

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
Dependencia	Aprobado		Pág.	
<b>DIVISION DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>1(115)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	JOSE RAMON GUEVARA GARAY BLADIMIR HOYOS PEREZ
<b>FACULTAD</b>	DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	INGENIERIA AMBIENTAL
<b>DIRECTOR</b>	DAVID ALONSO PAEZ QUINTERO
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	EVALUACION DEL SISTEMA ENERGETICO ALTERNATIVO ACTUAL PARA OPTIMIZAR SU RENDIMIENTO Y COBERTURA EN LA COMUNIDAD VEGAS DE ORIENTE DEL CORREGIMIENTO LA CECILIA, DEL MUNICIPIO DE TEORAMA NORTE DE SANTANDER

### RESUMEN (70 PALABRAS APROXIMADAMENTE)

HOY EN DIA SE EVIDENCIADA LA DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA EN TODO EL MUNDO Y ES COMUN ENCONTRAR EN ZONAS RURALES LA GENERACION DE ESTA ENERGIA ELECTRICA A TRAVES DE MOTORES DIESEL, SIENDO ESTA UNA GRAN FUENTE DE CONTAMINACION PARA EL MEDIO AMBIENTE. POR OTRO LADO, LAS PICOCENTRALES HIDROELECTRICAS SON FUENTES DE ENERGIA ELÉCTRICA RENOVABLE NO CONVENCIONAL DE BAJO IMPACTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE, ADEMAS DE SU BAJO COSTO EN SU IMPLEMENTACION, LO QUE LAS CONVIERTE EN UNA EXCELENTE POSIBILIDAD PARA LLEVAR ENERGIA ELECTRICA A COMUNIDADES EN ZONAS RURALES Y MEJORAR SUSTANCIALMENTE SU BIENESTAR.

### CARACTERISTICAS

PAGINAS: 115	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 11	CD-ROM:1
--------------	-----------	-------------------	----------



EVALUACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO ALTERNATIVO ACTUAL PARA  
OPTIMIZAR SU RENDIMIENTO Y COBERTURA EN LA COMUNIDAD VEGAS DE  
ORIENTE DEL CORREGIMIENTO LA CECILIA, DEL MUNICIPIO DE TEORAMA  
NORTE DE SANTANDER

Autores

JOSÉ RAMÓN GUEVARA GARAY

BLADIMIR HOYOS PÉREZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero Ambiental

Director

DAVID ALONSO PÁEZ QUINTERO

Ingeniero Ambiental y Zootecnista

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DE AMBIENTE

INGENIERÍA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Mayo, 2021

## Índice

Capítulo 1. Evaluación del sistema energético alternativo actual para optimizar su rendimiento y cobertura en la comunidad Vega de Oriente del corregimiento La Cecilia, del municipio de Teorama N. De S.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema .....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Justificación .....	3
1.5 Delimitaciones .....	6
1.5.1 Delimitación operativa.....	6
1.5.2 Delimitación conceptual.....	6
1.5.3 Delimitación geográfica.....	6
1.5.4 Delimitación temporal .....	6
Capítulo 2. Marco referencial .....	7
2.1 Marco contextual .....	7
2.2 Marco teórico .....	8
2.3 Marco conceptual.....	12
2.4 Marco legal .....	18
Capítulo 3. Diseño metodológico .....	23
3.1 Tipo de investigación.....	23
3.2 Población.....	24
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información .....	24
3.4 Instrumentos.....	25
Capítulo 4. Resultados y discusión .....	27
4.1 Diagnóstico del sistema energético alternativo actual.....	27
4.1.1 Recopilación de información.....	27
4.1.2 Datos de caudales.....	28
4.1.3 Datos topográficos .....	32
4.1.4 Diseño del sistema energético (potencial eléctrico).....	33
4.1.5 Caudal de inyección.....	35
4.1.6 Determinación de la carga eléctrica suministrada a las viviendas.....	37
4.1.7 Característica del estado actual de la estructura de soporte.....	41
4.1.8 Características del estado actual de las líneas de transmisión .....	42
4.1.9 Verificación de la calidad de los aparatos eléctricos de las viviendas.....	42
4.1.10 Característica de los circuitos eléctricos instalados en las viviendas .....	43
4.1.11 Verificación de niveles de ruido .....	43
4.1.12 Aspectos ambientales de una picocentral hidroeléctrica .....	45
4.1.13 Análisis del precio unitario.....	47
4.2 Evaluación de los impactos ambientales producto del funcionamiento del sistema energético autónomo implementado.....	50

4.2.1 Rangos para el cálculo de la importancia ambiental.....	51
4.2.2 Ecuación método Conesa Fernández.....	52
4.2.3 Diagrama Causa-Efecto o red de Distribución.....	53
4.2.4 Matriz método Conesa Fernández.....	55
4.3 Optimización del sistema energético alternativo actual de comunidad vegas de oriente ..	63
Capítulo 5. Conclusiones .....	86
Capítulo 6. Recomendaciones.....	90
Referencias .....	92
Apéndices .....	97

## Lista de Tablas

Tabla 1. Tabulación de datos de los lanzamientos del flotador .....	31
Tabla 2. Coordenadas geográficas del sistema energético.....	32
Tabla 3. Alturas geográficas del sistema .....	34
Tabla 4. Tiempo promedio.....	36
Tabla 5. Electrodomésticos con sus respectivos potenciales eléctricos.....	38
Tabla 6. Clasificación del Potencial Requerido para la Vivienda 1 .....	39
Tabla 7. Clasificación del Potencial Requerido para la Vivienda 2 .....	39
Tabla 8. Clasificación del Potencial Requerido para la Vivienda 3 .....	40
Tabla 9. Clasificación del Potencial Requerido para la Vivienda 4 .....	40
Tabla 10. Clasificación del Potencial Requerido para la Vivienda 5 .....	40
Tabla 11. Clasificación del Potencial Requerido para la Vivienda 6 .....	41
Tabla 12. Potencial total del sistema energético alternativo en kW/año .....	41
Tabla 13. Potencial energético por vivienda según los electrodomésticos .....	42
Tabla 14. Análisis de Precio Unitario del Sistema de Tubería, Bocatoma y Desarenador .....	48
Tabla 15. Análisis de Precio Unitario de la Construcción de la Casa de Maquina.....	48
Tabla 16. Análisis de Precio Unitario de las Líneas de Transmisión Eléctrica e instalaciones residenciales.....	49
Tabla 17. Costo del mantenimiento del Sistema Hidroenergeticos .....	49
Tabla 18. Presupuesto Detallado.....	50
Tabla 19. Manual de optimización por etapas .....	65
Tabla 20. Alturas Mínimas para salidas de tomacorrientes y alumbrado .....	85

## Lista de figuras

Figura 1. Tramo de la quebrada la gasolina.....	28
Figura 2. Sección transversal de la Quebrada la Gasolina.....	29
Figura 3. Salida gráfica del sistema energético Vegas de Oriente.....	33
Figura 4. Esquema de las dimensiones del recipiente que se escogió para medir el caudal de inyección por el método volumétrico .....	36
Figura 5. Escala de intensidades sonoras.....	44
Figura 6. Rangos de Importancia Ambiental .....	51
Figura 7. Ecuación Conesa Fernández.....	52
Figura 8. Modificación de Ecuación Conesa Fernández .....	52
Figura 9. Diagrama de causa efecto.....	54
Figura 10. Matriz método Conesa.....	55
Figura 11. Diagrama esquemático para la optimización del sistema energético .....	64

## Lista de apéndices

Apéndice A. Reconocimiento y acercamiento por parte del equipo de autores del proyecto a la comunidad de Vega de Oriente, Corregimiento de la Cecilia, Municipio de Teorama Norte de Santander.....	98
Apéndice B. Reconocimiento del afluente y equipo hidroeléctrico de la vereda la Vega de Oriente, Corregimiento de la Cecilia, Municipio de Teorama, Norte de Santander.....	99
Apéndice C. Reconocimiento de redes de energía y estructuras de soporte.....	100
Apéndice D. Toma de coordenadas y decibeles sonoros.....	101
Apéndice E. Verificación de Circuitos internos y empalmes utilizados en el sistema.....	102
Apéndice F. Medición de voltaje suministrado por el sistema.....	103
Apéndice G. Mejoramiento y Optimización de redes de soporte.....	104
Apéndice H. Socialización del Proyecto en la comunidad.....	105

## Resumen

Hoy en día se evidenciada la demanda de energía eléctrica en todo el mundo y es común encontrar en zonas rurales la generación de esta energía eléctrica a través de motores diesel, siendo esta una gran fuente de contaminación para el medio ambiente. Por otro lado, las picocentrales hidroeléctricas son fuentes de energía eléctrica renovable no convencional de bajo impacto sobre el medio ambiente, además de su bajo costo en su implementación, lo que las convierte en una excelente posibilidad para llevar energía eléctrica a comunidades en zonas rurales y mejorar sustancialmente su bienestar. Las picocentrales hidroeléctricas generan energía a partir de la captación de agua de pequeños cauces, pero es necesario un correcto diseño y distribución del sistema eléctrico, como son las líneas de distribución y la estructura de soporte, los cuales al estar correctamente instalados dan como resultado el buen funcionamiento del sistema energético alternativo. Desde esta perspectiva se realizó un diagnóstico, evaluación y recomendaciones sobre el sistema hidroeléctrico alternativo presente en la vereda vega de oriente del municipio de Teorama Norte de Santander encontrando mal estado en la infraestructura, captación de agua, distribución de redes y en general rendimiento de la misma; por ello se plantearon una serie de recomendaciones con el objetivo de ampliar su cobertura y rendimiento.

# **Capitulo 1. Evaluación del sistema energético alternativo actual para optimizar su rendimiento y cobertura en la comunidad Vega de Oriente del corregimiento La Cecilia, del municipio de Teorama N. De S.**

## **1.1. Planteamiento del problema**

La energía eléctrica es un servicio indispensable para el desarrollo económico y social de la humanidad; desde esta premisa se dice que una comunidad ha alcanzado un desarrollo tecnológico de acuerdo con la disponibilidad, calidad y capacidad económica de acceder a este servicio eficientemente.

Por tal razón las comunidades que no cuentan con este servicio de energía eficiente se limitan al desarrollo de sus actividades, puesto que deben aprovechar la poca energía disponible para así poder cumplir con sus actividades diarias.

Existen diferentes maneras de la prestación del servicio como lo es por energías convencionales y no convencionales, las cuales que, si se implementa un sistema eléctrico adecuado, la comunidad puede satisfacer sus necesidades energéticas diarias y así tener un desarrollo o un crecimiento tecnológico acorde a las actualizaciones diarias.

En la vereda Vegas de Oriente del corregimiento La Cecilia, del municipio de Teorama, no cuenta con un servicio de energía eléctrica convencional, sin embargo esta comunidad opto por la generación de energías alternativas autónomas, instalando así picocentrales hidroeléctricas y

paneles solares para su sistema energético, por lo tanto está siendo muy limitado debido a que este no cumple con las condiciones mínimas de instalación y aprovechamiento adecuado de la demanda energética para la distribución y adecuado manejo de la energía eléctrica obtenida por estos generadores; asimismo la comunidad no cuenta con conocimientos técnicos para la reparación y el mantenimiento de dichos generadores afectando directamente el rendimiento y aprovechamiento de la energía eléctrica generada por las pequeñas picocentrales hidroeléctricas y los paneles solares. Esto limita a que la población no tenga un desarrollo óptimo para la realización de sus actividades domésticas y agroindustriales.

Es por esta razón que se da la necesidad de hacer un estudio del sistema energético alternativo autónomo actual y proponer un mejoramiento eficiente para ampliar su cobertura, que permita suplir la demanda energética necesaria y optimizar el sistema mencionado, y de esta manera mejorar las condiciones de vida de esta comunidad y contar con un sistema energético ambientalmente sostenible.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál sería la adecuada instalación y optimización de los generadores de energía eléctrica alternativa en la vereda Vegas de Oriente del corregimiento La Cecilia, del municipio de Teorama N. ¿De S, partiendo de un mejor aprovechamiento energético y de las condiciones ambientales y geográficas?

### **1.3. Objetivos**

**1.3.1. Objetivo general.** Evaluar el sistema energético alternativo actual, para optimizar su rendimiento y cobertura, y así poder contribuir con soluciones a problemas de suministro de energía eléctrica en la comunidad Vegas de Oriente del corregimiento La Cecilia, del municipio de Teorama N. De S.

**1.3.2. Objetivos específicos.** Realizar un diagnóstico del sistema energético alternativo actual.

Evaluar los impactos ambientales producto del funcionamiento del sistema energético autónomo implementado.

Optimizar el sistema energético alternativo actual de la comunidad vegas de oriente.

### **1.4. Justificación**

La energía evidentemente es el pilar del desarrollo de los procesos productivos, del progreso social de los países y elemento fundamental del avance tecnológico a nivel mundial. El sector eléctrico es uno de los más influyentes en la industria y en la cotidianidad del ser humano, debido a que muchas de las actividades y procesos dependen de éste (Castillo, 2015).

Uno de los principales vectores de nuestra evolución ha sido y es, sin lugar a duda la energía. La energía se considera fuente de calor, de luz, hace posible

que nos desplacemos, que cultivemos nuestros alimentos, que fabriquemos máquinas que trabajen por nosotros para que dispongamos de nuestro tiempo como mejor nos plazca.

La energía es, en definitiva, fuente de desarrollo (Garrido, 2009).

La comunidad de la vereda Vegas de Oriente no cuenta con la prestación del servicio de energía eléctrica convencional; en el momento solo utilizan unas picocentrales hidroeléctricas y paneles solares para su abastecimiento energético, pero este no es suficiente de acuerdo al potencial energético requerido para satisfacer sus necesidades básicas.

El avance tecnológico de nuevas herramientas de trabajo en la actualidad requiere de energía eléctrica; la comunidad Vegas de Oriente es una población que no puede hacer uso de estas herramientas debido al mal servicio energético con el que cuentan, puesto que este no abastece en su totalidad el consumo energético. Las picocentrales con las que cuenta esta comunidad no tienen un control del potencial energético que estas generan y de igual forma un control de la cantidad de energía que es suministrada a cada vivienda, es por esta razón que se hace necesario el desarrollo de este proyecto en el cual se desarrolle una evaluación del sistema energético alternativo actual para optimizar su rendimiento y cobertura en la comunidad Vegas de Oriente del corregimiento La Cecilia, del municipio de Teorama N. De S.

Esta comunidad afirma de antemano el olvido por parte del gobierno, el cual afecta directamente a las comunidades que en su rol por sobrevivir acuden a las opciones más factibles y rentables para el desarrollo de las mismas, esta comunidad está caracterizada por ser agricultora, piscicultora y ganadera, quienes a través de estos cultivos se proveen de las

necesidades económicas para el sustento y las necesidades básicas requeridas como en toda población. Además de lo anterior su territorio se caracteriza por ser montañoso con altas pendientes y precipitaciones comúnmente que hacen de este territorio un área de conservación con aspectos hidrológicos en alta capacidad de residencia.

De acuerdo con la Corporación Autónoma Regional de Norte de Santander (CORPONOR), mediante estudios (Corponor, 2020) de zonificación del territorio indican que el uso potencial del suelo en la zona de influencia de la presente investigación puede clasificarse como Forestal conservación y Forestal comercial.

Todos estos aspectos hacen de esta área un espacio de estudio, dado que sus condiciones son óptimas para el desarrollo de proyectos hidro energéticos para la transformación de energía eléctrica con el aprovechamiento de la energía potencial gravitacional, con el objetivo de innovación tecnológica y desarrollo sustentable para las comunidades campesinas.

Desde el punto de vista social y económico, la implementación de generadores de energías alternativas favorece a comunidades en condición de vulnerabilidad, debido a que estos hogares son de bajos recursos, donde la demanda de energía eléctrica es alta y la conexión total de la energía convencional tiene un alto costo, no ajustándose a sus necesidades, lo que permite que la implementación de las picocentrales hidroeléctrica y paneles solares sean sostenible de manera económica, social y ambientalmente, incluyendo que la comunidad no dependerá de las empresas prestadoras de servicio de energía eléctrica.

## **1.5. Delimitaciones**

**1.5.1. Delimitación operativa.** La operación de este proyecto requiere de dos personas encargadas de socializar el proceso, de la recolección de información documentada y participativa, procesar la información y cuantificarla, para la optimización del servicio energético.

**1.5.2. Delimitación conceptual.** El proyecto se enmarcará de conceptos como hidroeléctrica, tipos de energía, mediciones de caudales, mediciones de potencial eléctrico y recurso hídrico, entre otros.

**1.5.3. Delimitación geográfica.** El proyecto será desarrollado en la vereda Vegas de Oriente del corregimiento La Cecilia, del municipio de Teorama, norte de Santander, país Colombia.

**1.5.4. Delimitación temporal.** El trabajo de investigación tendrá una duración de seis (6) meses a partir de la fecha de aprobación del anteproyecto.

## Capítulo 2. Marco referencial

### 2.1. Marco Contextual

Teorema, Norte de Santander se encuentra ubicado en la subregión noroccidental del departamento Norte de Santander, de la provincia de Ocaña, a unos 274 Km de Cúcuta, la capital del departamento. Ubicado a 73° 39' 24" longitud oeste y a 8° 26' 18" latitud norte. Este limita al norte con la república de Venezuela y el municipio de Convención; al sur con Ocaña; al oriente con el Tarra, Tibú y San Calixto y al occidente con Convención. Cuenta con una extensión de 852 km<sup>2</sup>, de los cuales 7,5 km<sup>2</sup> pertenecen al área urbana y 844,5 km<sup>2</sup> al área rural.

La cabecera municipal de este municipio se encuentra a una altura de los 1.158 metros sobre el nivel del mar. Su topografía predominante es quebrada y escarpada. EL promedio de su temperatura oscila entre los 22°C. La precipitación media anual sobre su territorio esta entre los 1.050 mm y los 1.500 mm, con un promedio de 1.341 mm (Alcaldia de Teorama N.S, 2012 – 2015).

Dentro de este municipio se encuentra ubicada la Vereda Vegas de Oriente la cual pertenece al corregimiento La Cecilia, sitio en el cuál será desarrollado el proyecto; esta vereda cuenta con un gran potencial de recurso hídrico, se encuentra rodeada de la Cuenca – Mayor del Río Catatumbo, Quebrada La Gasolina, potencial hídrico que les favorece para generar su propia energía (CORPONOR).

La comunidad de Vegas de Oriente desde la década de los 90 inicia la instalación de un sistema autónomo energético basado en energías limpias, actualmente cuentan con 18 picocentrales hidroeléctrica que tienen instaladas alrededor de sus fuentes hídricas.

Es importante resaltar que este proyecto va dirigido a el estudio solo a una de las picocentrales existentes en la vereda Vegas de Oriente, el cual sirva como referente para el desarrollo del proyecto, con el propósito de mejorar todas las picocentrales que suministran de energía eléctrica no convencional a la comunidad de Vegas de Oriente.

## **2.2. Marco teórico**

La energía no convencional es una estrategia que hoy en día se está convirtiendo en uno de los temas de mayor importancia, puesto que con estas se busca el aprovechamiento de recursos que la naturaleza nos brinda y son energía que al ser consumidas no generan ningún tipo de contaminación al medio ambiente.

La energía eléctrica no se puede almacenar, debe ser consumida al mismo instante en el que se produce. Esto significa que se debe conocer en todo momento la cuantía, en la que va a hacer requerida o al menos tener una previsión los más aproximada posible, para estar en condiciones de generarlas. En este ajuste continuo de la producción de la demanda es necesaria disponer de centrales cuya potencia puedan ser fácilmente regulables, con una gran facilidad de operación. Las centrales hidroeléctricas presentan estas características, jugando un papel muy importante para las poblaciones que no cuentan con el servicio de energía eléctrica significando

Ahora bien, sabemos que la electricidad es una forma de energía basada en que la materia posee cargas eléctricas positivas y negativas. Frente a esto la plataforma Energía y Sociedad dedicada a la divulgación e intercambio de información y contenidos relacionados con los mercados liberalizados de energía, plantea que cuando varias cargas eléctricas están en reposo relativo, se ejercen entre ellas fuerzas electrostáticas. Cuando las cargas están en movimiento relativo, se establece una corriente eléctrica (la electricidad ya no es estática) y se crean además campos magnéticos.

Los parámetros básicos que permiten cuantificar esta forma de energía son: la tensión o voltaje (que se mide en voltios, V), la corriente o intensidad eléctrica (que se mide en amperios, A), la potencia eléctrica (que se mide en vatios, W) y la energía eléctrica producida/consumida (que se mide en vatios-hora, Wh). A partir de estas unidades de medida básicas, se definen sus múltiplos, que son más utilizados en la práctica: kilovoltios (kV), kiloamperios (kA), kilovatios (kW), gigavatios (GW), gigavatios-hora (GWh) (Energía y Sociedad, 2020)

Muchos autores han optado por generar propuestas que prioricen la protección del medio ambiente partiendo desde el aprovechamiento de los recursos naturales e innovado con el aprovechamiento del recurso hídrico en comunidades rurales con pequeñas centrales hidroeléctricas que sirvan de apoyo para el desarrollo de las actividades diarias de la humanidad y más en sitios donde esta es escasa; a continuación se describen algunas teorías relacionadas con la instalación de micro y pico centrales hidroeléctricas como alternativa para mejorar las condiciones de vida de las comunidades, así como también la protección del medio natural:

Según el trabajo titulado “Diseño de una Mini Central de Energía Hidroeléctrica en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Cruda de Cuenca”, propuesto por (Criollo & Quezada, 2011), establecen que los pequeños proyectos hidroeléctricos que se desarrollan son una alternativa muy efectiva para el desarrollo de la población en áreas rurales, ya que en estos sitios la energía es más escasa y pudiéndose hacer aprovechamiento de los recursos que la naturaleza nos brinda es la mejor manera para el desarrollo de sus actividades con maquinarias que requieran de energía.

Por otro lado, en el 2013 se realizó un estudio en la universidad libre, sede bosque popular, en donde se realiza el diseño de una pequeña central hidroeléctrica a escala laboratorio en la cual se hace un aprovechamiento de las aguas lluvias que se encuentra en el sistema de almacenamiento subterráneo ubicado en el Bloque A de la Universidad Libre-Sede Bosque Popular, proyecto con el cual se busca promover en comunidades rurales prácticas de aprovechamiento de esta temática donde el uso del agua lluvia o de otras fuentes de agua, puedan servir para la producción de su propia energía en lugares remotos o de inexistencia de luz eléctrica (Rodriguez, 2013).

Así mismo, (Rodriguez & Suarez, 2013)(Rodriguez Rojas & Suarez Matarrita, 2013) en su trabajo de grado titulado “Diseño de una microcentral hidroeléctrica para la reserva biológica Alberto Manuel Brenes” dicen que para desarrollar el diseño de una microcentral hidroeléctrica, se debe de realizar un trabajo de forma integral, donde se considere los diferentes elementos de una planta hidroeléctrica como un todo, con el fin de evitar el mal funcionamiento de la misma y hacer un buen uso de ese recurso que se está aprovechando.

Igualmente, según la tesis titulada (Soto, 2014) “planificación y diseño de una pequeña central hidroeléctrica”, su autor hace énfasis que en los procedimientos y análisis que se desarrollan al diseñar una central hidroeléctrica deben estar acorde a las necesidades de la población de estudio tanto actual como a su proyección a futuro, empleándose la tecnología más permitente que pueda adecuarse a las características del proyecto que se desarrolla. Estos estudios son muy importantes en caso de implementarse en población de bajos recursos, donde no se pueden realizar inversiones de capital fuertes, como también donde el desarrollo de proyectos de gran potencial energética no puedan ser rentables debido a varios factores como geográfica, población y línea de comunicación.

Por otro lado, (Iroumé, 2014) en su tesis “Pre-factibilidad técnico-económica de instalar una micro-central hidroeléctrica en el fundo “Los Pinos”” afirma que la instalación de micro-centrales hidroeléctricas en sitio de un alto potencial de recurso hídrico es factible de ser construida desde un punto de vista técnico y económico puesto que la producción del recurso energético va a ser alto y no va a verse afectado en proyecciones futuras, haciéndose un buen manejo de la misma.

En cuanto al impacto ambiental generado por la instalación y operación de micro y pico centrales hidroeléctricas (Osorio & Diez, 2017) concluye que las pequeñas centrales hidroeléctricas son un tipo de proyecto que se presenta actualmente como una adecuada alternativa para la generación de energía por el solo hecho de requerir una inversión menor a lo demandado por una central hidroeléctrica. Además, su impacto ambiental es inferior, por el hecho de trabajar con el cauce de un río determinado sin la necesidad de invadir terrenos o

trasladar a toda una comunidad aledaña. Su éxito como proyecto energético se basa en el hecho de aprovechar las condiciones ambientales de una región para la producción de energía, recurso fundamental para el mundo de hoy, así como para beneficiar a comunidades de bajos recursos las cuales tengan la necesidad de generar estos tipos de energía para el desarrollo de sus actividades.

### **2.3. Marco conceptual**

**Energía.** Se define como aquella capacidad que tienen los cuerpos para producir trabajo, se puede ver como trabajo mecánico, emisión de luz, generación de calor, etc. (Instituto Tecnológico de Canarias, S.A, 2008).

Esta se puede manifestar de distintas formas: gravitatoria, cinética, química, eléctrica, magnética, nuclear, radiante, etc., concurriendo la posibilidad de que se transformen entre sí, pero de igual forma respetando siempre el principio de conservación de la energía (Instituto Tecnológico de Canarias, S.A, 2008).

**Energías renovables.** Las energías renovables son energías producidas de forma continua las cuales provienen de recursos que son inagotables, recursos que podemos aprovechar para satisfacer nuestras necesidades. Las formas de energías renovables son la energía hidráulica, eólica, solar, geotérmica, marina y la biomasa (Instituto Tecnológico de Canarias, S.A, 2008).

**Impactos ambientales.** Se define como la alteración del medio ambiente que es provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad que se desarrolla en un área determinada, en

decir, el impacto ambiental es la transformación del ambiente ocasionada por actividades antrópicas o acción de la naturaleza. Existen diferentes formas de impacto ambiental como son impactos ambientales provocados por el aprovechamiento de los recursos (se requiere de una transformación del estado natural del medio para su utilización), impacto ambiental provocado por la contaminación (todo proyecto que genere algún residuo que altere el estado natural del ambiente); actualmente se busca la disminución de estos impactos con una evaluación de impactos ambientales la cual permita el desarrollo de las actividades mejorando así cada una de sus fases sin impactar altamente el ambiente o estado natural del entorno (Gestión en Recursos Naturales, 2018).

**La fragmentación.** Es la pérdida de continuidad de un ecosistema, y produce cambios importantes en la estructura de las poblaciones y comunidades de plantas y animales, tanto en el ambiente físico como en el ecológico, lo que afecta su funcionamiento (García, 2011).

**Hidroeléctrica.** Se define como la electricidad que se logra mediante la energía hidráulica, la cual se obtiene por el aprovechamiento del movimiento del agua, esto ingresa siendo energía cinética, la cual al ingresar a un generador la convierte en energía eléctrica y así con esta poder satisfacer las necesidades diarias de la humanidad (Redacción National Geographic, 2010).

**Picoeléctricas.** “Capacidad instalada entre 0,5 y 5 kW, operación a filo de agua, aplicable a zonas no interconectadas o casos aislados de zonas interconectadas” (Gobierno de Colombia, 2015).

**Bocatoma.** Las obras de toma o bocatomas son las estructuras hidráulicas construidas sobre un río o canal con el objeto de captar, es decir extraer, una parte o la totalidad del caudal de la corriente principal. Las bocatomas suelen caracterizarse principalmente por el Caudal de Captación, el que se define como el gasto máximo que una obra de toma puede admitir (Felices, 2003).

**Filtro metálico.** Este elemento es indispensable en el buen funcionamiento del sistema Hidroenergético, el filtro como bien su palabra lo indica es un dispositivo metálico con orificios más pequeños que permite el paso del fluido uniformemente sin fluctuaciones del caudal que puedan crear defectos en el sistema. Tiene como función dejar pasar el fluido obstaculizando el paso de materia orgánica, piedras u otro objeto que pueda influir en el mal funcionamiento del mismo.

**Desarenador.** Los desarenadores son estructuras hidráulicas que tienen como función remover las partículas de cierto tamaño (superior a 200 micras) que la captación de una fuente superficial permite pasar, a fin de evitar que ingresen partículas al canal de aducción o al proceso de tratamiento y lo obstaculicen creando serios problemas, disminuyendo así la capacidad hidráulica de la planta (Castro, Olivares, & Rozo, 2019).

**Tanque Camara de Carga.** “El agua pasa del tanque desarenador al tanque cámara de carga, el cual la recibe libre de elementos indeseables, abrasivos y la conduce mediante un filtro con orificios de seguridad hacia la tubería de conducción” (Niño, 2019).

**Casa de maquina.** Es el lugar en el que se ubica todo el equipamiento hidráulico, mecánico y electrónico que permite la operación de la turbina. Sus dimensiones dependen del tipo y tamaño de las turbinas, por lo que se la diseña para que brindar todas las facilidades para el montaje, desmontaje y operación de las turbinas; esto implica la necesidad de prever la instalación de una grúa o puente grúa (Sandoval, 2018).

**Redes eléctricas y acometidas.** “Constituyen la última fase de la transformación de la energía y sirve como camino a la electricidad para llegar a las instalaciones de la cooperativa conectada al sistema y a sus electrodomésticos” (Niño, 2019).

**Turbina Pelton.** En las turbinas de acción se convierte previamente la energía de presión del fluido en energía cinética, creando un chorro libre en la atmósfera. Este chorro se hace incidir sobre los álabes de un rotor, que gira asimismo en el seno de la atmósfera, desviando el chorro, apareciendo por ello un par sobre él que se utiliza para extraer la energía. La turbina de chorro libre fue inventada alrededor de 1880 por Lester Pelton quien después le dio su nombre (Marchegiani, 2004).

**Panel solar.** Es un mecanismo que aprovecha la energía producida por el sol para generar calor o electricidad. Se puede distinguir entre paneles fotovoltaicos, que generan electricidad a partir de la radiación solar que incide sobre las células fotovoltaicas del panel, y colectores solares, que producen agua caliente (generalmente de uso doméstico) utilizando la energía solar térmica (Autosolar Energía y Servicios S.L.U, 2015).

**Generadores de energía eléctrica.** Son dispositivos creados con el fin de asegurar que exista un mecanismo de resistencia que es duradero. Se dice que sólo existe corriente eléctrica desde el momento en que ocurre tensión eléctrica o diferencia de potencial. Sin embargo, esta tensión eléctrica tiende a desaparecer rápidamente, pues los "cuerpos" entran en un estado de equilibrio, y como los generadores eléctricos están diseñados para prolongar la tensión eléctrica por un período de tiempo mayor hace que la corriente eléctrica pueda existir y continúe estable para el mantenimiento de los equipos en adecuado funcionamiento (Grupel S.A. – energy everywhere, 2020).

Los generadores de corriente eléctrica tienen dos polos distintos, el polo positivo que se caracteriza por su permanente falta de electrones y el polo negativo que es el opuesto, caracterizado por un exceso de electrones permanente (Grupel S.A. – energy everywhere, 2020).

Los generadores de corriente eléctrica se encuentran de diferentes tipos de acuerdo a su funcionamiento: **Generadores mecánicos** (Estos generadores recurren a la energía mecánica para activar el funcionamiento del mismo; estos presentan una capacidad de transformación de energía superior a los existentes, además de ser los más eficientes y diversificados),

**Generadores solares** (Son generadores que captan la energía solar para transformarla en energía eléctrica y pueda ser utilizada en los más diversos equipos y en nuestras actividades diarias),

**Generadores térmicos** (Este tipo de generadores convierte directamente la energía proveniente del calor para transformarla en energía eléctrica) y **Generadores químicos** (Su función es transformar la energía que se genera en las diferentes reacciones químicas en energía eléctrica).

Un ejemplo de este tipo de generadores son las baterías) (Grupel S.A. – energy everywhere, 2020).

Como se puede evidenciar, existen diferentes tipos de generadores de corriente eléctrica bastante característicos, los cuales son capaces de convertir energía solar, térmica, mecánica o química en energía eléctrica. De esta manera, se consigue energía reutilizable que asegurará el funcionamiento de los equipos que desea mantener activos y el mejoramiento del medio ambiente (Grupel S.A. – energy everywhere, 2020).

**Caudal.** El caudal de una fuente superficial nos representa el volumen de agua que pasa por una sección determinada ya sea de una quebrada, río o arroyo en un tiempo determinado. Para determinar el caudal de una fuente hídrica existen diferentes métodos o aforos, los cuales su elección de aplicación depende del objetivo de estudio, el tiempo con que se cuente y la facilidad de acceso a la fuente superficial además de las características que presente la misma (González & Ramírez, 2014).

(González & Ramírez, 2014). “Entre los diversos tipos de aforo de caudal se encuentra: medición de caudal por el método volumétrico y medición de caudal por el método área-velocidad o flotadores”.

**Oxígeno disuelto (OD).** Es la cantidad de oxígeno que esta disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuan contaminada está el agua y cuan bien puede dar soporte esta agua a la vida

vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígenos son demasiados bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir (Pulla, 2007).

**Salto neto.** El salto es la otra magnitud fundamental para el diseño de una minicentral hidroeléctrica. Deberá ser el máximo permitido por la topografía del terreno, teniendo en cuenta los límites que marcan la afección al medio ambiente y la viabilidad económica de la inversión. Se puede estimar el salto bruto mediante un plano topográfico. No obstante, para una determinación más correcta y exacta es necesario realizar un levantamiento topográfico de la zona (CASTRO, 2006).

#### **2.4. Marco legal**

**Constitución política de Colombia de 1999.** En su Artículo 79 nos dice que “todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano, la ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo, es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”

**Artículo 80.** “El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y

exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas”.

**Decreto ley 2811 de 1974.** “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”.

**Artículo 75.** “Para prevenir la contaminación atmosférica se dictarán disposiciones concernientes a: La calidad que debe tener el aire, como elemento indispensable para la salud humana, animal o vegetal; El grado permisible de concentración de sustancias aisladas o en combinación, capaces de causar perjuicios o deterioro en los bienes, en la salud humana, animal y vegetal; Los métodos más apropiados para impedir y combatir la contaminación atmosférica; la contaminación atmosférica de origen energético, inclusive la producida por aeronaves y demás automotores; Restricciones o prohibiciones a la importación, ensamble, producción o circulación de vehículos y otros medios de transporte que alteren la protección ambiental, en lo relacionado con el control de gases, ruidos y otros factores contaminantes; La circulación de vehículos en lugares donde los efectos de contaminación sean más apreciables; El empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones a niveles permisibles; Establecimiento de estaciones o redes de muestreo para localizar las fuentes de contaminación atmosférica y detectar su peligro actual o potencial”.

**Ley 1715 de 2014.** “Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional”. Dicha ley tiene por objeto principal “Promover el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales de energía

principalmente aquellas de I carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta a la demanda”.

**Decreto 2492 de 2014.** “Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda”.

**Decreto 2469 de 2014.** “Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración”

**Decreto 2143 de 2015.** “Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014.”

**Decreto 1623 de 2015.** “Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas”

**Resolución Ministerio de Ambiente 1312 de 11 agosto de 2016.** “Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental y se toman otras determinaciones”.

**Resolución Ministerio de Ambiente 1283 de 8 agosto de 2016.** “Por la cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables – FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones”

**Decreto 348 de 2017.** “Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala”.

**Resolución Ministerio de Ambiente 1988 de 2017.** PAI 2017 – PROURE (Programas para Exclusión IVA)

**Resolución Ministerio de Ambiente 2000 de 2017** (Procedimiento ante ANLA para exclusión de IVA)

**Decreto 1543 de 2017** “Por el cual se reglamenta el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía, Fenoge”

**Resolución CREG 201 de 2017** “Por la cual se modifica la Resolución CREG 243 de 2016, que define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas”

**Decreto 570 de 2018** “Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con los lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica y se dictan otras disposiciones”

**Resolución CREG 038 de 2018.** “Por la cual se regula la actividad de autogeneración en las zonas no interconectadas y se dictan algunas disposiciones sobre la generación distribuida en las zonas no interconectadas”

## Capítulo 3. Diseño Metodológico

### 3.1. Tipo de Investigación

Teniendo en cuenta que la presente investigación tiene como propósito evaluar el sistema energético alternativo actual para optimizar su rendimiento y cobertura en la comunidad Vega de Oriente del corregimiento La Cecilia, del municipio de Teorama N. De S se utilizará una metodología mixta debido a que para el desarrollo de la investigación se basará en la metodología cualitativa, cuantitativa y por comparación.

La metodología cualitativa “Este tipo de estudio usualmente se basa en describir el comportamiento del medio para entender la realidad social, su objetivo primordial es entender el contexto de los acontecimientos” (Rodríguez, 2011), de esta manera se utilizarán los datos obtenidos en la recolección de información haciendo un recorrido a lo largo del tramo en estudio, además, de los datos históricos recolectados; con esta información se realizara los respectivos análisis y así obtener resultados que nos llevarán a dar conclusiones y generar la optimización del sistema energético actual de esta comunidad.

La metodología cuantitativa “Este tipo de metodología se relaciona en términos de conteos y métodos matemáticos, en este método se seleccionan casos o unidades para medir las diferentes variables en un contexto” (Sampieri, 2018), mediante esta metodología se recolectaran datos numericos sobre el comportamiento de la energia generada por las picocentrales

hidroeléctricas, para así definir el consumo por vivienda y así poder elaborar la optimización y el mejoramiento en el consumo de energía.

La metodología comparativa “El método comparativo es un método para confrontar dos o varias propiedades enunciadas en dos o más objetos, en un momento preciso o en un arco de tiempo más o menos amplio. De esta manera se comparan unidades geopolíticas, procesos, e instituciones, en un tiempo igual o que se lo considera igual” (Tonon, 2011), de acuerdo a esta metodología se compararán los datos obtenidos en los resultados con datos expuestos por otros proyectos que serán de gran importancia para la evaluación y análisis del proyecto. De esta forma con este trabajo y este tipo de investigación se dará una perspectiva más clara en cómo se comporta la picocentral hidroeléctrica instalada en la vereda Vegas de Oriente para así desarrollar una evaluación del sistema energético alternativo actual y elaborar una propuesta de optimización para ampliar su cobertura en esta comunidad.

### **3.2. Población**

La población con la cual se va a trabajar durante la investigación está conformada por la comunidad de la Vereda Vegas de Oriente, quienes suministrarán a partir de entrevistas y listas de chequeo la información necesaria para el objeto de estudio.

### **3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de la información**

Se realizará una observación de campo la cual se define como “una técnica de recolección de datos que permite acumular y sistematizar información sobre un hecho o fenómeno social que tiene relación con el problema que motiva la investigación” (Sanjuan, 2011).

Para la recolección de datos relacionados con el desempeño de las picocentrales hidroeléctricas se realizará una serie de visitas a campo en las cuales se realizarán entrevistas a personas que hacen parte del corregimiento, por medio de las cuales se formulará un diagnóstico de las condiciones físicas del sistema energético actual, para esto se tomará información primaria y secundaria, priorizando la información suministrada por la comunidad de la Vereda Vegas de Oriente.

Por otra parte, para la recolección de datos relacionados con la condición ambiental, se obtendrá a partir de información primaria, donde se tomarán datos relacionados con: generación de ruido, potencial eléctrico, estado del paisaje, así como las condiciones de fauna y flora, que servirán posteriormente como soporte a la identificación de impactos ambientales.

Además, para determinar el potencial eléctrico de la picocentral hidroeléctrica se determinará el voltaje de energía que producen los generadores, además se determinará el caudal de ingreso a los generadores con el fin de conocer el comportamiento y el funcionamiento de la máquina.

### **3.4. Instrumentos**

- Sonómetro (decibeles x)
- Pinzas voltiamperimétricas
- Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
- Cronómetro

- Cámara
- Cinta métrica
- Software de aplicación

## Capítulo 4. Resultados y discusión

### 4.1 Diagnóstico del sistema energético alternativo actual.

Para la realización de diagnóstico del sistema energético alternativo actual de la vereda Vegas de Oriente se determinó mediante la recopilación de información, datos de caudal, datos topográficos, diseño del sistema energético, caudal de inyección, y el potencial a instalar y producir.

**4.1.1. Recopilación de información.** La cual consistió en buscar información acerca de los sistemas hidroenergético a nivel nacional e internacional, además se consultó diversos trabajos y proyectos asociados al estudio y generación de sistemas de energía eléctrica por medio de hidro generadores y, el uso de los mismos en cuanto al transporte de la anergia eléctrica generada, para el abastecimiento de las pequeñas comunidades que no cuentan con energía eléctrica convencional.

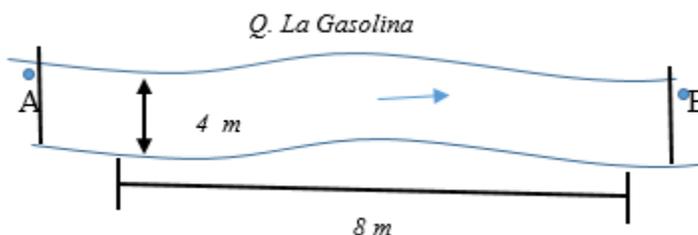
La energía eléctrica no se puede almacenar, debe ser consumida al mismo instante en el que se produce. Esto significa que se debe conocer en todo momento la cuantía, en la que va hacer requerida o al menos tener una previsión los más aproximada posible, para estar en condiciones de generarlas. En este ajuste continuo de la producción de la demanda es necesaria disponer de centrales cuya potencia puedan ser fácilmente regulables, con una gran facilidad de operación. Las centrales hidroeléctricas presentan estas características, jugando un papel muy importante para las poblaciones que no cuentan con el servicio de energía eléctrica.

La electricidad es una forma de energía basada en que la materia posee cargas eléctricas positivas y negativas. Cuando varias cargas eléctricas están en reposo relativo, se ejercen entre ellas fuerzas electrostáticas. Cuando las cargas están en movimiento relativo, se establece una corriente eléctrica (la electricidad ya no es estática) y se crean además campos magnéticos (Energía y Sociedad, 2020).

Los parámetros básicos que permiten cuantificar esta forma de energía son: la tensión o voltaje (que se mide en voltios, V), la corriente o intensidad eléctrica (que se mide en amperios (A), la potencia eléctrica (que se mide en vatios, W) y la energía eléctrica producida/consumida (que se mide en vatios-hora, Wh). A partir de estas unidades de medida básicas, se definen sus múltiplos, que son más utilizados en la práctica: kilovoltios (kV), kiloamperios (kA), kilovatios (kW), gigavatios (GW), gigavatios-hora (GWh) (Energía y Sociedad, 2020).

**4.1.2. Datos de caudales.** Esta actividad se llevó a cabo mediante la realización de aforos de caudal a lo largo de la Quebrada la Gasolina de la vereda Vegas de Oriente del municipio de Teorama por el método del flotador.

#### Tramo de estudio del rio la Gasolina.

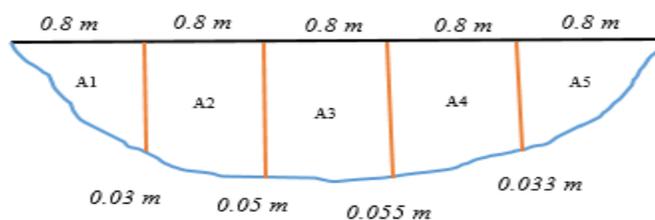


**Figura 1.** Tramo de la quebrada la gasolina.  
Fuente. Autores del proyecto

Este método consistió en identificación de un tramo del río en que la lámina de agua fuera lo más pareja posible, es decir, que tuviera un ancho similar hacia lo largo del afluente y una profundidad parecida en cada uno de los puntos referenciados, el cual nos facilitó para desarrollo del mismo.

Luego identificamos la zona de estudio marcando los puntos A y B para la toma del tiempo del recorrido del flotador, además de lo anterior se miden las dimensiones de ancho y largo teniendo en cuenta la totalidad de la lámina de agua del afluente.

**Área de corte o sección transversal del río.** Seguidamente procedimos a graficar los datos obtenidos en campo con respecto al área de corte en el río, con sus debidas longitudes y dimensiones. Ver figura (2)



**Figura 2.** Sección trasversal de la Quebrada la Gasolina.  
Fuente. Autores del proyecto

### Cálculo del área del río.

#### Cálculo del área (A1)

$$A1 = (L * H) \div 2$$

$$A1 = (0.8m * 0.03m) \div 2$$

$$A1 = 0.012 m^2$$

Ecu. 1

$$A1 = (L * H) \div 2$$

A1 = Área 1

L = Ancho de la sección

H = Altura de la sección

**Cálculo del área (A2)**

$$A2 = \{(H_1 + H_2) * L\} \div 2$$

$$A2 = \{(0.03m + 0.05m) * 0.8m\} \div 2$$

$$A2 = 0.032m^2$$

Ecu. 2

$$A2 = \{(H_1 + H_2) * L\} \div 2$$

A2= Área 2

L= Ancho de la sección

H<sub>1</sub>= Altura de la sección

H<sub>2</sub>= Altura de la sección

**Cálculo del área (A3)**

$$A3 = \{(H_1 + H_2) * L\} \div 2$$

$$A3 = \{(0.05m + 0.055m) * 0.8m\} \div 2$$

$$A3 = 0.042m^2$$

Ecu. 3

$$AT = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

AT= Area Total

A1= Area 1

A2= Area 2

A3= Area 3

A4= Area 4

A5= Area 5

**Cálculo del área (A4)**

$$A4 = \{(H_1 + H_2) * L\} \div 2$$

$$A4 = \{(0.055m + 0.033m) * 0.8m\} \div 2$$

$$A4 = 0.035m^2$$

**Cálculo del área (A5)**

$$A5 = (L * H) \div 2$$

$$A5 = (0.8m * 0.033m) \div 2$$

$$A5 = 0.013 m^2$$

**Área total (AT)**

$$AT = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$AT = 0.012 m^2 + 0.032 m^2 + 0.042 m^2 + 0.035 m^2 + 0.013 m^2$$

$$AT = 0.134 m^2$$

**Velocidad promedio.** Esta actividad se realizó por medio de un flotador (esfera de icopor) el cual tiene un diámetro de 41 cm, en donde fue lanzada 4 veces en dirección del agua desde el punto A hacia el punto B, determinando el tiempo de su recorrido en sus 4 lanzamientos. Todo lo anterior se hizo con el fin de comprobar el tiempo que será necesario para la determinación de la velocidad promedio del río. Obsérvese la tabla (1)

**Tabla 1.**

*Tabulación de datos de los lanzamientos del flotador*

Lanzamiento	Tiempo (sg)
1	8.350
2	8.050
3	7.500
4	8.200
Tiempo promedio	8.025

**Nota.** Respectivos lanzamientos del flotador (pelota de icopor) y su tiempo en cada lanzamiento.  
Fuente. Autores del proyecto

### Cálculo de la velocidad promedio

$$VP = D \div t$$

$$VP = 8m \div 8.025sg$$

$$VP = 0.99m/sg$$

Ecu. 4  
 $VP = D \div T$   
 VP= Velocidad promedio  
 D= Distancia del recorrido  
 t = Tiempo promedio

**Cálculo del caudal.** Se determinó multiplicando el área de corte por la velocidad promedio, después se le multiplica un coeficiente de fricción del suelo, ya que, el suelo del afluente no es uniforme por tal razón se le debe de agregar el coeficiente correspondiente.

$$Q = AT * VP$$

$$Q = 0.134m^2 * 0.99m/sg$$

$$Q = 0.132 m^3/sg$$

$$Q = 0.132 m^3/sg * 0.8$$

$$Q = 0.1m^3/sg$$

Ecu. 5  
 $Q = AT * VP$   
 AT= Area Total  
 VP= Velocidad Promedio  
 Coeficiente de fricción del suelo= 0.8

**4.1.3. Datos topográficos.** Para esta actividad se hace un recorrido por toda el área, iniciando desde el punto de retención de agua, donde se genera la energía del sistema hasta llegar a los puntos de entrada que serían las viviendas. También se tomó coordenadas de cada una de las viviendas donde se está llevando la energía eléctrica; a su vez se procesaron los datos en un sistema de información geográfica (AUTOCAD), donde se obtuvieron los siguientes datos reunidos en la tabla (2).

**Tabla 2.**

*Coordenadas geográficas del sistema energético*

Descripción	Coordenadas
Finca de Doña Nelly	1103006 – 1453244
Finca de Don Luis	1103407 – 1453143
Finca de Don Fraine	1103076 – 1453286
Finca del papa de doña Nelly	1102635 – 1453507
Finca de Don Reinaldo Cáceres	1102748 – 1453322
Finca del Señor Amadeo	1102830 – 1453701
Punto de captación del agua	1102335 – 1453603
Punto de instalación de la Pelton	1102583 – 1453433

**Nota.** Coordenadas geográficas del sistema energético alternativo de la vereda Vegas de Oriente. Fuente. Autores del proyecto

Por su parte se ha desarrollado mediante la utilización de herramienta AutoCad un plano del sistema hidroeléctrico, identificando aspectos generales como afluentes, viviendas, dimensiones o distancias en metros, ubicación de beneficiarios con su respectiva localización. Observase figura (3).



**Figura 3.** Salida gráfica del sistema energético Vegas de Oriente.  
Fuente. Autores del proyecto

**4.1.4. Diseño del sistema energético (potencial eléctrico).** Aquí se realizan los cálculos para determinar cuánto se genera de energía (disponibilidad energética) y los elementos necesarios para la transmisión y control de la misma.

**Determinación del Salto neto ( $H_b$ ).** Para determinar el salto neto se tomaron alturas geográficas de los puntos claves del sistema, tales como, el punto de bocatoma, la casa de máquina y punto de descarga del agua al río. Véase la tabla (3)

**Tabla 3.***Alturas geográficas del sistema*

Punto	m.s.n.m.
Bocatoma	854
Casa de maquina	795
Punto de descargue del agua al rio	794

**Nota.** Alturas geográficas relacionadas con el cálculo de la potencia de la picocentral hidroeléctrica.  
Fuente. Autores del proyecto

Seguidamente se determinó el salto bruto (Ecu. 6), su resultado será importante en el cálculo de las pérdidas de carga (Ecu. 8). También se determinó el salto útil (Ecu. 7) con el objetivo de calcular junto con las pérdidas de carga el salto neto (Ecu. 9); dando como resultado un salto neto de 54.8 m, dato necesario para establecer la potencia de la máquina, en este caso, una picocentral hidroeléctrica calculada con la (Ecu. 11).

Salto bruto

$$Hb = (Bc - Pd) \text{ m}$$

$$Hb = (871 - 794) \text{ m}$$

$$Hb = 77 \text{ m}$$

Ecu. 6

$$Hb = (Bc - Pd) \text{ m}$$

Hb= Salto bruto  
Bc= Altura de bocatoma  
Pd= Punto de descargue del agua al rio

Salto útil

$$Hu = Bc - Cm$$

$$Hu = (871 - 795) \text{ m}$$

Ecu. 7

$$Hu = Bc - Cm$$

Hu= Salto útil

Bc= Altura de bocatoma  
Cm= Altura de Casa de Maquina

$$H_u = 76m$$

Perdidas por Cargas

$$H_p = H_b * 7\%$$

$$H_p = 77m * 7\%$$

$$H_p = 5.39m$$

<p>Ecu. 8</p> <p><math>H_p = \text{Perdidas de Carga}</math></p> <p><math>H_p = H_b * 7\%</math></p> <p><math>H_b = \text{Salto bruto}</math></p>
---

Salto neto

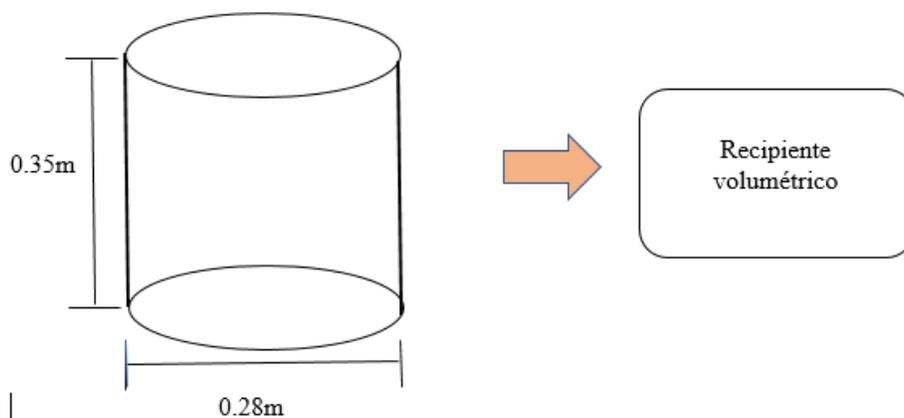
$$H_n = H_u - H_p$$

$$H_n = 76m - 5.39m$$

$$H_n = 70.61m$$

<p>Ecu. 9</p> <p><math>H_n = H_u - H_p</math></p> <p><math>H_n = \text{Salto neto}</math></p> <p><math>H_u = \text{Salto útil}</math></p> <p><math>H_p = \text{Perdidas por Cargas}</math></p>
--

**4.1.5. Caudal de inyección.** Se realizó por el método volumétrico (Ver figura 4), el cual se deposita agua a un recipiente con su respectivo volumen en caso de no saber el volumen del recipiente se calcula con la ecuación. 10, también se toman diferentes tiempos respectivos (Ver tabla 4) al llenado del recipiente, esto se realiza varias veces con el fin de determinar el tiempo promedio del llenado del recipiente. Así mismo se determinó el caudal con la ecuación.12.



**Figura 4.** Esquema de las dimensiones del recipiente que se escogió para medir el caudal de inyección por el método volumétrico

Fuente. Autores del proyecto

Volumen del recipiente

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$V = \pi * 0.14m^2 * 0.35m$$

$$V = 0.021m^3$$

Ecu. 10

$$V = \pi * r^2 * h$$

V= Volumen

r = Radio

h= Altura

**Tabla 4.**

*Tiempo promedio*

Numero de intentos	Tiempo seg
1	2.55
2	2.65
3	2.60
Tiempo promedio	2.60

**Nota.** Tabulación de intentos de medición de caudal y respectivos tiempos. Fuente. Autores del proyecto

### Caudal de inyección

$$Q = V \div t$$

$$Q = 0.021m^3 \div 2.60seg$$

$$Q = 8 \times 10^{-3} m^3/seg$$

Ecu.11

$$Q = V \div t$$

Q= Caudal

V= Volumen

t= Tiempo

### Potencia a instalar y a producir

$$P = 9.81m/s^2 * Q * Hn * e$$

$$P = 9.81 * 8 \times 10^{-3} m^3/seg * 70.61m * 0.85$$

$$P = 4.7 kW/seg$$

Ecu.12

$$P = 9.81m/s^2 * Q * Hn * e$$

P= Potencia

Q = caudal m<sup>3</sup>/sg

Hn = Salto neto

e = Factor de eficiencia de la maquina = 0.85

**4.1.6. Determinación de la carga eléctrica suministrada a las viviendas.** En esta actividad se realizan los cálculos para la determinación de las cargas eléctricas que se suministra a las viviendas teniendo en cuenta el número y tipo de electrodomésticos que utilizan en cada una de las viviendas y el tiempo de uso. Para ello se identificara la cantidad en vatios (W) que requiere las viviendas para el uso de sus electrodomésticos (Ver tabla 5) y actividades diarias, el cual nos indicó que en promedio para las 6 viviendas que utilizan el sistema energético es de 0.5 kW/día, proyectando un resultado de 6.39 kW/ día de todas las viviendas del sistema energético, posteriormente se convertirá ese potencial en kW/año en donde el resultado fue 2332.35

kW/año, lo que indica que este potencial energético que hallamos es el adecuado para este tipo de sistema energético alternativo, pero cabe resaltar que en él se encuentran pérdidas considerables por el mal estado de las líneas, y de su mala distribución.

Por otro lado, se determinó la energía consumida ( Ver tabla 6, 7, 8, 9, 10 y 11) en (kW/h), (kW/mes) y (kW/año) por los artefactos eléctricos que componen las 6 viviendas por medio de la ecuacion.13, esto con el objetivo de tener una idea más clara del potencial requerido anual por el sistema energético alterativo (Ver tabla 12), es importante aclarar que la energía consumida varía según la calidad del electrodoméstico y con mayor relevancia el tiempo de uso en horas que se le hace a al artefacto.

Ecu. 13

$$\text{kW/h} = \text{kW} * t$$

kW/h= Consumo Energético

kW= kilo Watt del artefacto

t= Tiempo de uso (h)

Ecu. 14

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

Conversión equivalente del sistema

**Tabla 5.**

*Electrodomésticos con sus respectivos potenciales eléctricos*

Electrodoméstico	Potencial W	Potencial kW
Bombillas incandescentes	100	0,1
Bombillas Led Ahorradora	20	0,02
Bombillas Fluorescentes	40	0,04
Plancha	1000	1
Televisor 20"	100	0,1
Radiograbadora	30	0,03
DVD	20	0,02
Equipo de Sonido	80	0,08
Licuadora	300	0,3

Tabla 5. Continuación

Refrigerador	350	0,35
Ventilador	50	0,05
Lavadora	500	0,5
Computadora	300	0,3
Radio reloj	10	0,01
Ducha Eléctrica	3500	3,5
Batidora	200	0,2
Microondas	1100	1,1
Congeladora	350	0,35
Electrobomba 1HP	746	0,746
Cafetera	800	0,8
Aspiradora	600	0,6
Secadora	1200	1,2
Cocina de Horno	7000	7
1	W	1000 kW

**Nota.** Para la identificación del potencial por cada electrodoméstico nos basamos en la guía para calcular el consumo eléctrico doméstico. Fuente. Autores del proyecto

**Tabla 6.***Clasificación del Potencial Requerido para la Vivienda 1*

Vivienda	Aparatos eléctricos	Potencia kW	Tiempo h	Consumo energético kW/h
Doña Nelly	7 bombillas led (12w)	0.084	8.00	0.672
	Televisor	0.100	8.00	0.800
	Licuada	0.300	0.33	0.100
	Nevera	0.350	24.00	8.400
	Lavadora	0.500	0.27	0.135
	Equipo de sonido	0.080	4.00	0.320
Total	6	1.414	46.33	10.427

**Nota.** Esta tabla muestra el potencial que requiere cada uno de los electrodomésticos utilizados en la vivienda de acuerdo con su tiempo de uso. Fuente. Autores del proyecto

**Tabla 7.***Clasificación del Potencial Requerido para la Vivienda 2*

Vivienda	Aparatos eléctricos	Potencia kW	Tiempo h	Consumo energético kW/h
Don Luis	7 bombillas led(12w)	0.084	8.00	0.672
	Televisor	0.100	8.00	0.800
	Licuada	0.300	0.33	0.100
	Nevera	0.350	24.00	8.400
	Lavadora	0.500	0.27	0.135
	Equipo de sonido	0.080	4.00	0.320
Total	6	1.414	46.33	10.427

**Nota.** Esta tabla muestra el potencial que requiere cada uno de los electrodomésticos utilizados en la vivienda de acuerdo a su tiempo de uso. Fuente. Autores del proyecto

**Tabla 8.***Clasificación del Potencial Requerido para la Vivienda 3*

Vivienda	Aparatos eléctricos	Potencia kW	Tiempo h	Consumo energético kW/h
Don Fraine	6 bombillas led (12w)	0.072	8.00	0.556
	Televisor	0.100	8 .00	0.800
	Licuadaora	0.300	0.33	0.100
	Nevera	0.350	24.00	8.400
	Lavadora	0.500	0.27	0.135
Total	5	1.322	42.33	9.991

**Nota.** Esta tabla muestra el potencial que requiere cada uno de los electrodomésticos utilizados en la vivienda de acuerdo a su tiempo de uso. Fuente. Autores del proyecto

**Tabla 9.***Clasificación del Potencial Requerido para la Vivienda 4*

Vivienda	Aparatos eléctricos	Potencia kW	Tiempo h	Consumo energético kW/h
Padre de Doña Nelly	5 bombillas led (12w)	0.06	8.00	0.48
	Televisor	0.10	8 .00	0.80
	Licuadaora	0.30	0.33	0.10
	Nevera	0.35	24.00	8.40
Total	4	0.81	40.33	9.78

**Nota.** Esta tabla muestra el potencial que requiere cada uno de los electrodomésticos utilizados en la vivienda de acuerdo a su tiempo de uso. Fuente. Autores del proyecto

**Tabla 10.***Clasificación del Potencial Requerido para la Vivienda 5*

Vivienda	Aparatos eléctricos	Potencia kW	Tiempo h	Consumo energético kW/h
Don Reinaldo Cáceres	5 bombillas led (12w)	0.06	8.00	0.48
	Licuadaora	0.30	0.33	0.10
	Nevera	0.35	24.00	8.40
	Radiograbadora	0.03	10.00	0.30
Total	4	0.74	42.33	9.28

**Nota.** Esta tabla muestra el potencial que requiere cada uno de los electrodomésticos utilizados en la vivienda de acuerdo a su tiempo de uso. Fuente. Autores del proyecto

**Tabla 11.**  
*Clasificación del Potencial Requerido para la Vivienda 6*

Vivienda	Aparatos eléctricos	Potencia kW	Tiempo h	Consumo energético kW/h
Señor Amadeo	4 bombillas led (12w)	0.0480	8.00	0.384
	Licuada	0.300	0.33	0.100
	Nevera	0.350	24.00	8.400
Total	3	0.690	32.33	8.884

**Nota.** Esta tabla muestra el potencial que requiere cada uno de los electrodomésticos utilizados en la vivienda de acuerdo a su tiempo de uso. Fuente. Autores del proyecto

**Tabla 12.**  
*Potencial total del sistema energético alternativo en kW/año*

Vivienda	Consumo Energético kW/h	Consumo Energético kW/mes	Consumo Energético kW/año
Doña Nelly	10.427	312.81	3805.855
Don Luis	10.427	312.81	3805.365
Don Fraine	9.991	299.73	3646.715
Padre de Doña Nelly	9.780	293.40	3569.700
Don Reinaldo Cáceres	9.280	278.40	374.280
Don Amadeo	8.884	266.52	3242.660
Total	58.789	1763.67	21457.985

**Nota.** Se muestra los diferentes potenciales requeridos por cada vivienda del sistema expresado al final en kW/año, dato importante en el desarrollo del trabajo. Fuente. Autores del proyecto

**4.1.7 Característica del estado actual de la estructura de soporte.** En esta actividad pudimos observar que la estructura de soporte se encuentra en pésimas condiciones y en algunos casos utilizan arboles como estructura de soporte, donde presenta perdidas al sistema y a la vez genera impacto ambiental a causa de la cantidad de energía eléctrica que circula por las líneas, además no cuenta con resistencias adecuadas que eviten la perdida de la energía eléctrica que proviene de los generadores. Por lo anterior se ve la necesidad de capacitar a la comunidad sobre la adecuada instalación de la estructura de soporte y además se les enseña el cómo pueden fabricar su propia estructura para eliminar o cambiar toda esa estructura que se encuentra en malas condiciones. Ver apéndice B.

**4.1.8 Características del estado actual de las líneas de transmisión.** Este sistema de transmisión de energía eléctrica que cuenta la comunidad Vegas de Oriente se encuentra en malas condiciones debido a que las líneas de transmisión de la energía están en mal estado; algunas presentan rupturas, y otras no tienen un adecuado empalme en cuanto a la unión entre ellas para así llegar al punto indicado y además el calibre utilizado para este tipo de sistema eléctrico no es el adecuado de acuerdo a lo que estipula El Reglamento Técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) (Mejia Castro, 2004). Ver apéndice B y E.

**4.1.9 Verificación de la calidad de los aparatos eléctricos de las viviendas.** Para determinar la calidad de los electrodomésticos nos basamos en la guía para calcular el consumo eléctrico domestico estipulada por (Osinerg) Organismo Superior de la inversión de la Energía, donde relacionamos cada electrodoméstico encontrado en las viviendas del sistema y determinamos el potencial que se requiere cada artefacto para su utilización, además se determinó el potencial total por vivienda demandado.

**Tabla 13.**

*Potencial energético por vivienda según los electrodomésticos*

Aparatos eléctricos	Potencia w/día
Bombillas led (12w)	12
Televisor	60
Licuadaora	150
Nevera	250
Equipo de sonido	60
Total	532

**Nota:** Se ilustra los diferentes potenciales de cada electrodoméstico basados en la guía para cálculo el consumo eléctrico doméstico. Fuente. Autores del proyecto

Con la tabla de consumo y con la ayuda de un Tester de red pudimos determinar que los aparatos con los que cuenta cada una de las familias de la vereda Vegas de Oriente están en

perfecto estado y son aptos para su conexión ante el potencial que emite el hidrogenerador eléctrico. Así mismo es importante resaltar que la cantidad de energía suministrada de la picocentral hacia el sistema depende del potencial del generador eléctrico, en este caso para este sistema la Pelton puede emitir hasta 5000 W o 5 kW por segundo.

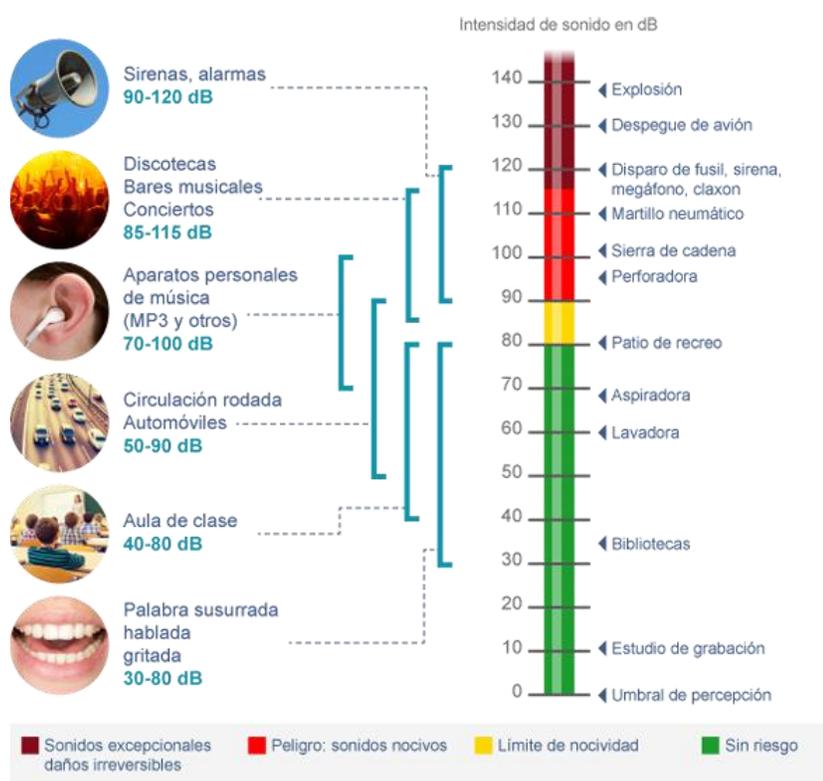
**4.1.10 Característica de los circuitos eléctricos instalados en las viviendas.** Los circuitos eléctricos implementados en cada una de las viviendas se encontraron en malas condiciones (ver apéndice E), con una inadecuada distribución y no están instalados adecuadamente para un buen funcionamiento de los equipos o aparatos utilizados en el sistema.

Para un buen sistema de transmisión de energía eléctrica es necesario que las líneas estén ubicadas adecuadamente, para ello se deben distribuir por ductos por medio de las paredes. Además el sistema o circuito eléctrico debe cumplir con los requisitos que estipula la norma RETIE, la cual indica que el circuito debe ser en paralelo, y debe estar oculto por medio de ductos y, sus accesorios deben ser certificados para mayor seguridad de la población en general (Mejía Castro, 2004).

**4.1.11 Verificación de niveles de ruido.** Para la determinación del nivel de ruido de la picocentral hidroeléctrica utilizamos la aplicación (Decibel x), la cual nos indicó que los decibeles de la maquina eran de 70 dB (z), esta aplicación fue optada debido a que fue imposible utilizar el equipo adecuado para este proceso, el sonómetro es el instrumento más preciso y viable para determinar la contaminación acústica, por problemas de orden público en la zona fue imposible el traslado de dicho instrumento. Por tal razón elegimos buscar la mejor aplicación

(app) en la web que calcule la contaminación acústica con el objetivo de tomar como siempre los datos más acertados y verídicos para el buen desarrollo del mismo.

Además, es importante saber que el ruido producido por esta picocentral se puede tener una semejanza a la aspiradora eléctrica, ya que, el sonido emitido por este elemento es parecido en su intensidad y frecuencia, este dato se precisa para imaginarnos de una manera más particular el sonido que esta picocentral hidroeléctrica genera.



**Figura 5.** Escala de intensidades sonoras.

**Fuente.** Adaptado de Neur Oreille: (<http://www.cochlea.org/es/>)

**Determinación del tiempo de uso.** Para determinar el tiempo de uso acudimos a la experiencia vividas por parte de la comunidad y al conocimiento empírico que los campesinos expresan. Ellos aseguran que esta máquina picocentral hidroeléctrica existe en su comunidad

hace 12 años, en donde han fluctuado sus beneficios como uno de los mejores avances en pro de su desarrollo comunitario y personal.

**4.1.12 Aspectos ambientales de una picocentral hidroeléctrica.** La identificación y evaluación de los aspectos ambientales significativos en este proyecto, en cuanto a la generación de emisiones de CO<sub>2</sub> serán relevantes para determinar el impacto que se dejaría de emitir a la capa de ozono.

La generación de energía eléctrica a partir del agua, minimiza en gran medida la emisión de gases efecto invernadero (GEI), gases que contribuyen al calentamiento global, ya que sustituye las fuentes de energía contaminantes como por ejemplo los combustibles fósiles.

En Colombia el factor de emisión de CO<sub>2</sub> por generación eléctrica es de 164,38 gramos por kWh, en toneladas sería 0.00016438t de CO<sub>2</sub>, por kWh.

Estimando la generación de CO<sub>2</sub> que dejaría de emitir la PCH estudiada en este proyecto, tenemos que:

$$4.7kW \times 8760h = 41172 \text{ kWh al año}$$

$$0.00016438tCO_2 \longrightarrow 1KWh$$

$$x \longleftarrow 41172 \text{ kWh}$$

$$X = 6.67t \text{ de CO}_2 \text{ al año}$$

Se dejarían de emitir a la atmosfera 6.67t de CO<sub>2</sub> por la generación de energía eléctrica a través de un sistema hidroenergético autónomo como lo son las PCH.

**Aspectos legales y beneficios monetarios.** La Creciente preocupación por el aumento progresivo del calentamiento global a causa de las emisiones de CO<sub>2</sub>, ha hecho que los organismos gubernamentales y otras entidades que proveen fondos para su disminución estén cada vez más trabajando en establecer fondos ambientales que estimulen el interés por desarrollar cada vez más proyectos de este tipo (Upme, 2015).

A nivel global también se ha creado el mercado del carbono con el propósito de minimizar las emisiones de GEI, este mercado permite obtener fondos para inversión a partir de la venta de Certificados de Reducción de Emisiones (CER's), los cuales se obtienen por la ejecución de proyectos que reduzcan las emisiones de GEI. Las PCH's son proyectos que aplican para la obtención de dichos certificados (Castañeda, 2017). De manera aproximada se realiza el cálculo de los ingresos que se pueden ganar por el desarrollo de la PCH.

Según el Sistema europeo de negociación de CO<sub>2</sub> (Sendeco2, 2021), el precio de los derechos de emisión (EUA) de CO<sub>2</sub> por tonelada es de \$142432,29, y de los certificados de reducción de emisiones (CER) es de \$15500,48.

Por lo tanto, para calcular los ingresos que se obtienen por la no generación de CO<sub>2</sub> a la atmosfera, se estimaran por la fórmula de ingresos, que está dada por la ecuación (Duque, Gonzales, Restrepo, & Vélez, 2016).

$$I = V \times P - T$$

En donde:

*I*: Ingresos CER\$.

*V*: Volumen de CER t CO<sub>2</sub>.

*P*: Precio del mercado CER\$/t CO<sub>2</sub>.

*T*: Costos de transacción.

$$I = 6.67t \text{ de } CO_2 \times 1977,60 - T$$

$$I = \$13190,6 - T$$

$$I = 13190,6 \text{ pesos} * -T \text{ (anuales)}$$

Los ingresos que se obtendrían por la utilización de estos sistemas de generación de energía eléctrica a base de la implementación de una picocentrales hidroeléctricas sería de 13190,6 pesos al año, siendo este un adicional de lo importante que es la utilización o generación de energías limpias alternativas.

**4.1.13. Análisis del precio unitario.** Para el análisis de los precios unitarios del sistema energético alternativo, se establecieron de acuerdo a cada una de las etapas de construcción del sistema energético; (bocatoma, casa de máquina, conducción e instalaciones internas), además se estableció el presupuesto detallado del sistema energético alternativo (ver tabla 18), el cual nos arrojó los siguientes datos,

**Tabla 14.***Análisis de Precio Unitario del Sistema de Tubería, Bocatoma y Desarenador*

Descripción	Unidad	Longitud (m)	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Manguera 3"	Metro	77	1	\$ 6.000	\$ 462.000
Unión 3"	Cantidad		2	\$ 50. 000	\$ 100.000
Filtro	Cantidad		1	\$ 200.000	\$ 200.000
Concreto Armado	Metro Cubico	2		\$ 400.000	\$ 400.000
Concreto Ciclópeo	Metro Cubico	0.3		\$ 400.000	\$ 120.000
Timbos 1000L	Metro Cubico		2	\$ 350.000	\$ 700.000
Accesorios	Cantidad			\$ 200.000	\$ 200.000
Mano de Obra	Cantidad		10	\$ 50.000	\$ 500.000
<b>Total</b>				<b>\$ 1,00.000</b>	<b>\$ 2,682.000</b>

**Nota.** Se ilustra la primera etapa de la construcción e instalación del Sistema de Tubería, Bocatoma y Desarenador de una Picocentral Hidroeléctrica. Fuente. Autores del proyecto

**Tabla 15.***Análisis de Precio Unitario de la Construcción de la Casa de Maquina*

Descripción	Unidad	Longitud (m)	Cantidad	Precio unitario	Costo Total
Concreto Armado	Metro Cubico		1	\$ 400.000	\$ 400.000
Mampostería	Metro Cubico		4	\$ 400.000	\$ 1,600.000
Ante piso	Metro Cubico		1	\$ 500.000	\$ 500.000
Equipo Electromagnético	Cantidad		1	\$ 7,854.000	\$ 7,854.000
Tablero de Control	Cantidad		1	\$ 450.000	\$ 450.000
Cubierta techo	Metro Cubico	3.05x80	5	\$ 55.000	\$ 225.000
Mano de Obra	Cantidad		2	\$ 2,000.000	\$ 4,000.000
<b>Total</b>					<b>\$ 15,029.000</b>

**Nota.** Se ilustra la segunda etapa de la construcción he instalación de la Casa de Maquinas de una Picocentral Hidroeléctrica. Fuente. Autores del proyecto

**Tabla 16.***Análisis de Precio Unitario de las Líneas de Transmisión Eléctrica e instalaciones residenciales*

Descripción	Unidad	Longitud (m)	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Cable Numero 8	Metro	15	6	\$ 70.000	\$ 420.000
Cable Numero 10	Metro	15	6	\$ 45.000	\$ 270.000
Alambre Numero 12	Metro	15	6	\$ 30.000	\$ 180.000
Alambre Numero 14	Metro	15	6	\$ 17.350	\$ 104.100
Cable ACSR Numero 4	Metro	1500	1	\$ 1.800.000	\$ 3,000.000
Instalaciones Internas en vivienda	Unidad		6	\$ 800.000	\$ 4,800.000
Estructura de Soporte (postes)	Unidad		30	\$ 500.000	\$ 15,000.000
Accesorios Eléctricos para Redes	Unidad		30	\$ 150.000	\$ 4,500.000
Mano de Obra	Unidad		6	\$ 900.000	\$ 5,400.000
<b>Total</b>					<b>\$ 33,674.100</b>

**Nota.** Se ilustra la tercera etapa de la construcción e instalación de las Líneas de Transmisión Eléctrica e instalaciones residenciales  
Fuente. Autores del proyecto

**Tabla 17.***Costo del mantenimiento del Sistema Hidroenergeticos*

Mantenimiento	Tiempo	Descripción	Costo Total
Rutinario	cada 15 días	Engrase de Balineras	
Técnico	cada 3 años	Cambio de Equipo u otro Elemento	1,000.000
<b>Total</b>			<b>1,000.000</b>

**Nota.** El costo del mantenimiento Rutinario se valoriza en cero, debido a que, este lo realizan los propietarios de la Pico central Hidroeléctrica, ellos se dividen el orden y frecuencia de mantenimiento. Fuente. Autores del proyecto

**Tabla 18.***Presupuesto Detallado*

Descripción	Valor Unitario
Zona de Bocatoma	\$ 2,682.000
Casa de Maquinas	\$ 15,029.000
Conducción de energía	\$ 33, 674.100
Mantenimiento	\$ 1,000.000
Total	\$ 52,385.100

**Nota.** Se ilustra el costo total detallado del Sistema Hidroeléctrico de energía alternativa en Vegas de oriente. Fuente. Autores del proyecto

#### **4.2. Evaluación de los impactos ambientales producto del funcionamiento del sistema energético autónomo implementado.**

Para la Evaluación de los impactos ambientales producto del funcionamiento del sistema energético autónomo implementado en la vereda vegas de oriente se implementa el método de Conesa Fernández, que nos permite identificar y valorar cuáles elementos internos son más sensibles al cambio, así como percibir cuáles acciones del proyecto son las causas o fuentes que más pueden incidir en la calidad ambiental del entorno; para ello se utilizan los sistemas de redes de interacción que son diagramas de flujo o redes en las que se establecen las relaciones causa-problema-efecto o impacto, y las interconexiones con y entre impactos primarios, secundarios, terciarios, etc. En estas se plasman las conexiones y vínculos de los efectos múltiples entre las acciones del proyecto y los componentes y factores ambientales afectados por el proyecto, incluyendo cualquier vínculo y enlace intermedio.

Las redes de interacción constituyen un medio útil para mostrar de manera simultánea los impactos directos e indirectos, interviniendo de manera ventajosa en la preparación de recomendaciones específicas para corregir y mitigar los impactos.

Para el análisis de los impactos obtenidos por las relaciones de causa problema-efecto se tienen en cuenta los siguientes criterios o atributos: Naturaleza (tipo o signo), intensidad, extensión o área de influencia, momento, periodicidad o probabilidad de ocurrencia, duración o persistencia, acumulación, tendencia o sinergia, reversibilidad y recuperabilidad o mitigabilidad; donde a cada uno de los atributos se le asigna una calificación numérica que corresponde a una valoración cualitativa, según se presenta a continuación.

#### 4.2.1. Rangos para el cálculo de la importancia ambiental.

CRITERIO/RANGO	CALIF.	CRITERIO/RANGO	CALIF.
<b>NATURALEZA</b>		<b>INTENSIDAD (IN)</b> (Grado de destrucción)	
Impacto benéfico	+	Baja	1
Impacto perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
<b>EXTENSIÓN (EX)</b>		<b>MOMENTO (MO)</b> (Plazo de manifestación)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio Plazo	2
Extensa	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
Crítica	(+4)		
<b>PERSISTENCIA (PE)</b>		<b>REVERSIBILIDAD (RV)</b>	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4

CRITERIO/RANGO	CALIF.	CRITERIO/RANGO	CALIF.
<b>SINERGIA (SI)</b>		<b>ACUMULACIÓN (AC)</b> (Incremento progresivo)	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
<b>EFEECTO (EF)</b>		<b>PERIODICIDAD (PR)</b>	
Indirecto (secundario)	1	Irregular o aperiódico o discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
<b>RECUPERABILIDAD (MC)</b>		<b>IMPORTANCIA (I)</b>	
Recuperable inmediato	1	$I = (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$	
Recuperable a medio plazo	2		
Mitigable o compensable	4		
Irrecuperable	8		

**Figura 6.** Rangos de Importancia Ambiental

Fuente. Autores del proyecto

**4.2.2. Ecuación método Conesa Fernández.** Para obtener una clasificación total de la importancia de la afectación para cada impacto del medio físico se aplica la ecuación propuesta por Conesa Fernández, según la cual la importancia (IP) ver figura (7):

### ECUACIÓN (IP)

$$IP = (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

IN = Intensidad

MO = Momento

RV = Reversibilidad

AC = Acumulación

PR = Periodicidad

EX = Extensión

PE = Persistencia

SI = Sinergia

EF = Efecto

MC = Recuperabilidad

POSITIVO	Sin considerar magnitud	(+/-)
IRRELEVANTE	inferiores a 25	
MODERADO	Entre 25 y 50	
SEVERO	Entre 51 y 75	
CRITICO	Superior a 76	

**Figura 7.** Ecuación Conesa Fernández

Fuente. Autores del proyecto

Es necesario resaltar que Conesa Fernández modifico la ecuación de importancia de afectación para el medio socio-económico, quedando como (IP) ver figura (8):

$$IP = +/- (3I + 2EX + PB + D + T + RV + MT)$$

D = Duración

EX = Extensión

PB = Probabilidad

I = Intensidad

RV = Reversibilidad

MT = Mitigabilidad

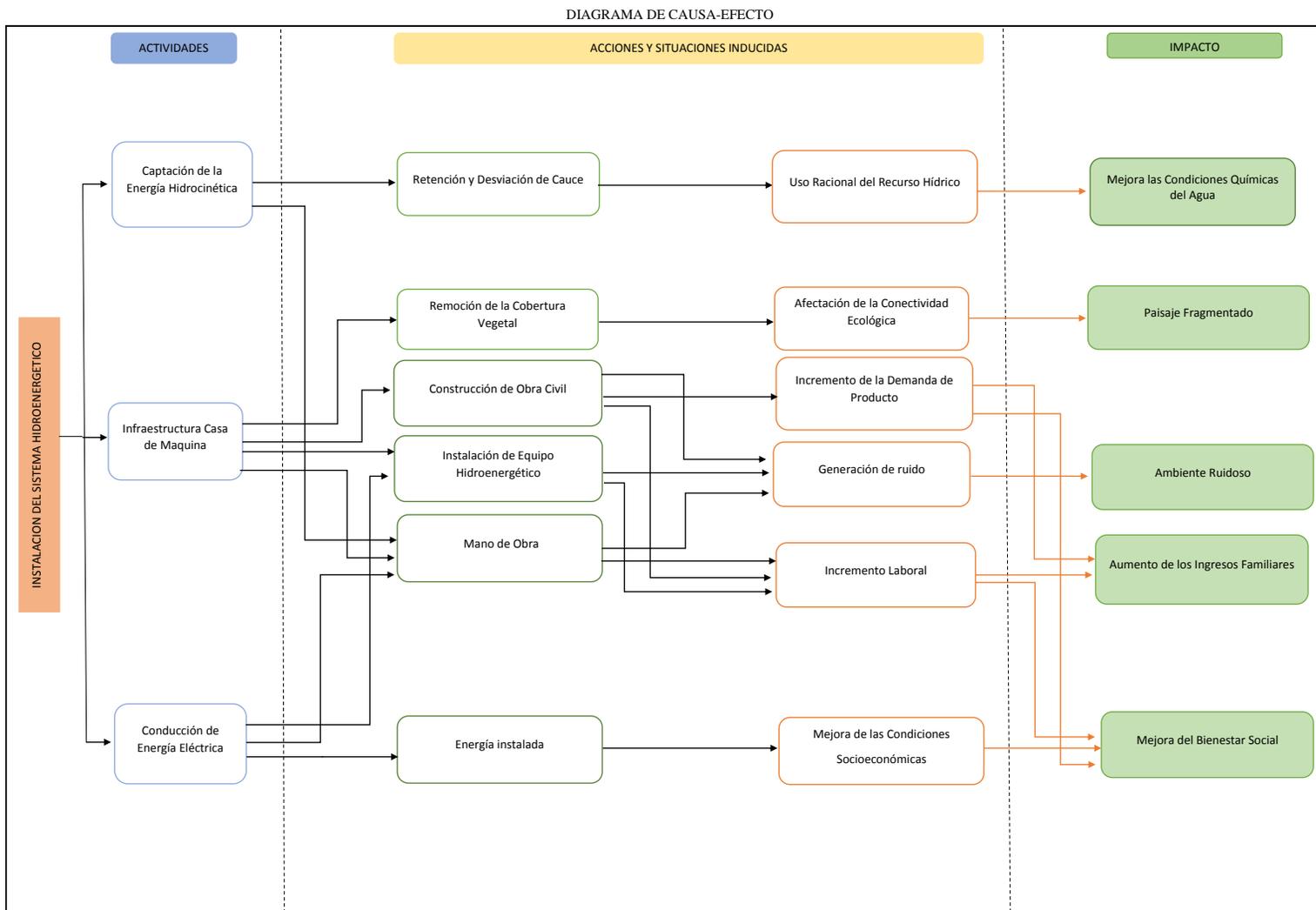
POSITIVO	Sin considerar magnitud	(+/-)
IRRELEVANTE	inferior o igual a 16	
MODERADO	Entre 17 y 32	
SEVERO	Entre 33 y 48	
CRITICO	Entre 49 y 64	

**Figura 8.** Modificación de Ecuación Conesa Fernández

Fuente. Autores del proyecto

En la matriz de la clasificación, las filas contienen los impactos y las columnas las categorías. A cada una de ellas se le asigna un color, en la lógica del semáforo desde los impactos de menor magnitud hacia los más críticos, en la cual el verde representa un impacto irrelevante o inexistente, el amarillo un impacto moderado, el naranja un impacto severo y el rojo un impacto crítico. Todos los impactos positivos se clasifican bajo el color verde matizado, independientemente de su magnitud o importancia (conesa fernández, 2010).

**4.2.3. Diagrama Causa-Efecto o red de Distribución.** Para el diagrama causa-efecto se utilizaron cada una de las actividades y sus subactividades del proyecto, y de acuerdo a ellas se establecieron unas acciones y situaciones, dando como resultado los impactos generados en la realización y ejecución de este proyecto.



*Figura 9.* Diagrama de causa efecto  
Fuente. Autores del proyecto

**4.2.4. Matriz método Conesa Fernández.** Para la realización y valoración en la matriz del método Conesa Fernández se tuvieron en cuenta los medios físicos y socioeconómicos, siendo estos los más relevantes en este proyecto, también se plasmaron los impactos deducidos anteriormente por el diagrama de causa-efecto, de los cuales se evaluaron de acuerdo a cada uno de los criterios de valoración que indica Conesa Fernández en su método, dando como resultado el grado de importancia de cada uno de los impactos generados por la realización y ejecución del proyecto en cuanto a la generación de energía eléctrica por medio de un generador hidroeléctrico.

MATRIZ METODO CONESA															
MEDIO	IMPACTO	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	IMPACTO	
FISICO	PAISAJE FRAGMENTADO	(-)	1	2	4	4	2	1	1	4	4	8	35		
	MEJORA DE LAS CONDICIONES QUIMICAS DEL AGUA	(+)	1	1	4	4	1	1	1	1	4	1	22		
	AMBIENTE RUIDOSO	(-)	2	1	4	4	1	1	1	4	4	4	31		
SOCIAL/ECONOMICO	AUMNETO DE LOS INGRESOS FAMILIARES	(+)	4	8	X	4	4	4	X	X	4	4	48		
	MEJORA DEL BIENESTAR SOCIAL	(+)	8	8	X	4	4	4	X	X	4	8	64		

Figura 10. *Matriz método Conesa*  
Fuente. Autores del proyecto

**Análisis de los impactos de acuerdo a su importancia y naturaleza.** Es de mencionar que en los resultados obtenidos de la evaluación de cada uno de los impactos se analizaron de acuerdo a su nivel de importancia y naturaleza, donde algunos su importancia es alta, pero su naturaleza es positiva, lo que indica que esos impactos son los más importantes en la realización y ejecución de este proyecto.

**Paisaje Fragmentado.** La fragmentación se ha convertido en las más importantes amenazas para el mantenimiento de la biodiversidad en todos los ecosistemas, principalmente en los terrestres. La fragmentación se ha propiciado por el cambio de uso del suelo en ecosistemas

naturales, debido a las actividades humanas, las cuales inducen la fragmentación. Son su causa directa las diversas actividades antropogénico, ejercidas con la finalidad de abrir tierras de cultivo, crear pastizales para el ganado y construir presas y carreteras, o por el desarrollo urbano. Una vez que comienza se desencadenan modificaciones en los procesos ecológicos y, como consecuencia, impacta las poblaciones y comunidades de flora y fauna, los suelos y el agua. Esta transformación de los ecosistemas naturales se presenta a tal grado que puede convertirlos en áreas biológicamente degradadas e inhóspitas (Navarro Rodríguez, González Guevara, Flores Vargas, & Amparán Salido, 2015). Por lo anteriormente descrito sobre la problemática de los ecosistemas fragmentados se designan modelos conceptuales de paisaje, que consisten en el análisis de paisajes que han sido fragmentados por acciones antrópicas.

**Modelo de islas.** Este modelo considera a los parches de hábitat fragmentado como islas embebidas en un mar constituido por hábitat inhóspito, denominado generalmente matriz. La matriz es considerada como un medio totalmente hostil para todos los organismos. Además, este modelo propone una transición clara y abrupta entre esta matriz y los parches remanentes de hábitat, y supone que las condiciones ambientales previas a la fragmentación son homogéneas, al igual que las existentes dentro de los parches. Esta uniformidad espacial lleva implícita la existencia de una consistencia temporal; es decir, se ignora la existencia de fluctuaciones temporales en las poblaciones que puedan hacer variar su distribución dentro del paisaje fragmentado (Valdez, 2011).

**Modelo de parche-matriz-corredor.** En este modelo, según (valdez, 2011) el paisaje fragmentado se considera compuesto por estos tres elementos discretos. Según Forman cada

punto de un paisaje está situado dentro de un parche, de un corredor o de la matriz. Los parches son áreas de hábitat original que pueden tener diferentes tamaños y formas. Los corredores son elementos lineales de hábitat que conectan parches y pueden variar en longitud y anchura. Los parches y corredores están embebidos en una matriz que puede tener distinta extensión.

**Modelo de paisaje abigarrado.** El modelo de paisaje abigarrado propone que el paisaje fragmentado está formado por un mosaico de hábitats que representan distintos grados de modificación con respecto a la situación original, generando gradientes de adecuación de hábitat. Por lo tanto, la matriz puede presentar distinto grado de permeabilidad para los diferentes organismos; es decir, puede no representar una barrera, sino ser utilizada en mayor o menor grado dependiendo de la especie considerada y la escala a la que dicha especie utilice el ambiente. Este modelo tiene en cuenta también pequeños elementos de hábitat, como árboles aislados en el caso de paisajes forestales fragmentados que serían probablemente incluidos dentro de la matriz en los modelos de islas y parche-matriz-corredor, y que podrían servir como “piedras de paso” para facilitar el movimiento de los organismos dentro del paisaje, incrementando la permeabilidad de la matriz (Valdez, 2011).

Los diferentes modelos conceptuales anteriormente expuestos se han aplicado para estudiar una gran variedad de paisajes fragmentados. Sin embargo, el enfoque de estos estudios ha sido diferente según la metodología utilizada en este proyecto.

Como resultados de la evaluación de la fragmentación como impacto ambiental en cuanto a la importancia según la metodología utilizada de la matriz Conesa Fernández nos arrojó que el

impacto es de 35 resaltado con un color amarillo, indicando que el impacto es moderado, pues se encuentra entre 25 y 50 de importancia ambiental que implementa esta metodología.

De acuerdo a lo anterior podemos decir que la fragmentación como impacto ambiental en este proyecto incide de una forma moderada, la cual no presenta gran importancia para la ejecución del proyecto, pues su interacción con el medio no afecta de manera drástica, ni altera su composición ambiental.

Es de resaltar que esta alteración se hace de forma directa y que abarca poco espacio en el medio a utilizar para la generación de energía eléctrica, siendo ese el motivo de su bajo impacto.

**Aumento de las condiciones químicas del agua.** Para la determinación de este impacto solo nos referimos a la importancia que tiene el oxígeno disuelto (OD) en el agua para los seres vivos que utilizan este recurso vital.

Según CORTOLIMA (Cortolima, 2020) el oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua. Los valores normales varían entre los 7.0 y 8.0 mg/L. La fuente principal del oxígeno es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y por el viento en los lagos. Es importante resaltar que el oxígeno disuelto es indispensable para la vida de las especies acuáticas, es decir, existe la posibilidad de que algunas especies en un bajo nivel de oxígeno disuelto se produzca la muerte o alteraciones en el crecimiento del mismo.

Por tal razón, “el oxígeno libre es fundamental para la vida de los peces, plantas, algas, y otros organismos; por eso, desde siempre, se ha considerado como un indicador de la capacidad de un río para mantener la vida acuática”

En el caso de nuestro proyecto, una picocentral hidroeléctrica, El procedimiento funciona con agua, pero ese líquido que se toma en la parte alta ingresa al sistema y regresa al arroyo; es decir el afluente no se contamina ni se afecta en lo más mínimo, al contrario, se mejoran las condiciones de oxigenación que es una de las características de los elementos que hace que el agua sea más potable (Pelton, 2019)

Esta oxigenación se genera en el proceso de la entrada del caudal de inyección y el golpeo con las cucharas, posteriormente este proceso genera una gran turbulencia y burbujas en donde el agua atrapa partículas de oxígeno, aumentando el nivel de oxígeno presente en el agua, también, el caudal que se oxigena es muy poco en comparación al caudal total del afluente escogido para dicho proyecto, este caudal de 8 L/seg es devuelto al río sin contaminación alguna.

Con toda la información anterior se demostró que este impacto generado es positivo, por lo que en su evaluación nos arroja un resultado de 22 en su importancia, este rango oscila entre 0 y 25, perteneciendo este impacto a “irrelevante o compatible con el ambiente”, el cual nos indica que este proceso es un factor de valor agregado de la implementación de energías alternativas en busca del desarrollo de las comunidades que se encuentran en estado de pausa o atraso por los diferentes factores ya descritos en el desarrollo del mismo.

**Ambiente ruidoso.** Los ruidos se producen por la evacuación de agua, cavitación, vortex, vibraciones mecánicas del grupo excitado por la rueda de la turbina, bombas auxiliares, etc., los niveles de ruido son bastantes altos, superando a veces los 92 dBA. Las frecuencias con picos más molestos en los registros alcanzados en planta baja de turbinas se encuentran en el margen de las bajas frecuencias, fundamentalmente a 63 Hz y 125 Hz (Oviedo, 1997).

El ruido generado por la Picocentral de la Vereda de Vega de Oriente del Municipio de Teorama N S es de 81.7 dBA, este dato se tuvo en cuenta al momento de evaluar el impacto, además es importante resaltar que en la evaluación se tuvieron datos empíricos de la comunidad, tales datos fueron reflejados por medio de afirmaciones de los habitantes que conviven en la zona de estudio, estos datos manifiestan que antes de estar esta Picocentral Hidroeléctrica, existían más presencia por parte de la fauna local del territorio, ellos se atreven a afirmar que han ocurrido procesos de desplazamiento de algunas especies de la zona afectada por la contaminación acústica, dicha contaminación es muy imperceptible en el daño ocasionado al oído del ser humano, este grado de afectación se le determino a través de información referenciada que demostró que el área de estudio mantiene ambiente ruidoso.

El impacto generado nos arrojó datos tales como; negativo, una importancia de 31, ese rango oscila entre 25 y 50 el cual son impactos moderados según lo muestra la metodología de evaluación implementada; Este tipo de impacto se puede mitigar a través de barreras de sonido, tal como, la edificación una casa de máquina bien tecnicada para dicho proyecto, este dato será demostrado más adelante en su optimización del mismo.

**Aumento de los ingresos familiares.** El auge internacional de tecnologías de energías renovables, basadas en biomasa, biogás, energía solar y eólica, que se suman a las pequeñas plantas hidroeléctricas. Estas son alternativas ciertas para zonas rurales aisladas, dada la inviabilidad económica de llevar servicios de energía por medio de redes de interconexión y por la potencial natural de energías renovables en estas zonas, representado en el brillo solar, viento y caídas de agua permanentes y por la producción silvestre de biomasa. El tamaño y la autonomía de estos sistemas proponen retos tanto al diseño de instituciones óptimas en contextos imperfectos para la administración y la sostenibilidad de las soluciones, como a la discriminación de prioridades en la demanda para atender las actividades de mayor beneficio, y al logro de los objetivos de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en los casos que aplique (Siabato, 2004).

En Colombia, dada su condición de país en vía de desarrollo, la malla vial no cubre gran parte del territorio debido a las condiciones agrestes y montañosas, esto hace que el campesino a pesar de cultivar gran variedad de productos agrícolas, se pierdan por los altos costos de transporte que no compensan los precios en las cabeceras municipales. Este tipo de proyectos permitiría al campesino y a su comunidad unirse y dar valor agregado a dichos productos, realizándoles procesos de molienda o triturado que facilitarían su transporte y comercialización (Pelton, 2019).

A través de este tipo de proyectos se reduce la brecha existente entre lo rural y lo urbano, el cual contrae con ella desigualdad, menos oportunidades, atraso, y desinformación, estos aspectos

son indispensables para el desarrollo y tecnificación de sus labores agrícolas, el cual faciliten su labor y genere mejores recursos económicos de la comunidad.

Por medio de la información referenciada y la suministrada por la comunidad, se evaluó dicho impacto, donde se tuvo en cuenta los datos empíricos y cualitativos recolectados en el transcurso del desarrollo del mismo; esta evaluación nos arrojó los siguientes datos; demostró que el impacto es positivo, que su importancia no arroja 48, ese rango oscila entre 33 y 48; considerándose así un impacto severo, lo que quiere decir que su importancia es trascendental para la realización de dichos proyectos de energías alternativas.

**Mejora del bienestar Social.** “Se entiende por **bienestar** al conjunto de factores que una **persona** necesita para gozar de **buena calidad de vida**. Estos factores llevan al sujeto a gozar de una existencia tranquila y en un estado de satisfacción” (Martines, 2014) además el bienestar social involucra otros aspectos tales como; armonía en las relaciones personales, familiares, de amigos y demás; es decir, se entiende por bienestar social a dicha persona que actúa y se relaciona con la sociedad y consigo mismo bajo condiciones fructíferas que aporten acciones beneficiosas a dicha comunidad.

Por otro lado, el bienestar social está estrechamente ligado a la calidad de vida, puesto que este es un factor fundamental en el alcance de dicha calidad de vida. Argumentado también que los proyectos implementados en mejorar las condiciones de vida, involucran cambios positivos en sus hábitos y formas de actuación en su realidad.

Es preciso afirmar que este proyecto encamina acciones positivas respecto al bienestar social, esta afirmación se refleja con las declaraciones de cada uno de los habitantes de la comunidad, donde ellos expresan sus cambios a nivel personal y a nivel comunitario, esto a su vez se refleja con las actividades diarias que las personas realizan respecto a sus interacciones sociales, por otro lado esto ayuda a la inclusión en la sociedad, mitigando el éxodo que existe frente a las comunidades rurales del país.

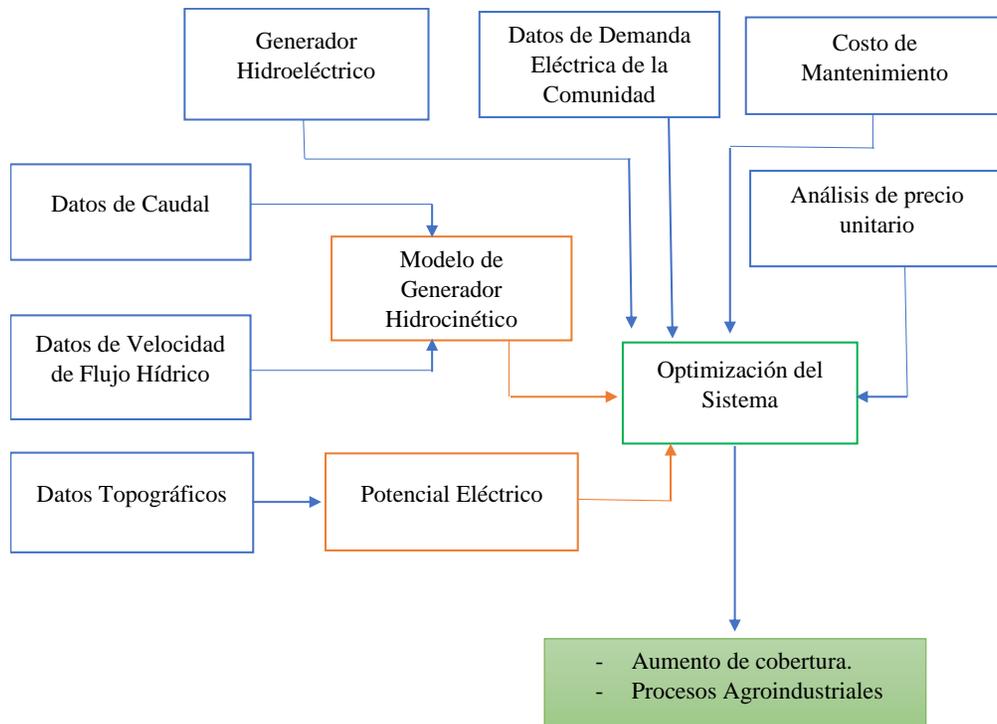
Para evaluar este impacto se tuvo las experiencias descritas por parte de la comunidad, además, por datos empíricos de información referenciada, este impacto arrojó los siguientes datos; el impacto generado respecto al medio social es positivo, advirtiendo desde allí la importancia de su implementación, además con respecto a su importancia nos arrojó 64 siendo este dato el más alto, en donde este rango oscila entre 49 y 64, considerándose así un impacto crítico según nuestra metodología escogida expuesta anteriormente.

#### **4.3. Optimización del sistema energético alternativo actual de la comunidad vegas de oriente.**

La optimización de sistemas hidroeléctricos de producción de energía eléctrica es un tema ampliamente estudiado desde numerosos puntos de vista, tanto técnicos como ambientales, teniendo en cuenta variables típicas del proceso de generación en picocentrales hidroeléctricas, como pueden ser las características de turbina, generador, acoplamientos mecánicos, caudal, altura del salto, presión, estacionalidad, entre otras (Martínez Prado, 2015).

Los sistemas de generación de energías limpias suponen una parte importante e imprescindible de nuestro sistema económico, cultural, social y ambiental, estos permiten mejorar notablemente nuestro bienestar y condicionan notablemente nuestro futuro; tal condicionamiento presenta numerosos factores tales como económicos, medioambientales o sostenibles y por ello suponen recursos valiosos que es necesario aprovechar y optimizar al máximo.

La generación de energía en este tipo de instalaciones es normalmente a muy bajo costo en cuanto a las necesidades y características específicas que aporta el sistema; el siguiente diagrama esquemático muestra la serie de datos y consideraciones que se desean cruzar en el proceso de optimización. Ver figura (10)



*Figura 11.* Diagrama esquemático para la optimización del sistema energético  
Fuente. Autores del proyecto

En la optimización del sistema energético alternativo de la comunidad Vega de Oriente, se debe implementar un manual de optimización para la adecuada instalación del sistema energético actualmente instalado, mejorando así su rendimiento y cobertura del mismo; teniendo en cuenta las condiciones de uso y manipulación de los componentes del sistema eléctricos establecidas en la norma RETIE; de igual forma conocer la demanda energética o capacidad en Kw/h requerida por la comunidad.

Este manual de optimización está constituido por etapas, en donde cada una de ellas describe la adecuada instalación, operación y mantenimiento del sistema hidroenergético. Ver tabla (19)

**Tabla 19.**  
*Manual de optimización por etapas*

<b>ETAPAS</b>	<b>COMPONENTES DEL SISTEMA</b>	<b>ACTUAL</b>	<b>OPTIMIZACIÓN</b>
<b>Captación de la Energía Hidrocinético</b>	Bocatoma	Bocatoma lateral	Bocatoma de fondo
	Filtro metálico	Inexistente	Instalación
	Línea de aducción	Existente	Mantenimiento
	Desarenador	Inexistente	Instalación
	Cámara de carga	Inexistente	Instalación
<b>Infraestructura Casa de Maquina</b>	Línea de conducción	existente	Mantenimiento
	Casa de maquina	Deficiente	Diseño y adecuación
	Generador hidroeléctrico	5kw	6kw
	Tablero de control	Inexistente	Instalación
	Control electrónico de carga	Inexistente	Instalación
<b>Conducción de la Energía Eléctrica</b>	Líneas de conducción	Deficiente	Adecuación y mantenimiento
	Estructura de soporte	Inexistente	Implementación
	Accesorios aisladores eléctricos	Inexistente	Instalación
<b>Circuitos</b>	Puestas a tierra	Inexistente	Implementación
	Acometida	Deficiente	Adecuación y

Tabla 19. Continuación

<b>internos</b>	Caja de distribución	Inexistente	mantenimiento
	Circuitos internos	Deficiente	Implementación
	Ductos	Inexistente	Adecuación y mantenimiento
	Accesorios	Existente	Instalación
	Luminarias	Existente	Adecuación y mantenimiento

Fuente. Autores del proyecto

### **Etapas 1. Captación de la Energía Hidrocinética0.**

**Bocatoma.** Para la optimización de la bocatoma del sistema hidroenergético se recomienda una bocatoma de fondo, la cual, brinda las garantías necesarias para suplir la problemática mencionada anterior. Cabe resaltar que la implementación del cambio de bocatoma está estrechamente ligada a la inversión económica de la comunidad, puesto que, la bocatoma de fondo es más costosa, pero resuelve el problema patente, ya que, garantiza el caudal uniforme en sus variaciones estacionales presentes en el área de estudio.

**Filtro metálico.** Se recomienda su implementación de carácter indefectible para su buen funcionamiento del sistema Hidroenergético, aunque no presenta fluctuaciones si puede contraer objetos no deseados que dificulte el sistema, por tal razón, si representa un gran elemento en el excelente funcionamiento como tal del sistema Hidroenergético de la vereda.

**Línea de aducción.** En cuanto a la línea de aducción se encuentra entre las características óptimas y adecuadas para el buen funcionamiento del mismo. Para resaltar como algo fundamental es recomendar el mantenimiento de las líneas (mangueras de polietileno de 3 pulg)

en su recorrido. Es importante verificar la linealidad de la manguera, esto con el fin de que no haya baches o bajones en el recorrido de la misma, el cual, causa alteración del sistema, se recomienda la ayuda de guayas para mejorar la linealidad de la manguera donde sea necesario. Además de asesorarse de los accesorios tales como uniones se encuentren en excelente estado y funcionamiento de haber lo contrario su respectivo cambio y adecuación.

**Desarenador.** El sistema de la vereda de Vega de Oriente no cuenta con este esquema de decantación; se recomienda la implementación de un desarenador para tener un sistema completo y adecuado, el cual optimice su rendimiento y funcionamiento.

**Cámara de carga.** Corresponde al agua que proviene del tanque desarenador, el cual, se encuentra libre de objetos y materiales vegetales no deseables. Su función es sostener la carga hidráulica sobre el sistema energético para que no ingrese aire causando fluctuaciones de voltaje y caídas de tensión garantizando un equilibrio hidráulico. Es por esta razón es importante la implementación de este dispositivo el cual garantice la estabilidad del fluido para su posterior ingreso y óptimo funcionamiento del sistema energético.

**Línea de conducción.** Corresponde este aditamento a la tubería que conduce el caudal, desde la cámara de carga hasta la caseta de máquinas, esta tubería se instaló en manguera de polietileno de diámetro 3", debidamente anclada y con uniones metálicas y abrazaderas que garantizan su hermeticidad, considerando la elevada presión existente de 95 PSI a la entrada de la turbina (Niño, 2019)

El sistema hidroeléctrico de la vereda de Vega de Oriente no cuenta con tal elemento, es preciso decir la diferencia entre la línea de aducción y de conducción esto con el fin de facilitar el entendimiento de tal proceso; la línea de aducción corresponde a transportar agua cruda y la línea de conducción transporta el agua tratada; en este caso el agua después del desarenador se convierte en agua tratada puesto que, es un proceso que ayuda a decantar el contenido de arena en el agua para su posterior conducción hacia la casa de máquina; por tal razón se recomienda la instalación y adecuación de la misma.

## **Etapas 2. Infraestructura Casa de Máquina.**

**Casa de máquina.** Se recomienda realizar una edificación de obra civil acondicionada de paredes de bloque, piso en concreto, su debida cubierta techo, una puerta para su ingreso, su respectiva ventana para su ventilación limitando que la humedad del choque del agua con las cucharas afecte el equipo hidroenergético.

**Generador Hidroeléctrico.** Para el mejoramiento en el funcionamiento del sistema hidroenergético se recomienda la implementación de un generador con más capacidad un generador de 6kW que garantice el suplemento de la energía eléctrica a las viviendas del sistema.

**Tablero de control.** Este dispositivo está encargado de proteger los componentes de mando o los elementos que componen el equipo Hidroenergéticos, el tablero contempla los siguientes componentes; voltímetro, amperímetro, control totalizador y un correcto cableado desde la maquina generadora hasta la salida de la red de distribución, en cuanto a su correcto

cableado deberá ser alambre de cobre número 8, el cual, brinda el mejor rendimiento del sistema; por todo lo anterior, se recomienda su implementación ya que no está implantado, esto con el fin de optimizar su funcionamiento y cobertura.

**Control electrónico de carga.** Sistema automático electrónico que dependiendo del consumo de las viviendas aumenta o disminuye el paso de la energía eléctrica, esto lo hace a través de un proceso de calentamiento de agua; es decir, la energía que no se consume la dirige hacia unas resistencias que calientan aguas; cabe resaltar que este dispositivo es opcional debido a que en el campo presenta falencias en su funcionamiento por las condiciones ambientales como la humedad presente en el área de estudio.

### **Etapas 3. Conducción la de Energía Eléctrica.**

Para el adecuado funcionamiento de las líneas de conducción de la energía eléctrica del sistema, es necesaria la implementación de la norma RETIE, la cual nos indica que se deben “establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico”.

Estas medidas parten del cumplimiento de los requisitos necesarios para el proceso de diseño y construcción del sistema de conducción de la energía eléctrica, el cual está conformado por las líneas de conducción o conductores eléctricos, los accesorios aisladores eléctricos, la estructura de soporte y la puesta a tierra.

**Conductores para líneas aéreas.** Los conductores, por las características eléctricas propias del material, pueden ser de cobre, aluminio y aluminio-acero y se presentan normalmente desnudos. Estos conductores van sujetos a los aisladores; éstos, a través de los herrajes, son colocados en las crucetas que, a su vez, se colocan sobre el poste que los mantiene distanciados del suelo.

**Conductor de aluminio-acero.** Estos conductores están compuestos de varios alambres de aluminio, de igual o diferente diámetro nominal, y de alambres de acero galvanizado. Los alambres van cableados en capas concéntricas. Los alambres centrales son de acero y las capas exteriores la forman alambres de aluminio.

Este tipo de conductores tiene un inconveniente con respecto a los de aluminio exclusivamente, es su mayor peso. No obstante, son mayores las ventajas ya que tienen una mayor resistencia mecánica, pudiendo disminuir con ello el número de apoyos y de aisladores al poderse aumentar la longitud de los vanos. Son estos conductores los más utilizados en las líneas aéreas de media y alta tensión, ya que, al tener menor peso y precio, han desplazado a los conductores de cobre.

**Cable aislado unipolar.** Es un conductor formado por una cuerda de aluminio sobre la que se pone una fina capa de cloruro de polivinilo, plastificado y estabilizado, que impermeabiliza al conductor y lo protege de los agentes atmosféricos, evitando de esta forma los efectos que le pudiera producir los ambientes más desfavorables, incluso los muy corrosivos. Su aplicación se reduce a líneas de baja tensión. Este cable es adecuado para líneas aéreas sobre aisladores, pero

no para la derivación de una línea aérea al interior de un edificio. Las ventajas de este tipo de cables son:

- Gran duración de la línea en medios corrosivos, debido a la protección ejercida por la capa de cloruro de polivinilo
- Mayor regularidad en el suministro de energía en la línea, debido a la ausencia de cortocircuitos ocasionados por contactos accidentales, ramas de árboles u otros elementos que puedan caer o tocar a los conductores Red de Distribución de Energía Eléctrica
- Eliminación total de riesgos de accidentes, debidos a contactos de personas con la línea y descuidos en el trabajo de los operarios próximos a una línea de tensión.

**Cable aislado multipolar trenzado.** En las redes de distribución, para reemplazar a las líneas aéreas de cobre desnudo o aislado, se ha generalizado un nuevo tipo de montaje a partir de cables trenzados. Están constituidos por tres cables unipolares de campo radial, aislados individualmente sin funda exterior, cableados sobre un núcleo central formado por una cuerda portante de acero de 50 mm<sup>2</sup> de sección, protegida generalmente con una capa de cloruro de polivinilo. Las ventajas que presentan los cables trenzados son:

- Ventaja de acoplar los tres conductores alrededor de un cable fiador
- El calentamiento mutuo entre fases es notablemente más débil que en un cable trifásico
- Facilidad de fabricación, montaje y reparación, al presentarse las averías casi siempre en una sola fase

- En la alimentación de pequeños núcleos rurales, en la que las líneas desnudas presentan peligro y la canalización subterránea es muy costosa, se emplea este tipo de cable como solución intermedia, para mejorar la estética
- La ausencia de soportes facilita la circulación sobre las aceras y las calles. Las intensidades de carga admisibles se han determinado según normas para cables instalados al aire con temperatura ambiente de 40 °C y temperatura máxima, en el conductor, de 90 °C en régimen permanente. Intensidades de carga admisible en cables en haces (Cu, Al). La tensión nominal de este tipo de cables no suele sobrepasar los 30 kV.

**Aisladores eléctricos.** Los conductores empleados en líneas aéreas, en la mayor parte de los casos, son desnudos; por lo tanto, se necesita aislarlos de los soportes por medio de aisladores, fabricados generalmente con porcelana o vidrio. La sujeción del aislador al poste se realiza por medio de herrajes. Pero, además, un aislador debe tener las características mecánicas necesarias para soportar los esfuerzos a tracción a los que está sometido. Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, las cualidades específicas que deben cumplir los aisladores son:

- Rigidez dieléctrica suficiente para que la tensión de perforación sea lo más elevada posible. Esta rigidez depende de la calidad del vidrio o porcelana y del grosor del aislador. La tensión de perforación es la tensión a la cual se ceba el arco a través de la masa del aislador.
- Disposición adecuada, de forma que la tensión de contorneamiento presenta valores elevados y por consiguiente no se produzcan descargas de contorno entre los conductores y el apoyo a través de los aisladores. La tensión de contorneamiento es la tensión a la que se ceba un arco a

través del aire siguiendo la mínima distancia entre fase y tierra, es decir, el contorno del aislador. Esta distancia se llama línea de fuga.

- Resistencia mecánica adecuada para soportar los esfuerzos demandados por el conductor, por lo que la carga de rotura de un aislador debe ser cuanto menos igual a la del conductor que tenga que soportar.
- Resistencia a las variaciones de temperatura.
- Ausencia de envejecimiento. Deben perdurar lo máximo a lo largo del tiempo

Los aisladores son, de todos los elementos de la línea, aquellos en los que se pondrá el máximo cuidado, tanto en su elección, como en su control de recepción, colocación y vigilancia en explotación. En efecto, frágiles por naturaleza, se ven sometidos a esfuerzos combinados, mecánicos, eléctricos y térmicos, colaborando todos ellos a su destrucción.

**Estructura de soporte.** Dado a la inapropiada estructura de soporte utilizada en el sistema hidroenergético y lo importante que es para este, es necesario especificar y establecer las características técnicas de los postes de concreto que se deben utilizar en los sistemas de distribución (Grupo EPM, 2019).

Esta especificación aplica a los materiales, construcciones y ensayo de los postes de concreto a ser instalados en los sistemas de distribución aéreos, y para ello se deberá aplicar las indicaciones que establece la norma NTC 1329 Prefabricados en concreto.

Para la elaboración de los postes de concreto, sean armados o pretensados, deben cumplir con las normas y con los requisitos específicos indicados a continuación y deben contar con certificación de producto bajo RETIE y la norma NTC 1329 (Grupo EPM, 2019).

### **Definiciones.**

**Definiciones Base.** Plano o sección transversal extrema en la parte inferior del poste.

**Carga de rotura.** Es aquella que, aplicada a 20 cm de la cima, produce el colapso estructural del poste por fluencia del acero, por aplastamiento del concreto o por ambas causas simultáneamente.

**Carga de servicio o de trabajo.** Carga máxima a la cual puede ser sometido el poste sin que se presenten deformaciones superiores a las establecidas en esta especificación, siendo aplicada en sentido normal al eje, a 20 cm de la cima.

**Centrifugado.** Procedimiento en el cual se ha sometido a la fuerza centrífuga el poste recién vaciado, con el fin de producir la compactación del concreto.

**Cima.** Plano o sección transversal en la parte extrema superior del poste.

**Coefficiente de seguridad.** Factor por el cual se mayor la carga de trabajo o de servicio para obtener la carga de rotura.

**Colapso.** Condición que se presenta cuando el poste, bajo la acción de la carga aplicada, experimenta deformaciones sin incrementos de carga, causadas por la fluencia del acero y que puede ocasionar el aplastamiento del concreto en la zona del poste sometida a compresión.

**Concreto armado o reforzado.** Concreto estructural reforzado con barras de acero corrugado que trabajan principalmente a la tracción, que actúan de forma conjunta, con el fin de contrarrestar los esfuerzos producidos por las cargas actuantes.

**Concreto pretensado.** Concreto estructural que se le han transferido esfuerzos de compresión mediante cables previamente tensados, con el fin de reducir los esfuerzos potenciales de tracción en el concreto causados por las cargas actuantes.

**Conicidad.** relación entre la diferencia de los diámetros de cima y de base, y la longitud del poste.

**Deformación permanente.** Flecha residual registrada una vez ha dejado de actuar la carga de trabajo sobre el poste.

**Deformación (flecha).** Desplazamiento que experimenta la cima del poste, por acción de la carga, medido normalmente al eje longitudinal del poste desde su posición inicial, sin ninguna carga.

**Equipotencializar.** Es el proceso, práctica o acción de conectar partes conductivas de las instalaciones, equipos o sistemas entre sí o a un sistema de puesta a tierra, mediante una baja impedancia, para que la diferencia de potencial sea mínima entre los puntos interconectados.

**Fisura.** hendidura (quiebre o fractura) que se forma en el concreto reforzado y que tiene un ancho menor a 1 mm en la superficie del mismo.

**Grieta.** Hendidura (quiebre o fractura) que se forma en el concreto reforzado y que tiene un ancho mayor a 1 mm en la superficie del mismo.

**Longitud de empotramiento (LE).** Distancia entre la sección de empotramiento y la base del poste.

**Longitud total (H).** Distancia entre la cima y la base del poste.

**Perforación.** Agujero que se realiza en el poste utilizado para la fijación de elementos o para descender el cable bajante de puesta a tierra.

**Plano transversal.** Sección perpendicular al eje longitudinal del poste Recubrimiento de la armadura. distancia mínima especificada, que debe existir entre el borde o superficie de cualquier elemento metálico de la armadura y la superficie interior y exterior del poste. Sección de empotramiento: plano transversal del poste, al nivel del piso, donde se produce el máximo momento flector por efecto de las cargas aplicadas.

**Refuerzo.** Acero en barras, alambre o cables, colocado para absorber los esfuerzos generados por las cargas aplicadas al poste, en conjunto con el concreto.

**Vibrado.** Sistema de compactación del concreto mediante aparatos vibratorios de alta frecuencia.

Adicionalmente, aplican todas las definiciones contenidas en la norma NTC 1329, RETIE y las que las modifiquen o sustituyan.

**Características generales.** El acabado de los postes debe ser en el color natural del concreto en toda su superficie, la cual debe estar libre de porosidades e imperfecciones originadas por deficiencias en la fabricación, tales como escorias producidas por mala fluidez del concreto, burbujas originadas por mala compactación de los materiales, grietas no capilares, desprendimientos de concreto, etc.

Las perforaciones no deben presentar protuberancias, tampoco deben estar obstruidas ni presentar porosidad o desprendimientos en su interior.

Según su forma geométrica, los postes de concreto para redes de distribución pueden ser de sección anular (circular ahuecada) u octogonal ahuecada. La parte superior del poste debe ser sellada con concreto en una longitud de por lo menos 10 cm.

**Fabricación de los postes.** Los postes se deben fabricar con el uso exclusivo de formaletas metálicas, que aseguren uniformidad geométrica y exactitud en sus dimensiones.

Dada la localización y el difícil acceso a esta comunidad se recomienda la fabricación de los postes en formaletas hechas en tubería de PVC y como estructura interna la utilización de un armado en varillas y flejes de hierro, el cual ira fundido por el concreto.

El recubrimiento mínimo de la armadura debe ser de 25 mm, medidos desde la superficie de la armadura hasta la cara o superficie interior y exterior del poste, incluidas la cima y la base.

**Perforaciones para postes de redes de distribución.** Ninguna perforación puede tener una desviación mayor a 5 mm, con respecto al plano diametral del poste que contiene su eje longitudinal. Ninguna de las partes de la armadura de refuerzo del poste, debe ser visible por estas perforaciones. Todas las perforaciones a excepción de las perforaciones que se utilizan para los conductores bajantes de puesta a tierra deben contar con tapones plásticos de fácil remoción y reinstalación, estos tapones deben ajustarse perfectamente a las perforaciones.

**Perforaciones para la sujeción de estructuras.** Todos los postes que se van a utilizar en redes de distribución de baja y media tensión deben llevar de la cima hacia abajo un número de perforaciones destinadas para la sujeción de herrajes o estructuras mediante tornillos.

Un primer conjunto de perforaciones se realizará normal al eje del poste, traspasándolo, y su diámetro deberá estar entre 20 mm y 23 mm, la primera perforación se debe realizar a 100 mm de la cima y las siguientes a una distancia entre centros de 200 mm de la perforación anterior. Un segundo conjunto de perforaciones se realizará a 90° y desplazadas 100 mm centro a centro del primer conjunto.

**Conexión de puesta a tierra del poste.** Se debe garantizar que todos los elementos metálicos como acero de refuerzo y espirales estén conectados y presenten continuidad eléctrica. Así mismo, los postes de concreto deben disponer de dos terminales de bronce con rosca hembra

asegurados a la estructura metálica del poste mediante soldadura o mediante sistema de fijación tipo mordaza. La conexión por medio de soldadura no debe presentar corrosión en la unión del perno de bronce y la estructura metálica del poste. Los terminales deben quedar expuestos al exterior para permitir la equipotencialización de elementos metálicos y la conexión de la puesta a tierra con tornillos de acero inoxidable de ½” de diámetro y de 1” de largo. Cada terminal de bronce deberá estar provista de un tornillo de acero inoxidable.

#### **Etapa 4. Circuitos internos.**

Para el buen funcionamiento del sistema de transmisión de energía eléctrica de los circuitos internos es necesario implementar las disposiciones generales que adopta el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (Retie, 2013).

**Disposiciones Generales.** Los requisitos establecidos se aplican a condiciones normales y nominales de la instalación. En general comprende los sistemas eléctricos que van desde la acometida de servicio al interior de la edificación o al punto de conexión de los equipos o los elementos de conexión.

A continuación, se resumen los aportes más relevantes para los procesos de diseño y construcción de las redes internas del sistema eléctrico.

Las medidas de protección contra contacto directo o protección básica e indirecta o protección por falla para los usuarios que deben implementarse son:

- Alejamiento de las partes bajo tensión.
- Colocación de obstáculos o barreras que impidan el acceso a las zonas energizadas.
- Empleo de muy baja tensión. (menor a 50 V en locales secos, menor a 24 V en lugares húmedos) Equipos de protección contra corrientes de fuga.
- Dispositivos de corte automático de la alimentación.
- Empleo de circuitos aislados galvánicamente, con transformadores de seguridad.
- Conexiones equipotenciales.
- SPT y conexión a tierra de carcasas y masas de equipos.
- Regímenes de conexión a tierra, que protejan a las personas frente a las corrientes de fuga.  
Aislamiento apropiado acorde con el nivel de tensión de la parte energizada.

En unidades de vivienda con capacidad instalable menor o igual a 7 kW, se permite que los tomacorrientes con interruptor de circuito por falla a tierra, puedan hacer parte del circuito para pequeños artefactos de cocina y de iluminación y fuerza en baños, siempre y cuando en el mesón de la cocina no se tengan más de dos salidas de tomacorriente doble y en el baño no más de una salida de tomacorriente doble.

En dormitorios con área menor o igual a 9 m<sup>2</sup> se podrá aceptar que se disponga de sólo dos tomacorrientes dobles, siempre que estén ubicados en paredes opuestas. En el resto de la vivienda se debe atender lo establecido en el artículo 210.52 de la NTC 2050, teniendo en cuenta las excepciones de movilidad.

La instalación de tomacorrientes con protección de falla a tierra se debe exigir en los espacios y condiciones determinadas por la NTC 2050, teniendo en cuenta que el objetivo es la protección de la persona contra contactos indirectos por corrientes de fuga, principalmente en la conexión o desconexión frecuente de los equipos, en condiciones de mayor vulnerabilidad como en los casos de piel mojada o sumergida.

En los cuartos de baño que contienen bañeras, duchas o lavamanos y las zonas circundantes, el riesgo de contacto aumenta en razón de la reducción de la resistencia eléctrica del cuerpo humano mojado y del mayor contacto con tierra, por ello sólo se aceptan las duchas eléctricas que cumplan los requerimientos. El tomacorriente esté protegido con interruptor de falla a tierra y los interruptores no estén instalados en áreas mojadas o a menos de 80 cm de la puerta de la zona de la ducha.

Las duchas eléctricas, deben instalarse en circuitos apropiados de capacidad no menor a 30 A para instalación monofásica a tensión menor de 150 V y 20 A para 208/220/240 V protegidos con un interruptor automático, con neutro y conductor de tierra plenamente identificados y conectado sólidamente a tierra o disponer de una protección diferencial.

Ningún aparato eléctrico, como interruptores o tomacorrientes debe, estar ubicado a menos de 60 cm de la puerta abierta de la cabina de la ducha.

En toda instalación de uso final, el conductor neutro y el conductor de puesta a tierra de un circuito deben ir aislados entre sí y solo deben unirse con un puente equipotencial en el tablero

general junto con la puesta a tierra del sistema, antes de los dispositivos de corte principal. Dicho puente equipotencial debe ubicarse lo más cerca posible de la acometida o del transformador.

**Diseño De Instalaciones Internas.** El diseño de instalaciones internas se elaborará sobre planos de planta, en los cuales se representará de manera unifilar la localización de los elementos proyectados de la instalación eléctrica, utilizando la simbología establecida en la norma (RETIE, 2013).

**Salidas de tomacorrientes.** Se considera “espacio de pared” una pared continua a lo largo de la línea del suelo sin aberturas como puertas, chimeneas y similares. No se consideran espacios de pared los que quedan contra las puertas abiertas a 90°, los espacios ocupados o limitados por armarios fijos o los espacios que correspondan a áreas de acceso o circulación permanente donde no sea posible instalar artefactos eléctricos. Las salidas de tomacorrientes en el piso no se deben contar como parte del número exigido de salidas. Todos los tomacorrientes deben ser con polo a tierra. A continuación, se relacionan como se deben instalar salidas de tomacorrientes.

Los circuitos eléctricos alimentan los tomacorrientes a través de las cajas de paso y de los interruptores. Los tomacorrientes pueden ser visibles (estar colocados encima de la pared) o estar empotrados. En este último caso, para colocarlos primero hay que hacer los agujeros necesarios en la pared.

Para los tomacorrientes, se debe utilizar un conductor 12 AWG o THW 3,31 milímetros cuadrados.

**Salida de interruptores.** Estos cumplen la función de cortar y dar paso a la energía en los circuitos eléctricos. Cuando la vivienda es de material noble, se recomienda usar interruptores empotrados. Cuando es de material rústico, se deben utilizar interruptores visibles.

Para los interruptores se debe utilizar un conductor 12 AWG o THW 3,31 milímetros cuadrados.

**Salidas mínimas de alumbrado.** En cada cuarto habitable, cuartos de baño, recibidores, escaleras, garajes anexos, e independientes y en el exterior de las entradas y salidas al exterior, debe instalarse al menos una salida para alumbrado con un interruptor de pared.

Para estas salidas de alumbrado se recomienda la implementación de bombillas LED, las cuales soportan de mejor manera la energía transmitida por el sistema hidroenergetico.

La cantidad de corriente que puede pasar por el conductor depende de su diámetro. Para la iluminación se deben utilizar cables 14 AWG o THW 2,08 milímetros cuadrados.

**Circuitos ramales.** Las instalaciones internas serán alimentadas por circuitos ramales, los cuales se derivarán de tableros de distribución.

Estos circuitos eléctricos se clasifican en circuitos en serie, paralelos y mixtos; de los culés se implementan de acuerdo al tipo de instalación, por consiguiente, para las viviendas unifamiliares se utiliza los circuitos en paralelo, dando un rendimiento óptimo al sistema.

**Código de colores de los circuitos ramales.** Los conductores que componen los circuitos ramales de la instalación eléctrica de la unidad de vivienda, deben estar identificados con el código de colores que está establecido en la NTC 2050.

- Conductor de neutro: blanco
- Conductor de fase: rojo o azul.
- Conductor de protección (tierra): amarillo con verde, amarillo o verde

**Tableros de distribución.** Los tableros de distribución se seleccionarán de tal forma que tengan la capacidad suficiente de alojar la totalidad de los circuitos ramales derivados de ellos y dejando un margen de capacidad para futuras ampliaciones, cada circuito debe tener su protección independiente (Breaker).

**Tubería para instalaciones eléctricas.** Los cables que conducirán la electricidad a las luminarias, interruptores y tomacorrientes deben estar protegidos. Para ello se utilizan tubos y curvas de PVC, de manera que el circuito se adapte a la estructura de la vivienda.

**Instalación de tomacorrientes, interruptores y salidas de alumbrado.** Las salidas de tomacorrientes, interruptores y alumbrado se deben instalar como se indica a continuación, tomando como referencia la superficie del piso y la base del dispositivo a instalar. Ver tabla 16.

**Tabla 20.***Alturas Mínimas para salidas de tomacorrientes y alumbrado*

salida	ubicación	altura mínima (m)		
		cuartos-baños	cocina-patio	otras áreas
Tomacorriente normal	Horizontal	1,2	1,1	0,25
Interruptor	Vertical	1,2	1,1	0,75
Interruptor y toma	Vertical	1,2	1,1	1,1
Luz de aplique	-	1,9 a 2,0	2	2
Timbre	Vertical	-	-	1,1

**Nota.** Alturas mínimas para salidas de tomacorrientes y alumbrado. Fuente. Autores del proyecto

## Capítulo 5. Conclusiones

Las picocentrales hidroeléctricas se consideran uno de los mejores mecanismos amigables con el medio ambiente que brindan soluciones frente a la ausencia de energía eléctrica a las comunidades en zonas rurales del país, dichas energías ofrecen las herramientas energéticas que ayuden en la satisfacción de las necesidades energéticas de las poblaciones que viven en el éxodo social.

La utilización de energías renovables a través de sistemas hidroenergético crean procesos muy satisfactorios, dado que, es posible tener energía eléctrica sin contaminar el medio ambiente y sin tener que pagar facturas de alto costo.

El estado en que se encuentra la picocentral hidroeléctrica ubicada en la vereda de Vega de Oriente, se encuentra funcionando en malas condiciones, ya que existen procesos que tienen falencias que limitan el excelente funcionamiento.

En la evaluación de impacto del sistema hidroenergético se encontró que la picocentral en su funcionamiento no genera contaminación significativa al medio ambiente, esto se debe a que la naturaleza de los impactos es positiva, generando así beneficios a la comunidad.

La implementación de estos sistemas de energía alternativas con trae beneficios múltiples, pero uno de los más significativo es la importancia que adquiere el recurso hídrico frente a la

comunidad, es decir, la comunidad adoptara un pensamiento de uso racional, el cual brindara las proporciones adecuadas de cuidado y mitigación al recurso.

El sistema energético de la vereda Vega de Oriente es viable en su operación y mejoramiento debido a que, sus impactos generados no comprometen el estado del medio ambiente, por lo contrario, demuestra que su funcionamiento ofrece múltiples beneficios a la comunidad favorecida.

Los beneficios por este sistema alternativo obtenidos por esta comunidad son variados e importantes, tanto así que ellos pueden convertirse a nivel político como una comunidad energéticamente autónoma, implementando procesos agroindustriales y labores agrícolas tecnificadas el cual les brinden mejores beneficios económicos y de igual manera mejor posición en frente a los mercados nacionales.

Es importante recalcar que para que un sistema Hidroenergético funcione adecuadamente es necesario el mantenimiento del mismo, con el fin de no afectar los aparatos eléctricos utilizados por la población en general, además tener una adecuada distribución de las redes de transmisión eléctrica y circuitos de las viviendas para que no tenga perdidas el sistema y no haya ningún riesgo ambiental o social en la utilización del mismo.

En definitiva, en la realización de este trabajo adquirimos conocimientos que son ideales en nuestra formación personal y como profesional, por lo tanto, nos ayudara en la formación de nuestra carrera pensando en mi vida laboral en el futuro.

Este proyecto de investigación fue enmarcado a la solución de una problemática socioambiental de la comunidad vegas de oriente, de acuerdo a toda esa investigación y empeño en realizar este trabajo de grado de forma exitosa nos da la satisfacción de que todos esos conocimientos adquiridos en nuestra formación profesional han sido veraces, y nos han hecho pensar y actuar como ingenieros ambientales que buscan dar soluciones a problemáticas ambientales y sociales de cualquier comunidad que lo requiera.

También es preciso afirmar que este proyecto ha sido muy sustancioso, pues el trabajo con este tipo de comunidades te enseña a valorar más lo que tienes y a ser más humildes como personas que con poco o nada es posible seguir adelante, sin importar adversidades esta comunidad se las ha ingeniado para satisfacer sus necesidades diarias y con la implementación del sistema de energía limpias han hecho su vida más fácil, y contribuyen con el medio ambiente que, a pesar por el esfuerzo de la no contaminación, muchas personas no entienden el mensaje, de lo importante que es vivir en un ambiente sano, y que bueno es que nosotros como ingenieros ambientales en formación pudimos contribuir con el mejoramiento del sistema energético alternativo de esta comunidad.

La implementación de una PCH como solución a una demanda de energía, contribuye a disminuir las emisiones a la atmosfera de GEI ya que consiguen generar energía con emisiones nulas. Además de ser amigables con el medio ambiente, generan oportunidad de negocio por su implementación ya que aplican como fuentes de generación a partir de fuentes renovables haciéndolas aptas para emitir bonos de carbono.

El desarrollo de este proyecto contribuye a generar conciencia y cultura en la población acerca de la factibilidad que existe en el uso de energías renovables para el beneficio de una comunidad. Puede convertirse en un proyecto insignia, de admirar y ejemplar para otros proyectos que cuenten con el potencial.

## Capítulo 6. Recomendaciones

Dentro del desarrollo de este proyecto se han identificado algunos de los posibles desarrollos académicos futuros que pueden ser de especial importancia para las comunidades que no cuentan con un sistema eléctrico, entre ellos:

Implementar este tipo de proyectos hidroenergético a otros proyectos de generación de energía renovable en poblaciones que cuenten con un buen sistema hidrológico, para determinar la viabilidad de su diseño, construcción y puesta en marcha, en busca de una política ambiental y social que fomente el desarrollo de los diferentes tipos de generación de energía renovable no convencional.

Establecimiento de nuevas estrategias que sean encaminadas a la planificación de la expansión de la red eléctrica en estas comunidades, teniendo en cuenta el crecimiento e implementación de las fuentes renovables de energía.

Es recomendable aclarar que este sistema debe tener más atención técnica por parte de los usuarios, puesto que al no tener una buena casa de maquina este puede irse deteriorando por los diversos componentes ambientales y mecánicos que afectan al funcionamiento de la máquina.

Para este tipo de sistema es recomendable que las viviendas tengan en su poder electrodomésticos que sean ahorrativos de energía y que además de ello tengan dispositivos que ayuden a que no se quemen por cortes de luz inesperados.

Es digno seguir influyendo en la implementación de estas energías alternativas para el desarrollo de las comunidades, ya que con implementación de los procesos tecnificados se puede generar energía eléctrica amigable con el medio ambiente.

## Referencias

- Alcaldía de Teorama N.S. (2012 – 2015). *Plan de Desarrollo* . Municipio de Teorama.
- Autosolar Energía y Servicios S.L.U. (19 de Abril de 2015). *¿Qué es un panel solar?* Obtenido de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-panel-solar>
- Castañeda, A. A. (16 de Mayo de 2017). *universidad Libre*. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/10444>
- Castro, A. F., Olivares, M. A., & Rozo, O. V. (2019). *Evaluación del Sistema de Lavado de los Desarenadores Convencional y Dufour Mediante el Cálculo de Volumen Muerto a Través de Modelos Hidráulicos*. Obtenido de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/11252/1/2019\\_evaluaci%C3%B3n\\_sistema\\_lavado.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/11252/1/2019_evaluaci%C3%B3n_sistema_lavado.pdf)
- Corponor, L. C. (2020). *Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del rio Algodonal*.
- Cortolima. (2020). *Plan de Ordenamiento y de Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Rio de Anamichu*. Corporación Autónoma Regional del Tolima.
- Criollo, C. X., & Quezada, D. C. (2011). *Diseño de una mini central de energía hidroelectrica*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1096/13/UPS-CT002113.pdf>
- Duque, G. E., Gonzales, R. J., Restrepo, R. J., & Vélez, G. L. (2016). Las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas como Alternativa para el Mecanismo de Desarrollo Limpio en Antioquia, Colombia. *ESPACIOS*, 1-24.
- Energía y Sociedad. (12 de Noviembre de 2020). *Energíaysociedad*. Obtenido de <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/1-1-aspectos-basicos-de-la-electricidad/#:~:text=La%20electricidad%20es%20una%20forma,cargas%20el%C3%A9>

ctricas%20positivas%20y%20negativas.&text=Cuando%20las%20cargas%20est%C3%A1n%20en,se%20crean%20adem%C3%A1s%20c

Felices, A. R. (Agosto de 2003). *La Bocatoma, Estructura clave en un Proyecto de Aprovechamiento Hidraulico*. Obtenido de [http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas\\_interes/ROCHA/La\\_bocatoma.PDF](http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/La_bocatoma.PDF)

García, D. (18 de Febrero de 2011). *Efectos biológicos de la fragmentación de hábitats*. Obtenido de [https://www.unioviado.es/danielgarcia/pdfs/Garc%C3%ADaD\\_Ecosistemas\\_2011.pdf](https://www.unioviado.es/danielgarcia/pdfs/Garc%C3%ADaD_Ecosistemas_2011.pdf)

Garrido, A. A. (junio de 2009). *Microsoft Word - Energía y desarrollo - Agustín Alonso - Junio09 -s Final Grar pdf.doc*. Obtenido de como elemento esencial del desarrollo: <https://www.crisisenergetica.org/ficheros/Energia-y-desarrollo-Agustin-Alonso-Junio09-sFinal.pdf>

Gestión en Recursos Naturales. (2018). *Impacto Ambiental*. Obtenido de <https://www.grn.cl/impacto-ambiental.html>

Gobierno de Colombia . (2015). *Atlas Potencial Energetico de Colombia* . Obtenido de [http://www1.upme.gov.co/Energia\\_electrica/Atlas/Atlas\\_p25-36.pdf](http://www1.upme.gov.co/Energia_electrica/Atlas/Atlas_p25-36.pdf)

González, V. A., & Ramírez, S. J. (2014). *La cantidad de agua en el territorio*. Obtenido de [http://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual\\_Medici%C3%B3n\\_de\\_Caudal.pdf](http://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual_Medici%C3%B3n_de_Caudal.pdf)

Grupel S.A. – energy everywhere. (2020). *Diferentes tipos de generadores de corriente eléctrica*. Obtenido de <https://grupel.eu/es/grupel-es/tipos-generadores-de-corriente-electrica>

- Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. (abril de 2008). *Libro de energías renovables y eficiencia energética*. Obtenido de <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>
- Iroumé, A. (2014). *Pre-factibilidad técnico-económica de instalar una micro-central hidroeléctrica en el fundo "Los Pinos"*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcic352p/doc/bmfcic352p.pdf>
- Marchegiani, A. R. (septiembre de 2004). *Turbinas Pelton*. Obtenido de <file:///C:/Users/del%20presidente/Downloads/turbinas%20pelton.pdf>
- Mejía Castro, L. (07 de Abril de 2004). *Ministerio de Minas y Energía*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/22074-2284.pdf>
- Niño, A. B. (junio de 2019). *manual de operaciones mantenimiento y recomendaciones*. Pailitas Cesar.
- Osorio, L. I., & Díez, B. J. (2017). *Impacto ambiental generado por la instalación y operación de micro y pico centrales hidroeléctricas*. Obtenido de [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/11732/OsorioLondo%C3%B1o\\_Iverson\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/11732/OsorioLondo%C3%B1o_Iverson_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Oviedo. (1997). *Tecni Acustica*. Obtenido de [http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/publicaciones\\_4350jh030.pdf](http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/publicaciones_4350jh030.pdf)
- Pelton, M. T. (2019). *Pequeñas Centrales Electricas bien Ubicadas*. Obtenido de <https://microturbinapelton.com/services/energia-limpia/>
- Pulla, E. P. (26 de junio de 2007). *Calidad de Agua*. Obtenido de Escuela Superior Politecnica del litoral ING en Auditorias y Control de Gestion : <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>

- Redacción National Geographic. (05 de Septiembre de 2010). *Energía hidroeléctrica*. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/energia-hidroelectrica>
- Retie. (Agosto de 2013). *CAPÍTULO 8: Instalaciones Internas*. Obtenido de [https://www.cens.com.co/Portals/2/Documentos/Norma\\_Actualizada/CAPITULO%208\\_Instalaciones%20Internas%20CENS%20-%20Norma%20T%C3%A9cnica%20-%20CNS-NT-08.pdf](https://www.cens.com.co/Portals/2/Documentos/Norma_Actualizada/CAPITULO%208_Instalaciones%20Internas%20CENS%20-%20Norma%20T%C3%A9cnica%20-%20CNS-NT-08.pdf)
- Rodríguez, J. M. (Diciembre de 2011). *Investigacion*. Obtenido de <http://www.cide.edu.co/doc/investigacion/3.%20metodos%20de%20investigacion.pdf>
- Rodriguez, R. L., & Suarez, M. L. (2013). *Diseño de una micro central hidroelectrica para la reserva biologica*. Obtenido de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2313/1/35345.pdf>
- Rodriguez, S. S. (2013). *Diseño de una pequeña central hidroeléctrica a escala*. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11325/DISE%C3%91O%20DE%20UN%20PEQUE%C3%91A%20CENTRAL%20HIDROEL%C3%89CTRICA%20%20A%20ESCALA%20UTILIZANDO%20AGUAS%20LLUVIAS%20DEL%20BLOQUE%20A%20DE%20LA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A de C.V.
- Sandoval, W. (noviembre de 2018). *Conceptos Basicos de Centrales hidroelectricas*. Obtenido de <file:///C:/Users/del%20presidente/Downloads/Cap61.pdf>
- Sanjuan, L. D. (2011). *La observación*. Obtenido de [www.psicologia.unam.mx:  
http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La\\_observacion\\_Lidia\\_Diaz\\_Sanjuan\\_Texto\\_Apoyo\\_Didactico\\_Metodo\\_Clinico\\_3\\_Sem.pdf](http://www.psicologia.unam.mx:www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf)

Sendeco2. (25 de Enero de 2021). *Precios CO2*. Obtenido de <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>

Siabato, F. P. (2004). *Energías renovables y desarrollo sostenible en zonas rurales de Colombia*. Obtenido de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/desarrolloRural/article/view/1262>

Soto, J. A. (2014). *Planificación y diseño de una pequeña central hidroeléctrica*. Obtenido de [http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/2149/1/calmet\\_sja.pdf](http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/2149/1/calmet_sja.pdf)

Tonon, G. (27 de Mayo de 2011). *LA UTILIZACION DEL METODO COMPARATIVO EN ESTUDIOS CUALITATIVOS EN CIENCIAS POLITICAS Y CIENCIAS SOCIALES*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3702607.pdf>

Upme. (14 de Marzo de 2015). *Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014*. Obtenido de [https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla\\_IGE\\_Incentivos\\_Tributarios\\_Ley1715.pdf](https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf)

Valdez, A. (10 de enero de 2011). *Modelos de paisaje y análisis de fragmentación*. Obtenido de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/19/13>

# Apéndices

**Apéndice A.** Reconocimiento y acercamiento por parte del equipo de autores del proyecto a la comunidad de Vega de Oriente, Corregimiento de la Cecilia, Municipio de Teorama Norte de Santander.



*Fotografía 1:* Vía terciaria con dirección a Vereda la Vega de Oriente. Elaboración Propia



*Fotografía 2:* Finca Nelly, beneficiaria del proyecto. Elaboración Propia

**Apéndice B.** Reconocimiento del afluente y equipo hidroeléctrico de la vereda la Vega de Oriente, Corregimiento de la Cecilia, Municipio de Teorama, Norte de Santander.



*Fotografía 3:* Afluente quebrada la Gasolina. Elaboración Propia



*Fotografía 4:* Reconocimiento de equipo hidroenergetico. Elaboración Propia



*Fotografía 5:* Vista horizontal de turbina Pelton. Elaboración Propia



*Fotografía 6:* Estructura de Soporte de equipo hidroeléctrico. Elaboración Propia

**Apéndice C. Reconocimiento de redes de energía y estructuras de soporte.**



*Fotografía 7:* Estructura de madera para soporte de redes del sistema.  
Elaboración Propia



*Fotografía 8:* Estructura vegetal para soporte de redes del sistema.  
Elaboración Propia



*Fotografía 8:* Estructura vegetal para soporte de redes del sistema.  
Elaboración Propia

**Apéndice D.** Toma de coordenadas y decibeles sonoros



*Fotografía 9:* Verificación de emisión de sonido de la máquina. Elaboración Propia



*Fotografía 10:* Toma de Coordenadas topográficas de todo el sistema. Elaboración Propia

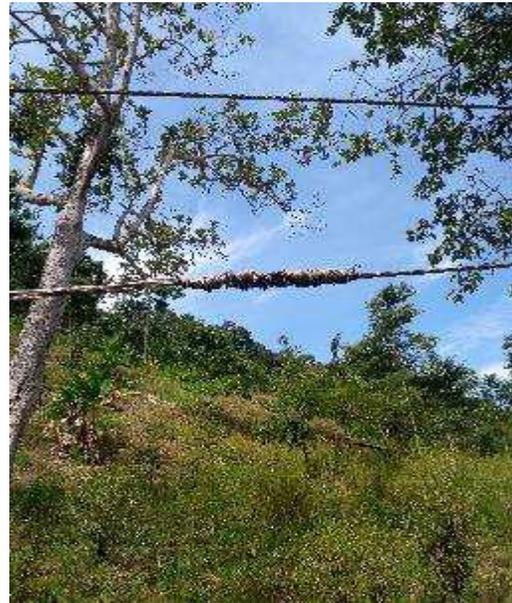


*Fotografía 11.* Recorrido a diferentes puntos de toma de Coordenadas. Elaboración Propia

**Apéndice E.** Verificación de Circuitos internos y empalmes utilizados en el sistema



*Fotografía 12.* Circuito interno de vivienda beneficiada por el sistema.  
Elaboración Propia



*Fotografía 13.* Empalmes de la cometa del sistema. Elaboración Propia



*Fotografía 14.* Empalmes internos de la cometa del sistema.  
Elaboración Propia



*Fotografía 15.* Circuito interno de vivienda beneficiada por el sistema.  
Elaboración Propia

**Apéndice F. Medición de voltaje suministrado por el sistema**



*Fotografía 16. Medición con voltímetro de la energía eléctrica suministrada a la vivienda. Elaboración Propia*



*Fotografía 17. Medición voltaje con pinza amperimétrica. Elaboración Propia*



*Fotografía 18: Medición de voltaje con pinza amperimétrica en vivienda beneficiada por el sistema. Elaboración Propia*

**Apéndice G. Mejoramiento y Optimización de redes de soporte**



*Fotografía 19: Diseño para estructura de soporte en concreto. Elaboración Propia*



*Fotografía 20: Estructura de soporte en concreto. Elaboración Propia*



*Fotografía 21: Elaboración de estructura de soporte en concreto. Elaboración Propia*

## Apéndice H. Socialización del Proyecto en la comunidad



*Fotografía 21:* Socialización del proyecto con la comunidad. Elaboración Propia



*Fotografía 22:* Socialización del proyecto con la comunidad. Elaboración Propia