontraba en buen estado.

Figura 39

Carcasa Donde se Aloja la Turbina Michell-Banki Instalada.



Fuente: Elaboración propia.

d) Sistema de transmisión de potencia.

El sistema de transmisión de potencia mecánica es mediante poleas y fajas especiales tipo V con capacidad de transmitir 160 HP a 1800 RPM.

Estas poleas se encuentran acopladas en los ejes de la turbina y el generador, el sistema de transmisión se pudo observar que la pintura se encuentra desgasta, las fajas de transmisión son nuevas además se verifico que existe un pequeño desgaste en las ranuras de las poleas viéndose demasiado lizas, lo que hace suponer que existe pérdida de fricción entre las poleas y las fajas, además se encontraron debidamente tensada.

Figura 40

Sistema de Trasmisión de Potencia Mecánica



Fuente: Elaboración propia.

B. Generador eléctrico.

Del generador que se encontró instalado no se obtuvo mucha información sobre datos técnicos de este, debido a que este ha sido rebobinado en una ocasión, por lo que se le pidió los datos al fabricante del sistema electromecánico a la empresa 3HC S.A.

La empresa, brindó la información de las características del generador instalado donde se indica que es un generador de la marca STAMFORD del tipo síncrono, trifásico, sin escobillas, con rectificadores rotativo, autoexcitado, con regulador de tensión, estos datos técnicos se expondrán en la tabla de especificaciones técnicas de los equipos.

El encargado de la operación de la minicentral, entregó información sobre el contrato de rebobinado del generador donde indica que el generador habría sido rebobinado para entregar una potencia eléctrica de 60 kW, con una tensión de 220 V con una velocidad de 1200 RPM y con una frecuencia de 60 Hz.

El generador presenta deterioro en su pintura además de ligeras fisuras en la protección de los bornes de conexión.

Figura 41

Generador Síncrono de Corriente Alterna Instalado.



Fuente: Elaboración propia.

C. *Tablero de control.*

El tablero de control es donde se encuentran instalados los componentes eléctricos y electrónicos que permiten controlar y monitorear los parámetros eléctricos, de este no se encontró mucha información técnica.

El tablero de control que se encontró es del tipo gabinete con las siguientes dimensiones 2.10 m *1.10 m*0.90 m.

El tablero de control instalado es antiguo no ha recibido ningún cambio en todo el tiempo de operación de la minicentral.

Muchos de sus componentes se encuentran fuera de servicio debido a fallas y envejecimiento, los interruptores y los instrumentos de medición son lo único que funcionan en este tablero.

Figura 42

Tablero de Control Instalado.



Fuente: Elaboración propia.

D. *Sistema de regulación de carga.*

La minicentral ha tenido conectado un banco de resistencia como sistema de regulación de carga, la función de este sistema es de regular la carga mediante disipación de energía por calor; se encuentra fuera de funcionamiento.

Según nos indica el encargado de la operación de la minicentral este sistema ha dejado de funcionar a los pocos años de operación de la minicentral debido a fallas en el sistema electrónico que lo controla.

Se observo que la cámara donde se encuentra instalado se encuentra en buen estado, pero está a dejado de recibir mantenimiento continuo por el motivo de encontrarse fuera de servicio.

El techo que protegía este sistema se encuentra completamente deteriorado, solo se coloca maderas y una calamina la cual fue retirada para verificar el estado en el que este se encontraba.

Figura 43

Sistema de Regulación de Potencia.



Fuente: Elaboración propia.

E. *Trasformador eléctrico elevador.*

La información de las especificaciones técnicas se mostrará más adelante aquí definiremos el estado actual en el que se encuentra y los datos más relevantes.

Este transformador instalado es del tipo pedestal, de fabricación peruana fabricado en el año 1996, es de del tipo trifásico para operar a 3500 msnm, con una potencia aparente de 80 kVA.

Se pudo visualizar que el transformador se encuentra en buen estado, pero el operador indico que este transformador no ha recibido un mantenimiento ni cambio de aceite por un largo periodo.

Figura 44

Transformador Elevador Instalado en la Minicentral.



Fuente: Elaboración propia.

En los anexos, se presentarán los datos técnicos del equipamiento electromecánico obtenidos durante el periodo de investigación tantos datos tomados en campo así con información recolectada mediante documentación y/o entrevista

5.1.1.7 Resultados de las condiciones de funcionamiento.

Luego de realizad la auditoria y aplicar el Check List , la nota global del sistema de generación fue de “5.9”, teniendo como base una MCH ideal; el desempeño del funcionamiento muestra una nota no muy satisfactoria. En la Tabla 14 se muestran los resultados individuales a modo de resumen de las 14 casillas que componen este “Check List”, comparando los resultados reales a los resultados ideales esperados.

Tabla 14

Resultados Individuales de Evaluación.

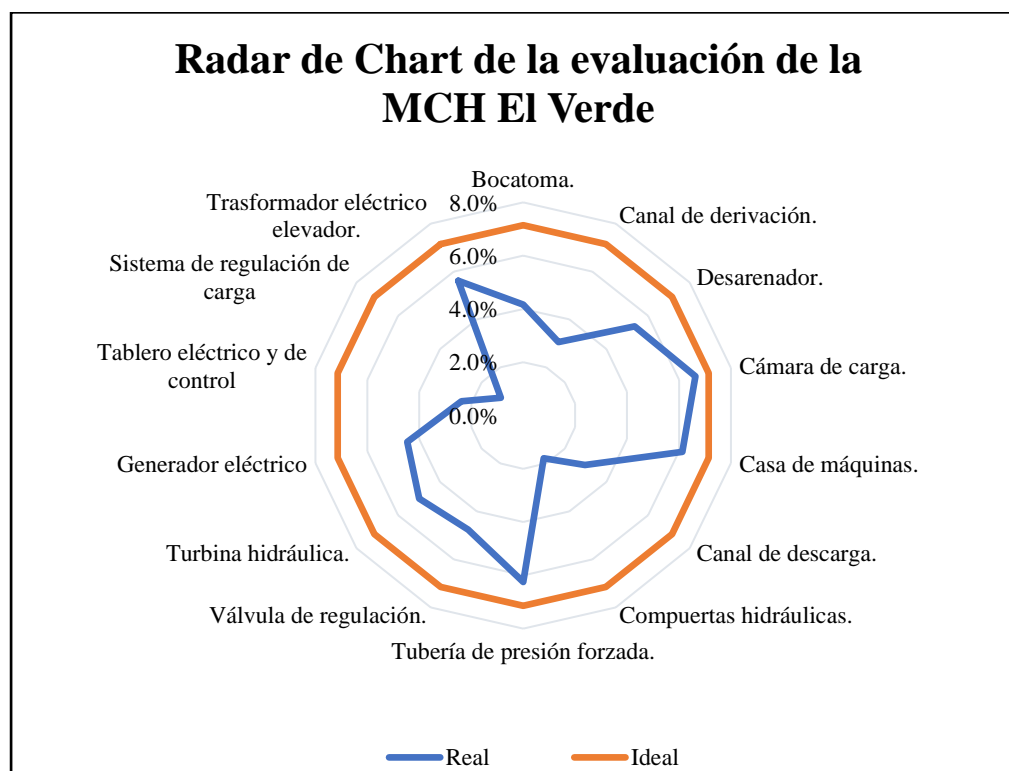
Nº	Componente de la infraestructura	Real	Ideal	Sub. Sistemas
1	Bocatoma.	4.2%	7.14%	Obras Cíviles
2	Canal de derivación.	3.1%	7.14%	
3	Desarenador.	5.4%	7.14%	
4	Cámara de carga.	6.6%	7.14%	
5	Casa de máquinas.	6.1%	7.14%	
6	Canal de descarga.	3.0%	7.14%	
7	Compuertas hidráulicas.	1.8%	7.14%	Equipamiento Hidromecánico
8	Tubería de presión forzada.	6.3%	7.14%	
9	Válvula de regulación.	4.8%	7.14%	
10	Turbina hidráulica.	5.0%	7.14%	Equipamiento Electromecánico
11	Generador eléctrico	4.5%	7.14%	
12	Tablero eléctrico y de control	2.4%	7.14%	
13	Sistema de regulación de carga	1.1%	7.14%	
14	Trasformador eléctrico elevador.	5.6%	7.14%	
TOTALIZADOS		59.6%	100.0%	

Nota: 14. En la tabla se presenta los resultados individuales obtenidos mediante es uso del “chek list” para la evaluación de la minicentral hidroeléctricas El Verde.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 45

Diagrama de Chart o Radar de Chart de los Resultados de la MCH.



Fuente: Elaboración propia.

De los resultados obtenidos se llega a las siguientes conclusiones:

- La cámara de carga, casa de máquinas y tubería de presión forzada son los que obtuvieron mayor puntuación.
- El desarenador, turbina hidráulica y transformador eléctrico, funcionan con inconvenientes leves, los cuales se mejorarán y se agregarán al presupuesto.
- Bocatoma, válvula de regulación y generador eléctrico, presentan deterioro considerable, los cuales se mejorarán y/o cambiarán y se agregarán al presupuesto.
- El canal de derivación y el canal de descarga, presentan inconvenientes moderados en su funcionamiento, lo que se traduciría en un funcionamiento ineficiente, de igual manera, se hará el mantenimiento y añadirá el costo al presupuesto.

- Las compuertas hidráulicas y el tablero de control, presentan el funcionamiento más ineficiente debido a las condiciones en las que se encuentran, los mismos que serán reparados y/o cambiados de igual manera se agregará al presupuesto.
- El sistema de regulación de carga es el que obtuvo la calificación más baja indicando que se encuentra en un estado crítico, se cotizará un sistema de regulación nuevo.

De los resultados obtenidos se llega a la conclusión que la minicentral hidroeléctrica no está aprovechando de forma eficiente el recurso hidroenergético, por lo que necesita de muchas mejoras.

En base a estos resultados se plantearán las acciones y mejoras que se deben realizar en la minicentral hidroeléctrica El Verde, para optimizar la producción energética, para ello se realizara un estudio de la demanda de energía para la comunidad El Arenal y el centro Poblado El Verde, por separado y una demanda total de la Comunidad y el Centro poblado en su conjunto, además teniendo en cuenta el desarrollo de pequeños sistemas de bombeo en los 3 casos, para poder determinar a qué parte de la población llegaría a suministrar energía la minicentral.

5.1.2. *Evaluación de la demanda máxima y disponibilidad del recurso hídrico.*

5.1.2.1 Determinación de la demanda máxima de energía eléctrica.

Se realizó cálculos previos y análisis de información para obtener la potencia requerida, esta se desarrolló como sigue.

A. *Proyección de la población y número de abonados.*

Para realizar el cálculo de la potencia, se realizó la proyección de la población a la que abastecería de energía la minicentral hidroeléctrica, se realizó la proyección de la población en cada caso antes mencionado, para el cual se usó información existente sobre la tasa de crecimiento poblacional que brinda el INEI, para ello se identificó que la minicentral

hidroeléctrica se encuentra ubicada en una zona del departamento de Cajamarca, y debido a que no se cuenta con información histórica sobre el índice de crecimiento población del distrito en el que se encuentra ubicada la minicentral se tomó la tasa de crecimiento poblacional por departamento.

Tabla 15

Tasa de Crecimiento Poblacional por Departamento.

<p align="center">Cuadro 07 PERÚ: TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL DE LA POBLACIÓN CENSADA, SEGÚN DEPARTAMENTO, 1940 - 2017 (Porcentaje)</p>						
Departamento	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2007-2017
Total	2,2	2,9	2,5	2,2	1,5	0,7
Amazonas	2,9	4,6	3,0	2,4	0,8	0,1
Áncash	1,5	2,0	1,4	1,2	0,8	0,2
Apurímac	0,5	0,6	0,5	1,4	0,4	0,0
Arequipa	1,9	2,9	3,2	2,2	1,6	1,8
Ayacucho	0,6	1,0	1,1	-0,2	1,5	0,1
Cajamarca	2,0	1,9	1,2	1,7	0,7	-0,3
Prov. Const. del Callao	4,6	3,8	3,6	3,1	2,2	1,2
Cusco	1,1	1,4	1,7	1,8	0,9	0,3
Huancavelica	1,0	0,8	0,5	0,9	1,2	-2,7
Huánuco	1,6	2,1	1,6	2,7	1,1	-0,6
Ica	2,9	3,1	2,2	2,2	1,6	1,8
Junín	2,1	2,7	2,2	1,6	1,2	0,2
La Libertad	2,0	2,8	2,5	2,2	1,7	1,0
Lambayeque	2,8	3,8	3,0	2,6	1,3	0,7
Lima	4,4	5,0	3,5	2,5	2,0	1,2
Loreto	2,8	2,9	2,8	3,0	1,8	-0,1
Madre de Dios	5,4	3,3	4,9	6,1	3,5	2,6
Moquegua	2,0	3,4	3,5	2,0	1,6	0,8
Pasco	2,0	2,3	2,0	0,5	1,5	-1,0
Piura	2,4	2,3	3,1	1,8	1,3	1,0
Puno	1,1	1,1	1,5	1,6	1,1	-0,8
San Martín	2,6	3,0	4,0	4,7	2,0	1,1
Tacna	2,9	3,4	4,5	3,6	2,0	1,3
Tumbes	3,7	2,9	3,4	3,4	1,8	1,2
Ucayali	6,8	5,9	3,4	5,6	2,2	1,4
Provincia de Lima 1/	5,2	5,7	3,7	2,7	2,0	1,2
Región Lima 2/	2,0	1,9	1,9	1,3	1,5	0,8

1/ Comprende los 43 distritos de la provincia de Lima.
2/ Comprende las provincias de Barranca, Cajatambo, Canta, Carleto, Hualal, Huarochiri, Huaura, Oyón y Yauyos.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censos Nacionales de Población y Vivienda.

Fuente. INEI, Censo 2017.

Para determinar la proyección, se consideró el promedio de la tasa de crecimiento de los últimos censos realizados, para nuestro caso de estudio se considerará una proyección de 20 años se hizo uso de la ecuación 4.

$$i = \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} - 1 \quad (\text{Ecu. 4})$$

Donde:

P_n = Población proyectada al año “n”.

P_0 = Población estimada para el año 0.

i = Índice o tasa de crecimiento considerado.

n = N° de años de proyección.

Tabla 16

Tasas de Crecimiento Promedio - Censos 1940 al 2017 – Cajamarca.

Año	Tasa de Crecimiento Promedio Anual (%)
1940 – 1961	2,0
1961 – 1972	1,9
1972– 1981	1,2
1981 – 1993	1,7
1993 – 2007	0,7
2007 – 2017	-0,3
Promedio	1,50

Fuente. Elaboración propia.

De la tabla 16, la tasa promedio de crecimiento para los censos mencionados es de 1,50%; este valor es usado para la proyección de la población haciendo uso de la ecuación 5.

$$P_n = P_0(1 + i)^n \quad (\text{Ecu. 5})$$

Donde:

P_n = Población proyectada al año “n”.

P_0 = Población estimada para el año 0.

i = Índice o tasa de crecimiento considerado.

n = N° de años de proyección.

Obteniéndose los siguientes resultados, en esta tabla 17 se encuentra la proyección de la población del centro poblado y la comunidad por separado ya que se van a evaluar para determinar el alcance de suministro que tendría la minicentral luego de la optimización.

Tabla 17

Población Proyectada en 20 años.

El Verde	El Arenal	Σ C.P + CC
331	103	434

Fuente. Elaboración propia.

Por lo tanto, el número de viviendas para la proyección del año 20, se realizó determino haciendo uso de una hoja de cálculo de Excel utilizando la expresión de la ecuación 6. Los resultados parciales se muestran en la tabla 18 y la información utilizada se mostrarán en los anexos.

$$NV = \frac{P_{20}}{NHV} \quad (Ecu. 6)$$

Pn = Potencia proyectada al año “n”.

NV= Número de viviendas.

IHV= Índice de habitantes por vivienda.

Tabla 18

Viviendas Proyectadas en 20 años.

El Verde	El Arenal	Σ C.P + CC
120	33	152

Fuente. Elaboración propia.

B. Demanda de potencia y energía eléctrica.

Para determinar la potencia que suministrara la minicentral hidroeléctrica El Verde, se hizo una breve encuesta a los usuarios para conocer que, artefactos y electrodomésticos, usan

para satisfacer sus diferentes necesidades, se realiza una categorización para los tipos de abonados identificando dos zonas muy marcadas una con configuración urbana (El Verde) y la otra con configuración rural (El Arenal).

Se realizo una tabla según el tipo de abonado, con los respectivos electrodomésticos que utilizan, analizando la potencia unitaria, además de determinar los factores para cada uno; se realiza una clasificación del tipo de abonado con los electrodomésticos más comunes que se usan en cada caso, en la tabla 19 se muestran los resultados obtenidos con la demanda unitaria por cada tipo de usuario.

Tabla 19

Potencia Requerida en kW por Unidad de Vivienda.

Vivienda Urb.	Vivienda Rural.	Vivienda Com.	Σ S. Bombeo.
0,559	0,412	0,546	8,425

Fuente. Elaboración propia.

La información utilizada para realizar los cálculos se encuentra en los anexos.

C. Consumo de alumbrado público.

Se calcula para cada caso, considerando lo establecido por la norma DGE de alumbrado de vías públicas en áreas rurales, dependiendo la configuración, para ello hacemos uso de la ecuación 10.

$$CMAP = KALPxNU \quad (Ecu. 10)$$

Donde:

CMAP: Consumo mensual de alumbrado público en kWh.

KALP: Factor de AP en kWh/usuario-mes. Depende de la configuración del lugar.

NU: Número de usuarios de la localidad.

Cálculo del número de puntos de iluminación (PI)

La información utilizada, así como la norma que se aplica en dicho cálculo del consumo mensual del alumbrado público se encontrara en los anexos.

Tabla 20

Consumo Mensual de Alumbrado Público.

Consumo de alumbrado Público (kWh).		
El Verde	El Arenal	$\sum C.P + CC$
753,4	107,6	861.0

Fuente. Elaboración propia.

a. Cálculo de los puntos de iluminación.

En este punto se realizó el cálculo los puntos de iluminación encada caso, además se tomó la información de la cantidad de puntos de iluminación en la actualidad para ello usamos la ecuación 11.

$$PI = \frac{CMAP \times 1000}{NHMAP \times PPL} \quad (Ecu. 11)$$

Donde:

PI: Puntos de Iluminación.

CMAP: Consumo mensual de alumbrado público en kWh.

NHMAP: Número de horas mensuales del servicio de alumbrado público.

PPL: Potencia promedio de la lámpara de alumbrado público (60 W).

Tabla 21

Puntos de Iluminación en cada escenario.

El verde	El arenal	$\sum C.P + CC$
34	4	38

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 22 se presenta un resumen detallamos todas las potencias demandadas por cada tipo de consumidor dividiéndolo en tres casos de estudio los cuales se mencionaron anteriormente para poder determinar a qué parte de la población podría beneficiar la energía producida por el sistema, los cálculos se realizan en una hoja de Excel haciendo uso de las siguientes ecuaciones:

La estimación del número de abonados domésticos, comerciales, pequeña industria y abonados de uso general, por cada localidad, se obtiene usando la ecuación 1.

$$N^{\circ} AT = AD + AC + AUG + CE + API \quad (Ecu. 33)$$

Donde:

$N^{\circ}AT$ = Número de abonados totales

AD = Abonado domestico

AC = Abonado comercia

AUG = Abonado de uso general

API =Abonado Pequeña industria

CE = Cargas especiales

Consumo de energía por tipo de abonado (C), se obtiene de la multiplicación individual del consumo unitario por tipo de abonado y el número de abonados.

$$C_A = CU * N^{\circ}A \quad (Ecu. 34)$$

Consumo total de energía, se obtiene sumando el consumo anual de todos los abonados e incluyendo el alumbrado público.

$$C_T = C_D + C_C. + C_{UG.} + C_{PI.} + C_{AP} \quad (Ecu. 35)$$

Proyección del Consumo Total de Energía: Se obtiene a partir de la suma del consumo proyectado de todos los abonados, incluyendo alumbrado público.

$$EPD = EUV + EAP \quad (Ecu. 36)$$

Donde:

EPD = Energía promedio diario.

EUV = Energía de unidades de vivienda kW-h.

$NHMAP$ = Energía de alumbrado publica (horas/mes).

Tabla 22

Potencia Requerida por las Cargas en Cada Caso.

Descripción de la Carga	Localidad			Tensión (V)	Potencia eléctrica unitaria	Capacidad total requerida en cada caso (kW)		
	El Verde N° de Cargas	El Arenal N° de Cargas	\sum C.P + CC N° de Cargas			El Verde	El Arenal	\sum C.P + CC
Viviendas Urbanas	71	0	71	220	0.559	40	0	40
Viviendas Rurales	33	32	65	220	0.412	14	12	26
Viviendas Comerciales	8	0	8	220	0.546	4	0	4
Cargas Especiales	5	1	6	220	0.600	3	1	4
Alumbrado Publico	34	4	38	220	0.060	2	0	2
Sistema de bombeo particular 1	0	3	3	380	3.191	0	10	10
Sistema de bombeo particular 2	0	2	2	380	3.155	0	6	6
Sistema de bombeo particular 3	0	1	1	380	2.079	0	2	2
Totalizados	151	43	194	220/380	11	63	32	95

Fuente. Elaboración propia.

Entonces, de la tabla 22, se observa que la mayor potencia requerida es de 95 kW, en el caso de querer abastecer de energía eléctrica al Centro Poblado El Verde y la comunidad El Arenal, para los que determinaremos cual es la máxima demanda en cada caso.

Cabe resaltar que toda la carga no se consumirá, por lo que se utilizará un factor de simultaneidad igual a 0.84, donde mediante el uso de la ecuación 13 determinamos la potencia instalada para la MCH El Verde.

$$MD = PI \times fs \quad (Ecu. 13)$$

Donde:

MD = Máxima Demanda (kW)

PI = Potencia Instalada (kW)

fs = Factor de Simultaneidad (0,84)

Se determino el consumo de energía para el año proyectado usando la ecuación 14.

$$E_a = MD * H_{año} \quad (Ecu. 14)$$

Donde:

MD = Máxima Demanda (kW)

Ea = Energía anual (kWh)

H_{año} = Horas año

Los resultados de la máxima demanda y del consumo de energía para el año proyectado, se presentan en la tabla 23 para cada caso:

Tabla 23

Máxima Demanda y Consumo de Energía.

El Verde	El Arenal	Σ C.P + CC
Máxima demanda (KW)		
53 kW	27 kW	79.5 kW
Energía Consumida al año (kWh-anual)		
20679	162984	113352

Fuente. Elaboración propia

Luego de obtener los resultados de máxima demanda se tiene que la MCH El Verde debe generar una potencia igual o mayor a 79,5 kW para cubrir la máxima demanda de las localidades.

Teniendo en cuenta este resultado, se evalúa si la turbina instalada cumple con las especificaciones técnicas necesarias para suministrar la potencia requerida, considerando tanto el salto bruto como el caudal disponible.

5.1.2.2 Cálculo del caudal disponible.

A. *Aforos realizados aguas arriba de la bocatoma.*

Se realizaron aforos con correntómetro mediante el método de vadeo para determinar el caudal disponible para el aprovechamiento de energía eléctrica, se usó la ecuación 15 y los resultados se presentan en la tabla 24.

$$Q = V * A \quad (Ecu. 37)$$

Tabla 24

Aforos Realizados Aguas Arriba de la Bocatoma.

Fecha de medición	Método de medición	Punto de medición de caudal	Velocidad m/s	Caudal m ³ /s
lunes, 18 de marzo de 2019	Medición de caudal por vadeo con molinete	Aguas arriba de la bocatoma	0.80	0.842
jueves, 27 de junio de 2019	Medición de caudal por vadeo con molinete	Aguas arriba de la bocatoma	0.73	0.358
domingo, 15 de Setiembre de 2019	Medición de caudal por vadeo con molinete	Aguas arriba de la bocatoma	0.79	0.306
jueves, 28 de noviembre de 2019	Medición de caudal por vadeo con molinete	Aguas arriba de la bocatoma	0.81	0.612

Fuente: Elaboración propia.

B. *Cálculo del caudal mediante el método racional.*

Para determinar el caudal, utilizaremos la ecuación 16 para determinar en cada caso.

$$Q = \frac{C * i * A}{360} \quad (\text{Ecu. 16})$$

Donde:

Q = Caudal en m³/s.

C = Coeficiente de escorrentía (0,5); para montaña con pendiente del 10-30%.

i = Índice de lluvia en mm/h.

A = Área de la cuenca en Ha.

A continuación, se resume toda la información en la tabla 25.

Tabla 25

Datos para Determinar el Caudal Disponible.

Fecha de medición	Método de medición	Punto de medición de caudal	Índice de lluvia	Caudal m3/s
20 de marzo	Método racional	Microcuenca Ojo de agua	54,00	7,005
21 de mayo	Método racional	Microcuenca Ojo de agua	13,00	1,686
21 de julio	Método racional	Microcuenca Ojo de agua	1,00	0,130
17 de septiembre	Método racional	Microcuenca Ojo de agua	13,00	1,686
2 de noviembre	Método racional	Microcuenca Ojo de agua	35,00	4,540

Fuente. Elaboración propia con información de (Weather Spark, s.f).

De los resultados obtenidos, tanto del caudal medido por vadeo y calculado mediante el método racional, se puede observar que existe un caudal disponible para el aprovechamiento de la producción de energía eléctrica, en la tabla 26 recogemos los datos del menor caudal medido por vadeo y el promedio calculado mediante el método racional, además del caudal

asociado a la MCH para evaluar si con dicha disponibilidad se abastece la demanda de energía eléctrica.

Tabla 26

Caudal Promedio Disponible para ser Aprovechar por la MCH.

Asociado (m3/s)	Medición por Vadeo (m3/s)	Método Racional (m3/s)
0.230	0.306	3.010

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26 se observa que el caudal asociado es menor al caudal disponible aprovechable, para seleccionar el caudal de diseño es conveniente considerar la capacidad de caudal que puede transportar la tubería en este caso, se usó las ecuaciones 7 y 8 para determinar el caudal de diseño y se presenta en la tabla 27 los resultados y los caudales antes mencionado.

$$Q_d = Q_m - (0.1 \times Q_m) \quad (\text{Ecu. 17})$$

$$Q_d = Q_m - (0.1 \times Q_m) - Q_{riego} \quad (\text{Ecu. 18})$$

Donde:

Q_d : Caudal de diseño.

Q_m : Caudal promedio.

Q_{riego} : Caudal para riego.

$0.1 \times Q_m$: Representa el porcentaje para caudal ecológico.

Tabla 27

Caudales de Diseño considerados para la MCH.

Comparativo de los Caudales de Diseño	
Caudal de diseño por medio de mediciones por vadeo in situ m3/s	0.477
Caudal de diseño por cálculo de caudal con método racional m3/s	0.509
Caudal asociado a la minicentral hidroeléctrica El Verde m3/s	0.230
Caudal que puede transportar la tubería de la MCH El Verde	0.300

Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Dimensionamiento y selección de nueva tecnología .

Para determinar que tecnología es la más adecuada para optimizar la producción de energía eléctrica se realizaron cálculos previos, los cuales iremos desarrollando en este punto.

A. Cálculo del Salto Bruto Disponible.

El cálculo del salto bruto existente se obtiene de la información recolectada en campo con el uso de un GPS y los valores obtenidos se muestra en la tabla 28.

Tabla 28

Cotas de Elevación de la MCH El Verde.

Descripción de las estructuras	Cota de elevación	Unidades
Bocatoma de agua de la minicentral hidroeléctrica el verde	2794	m.s.n.m
Cámara de carga de la minicentral hidroeléctrica el verde.	2790	m.s.n.m
Casa de máquinas de la minicentral hidroeléctrica el verde.	2733	m.s.n.m

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, el salto aprovechable se resume en la tabla 29.

Tabla 29

Determinación del Salto Aprovechable de la MCH El Verde.

Salto bruto (m)	Salto útil (m)	Pérdidas en tubería	Perdidas de carga (m)	Salto neto (m)
61	57	5%	3,0	54

Fuente. Elaboración propia.

B. Cálculo de la potencia hidráulica teórica disponible.

Para poder calcular las características del proyecto, se utilizan formulas y diagramas establecidos en la Ingeniería de Diseño de Centrales Hidroeléctricas.

En este estudio se realizó el cálculo de la potencia hidráulica teórica disponible para el caudal asociado y caudal que puede trasportar la tubería instalada ya que el caudal de diseño determinado mediante el aforo y calculado por el método racional, es mayor al caudal que

puede transportar la tubería, entendiéndose que existe un caudal suficiente para producir energía eléctrica, los resultados y factores tomados en cuenta, se muestran en la tabla 30.

Para calcular la potencia hidráulica, se ha utilizado la ecuación 19 que se expresa como sigue:

$$P_h = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad [W] \quad (\text{Ecu. 19})$$

Donde:

P_h : Potencia hidraulica (kW)

ρ : Densidad del agua (kg/m³)

g : Gravedad (m/s²)

Q : Caudal disponible (m³/s)

H : Salto bruto o altura neta (m)

Tabla 30

Potencia Hidráulica Teórica para Cada Caso.

Potencia hidráulica teórica para cada caso			
$P_h = \rho * g * Q * H$	ρ	Densidad del agua (kg/m ³)	1000
	g	Aceleración de la gravedad (m/s ²)	9.806
	Q	Caudal disponible de agua (m ³ /s)	0.230 – 0.300
	H_n	Salto neto existente (m)	54
Potencia hidráulica teórica disponible con caudal asociado (kW)			121.68 kW
Potencia hidráulica teórica capaz de transportar la tubería (kW)			158.71 kW

Fuente: Elaboración propia.

De la información recolectada en campo tenemos que la turbina instalada en la minicentral es del tipo Flujo Cruzado o Michell Banki, también se conoce por placa que la potencia en el eje de la turbina es de 80 kW, pero esta puede desarrollar una mayor potencia en su eje de acuerdo al caudal que en ella ingrese, en este estudio se analiza para dos caudales de estudio, se determinara la potencia desarrollada en el eje de la turbina usando la ecuación 20 para cada caso, los resultados se muestran en la tabla 31.

$$P_T = P_h \times \eta_t \quad (\text{Ecu 20})$$

Donde:

P_T = potencia en el eje de la turbina, kW

P_h = potencia en el eje de la turbina, kW

η_T = eficiencia del generador = 0,80 – 0,90

Conociendo la potencia hidráulica para cada caudal con la altura o salto de la minicentral y considerando un rendimiento de la turbina del 87 %.

Tabla 31

Potencia en el Eje de la Turbina.

Potencia en el eje de la turbina hidráulica	
Potencia efectiva - caudal asociado	105.86 KW
Potencia efectiva - caudal que soporta la tubería	138.08 KW

Fuente: Elaboración propia.

C. Selección del tipo de turbina.

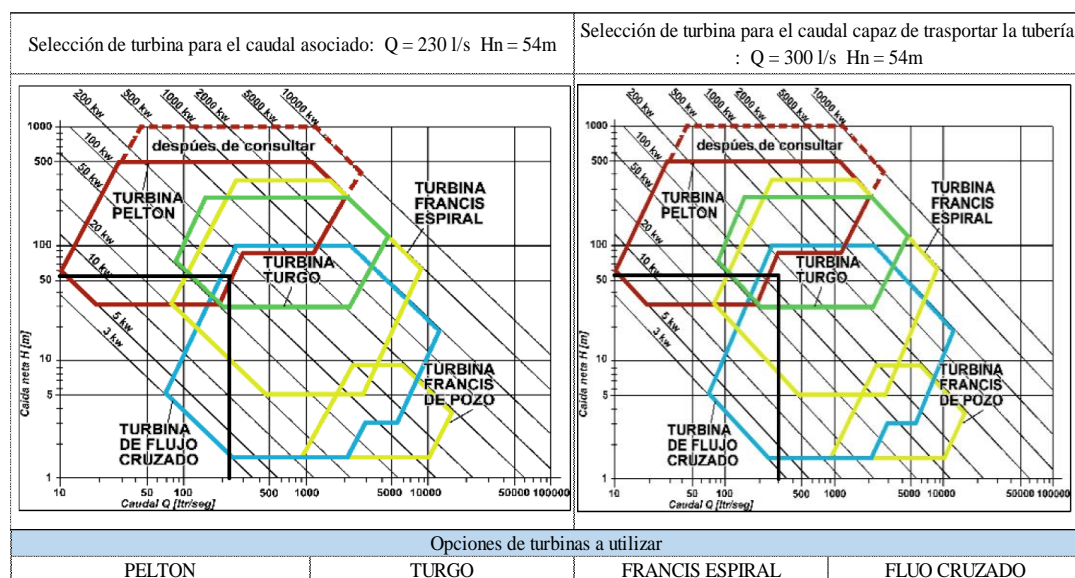
Luego de conocer la potencia que desarrolla la turbina en cada caso, se procede a seleccionar verificar si el tipo de turbina es adecuada, con ayuda del diagrama de selección rápida que se presenta en la figura 16 del marco teórico, se presenta en la figura 46 la selección del tipo de turbina tomando en cuenta los dos caudales antes mencionados para dicha selección.

Haciendo una intersección con líneas perpendiculares en el eje de las abscisas que corresponde al caudal con que trabaja cada tipo de turbina y en el eje de las ordenadas que representa la altura o salto neto aprovechable para generar determinada potencia de energía eléctrica.

Dando como resultado el rango de potencia y la tecnología que se puede emplear para aprovechar dicho recurso hidroenergético de la forma más optima posible.

Figura 46

Selección del Tipo de Turbina Hidráulica para cada caso.



Fuente: (Amaya C., Hernández G., & Villegas C., 2009)

De la figura 46, se observa que dentro de las opciones de turbina a utilizar se encuentra la de flujo cruzado o Michel-Banki, que con los parámetros de selección desarrolla potencia que van desde los 100 kW hasta los 200 kW con el caudal disponible.

De la figura 17 presentado en el marco teórico podemos observar que las turbinas con mayor eficiencia son: Turbina Pelton, Turbina Kaplan y Turbina Michell – Banki, esta última inicia su funcionamiento con un caudal del 20% y con un rendimiento sobre el 70%.

D. Selección del generador y dimensionamientos de conductores.

Luego de conocida la potencia que se puede desarrollar en el eje de la turbina, se procede a realizar el cálculo de la potencia en los bornes del generador, para esto se usó la ecuación 11 que se expresa como sigue, los resultados se muestran en la tabla 32.

$$P_G = \frac{P_T \times \eta_G}{f_p} \quad (\text{Ecu 23})$$

Donde:

P_T = potencia en el eje de la turbina, kW

P_G = potencia eléctrica en los bornes del generador, kW

f_p = factor de potencia = 0,90

η_G = eficiencia del generador = 0,97

Tabla 32

Potencia en Bornes del Generador.

Potencia en bornes del generador	
Potencia generada - caudal asociado	102.68 kW
Potencia generada- caudal que soporta la tubería	133.94 kW

Fuente: Elaboración propia.

Luego de obtenida la potencia generada se procede a calcular con la ayuda de la ecuación 25 la potencia eléctrica efectiva instalada en la minicentral hidroeléctrica en cada caso, los resultados se presentan en la tabla 33.

Tabla 33

Potencia Eléctrica Efectiva para Cada Caso

Potencia efectiva	
Potencia efectiva - caudal asociado	89 kW
Potencia efectiva - caudal que soporta la tubería	117 kW

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 33 se llega a la conclusión que para abastecer la demanda de energía eléctrica es suficiente con el caudal asociado a la Minicentral hidroeléctrica El Verde.

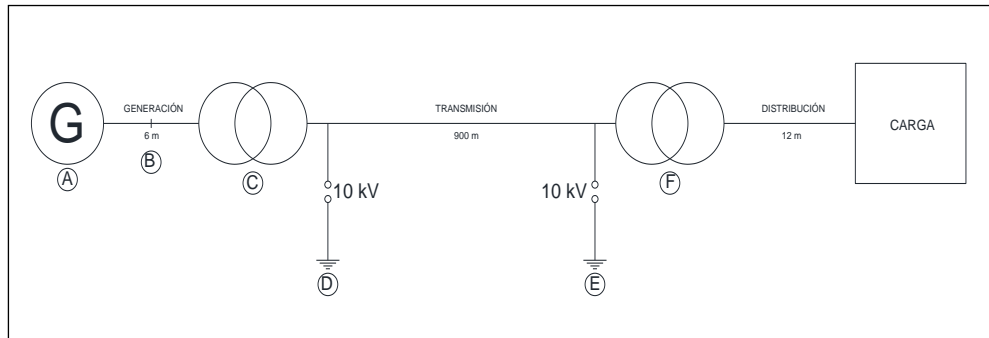
De la información recolectada se sabe que el generador que se encuentra en operación, en la última reparación fue rebobinado para una potencia de 60 kW, el cual no cubriría la máxima demanda, para ello se seleccionó un generador con una potencia de 80 kW, se agregó en los costos para la evaluación económica.

Además, se sabe que la subestación instalada es del tipo pedestal de 80 kVA con tensiones de 0.230/10 kV, que no satisface la demanda de energía eléctrica, se seleccionó uno nuevo transformador de 100 kVA 0.380/10 kV y se agregó el costo para la evaluación económica.

Luego de haber seleccionado el grupo generador se procedió con el cálculo de la corriente que circula por los conductores, se realizó tomando en cuenta el diagrama de la figura 47 y se realizó el cálculo mediante el uso de la ecuación 28.

Figura 47

Esquema del Sistema Eléctrico.



Fuente: Elaboración propia.

Donde:

A: Generador síncrono.

B: Tablero/Panel de Control.

C: Transformador trifásico de elevación 100 kVA (0,380/10 kV)

D, E: Sistema de Pararrayos para 10 kV.

F: Transformador trifásico de reducción 75/37.5 kVA (10/0,220-380 kV)

E: Tablero de Distribución.

$$I_d = \frac{1,25 \times P}{V \times \sqrt{3} \times \cos \varphi} \quad (\text{Ecu 28})$$

Donde:

P: Potencia activa, 80 000 W.

V: Tensión de trabajo, 380 V.

$\cos \varphi$: Factor de potencia, 0,9

El cálculo se realizó tomando en cuenta los componentes seleccionados para cada etapa.

Para la etapa de generación que comprende los tramos A-B y B-C, se consideran las

características del generador seleccionado y tensión de generación, obteniendo el resultado que se muestra en la tabla 34 y se realizó la selección del conductor para el tramo A – B y B-C, con una longitud de 6 m; usando la tabla 35 se seleccionó el tipo de conductor.

Tabla 34

Corriente de Diseño Tramo A-B y B-C

Corriente de diseño Para cada Tramo	
Id Para el Tramo A-B y B-C	168.82 A

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35

Ficha Técnica de cable INDECO N2XOH Unipolar

FREETOX N2XOH 0,6/1 kV FB Unipolar			
<p>Contacto Ventas Local ventas.peru@nexans.com exportaciones.peru@nexans.com</p>			
DATOS ELÉCTRICOS			
Sección [mm²]	Amperaje enterrado 20°C [A]	Amperaje aire 30°C [A]	Amperaje ducto a 20°C [A]
2,5	50	40	38
4	65	55	55
6	85	65	68
10	115	90	95
16	155	125	125
25	200	160	160
35	240	200	195
50	280	240	230
70	345	305	275
95	415	375	330
120	470	435	380
150	520	510	410
185	590	575	450
240	690	690	525

Fuente: INDECO

Entonces, de la tabla 35 se seleccionó el conductor y es un cable N2XOH Unipolar de 35 mm², capaz de soportar la corriente de diseño obtenida.

Tramo de transmisión. Comprende la sección C-F y cuenta con una longitud de 900 m, partiendo desde el transformador de elevación al transformador de reducción, para realizar estos cálculos se consideró:

Potencia a transmitir: 80 000 W

Longitud: 900 m.

Hipótesis

Factor de potencia: $\cos \varphi = 0,9$

Sistema: Trifásico 380 V

Tipo de Instalación: Triangular

Conductor: Cobre desnudo

Máxima Temperatura de operación: 50 °C

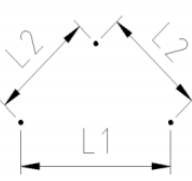
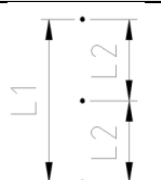
Cálculo de Caída de Tensión

Según la figura 47, la tensión de trabajo es 10 kV.

De la tabla 36, seleccionamos la sección del cable de acuerdo a la corriente y tensión de trabajo ($S = 6 \text{ mm}^2$).

Tabla 36.

Factores de Caída de Tensión (FCT)

Tipo	Disposición geométrica	Selección del conductor (mm^2)	Tensión nominal de la línea			
			6 kV	10 kV	15 kV	20 kV
TT		6	0.01004	0.003751		
		10	0.00644	0.002231		
		20	0.004256	0.001534		
		25	0.00291	0.001043		
TV		6				
		10				
		20				
		25				

Fuente: "Manual de Mini y Microcentrales Hidráulicas" - Federico Coz.

Entonces, la caída de tensión se determinará mediante la ecuación 29 que se expresa como sigue para el tramo C-F:

$$\Delta V\%_{C-F} = P_{C-F} \times L_{C-F} \times FCT \quad (29)$$

$$\Delta V\%_{C-F} = 80 \text{ kW} \times 0,9 \text{ km} \times 3,751 \times 10^{-3} \frac{1}{\text{km} \cdot \text{kW}}$$

$$\Delta V\%_{C-F} = 0,27$$

Se obtuvo como resultado un dato mucho menor a 0,6 V que es un valor referencial que pide el Código Nacional de Electricidad, indicando así que el calibre seleccionado es el adecuado.

Entonces el conductor será de cobre desnudo INDECO de 6 mm², con una ampacidad de 77 amperios.

Selección de Transformadores

De acuerdo a la potencia activa de la minicentral, se determina la potencia aparente necesaria para los transformadores, tanto de elevación como de reducción.

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \quad (30)$$

Donde:

S: Potencia Aparente (kVA).

P: Potencia Activa (80/53/27 kW).

$\cos \varphi$: Factor de potencia (0,90)

De remplazar los datos en la ecuación, calculamos la potencia aparente para los transformadores, obteniendo que los transformadores requeridos son de una potencia aparente equivalente a la que se muestra:

$$S_E = \frac{80 \text{ kW}}{0,90} \approx 89 \text{ kVA}$$

$$S_E = \frac{53 \text{ kW}}{0,90} \approx 58.9 \text{ kVA}$$

$$S_E = \frac{27 \text{ kW}}{0,90} \approx 30 \text{ kVA}$$

De la tabla 37, se seleccionó un transformador elevador con una potencia aparente de 100/75/37.5 kVA, el cual es el inmediato superior de 89/58.8/30 kVA .

Tabla 37

Potencias Nominales de Transformadores

Transformador Monofásico (kVA)	Transformador Trifásico (kVA)
15	50
25	75
37.5	100
50	160
75	250
100	315
	400
	500
	630
	800
	1000
	1600

Fuente: "Manual de Mini y Microcentrales Hidráulicas" - Federico Coz.

Tabla 38

Potencias nominales de transformadores de Distribución (Por fabricantes)

Transformadores Monofásicos (kVA)	Transformadores Trifásicos (kVA)
5	10
15	25
25	37.5
37.5	50
75	75
100	100
	125
	200
	315
	500
	800
	1000

Fuente: "Manual de Mini y Microcentrales Hidráulicas" - Federico Coz.

Par el sistema de distribución, se asumió que la tensión secundaria será 220/380 V, en consecuencia, los datos nominales del transformador son:

Tipo: Trifásico

Potencia: 100 kVA

Relación de transformación: 10/0,380-0,220 kV

Resumiendo. Seleccionaremos los siguientes transformadores:

Transformador de Elevación: EREMU TRANSFORMADOR III ACEITE 100 kVA 0,380/10 kV, 60 Hz).

Transformador de Reducción 1: EREMU TRANSFORMADOR III ACEITE 75 kVA 10/0,380-0,220 kV, 60 Hz).

Transformador de Reducción 2: EREMU TRANSFORMADOR III ACEITE 37.5 kVA 10/0,380-0,220 kV, 60 Hz).

Distribución

Ahora analizaremos desde el transformador de reducción hasta el tablero de distribución general para la carga, con una distancia de 12 m.

Primero calcularemos la potencia aparente; usando la ecuación 30, tenemos:

$$S_{D1} = \frac{53 \text{ kW}}{0,90} \approx 58.9 \text{ kVA}$$

$$S_{D2} = \frac{27 \text{ kW}}{0,90} \approx 28.9 \text{ kVA}$$

El voltaje de salida del transformador es de 380 - 220 V, para calcular la corriente de diseño, se utilizó la ecuación 28, obteniendo:

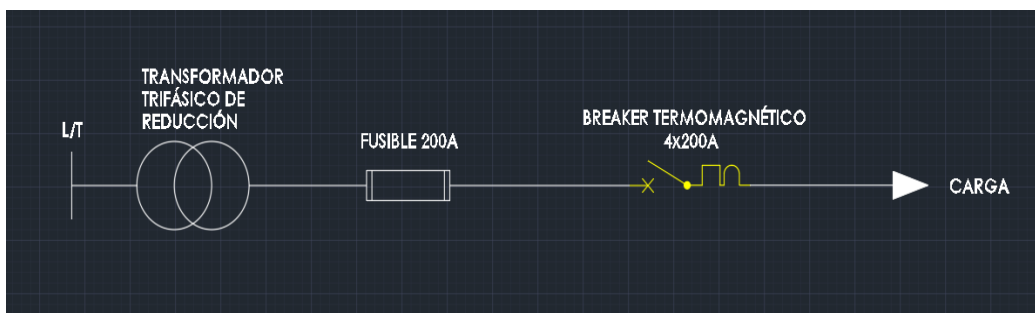
$$I_{d1} = \frac{1,25 \times 58\,900 \text{ W}}{380 \text{ V} \times \sqrt{3} \times 0,9} = 124.29 \text{ A}$$

$$I_{d2} = \frac{1,25 \times 28\,900 \text{ W}}{380 \text{ V} \times \sqrt{3} \times 0,9} = 60.99 \text{ A}$$

Entonces en la figura, se observa el Esquema del Sistema de Distribución.

Figura 48

Diagrama Unifilar del Sistema de Distribución



Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 35 de selección del fabricante, se escogió el conductor INDECO N2XOH de 35 mm².

Por último, una vez establecido que la turbina instalada es la adecuada, se procede a calcular la energía que puede generar durante todo el año, considerando un factor de carga de 0,90 para este fin usamos la ecuación 26.

$$E_{anual} = P_{turbina} \times NH \times fc \quad (26)$$

Donde:

E_{anual} : Energía anual generada por la turbina en kWh.

$P_{turbina}$: Potencia efectiva de la turbina (80 kW).

NH : Número de horas anuales (8760 horas).

fc : Factor de carga de la minicentral hidroeléctrica (0,90).

Reemplazando todos los datos, obtenemos la energía producida en un año:

$$E_{anual} = 630\,720 \text{ kWh} - \text{año}$$

5.1.4. Evaluación económica, (beneficio/costo, VAN, TIR)

Para el análisis económico del presente proyecto, se realizó un presupuesto, donde se contempla el mantenimiento correctivo de las obras civiles, equipo hidromecánico y electromecánico, así como la adquisición de nueva tecnología en el sistema de generación eléctrica que incluirá al generador, válvula de regulación, transformadores, sistema de control,

parte de conductores, entre otros, de esta manera se obtiene el valor de inversión inicial para optimizar la producción de energía, luego se procedió a calcular el Valor Neto Actual (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y Análisis Beneficio/Costo para poder determinar si el proyecto es rentable o no, en un período de 20 años.

5.1.4.1 Presupuesto para la optimización.

Para elaborar el presupuesto, se consideró el costo de la adquisición de materiales y equipamiento, además del costo por el mantenimiento correctivo – Instalación y montaje de los equipos adquiridos, adicionando costos indirectos y otros costos, se muestra en la tabla 39.

Tabla 39

Costos directos e indirectos.

Descripción	Total (S/.)
Suministro de materiales y equipos	S/ 55,584.78
Mantenimiento - Instalación y montaje	S/ 5,522.36
Trasporte de materiales	S/ 1,500.00
SUBTOTAL	S/ 62,607.14
Gastos generales (10%)	S/ 6,260.71
Utilidades (5%)	S/ 3,130.36
GASTOS TOTALES	S/ 71,998.21
Impuesto general a la venta IGV (18%)	S/ 12,959.68
Gastos de logística (3%)	S/ 2,159.95
TOTAL, GENERAL (s/.)	S/ 87,117.83

Fuente. Elaboración propia.

De la tabla 39 se puede observar que se necesita hacer una inversión de S/. 87, 117.83 para optimizar la producción de energía eléctrica en la Minicentral Hidroeléctrica El Verde.

Se realizó un análisis para determinar el costo de energía luego de la optimización de la Minicentral obteniendo que el costo por kWh producido es de S/. 0.41, el detalle se muestra en los anexos.

5.1.4.2 Proyección de la demanda y flujo

Para realizar este análisis se está tomando en cuenta la proyección de viviendas calculadas anteriormente, también se está tomando un valor cercano al promedio del consumo anual por vivienda, así mismo se considera que los sistemas de bombeo empiezan a funcionar a partir del segundo año y se agrega el consumo de los sistemas de bombeo.

Con respecto a los egresos anuales, estos representan los gastos operaciones y mantenimiento a lo largo del año, suponiendo que estos aumentarían un 2% con respecto al año anterior, en tabla 40 se presenta el análisis realizado:

Tabla 40

Proyección de demanda y flujo

INVERSIÓN PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.																
PERIODO		20					Tipo periodo		Anual				Tasa de descuento		12%	
Año	Nº	Número de Usuarios	Consumo anual por Usuario (kWh)	Sistemas Bombeo	Consumo Anual (kWh)	Precio (S./kWh)	Ingreso Anual. (S/.)	Operación y Mantenimiento (S/.)	Flujo Beneficio Neto (S/.)	(1+i)^n	VAN	FLUJO ACUMULADO				
2020	0	126							-S/ 87,118		-S/ 87,118					
2021	1	127	553		70552	S/ 0.60	S/ 42,331	S/ 30,060	S/ 12,271	1.12	S/ 10,956	-76161				
2022	2	129	553	24265	95459	S/ 0.60	S/ 57,275	S/ 30,661	S/ 26,614	1.25	S/ 21,217	-54945				
2023	3	130	553	24265	96109	S/ 0.60	S/ 57,665	S/ 31,274	S/ 26,391	1.40	S/ 18,785	-36160				
2024	4	131	553	24265	96767	S/ 0.60	S/ 58,060	S/ 31,900	S/ 26,161	1.57	S/ 16,625	-19535				
2025	5	132	553	24265	97434	S/ 0.60	S/ 58,461	S/ 32,538	S/ 25,923	1.76	S/ 14,709	-4825				
2026	6	133	553	24265	98110	S/ 0.60	S/ 58,866	S/ 33,189	S/ 25,677	1.97	S/ 13,009	8183				
2027	7	135	553	24265	98794	S/ 0.60	S/ 59,276	S/ 33,852	S/ 25,424	2.21	S/ 11,500	19684				
2028	8	136	553	24265	99487	S/ 0.60	S/ 59,692	S/ 34,529	S/ 25,162	2.48	S/ 10,163	29846				
2029	9	137	553	24265	100188	S/ 0.60	S/ 60,113	S/ 35,220	S/ 24,893	2.77	S/ 8,977	38823				
2030	10	138	553	24265	100899	S/ 0.60	S/ 60,539	S/ 35,924	S/ 24,615	3.11	S/ 7,925	46748				
2031	11	140	553	24265	101618	S/ 0.60	S/ 60,971	S/ 36,643	S/ 24,328	3.48	S/ 6,994	53742				
2032	12	141	553	24265	102347	S/ 0.60	S/ 61,408	S/ 37,376	S/ 24,032	3.90	S/ 6,169	59911				
2033	13	142	553	24265	103085	S/ 0.60	S/ 61,851	S/ 38,123	S/ 23,728	4.36	S/ 5,438	65348				
2034	14	144	553	24265	103833	S/ 0.60	S/ 62,300	S/ 38,886	S/ 23,414	4.89	S/ 4,791	70139				
2035	15	145	553	24265	104589	S/ 0.60	S/ 62,754	S/ 39,664	S/ 23,090	5.47	S/ 4,218	74358				
2036	16	147	553	24265	105356	S/ 0.60	S/ 63,213	S/ 40,457	S/ 22,757	6.13	S/ 3,712	78070				
2037	17	148	553	24265	106132	S/ 0.60	S/ 63,679	S/ 41,266	S/ 22,413	6.87	S/ 3,264	81334				
2038	18	149	553	24265	106918	S/ 0.60	S/ 64,151	S/ 42,091	S/ 22,059	7.69	S/ 2,869	84203				
2039	19	151	553	24265	107713	S/ 0.60	S/ 64,628	S/ 42,933	S/ 21,695	8.61	S/ 2,519	86722				
2040	20	152	553	24265	108519	S/ 0.60	S/ 65,112	S/ 43,792	S/ 21,320	9.65	S/ 2,210	88932				
		VAN	S/88,932			TIR	26%			B/C	1.26	PAY BACK	5.37			

Fuente. Elaboración propia.

5.1.4.3 Valor Actual Neto (VAN)

En la parte inferior de la tabla 40, se realizó el cálculo del valor actual neto (VAN) correspondiente a los 20 años de vida útil estimada después de la optimización. Para esto, se trabajó con una tasa de descuento del 12%.

Utilizando la función VNA de Excel, se obtiene el siguiente valor:

$$\text{VAN} = \text{s/. } 88,932$$

5.1.4.4 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Una vez que se tiene el valor actual neto, se procederá a calcular la tasa interna de retorno (TIR), no es otra cosa más que determinar el interés que convertirá el valor actual neto en 0, de igual manera que el VAN se usa la función en Excel TIR obteniendo el siguiente valor:

$$\text{TIR} = 26\%$$

Quedando así demostrado que el proyecto es viable económicamente.

5.1.4.5 Análisis Beneficio-costo (B/C)

Del mismo modo que los anteriores análisis económicos, se utilizara las funciones de Excel para determinar este valor:

$$\text{B/C} = 1.26$$

La interpretación de este resultado es que el proyecto es viable económicamente ya que el valor del B/C es mayor a 1, además se obtiene un periodo de retorno de 5.37 años.

5.2. Discusión de resultados.

Como producto de la investigación se ha logrado obtener los siguientes resultados:

La eficiencia con la que se encuentra funcionando el sistema de generación es de 59.6%, encontrando que: las compuertas hidráulicas, tablero de control y sistema de regulación de carga se encuentran en malas condiciones de funcionamiento y otros componentes requieren de reparaciones y mantenimiento, resultados que infiere con la investigación de Martínez (2019) denominada “estudio técnico económico de repotenciación de centrales Hidroeléctricas

y su aplicación a una microcentral hidroeléctrica de 60 kVA” desarrolla el estudio con el fin de establecer los criterios que deberán ser integrados en un proyecto de repotenciación, Obteniendo como resultados que el proyecto de repotenciación de la microcentral de la hidroeléctrica de la finca Santa Gertrudis, debe realizarse mejoras y mantenimientos en las obras de: bocatoma, aliviaderos, pasos de agua de lluvia y la línea existente.

La disponibilidad del recurso hídrico aprovecha obtenido realizando aforos y calculando mediante el método racional, donde se consideró el índice de lluvia de acuerdo a la época es superior al caudal asociado de 0.230 m³/s que es suficiente para abastecer la demanda de energía y generar una potencia de 80 kW; resultados que se comparan con el aporte de Chicaiza (2019) denominada “Estudio de factibilidad técnica – económica para la modernización de la minicentral hidroeléctrica “Planta Noroccidente” perteneciente a la empresa pública metropolitana de agua potable y saneamiento de Quito” obtiene como resultados que el rendimiento óptimo del grupo generador turbina se alcanza con un caudal de entrada lo más cercano a 0,255 m³ /s.

Las acciones y tecnología que permite la optimización de la producción energética en la minicentral hidroeléctrica el Verde, es el mantenimiento correctivo de la infraestructura y parte del equipamiento electromecánico, así mismo del remplazo de algunos componentes que se encuentran en malas condiciones o no tienen las características técnicas para cubrir la demanda de energía eléctrica como compuertas hidráulicas, válvula de regulación, tablero de control, sistema de regulación de carga, generador y transformadores, infiere con la investigación de Pando y Zárate (2016) denominado “Estudio y diseño preliminar para la minicentral hidroeléctrica de Carampoma ubicada en la Cuenca Alta del Río Rímac” obtiene como resultado que el salto obtenido de 530 m, se han evaluado algunas alternativas de diseño correspondiente a distintos caudales obtenidos de la curva de persistencia, habiéndose establecido que el caudal óptimo es 1,38 m³/s al cual corresponde una potencia de diseño de

5,74 MW.

Del estudio se determinó que el proyecto es económicamente viable debido a que para optimizar la producción de energía en la Minicentral Hidroeléctrica El Verde, con un caudal de .230 m³/s, salto neto de 54 m y una potencia de 80 kW, se requiere de una inversión de S/. 87, 118, obteniendo un VAN de S/. 88,932 y una TIR del 26 %, resultados que inferen con el estudio realizado por Inoñan Ventura y Vargas Calderon (2018), en su tesis “Análisis técnico económico del repotenciamiento de la mini central hidroeléctrica de Omia de 100 kW a 250 kW, ubicado en el distrito de Omia – provincia de Rodríguez de Mendoza – departamento de Amazonas”, obteniendo del análisis económico que el Repotenciamiento de la Mini Central Hidroeléctrica de Omia”, se obtuvo que “la inversión es de S/. 457 585,00, el Costo Teórico de Generar Energía Eléctrica de 0,036 S./ kW-h, la Tarifa de Venta de Energía de 0,050 S./ kW-h, con lo que obtenemos un TIR de 17 % y un VAN de S/. 959 074,86”.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- a) De la evaluación situacional de las condiciones de funcionamiento de la Minicentral Hidroeléctrica El Verde, se encontró que las obras civiles presentan fisuras y deterioro en ciertos tramos de canal de derivación y descarga, las compuertas hidráulicas se encuentran en mal estado, válvula principal y tablero presentan problemas moderados en su funcionamiento y el sistema de control de carga es el que se encuentra en muy mal estado, concluyendo así que la minicentral se encuentra operando al 59.6% de su eficiencia.
- b) Del estudio realizado se obtuvo que para una proyección 20 años la población beneficia sería de 434 habitantes 152 viviendas además de cubrir la demanda de 6 sistemas de bombeo los cuales tienen una demanda de 79.5 kW, además se obtuvo que la disponibilidad del recurso hídrico aprovechable determinado mediante aforos realizados aguas arriba de la bocatoma, se obtuvo un caudal promedio de 0.306 m³/s y del calculado utilizando el método racional se obtuvo un caudal promedio de 3.010 m³/s, llegando a la conclusión que existe el suficiente recurso hídrico para ser aprovechado y cubrir la demanda de energía de la zona, ya que para este estudio se consideró el caudal asociado de 0.230 m³/s y una altura neta de 54 m.
- c) Las tecnologías y acciones que permite la optimización de la producción energética en la Minicentral Hidroeléctrica El Verde, son el mantenimiento correctivo de la infraestructura y equipamiento electromecánico, además de cambiar componentes que se encuentran en mal estado y los que no cumplen con las características técnicas para cubrir la demanda, llegando a la conclusión que se requiere cambiar la compuerta hidráulica, válvula de regulación,

generador eléctrico, tablero de control, regulador de carga y transformadores.

- d)** De la evaluación económica realizada, se tiene con una inversión inicial de S/. 87 118, producto de la evaluación, se llegó a la conclusión que el proyecto es viable, encontrando un VAN correspondiente a los 20 años de vida útil de la central, trabajando con una tasa de descuento del 12%, obteniendo un VAN de S/. 88 932, con una TIR del 26%, además un beneficio/costo de 1.26 y un periodo de retorno de la inversión de 5.37 años.

Recomendaciones.

Se recomienda utilizar datos recientes del crecimiento poblacional del centro poblado para tener una predicción más exacta de la demanda energética que tendrá que satisfacer la minicentral en cuestión.

- a) Realizar mediciones hidrológicas para asegurar el abastecimiento de agua, realizando un análisis de control del equipo para implementar un dispositivo que contribuyan a elevar el rendimiento, controles que manipulan el caudal, así como el ángulo de entrada y salida de los álabes de acuerdo a la condición de carga.
- b) Realizar planes de mantenimiento, para programar las paradas, así no perjudicando a los usuarios, abasteciendo de un stock de repuestos para cambiar periódicamente los componentes que sufren desgaste por el funcionamiento.
- c) Realizar un estudio para la automatización del sistema de generación, a manera de hacer que la Minicentral Hidroeléctrica El Verde sea automática y evitar la permanecía de un operador las 24 horas del día.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 3HC S.A. (s.f). *3HC CENTRALES HIDROELECTRICAS*. Obtenido de www.turbinas3hc.com
2. Amaya C., F. O., Hernández G., D. E., & Villegas C., D. D. (2009). *Estudio de las micro y mini plantas eléctricas*. TESIS DOCTORAL, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, SAN SALVADOR. Recuperado el 03 de 05 de 2021, de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2106>
3. Aranda. (2018). *Generación y sustentación de rentabilidad de la industria Textil en México. México*.
4. Argüello Hidalgo, J. E., & Rivas Alfaro, D. A. (2010). *EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA “LA CHÁCARA”*. TESIS, UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA, FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, ANTIGUO CUSCATLÁN, EL SALVADOR, C.A. Recuperado el 03 de 05 de 2021, de http://abaco.uca.edu.sv/opacbf/verdetalle_.php?idobra=151899&searchType=materia s&searchText=Centrales+hidroel%E9ctricas&tipomaterial=0&cc=0&tipob=2
5. Asenjo Guevara, E. L. (2018). *REPOTENCIACIÓN DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA LA PLAYA UBICADO EN EL DISTRITO DE INCAHUASI PROVINCIA DE FERREÑAFE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE*. Lambayeque: Universidad Señor de Aipán.
6. Biomass Users Network (BUN-CA). (2002). *Manuales sobre energía renovable: Hidráulica a pequeña escala* (1 ed.). San José, Costa Rica: BUN-CA. Obtenido de <http://www.bun-ca.org/publicaciones/HIDRA.pdf>
7. Cascante Vindas, J., & El-Ghellali Quirós, B. (2003). *ANUAL TÉCNICO SOBRE MICROGENERACIÓN HIDROELÉCTRICA*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Eléctrica .
8. Castro, A. (2006). *Minicentrales hidroeléctricas*. Madrid: Instituto para la

Diversificación y Ahorro de la Energía. Obtenido de https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_2.1.7_Minicentrales_hidroelectricas_125f6cd9.pdf

9. Chicaiza Colcha, A. M. (2019). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA "PLANTA NOROCCIDENTE" PERTENECIENTE A LA EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE QUITO (EPMAPS)*. QUITO: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.
10. Coz, F., Sanchez, T., Viani, B., Segura, J., Rodríguez, L., Miranda, H., . . . Muñoz, I. (1995). *MANUAL DE MINI Y MICROCENTRALES HIDRÁULICAS*. (T. Sanchez, J. Ramírez-Gastón, & Programa de energía de ITDG-Perú, Edits.) Lima, Lima, Perú. Obtenido de http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/archivos_grandes/002_microhidrocentrales.pdf
11. Dávila, C., Vilar, D., Villanueva, G., & Quiroz, L. (2010). *Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación*. Lima: Intermediate Technology Development Group, ITDG.
12. Dr. Hernández Sampieri, R., Dr. Fernández Collado, C., & Dra. Baptista Lucio, P. (2010). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION 5ª ED*. Mexico: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenido de <chrome-extension://mhjfbmdgcfjbbpaeojofohoeffgiehjai/index.html>
13. Finetti Dominguez, A., & Ramos Chafloque, J. R. (2018). *REDISEÑO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA BUENOS AIRES PARA UNA POTENCIA DE 4 MW – LA FLORIDA - SAN MIGUEL – CAJAMARCA*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán.
14. García Faure, L. J. (2005). *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas de las Regiones Montañasas*. FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA CENTRO DE ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGETICA. Santiago de Cuba: UNIVERSIDAD DE ORIENTE. Obtenido de https://ovidiouscuvilca.files.wordpress.com/2011/12/tesis1_pequenascentraleshidroelectricas.pdf

15. Google Earth. (s.f). Ubicacion de la Minicentrla Hidroelectrica El Verde. *Mapa*.
16. Goyzueta Arce, E. J. (2017). *“ESTUDIO Y DISEÑO PARA LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA II”*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
17. INEI. (2018). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística e Informática: Instituto Nacional de Estadística e Informática
18. Inoñan Ventura, J. E., & Vargas Calderon, J. M. (2018). *REPOTENCIAMIENTO DE LA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE OMIA DE 100 kW A 250 kW, UBICADO EN EL DISTRITO DE OMIA – PROVINCIA DE RODRÍGUEZ DE MENDOZA – DEPARTAMENTO DE AMAZONAS*. Pimentel: Universidad Señor de Sipan.
19. Mallitásig Panchi , O. G. (2008). *Modelacion y Diseño Digital para Michocentrales de Generación Hidroeléctrica*. Quito: Escuela Politecnica Nacional. Obtenido de chrome-extension://mhjfbmdgcfjbbpaeojfohofegiehjai/index.html
20. Martínez Cerna, P. C. (2019). *ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE REPOTENCIACIÓN DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS Y SU APLICACIÓN A UNA MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA DE 60 KVA*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
21. Mataix, C. (1986). *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas* (Segunda edición ed.). Madrid: Ediciones del castillo S.A.
22. Ministerio de Agricultura y Riego. (2013). *Guía de Capacitación/Entrenamiento Sub Componente C1*. Lima: Programa PSI SIERRA. Obtenido de <http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2017/01/Guia-de-Capacitacion-Entrenamiento-Hidrometria.pdf>
23. Moncayo Escobar, L. A. (2009). *Estudio para la rehabilitación de la minicentral hidroeléctrica Valladolid*. Loja - Ecuador: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.
24. Mosquera, M. M. (2008). La era de la escasez. *Energia en el mundo*, 8-9.
25. Municipalidad Distrital de Chalamarca. (2017). *44061360_01_UBICACION CHALAMARCA-UBICACION*. Chalamarca. Obtenido de http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_Sica/Modulos/FTA/SECCION%20V



26. Nerea. (2019, p.25). *Análisis de la producción eléctrica generada en la minicentral Hidroeléctrica de Anguiano*. Obtenido de E.T.S. de Ingeniería Industrial, Informática y de Telecomunicación: <https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/33695/TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
27. Otero. (2017). *Optimización de la instalación de generación eléctrica distribuida con los aprovechamientos de energía potencial de los sistemas de agua de la empresa pública metropolitana de agua potable y saneamiento de Quito*. Obtenido de Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19032/1/CD-8429.pdf>
28. Reed Czitrom, S. P., Armando Trelles, S., & Hiriart, G. (2010). *ENERGÍA del AGUA*. 54 ciencia. Obtenido de Energías alternativas: <chrome-extension://mhjfbmdgcfjbbpaeojofohoeufigehjai/index.html>
29. Tipos de energía. (s.f.). *Todo sobre la Energía Hidráulica*. Obtenido de <https://tiposdeenergia.online/wp-content/uploads/energia-hidraulica-1.jpg>
30. Vargas F., E. S., Alarcón A., F. S., & Fajardo C., A. G. (2011). *Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: alternativa real de generación eléctrica*. Colombia. doi: <https://doi.org/10.23850/22565035.22>
31. Weather Spark. (s.f.). *Weather spark*. Obtenido de Clima promedio en Chalamarca: <https://es.weatherspark.com/>
32. Wikipedia. (16 de 05 de 2019). Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Chalamarca
33. Zulueta Bonilla, R. E. (2012). *DISEÑO DE UN GRUPO HIDROENERGÉTICO CON UNA TURBINA MICHELL-BANKI DE 40 kW*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1458>

ANEXOS

1.	Información Técnica de las Obras Civiles.	3
2.	Datos Técnicos del Equipamiento Hidromecánico.....	4
3.	Datos Técnicos del Equipamiento Electromecánico.....	5
4.	Cuestionario de Check List para las Obras Civiles.....	7
5.	Cuestionario de Check List para el Equipamiento Hidromecánico.	8
6.	Cuestionario de Check List para el Equipamiento Electromecánico.....	9
7.	Resultados de la Aplicación del Check list a las Obras Civiles.....	10
8.	Resultados de la Aplicación del Check List al Equipamiento Hidromecanico.	11
9.	Resultados de la Aplicación del Check List al Equipamiento Electromecanico.	12
10.	Resultados de la Aplicación del Check List.	13
11.	Información censal de población y vivienda.	14
12.	Proyección de Población y Vivienda Para el Año Horizonte.	15
13.	Cálculo de Alumbrado Público para el Centro Poblado El Verde.....	16
14.	Cálculo de Alumbrado Público para la Comunidad El Arenal.	17
15.	Calculo de la Demanda de Energía Por Tipo de Abonado.	18
16.	Cálculo de Potencia y Energía Demandada por las Localidades.	20
17.	Resultados de Aforos Realizado Aguas Arriba de la Bocatoma.....	21
18.	Determinación del Caudal de Diseño y Potencia Efectiva de la MCH.....	29
19.	Selección del tipo de turbina y potencia generada según caso de estudio.	30
20.	Cálculos de Conductores eléctricos y Tabla de Costos ml por sección.	31
21.	Cotización de Válvula Tipo Compuerta 8”.....	32
	Plano de Generador STANFORD.....	33
22.	Costo de la inversión en Suministro de Materiales y Equipos.....	34
23.	Costo de Inversión para e mantenimiento Correctivo – Instalación y montaje.	35

24.	Resumen del Costo de Inversión y Costos de O&M.	36
25.	Determinación del Precio Teórico del kWh producido.	37
26.	Evaluación económica del proyecto.	38

1. Información Técnica de las Obras Civiles.

	<p style="text-align: center;">TESIS</p> <p style="text-align: center;">“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”</p>	
---	---	---



DATOS TÉCNICOS DE LAS OBRAS CIVILES

EMPRESA:	Comité de electrificación El Verde	TIPO DE CENTRAL:	Hidroeléctrica
LUGAR: Minicentral Hidroeléctrica El Verde			

REGIÓN: Cajamarca. **PROVINCIA:** Chota. **DISTRITO:** Chalamarca. **LOCALIDAD:** C.P El Verde.

1	Bocatoma de agua.		
	1.1	Material de la bocatoma.	Revest. de Concreto
	1.2	Elevación con respecto al mar.	msnm 2794
	1.3	Tipo de bocatoma.	Convencional
	1.4	Altura del azud	m 0.90
	1.5	Longitud azud.	m 4.60
	1.6	Longitud de la transición.	m 2.00
1.7	Ancho de la transición.	m 0.80	
2	Canal de derivación.		
	2.1	Material.	Revest. de Concreto
	2.2	Tipo de canal.	Trapezoidal
	2.3	Longitud del recorrido del canal.	m 220
	2.4	Ancho de la base del canal.	m 0.4
	2.5	Ancho de la corona del borde libre del canal.	m 1
	2.6	Altura vertical del canal	m 0.6
Aliviadero # 1	Aliviadero # 1		
	2.7	Material del aliviadero lateral de descarga.	Revest. de Concreto
	2.8	Largo del aliviadero 1	m 2.0
2.9	Altura del aliviadero 1	m 0.25	
3	Desarenador y Cámara de carga		
	Desarenador	3.1	Material del reservorio desarenador.
		3.2	Elevación con respecto al mar.
		3.3	longitud del reservorio desarenador.
		3.4	Ancho sección inicial.
		3.5	Ancho sección final.
		3.6	Profundidad de la sección inicial.
		3.7	Profundidad de la sección final.
	Aliviadero # 2	3.8	Material del aliviadero lateral de descarga.
		3.9	Longitud del aliviadero.
		3.10	Altura del aliviadero.
	Tanque de presión	3.11	Profundidad.
		3.12	Alto al borde del vertedero.
		3.13	Ancho.
		3.14	Largo.
	Rejilla de limpieza	3.15	Material de la rejilla de limpieza.
		3.16	Pistura de recubrimiento.
		3.17	Sección de los barros.
		3.18	Ancho de la rejilla
		3.19	Alto de la rejilla.
		3.20	Separación de la rejilla.
4	Casa de máquinas.		
	4.1	Material paredes de la casa de máquinas.	Ladrillo y cemento
	4.2	Material techo de la casa de máquinas.	Madera y calamina
	4.3	Elevación con respecto al mar.	msnm 2733
	4.4	Área del terreno disponible.	m2 140
	4.5	Largo de la sala de maquina	m 5.80
	4.6	Ancho sala de máquinas	m 4.90
4.7	Altura de la sala de maquina	m 3.40	
5	Canal de descarga.		
	5.1	Material del canal de descarga.	Revest. de Concreto
	5.2	Tipo de la sección del canal de descarga.	Rectangular
	5.3	Longitud del recorrido hasta el rio.	m 40
	5.4	Ancho de la base del canal de descarga.	m 0.6
5.5	Altura al borde libre del canal de descarga.	m 0.6	

2. Datos Técnicos del Equipamiento Hidromecánico.

	TESIS “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	
---	--	---

DATOS TÉCNICOS EQUIPAMIENTO HIDROMECAÍNICO



EMPRESA: Comité de electrificación El Verde **TIPO DE CENTRAL:** Hidroeléctrica

LUGAR: Minicentral Hidroeléctrica El Verde

REGIÓN: Cajamarca. **PROVINCIA:** Chota. **DISTRITO:** Chalamarca. **LOCALIDAD:** C.P El Verde.

1	Compuertas Hidráulicas.			
Compuerta de regulación de la bocatoma	1.1	Tipo de compuertas.	Deslizante	
	1.2	Material del marco de la compuerta.	Hierro estructural	
	1.3	Material del escudo de la compuerta.	Hierro al carbono galvanizado	
	1.4	Ancho de la compuerta.	<i>m</i>	0.8
	1.5	Altura del marco de compuerta	<i>m</i>	1.5
	1.6	Diámetro del husillo de compuerta	<i>mm</i>	381
	1.7	Alto de la compuerta.	<i>m</i>	0.8
Compuerta de descarga del Reservorio	1.8	Tipo de compuertas.	Deslizante	
	1.9	Material del marco de la compuerta.	Hierro estructural	
	1.10	Material del escudo de la compuerta.	Hierro al carbono galvanizado	
	1.11	Ancho de la compuerta.	<i>m</i>	0.6
	1.12	Altura del marco de compuerta	<i>m</i>	1.5
	1.13	Diámetro del husillo de compuerta	<i>mm</i>	381
	1.14	Alto de la compuerta.	<i>m</i>	0.7
2	Tubería de presión forzada.			
	2.1	Material de la tubería forzada.	PVC-CLASE 150	
	2.2	Longitud del recorrido de la tubería forzada.	<i>m</i>	170
	2.3	Diámetro nominal	<i>pulg.</i>	12
	2.4	Diámetro exterior.	<i>mm</i>	335.3
	2.5	Diámetro interno.	<i>mm</i>	316.7
	2.6	Espesor de la tubería forzada.	<i>mm</i>	18.6
3	Válvulas de regulación.			
	3.1	Tipo de válvula.	Compuerta.	
	3.2	Fabricante.	FUMOSA	
	3.3	Material de fabricación.	Hierro dúctil	
	3.4	Material de fabricación del vástago	Acero inoxidable.	
	3.5	Accionamiento de la válvula.	Manual.	
	3.6	Año de fabricación.	<i>Año.</i>	1996
	3.7	Presión de operación.	<i>PSI</i>	150
	3.8	Diámetro de la válvula hidráulica.	<i>pulg.</i>	8"
	3.9	Clase de válvula hidráulica	150 Lb	
	3.1	Material de la junta de montaje.	Acero estruc.	
	3.11	Forma de la junta de montaje.	Tubular	
	3.12	Diámetro de la junta de montaje.	<i>pulg.</i>	8"

3. Datos Técnicos del Equipamiento Electromecánico.

	<p style="text-align: center;">TESIS</p> <p style="text-align: center;">“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”</p>	
---	---	---

DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÍNICO

EMPRESA: Comité de electrificación El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

LUGAR: Minicentral Hidroeléctrica El Verde



REGIÓN: Cajamarca.

PROVINCIA: Chota.

DISTRITO: Chalamarca.

LOCALIDAD: C.P El Verde.

1	Turbina hidráulica			
	1.1	Tipo de turbina hidráulica	CROSS FLOW	
	1.2	Fabricante de la turbina hidráulica.	3HC	
	1.3	Fecha de fabricación de la turbina.	Ene-96	
	1.4	Modelo de la turbina	R313 - 1140	
	1.5	Altura de diseño	m	55
	1.6	Caudal de diseño de la turbina.	l/s	180
	1.7	Potencia en el eje de la turbina.	KW	80
	1.8	Velocidad de rotación de la turbina.	RPM	940
	1.9	Eficiencia de la turbina	%	84
	1.10	Material del rodete de la turbina.	Acero estructural A36	
	1.12	Diámetro exterior del rodete de la turbina.	mm	313
	1.13	Numero de alabes de la turbina hidráulica.	Unid.	24
	1.14	Ancho del inyector	mm	200
	1.15	Eje del rodete de la turbina	mm	80
	1.16	Material del eje del rodete de la turbina	Acero AISI 1045	
	1.17	Material de la carcaza de la turbina	Acero estructural A36	
	1.18	Espesor de la plancha de la carcasa de la turbina	pulg.	3/8"
2	Sistema de transmisión de potencia.			
	2.1	Tipo de transmisión.	Por fajas	
	2.2	Tipo de fajas	V8	
	2.3	Numero de poleas.	Unid.	2
	2.5	Capacidad de transmisión	hp	160
	2.6	Velocidad de rotación de transmisión.	RPM	1800
3	Generador eléctrico.			
	3.1	Tipo del generador eléctrico	Síncrono	
	3.2	Marca del generador	STANFORD	
	3.3	Potencia aparente	KVA	80
	3.4	Potencia activa	KW	60
	3.5	Factor de potencia	Cos (φ)	0.8
	3.6	Velocidad	RPM	1800
	3.7	Velocidad de embalamiento	RPM	3330
	3.8	Tensión	V	220/380
	3.9	Regulación de tensión	+/-	10%
	3.1	Fases	3	
	3.11	Frecuencia	Hz	60
	3.12	Altura de instalación	msnm	2000
	3.13	Clase de aislamiento	F	
	3.14	Clase de protección	IP23	
	3.15	Régimen de trabajo	Continuo	

	TESIS “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	
---	--	---

DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

EMPRESA: Comité de electrificación El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

LUGAR: Minicentral Hidroeléctrica El Verde

REGIÓN: Cajamarca.



PROVINCIA: Chota.

DISTRITO: Chalamarca.

LOCALIDAD: C.P El Verde.

4	Tablero y línea de transmisión.			
Tablero eléctrico y de control	4.1	Tipo de tablero de control	Gabinete	
	4.2	Material del tablero.	Acero	
	4.3	Dimensiones del tablero.	<i>m</i>	2.10x1.10x0.60
	4.4	Parámetros eléctricos de control.	Corriente	Frecuencia.
	4.5	Numero de interruptores termomagnéticos.	Unid.	2
	4.6	Modos de operación		2
Línea de transmisión	4.7	Tipo de protección de la línea de transmisión.		Cut-out
	4.8	Corriente de disparo del sistema de protección.	A	10
	4.9	Material del conductor de la línea de transmisión.		Cobre
	4.1	Material de las estructuras de la línea de transmisión.	Concreto centrifugado	
	4.11	Altura de los postes de la línea de transmisión primaria.	<i>m</i>	12
	4.12	Longitud de la línea de transmisión.	<i>m</i>	900
	4.13	Tensión nominal de la línea de transmisión.	KV	10
	4.15	Numero de estructuras de la línea de transmisión.	Unid.	12
5	Controlador de carga y sub estaciones.			
Control de carga	5.1	Tipo de control de carga.		Carga lastre.
	5.2	Control del sistema de regulación de carga.		Electrónico
	5.3	Numero de resistencias del banco.	Unid.	18
	5.4	Numero de resistencias por fase	Und.	6
	5.5	Tipo de enfriamiento de las resistencias.	Por agua	
Sub estación elevadora	5.6	Tipo de transformador		3f
	5.7	Potencia	KVA	80
	5.8	Frecuencia	Hz	60
	5.9	Enfriamiento		ON-AN
	5.10	Año de fabricación		1996
	5.11	Altura de trabajo	<i>msnm</i>	3500
	5.12	Tensión nominal	<i>Alta tensión</i>	KV
	5.13		<i>Baja tensión</i>	V
	5.14	Corriente nominal	<i>Alta tensión</i>	A
	5.15		<i>Baja tensión</i>	A
	5.16	Nivel de aislamiento	<i>Alta tensión</i>	KV
	5.17		<i>Baja tensión</i>	KV
Sub estación de distribución	5.18	Tipo de subestación		Aérea
	5.19	Potencia	KVA	50
	5.20	Tensión	KV	10/0.220/0.230
	5.21	Numero de fases del transformador		3f

4. Cuestionario de Check List para las Obras Civiles.

	<p style="text-align: center;">TESIS</p> <p style="text-align: center;">“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”</p>	
---	---	---

CUESTIONARIO DEL CHECK LIST



EMPRESA: Comité de electrificación El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

LUGAR	MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE
--------------	--

Sub. Sist.	N°	ÍTEM
OBRAS CIVILES	1	<i>Bocatoma.</i>
	1.1	La minicentral cuenta con una bocatoma adecuada.
	1.2	Se encuentra ubicada en un tramo recto y estable del río.
	1.3	Cuenta con compuerta de regulación para controlar el flujo a derivar.
	1.4	Cuenta con rejilla de admisión para retener los elementos flotantes.
	1.5	La infraestructura de la bocatoma se encuentra en óptimas condiciones.
	1.6	La bocatoma se encuentra libre de palizada y piedras.
	2	<i>Canal de derivación.</i>
	2.1	Las medidas del canal son las adecuadas para derivar el caudal aprovechable.
	2.2	El canal de derivación se encuentra revestido en todo su recorrido.
	2.3	El revestimiento del canal se encuentra en perfectas condiciones.
	2.4	El canal de derivación cuenta con todos los aliviaderos requeridos.
	2.5	La pendiente del canal de derivación en su recorrido es uniforme.
	2.6	Los sellos y juntas en su recorrido del canal se encuentran en buen estado.
	2.7	Los aliviaderos se encuentran en buen estado y sin obstrucción.
	3	<i>Desarenador.</i>
	3.1	La minicentral cuenta con desarenador en el recorrido de su canal.
	3.2	Se encuentra en buenas condiciones la obra civil del desarenador.
	3.3	El desarenador cuenta con compuerta de regulación en la transición de ingreso.
	3.4	Existe obstrucción en el ingreso del desarenador, (piedras, vegetación, basura, etc.)
	3.5	El desarenador funciona adecuadamente decantando los solidos en suspensión.
	3.6	El desarenador cuenta con compuertas de limpieza de sedimentos.
	4	<i>Cámara de carga.</i>
	4.1	La cámara de carga posee reservorio de acumulación.
	4.2	La cámara de carga posee tanque de presión.
	4.3	La cámara de carga cuenta rejilla para detener elementos flotantes.
	4.4	Las medidas del taque de presión son adecuadas.
	4.5	Las paredes del reservorio se encuentran en buenas condiciones.
	4.6	Tiene compuerta para limpieza de sedimentos en el reservorio de acumulación.
	4.7	Las paredes del tanque de presión se encuentran en buenas condiciones.
	5	<i>Casa de máquinas.</i>
	5.1	Las dimensiones de la casa de maquinas son las adecuadas.
	5.2	La disposición del grupo turbo generador es adecuada.
	5.3	En las paredes de la casa de maquinas no se visualiza fisuras o grietas.
	5.4	El techo de la casa de maquinas se encuentra en buenas condiciones.
	5.5	Existe buena ventilación en el ambiente de la casa de maquinas.
	5.6	Está protegido contra el ingreso de insectos y polvo al interior.
	5.7	Existe un ambiente para el alojamiento del operador en buenas condiciones
	6	<i>Canal de descarga.</i>
	6.1	Las medidas del canal de descarga son las adecuadas para el caudal turbinado.
	6.2	El canal de descarga se encuentra revestido en todo su recorrido.
	6.3	El revestimiento se encuentra en perfectas condiciones.
	6.4	El canal de descarga cuenta con disipadores de energía.
	6.5	El canal de descarga se encuentra liberado en todo su recorrido.

5. Cuestionario de Check List para el Equipamiento Hidromecánico.

	<p style="text-align: center;">TESIS</p> <p style="text-align: center;">“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”</p>	
---	---	---

CUESTIONARIO DEL CHECK LIST



EMPRESA: Comité de electrificación El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

LUGAR	MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE
--------------	--

Sub. Sist.	Nº	ÍTEM
EQUIPAMIENTO HIDROMECAÁNICO	7	<i>Compuertas hidráulicas.</i>
	7.1	Posee compuerta para regulación, al principio del canal (bocatoma)
	7.2	La compuerta de bocatoma no presenta, (corrosión, desgaste, fallas mecánicas)
	7.3	Posee compuerta hidráulicas en el desarenador, (Transición de ingreso y purga)
	7.4	Las compuerta del desarenador no presenta, (corrosión, desgaste, fallas, etc.)
	7.5	Posee compuerta para regulación, al final del canal (cámara de carga - CC.)
	7.6	La compuerta de regulación de CC no presenta, (corrosión, desgaste, fallas, etc.)
	7.7	Posee compuerta para limpieza de la cámara de carga.
	7.8	La compuerta limpieza de la CC no presenta, (corrosión, desgaste, fallas etc.)
	8	<i>Tubería de presión forzada.</i>
	8.1	Tiene instalada una rejilla de admisión.
	8.2	La tubería se encuentra bajo tierra (tubería de PVC).
	8.3	La tubería no presenta desgaste (corrosión, grietas, perforaciones).
	8.4	L a tubería se encuentra sin filtraciones de agua (uniones).
	9	<i>Válvula de regulación.</i>
	9.1	Posee una válvula principal al final de la tubería forzada.
	9.2	Posee un sistema de válvulas a otros componentes y/o turbinas.
	9.3	Los sellos de la válvula no presenta desgaste o fugas permanentes.
	9.4	La válvula de regulación no presenta desgaste o fallas mecánicas
	9.5	No presenta fugas y/o goteos en las uniones de la válvula principal.
	9.6	Las válvula principal y uniones son las adecuadas para la presión y caudal.

6. Cuestionario de Check List para el Equipamiento Electromecánico.

	TESIS “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	
---	--	---

CUESTIONARIO DEL CHECK LIST



EMPRESA: Comité de electrificación El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

LUGAR	MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE
--------------	--

Sub. Sist.	Nº	ÍTEM
EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO	10	<i>Turbina hidráulica.</i>
	10.1	Posee mecanismo de regulación de caudal.
	10.2	Cuenta con instrumentos de medición de presión.
	10.3	No presenta fugas o goteo en la carcasa de la turbina.
	10.4	Los acoplamientos mecánicos son los adecuados.
	10.5	No presenta fugas o goteos en los acoplamientos.
	10.6	Los sellos mecánicos de las chumaceras se encuentran en buen estado.
	10.7	Las empaquetaduras de los acoplamientos se encuentran en buen estado.
	10.8	El recubrimiento de pintura en los acoplamientos se encuentra en buen estado.
	10.9	Los rodamientos de las chumaceras se encuentran en buen estado.
	10.10	Los rodamientos están correctamente lubricados.
	11	<i>Generador eléctrico</i>
	11.1	Se encuentra alineado correctamente con la turbina hidráulica.
	11.2	La carcasa del generador se encuentra en buen estado (corrosión, fisuras)
	11.3	Los rodamientos no presentan sobre calentamiento.
	11.4	Se encuentra debidamente anclado.
	11.5	No existe presencia de contaminantes (polvo, humedad, grasa)
	11.6	No presenta algún tipo de ruido en sus rodamientos.
	11.7	Posee guarda de seguridad el sistema de transmisión de potencia
	11.8	La faja esta adecuadamente tensada
	12	<i>Tablero eléctrico y de control</i>
	12.1	Se cuenta con medidor de frecuencia.
	12.2	Se cuenta con medidor de potencia consumida en la red.
	12.3	Cuenta con diagrama unifilar.
	12.4	Cuenta con plano de instalación eléctrica y de control.
	12.5	Los interruptores funcionan adecuadamente.
	12.6	Cuenta con medidor de tensión y corriente.
	13	<i>Sistema de regulación de carga</i>
	13.1	Cuenta con sistema de regulación de carga.
	13.2	Los sistemas de alarma funcionan correctamente.
	13.3	Los mecanismos de control se pueden activar de manera adecuada.
	13.4	El sistema de carga no presenta algún desperfecto.
	13.5	Los componentes se encuentran en buen estado.
	13.6	No existe desgaste o deterioro en sus terminales y conexiones.
	13.7	No existe presencia de corrosión y desgaste en sus componentes.
	13.8	Las resistencias se encuentran en buen estado.
	13.9	No existe agentes contaminantes en el emplazamiento donde se encuentra instalado.
	13.10	El nivel de agua refrigerante es el adecuado.
	14	<i>Trasformador eléctrico elevador.</i>
	14.1	El transformador es el adecuado para la demanda de energía eléctrica.
	14.2	El transformador se encuentra debidamente aislado.
	14.3	Existe una verificación periódica de los puntos calientes de las conexiones.
	14.4	Cuenta con sistema de puesta a tierra.
	14.5	Existe una verificación periódica del nivel de aceite.
	14.6	La salida de los conductores es la adecuada.
	14.7	Cuenta con cerco perimétrico de protección.

7. Resultados de la Aplicación del Check list a las Obras Civiles.

	<p style="text-align: center;">TESIS</p> <p style="text-align: center;">“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”</p>	
---	---	---

CHECK LIST - OBRAS CIVILES

EMPRESA: Comité de electrificación El Verde



TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

LUGAR	MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE	Operación (h):	24
--------------	--	-----------------------	-----------

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	ANTIGÜEDAD	24 Años	PONDERACIÓN	7.1%
10: Cumple					5: Intermedio	0: No cumple

Nº	ÍTEM	NOTA	OBSERVACIÓN
1	Bocatoma.	0.04	58.3%
1.1	La minicentral cuenta con una bocatoma adecuada.	10	
1.2	Se encuentra ubicada en un tramo recto y estable del río.	10	
1.3	Cuenta con compuerta de regulación para controlar el flujo a derivar.	5	Compuerta en mal estado
1.4	Cuenta con rejilla de admisión para retener los elementos flotantes.	0	
1.5	La infraestructura de la bocatoma se encuentra en optimas condiciones.	5	Pequeñas fisuras y fugas.
1.6	La bocatoma se encuentra libre de palizada y piedras.	5	Rocas y maleza.
2	Canal de derivación.	0.03	42.9%
2.1	Las medidas del canal son las adecuadas para derivar el caudal aprovechable.	5	Existe rebose en lluvias
2.2	El canal de derivación se encuentra revestido en todo su recorrido.	5	existe fugas
2.3	El revestimiento del canal se encuentra en perfectas condiciones.	5	Rupturas en su recorrido
2.4	El canal de derivación cuenta con todos los aliviaderos requeridos.	5	Solo al inicio y al final
2.5	La pendiente del canal de derivación en su recorrido es uniforme.	5	Tramos planos.
2.6	Los sellos y juntas en su recorrido del canal se encuentran en buen estado.	0	
2.7	Los aliviaderos se encuentran en buen estado y sin obstrucción.	5	Parcialmente obstruidos.
3	Desarenador.	0.05	75.0%
3.1	La minicentral cuenta con desarenador en el recorrido de su canal.	10	
3.2	Se encuentra en buenas condiciones la obra civil del desarenador.	10	
3.3	El desarenador cuenta con compuerta de regulación en la transición de ingreso.	0	
3.4	Existe obstrucción en el ingreso del desarenador, (piedras, vegetación, basura, etc.)	10	
3.5	El desarenador funciona adecuadamente decantando los solidos en suspensión.	10	
3.6	El desarenador cuenta con compuertas de limpieza de sedimentos.	5	Fuera de servicio
4	Cámara de carga.	0.07	92.9%
4.1	La cámara de carga posee reservorio de acumulación.	10	
4.2	La cámara de carga posee tanque de presión.	10	
4.3	La cámara de carga cuenta rejilla para detener elementos flotantes.	10	
4.4	Las medidas del taque de presión son adecuadas.	10	
4.5	Las paredes del reservorio se encuentran en buenas condiciones.	10	
4.6	Tiene compuerta para limpieza de sedimentos en el reservorio de acumulación.	5	Fuera de servicio
4.7	Las paredes del tanque de presión se encuentran en buenas condiciones.	10	
5	Casa de máquinas.	0.06	86%
5.1	Las dimensiones de la casa de maquinas son las adecuadas.	10	
5.2	La disposición del grupo turbo generador es adecuada.	10	
5.3	En las paredes de la casa de maquinas no se visualiza fisuras o grietas.	10	
5.4	El techo de la casa de maquinas se encuentra en buenas condiciones.	5	Pequeño deterioro
5.5	Existe buena ventilación en el ambiente de la casa de maquinas.	10	
5.6	Está protegido contra el ingreso de insectos y polvo al interior.	5	Protectores inadecuados.
5.7	Existe un ambiente para el alojamiento del operador en buenas condiciones	10	
6	Canal de descarga.	0.03	42%
6.1	Las medidas del canal de descarga son las adecuadas para el caudal turbinado.	10	
6.2	El canal de descarga se encuentra revestido en todo su recorrido.	5	Rupturas en el revestimiento
6.3	El revestimiento se encuentra en perfectas condiciones.	5	Fisuras en su recorrido
6.4	El canal de descarga cuenta con disipadores de energía.	0	
6.5	El canal de descarga se encuentra liberado en todo su recorrido.	5	Existe vegetación

8. Resultados de la Aplicación del Check List al Equipamiento Hidromecánico.

	<p style="text-align: center;">TESIS</p> <p style="text-align: center;">“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”</p>	
---	---	---

CHECK LIST - EQUIPO HIDROMECAÍNICO

EMPRESA: Comité de electrificación El Verde



TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

LUGAR	MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE	Operación (h): 24
--------------	--	---------------------------------

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	ANTIGÜEDAD	24 Años	PONDERACIÓN	7.1%
				10: Cumple	5: Intermedio 0: No cumple

Nº	ÍTEM	NOTA	OBSERVACIÓN
7	Compuertas hidráulicas.	0.02	25%
7.1	Posee compuerta para regulación, al principio del canal (bocatoma)	5	En mal estado
7.2	La compuerta de bocatoma no presenta, (corrosión, desgaste, fallas mecánicas)	5	Corrosión, fallas mecánicas
7.3	Posee compuerta hidráulicas en el desarenador, (Transición de ingreso y purga)	5	Solo compuerta de purga
7.4	Las compuerta del desarenador no presenta, (corrosión, desgaste, fallas, etc.)	5	Fallas en el mecanismo
7.5	Posee compuerta para regulación, al final del canal (cámara de carga - CC.)	0	
7.6	La compuerta de regulación de CC no presenta, (corrosión, desgaste, fallas, etc.)	0	
7.7	Posee compuerta para limpieza de la cámara de carga.	0	
7.8	La compuerta limpieza de la CC no presenta, (corrosión, desgaste, fallas etc.)	0	
8	Tubería de presión forzada.	0.06	88%
8.1	Tiene instalada una rejilla de admisión.	5	La rejilla del tanque de presión
8.2	La tubería se encuentra bajo tierra (tubería de PVC).	10	
8.3	La tubería no presenta desgaste (corrosión, grietas, perforaciones).	10	
8.4	La tubería se encuentra sin filtraciones de agua (uniones).	10	
9	Válvula de regulación.	0.05	67%
9.1	Posee una válvula principal al final de la tubería forzada.	10	
9.2	Posee un sistema de válvulas a otros componentes y/o turbinas.	0	
9.3	Los sellos de la válvula no presenta desgaste o fugas permanentes.	10	
9.4	La válvula de regulación no presenta desgaste o fallas mecánicas	5	Fallas en el mecanismo
9.5	No presenta fugas y/o goteos en las uniones de la válvula principal.	5	Fugas ligeras al abrir
9.6	Las válvula principal y uniones son las adecuadas para la presión y caudal.	10	No tiene válvula al inicio

9. Resultados de la Aplicación del Check List al Equipamiento Electromecánico.

	<p style="text-align: center;">TESIS</p> <p style="text-align: center;">“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”</p>	
---	---	---

CHECK LIST - EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO

EMPRESA: Comité de electrificación El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

LUGAR	MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE
--------------	--

Operación (h):	24
-----------------------	-----------

SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO
-----------	---



ANTIGÜEDAD	24 Años
-------------------	----------------

PONDERACIÓN	7.1%
10: Cumple	5: Intermedio 0: No cumple

Nº	ÍTEM	NOTA	OBSERVACIÓN
-----------	-------------	-------------	--------------------

10	Turbina hidráulica.	0.05	70.0%
10.1	Posee mecanismo de regulación de caudal.	10	
10.2	Cuenta con instrumentos de medición de presión.	5	Dañado
10.3	No presenta fugas o goteo en la carcasa de la turbina.	5	Filtraciones mínimas
10.4	Los acoplamientos mecánicos son los adecuados.	10	
10.5	No presenta fugas o goteos en los acoplamientos.	10	
10.6	Los sellos mecánicos de las chumaceras se encuentran en buen estado.	5	Filtración de grasa.
10.7	Las empaquetaduras de los acoplamientos se encuentran en buen estado.	10	
10.8	El recubrimiento de pintura en los acoplamientos se encuentra en buen estado.	5	Corrosión y desgaste
10.9	Los rodamientos de las chumaceras se encuentran en buen estado.	5	Ligero recalentamiento.
10.10	Los rodamientos están correctamente lubricados.	5	Pierde grasa por los sellos
11	Generador eléctrico	0.04	63%
11.1	Se encuentra alineado correctamente con la turbina hidráulica.	10	
11.2	La carcasa del generador se encuentra en buen estado (corrosión, fisuras)	5	Pequeñas fisuras.
11.3	Los rodamientos no presentan sobre calentamiento.	10	
11.4	Se encuentra debidamente anclado.	10	
11.5	No existe presencia de contaminantes (polvo, humedad, grasa)	5	Polvo e insectos
11.6	No presenta algún tipo de ruido en sus rodamientos.	0	
11.7	Posee guarda de seguridad el sistema de transmisión de potencia	0	
11.8	La faja esta adecuadamente tensada	10	
12	Tablero eléctrico y de control	0.02	33%
12.1	Se cuenta con medidor de frecuencia.	5	Antiguo, no calibrado
12.2	Se cuenta con medidor de potencia consumida en la red.	0	
12.3	Cuenta con diagrama unifilar.	0	
12.4	Cuenta con plano de instalación eléctrica y de control.	0	
12.5	Los interruptores funcionan adecuadamente.	10	
12.6	Cuenta con medidor de tensión y corriente.	5	Antiguo, no calibrado
13	Sistema de regulación de carga	0.01	15%
13.1	Cuenta con sistema de regulación de carga.	5	Fuera de servicio
13.2	Los sistemas de alarma funcionan correctamente.	0	
13.3	Los mecanismos de control se pueden activar de manera adecuada.	0	
13.4	El sistema de carga no presenta algún desperfecto.	0	
13.5	Los componentes se encuentran en buen estado.	0	
13.6	No existe desgaste o deterioro en sus terminales y conexiones.	0	
13.7	No existe presencia de corrosión y desgaste en sus componentes.	0	
13.8	Las resistencias se encuentran en buen estado.	0	
13.9	No existe agentes contaminantes en el emplazamiento donde se encuentra instalado	0	
13.10	El nivel de agua refrigerante es el adecuado.	10	
14	Trasformador eléctrico elevador.	0.06	79%
14.1	El transformador es el adecuado para la demanda de energía eléctrica.	10	
14.2	El transformador se encuentra debidamente aislado.	10	
14.3	Existe una verificación periódica de los puntos calientes de las conexiones.	5	No se tiene instrumentos.
14.4	Cuenta con sistema de puesta a tierra.	5	En malas condiciones
14.5	Existe una verificación periódica del nivel de aceite.	10	
14.6	La salida de los conductores es la adecuada.	5	Salida inadecuada.
14.7	Cuenta con cerco perimétrico de protección.	10	

10. Resultados de la Aplicación del Check List.

	TESIS “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	
---	--	---

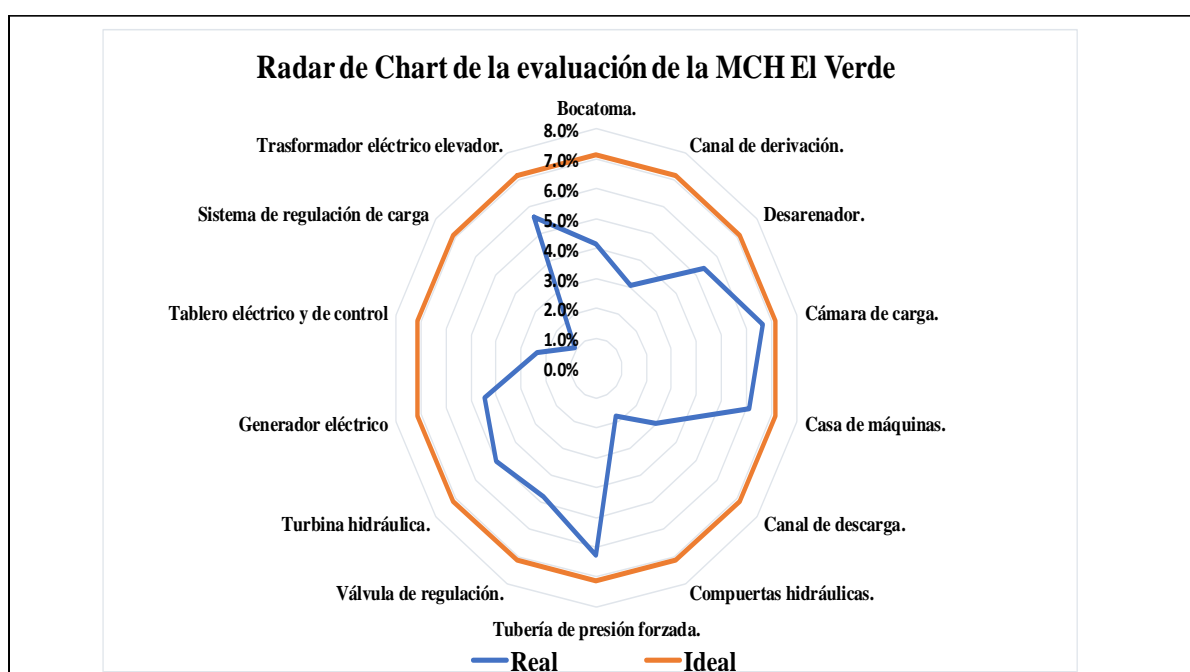
RESULTADOS DEL CHECK LIST

EMPRESA: Comité de electrificación El Verde **TIPO DE CENTRAL:** Hidroeléctrica

LUGAR	MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE	Operación (h):	24
--------------	--	-----------------------	-----------

PONDERACIÓN			ANTIGÜEDAD	24 Años
10: Cumple	5: Intermedio	0: No cumple	Ponderación	7.1%

Nº	Componente de la infraestructura	Real	Ideal	Sub. Sistemas
1	Bocatoma.	4.2%	7.14%	Obras Cíviles
2	Canal de derivación.	3.1%	7.14%	
3	Desarenador.	5.4%	7.14%	
4	Cámara de carga.	6.6%	7.14%	
5	Casa de máquinas.	6.1%	7.14%	
6	Canal de descarga.	3.0%	7.14%	
7	Compuertas hidráulicas.	1.8%	7.14%	Equipamiento Hidromecánico
8	Tubería de presión forzada.	6.3%	7.14%	
9	Válvula de regulación.	4.8%	7.14%	Equipamiento Electromecánico
10	Turbina hidráulica.	5.0%	7.14%	
11	Generador eléctrico	4.5%	7.14%	
12	Tablero eléctrico y de control	2.4%	7.14%	
13	Sistema de regulación de carga	1.1%	7.14%	
14	Trasformador eléctrico elevador.	5.6%	7.14%	
TOTALIZADOS		59.6%	100.0%	



11. Información censal de población y vivienda.

	<p style="text-align: center;">TESIS</p> <p style="text-align: center;">“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”</p>	
--	---	--

CENSOS DE POBLACIÓN Y VIVIENDA

EMPRESA: Comité de electrificación El Verde



TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

CENSO	2017	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
CÓDIGO	CENTROS POBLADOS			Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
0604	PROVINCIA CHOTA			142 984	68 227	74 757	62 009	56 040	5969
060420	DISTRITO CHALAMARCA			9 134	4 261	4 873	4 375	3 886	489
0011	EL ARENAL	Quechua	2 830	73	27	46	27	26	1
0013	EL VERDE	Quechua	2 916	235	115	120	131	97	34

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017.

<http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>

12. Proyección de Población y Vivienda Para el Año Horizonte.

	TESIS “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	
---	--	---

PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

EMPRESA: Comité de electrificación
El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

CENSO POBLACIONAL - 2017			
Centro Poblado	Región Natural	Población Censada	Viviendas Ocupadas
El Verde	Quechua	235	97
El Arenal	Quechua	73	26
El Verde + El Arenal	Quechua	308	123

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población

<http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>

Tasa de crecimiento	
Año	T.C.P i %
1940 – 1961	2.0%
1961 – 1972	1.9%
1972 – 1981	1.2%
1981 – 1993	1.7%
1993 – 2007	0.7%
2007 – 2017	-0.3%
Promedio	1.50%

Proyección de la población
$P_n = P_0(1 + i)^n$

Donde:

P_0 : Población actual inicial.

P_n : Población proyectada al año (n)

i : Tasa de crecimiento poblacional (i %)

n : Numero de años a proyectar

Numero de Viviendas	Numero de abonados domésticos
$NV_i = \frac{P_i}{IHV}$	$CE_i = \frac{NAD_i}{NV_i}$

Donde:

IHV : Índice de habitantes por vivienda

P_i : Población en el año (i)

NV_i : Numero de viviendas en el año (i)

CE_i : Coeficiente de electrificación

NAD_i : Número de abonados domesticos



Índice de habitantes por vivienda		
3	$\leq IHV \leq$	6

Índice de habitantes por vivienda 2017		
Centro Poblado El Verde	Comunidad El Arenal	$\sum P_{C+CC}$
2.423	2.808	2.504

Se usaran estos índices debido a que la población del lugar emigra a las ciudades ya sea por estudios o trabajo.

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN Y VIVIENDA										
Año	N° años n	C.P El Verde	C.C El Arenal	Σ C.P + CC POB	C.P El Verde	C.C El Arenal	Σ C.P + CC IHV	C.P El Verde	C.C El Arenal	Σ C.P + CC NV
		POB	POB	POB	IHV	IHV	IHV	NV	NV	NV
2017	0	235	73	308	2.423	2.808	2.504	97	26	123
2018	1	239	74	313	2.438	2.823	2.519	98	26	124
2019	2	242	75	317	2.453	2.838	2.534	99	27	125
2020	3	246	76	322	2.468	2.853	2.549	100	27	126
2021	4	249	77	327	2.483	2.868	2.564	100	27	127
2022	5	253	79	332	2.498	2.883	2.579	101	27	129
2023	6	257	80	337	2.513	2.898	2.594	102	28	130
2024	7	261	81	342	2.528	2.913	2.609	103	28	131
2025	8	265	82	347	2.543	2.928	2.624	104	28	132
2026	9	269	83	352	2.558	2.943	2.639	105	28	133
2027	10	273	85	357	2.573	2.958	2.654	106	29	135
2028	11	277	86	363	2.588	2.973	2.669	107	29	136
2029	12	281	87	368	2.603	2.988	2.684	108	29	137
2030	13	285	89	374	2.618	3.003	2.699	109	30	138
2031	14	289	90	379	2.633	3.018	2.714	110	30	140
2032	15	294	91	385	2.648	3.033	2.729	111	30	141
2033	16	298	93	391	2.663	3.048	2.744	112	30	142
2034	17	303	94	397	2.678	3.063	2.759	113	31	144
2035	18	307	95	403	2.693	3.078	2.774	114	31	145
2036	19	312	97	409	2.708	3.093	2.789	115	31	147
2037	20	317	98	415	2.723	3.108	2.804	116	32	148
2038	21	321	100	421	2.738	3.123	2.819	117	32	149
2039	22	326	101	427	2.753	3.138	2.834	118	32	151
2040	23	331	103	434	2.768	3.153	2.849	120	33	152

13. Cálculo de Alumbrado Público para el Centro Poblado El Verde.

	TESIS EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE	
---	--	---

CALCULO DE ALUMBRADO PUBLICO

EMPRESA: Comité de electrificación El Verde **TIPO DE CENTRAL:** Hidroeléctrica

SEGÚN LA RD N° 017-2003-EM/DGE

Norma DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Áreas Rurales 2011”.

1.- CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE ALUMBRADO PUBLICO DE VIAS PUBLICAS

La cantidad de puntos de iluminación en una localidad se debe determinar con el procedimiento mostrado a continuación:

1.1.- Se determina un consumo de energía mensual por alumbrado publico de acuerdo a la siguiente formula.

$$CMAP = KALP * NU$$

Donde:

CMAP: Consumo mensual de alubrado publico en KWH
 KALP: Factor de AP en KWH/usuario -mes
 NU: Numero de usuarios
 KALP=6,3 (Sector Típico 5)

FACTORES KALP NUEVA NORMA EL PERUANO 05/02/2009
 RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 074-2009-MEM/DM

Factor KALP para el Sector Típico 2: KALP = 11
Factor KALP para el Sector Típico 3: KALP = 11
Factor KALP para el Sector Típico 4: KALP = 7.4
Factor KALP para el Sector Típico 5 : KALP = 6.3
Factor KALP para el Sector Especial : KALP = 4.7

1.2.- Para calcular el numero de puntos de iluminación se debe considerar una potencia promedio de lampara de alumbrado publico y el numero de horas de servicio mensuales de alumbrado publico (NHMAP). Se aplica la siguiente formula.

$$PI = \frac{(CMAP * 1000)}{(NHMAP * PPL)}$$

Donde:



PI: Puntos de iluminación
 CMAP: Consumo mensual de alumbrado publico en kwh/mes.
 NHMAP: Numero de horas mensuales del servicio alumbrado publico en KWh.
 PPL: Potencia nominal promedio de la lampara de alumbrado publico en watt.

Localidad: CENTRO POBLADO EL VERDE

Numero de Usuarios:	120	KALP:	6.3
CMAP (KWh):	753.4	NHMAP:	360
PPL (W):	60	PI:	34

Por lo tanto de utilizaran 34 lámparas de 60W

14. Cálculo de Alumbrado Público para la Comunidad El Arenal.

	TESIS “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	
---	--	---

CALCULO DE ALUMBRADO PUBLICO

EMPRESA: Comité de electrificación El Verde **TIPO DE CENTRAL:** Hidroeléctrica

SEGÚN LA RD N° 017-2003-EM/DGE
 Norma DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Áreas Rurales 2011”.

1.- CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE ALUMBRADO PUBLICO DE VIAS PUBLICAS

La cantidad de puntos de iluminación en una localidad se debe determinar con el procedimiento mostrado a continuación:

1.1.- Se determina un consumo de energía mensual por alumbrado publico de acuerdo a la siguiente formula.

$$CMAP = KALP * NU$$

Donde:

CMAP: Consumo mensual de alumbrado publico en KWH
 KALP: Factor de AP en KWH/usuario -mes
 NU: Numero de usuarios
 KALP=6,3 (Sector Típico 5)

FACTORES KALP NUEVA NORMA EL PERUANO 05/02/2009
 RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 074-2009-MEM/DM

Factor KALP para el Sector Típico 2: KALP = 11
Factor KALP para el Sector Típico 3: KALP = 11
Factor KALP para el Sector Típico 4: KALP = 7.4
Factor KALP para el Sector Típico 5 : KALP = 6.3
Factor KALP para el Sector Especial : KALP = 4.7

1.2.- Para calcular el numero de puntos de iluminación se debe considerar una potencia promedio de lampara de alumbrado publico y el numero de horas de servicio mensuales de alumbrado publico (NHMAP). Se aplica la siguiente formula.

$$PI = \frac{(CMAP * 1000)}{(NHMAP * PPL)}$$

Donde:



PI: Puntos de iluminación
 CMAP: Consumo mensual de alumbrado publico en kwh/mes.
 NHMAP: Numero de horas mensuales del servicio alumbrado publico en KWh.
 PPL: Potencia nominal promedio de la lampara de alumbrado publico en watt.

Localidad: COMUNIDAD EL ARENAL

Numero de Usuarios:	33	KALP:	3.3
CMAP (KWh):	107.6	NHMAP:	360
PPL (W):	60	PI:	4

Por lo tanto de utilizaran 4 lámparas de 60W

15. Cálculo de la Demanda de Energía Por Tipo de Abonado.

	TESIS “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	
---	--	---



Demanda de Energía por Tipo de Vivienda

EMPRESA: Comité de electrificación El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

Abonado domestico tipo I													
Descripción de la Carga			Nº de Cargas	Potencia nominal (W)	$\sum P_n (W)$	Factor de Potencia. (Cosφ)	Voltaje Nominal del sistema (V)	Intensidad (A)	Factor de simultaneidad (Fs)	Factor de utilización (Fu)	Horas de uso horas/día	Potencia demandada (Pd)	Consumo de Energía mensual (kW-h)
Circuito	Estancia	Equipo											
Iluminación	Sala	Lampara LED	2	15	30	0.90	220	0.15	0.75	0.50	4.0	0.011	1.350
	Comedor	Lampara LED	2	12	24	0.90	220	0.12	0.75	0.50	2.0	0.009	0.540
	Cocina	Lampara LED	1	12	12	0.90	220	0.06	0.75	0.50	3.0	0.005	0.405
	Hall	Lampara LED	4	12	48	0.90	220	0.24	0.75	0.50	3.0	0.018	1.620
	SSHH	Lampara LED	1	10	10	0.90	220	0.05	0.75	0.50	1.0	0.004	0.113
	Dormitorios	Lampara LED	3	15	45	0.90	220	0.23	0.75	0.50	2.3	0.017	1.164
	Lavandería	Lampara LED	1	15	15	0.90	220	0.08	0.75	0.50	0.5	0.006	0.084
Toma corrientes	Cocina	Refrigeradora	1	200	200	0.85	220	1.07	0.70	0.50	2.5	0.070	5.250
		Horno. Micro.	1	1800	1800	0.80	220	10.23	0.50	0.06	0.3	0.050	0.446
	Lavandería	Lavadora	1	400	400	0.95	220	1.91	0.66	0.75	0.8	0.198	4.752
	SSHH	Ducha Elec.	1	4000	4000	1.00	220	18.18	0.40	0.06	0.5	0.088	1.320
	Sala	TV	1	60	60	0.85	220	0.32	0.20	0.25	4.0	0.003	0.360
		DVD	1	30	30	0.85	220	0.16	0.20	0.25	2.0	0.002	0.090
		Eq. de sonido	1	150	150	0.85	220	0.80	0.20	0.25	3.0	0.008	0.675
	Tomacorriente de uso general.			8	180	1440	0.85	220	7.70	0.20	0.25	3.0	0.072
Totales												0.559 KW	25 KWh

Abonado doméstico tipo II													
Descripción de la Carga			Nº de Cargas	Potencia nominal (W)	$\sum P_n (W)$	Factor de Potencia. (Cosφ)	Voltaje Nominal del sistema (V)	Intensidad (A)	Factor de simultaneidad (Fs)	Factor de utilización (Fu)	Horas de uso horas/día	Potencia demandada (Pd)	Consumo de Energía mensual (W-h)
Circuito	Estancia	Equipo											
Iluminación	Comedor	Lampara LED	2	15	30	0.90	220	0.15	0.75	0.50	2.0	0.011	0.675
	Cocina	Lampara LED	1	15	15	0.90	220	0.08	0.75	0.50	4.0	0.006	0.675
	Exterior	Lampara LED	4	12	48	0.90	220	0.24	0.75	0.50	3.0	0.018	1.620
	SSHH	Lampara LED	1	15	15	0.90	220	0.08	0.75	0.50	1.0	0.006	0.169
	Dormitorios	Lampara LED	2	20	40	0.90	220	0.20	0.75	0.50	2.0	0.015	0.900
	Lavandería	Lampara LED	1	15	15	0.90	220	0.08	0.75	0.50	0.8	0.006	0.135
Toma corrientes	Cocina	Refrigeradora	1	200	200	0.85	220	1.07	0.70	0.50	2.5	0.070	5.250
	Lavandería	Lavadora	1	400	400	0.95	220	1.91	0.40	0.75	0.8	0.120	2.700
	SSHH	Ducha Elec.	1	4000	4000	1.00	220	18.18	0.06	0.50	0.5	0.110	1.650
	Sala	TV	1	60	60	0.85	220	0.32	0.20	0.25	4.0	0.003	0.360
		Eq. de sonido	1	50	50	0.85	220	0.27	0.20	0.25	2.0	0.003	0.150
	T. Uso general.		5	180	900	0.85	220	4.81	0.20	0.25	1.0	0.045	1.350
	Totales											0.412 KW	16 KWh

	TESIS “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	
---	--	---

Demanda de Energía por Tipo de Vivienda



EMPRESA: Comité de electrificación El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

Descripción de la Carga		Nº de Cargas	Potencia nominal (W)	Abonado tipo comercial								
				$\sum P_n(W)$	Factor de Potencia. (Cosφ)	Voltaje Nominal del sistema (V)	Intensidad (A)	Factor de simultaneidad (Fs)	Factor de utilización (Fu)	Horas de uso horas/día	Potencia demandada (Pd)	Consumo de Energía mensual (kW-h)
Circuito	Equipo											
Iluminación	Lampara convencional LED	12	21	252	0.90	220	1.27	0.75	0.50	4.0	0.095	11.34
	Lampara fluorescente LED	4	25	100	0.90	220	0.51	0.75	0.50	2.0	0.038	2.25
	Lampara microico LED	5	15	75	0.90	220	0.38	0.75	0.50	5.0	0.028	4.21875
Toma corrientes	Refrigeradora	1	350	350	0.85	220	1.87	0.50	0.50	3.0	0.088	7.875
	Lavandería Lavadora	1	400	400	0.95	220	1.91	0.66	0.40	0.8	0.106	2.376
	SSHH Ducha Elec.	1	4000	4000	1.00	220	18.18	0.40	0.06	0.7	0.088	1.9536
	T. Uso General	10	180	1800	0.80	220	10.23	0.20	0.25	0.3	0.090	0.81
	Televisor a colores	1	300	300	0.85	220	1.60	0.20	0.25	5.0	0.015	2.25
Totales											0.546 KW	33 KWh

Abonado sistema de bombeo												
Descripción de la Carga		Nº de Cargas	Potencia nominal (HP)	Potencia Unitaria (W)	Intensidad (A)	Voltaje Nominal del sistema (V)	Factor de Potencia. (Cosφ)	Factor de simultaneidad (Fs)	Factor de utilización (Fu)	Horas de uso horas/día	Potencia demandada (Pd)	Consumo de Energía mensual (kW-h)
Sistema de bombeo particular 1		3	2	1492	4	380	0.89	0.89	0.9	8	3.191	765.81
Sistema de bombeo particular 2		2	3	2238	6	380	0.88	0.89	0.9	8	3.155	757.21
Sistema de bombeo particular 3		1	4	2984	8	380	0.87	0.89	0.9	8	2.079	499.07
Totales											8 KW	2022 KWh

16. Cálculo de Potencia y Energía Demandada por las Localidades.

	<p style="text-align: center;">TESIS</p> <p style="text-align: center;">“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”</p>	
---	---	---

CALCULO DEL CONSUMO DE ENERGÍA

EMPRESA: Comité de electrificación El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

Análisis de Demanda de Potencia Eléctrica en Cada Caso

Población beneficiada proyectada al 2040			Numero de viviendas proyectada al 2040		
El Verde	El Arenal	Σ C.P + CC	El Verde	El Arenal	Σ C.P + CC
331	103	434	120	33	152
Puntos de iluminación publica			Potencia eléctrica unitaria demandada por tipo de usuario (KW)		
El Verde	El Arenal	Σ C.P + CC	Vivienda Urb.	Vivienda Rur.	Vivienda Com. Sist. Bomb.
34	4	38	0.559	0.412	0.546 8.425

Consumo de alumbrado Publico (KWh)			Puntos de Iluminación		
El Verde	El Arenal	Σ C.P + CC	El verde	El arenal	Σ C.P + CC
753.4	107.6	861.0	34	4	38

Proyección de la Potencia que será necesario suministrar al 2040										
Descripción de la Carga	Localidad			Tensión (V)	Potencia eléctrica unitaria	Capacidad total requerida en cada caso (KW)			Consumo de energia Anual Σ C.P + CC	
	El Verde Nº de Cargas	El Arenal Nº de Cargas	Σ C.P + CC Nº de Cargas			El Verde	El Arenal	Σ C.P + CC	Mensual (kW-h)	Anual (kW-h)
Viviendas Urbanas	71	0	71	220	0.559	40	0	40	24.65	21001
Viviendas Rurales	33	32	65	220	0.412	14	13	27	33.07	25797
Viviendas Comerciales	8	0	8	220	0.546	4	0	4	33.07	3175
Cargas Especiales	5	1	6	220	0.600	3	1	4	36.00	2592
Alumbrado Publico	34	4	38	220	0.060	2	0	2	21.60	9850
Sistema de bombeo particular 1	0	3	3	380	3.191	0	10	10	765.81	27569
Sistema de bombeo particular 2	0	2	2	380	3.155	0	6	6	757.21	18173
Sistema de bombeo particular 3	0	1	1	380	2.079	0	2	2	499.07	5989
Totalizados	151	43	194	220	11	63	32	95	2170	114146

Capacidad total requerida en cada caso (KW)		
El Verde	El Arenal	Σ C.P + CC
63 kW	32 kW	95 kW
Maxima demanda		
$MD = PI * f_s$	MD	Maxima demanda
	PI	Potencia Instalada
	Fs	Factor de simultaneidad (0.84)
53 kW	27 kW	79.5 kW

17. Resultados de Aforos Realizado Aguas Arriba de la Bocatoma.

TESIS		
	“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	

CALCULO DEL CAUDAL DEL APROVECHABLE DEL RIO OJO DE AGUA

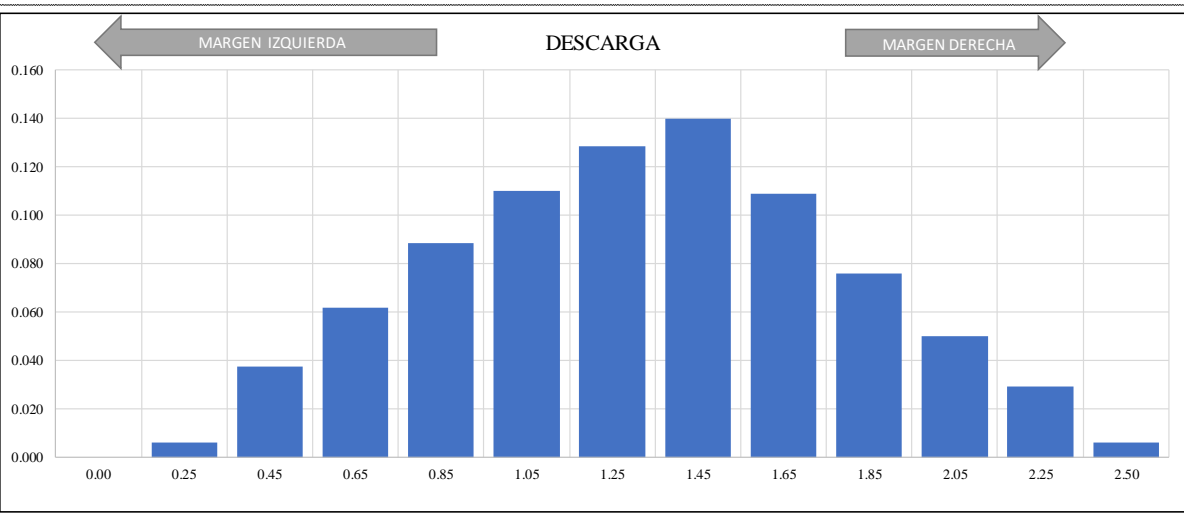
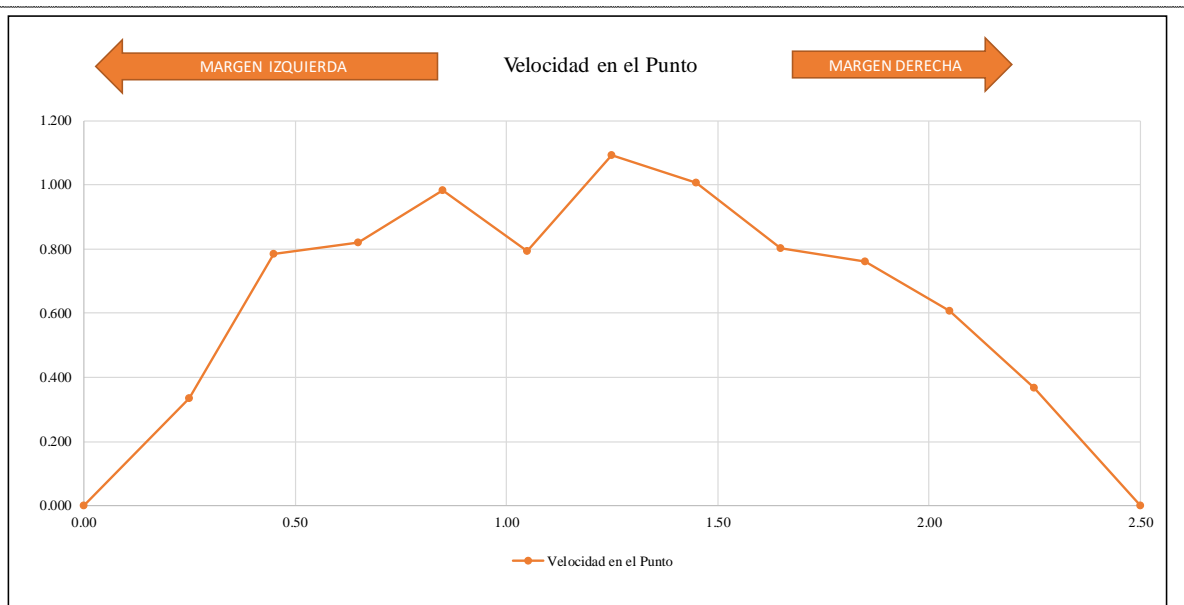
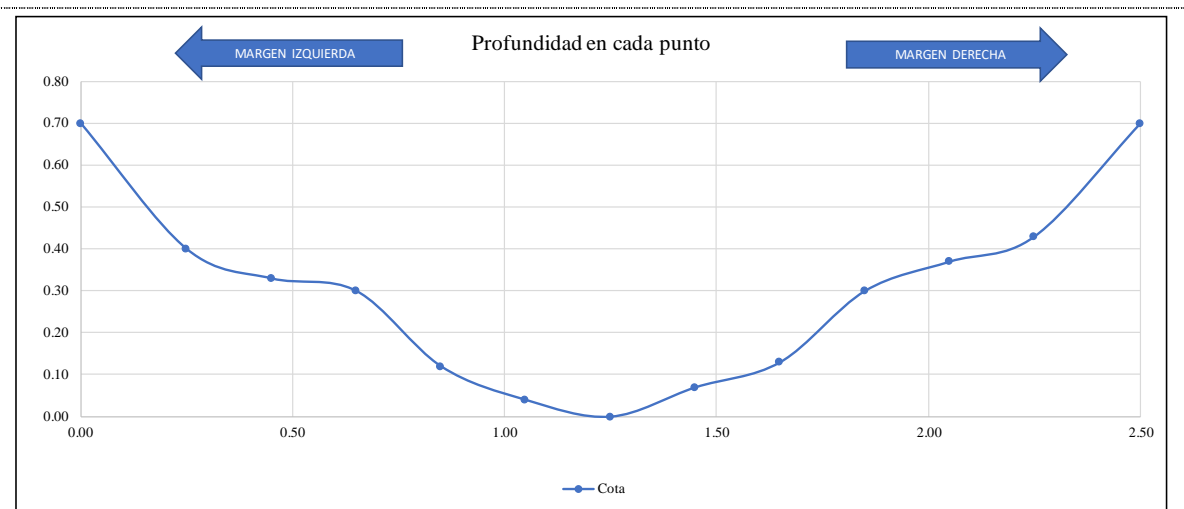
EMPRESA: Comité de electrificación
El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

Medición de caudal por vadeo con molinete

Rio: Aguas arriba de la bocatoma Parámetros de cálculo Prof. Med. 0.70 m.
 Correntómetro: OTT-C31 / Z400 1-355325 1 Fecha de Aforo. Sección del. 2.5 m.
 Tipo de soporte: Varilla Tipo: 0.4*h lunes, 18 de Marzo de 2019 Margen Inicial: Derecha

DATOS DE CAMPO								CÁLCULOS				
SONDEOS			CORRENTÓMETRO			VELOCIDAD DE SECCIÓN			SECCIÓN			
Dist. Punto Inicial	Profundidad	Cota	Prof. De Observación	Tiempo en Seg.	N° de Revolucion.	Revoluc. por Seg.	Velocidad en el Punto	Velocidad Media	Profund. Media	Anchura	Área	Descarga
0.00	0.00	0.70	Superficial	30	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.25	0.30	0.40	0.12	30	36	1.200	0.335	0.167	0.150	0.25	0.038	0.006
0.45	0.37	0.33	0.15	30	89	2.967	0.786	0.560	0.335	0.20	0.067	0.038
0.65	0.40	0.30	0.16	30	93	3.100	0.820	0.803	0.385	0.20	0.077	0.062
0.85	0.58	0.12	0.23	30	112	3.733	0.982	0.901	0.490	0.20	0.098	0.088
1.05	0.66	0.04	0.26	30	90	3.000	0.795	0.888	0.620	0.20	0.124	0.110
1.25	0.70	0.00	0.28	30	125	4.167	1.093	0.944	0.680	0.20	0.136	0.128
1.45	0.63	0.07	0.25	30	115	3.833	1.008	1.050	0.665	0.20	0.133	0.140
1.65	0.57	0.13	0.23	30	91	3.033	0.803	0.905	0.600	0.20	0.120	0.109
1.85	0.40	0.30	0.16	30	86	2.867	0.761	0.782	0.485	0.20	0.097	0.076
2.05	0.33	0.37	0.13	30	68	2.267	0.607	0.684	0.365	0.20	0.073	0.050
2.25	0.27	0.43	0.11	30	40	1.333	0.369	0.488	0.300	0.20	0.060	0.029
2.50	0.00	0.70	Superficial	30	0	0.000	0.000	0.184	0.135	0.25	0.034	0.006
ÁREA TOTAL:			1.06	m²	VELOCIDAD MEDIA:		0.80	m/seg	DESCARGA TOTAL:		0.842	m³/seg



TESIS		
	“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	

CALCULO DEL CAUDAL DEL APROVECHABLE DEL RIO OJO DE AGUA

EMPRESA: Comité de electrificación
El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

Medicion de caudal por vadeo con molinete

Rio: Aguas arriba de la bocatoma

Correntometro: OTT-C31 / Z400

Tipo de soporte: Varilla

Parametros de calculo

1-355325 1
Tipo: 0.4*h

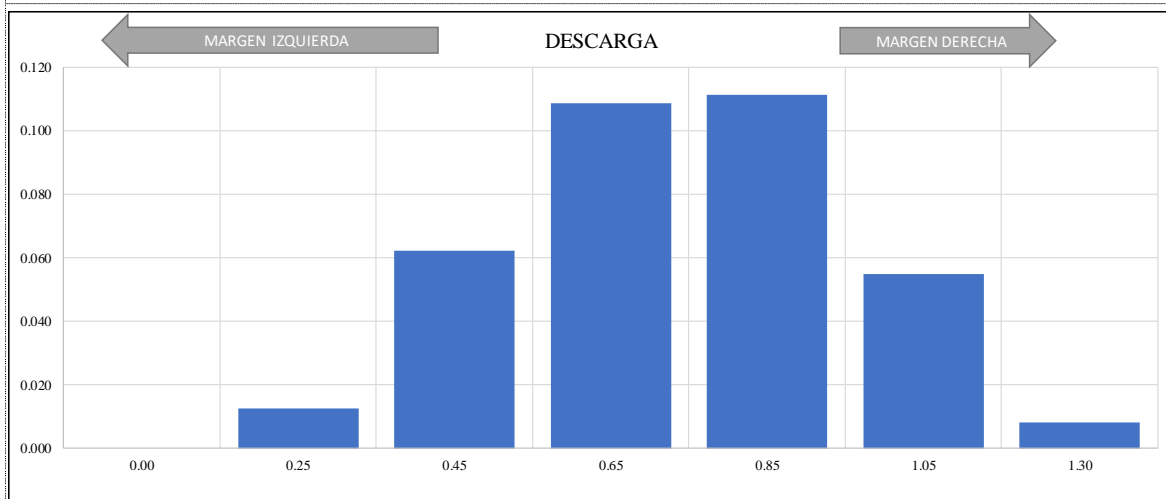
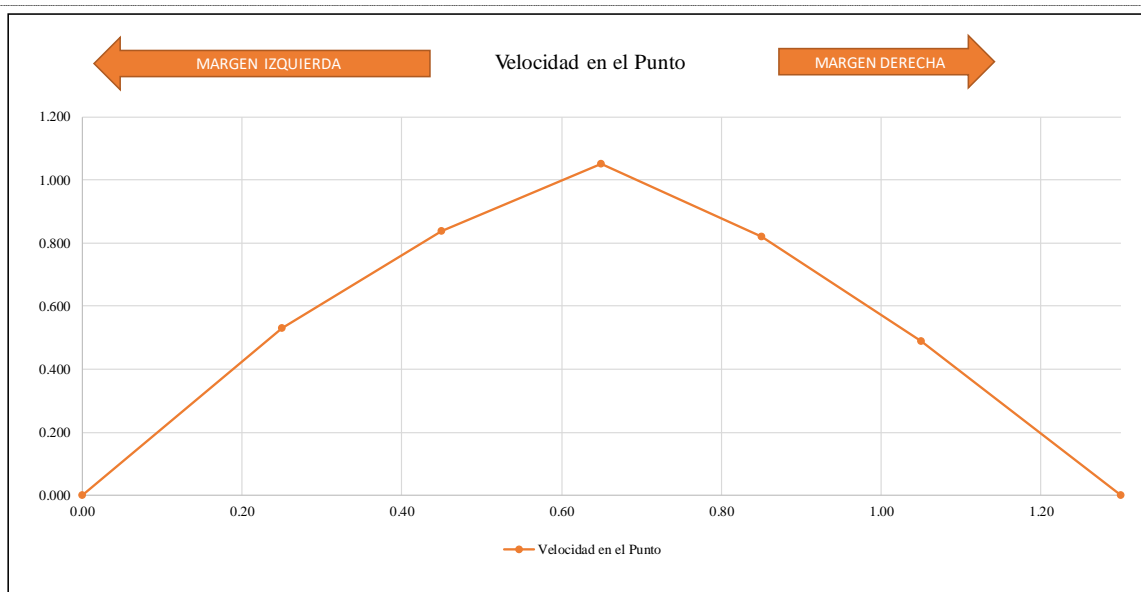
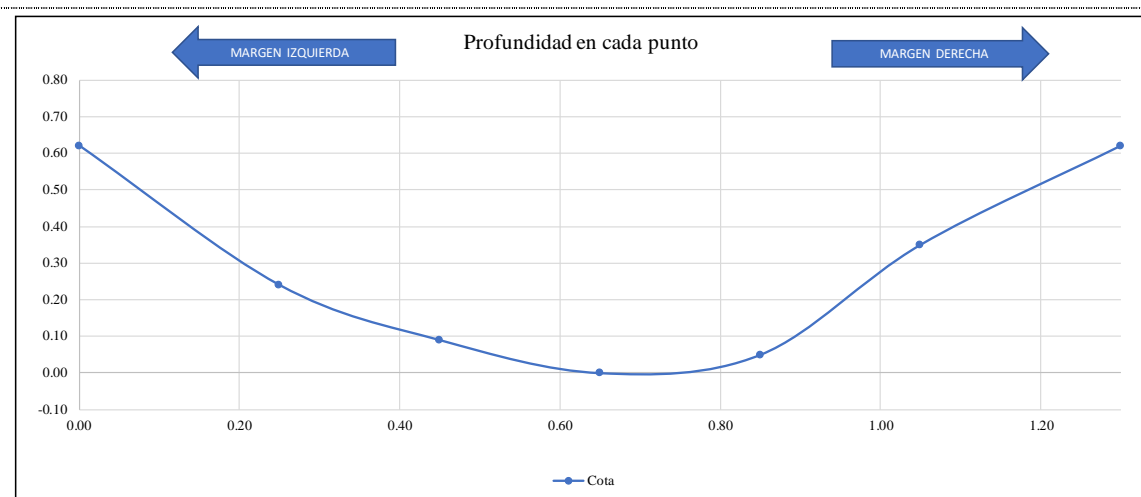
Fecha de Aforo.
jueves, 27 de Junio de 2019

Prof. Med. 0.62 m.

Seccion del. 1.30 m.

Margen Inicial: Derecha

DATOS DE CAMPO								CALCULOS				
SONDEOS			CORRENTOMETRO			VELOCIDAD DE SECCION		SECCION				
Dist. Punto Inicial	Profundidad	Cota	Prof. De Observacion	Tiempo en Seg.	N° de Revolucion.	Revoluc. por Seg.	Velocidad en el Punto	Velocidad Media	Profund. Media	Anchura	Area	Descarga
0.00	0.00	0.62	Superficial	30	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.25	0.38	0.24	0.15	30	59	1.967	0.530	0.265	0.190	0.25	0.048	0.013
0.45	0.53	0.09	0.21	30	95	3.167	0.837	0.684	0.455	0.20	0.091	0.062
0.65	0.62	0.00	0.25	30	120	4.000	1.050	0.944	0.575	0.20	0.115	0.109
0.85	0.57	0.05	0.23	30	93	3.100	0.820	0.935	0.595	0.20	0.119	0.111
1.05	0.27	0.35	0.11	30	54	1.800	0.488	0.654	0.420	0.20	0.084	0.055
1.30	0.00	0.62	Superficial	30	0	0.000	0.000	0.244	0.135	0.25	0.034	0.008
AREA TOTAL:			0.49	m²	VELOCIDAD MEDIA:		0.73	m/seg	DESCARGA TOTAL:		0.358	m³/seg



TESIS		
	“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	

Afoto de caudal de agua en el río Ojo de Agua - El verde

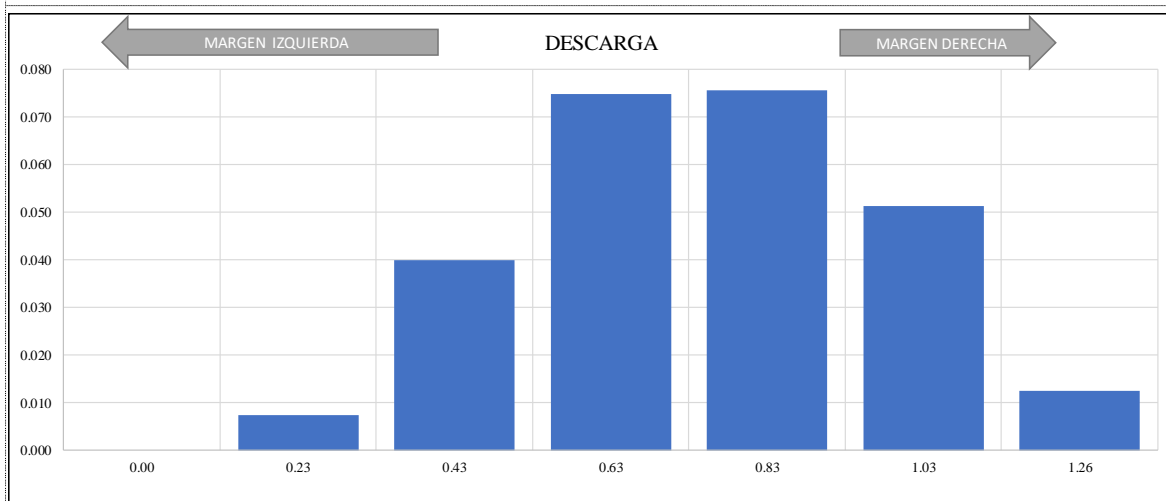
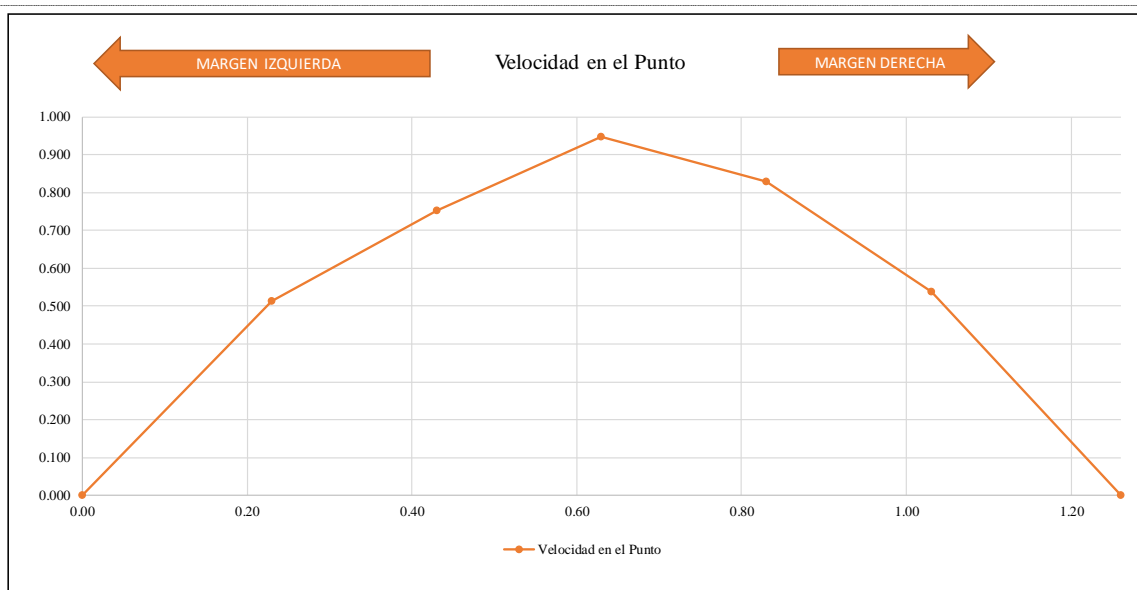
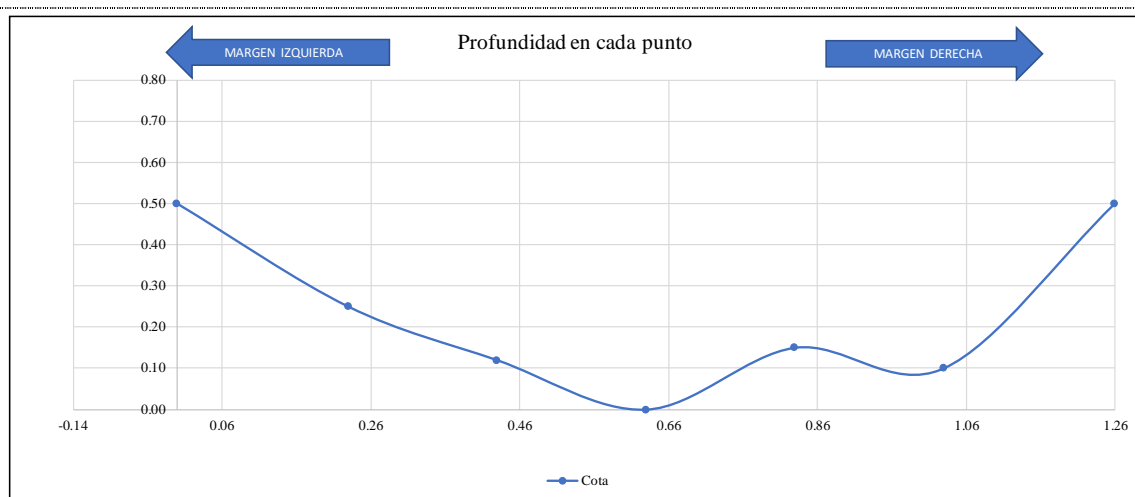
EMPRESA: Comité de electrificación
El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

Medicion de caudal por vadeo con molinete
--

Rio: Aguas arriba de la bocatoma	Parametros de calaculo	Prof. Med. 0.50 m.
Correntometro: OTT-C31 / Z400	1-355325 <input type="text"/> 1	Seccion del. 1.26 m.
Tipo de soporte: Varilla	Tipo: 0.4*h	Margen Inicial: Derecha
	Fecha de Aforo. domingo, 15 de Setiembre de 2019	

DATOS DE CAMPO								CALCULOS				
SONDEOS			CORRENTOMETRO			VELOCIDAD DE SECCION		SECCION				
Dist. Punto Inicial	Profundidad	Cota	Prof. De Observacion	Tiempo en Seg.	N° de Revolucion.	Revoluc. por Seg.	Velocidad en el Punto	Velocidad Media	Profund. Media	Anchura	Area	Descarga
0.00	0.00	0.50	Superficial	30	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.23	0.25	0.25	0.10	30	80	2.667	0.709	0.355	0.125	0.23	0.029	0.010
0.43	0.38	0.12	0.15	30	105	3.500	0.922	0.816	0.315	0.20	0.063	0.051
0.63	0.50	0.00	0.20	30	120	4.000	1.050	0.986	0.440	0.20	0.088	0.087
0.83	0.35	0.15	0.14	30	115	3.833	1.008	1.029	0.425	0.20	0.085	0.087
1.03	0.40	0.10	0.16	30	60	2.000	0.539	0.773	0.375	0.20	0.075	0.058
1.26	0.00	0.50	Superficial	30	0	0.000	0.000	0.270	0.200	0.23	0.046	0.012
AREA TOTAL:			0.39	m²	VELOCIDAD MEDIA:		0.79	m/seg	DESCARGA TOTAL:		0.306	m³/seg



TESIS		
	“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	

CALCULO DEL CAUDAL DEL APROVECHABLE DEL RIO OJO DE AGUA

EMPRESA: Comité de electrificación
El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

Medicion de caudal por vadeo con molinete

Rio: Aguas arriba de la bocatoma

Correntometro: OTT-C31 / Z400

Tipo de soporte: Varilla

Parametros de calaculo

1-355325
Tipo: 0.4*h

Fecha de Aforo.

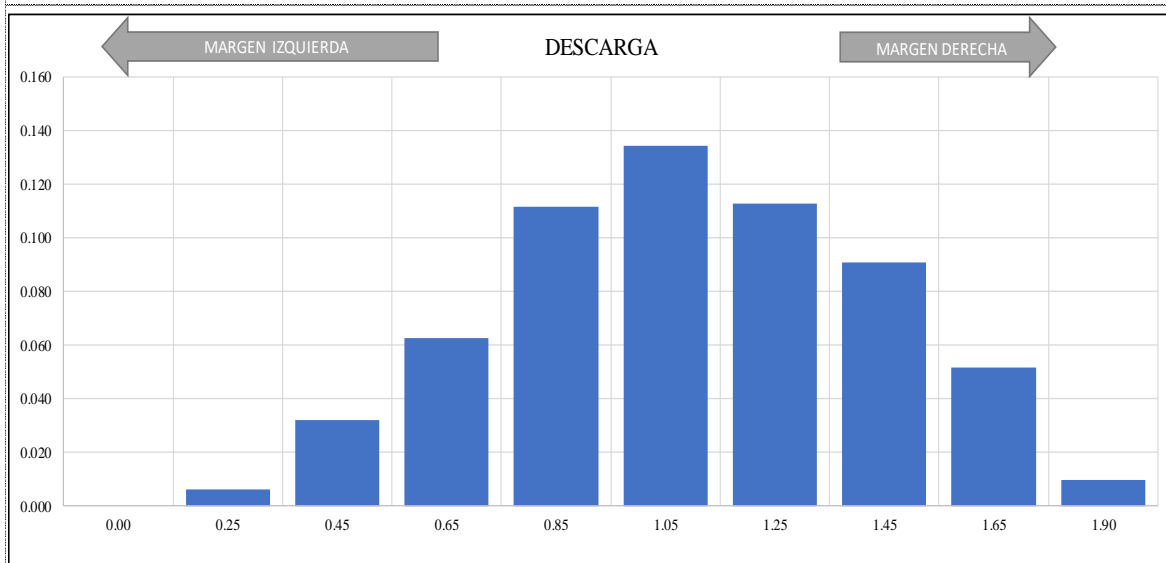
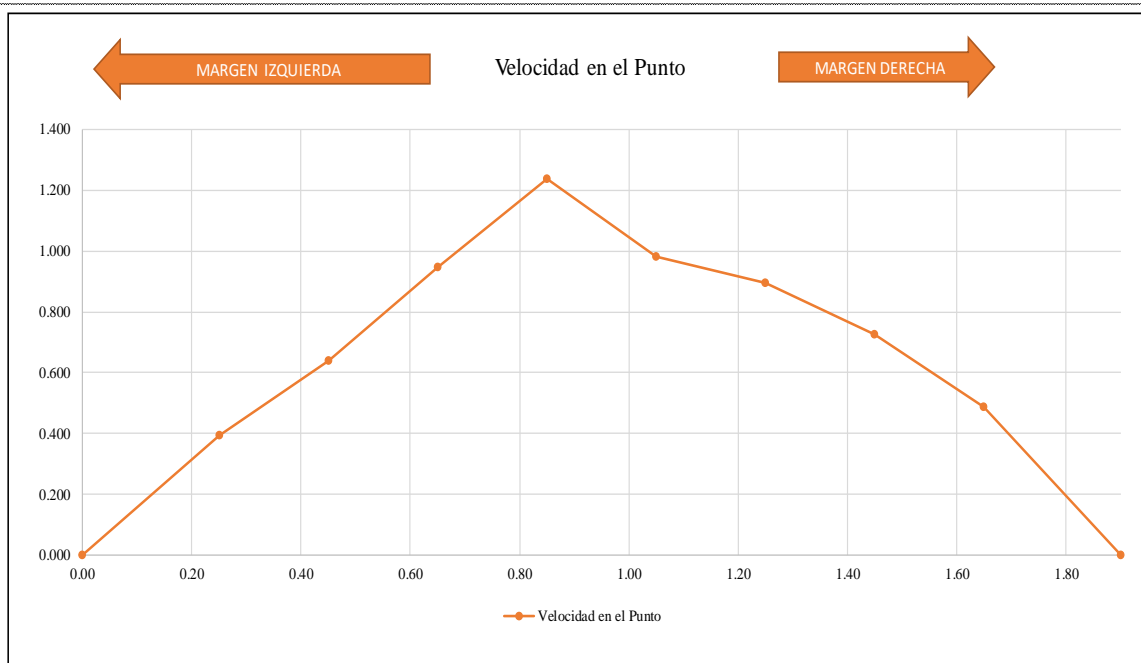
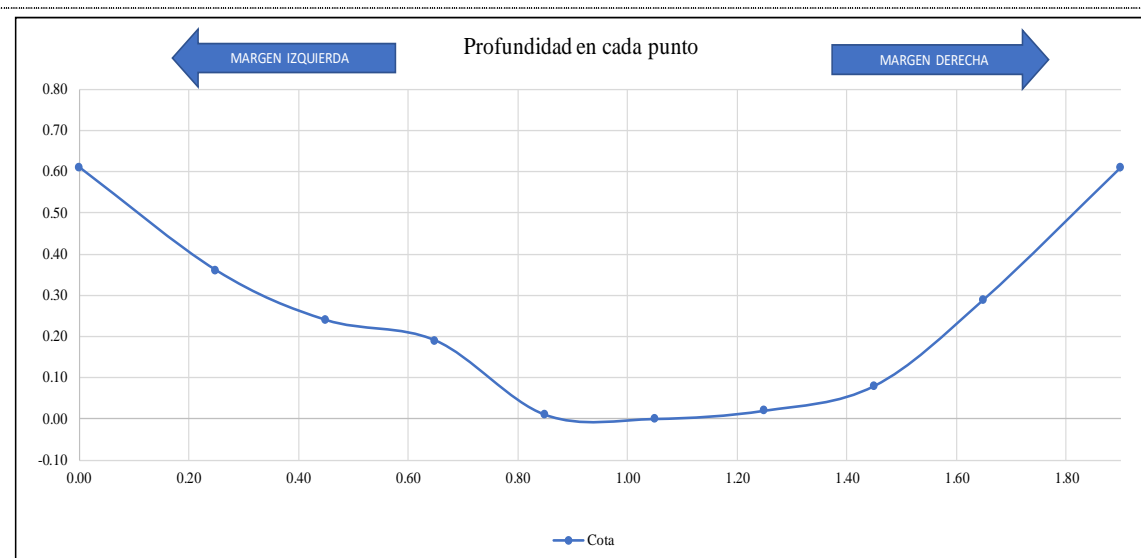
jueves, 28 de Noviembre de 2019

Prof. Med. 0.61 m.



Seccion del. 1.9 m.

Margen Inicial: Derecha

DATOS DE CAMPO								CALCULOS				
SONDEOS			CORRENTOMETRO			VELOCIDAD DE SECCION			SECCION			
Dist. Punto Inicial	Profundidad	Cota	Prof. De Observacion	Tiempo en Seg.	N° de Revolucion.	Revoluc. por Seg.	Velocidad en el Punto	Velocidad Media	Profund. Media	Anchura	Area	Descarga
0.00	0.00	0.61	Superficial	30	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.25	0.25	0.36	0.10	30	43	1.433	0.394	0.197	0.125	0.25	0.031	0.006
0.45	0.37	0.24	0.15	30	72	2.400	0.641	0.518	0.310	0.20	0.062	0.032
0.65	0.42	0.19	0.17	30	108	3.600	0.948	0.795	0.395	0.20	0.079	0.063
0.85	0.60	0.01	0.24	30	142	4.733	1.238	1.093	0.510	0.20	0.102	0.111
1.05	0.61	0.00	0.24	30	112	3.733	0.982	1.110	0.605	0.20	0.121	0.134
1.25	0.59	0.02	0.24	30	102	3.400	0.897	0.939	0.600	0.20	0.120	0.113
1.45	0.53	0.08	0.21	30	82	2.733	0.726	0.812	0.560	0.20	0.112	0.091
1.65	0.32	0.29	0.13	30	54	1.800	0.488	0.607	0.425	0.20	0.085	0.052
1.90	0.00	0.61	Superficial	30	0	0.000	0.000	0.244	0.160	0.25	0.040	0.010
AREA TOTAL:			0.75	m²	VELOCIDAD MEDIA:		0.81	m/seg	DESCARGA TOTAL:		0.612	m³/seg



18. Determinación del Caudal de Diseño y Potencia Efectiva de la MCH.

	TESIS “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	
---	--	---

EVALUACIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA GENERADA

EMPRESA: Comité de electrificación El Verde TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

Determinación caudal y salto aprovechable

Caudales medidos mediante aforo con correntómetro

Fecha de medición	Método de medición	Punto de medición de caudal	Velocidad m/s	Caudal m³/s
lunes, 18 de Marzo de 2019	Medición de caudal por vadeo con molinete	Aguas arriba de la bocatoma	0.80	0.842
jueves, 27 de Junio de 2019	Medición de caudal por vadeo con molinete	Aguas arriba de la bocatoma	0.73	0.358
domingo, 15 de Setiembre de 2019	Medición de caudal por vadeo con molinete	Aguas arriba de la bocatoma	0.79	0.306
jueves, 28 de Noviembre de 2019	Medición de caudal por vadeo con molinete	Aguas arriba de la bocatoma	0.81	0.612

Determinación del caudal mediante el método racional.

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

Q Caudal máximo m³/s
C Coeficiente de escorrentía 0.5 Montaña con pendiente del 10-30%
i Índice de lluvia en mm/h
A Área de la cuenca Ha

Fecha de medición	Método de medición	Punto de medición de caudal	Índice de lluvia	Caudal m³/s
20 de marzo	Método racional	Microcuenca Ojo de agua	54.00	7.005
21 de mayo	Método racional	Microcuenca Ojo de agua	13.00	1.686
21 de julio	Método racional	Microcuenca Ojo de agua	1.00	0.130
17 de septiembre	Método racional	Microcuenca Ojo de agua	13.00	1.686
2 de noviembre	Método racional	Microcuenca Ojo de agua	35.00	4.540

Caudal Promedio Disponible para ser Aprovechar por la MCH

Asociado (m³/s)	Medición por Vadeo (m³/s)	Metod. Racional
0.230	0.306	3.010

Comparativo de Caudales de diseño determinados		Formulas
Caudal de diseño por medio de mediciones por vadeo in situ m³/s	0.477	$Q_d = Q_m - (0.1 \times Q_m)$
Caudal de diseño por calculo de caudal con método racional m³/s	0.509	$Q_d = Q_m - (0.1 \times Q_m) - Q_{riego}$
Caudal asociado a la minicentral hidroeléctrica El Verde m³/s	0.230	
Caudal que puede transportar la tubería de la MCH El Verde	0.300	

Descripción de las estructuras a distinto nivel	Cota de elevación	Unidades
Bocatoma de agua de la minicentral hidroeléctrica el verde	2794	m.s.n.m
Cámara de carga de la minicentral hidroeléctrica el verde.	2790	m.s.n.m
Casa de maquinas de la minicentral hidroeléctrica el verde.	2733	m.s.n.m

Salto Aprovechable

Salto bruto (Hb)	Salto útil (Hu)	Fact. Perd.	Perdidas de	Salto neto (Hn)
61	57	5% - 10%	3.1	54

Cálculo de la Potencia Hidráulica y Potencia Efectiva de la Minicentral Hidroeléctrica en Cada Caso

Potencia hidráulica teorica			
$P_T = \rho * g * Q * H$	ρ	Densidad del agua (kg/m³)	1000
	g	Aceleración de la gravedad (m/s²)	9.806
	Q	Caudal disponible de agua (m³/s)	0.230 - 0.300
	Hn	Salto neto existente (m)	54
Potencia hidráulica teorica disponible con caudal asociado (kW)		121.68 kW	
Potencia hidráulica teorica capaz de transportar la tubería (kW)		158.71 kW	

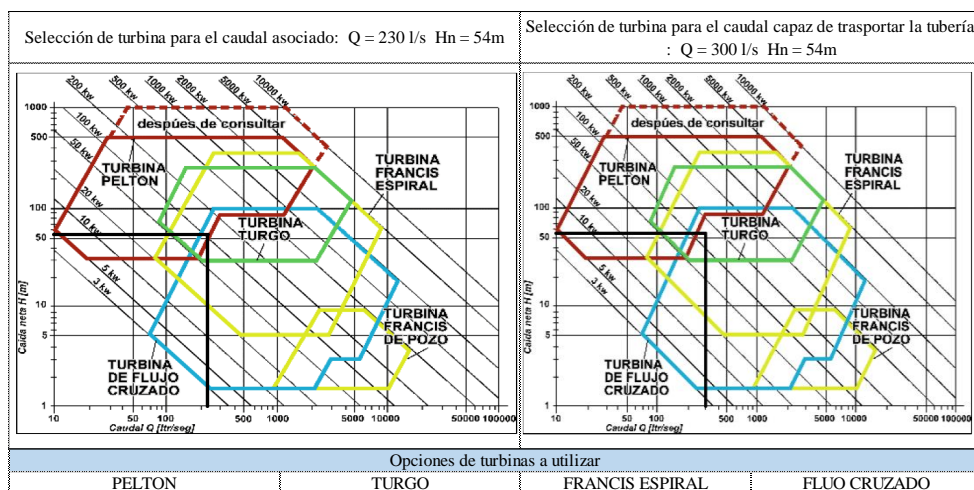
19. Selección del tipo de turbina y potencia generada según caso de estudio.

	TESIS	
“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”		

EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA GENERADA

EMPRESA: Comité de electrificación El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica



Potencia en el eje de la turbina	
Potencia efectiva - caudal asociado	105.86 KW
Potencia efectiva - caudal que soporta la tubería	138.08 KW

Potencia Eléctrica Efectiva
$P_e = \rho \times g \times \eta_{\text{Turbina}} \times \eta_{\text{Generador}} \times \eta_{\text{Transmisión}} \times Q \times H$

Donde:		Factores Utilizados
P_e	Potencia efectiva (KW)	
ρ	Densidad del agua (kg/m^3)	1000
g	Aceleración de la gravedad (m/s^2)	9.806
η_{Turbina}	Eficiencia de la turbina hidráulica	0.87
$\eta_{\text{Generador}}$	Eficiencia del generador eléctrico	0.97
$\eta_{\text{Transmisión}}$	Eficiencia del sistema de transmisión	0.85
Q	Caudal disponible de agua (m^3/s)	
H_n	Salto neto existente (m)	54

Potencia efectiva calculada para cada caso	
Potencia efectiva - caudal asociado	114.09 KW
Potencia efectiva - caudal que soporta la tubería	148.82 KW

Potencia efectiva calculada para cada caso	
Potencia efectiva - caudal asociado	82 KW
Potencia efectiva - caudal que soporta la tubería	107 KW

20. Cálculos de Conductores eléctricos y Tabla de Costos ml por sección.

	TESIS “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	
---	--	---

EMPRESA: Comité de electrificación El Verde

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

CALCULO DE CONDUCTORES Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ANUAL


Datos técnicos de Generación		
Potencia Activa 80.00 KW	Voltaje de generación 380.00 V	Factor de potencia 0.9
Formula Usada	Corriente de diseño Para cada Tramo	
$I_d = \frac{1,25 \times P}{V \times \sqrt{3} \times \cos \phi}$	Id Para el Tramo A-B y B-C	168.82 A
Energía anual generada		E_anual
$E_{anual} = P_{turbina} \times NH \times f_c$		630720 KWh

Pturbina	Potencia eléctrica efectiva	80
NH	Número de horas anuales	8760
fc	Factor de carga	0.90
Eanual	Energía anual generada por la turbina	630720 KWh

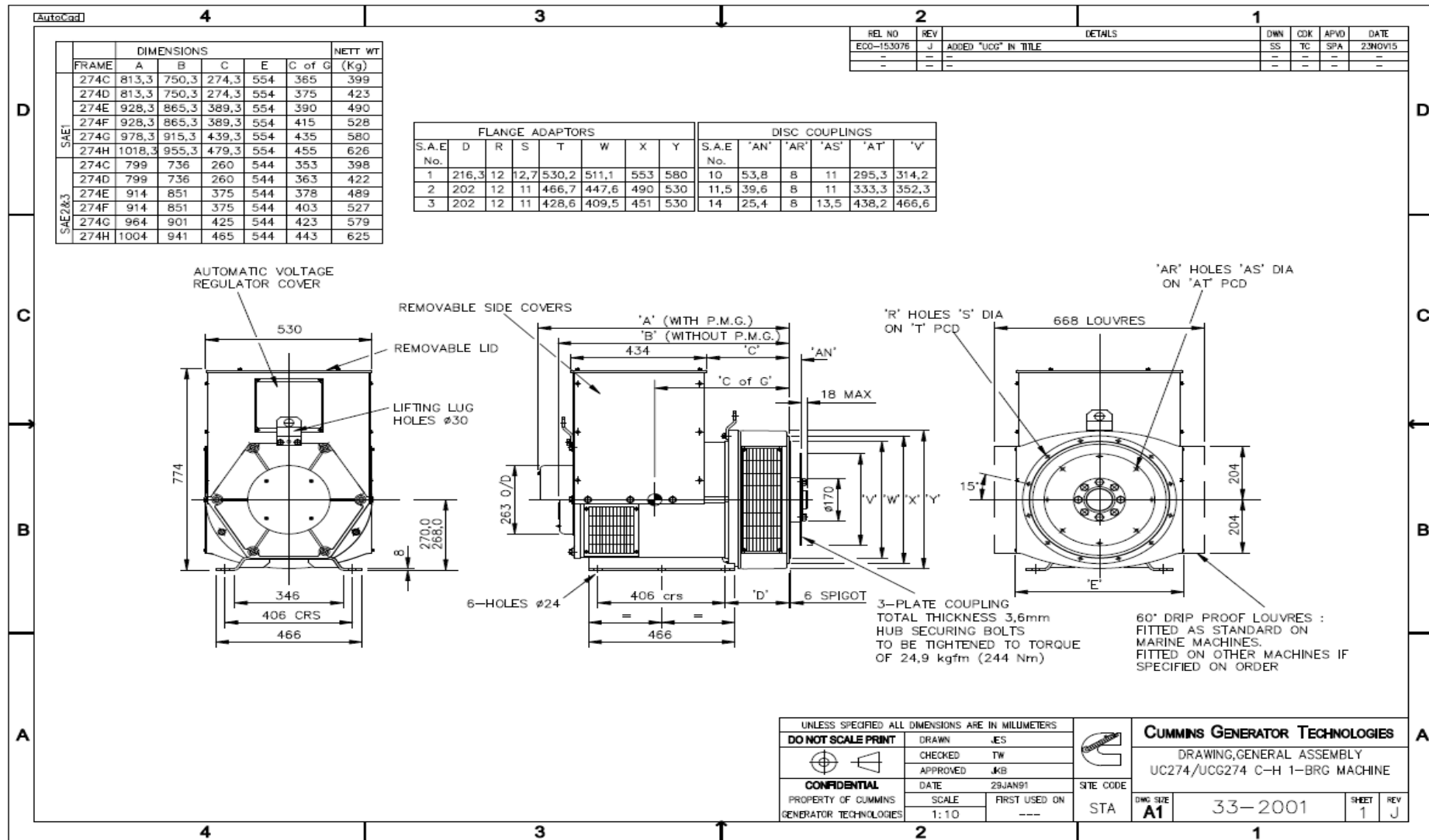
A continuación, PRECIOS ESTIMADOS EN DÓLARES AMERICANOS (US\$) por metro lineal (m) de Cables eléctricos N2XOH.

N2XOH en mm ²	US\$ / m
N2XOH 4 mm ²	0.7551
N2XOH 6 mm ²	1.0035
N2XOH 10 mm ²	1.5417
N2XOH 16 mm ²	2.2617
N2XOH 25 mm ²	3.528
N2XOH 35 mm ²	4.7772
N2XOH 50 mm ²	6.3891
N2XOH 70 mm ²	9.1314
N2XOH 95 mm ²	12.6063
N2XOH 120 mm ²	15.831
N2XOH 150 mm ²	19.4373
N2XOH 185 mm ²	24.2577
N2XOH 240 mm ²	31.8843
N2XOH 300 mm ²	39.7746

21. Cotización de Válvula Tipo Compuerta 8”.

	SHANGHAI DREAMAX INDUSTRIAL CO., LTD		
	SINO BASE METAL CO., LIMITED		
	Add: 1411, Building 1, Chang'an Building, No.1001 Chang'an Road, Jing'an District, Shanghai, China Email: alicia@sinobasemetal.com Web: www.sinobasemetal.com Tel: 0086-21-53021748 53021747 53021746 Fax: 0086-21-53021749		
To :		From : Alicia Lv	
Attn : Gleyser Rubio Benavides		Date : Agosto.6, 2018	
Tel :		Page : 1 pages	
QUOTATION			
DESCRIPCIÓN	QTY (PCS)	USD/PC	AMOUNT
Válvula de compuerta 8 "Clase 150 Acero inoxidable 316, Estándar B16.34	1	3,520.0	S/3,520.0
TOTAL	1		S/3,520.0
Otro término:			
Término de precio: CFR-Callao, Perú			
Pago: 50% T/T de antemano después de la orden confirmada, Pague el saldo restante T/T antes de cargar			
Fecha de entrega: Después de recibir el depósito. El tiempo de entrega es de alrededor de 65 días			
Puerto de embarque: Shanghai			
Empaquetar: Paquete de exportación estándar de fábrica			
Inspección: Inspección de la fábrica			
Validez: 3 días después de la oferta			

Plano de Gerador STANFORD.



22. Costo de la inversión en Suministro de Materiales y Equipos.

	TESIS “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	
---	--	---

EMPRESA:



Comité de electrificación El Verde

TIPO DE CENTRAL:

Hidroeléctrica

INVERSIÓN PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.				
SUMINISTRO DE MATERIALES Y EQUIPOS				
Descripción	unidades	Cantidad	costo unitario	costo total
Mantenimiento correctivo				S/ 2,931.00
Obras Civiles				S/ 2,240.00
Bolsas de cemento	und.	50	28	S/ 1,400.00
Piedra chancada	m3	6	80	S/ 480.00
Arena	m3	6	60	S/ 360.00
Equipamiento electromecánico.				S/ 691.00
Discos de escobilla para amoladora	und.	3	32	S/ 96.00
Discos para desgaste	und.	3	14	S/ 42.00
Electrodos	kg	5	74	S/ 370.00
Pintura anticorrosiva	und.	3	61	S/ 183.00
Adquisición de nueva tecnología.				S/ 52,653.78
Generador Eléctrico	und.	1	11750	S/ 11,750.00
Potencia activa: 80 kW Tipo: 3f Factor de potencia: 0.9 Tensión de generación: 380/220 V Velocidad Nominal: 1800 RPM Altura de trabajo: 2800 m.s.n.m Frecuencia nominal: 60 Hz Accesorios de montaje				
Válvula de regulación principal	und.	1	3520	S/ 3,520.00
Tipo: VÁLVULA MARIPOSA TIPO 57P PVC 8" WAFER Diámetro: 8" Cuerpo: PVC Disco: PP Asiento: EPDM Eje: 316 SS Actuador: Volante con caja reductora Plasgear Conexión: Wafer ANSI 150 Marca: ASAHI/AMERICA				
Tablero de control y sistema de regulación.	und.	1	7750	S/ 7,750.00
Debe contar con los siguientes instrumentos: Instrumentos para medir parámetros eléctricos: Voltaje, Corriente, Frecuencia y potencia. Tarjeta de regulación electrónica				
Junta de montaje	und.	1	1300	S/ 1,300.00
Tipo: Deslizante Función: Montaje y desmontaje permitiendo dilataciones. Presión de trabajo: 150 PSI				
Compuerta lineal para bocatomas	und.	1	1200	S/ 1,200.00
Tipo: Lineal deslizante Dimensiones de compuerta: 0.8x0.8 m Dimensión del marco: 0.80x1.50 m Material: acero estructural.				
Válvula de descarga para desarenador	und.	1	3520	S/ 3,520.00
Tipo: Compuerta Diámetro: 8" Clase 150 lbs Material: Acero inoxidable 316 Estándar B16.34				
Transformador elevador 3f	und.	1	10961.2	S/ 10,961.20
Potencia aparente: 100 kVA Tensión de entrada: 380 V Tensión de salida: 10 kV Frecuencia: 60 Hz Enfriamiento: ON/AN Tipo de conexión: Estrella Altura de trabajo: 2800 m.s.n.m				
Puesta a tierra				S/ 242.30
Electrodo de acero recubierto de cobre 16 mmØ y 2.40 m	und.	2	45	S/ 90.00
Conector para electrodo y conductor 16 mm Ø- 35 mmØ	und.	2	6.5	S/ 13.00
Caja de registro de concreto 396 mm Ø x 300 mm	und.	2	30	S/ 60.00
Bentonita sódica 30 kg	und.	2.5	25	S/ 62.50
Conector cuña bimetalico Cu/Al tipo I	und.	2	6.5	S/ 13.00
Cinta Autofundente	und.	1	3.8	S/ 3.80
Transformador I reductor 3f	und.	1	8820	S/ 8,820.00
Potencia aparente: 70 kVA Tensión de entrada: 10 kV Tensión de salida: 380/220 kV Frecuencia: 60 Hz Enfriamiento: ON/AN Tipo de conexión: Estrella Altura de trabajo: 2800 m.s.n.m				
Transformador II reductor 3f	und.	1	5600	S/ 5,600.00
Potencia aparente: 30 kVA Tensión de entrada: 10 kV Tensión de salida: 380/220 kV Frecuencia: 60 Hz Enfriamiento: ON/AN Tipo de conexión: Estrella Altura de trabajo: 2800 m.s.n.m				
Conductores de fuerza casa de maquinas	m	36	17.48	S/ 629.28
Conductor tipo: Unipolar Tipo de conductor: N2OXOH Diámetro: 35 mmØ				
Instalaciones auxiliares				S/ 881.00
Conductor eléctrico N° 14 rollo	und.	2	179	S/ 358.00
Conductor eléctrico N° 16 rollo	und.	3	120	S/ 360.00
Interruptor diferencial	und.	1	89	S/ 89.00
Interruptor termomagnético	und.	2	37	S/ 74.00
TOTAL				S/ 55,584.78

23. Costo de Inversión para e mantenimiento Correctivo – Instalación y montaje.

	TESIS “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”	
---	--	---

EMPRESA:

Comité de electrificación El Verde

TIPO DE CENTRAL:

Hidroeléctrica

INVERSIÓN PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO - INSTALACIÓN Y MONTAJE				
Descripción	unidades	Cantidad	costo unitario	costo total
Mantenimiento correctivo				S/ 2,620.00
Obras civiles				S/ 2,030
Reparación Bocatoma	und.	1	530	530
Reparación canal de derivación	und.	1	100	100
Reparación desarenador	und.	1	500	500
Mantenimiento casa de maquinas	und.	1	400	400
Reparación canal de descarga	und.	1	500	500
Equipamiento electromecánico				S/ 590
Lijado de estructuras	m2	3	40	120
Esmerilado de estructuras	ml	2	30	60
Soldadura en estructuras	ml	1	230	230
Lijado y Pintado	m2	3	60	180
Nuevas Tecnologías				S/ 2,902.36
Instalación y montaje de compuertas deslizantes bocatoma				S/ 100
Adecuación de la estructura al canal	und.	1	30	30
Fijado de estructura a canal	und.	1	40	40
Re lleno y acabado de la instalación	und.	1	30	30
Instalación y montaje válvula de descarga				S/ 130
Trasporte de estructura de almacén a punto de instalación	und.	1	30	30
Adecuaciones la estructura al canal	und.	1	40	40
Fijado de estructura a canal	und.	1	30	30
Re lleno y acabado de la instalación	und.	1	30	30
Instalación y montaje de generador				S/ 375
Adecuación del lugar de instalación	und.	1	200	200
Fijado de estructura de montaje	und.	1	50	50
Montaje del generador en la estructura	und.	1	60	60
Conexionado eléctrico.	und.	1	65	65
Instalación y montaje de transformador elevador				S/ 187
Adecuación del lugar de instalación	und.	1	33.23	33.23
Fijado de estructura de montaje	und.	1	35.24	35.24
Montaje del transformador en la estructura	und.	1	47.82	47.82
Conexionado eléctrico.	und.	1	70.21	70.21
Instalación de puesta a tierra				S/ 512
Excavación del poso a tierra	m3	3.76	71.93	270.5
Instalación de puesta a tierra	Und.	2	33.23	66.5
Relleno y compactación	Und.	2	87.41	174.8
Instalación y montaje de válvula de regulación principal				S/ 111
Instalación de accesorios	und.	1	33.22	33.22
Instalación de válvula	und.	1	52.3	52.3
Ajuste de pernos de sujeción	und.	1	25.4	25.4
Instalación y montaje de tablero y sistema de control				S/ 1,203
Perforado de puntos de adosamiento de tablero	und.	8	25.4	203.2
Montaje de tablero adosado en pared	und.	1	250	250
Conexionado eléctrico en tablero	und.	1	400	400
Instalación del sistema de regulación	und.	1	200	200
Conexionado eléctrico.	und.	1	150	150
Instalación de conductores eléctricos				S/ 285
Cableado por ducto	m	12	15.25	183
Instalación de terminales en los conductores	und.	10	10.2	102
TOTAL				S/ 5,522.36

24. Resumen del Costo de Inversión y Costos de O&M.

	<p style="text-align: center;">TESIS</p> <p style="text-align: center;">“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”</p>	
---	---	---



EMPRESA: Comité de electrificación El Verde **TIPO DE CENTRAL:** Hidroeléctrica

INVERSIÓN PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Resumen del Presupuesto para Optimizar la Producción de Energía Eléctrica en la Minicentral Hidroeléctrica El verde	
Descripción	Total (S/.)
Suministro de materiales y equipos	S/ 55,584.78
Mantenimiento - Instalación y montaje	S/ 5,522.36
Trasporte de materiales	S/ 1,500.00
SUBTOTAL	S/ 62,607.14
Gastos generales (10%)	S/ 6,260.71
Utilidades (5%)	S/ 3,130.36
GASTOS TOTALES	S/ 71,998.21
Impuesto general a la venta IGV (18%)	S/ 12,959.68
Gastos de logística (3%)	S/ 2,159.95
TOTAL GENERAL (s/.)	S/ 87,117.83

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario	Total
Costos de Operación Anual				S/ 28,800.00
Sueldo del operador anual	Und.	2	1200	28800
Costos de Mantenimiento Anual				S/ 1,260.00
Grasa para chumaceras de turbina	Und.	12	40	480
Grasa para rodamientos de generador	Und.	1	180	180
Limpieza de bocatomá	Und.	3	50	150
Limpieza de canal de derivación	Und.	3	60	180
Limpieza de desarenador y cámara de carga	Und.	3	90	270
TOTAL DEL COSTO O&M				S/ 30,060.00

25. Determinación del Precio Teórico del kWh producido.

	<p style="text-align: center;">TESIS</p> <p style="text-align: center;">“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”</p>		
EMPRESA:	Comité de electrificación El Verde	TIPO DE CENTRAL:	Hidroeléctrica
Calculo del costo teórico de la energía generada			
Año	Formula y Variables	$\sum_{t=1}^n \frac{i + Mt}{(1+r)^t}$	$\sum_{t=1}^n \frac{E}{(1+r)^t}$
1	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-right: 20px;"> $LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{i + Mt}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E}{(1+r)^t}}$ </div> <div style="text-align: center;"> <p>LCOE S/</p> <p>0.41</p> </div> </div>	729908	1789204
2		651703	1597504
3		581878	1426343
4		519534	1273520
5		463870	1137072
6		414169	1015243
7		369794	906467
8		330173	809345
9		294798	722630
10		263212	645205
11		235011	576076
12		209831	514353
13		187349	459244
14		167276	410039
15		149354	366107
16		133351	326881
17		119064	291858
18		106307	260587
19		94917	232667
20		84747	207739
21		75667	185481
		6181913	15153565

26. Evaluación económica del proyecto.



TESIS

“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”



EMPRESA:

Comité de electrificación El

TIPO DE CENTRAL: Hidroeléctrica

INVERSIÓN PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

PERIODO		20	Tipo periodo				Anual	Tasa de descuento		12%		
Año	Nº	Número de Usuarios	Consumo anual por Usuario (kWh)	Sistemas Bombeo	Consumo Anual (kWh)	Precio (S/./kWh)	Ingreso Anual. (S/.)	Operación y Mantenimiento (S/.)	Flujo Beneficio Neto (S/.)	(1+i)^n	VAN	FLUJO ACUMULADO
2020	0	126							-S/ 87,118		-S/ 87,118	
2021	1	127	553		70552	S/ 0.60	S/ 42,331	S/ 30,060	S/ 12,271	1.12	S/ 10,956	-76161
2022	2	129	553	24265	95459	S/ 0.60	S/ 57,275	S/ 30,661	S/ 26,614	1.25	S/ 21,217	-54945
2023	3	130	553	24265	96109	S/ 0.60	S/ 57,665	S/ 31,274	S/ 26,391	1.40	S/ 18,785	-36160
2024	4	131	553	24265	96767	S/ 0.60	S/ 58,060	S/ 31,900	S/ 26,161	1.57	S/ 16,625	-19535
2025	5	132	553	24265	97434	S/ 0.60	S/ 58,461	S/ 32,538	S/ 25,923	1.76	S/ 14,709	-4825
2026	6	133	553	24265	98110	S/ 0.60	S/ 58,866	S/ 33,189	S/ 25,677	1.97	S/ 13,009	8183
2027	7	135	553	24265	98794	S/ 0.60	S/ 59,276	S/ 33,852	S/ 25,424	2.21	S/ 11,500	19684
2028	8	136	553	24265	99487	S/ 0.60	S/ 59,692	S/ 34,529	S/ 25,162	2.48	S/ 10,163	29846
2029	9	137	553	24265	100188	S/ 0.60	S/ 60,113	S/ 35,220	S/ 24,893	2.77	S/ 8,977	38823
2030	10	138	553	24265	100899	S/ 0.60	S/ 60,539	S/ 35,924	S/ 24,615	3.11	S/ 7,925	46748
2031	11	140	553	24265	101618	S/ 0.60	S/ 60,971	S/ 36,643	S/ 24,328	3.48	S/ 6,994	53742
2032	12	141	553	24265	102347	S/ 0.60	S/ 61,408	S/ 37,376	S/ 24,032	3.90	S/ 6,169	59911
2033	13	142	553	24265	103085	S/ 0.60	S/ 61,851	S/ 38,123	S/ 23,728	4.36	S/ 5,438	65348
2034	14	144	553	24265	103833	S/ 0.60	S/ 62,300	S/ 38,886	S/ 23,414	4.89	S/ 4,791	70139
2035	15	145	553	24265	104589	S/ 0.60	S/ 62,754	S/ 39,664	S/ 23,090	5.47	S/ 4,218	74358
2036	16	147	553	24265	105356	S/ 0.60	S/ 63,213	S/ 40,457	S/ 22,757	6.13	S/ 3,712	78070
2037	17	148	553	24265	106132	S/ 0.60	S/ 63,679	S/ 41,266	S/ 22,413	6.87	S/ 3,264	81334
2038	18	149	553	24265	106918	S/ 0.60	S/ 64,151	S/ 42,091	S/ 22,059	7.69	S/ 2,869	84203
2039	19	151	553	24265	107713	S/ 0.60	S/ 64,628	S/ 42,933	S/ 21,695	8.61	S/ 2,519	86722
2040	20	152	553	24265	108519	S/ 0.60	S/ 65,112	S/ 43,792	S/ 21,320	9.65	S/ 2,210	88932
		VAN	S/88,932		TIR	26%		B/C	1.26		PAY BACK	5.37



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N°045-2022-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 12:00 p.m. del día Lunes 25 de Julio del 2022. Se reunieron vía plataforma virtual [htt://:meet.google.com/tkr-vtzo-hyq](https://meet.google.com/tkr-vtzo-hyq), los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°133-2022-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 15 de julio de 2022, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

M.Sc. Ing. NORMAN OSVALDO AGUIRRE ZAQUINAULA
M.Sc. Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ
ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO
M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA

PRESIDENTE
SECRETARIO
MIEMBRO
ASESOR

Se recibió la tesis titulada:

“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **RUBIO BENAVIDES GLEYSER**

Finalizada la sustentación virtual de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (15) en la escala vigesimal, mención **REGULAR**.

Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 13:10 p.m. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

M.Sc. Ing. NORMAN OSVALDO AGUIRRE ZAQUINAULA
PRESIDENTE

M.Sc. Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ
SECRETARIO

ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO
MIEMBRO

M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
ASESOR

Lambayeque, 01 de junio del 2022

Dr. ANIBAL JESUS SALAZAR MENDOZA

DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION FIME

Asunto: CONFORMIDAD DE PRESENTACIÓN DE TESIS

Es grato dirigirme a UD. Para saludarlo cordialmente y hacer de su conocimiento que, a la fecha el suscrito ha asesorado al bachiller **GLEYSER RUBIO BENAVIDES**, en la elaboración de su trabajo de tesis titulado **“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE”**

En tal sentido, después de haber revisado dicho trabajo y someterlo a revisión en la plataforma turnitin, este presenta un índice de similitud de 16% por lo que procedo a dar la **CONFORMIDAD**, quedando el bachiller en mención, **APTO** para la sustentación respectiva, en la hora y fecha que su despacho tenga a bien designar.

Se adjunta el recibo digital y el reporte digital de turnitin.

Agradecido por la atención a la presente, me despido de usted, renovándole mi consideración y estima.

Atentamente



MSc. Ing. Jony Villalobos Cabrera

Asesor

EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EL VERDE

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	15%	1%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uss.edu.pe	3%
	Fuente de Internet	
2	hdl.handle.net	2%
	Fuente de Internet	
3	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	2%
	Trabajo del estudiante	
4	repositorio.uncp.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	documents.mx	1%
	Fuente de Internet	
6	tesis.ucsm.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
8	www.biblioteca.usac.edu.gt	<1%
	Fuente de Internet	

9	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	1library.co Fuente de Internet	<1 %
12	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
13	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to University of Edinburgh Trabajo del estudiante	<1 %
15	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
16	aprenderly.com Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to 95480 Trabajo del estudiante	<1 %
19	creativecommons.org Fuente de Internet	<1 %
20	static.eoi.es Fuente de Internet	<1 %

21	practicalaction.org Fuente de Internet	<1 %
22	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
23	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	intranet.cip.org.pe Fuente de Internet	<1 %
25	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
26	fr.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
27	kupdf.net Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to University of Wales central institutions Trabajo del estudiante	<1 %
31	repository.unilibre.edu.co Fuente de Internet	<1 %
32	docslide.us	

Fuente de Internet

<1 %

33

[slideplayer.es](https://www.slideplayer.es)

Fuente de Internet

<1 %

34

sistemas-lindo.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

35

www.repositoriodigital.ipn.mx

Fuente de Internet

<1 %

36

Submitted to Universidad Senor de Sipan

Trabajo del estudiante

<1 %

37

repositorio.unj.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

38

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

39

eprints.ucm.es

Fuente de Internet

<1 %

40

Submitted to Escuela Politecnica Nacional

Trabajo del estudiante

<1 %

41

docs.google.com

Fuente de Internet

<1 %

42

www.bibliociencias.cu

Fuente de Internet

<1 %

43

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

44	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
45	ingenieriacivil.tutorialesaldia.com Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
47	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
48	open_jicareport.jica.go.jp Fuente de Internet	<1 %
49	repositorio.upsb.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
50	Submitted to Universidad Nacional de Educacion Enrique Guzman y Valle Trabajo del estudiante	<1 %
51	Submitted to Unviersidad de Granada Trabajo del estudiante	<1 %
52	poseidon.unalmed.edu.co Fuente de Internet	<1 %
53	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %
54	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru	<1 %

55	Submitted to Universidad Católica de Santa María	<1 %
	Trabajo del estudiante	

56	idoc.pub	<1 %
	Fuente de Internet	

57	repositorio.uptc.edu.co	<1 %
	Fuente de Internet	

58	www.mef.gob.pe	<1 %
	Fuente de Internet	

59	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	<1 %
	Trabajo del estudiante	

60	biblioteca.udenar.edu.co:8085	<1 %
	Fuente de Internet	

61	mafiadoc.com	<1 %
	Fuente de Internet	

62	repositorio.uta.edu.ec	<1 %
	Fuente de Internet	

63	Submitted to UNIBA	<1 %
	Trabajo del estudiante	

64	es.wikipedia.org	<1 %
	Fuente de Internet	

65	repositorio.utn.edu.ec	<1 %
	Fuente de Internet	

66 sites.google.com <1 %
Fuente de Internet

67 xdocs.net <1 %
Fuente de Internet

68 Submitted to Universidad Nacional del Santa <1 %
Trabajo del estudiante

69 documentop.com <1 %
Fuente de Internet

70 infomercado.pe <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



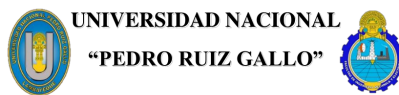


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Gleyser Rubio Benavides
Título del ejercicio: Tesis de Pregrado
Título de la entrega: EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PR...
Nombre del archivo: I_N_ENERG_TICA_EN_LA_MINICENTRAL_HIDROEL_CTRICA_EL...
Tamaño del archivo: 31.09M
Total páginas: 198
Total de palabras: 33,039
Total de caracteres: 176,521
Fecha de entrega: 01-jun.-2022 03:04p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 1848665903



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
II PROGRAMA DE ELABORACIÓN DE TESIS

TESIS

Para Obtener el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO
PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN
ENERGÉTICA EN LA MINICENTRAL
HIDROELÉCTRICA EL VERDE"

Presentado por:

Bach. GLEYSER RUBIO BENAVIDES

Asesor:

MSc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRI

Lambayeque – Perú
2022