



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“ANÁLISIS DEL POTENCIAL HÍDRICO DEL RÍO JARAMILLO EN LA RESERVA NATURAL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES PARA DIMENSIONAR UN SISTEMA DE GENERACIÓN QUE ABASTEZCA LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA ASOCIACIÓN PÁRAMOS JARAMILLO”.

Proyecto de titulación presentado previo a la obtención de del Título de
Ingeniero en Sistemas Eléctricos de Potencia

Autores:

Amores Ibarra Dorian Santiago

Tonato Yupangui Luis Armando

Tutor:

Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

Latacunga – Ecuador

Octubre 2018 – Marzo 2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, AMORES IBARRA DORIAN SANTIAGO Y TONATO YUPANGUI LUIS ARMANDO, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación; “ANÁLISIS DEL POTENCIAL HÍDRICO DEL RÍO JARAMILLO EN LA RESERVA NATURAL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES PARA DIMENSIONAR UN SISTEMA DE GENERACIÓN QUE ABASTEZCA LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA ASOCIACIÓN PÁRAMOS” JARAMILLO”, siendo el **Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente proyecto de investigación, son de exclusiva responsabilidad.



Amores Ibarra Dorian Santiago

C.I.: 180373402-7



Tonato Yupanqui Luis Armando

C.I.: 050385153-7

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“ANÁLISIS DEL POTENCIAL HÍDRICO DEL RÍO JARAMILLO EN LA RESERVA NATURAL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES PARA DIMENSIONAR UN SISTEMA DE GENERACIÓN QUE ABASTEZCA LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA ASOCIACIÓN PÁRAMOS JARAMILLO”, de Amores Ibarra Dorian Santiago y Tonato Yupangui Luis Armando, de la carrera de Ingeniería Eléctrica , considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Consejo Directivo de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero, 2019



Ing. MSc. Alfonso Xavier Proaño Maldonado

TUTOR

C.C 050265642-4

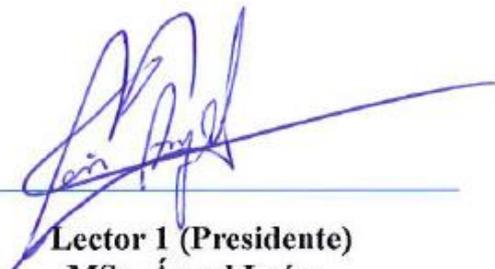
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, el o los postulantes Amores Ibarra Dorian Santiago y Tonato Yupangui Luis Armando, con el título de Proyecto de titulación “**ANÁLISIS DEL POTENCIAL HÍDRICO DEL RÍO JARAMILLO EN LA RESERVA NATURAL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES PARA DIMENSIONAR UN SISTEMA DE GENERACIÓN QUE ABASTEZCA LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA ASOCIACIÓN PÁRAMOS JARAMILLO**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

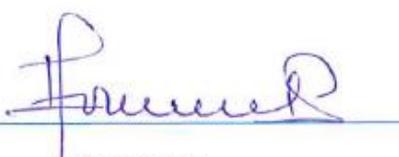
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Febrero, 2019

Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)
MSc. Ángel León
CC: 050204135-3



Lector 2
PhD. Iliana González Palau
CC: 175707065-9



Lector 3
MSc. Edwin Lema Guamán
CC: 030226435-1

AGRADECIMIENTO

Le agradezco primero a Dios por la vida que me ha brindado para poder servirle, guiarme y bendecir a todas aquellas personas que hicieron posible que cada momento de mi vida sea importante.

A mis padres Ángel Amores y Norma Ibarra por sus enseñanzas, valores, virtudes y fortalezas que han formado mi carácter y han sido las principales razones para llegar a ser la persona que con mi comportamiento soy ahora, gracias a ellos porque he crecido siendo humilde y sencillo, sin menospreciar las pequeñas o grandes oportunidades.

A mis hermanos porque con ellos aprendí que a pesar de los problemas, adquirimos juntos las experiencias de la vida riéndonos, hallando las aventuras de nuestros caminos y el apoyo fundamental entre nosotros.

A mis maestros de universidad, que con su rigidez nos fundamenta el conocimiento y nos llenan de alegría el alma al compartir su experiencia, en especial a los Ingenieros Carlos Saveedra, Rosa Granizo y Xavier Proaño, quienes tienen en su corazón bondad para brindar a sus pupilos su cátedra.

A mis dos pequeñas mujercitas Evelyn e Itzae, nuestra personita especial que hace girar nuestras vidas y alegra nuestro camino llevándolo a un mundo mágico en el cual viviremos la aventura de la vida siendo padres, gracias a ti esposa mía que en los momentos de tormenta y desolación no abandonaste las esperanzas, aun cuando yo ya no las tenía.

A mi bella mujercita Enmita, que siempre estuvo pendiente apoyándome moral y económicamente, mi abuelita de vida, gracias a mi familia porque cada uno ha influido mi vida.

Santiago

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento muy especial a Dios, por haberme permitido tener la oportunidad de vivir, por estar siempre a mi lado y permitirme llegar hasta este punto de mi vida.

A mis padres Segundo Tonato y Gladys Yupanqui por el amor, comprensión y apoyo constante, sin ellos no hubiera podido realizarse este logro tan importante en mi vida.

A mis hermanos Susana, Bertha, Wilmer y Edith por lo que representan para mí, por sus consejos y por estar siempre a mi lado.

A mi mujer Deysi y mi hija Emily por el apoyo moral y económicamente y por las aventuras de nuestros caminos y el apoyo fundamental.

También un extensivo agradecimiento a mi familia por su apoyo moral y económicamente en los momentos difíciles de la vida.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi carrera de Ingeniería Eléctrica por permitir emprender mis sueños como profesional.

A los docentes de la carrera de ingeniería eléctrica en especial al Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado.

Luis

DEDICATORIA

A Dios, por bendecir mi camino y alcanzar una de mis metas anheladas en mi vida.

A mi madre Norma, por dar valor a mi vida, por ser una mujer luchadora, que jamás se rinde y enseñarme que para conseguir algo hay que ganarse por cuenta propia.

A mi padre Ángel, que me enseñó a crear talentos para afrontar la vida y superar las pruebas que Dios nos pone.

A mis hermanos Darío y Ángelo que juntos hemos aprendido el bello arte de compartir y el apoyo frente a los problemas. A mis grandes amigos Byron y Oscar, por su apoyo incondicional y preocupación en todo momento.

A mi familia, por el apoyo, las alegrías y tristezas que vivieron junto a mí, ayudándome a superarlas.

A mi esposa Evelyn y mi pequeña Itzae, por las aventuras que vivimos día a día luchando por una vida mejor.

Santiago

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo Primero y, antes que nada, a Dios, por estar conmigo a cada paso que doy.

A las personas que más amo en el mundo. A mis padres Gladys y Segundo por brindarme todo su apoyo incondicional y su comprensión, también pues siempre me han motivado a ser mejor persona y en un futuro un buen profesional.

A mis hermanos y amigos que son unas de las personas que más se preocupan de mí, brindándome su sabiduría y enseñándome cosas vitales para la vida.

A mi familia que me ha brindado todo lo necesario para llegar hasta donde estoy, siendo el soporte necesario para la culminación de mi proyecto de tesis.

Luis

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
AVAL DE TRADUCCIÓN	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
4. BENEFICIARIOS	2
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
5.1. Situación Problemática	3
5.2. Formulación del Problema	3
6. OBJETIVOS	3
6.1. Objetivo General	3
6.2. Objetivos Específicos	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	4
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	5
8.1. Antecedentes de la Investigación	5
8.2. Bases Teóricas	6

8.2.1.	Recursos Naturales y Energías Renovables	6
8.2.2.	Energía Hidráulica	7
8.2.3.	Central Hidroeléctrica	8
8.2.4.	Análisis Regional. Indicadores de Calidad de Cuenca.....	9
8.2.5.	Determinación del caudal de equipamiento	10
8.3.	MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DEL CAUDAL.....	11
8.4.	MÉTODOS DIRECTOS:.....	12
8.5.	MÉTODOS INDIRECTOS:	12
8.5.1.	Método del área y la velocidad.....	12
8.5.2.	Método del vertedero de pared delgada.....	16
8.5.3.	Método de la sección de control y regla graduada.....	17
8.5.4.	Método de la solución de sal.....	18
8.5.5.	Método de la disolución o del colorante.....	18
8.5.6.	Método del recipiente.....	19
8.6.	TIPOS DE APROVECHAMIENTOS	21
8.7.	POTENCIA A INSTALAR Y PRODUCCIÓN	22
8.8.	GENERADORES ELÉCTRICO.....	24
8.8.1.	Generador síncrono.....	24
8.8.2.	Principio de funcionamiento.....	24
8.8.3.	Partes del generador síncrono	25
9.	HIPÓTESIS.....	26
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	26
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS:	27
11.1.	Ubicación Geográfica.....	27
11.2.	Mediciones de Caudal del río Jaramillo.....	28
11.2.1.	Análisis de los caudales medidos	35
11.3.	Caudal Ecológico	35

11.4.	Caudal Turbinable	36
11.5.	Topología	36
11.6.	Potencia Máxima Aprovechable. (Potencia Mecánica)	38
11.7.	Análisis de carga	39
11.7.1.	Curva de Carga	41
11.8.	Dimensionamiento	42
11.8.1.	Captación de Agua	43
11.8.2.	Determinación del Generador	44
11.9.	Análisis de energía de carga y generación.	48
11.10.	Energía consumida por la carga	50
11.11.	Energía de la capacidad máxima de generación	50
11.12.	Energía perdida entre la generación y la carga.	51
11.13.	Medición, control del voltaje y potencia de salida	51
12.	IMPACTO (TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTALES)	53
12.1.	Impacto Técnico	53
12.2.	Impacto Social	53
12.3.	Impacto Ambiental	53
13.	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	53
13.1.	Análisis económicos	53
13.2.	Cálculo del valor presente (VP) de los costos de inversión	54
13.3.	Relación beneficio/costo	55
13.4.	Período de recuperación de la inversión	55
13.5.	Resumen de resultados	56
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
14.1	Conclusiones	57
14.1	Recomendaciones	57
15.	BIBLIOGRAFÍA	59

16.	ANEXOS	62
16.1.	ANEXO 1. Medición del tiempo que tarda el objeto en recorrer los 4 metros.....	62
16.2.	ANEXO 2. Caudales diarios en litros por segundo	65
16.3.	ANEXO 3. Identificación de lugar para toma de datos.	68
16.4.	ANEXO 4. Detalle de costos directos y costos indirectos para análisis económico.	69
16.5.	ANEXO 5. Flora y fauna del páramo Jaramillo	72
16.6.	ANEXO 6. Pliego tarifario para costo de energía.	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corte transversal de una Represa Hidroeléctrica	9
Figura 2. Curva de Caudales Clasificados (CCC)	10
Figura 3. Sección trasversal de la corriente	13
Figura 4. Imágenes medición de Caudal con el método del Vertedero.....	16
Figura 5. Curva calibrada de corriente de agua en estación de aforo y escala graduada para determinar el caudal del Río.....	18
Figura 6. Usando el método del recipiente	20
Figura 7. Rotor	25
Figura 8. Estator o Armadura	25
Figura 9. Ubicación del río Jaramillo	27
Figura 10. Flotador plástico para mediciones de velocidad de superficie del agua	28
Figura 11. Ancho y Profundidad del Lecho	28
Figura 12. Tramo para medición	28
Figura 13. Herramienta análisis de datos para generar histogramas de frecuencia	33
Figura 14. Herramienta para generar el histograma de frecuencia en base a los caudales	33
Figura 15. Histograma de caudales	34
Figura 16. Histograma de caudales	35
Figura 17. Atura neta del salto del agua según la topología del río	37
Figura 18. Atura neta del salto del agua en vista lateral.....	38
Figura 19. Curva de carga estimada.	41
Figura 20. Sitio de captación de agua como embalse tipo pasada.....	44
Figura 21. Generador, turbina y sistemas de control automático de frecuencia.....	45
Figura 22. Dibujo estructura.....	47
Figura 23. Instrucciones de Instalación	47
Figura 24. Energía no aprovechada.	48
Figura 25. Curva de caudal de acuerdo a la curva de carga	49
Figura 26. Cámara de máquina.....	52
Figura 27. Análisis de embalse de pasada	68
Figura 28. Toma de coordenadas con el GPS.....	68
Figura 29. Medición del caudal	69
Figura 30. Oso de anteojos	72
Figura 31. Venados.....	72
Figura 32. Pliego Tarifario Enero – diciembre 2018.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de k, según la relación S/p y material de río	14
Tabla 2. Valores de k, según la profundidad y el material del río	14
Tabla 3. Dimensiones del río Jaramillo	29
Tabla 4. Cálculos previos al análisis estadístico de caudal	32
Tabla 5. Límites superiores e inferiores de acuerdo al número de intervalos	32
Tabla 6. Límites superiores e inferiores de acuerdo al número de intervalos	33
Tabla 7. Coordenadas de captación de agua, cámara de generación y rancho	37
Tabla 8. Carga estimada.	39
Tabla 9. Carga estimada según la potencia.....	40
Tabla 10. Coordenadas de captación de agua.....	44
Tabla 11. Consumo de energía diaria de la carga.....	49
Tabla 12. Costos directos para la inversión en el proyecto	53
Tabla 13. Costos indirectos para la inversión en el proyecto	54
Tabla 14. Costos totales para la inversión en el proyecto	54
Tabla 15. Resumen de los resultados.....	56
Tabla 16. Toma de datos del diciembre.....	62
Tabla 17. Toma de datos del enero	62
Tabla 18. Toma de datos del febrero	63
Tabla 19. Toma de datos del marzo.....	63
Tabla 20. Toma de datos del abril	64
Tabla 21. Toma de datos del mayo	64
Tabla 22. Caudales del mes de diciembre en ltrs/s	65
Tabla 23. Caudales del mes de enero en ltrs/s	65
Tabla 24. Caudales del mes de febrero en ltrs/s	66
Tabla 25. Caudales del mes de marzo en ltrs/s.....	66
Tabla 26. Caudales del mes de abril en ltrs/s	67
Tabla 27. Caudales del mes de mayo en ltrs/s	67
Tabla 28. Costo de materiales para la obra civil.....	69
Tabla 29. Costo de materiales para ensamblaje hidráulico.....	70
Tabla 30. Costo de materiales para instalación eléctrica.....	70
Tabla 31. Costo por mano de obra.....	71
Tabla 32. Costo de transporte de materiales	71

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “ANÁLISIS DEL POTENCIAL HÍDRICO DEL RÍO JARAMILLO EN LA RESERVA NATURAL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES PARA DIMENSIONAR UN SISTEMA DE GENERACIÓN QUE ABASTEZCA LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA ASOCIACIÓN PÁRAMOS JARAMILLO”

Autores:

Dorian Santiago Amores Ibarra

Luis Armando Tonato Yupangui

RESUMEN

La capacidad de generación necesaria para cubrir la carga estimada de los ranchos de la asociación “Páramos Jaramillo” se tiene mediante la toma de datos medidos de acuerdo al método de obtención de caudal por velocidad y superficie, se calcula el caudal mediante histogramas de frecuencia que nos permiten encontrar el valor de caudal más relevante, de este modo se puede calcular la potencia máxima aprovechable de la carga estimada con una proyección del 10% de 1.182 kW, es así que, la carga total será de 1.301 kW, dimensionamos el generador de acuerdo a la carga, donde necesitamos una potencia de generación de 1.5 kW monofásico 220v, la distancia entre el generador y la carga es de 73m donde deberá utilizar un cable concéntrico 3x8 Cu, dentro de una tubería de PVC de 1”, ésta debidamente soterrada.

Estimada la carga y dimensionado el generador tenemos una energía anual de 4.769 MWh, con un coste anual de 500.85 USD, energía anual de generación es de 9.504 MWh con un coste de generación de 907.2 USD, existe una energía no utilizada de 4.734 MWh con un coste de pérdida de 497.07 USD. El proyecto tiene una TIR de 14 meses.

Palabras Claves: Mediciones de caudal, dimensionamiento de generador, energía aprovechable, proyectos hidráulicos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

THEME: "ANALYSIS OF THE WATER POTENTIAL OF THE RIVER JARAMILLO IN THE NATURAL RESERVE OF THE NATIONAL PARK LLANGANATES TO DIMENSION A SYSTEM OF GENERATION THAT SUPPLIES THE ELECTRIC ENERGY DEMAND OF THE ASSOCIATION PÁRAMOS JARAMILLO"

Authors:

Dorian Santiago Amores Ibarra

Luis Armando Tonato Yupangui

ABSTRACT

The generation capacity necessary to cover the estimated load of the ranches of the "Páramos Jaramillo" association is obtained by taking data measured according to the method of obtaining flow rate by speed and surface, the flow is calculated by frequency histograms that allow us to find the most relevant flow value, thus, It is calculated the maximum usable power of the estimated load with a projection of 10% of 1,182 kW, so, the total load will be 1,301 kW, It is measured the generator according to the load, where It is needed a power generation of 1.5 kW single phase 220v, the distance between the generator and the load is 73 meters where you must use a concentric 3x8 Cu cable, inside a PVC pipe of 1 ", this duly buried. Estimated the load and dimensioned the generator It has an annual energy of 4.769 MWh, with an annual cost of 500.85 USD, annual generation energy is of 9.504 MWh with a generation cost of 907.2 USD, there is an unused energy of 4.734 MWh with a loss cost of 497.07 USD. The project has a IRR of 14 months.

Keywords: Flow measurements, generator sizing, usable energy, hydraulic projects.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en forma legal CERTIFICO que: la traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de INGENIERÍA ELÉCTRICA de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS, AMORES IBARRA DORIAN SANTIAGO Y TONATO YUPANGUI LUIS ARMANDO, cuyo título versa "ANÁLISIS DEL POTENCIAL HÍDRICO DEL RÍO JARAMILLO EN LA RESERVA NATURAL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES PARA DIMENSIONAR UN SISTEMA DE GENERACIÓN QUE ABASTEZCA LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA ASOCIACIÓN PÁRAMOS JARAMILLO.", realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Febrero de 2019

Atentamente,

MSc. Nelson Guagchinga
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0503246415



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título:

Análisis del potencial hídrico del río Jaramillo en la reserva natural del Parque Nacional Llanganates para dimensionar un sistema de generación que abastezca la demanda de energía eléctrica de la asociación Páramos Jaramillo.

Fecha de inicio: Octubre 2017

Fecha de finalización: Marzo 2018

Lugar de ejecución: Reserva Nacional Parque Nacional Llanganates

Facultad: Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas

Carrera: Ingeniería Eléctrica

Proyecto de investigación vinculado:

Proyecto con la carrera

Equipo de Trabajo:

Ing. Xavier Proaño (Tutor)

Amores Santiago

Tonato Luis

Área de Conocimiento: Ciencia Pura, Ciencia Aplicada y Tecnología.

Línea de investigación: Conversión y uso racional de la energía eléctrica.

Sub líneas de investigación de la Carrera: Eficiencia energética y desarrollo sostenible

2. DESCRIPCION DEL PROYECTO

Para el rancho de la asociación Páramos Jaramillo ubicada en el Parque Nacional Llanganates de la Provincia de Tungurahua Cantón Santiago de Píllaro, es necesario abastecer del servicio de energía eléctrica mediante una fuente auto sustentable, aprovechando las fuentes hídricas que este sitio posee tal como el río Jaramillo, como un estudio para dimensionar un sistema de generación reduciendo el impacto ambiental y visual, brindando comodidad de cada uno de los socios de esta institución que se dedica a la protección de la fauna y la flora de cierto sector natural en donde no se accede con ningún tipo de vehículo motorizado.

Para el estudio es primordial determinar el caudal del río Jaramillo, el cual se ubica a 80 metros del rancho de la asociación, permitiendo obtener la relación del potencial hídrico y el potencial eléctrico, es decir, la cantidad máxima de energía eléctrica se puede obtener de la energía que provee el movimiento y la fuerza del agua de un determinado caudal medido en las estaciones de estiaje más críticas del año.

Actualmente la creación de nuevos proyectos eléctricos de energía renovable se impulsa una visión para evitar la contaminación por la utilización de combustibles que generan problemas al medio ambiente.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El rancho de la Asociación no posee energía eléctrica por encontrarse en un sitio alejado de la civilización y de todo servicio básico, en especial del servicio de energía eléctrica necesaria para la utilización de luminarias y tomas de corriente, al encontrarse ubicado en un lugar con recursos naturales tales como el agua, aprovechando la energía potencial del caudal en el río Jaramillo, para dimensionar un sistema de generación que permita abastecer de energía eléctrica para la utilización de aparatos eléctricos tales como linternas, cargadores celulares, etc., que sirven de comodidad, apoyo del socio del páramo Jaramillo, para el cuidado, control y preservación de la fauna y flora del Parque Nacional en horario nocturno y diurno.

4. BENEFICIARIOS

Beneficiarios Directos: Socios de la Asociación “Páramos Jaramillo”

Beneficiarios Indirectos: Turistas en general.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

5.1. Situación Problemática

La Asociación Paramos Jaramillo es una institución dedicada a la protección de la fauna y la flora de cierto sector del Parque Nacional Llanganates denominado “Páramo Jaramillo”, en donde no se accede con ningún tipo de vehículo motorizado, además, poseen dos pequeños ranchos dentro de la reserva que lo utilizan como sitio de descanso para el control de personas que puedan atentar contra la vida salvaje, y para comodidad de cada socio es necesario contar con el servicio de energía eléctrica auto sustentada, ya que existe nacientes de agua que forman quebradas y ríos tales como el río Jaramillo que se ubica a pocos metros y se puede aprovechar el potencial hídrico.

Existe la necesidad de abastecer una carga eléctrica que sirve para funcionamiento de luminarias y aparatos eléctricos en el rancho, pretendiendo suministrar esta carga mediante un sistema hídrico de generación, para lo cual hay que obtener datos de los caudales en ciertas fechas del año en donde hay sequía y se tenga la información del potencial hídrico en condiciones críticas y de la misma manera cuando se presente temporadas invernales.

Este estudio sirve de base para el dimensionamiento de un sistema de generación y cubrir de energía eléctrica a los ranchos de la asociación “Páramos Jaramillo” vital para mejorar la estancia de los socios que preservan esta reserva natural.

5.2. Formulación del Problema

¿Cómo se podría dimensionar un sistema de generación para el rancho de la asociación Páramos Jaramillo en la reserva nacional mediante análisis del potencial hídrico?

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Analizar el potencial hídrico del río Jaramillo en el Parque Nacional Llanganates mediante métodos de medición de caudal con el fin de dimensionar un sistema de generación que permita abastecer de energía eléctrica a los ranchos de la asociación “Páramos Jaramillo”.

6.2. Objetivos Específicos.

- Realizar una investigación bibliográfica que nos permita determinar una metodología para las mediciones del caudal del río Jaramillo.
- Obtener una base de datos mediante un método de medición de caudal en las condiciones más críticas de estiaje como un estudio hídrico.
- Determinar el sistema de generación hídrica adecuada para abastecer de energía eléctrica al rancho ubicado en el Parque Nacional Llanganates.
- Realizar un análisis técnico-económico del sistema propuesto.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

OBJETIVOS	Actividad	Resultado de la Actividad	Descripción de la Actividad (Técnicas e Instrumentos)
Realizar una investigación bibliográfica que nos permita determinar una metodología para las mediciones del caudal del río Jaramillo.	Recopilación de información con respecto a estudios de medición de caudal y el aprovechamiento del potencial hídrico en proyectos de generación hidráulica.	Recopilación de toda información relacionada a la necesidad para usarla en el proceso estudio.	Sitios Web, Tesis, artículos científicos y demás artículos relacionados con el estudio de caudales y dimensionamiento de generadores.
Obtener una base de datos mediante un método de medición de caudal en las condiciones más críticas de estiaje como un estudio hídrico.	levantamiento de caudal del río Jaramillo del Parque Nacional por un tiempo aproximado de seis meses	Recopilación de datos de caudal	Método de velocidad y área Tablas en Excel

Determinar el sistema de generación hídrica adecuada para abastecer de energía eléctrica al rancho ubicado en el Parque Nacional Llanganates.	Con los datos obtenidos de caudal se determina la potencia máxima que se puede obtener del potencial hídrico y el tipo de generación más adecuada para abastecer la demanda de energía eléctrica.	Determinación de la generación hídrica en dependencia de los datos de caudal.	Tablas en Excel
Realizar un análisis técnico-económico del sistema propuesto.	Determinación de la viabilidad en base a datos de los costos de producción de energía.	Resultado de los sistemas técnico-económico más recomendables	Tablas en Excel

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Antecedentes de la Investigación

En el trabajo de "Criollo Cabrera, Xavier Leonardo"; "Quezada Damián, Cristian Lautaro", cuenca 2011(1) se elaboró un estudio con el tema **“Diseño de una mini central de energía hidroeléctrica en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cuenca”** dicha investigación tiene como objetivo **“Diseñar una mini central hidroeléctrica en la PTAR”** Los pequeños proyectos hidroeléctricos son una alternativa para el desarrollo de la población en áreas rurales, nuestro proyecto busca incentivar la utilización de la infraestructura existente, construida en áreas urbanas para la instalación de pequeños proyectos hidroeléctricos, con la intención de reutilizar la infraestructura reduciendo así los costos y ampliando la probabilidad que los proyectos lleguen a su ejecución.

En el trabajo de "Vásquez Huiracocha, Vinicio Rolando", Cuenca 2015(2), se elaboró un estudio con el tema **“Estudio y diseño de un sistema micro hidroeléctrico para generación y**

abastecimiento de energía eléctrica mediante energía renovable para una vivienda típica del sector de Sinincay perteneciente al cantón Cuenca” La energía mini hidráulica se genera utilizando la energía cinética del agua provocada por la gravedad; por ello, los emplazamientos ideales para este tipo de aprovechamiento energético son los ríos con un gran desnivel o en los que se genera un desnivel artificial mediante la construcción de una presa. El agua se canaliza por unas tuberías que la llevan hasta la central hidroeléctrica en cuyo interior hay una turbina que convierte el movimiento del agua en electricidad que luego se transmite a la red eléctrica.

8.2. Bases Teóricas

8.2.1. Recursos Naturales y Energías Renovables

Tomando en consideración que el mundo en general y de manera particular el Ecuador por encontrarse en la mitad del mismo poseen grandes bondades naturales de las cuales y en nuestro tema de estudio se las puede aprovechar para la generación de Energías Renovables que hoy en día son promovidas por las altas autoridades en busca de cambiar la Matriz Energética mediante la disminución de la producción de Energía Eléctrica basada en combustibles fósiles que no son renovables y son altamente contaminantes en Dióxido de Carbono CO₂ con gran impacto en la producción de gases de efecto invernadero que colabora para el efecto devastador del calentamiento global que se busca erradicar como política mundial, se presenta a continuación las pautas para el aprovechamiento de las mismas para la micro generación Eléctrica con fines de suplir la carencia de la misma en un sector de nuestra ciudad aprovechando los Recursos Naturales, la misma que puede evolucionar con los cambios tecnológicos, capacidad adquisitiva y predisposición a la implementación con beneficios económicos, sociales, ambientales y tecnológicos. La clasificación de las fuentes de energía ha adquirido una vital importancia en las últimas décadas debido a que las fuentes inagotables de energía denominadas renovables han detonado un “bum” sobre el cambio climático ya que son ellas las que por su poca o nula emisión de gases de efecto invernadero son la principal arma del hombre para disminuir los efectos del calentamiento global. [1][2][3]

Cabe mencionar que para que ello ocurra se requiere de muchos factores pero principalmente mencionamos el que nace de la necesidad de Energía Eléctrica minimizando la dependencia de los combustibles fósiles, del potencial energético disponible en el lugar de generación ya sea Eólico, Hídrico, Geotérmica, Mareas, Solar etc., así como del Potencial Tecnológico con el que se

desarrollan dispositivos cada vez más eficientes en los que se incluyen turbinas así como los Generadores y por último sin descartar de la visión y empeño de los catedráticos en impulsar ideas innovadoras en sus alumnos con el fin no solo de suplir la creciente demanda tanto de población como de consumo sino también el de la incorporación de importantes cargas nuevas como son las cocinas de inducción, vehículos eléctricos y migración del consumo de derivados de GLP a electricidad en los que se incluyen los calefones, hornos, calefactores y más productos para beneficio del Estado, la población, de las empresas y del cuidado ambiental.[1][3]

8.2.2. Energía Hidráulica

Es llamada también Energía Hídrica o Hidro-Energía y es aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética de la corriente del agua y/o energías potenciales de los saltos de agua o mareas y usa la fuerza hídrica sin represarla por lo que es considerada como Energía verde o ecológica pura ya que los efectos contaminantes suelen ser cercanos a cero y el impacto ambiental que produce es prácticamente nulo por lo que es una buena alternativa para su aprovechamiento a gran escala, es la razón principal de ser de este proyecto. La energía hidráulica se refiere al aprovechamiento de la fuerza que tiene el agua, que se obtiene buscando una caída de agua desde cierta altura a un nivel inferior, la que luego se transforma en energía mecánica (a través de la rotación de un eje), con el uso de una rueda hidráulica o turbina.

Básicamente se trata de usar un cruce o cauce de agua sin modificarlo buscando no perjudicar a sus Cuencas Hidrográficas ni al medio ambiente como tampoco a sus habitantes buscando aprovechar y sobre todo optimizar el uso que se le da a cierta agua en determinado sector, su principio basa en aprovechar la altura del recorrido del agua que es siempre descendente y buscando eliminar las pérdidas de energía cinética que se producen por fricción con el suelo, remolinos, en mover partículas de tierra, arena, piedra u otras partículas que hacen que el agua baje a una velocidad casi constante y darle a la masa de agua una caída de agua lo más semejante posible a un cuerpo en caída libre en la que las partículas debido a la aceleración transforman la energía potencial debido a la altura en velocidad que es energía cinética, este balance de energía se lo puede apreciar mejor mediante el Principio de Bernoulli que expresa que la energía que posee un fluido en cualquier momento consta de tres partes cinética, potencial y de presión la cual permanece constante a lo largo de su recorrido en un ducto aunque para ello se considera un fluido ideal sin

pérdidas, ni compresibilidad, ni rozamiento en régimen de circulación por un conducto cerrado.[1][4][5]

El agua de una presa con su potencia hidráulica disponible, pasa por una turbina, la cual la transforma en potencia mecánica y ésta a través de un generador, la convierte en potencia eléctrica. Luego pasa a los transformadores, para iniciar su viaje a los centros de consumo.[6]

La energía hidráulica o hidroenergía es la energía potencial gravitatoria de una masa de agua que puede ser transformada en otras formas de energía, como la eléctrica (centrales hidroeléctricas) y la mecánica (ruedas, molinos, arietes hidráulicos).[7][8]

8.2.3. Central Hidroeléctrica

Considerada la primera forma de energía renovable desde su aplicación generalizada desde el siglo XVII, se desarrolló con el aprovechamiento antiguo de las primeras ruedas de madera de paletas hidráulicas para molinos especialmente de trigo. Su mayor desarrollo se debió al Ingeniero civil John Smeaton que construyó por primera vez grandes ruedas hidráulicas de hierro colado que impulsó la revolución industrial sobre todo de textiles y cuero, aunque ya existían las máquinas de vapor, pero poco satisfactorias con carbón por combustible. Tuvo su limitación con la construcción de grandes presas que en ese tiempo no eran posibles unido al bajo caudal de verano y otoño, así como las heladas en invierno por lo que un tiempo se regresó a las máquinas de vapor sobre todo cuando el carbón bajo de precio.[1][9][7]

La energía del cauce de agua se puede convertir a diferentes escalas, pequeñas explotaciones en las que la corriente de un río, con una pequeña presa como se indica en la **Figura 1**, mueve una rueda de palas y genera movimiento, hasta la utilización más significativa con las grandes centrales hidroeléctricas de presas, que aprovechan el salto geodésico que es la energía potencial gravitatoria de la masa de agua entre dos niveles para mover una turbina que a su vez mueve al generador de energía eléctrica, aunque estas no son consideradas formas de energía verde, por el alto impacto ambiental que producen.[1]

Las centrales hidroeléctricas pueden definirse como instalaciones mediante las que se consigue aprovechar la energía contenida en una masa de agua situada a una cierta altura, transformándola en energía eléctrica. Esto se logra conduciendo el agua desde el nivel en el que se encuentra, hasta

un nivel inferior en el que se sitúan una o varias turbinas hidráulicas que son accionadas por el agua y que a su vez hacen girar uno o varios generadores, produciendo energía eléctrica.[10]

Las dos principales características desde el punto de vista de la capacidad de generación de electricidad de una central hidroeléctrica son la Potencia y la Energía. [1]

La potencia depende básicamente del caudal máximo y de la altura existente entre el nivel medio del embalse y el nivel medio de las aguas debajo de la central.[1]

Y la Energía que es la que se garantiza en un lapso de tiempo determinado, generalmente en un año, que está en función de la capacidad del volumen útil del embalse y de la potencia instalada de todos sus generadores si es más de uno instalados en la misma casa de máquinas.[1]



Figura 1. Corte transversal de una Represa Hidroeléctrica

8.2.4. Análisis Regional. Indicadores de Calidad de Cuenca

Las cuencas hídricas están alimentadas por las lluvias. El comportamiento hidrológico de una cuenca estará entonces influenciado por la distribución, intensidad y duración de las precipitaciones y también por la forma en que el medio ambiente influye en la “administración” del recurso. La acumulación en forma de nieve, la evaporación directa y la infiltración, la capacidad del suelo para retener el agua, las cubiertas vegetales, los procesos de transpiración y absorción de humedad son, entre otros, factores que afectan la forma en que el agua de lluvia discurre por la cuenca que la recibe. Las precipitaciones, y la forma en que el medio ambiente las “administra”, determinan el comportamiento de los caudales de agua superficial que se concentran en arroyos y ríos y que se acumulan desde las altas cuencas (nacientes) hasta que se cierra el ciclo hidrológico regresando al mar.[11]

8.2.5. Determinación del caudal de equipamiento

Es fundamental la elección de un caudal de diseño adecuado para definir el equipamiento a instalar, de forma que la energía producida sea la máxima posible en función de la hidrología. Por tanto, el conocimiento del régimen de caudales del río en la zona próxima a la toma de agua es imprescindible para la determinación del caudal de diseño del aprovechamiento. La medición de los caudales del río se realiza en las estaciones de aforo, donde se registran los caudales instantáneos que circulan por el tramo del río donde está ubicada la estación y a partir de estos se determinan los caudales máximos, medios y mínimos diarios correspondientes a un gran número de años, con los que se elaboran series temporales agrupadas por años hidrológicos.

Al final, en todo estudio hidrológico, sea teórico o con datos reales de caudales, se obtendrá una serie anual lo suficientemente grande para realizar una distribución estadística que nos tipifique los años en función de la aportación registrada: años muy secos, secos, medios, húmedos y muy húmedos.[12]

La determinación del Caudal de equipamiento se realiza, no sólo teniendo en cuenta los caudales que circulan por el río, sino también el tipo de turbina a utilizar. El caudal de equipamiento seleccionado ha de ser adecuado al tipo de máquinas a instalar, de forma que la energía producida sea la máxima posible en función de la hidrología.[13]

Por tanto, este caudal Q_e se elegirá de forma que el volumen turbinado sea máximo, es decir, el área encerrada entre los puntos A, B, C, D, E, A que indica en la **Figura 2** sea máxima

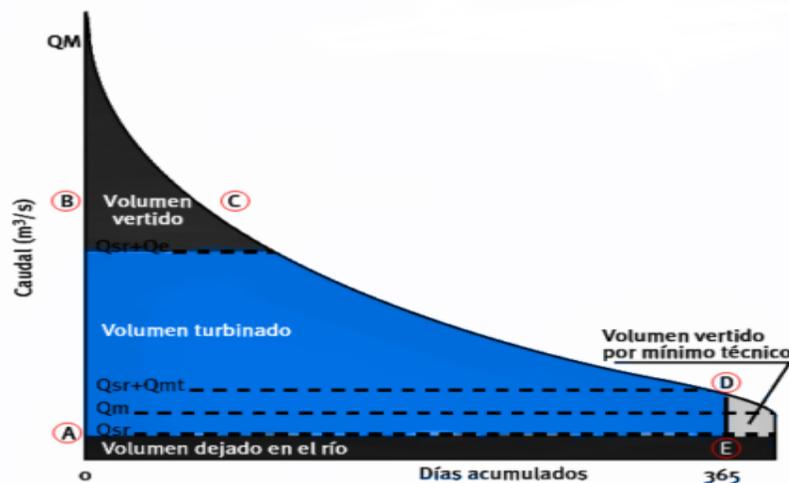


Figura 2. Curva de Caudales Clasificados (CCC)

En esta curva hay que descontar el caudal ecológico, que es el caudal que debe circular como mínimo por el río durante todo el año. Este caudal ecológico suele indicarlo el Organismo de Cuenca o las Diputaciones Forales. En el caso de no ser así, una buena estimación es considerar el caudal ecológico igual al 10% del caudal medio interanual. Para este caso se tiene en cuenta el mantenimiento de un caudal ecológico de 2 m³/s.[13]

8.3. MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DEL CAUDAL.

Los datos de caudal de agua de una micro cuenca o cuenca de un cauce o río se lo conoce como Hidrología y se mide mediante un aforo para proveer datos oportunos, ajustados y veraces que una vez procesados proporcionen información certera y adecuada para la programación, ejecución y evaluación del manejo del agua en un sistema hidráulico para dotar de información del pronóstico y disponibilidad de volúmenes probables del agua de la fuente así como también para monitorear la variación de su caudal que existe en la cuenca de este tan valioso y necesario líquido vital para poder planificar siembras, elaboración del balance hídrico, formas de uso y distribución del agua con sus acueductos que para nuestro motivo de estudio nos permita obtener una mayor eficiencia en el diseño de las micro centrales hidroeléctricas. [1][9][14]

En razón de que el caudal de los ríos varía a lo largo del año, realizar una medida del caudal instantáneo resulta un registro aislado cuya utilidad es relativamente pequeña. [1]

Es probable que algunas veces no exista información para hacer un estudio de hidrología, entonces nos veremos forzados a recolectar nuestros propios datos a partir de mediciones instantáneas del caudal; sin embargo, de ser posible y el proyecto así lo amerita habrá que buscar especialistas en el tema, de tal forma que se pueda obtener una estimación del caudal lo más certero posible. La similitud de cuencas hidrográficas es muy utilizada ahora para estimar un caudal donde no existe información hidrográfica.[1], [4], [9]

Para nuestro caso particular nos abocaremos a efectuar la descripción de métodos prácticos para medir el caudal instantáneo en un determinado río o riachuelo. Lo ideal es hacer mediciones a diario, aunque también se usan mediciones semanales y mensuales. Es importante que estas mediciones se realicen en temporada de sequía (ausencia de lluvias), ya que es el tiempo más crítico y el ideal para el diseño de un proyecto.[1], [4]

Habitualmente se tiene los siguientes métodos para la medición del caudal:

8.4. MÉTODOS DIRECTOS:

Se diferencia de los métodos indirectos cuyo valor se estima por formulación y estimación sin desmerecer la precisión que ello implique. Se la puede realizar directamente con instrumentos meteorológicos, satelitales o con el correntómetro cuando las condiciones económicas y de accesibilidad al lugar mismo de la medición lo permitan siempre y cuando no impliquen riesgo ni para la instrumentación por impurezas del caudal ni para las personas que realizan las mediciones por la peligrosidad del caudal y la profundidad del cauce; también se tienen métodos directos para cuando se trate de caudales pequeños que por su cantidad, lugar, espacio y recipiente lo permiten [1], [4]

cuantificar directamente como es el caso del método volumétrico o del recipiente el cual detallamos más adelante ya que es con el cual vamos a realizar esas mediciones en dos etapas para el presente proyecto. [1], [4]

8.5. MÉTODOS INDIRECTOS:

8.5.1. Método del área y la velocidad.

Se busca en medir la velocidad media del caudal o cauce del agua y conocer el área de la sección transversal del canal que está en función de su altura por lo que se trata que esta sea de una forma regular por ejemplo cuadrada, rectangular o triangular para determinar su superficie más fácilmente y con mayor exactitud, entonces tenemos que su caudal es igual a: [1], [4]

$$Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = A(m^2) * V \left(\frac{m}{s} \right) \quad (1)$$

Como la unidad de m^3/s es grande, para caudales pequeños se usan los galones por segundo gal/seg o los litros por segundo lts/seg.

El flotador

Se dibuja el perfil de la sección del lecho del río y se establece una sección promedio para una longitud conocida de corriente, ver **Figura 3**. Utilizamos una serie de flotadores, podría ser pedazos

de madera, corchos etc., para medir el tiempo que se demora en recorrer una longitud preestablecida en el río. Los resultados son promediados y se obtiene la velocidad superficial del flujo de agua. Esta velocidad deberá ser reducida por un factor de corrección para hallar la velocidad media de la sección. Este factor depende de la profundidad de la corriente. Multiplicando el área de la sección promedio por la velocidad del caudal promediada y corregida se obtiene el volumen de agua estimado que fluye. Las imprecisiones de este método son obvias. La fórmula para el cálculo es:[1][15][14]

$$Q = K * A * V \quad (2)$$

Donde:

A= Área promedio de la sección transversal en m².

V= Velocidad superficial del agua en m/s.

k= Factor de corrección de velocidad según la relación S/p (**tabla 1**)

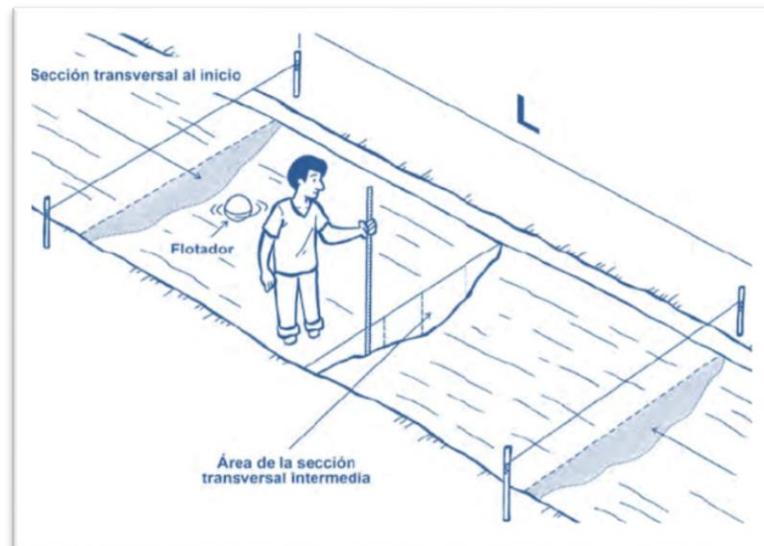


Figura 3. Sección trasversal de la corriente

También el factor k se puede obtener de la **tabla 2**, el cual está en función de la profundidad y el tipo de material del riachuelo

Tabla 1. Valores de k, según la relación S/p y material de río

S/p	Madera lisa o cemento	Madera áspera o ladrillo	Pared de pedruscos	Tierra
0.1	0.860	0.840	0.748	0.565
0.2	0.865	0.858	0.798	0.645
0.3	0.870	0.865	0.812	0.685
0.4	0.845	0.868	0.822	0.712
0.5	0.880	0.870	0.830	0.730
0.6	0.885	0.871	0.835	0.745
0.7	0.890	0.872	0.837	0.755
0.8	0.892	0.873	0.839	0.763
0.9	0.895	0.874	0.842	0.771
1.0	0.895	0.875	0.844	0.778
1.2	0.895	0.876	0.847	0.786
1.4	0.895	0.877	0,85	0.794

Tabla 2. Valores de k, según la profundidad y el material del río

Tipo decanal de río	Profundidad de agua en el centro de lecho	Factor k
Canal revestido de concreto	0.15 m	0.80
Canal de tierra	0.15 m	0.70
Río o riachuelo	Hasta 0.15 m	0.50
Riachuelos o canal de riego	0.15 m	0.50 a 0.25

S=Sección transversal en metros

p=Perímetro mojado en metros

a) **Equipo necesario**

Pala y pico.

Estacas.

Cordel de nylon

Cintas métricas de 30 m y de 5 m.

Cronómetro.

Regla graduada en cm.

Flotador (maderas, botella plástica, corcho, recipiente de plástico).

Machete

Libreta de notas y lapicero.

b) **Procedimiento**

- 1) Seleccionar en el río o riachuelo un tramo recto y de sección uniforme.
- 2) Medir la longitud L en metros y colocar estacas.
- 3) Atar el cordel a las estacas, transversalmente al río.
- 4) Determinar la velocidad superficial de flujo en el tramo seleccionado:
 - Con el cronómetro tomar el tiempo que tarda el flotador en recorrer la longitud L, realizar este paso por lo menos 3 veces.
 - Hallar el tiempo promedio TP
 - Calcular la velocidad superficial: $V = L/TP$
- 5) Hallar el área de la sección transversal A en m², en el centro del tramo seleccionado, realizar los siguientes pasos:
 - Medir el ancho del espejo de agua de la sección transversal en metros.
 - Dividir este ancho en partes iguales
 - Con la regla graduada, tomar lecturas de la profundidad en cada división marcada.
 - Dibujar un croquis de la sección con los datos obtenidos
 - El área de la sección transversal, estará dada por la suma de las áreas parciales, para facilidad de cálculo, semejar a figuras conocidas como triángulos y trapecios, según sea el caso.
 - Determinar el perfil p del croquis dibujado, el mismo que viene a ser el perímetro mojado.
- 6) Calcular el caudal Q, aplicando ecuación (2), teniendo en cuenta los valores de A, V y el factor k de la **tabla 2.**[1][15][16]

Cabe aclarar que la velocidad del agua que se desliza sobre una corriente o un canal está determinada por varios factores de los cuales los más relevantes son:

La rugosidad. - genera una fricción entre los márgenes de la corriente del agua y el canal que cuando son naturales cualquier irregularidad causa turbulencia o la vegetación aumenta la rugosidad.[1]

La pendiente o Gradiente. - La velocidad de la corriente de agua aumenta con el pendiente considerando los demás factores iguales.[1]

La forma. - cuya razón se debe a que el agua que está cerca de los lados y del fondo de una corriente se desliza más lentamente a causa de la fricción, un canal con una menor superficie de contacto con el agua tendrá menor fricción y por ende mayor velocidad considerando igual sección transversal, fricción y pendiente. El parámetro utilizado para medir la forma del canal se denomina radio hidráulico o profundidad media hidráulica representada por las letras R o M respectivamente y se define como la superficie de la sección transversal dividida por el perímetro mojado o sea la longitud del hecho y los lados del canal que están en contacto con el agua. [1], [4][15]

8.5.2. Método del vertedero de pared delgada.

Se recomienda su uso para caudales inferiores a $0.3 \text{ m}^3/\text{segundo}$ (300 litros por segundo) y mayores a $0.003 \text{ m}^3/\text{segundo}$ (3 litros por segundo), consiste en colocar una pared delgada ya sea de madera o metal perpendicular al cauce del agua semejante a un muro evitando filtraciones de agua por los bordes y colocando en una zona libre de remolinos junto a la pared delgada así como evitar acumulación de sedimentos en la misma y obtenemos una altura de salida de agua entre su cresta o vértice y el nivel del agua antes del vertedero que puede ser triangular para caudales reducidos, trapezoidal llamado Cipolletti o rectangular para mayores caudales siendo el último regulable para distintos caudales variando su ancho del rectángulo, con una estructuración semejante a la que se puede apreciar en la **Figura 4**: [1][14]

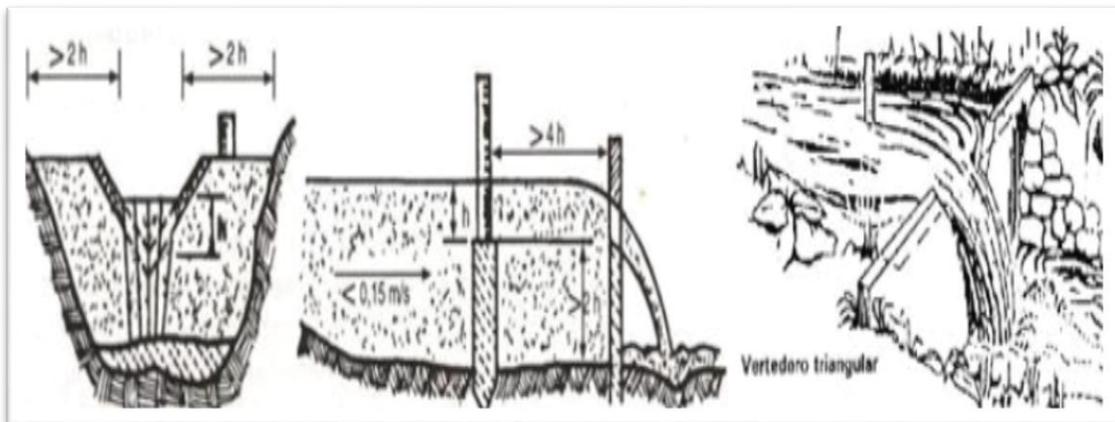


Figura 4. Imágenes medición de Caudal con el método del Vertedero.

El más usado de los vertederos triangulares es con ángulo de vértice de 90 grados y no se recomienda para alturas menores de 5 centímetros ya que sus mediciones se vuelven menos precisas, calculamos el caudal con la relación:[1]

$$Q = Cw * \frac{8}{15} * \sqrt{(2 * 9.806)} * \tan \frac{\beta}{2} * \sqrt{h^5} \quad (3)$$

Donde Cw es un coeficiente indicador de las condiciones de escurrimiento del agua sobre el vertedero aproximado 1,1 y β es el ángulo del vértice siendo de 90 grados el mayormente usado ya que se auto gradúa con pocos y más grandes caudales por su forma, posterior a tener el aforo listo se tiene una tabla referencial para una rápida lectura de los caudales en sus unidades respectivas.

[1], [4]

8.5.3. Método de la sección de control y regla graduada.

Es una sección ya sea natural o preparada para tal efecto en la cual se ha determinado la curva cota-caudal, de esta forma cuando se requiera el caudal líquido de la sección se obtiene midiendo el nivel con una regla graduada implantada en el lugar por interpolación en la curva.[1]

Con el método del molinete cuando el río fluye a profundidades diferentes, esas mediciones se utilizan para realizar un gráfico de caudal versus la profundidad de la corriente denominado nivel de agua.

Para trazar la curva se realizan varias mediciones con diferentes caudales y diferentes épocas incluidos el poco frecuente que provocan desbordes e inundaciones por lo que requiere mucho tiempo más aún si el acceso es difícil por distancia, altura, caminos y vegetación, una vez concluido la curva se tiene la estación de aforo calibrada como se indica en la **Figura 5**, la cual no debe variar por erosión o acumulación de sedimentos para que sirvan las estimaciones posteriores de caudal de las mediciones de la curva midiendo el punto de nivel en la referencia siendo estos los datos que se brindan como referencia cuando una tormenta o lluvia intensa provoca una alerta de emergencia a los organismos de socorro por aumentos de caudal inesperada. [1], [4][14]

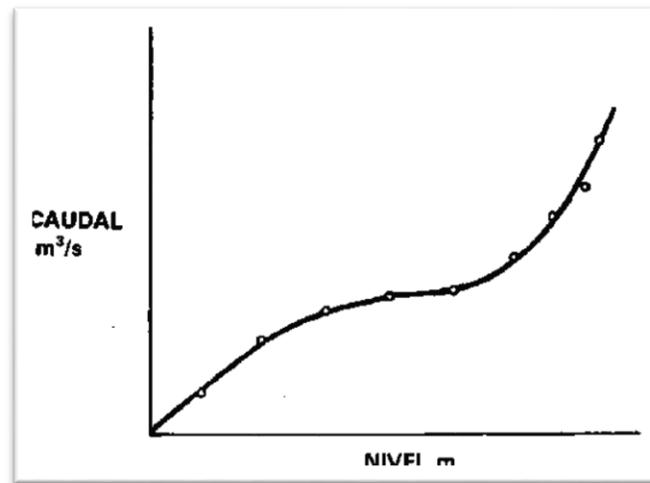


Figura 5. Curva calibrada de corriente de agua en estación de aforo y escala graduada para determinar el caudal del Río.

8.5.4. Método de la solución de sal.

Llamado también método Químico y consiste en hallar el caudal introduciendo en la corriente del agua una proporción conocida siendo la sal común previamente disuelta en agua la más usada y con la cantidad de dicha sustancia que contiene una sección de agua lo suficiente lejos como para que se haya mezclado correctamente se determina su caudal conociendo la proporción de agua del tanque, así como de la mezcla y posterior a ello de la muestra tomada aguas abajo e identificando la cantidad de sal que contiene, se debe tener en consideración ciertas recomendaciones en cuanto a la cantidad de agua, sustancia de mezcla fácil así como turbulencia para la disolución, temperatura de medición y de evaporación, el porte del tanque y la cantidad de sal para la mezcla así como los tamaños y distancias del ducto aguas abajo para la muestra y evaporación del agua para poder determinar su cantidad de mezcla y con ello su caudal.[1][14]

También se obtiene como referencia el nivel de salinidad por contrastación de valores en el pozo de origen y en la muestra obtenida agua abajo a través de la conducción por medio de electrodos conectados a un amperímetro. [1], [4][14]

8.5.5. Método de la disolución o del colorante.

Como referencia con este método se tiene una exactitud media en caudales de agua medianos y pequeños, se emplea un colorante del agua como el permanganato potásico y la fluoresceína que

pueden obtenerse en farmacias en lugar del flotador para medir la velocidad del agua y con la sección transversal ya sea por ducto o cálculo de la sección transversal del canal en el que fluye obtenemos el caudal.

Para ello arrojamos una pequeña cantidad de colorante en el centro del arroyo en la posición cero de la medición y medimos el tiempo que tarda en llegar primero desde cero la parte delantera de la mancha y luego desde cero la parte posterior de la mancha y sumamos estos dos valores y dividimos para dos, para mayores exactitudes varias mediciones y obtenemos su valor promedio, entonces tenemos la distancia de la medición y el tiempo que tarda en llegar por lo que de su cociente obtenemos los metros por segundo de la velocidad del agua que multiplicado por la sección transversal tenemos el caudal del agua promedio del cauce, río o arroyo para su posterior uso y distribución.[1][14]

8.5.6. Método del recipiente.

El método del recipiente es una manera muy simple de medir el caudal de un determinado arroyo. Todo el caudal a medir es desviado hacia un balde, barril o cualquier recipiente con volumen conocido, luego se anota el tiempo que toma llenarlo, ver **Figura 06**. El volumen del recipiente se conoce y el resultado del caudal se obtiene simplemente dividiendo este volumen por el tiempo de llenado. La desventaja de este método es que todo el caudal debe ser canalizado o entubado al recipiente. A menudo es necesario construir una pequeña presa temporal. Este método resulta práctico y muy útil para caudales pequeños. [1], [4][14]

a) Equipo necesario

Recipiente de capacidad conocida en litros, puede ser un balde, cilindro, etc.

- Cronómetro de precisión en segundos
- Pico y pala
- Manta de plástico, plancha de calamina o un tubo PVC.
- Libreta de notas y lapicero.[15]



Figura 6. Usando el método del recipiente

b) Procedimiento

1. Haciendo uso de parte del equipo (pala y pico), desviar lateralmente el riachuelo, tratar de formar un canal provisional con la manta de plástico, plancha o tubo PVC; aprovechar un desnivel para provocar una caída libre del chorro de agua.
2. Utilizando el cronómetro y con la ayuda de una segunda persona medir el tiempo que demora en llenarse el recipiente seleccionado. Repetir el proceso mínimo tres veces.[15]

Ejemplo:

Tiempos registrados: T1= 4.5 s, T2= 4.8 s, T3= 4.9 s.

Recipiente empleado: Balde de 20 litros

Cálculo del tiempo promedio:

$$T_p = \frac{\sum \text{de tiempos}}{\text{No. de tiempos}}$$

(4)

$$T_p = \frac{(4.5 + 4.8 + 4.9)}{3} = 14.2/3 = 4.73s.$$

Determinación del caudal:

$$Q = \frac{\text{Volumen del recipiente}}{TP} \quad (5)$$

$$Q = 20 \text{ litros}/4.73 \text{ s}$$

$$Q = 4.23 \text{ litros/s [15]}$$

Donde

TP= Tiempo promedio en segundo.

Q = Caudal en litros / segundo

8.6. TIPOS DE APROVECHAMIENTOS

El objetivo de un aprovechamiento hidroeléctrico es convertir la energía potencial de una masa de agua situada en un punto - el más alto del aprovechamiento – en energía eléctrica, disponible en el punto más bajo, donde está ubicada la casa de máquinas. La potencia eléctrica que se obtiene en un aprovechamiento es proporcional al caudal utilizado y a la altura del salto.[3]

De acuerdo con la altura del salto los aprovechamientos pueden clasificarse en

- De alta caída: salto de más de 150 m
- De media caída: salto entre 50 y 150 m
- De baja caída: salto entre 2 y 20 m

Estos límites son arbitrarios y solo constituyen un criterio de clasificación. Otra clasificación en función del tipo de central sería la de:

- Aprovechamientos de agua fluyente
- Centrales a pie de presa con regulación propia
- Centrales en canal de riego o tubería de abastecimiento de agua
- Centrales ubicadas en plantas de tratamiento de aguas residuales[3]

8.7. POTENCIA A INSTALAR Y PRODUCCIÓN

La minicentral hidroeléctrica cuenta con una potencia disponible que varía en función del caudal de agua disponible para ser turbinado, el salto existente en cada instante, el rendimiento de los equipos y las horas de funcionamiento. Para calcular la máxima potencia producida en el aprovechamiento, denominada Potencia Nominal, por el generador en condiciones de diseño, se utiliza la siguiente fórmula:

La mini central hidroeléctrica cuenta con una potencia disponible que varía en función del caudal de agua disponible para ser turbinado y el salto existente en cada instante. La expresión que nos proporciona la potencia instalada es la siguiente:[13]

$$P_n = 9,81 * Q_n * H_n * R_t * R_g * R_{tr} \quad (6)$$

Donde:

P_n = Potencia nominal en KW

Q_n = Caudal de equipamiento en m³/s

H_n = Salto neto de diseño en metros

R_t = Rendimiento de la turbina para H_n y Q_n de diseño

R_g = Rendimiento nominal del generador

R_{tr} = Rendimiento nominal del generador

Se conoce con el nombre de potencia instalada de una central hidroeléctrica a la máxima potencia que ella es capaz de producir en forma continua, sin considerar las limitaciones impuestas por la disponibilidad de agua, sino sólo las características técnicas de sus obras civiles y equipos de generación. Para el cálculo de la potencia instalada se utiliza la Ecuación 7:

$$P_{instalada} = \eta_T * \eta_G * \eta_{trans} * (1 - C_p) * \rho * g * Q_n \quad (kW) \quad (7)$$

Donde,

ρ = Densidad de agua (t/m³)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

ηT = Eficiencia total de la turbina

ηG = Eficiencia total del generador

$\eta trans$ = Eficiencia total del transformador

Cp = Consumo propio de la central

Qd = Caudal de diseño (m^3/s)

Hn = Altura de caída neta

El rendimiento promedio queda dado por:

$$\eta = \eta T * \eta G * \eta trans * (1 - Cp) \quad (8)$$

$$\eta = 0,93 * 0,97 * 0,99 * (1 - 0,019) = 0,876$$

Queda la ecuacion reducida a

$$P_{instalada} = 0,876 * \rho * g * Qd * Hn \quad (kW) \quad (9)$$

Por lo tanto, se requiere para el cálculo de la potencia instalada:

ρ = Densidad de agua (t/m^3) = **(1 t/m^3)**

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2) = **(9,8 m/s^2)**

ηT = Eficiencia total de la turbina **0,93**

ηG = Eficiencia total del generador **0,97**

$\eta trans$ = Eficiencia total del transformador **0,99**

Cp = Consumo propio de la central **0,019**

Qd = Caudal de diseño (m^3/s)

Hn = Altura de caída neta [7][17]

Los rendimientos de las turbinas, generadores y transformadores son facilitados por los fabricantes de los propios equipos. Si no se cuenta de datos más precisos, se puede estimar el rendimiento del generador en un 95% para condiciones de funcionamiento nominal

Sin embargo, para una estimación inicial, puede tomarse como factor de eficiencia, que comprende todos estos rendimientos del equipo electromecánico de la minicentral, un valor próximo a 0,8

También hay que tener en cuenta en este cálculo, que en ocasiones se puede instalaron multiplicador de velocidad entre la turbina y el generador, el cual también produce pérdidas mecánicas, alcanzando un rendimiento próximo al 98%.

La producción de la minicentral puede estimarse, en una primera aproximación, multiplicando esta potencia por el número previsto de horas de funcionamiento.[13][14][18][19][17]

8.8. GENERADORES ELÉCTRICO.

Es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre dos de sus puntos (llamados polos, terminales o bornes) transformando la energía mecánica en eléctrica, como se sabe, los generadores eléctricos están accionados por turbinas o primo-motores.[20]

Esta transformación se lleva a cabo por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos (espiras) dispuestos sobre una armadura (estator). Si se produce mecánicamente un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz.[20]

8.8.1. Generador síncrono

Son máquinas eléctricas rotativas que se acoplan directa o indirectamente al rodete de la turbina y así conjuntamente producen energía eléctrica, generando una corriente alterna mediante inducción electromagnética.

Su principio fundamental de funcionamiento consiste en la excitación independiente variable que genera un flujo constante en el rotor por “corriente continua” y la corriente generada en el estator es alterna, de ahí que también se denomina como alternador.[20]

8.8.2. Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento se basa en la ley de Faraday. Para crear tensión inducida en el circuito de armadura (estator), se creará un campo magnético en el rotor o circuito de campo, esto se logrará alimentado el rotor con una batería, este campo magnético inducirá una tensión en el devanado de armadura por lo que se tendrá una corriente alterna fluyendo a través de él.[1]

8.8.3. Partes del generador síncrono

a.) Rotor

Es la parte giratoria de la máquina como se indica en la **Figura 7**, constituido básicamente de un material envuelto en enrollamientos, que tiene como función primordial producir un campo magnético constante, así como en el caso del generador de corriente continua para interactuar con el campo producido por el enrollamiento del estator.[1], [20]



Figura 7. Rotor

b) Estator o Armadura

Conforma la parte fija de la máquina, que cubre al rotor de forma que el mismo pueda girar en su interior, también constituido de un material ferromagnético envuelto en un conjunto de enrollamientos distribuidos al largo de su circunferencia **Figura 8**. [1], [20]



Figura 8. Estator o Armadura

9. HIPÓTESIS

Si se analiza el potencial hídrico del río Jaramillo en la reserva natural del Parque Nacional Llanganates, entonces se podrá dimensionar un sistema de generación de energía eléctrica que abastezca al rancho de la Asociación Páramos Jaramillo.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Método de velocidad por área conocida

Los métodos aplicables para la obtención del caudal de ríos como base en la determinación del potencial hídrico para el dimensionamiento de sistemas de generación eléctrica más comunes en sitios de difícil acceso y como una guía práctica de este proceso se puede obtener la información por la velocidad dentro de un área conocida, método estimativo de caudal por medio del ancho, longitud estimada, profundidad de la afluyente, flotador y factores de cálculo.

Investigación Aplicada

Permite identificar la necesidad que pretende cubrir una solución en base a los conocimientos, análisis e ingenio dentro del campo de la energía eléctrica. Esta investigación servirá para la obtención de una base de datos necesarios para para el dimensionamiento de un sistema de generación eléctrica en base al caudal.

La investigación asociada a este trabajo se realiza en dos etapas. La primera etapa contempla la preparación de los materiales y herramientas para el estudio de campo en la oficina, la segunda etapa se refiere al mismo trabajo de campo, en cada una de ellas fue necesario definir una serie de actividades plasmadas en la propuesta inicial, para dar con el cumplimiento de cada uno de los objetivos del trabajo de investigación.

Trabajo en oficina

- Buscar mapas de ubicación y topografía de la zona de trabajo.
- Ubicar y levantar información estadística sobre población de las localidades involucradas en el proyecto, número de viviendas, servicios básicos existentes y otros.

Trabajo de campo

- Coordinar con las autoridades, líderes locales y representantes de las organizaciones de base.
- Evaluar el grado de organización de las diferentes instancias que participan en el proceso.
- Preparar a la población para un adecuado empleo de la electricidad en la mejora de las actividades tradicionales de la comunidad
- Verificar los proyectos ejecutados y en gestión

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

11.1. Ubicación Geográfica

El río Jaramillo está ubicado en la provincia de Tungurahua, Cantón Santiago de Píllaro, Parque Nacional Llanganates, sector páramos Jaramillo con las coordenadas geográficas de latitud -1.19120794° y longitud -78.37871512° , ver **Figura 9**.

El río Jaramillo se estima dentro del Parque Nacional Llanganates con los límites; al Norte con la Laguna Pisayambo (Laguna que sirve de represa para la Hidroeléctrica Pucará), al Sur con la Parroquia el Triunfo, al Este con la provincia de Napo y al Oeste con el centro del cantón Santiago de Píllaro ó las lagunas de Angascocha o Pujín.



Figura 9. Ubicación del río Jaramillo

11.2. Mediciones de Caudal del río Jaramillo.

En base al método de obtención del caudal por velocidad y superficie del agua, donde indica que, la medición de caudal se la realiza con un objeto flotante como en la **Figura 10**, para nuestro caso utilizamos un objeto plástico con las siguientes dimensiones.

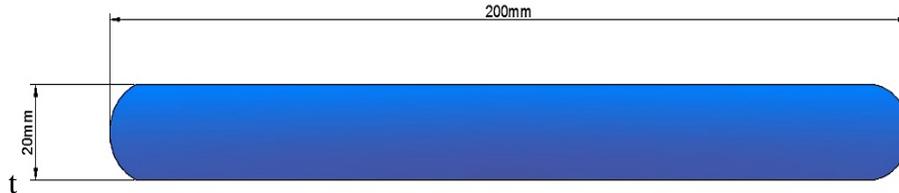


Figura 10. Flotador plástico para mediciones de velocidad de superficie del agua

El objeto flotante debe ser plano, con el objetivo que la superficie inferior total del objeto se encuentre en el agua y se pueda aprovechar la velocidad total de la superficie del agua.

El área en donde se toman las mediciones corresponde a la zona del río Jaramillo es el área con más uniformidad del terreno, teniendo un tramo de 4 metros de longitud, 1.5 metros de ancho y 0.12metros de profundidad del agua como se indica en la **figura 11**.

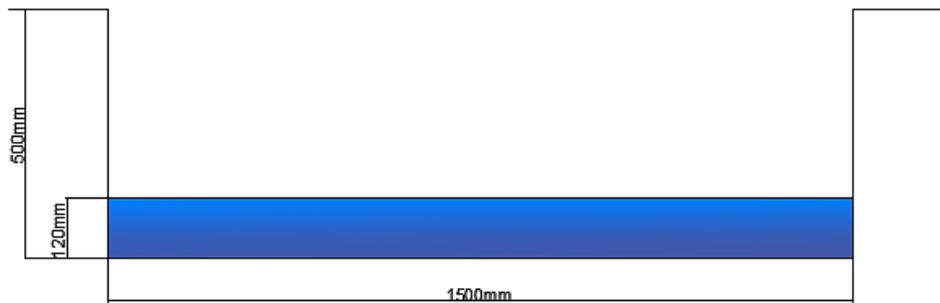


Figura 11. Ancho y Profundidad del Lecho



Figura 12. Tramo para medición

La velocidad que tarda el objeto en recorrer el tramo de la **figura 12**, se mide por unidad de tiempo, es decir, en segundos (s), con ello basado en mediciones por un intervalo de tiempo de seis meses, obtenemos los datos de velocidad del agua en los días donde los socios asisten al control del Parque Nacional.

En la **tabla 3** se detalla las características del tramo del río para el análisis del caudal.

Tabla 3. Dimensiones del río Jaramillo

Datos del Río Jaramillo	
Ancho (m)	1,5
Profundidad (m)	0,12
Longitud (m)	4

Lecho del Río

Uno de los factores necesarios para determinar el caudal del río Jaramillo, es identificar el lecho del río, que viene dada por la siguiente expresión:

$$\text{Lecho del río} = \text{Ancho}(m) * \text{Profundidad}(m) \quad (10)$$

$$\text{Lecho del río} = 1,5m * 0,12m$$

$$\text{Lecho del río} = 0,18m^2$$

Obtenido el lecho, y en un intervalo de seis meses, se realizan las mediciones de la velocidad del objeto en recorrer el tramo, en el horario de 6:00 a 22:00 desde los meses de diciembre 2017-Mayo 2018, con la finalidad de tener muestras de meses de la época más lluviosa y la época más seca, como se muestra en el **ANEXO 1**, el cual nos permite determinar la velocidad de recorrido, y posteriormente obtener el caudal por cada medición.

Con las mediciones de velocidad del flotador plástico en el tramo de 4 metros se puede determinar la velocidad de recorrido, tal como se muestra en la ecuación (11), tomado de una de las mediciones del **Anexo 1**.

$$\text{Velocidad de recorrido} = \frac{\text{Distancia o tramo}}{\text{tiempo}} \quad (11)$$

$$\text{Velocidad de recorrido} = \frac{4m}{7,14s}$$

$$\text{Velocidad de recorrido} = 0,5599 \frac{m}{s}$$

Con la velocidad de recorrido, el lecho del río y el factor k podemos obtener el caudal mediante la siguiente expresión:

El factor de corrección de error de medición para un arroyo o río es el siguiente: $C = 0.7$.

Con este parámetro procedemos a calcular el caudal existente aplicando la ecuación

$$\text{Caudal (Q)} = K * \text{Lecho del río} * \text{Velocidad de recorrido}$$

$$\text{Caudal (Q)} = 0.7 * 0.18m^2 * 0.5599 \frac{m}{s}$$

$$Q = 0.7054 \frac{m^3}{s}$$

El caudal en $\frac{m^3}{s}$ se la puede obtener en ltrs/s únicamente multiplicado por 1000.

Entonces la expresión del caudal en ltrs/s queda de la siguiente manera:

$$Q = 0.7054 \frac{m^3}{s} * 1000$$

$$Q = 70.54 \frac{ltrs}{s}$$

Determinado ya el caudal del río Jaramillo de manera demostrativa, calculamos para cada uno de los valores medidos de las tablas mensuales de medición del **Anexo 1**, así obtenemos una nueva tabla mensual de caudal como se muestra en el **Anexo 2**.

Análisis Estadístico

Para obtener el valor de caudal más relevante con el cual se calcule la potencia eléctrica aprovechable, determinamos la probabilidad de frecuencia de un caudal, por lo cual, tomamos los datos de caudal del **Anexo 2**, en el cual identificamos el número de caudales medidos, para

posteriormente encontrar un valor mínimo y un valor máximo que lo llamaremos límite inferior y límite superior como indica la **Tabla 4** de resumen de cálculos previos

Determinaremos el rango en el que se encuentran el límite mínimo y límite máximo mediante la resta de los límites como se muestra en la **Ecuación 12**.

$$\begin{aligned} \text{Rango} &= \lim_{\text{máx}} - \lim_{\text{mín}} & (12) \\ \text{Rango} &= 164.706 \frac{\text{ltrs}}{\text{s}} - 56.187 \frac{\text{ltrs}}{\text{s}} \\ \text{Rango} &= 108.519 \text{ ltrs/s} \end{aligned}$$

Luego de haber obtenido el rango es importante hallar el número de intervalos mediante la **Ecuación 13**.

$$\begin{aligned} N^{\circ} \text{ Intervalos} &= 1 + 3.322 * \log(\#\text{datos}) & (13) \\ N^{\circ} \text{ Intervalos} &= 1 + 3.322 * \log(1870) \\ N^{\circ} \text{ Intervalos} &= 12 \end{aligned}$$

El número de intervalos no puede tener decimales, es decir, debe ser un número entero, por ello, se aplicó el redondeo al inmediato superior cuando dicho número posee un decimal 0.1.

Obtenemos la amplitud de los intervalos mediante la relación del rango y el número de intervalos como indica la **Ecuación 14**.

$$\begin{aligned} \text{Amplitud de Intervalos} &= \frac{\text{Rango}}{N^{\circ} \text{ Intervalos}} & (14) \\ \text{Amplitud de Intervalos} &= \frac{108.519}{12} \\ \text{Amplitud de Intervalos} &= 9.043 \end{aligned}$$

La **Tabla 4** indica el resumen de los cálculos previos para el análisis estadístico

Tabla 4. Cálculos previos al análisis estadístico de caudal

CALCULOS PREVIOS	
N° DATOS	1870
LIMITE INFERIOR	56,187
LIMITE SUPERIOR	164,706
RANGO	108,519
N° INTERVALOS	12
AMPLITUD	9,043

En la **Tabla 5** indica los límites inferiores y superiores de acuerdo al número de intervalos calculados en función del límite inferior de la tabla 4 y la amplitud.

Tabla 5. Límites superiores e inferiores de acuerdo al número de intervalos

N° de Intervalos	Intervalos	
	Límite Inferior	Límite Superior
0		
1	56,18729097	65,23050692
2	65,23050692	74,27372287
3	74,27372287	83,31693882
4	83,31693882	92,36015476
5	92,36015476	101,4033707
6	101,4033707	110,4465867
7	110,4465867	119,4898026
8	119,4898026	128,5330186
9	128,5330186	137,5762345
10	137,5762345	146,6194505
11	146,6194505	155,6626664
12	155,6626664	164,7058824

Con los valores de todas las mediciones del **Anexo 2** y los límites superiores desde el intervalo 0 como se muestra en la **tabla 5**, mediante el software Excel con la herramienta análisis de datos

establecida en la figura 13, generamos un histograma mediante la opción análisis de datos como indica la figura 14.

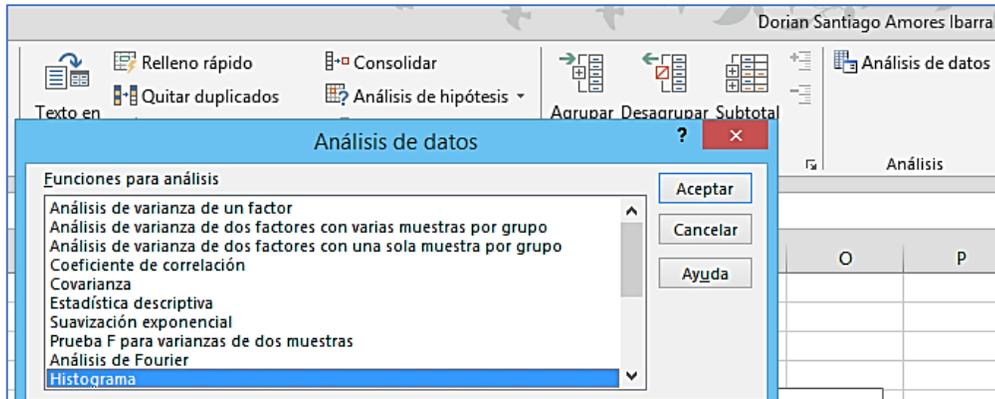


Figura 13. Herramienta análisis de datos para generar histogramas de frecuencia

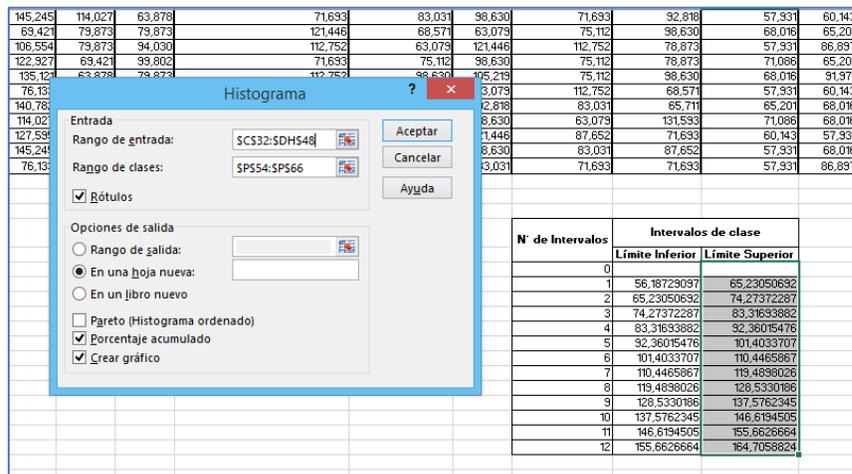


Figura 14. Herramienta para generar el histograma de frecuencia en base a los caudales medidos y a los límites superiores.

Donde obtenemos la **Tabla 6**, en la cual se especifica la frecuencia de cada intervalo, la frecuencia acumulada, el porcentaje de la frecuencia, el porcentaje de la frecuencia acumulada y el caudal más relevante para el cálculo de la potencia mecánica y eléctrica.

Tabla 6. Límites superiores e inferiores de acuerdo al número de intervalos

Caudales ltrs/s	Frecuencia	F Acumulada	% de F	% acumulado
60,7088989	214	214	11,44%	11,44%
69,7521149	344	558	18,40%	29,84%
78,7953308	393	951	21,02%	50,86%
87,8385468	306	1257	16,36%	67,22%
96,8817627	213	1470	11,39%	78,61%

105,924979	169	1639	9,04%	87,65%
114,968195	70	1709	3,74%	91,39%
124,011411	35	1744	1,87%	93,26%
133,054627	49	1793	2,62%	95,88%
142,097842	39	1832	2,09%	97,97%
151,141058	27	1859	1,44%	99,41%
160,184274	11	1870	0,59%	100,00%

En la **Figura 15** se detalla en el histograma de frecuencias el dato que tiene mayor frecuencia entre las demás, y el crecimiento del porcentaje acumulado.

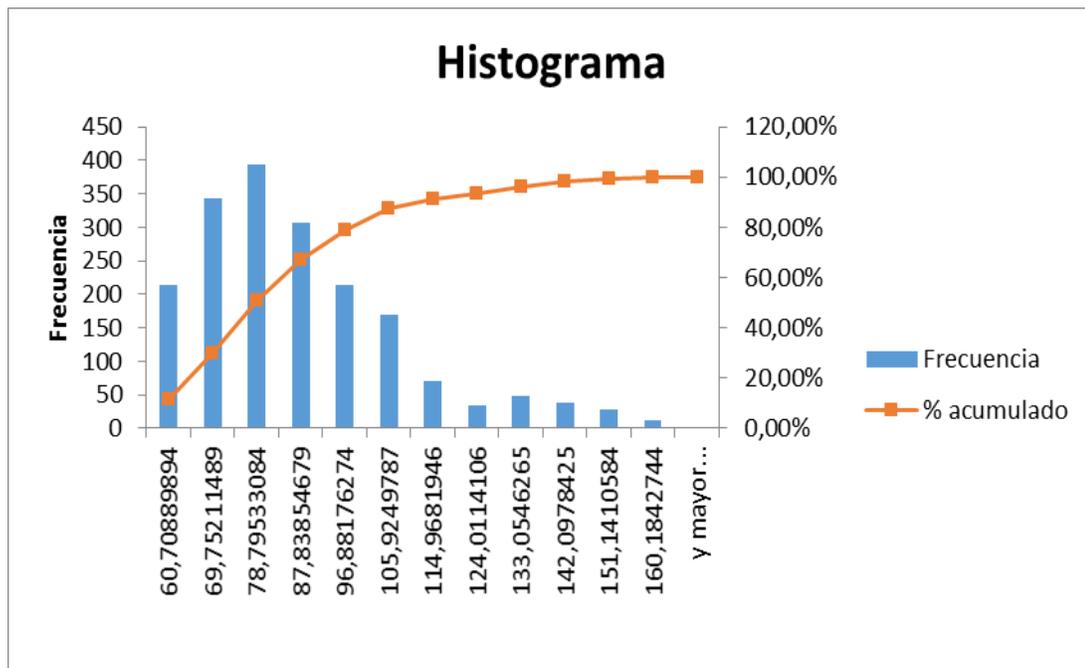


Figura 15. Histograma de caudales

En la **Figura 16** se ubica en la tercera barra el rango de caudal representativo, es decir, el que más frecuencia de repetición que en este caso es de 78.79 ltrs/s.

Para visualizar y entender la proporción de la frecuencia en la base de datos, en la **Figura 16** indica el gráfico de frecuencia donde se observa que el dato más relevante está de acuerdo a los caudales y la frecuencia.

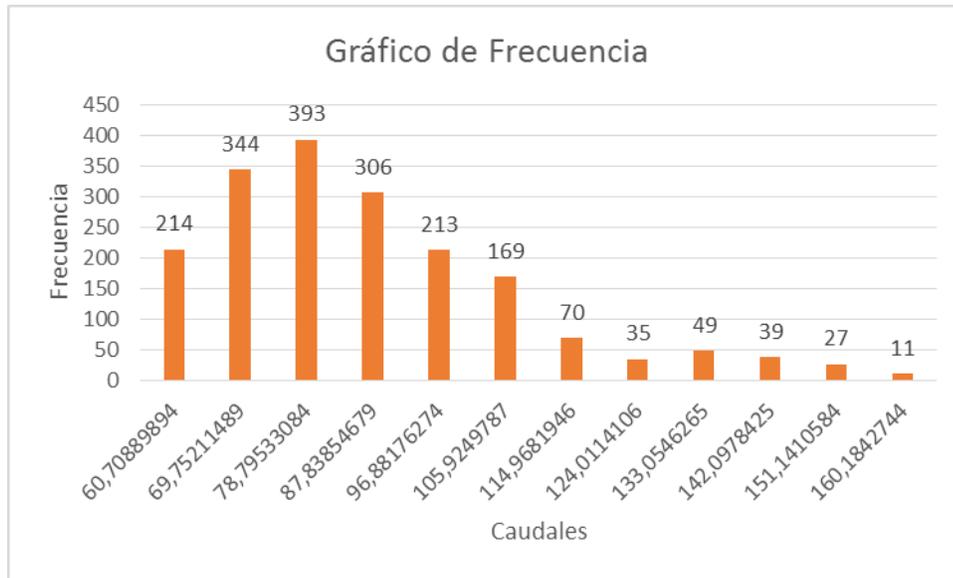


Figura 16. Histograma de caudales

11.2.1. Análisis de los caudales medidos

Considerando la información de los socios de la Asociación “Páramos Jaramillo” del sistema de estadía en la zona se puede establecer una carga estimada en donde el pico máximo generada en cierta hora, sirve como dato para determinar el caudal de generación pico.

11.3. Caudal Ecológico

No todo el caudal concentrado en el río Jaramillo de la reserva natural del Parque Nacional Llanganates se va a destinar hacia las turbinas, es importante no interferir con el ecosistema del lugar, por lo que es necesario determinar el porcentaje respectivo de caudal ecológico.

El caudal ecológico consiste en la reserva de flujo de agua mínima necesaria que deberá mantenerse en todo río o cauce de agua, corrientes superficiales, corrientes o detenidas, no agotado, en la cantidad necesaria para permitir la subsistencia de los hábitats naturales que cobijan una riqueza de flora y fauna, que son naturalmente propias, incluyendo la necesaria para el mantenimiento de humedades de ecosistemas.

Las metodologías para implementar el caudal ecológico en el Ecuador están aún pendientes de ser redactadas por la Secretaría del Agua (SENAGUA) y el Ministerio del Ambiente. sin embargo, por los meses casos datos que se poseen para el río Jaramillo de la reserva natural del Parque Nacional

Llanganates, se opta trabajar, con el reglamento de la Ley de Recursos hídricos del Ecuador define el caudal ecológico como el 10% del caudal medio mensual.

Tomando como base el mes con el menor promedio de caudal correspondiente a $0.07879 \frac{m^3}{s}$, y aplicando el 10% del caudal medio mensual que establece en el reglamento de la Ley de Recursos hídricos del Ecuador, el caudal ecológico mensual para el río Jaramillo sería:

$$Q_{ecológico} = Q_{teórico} - 10\% \quad (15)$$

$$Q_{ecológico} = 0.07879 \frac{m^3}{s} - 10\%$$

$$Q_{ecológico} = 0.007879 \frac{m^3}{s}$$

11.4. Caudal Turbinable

De acuerdo a las estadísticas de histogramas de frecuencia de los caudales en donde se obtiene el valor de caudal más relevante de $0.7879 \frac{m^3}{s}$, para el cálculo de la potencia mecánica y eléctrica, se determina el caudal turbinable o aprovechable que podrá ser utilizada para la generación.

En donde,

$$Q_{turbinable} = Q_{teórico} - Q_{ecológico} \quad (16)$$

$$Q_{turbinable} = (0.07879 - 0.007879) \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{turbinable} = 0.07091 \frac{m^3}{s}$$

11.5. Topología

El último parámetro necesario para determinar el potencial hidráulico que se puede obtener del río Jaramillo de la reserva natural del Parque Nacional Llanganates es la altura neta y ésta se detalla en las **Figura 17 y 18**.

El valor de la altura neta se lo obtiene mediante coordenadas geográficas con altímetro, mediciones en las cuales se obtiene un valor de 10 metros entre el embalse y la cámara de generación como se muestra en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Coordenadas de captación de agua, cámara de generación y rancho

COORDENADAS DECIMALES			
Detalle	Coordenadas		M.S.N.M
	x	y	
Captación de Agua	-1,192071	-78,379578	3757
Cámara de Generación	-1,19185774	-78,37780043	3747
Rancho	-1,19120794	-78,37871512	3794

Topología del terreno para captación de caudal

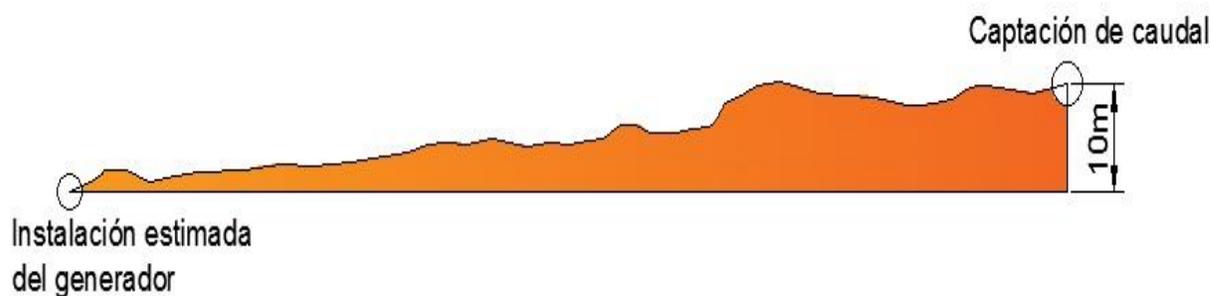


Figura 17. Atura neta del salto del agua según la topología del río



Figura 18. Atura neta del salto del agua en vista lateral.

11.6. Potencia Máxima Aprovechable. (Potencia Mecánica)

La siguiente expresión permite conocer la potencia mecánica o de entrada aprovechable con el caudal turbinable de 0.07091 m³/s.

$$P_{mec} = \rho * g * Q * H \quad (17)$$

$$P_{mec} = 1000 \frac{kg}{m^3} * 9.8 \frac{m}{s^2} * 0.07091 \frac{m^3}{s} * 10m$$

$$P_{mec} = 6,949kW$$

Esta potencia solamente incluye el potencial hídrico que otorga el caudal para conjuntamente y en base a los rendimientos de la turbina y del generador se pueda generar potencia eléctrica.

$$P_{eléctrica} = \rho * g * Q * H * \eta T * \eta G \quad (18)$$

$$xP_{eléctrica} = 1000 \frac{kg}{m^3} * 9.8 \frac{m}{s^2} * 0.07091 \frac{m^3}{s} * 8,5m * 0.834 * 0.95$$

$$P_{eléctrica} = 4.679kW$$

Del cálculo se determina una diferencia de 2, 27kW entre la potencia mecánica y la potencia eléctrica, debido a que para obtener la potencia eléctrica influye los rendimientos de la turbina, el generador y disminuyendo 1,5m de la altura neta, en lo cual 8.5 será la altura de cálculo.

11.7. Análisis de carga

En la **Tabla 8** se detalla los aparatos eléctricos para cada uno de los dos ranchos, es necesario la instalación de dos luminarias led, la cuales están encargadas de brindar la iluminación eficientemente necesaria para no perjudicar la visión de las personas que hacen uso de las instalaciones.

La capacidad de los ranchos es de 18 personas, de las cuales pueden ser socios, turistas o familia o amigos de los socios; entonces, es importante notas que la era tecnológica pueden contener teléfonos celulares y cámaras fotográficas (especialmente turistas), las cuales necesitan que sus respectivas baterías se carguen con energía eléctrica. Cada rancho contiene una radio para reproducir música como ambientación y comodidad de propios y extraños, para iluminación en las lejanías del rancho utilizan linternas recargables, las cuales, por obvia razón necesitan recargarse las baterías.

Es por ello que se establece la cantidad de elementos o aparatos eléctricos, en base a la cantidad de personas que han incursionado por el Parque Nacional Llanganates en los últimos 12 meses, donde la carga total estimada se calcula con el factor de utilización de cada aparato eléctrico.

Tabla 8. Carga estimada.

CARGA TOTAL PARA ABASTECER						
Institución: Asociación Páramos Jaramillo						
N°	Equipos	Potencia c/u (W)	Cantidad	Potencia (W)	Fu	Potencia Utilizada (W)
1	Lámparas led	25	4	100	0,95	95
2	Cargador de teléfonos	33	4	132	0,95	125,4
3	Cargador de cámaras	55	4	220	0,85	187
4	Reproductor MP3	120	2	240	0,9	216
5	Linternas recargables	40	8	320	0,5	160
6	Mini Refri	200	2	400	1	400
TOTAL				1412		1183,4

La jornada diaria empieza desde la mañana como se indica en la **Tabla 9** con poca carga debido a la preparación del desayuno hasta las 8:00 horas, en donde todas las cargas se vuelven cero debido a que los socios salen de la zona al cuidado y revisión del Parque, así como a la pesca deportiva.

Retornan en la tarde a partir de las 18:00 horas, horario que es dedicado a la preparación de los alimentos y organización de sus pertenencias, en esta hora comienza la carga pico, cuando cada una de las personas conecta todo un conjunto de enchufes con el fin de alimentar de energía a sus aparatos o elementos eléctricos.

En el horario nocturno, a partir de las 23:00 hasta las 5:00 del siguiente día, quedan conectados todos los aparatos eléctricos que contienen baterías, tales como los teléfonos y las linternas, considerándose una carga base.

11.7.1. Curva de Carga

En la **Figura 19** determina la curva de carga y resume el análisis de la carga estimada necesaria.

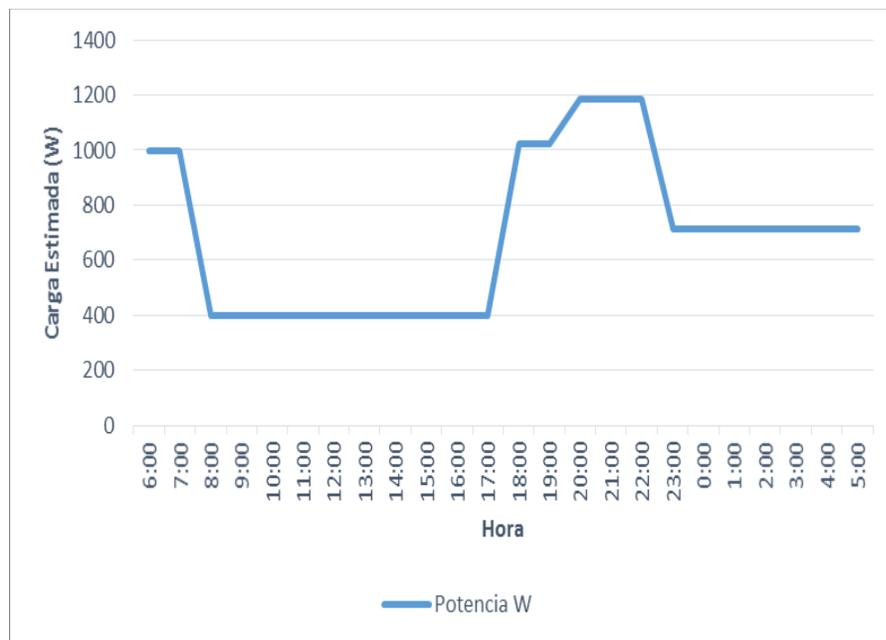


Figura 19. Curva de carga estimada.

Para abastecer la carga se necesita calcular el caudal en horario pico de carga, que, para este caso son las 20:00 horas.

En dependencia de la marca del generador y de la turbina pueden variar los rendimientos, por lo que, no es lo mismo adquirir un generador diseñado y construido en EE.UU tipo A, que uno de China tipo D.

11.8. Dimensionamiento

Una vez con la curva de carga estimada de los ranchos de la asociación “Páramos Jaramillo”, dimensionamos la potencia del generador tomando la demanda máxima y proyectando al 10% de incremento de la demanda máxima, dentro de los 15 años de vida útil.

Entonces:

Demanda Máxima= 1183,4W

Proyección=10%

$$Dem_{proyectada} = 1183,4W * 1,1 \quad (19)$$

$$Dem_{proyectada} = 1301,74W$$

$$Generador \approx 1,5kW$$

Determinamos el caudal con la potencia total que incluye la proyección de crecimiento de carga del 10%.

$$Q = \frac{1,301 \text{ kW}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 8,5 \text{m} * 0,834 * 0,95} \quad (20)$$

$$Q = 0,0197 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 19,7 \frac{\text{ltrs}}{\text{s}}$$

De acuerdo a la carga se establece el generador, pero, de acuerdo al rango de caudal del generador y de la turbina puede o no necesitar un incremento de caudal, por tal motivo, una vez dimensionado el generador podemos calcular el caudal con las características del generador.

La potencia de los generadores está establecida por potencias definidas tales como: 1KW, 1.3KW, 1.5KW, 1.6KW, 1.7KW, 3KW, etc.

Con la demanda proyectada, se dimensiona un generador de 1.5KW, debido a que el rendimiento de placa de los generadores no puede generar 1,74 W adicionales a su capacidad de generación nominal, además del sobredimensionamiento en la generación.

La carga está estimada para brindar comodidad al visitante sin pretender llenar de equipos o aparatos eléctricos innecesarios o que no aporten con el cuidado del medio ambiente que es el objetivo de la Asociación.

Con la curva de carga y la capacidad de generación establecida, podemos determinar el factor de planta:

$$F_c = \frac{D_{promedio}}{D_{m\acute{a}x}} \quad (21)$$

$$F_c = \frac{690,6916W}{1183.4W}$$

$$F_c = 0.5837$$

11.8.1. Captación de Agua

El río Jaramillo posee curvas en sus afluentes, las cuales tienen un fondo de aproximadamente 1,5 metros, en donde se puede aprovechar la acumulación del agua como un embalse de pasada por el excedente del caudal total del aprovechable.

Captando el agua con una tubería de 3 pulgadas y un sistema de filtros por malla, que impedirá la entrada de piedras y escombros, todo el sistema de captación se podrá instalar a un costado del río donde se minimiza las corrientes fuertes de agua, procurando cualquier daño en un posible crecimiento del lecho.

La toma de agua se lo puede realizar en el siguiente sitio:

Tabla 10. Coordenadas de captación de agua.

COORDENADAS DECIMALES			
Detalle	Coordenadas		M.S.N.M
	x	y	
Captación de Agua	-1.192.071	-78.379.578	3757

En la **Tabla 10** podemos apreciar las coordenadas decimales que se encuentra accesible para personas, lo cual, permite la captación del agua, y su embalse se lo puede moldear con la misma piedra del río, evitando daños ambientales, visuales y ecológicos que en una presa normal estaría compuesta por hormigón.

**Figura 20.** Sitio de captación de agua como embalse tipo pasada.

11.8.2. Determinación del Generador

Una vez determinado la potencia máxima generable se puede tomar referencias de grupos o sistemas de generación hidráulica de empresas fabricantes de acuerdo a las características y la potencia requerida, por tal motivo, se ha deducido el siguiente generador que se indica en la **figura 21**.



Figura 21. Generador, turbina y sistemas de control automático de frecuencia.

Tipo: Francis turbina y generador conjunto

Marca: GK

Salida: 1.5 kW

Cabeza del agua: 6-10 m

Flujo: 0,015-0,024 m³/s

Voltaje: 110 V/220 V

Frecuencia: 50Hz/60Hz

Medio: agua

Temperatura: no más de 50 Grados

En base a la potencia nominal de generación que es 1.5kW, calculamos de manera teórica el caudal que el generador necesitaría para generar a su capacidad máxima.

$$Q = \frac{1,5 \text{ kW}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 8,5\text{m} * 0.834 * 0.95}$$

$$Q = 0,0227 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 22.7 \frac{\text{ltrs}}{\text{s}}$$

Según las características del generador, el caudal para alcanzar la potencia nominal de generación es de 0.024m³/s, por lo cual, procedemos a recalcular el nuevo valor de caudal necesario para que el generador opere a su máxima capacidad.

En donde:

$$P_{\text{generador}} = \rho * g * Q * H * \eta_T * \eta_G$$

$$xP_{\text{eléctrica}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.024 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 8,5\text{m} * 0.834 * 0.95$$

$$P_{\text{eléctrica}} = 1.583\text{kW}$$

Y si relacionamos la potencia nominal del generador con la potencia de cálculo obtenemos un menor rendimiento:

$$\eta_{\text{generador}} = \frac{P_{\text{generador}}}{P_{\text{cálculo}}}$$

$$\eta_{\text{generador}} = \frac{1.5\text{kW}}{1.583\text{kW}} \quad (22)$$

$$\eta_{\text{generador}} = 94.7\%$$

Este rendimiento se determina adicional al rendimiento del generador y la turbina para el cálculo.

Con un caudal turbinable de 0.0729 m³/s y un caudal que el generador requiere para generar a su capacidad máxima de 0.024 m³/s obtenemos un caudal sobrante de 0.0489 m³/s, es decir, tomamos el 32.92% del caudal turbinable y el 67.08% seguirá su cauce normal. La pequeña y micro hidro eléctrica se construye en el lugar con la diferencia de la cabeza. El agua fluye en el generador de turbina fijado a través de la tubería de entrada conectada al depósito. El flujo empuja la turbina para girar el generador para generar electricidad.

& LSCO; GK' marca pequeña y micro hidro generador tiene diseño único, alta calidad, buena reputación; proporciona electricidad estable para el hogar y la producción, especialmente en las zonas rurales. Es la mejor opción de generación de electricidad para las zonas rurales debido a su bajo costo, estabilidad, fácil instalación y mantenimiento.

Estructura

Está compuesto por turbina y generador conectado a través del acoplamiento. La turbina consiste en espiral, corredor, eje principal, sello, marco de suspensión, rodamiento, etc.

El generador se divide en generador magnético, permanente y de excitación como se indica en la **Figura 22**.

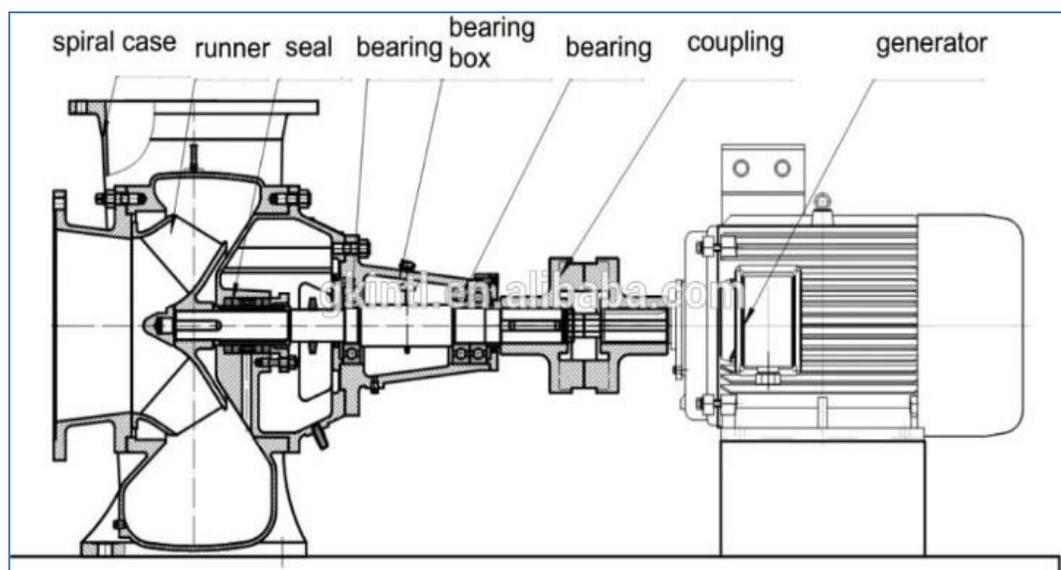


Figura 22. Dibujo estructura.

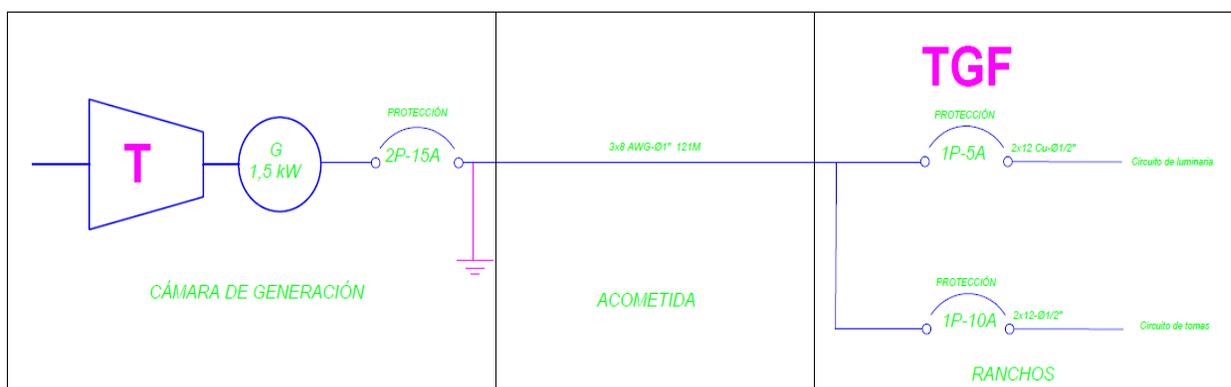


Figura 23. Instrucciones de Instalación

En la **Figura 23** demuestra el esquema del generador eléctrico, acometida y la carga, la acometida tiene una distancia de 121 m desde la cámara de generación hasta los ranchos, la instalación se realiza con el cable concéntrico de 3*8 en una tubería de una pulgada de acuerdo a la corriente y a la caída de voltaje permitida.

La protección termomagnética a la salida del generador es de dos polos de 15 Amperios, en el tablero general de fuerza, un termomagnético de 5 Amperios para el circuito de luminarias, de la misma manera un termomagnético de 10 Amperios para el circuito de tomas.

11.9. Análisis de energía de carga y generación.

Una vez determinado el generador necesario para abastecer la carga de los ranchos de la asociación, vamos a calcular la energía que absorbe la carga al día, al mes y al año, para lo cual partimos de la curva de generación con respecto a la curva de carga, en base a la energía generada y a la energía consumida, hallamos la energía no utilizada o perdida como se indica en la **Figura 24**.

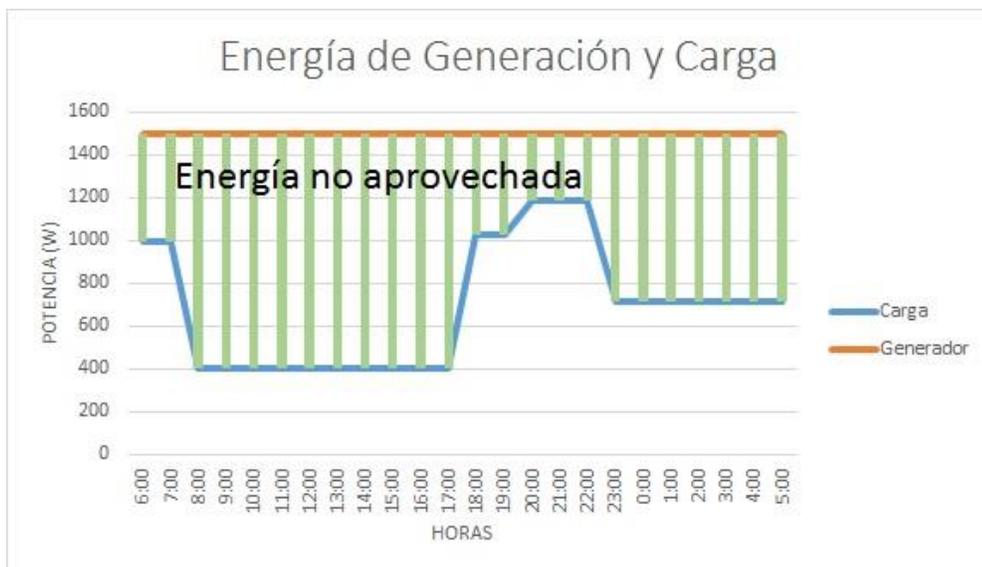
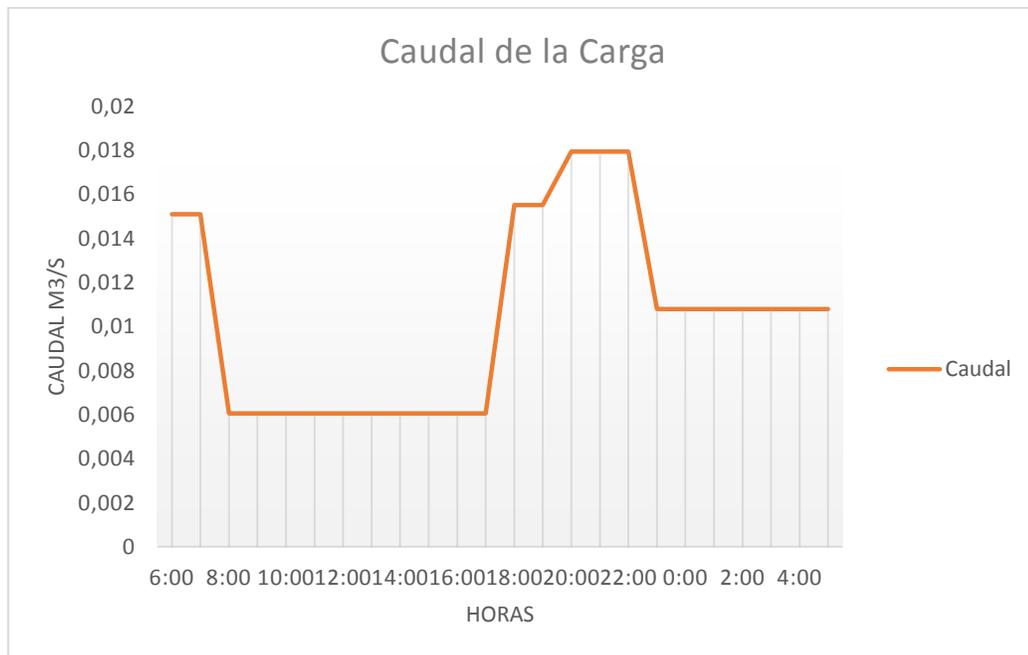


Figura 24. Energía no aprovechada.

De acuerdo a la cantidad de cada elemento de consumo eléctrico que se instale, así como la potencia y el tiempo en que se encuentren en funcionamiento al día, calculamos la energía diaria consumida como indica la **Tabla 11**:

Tabla 11. Consumo de energía diaria de la carga

CONSUMO DE LA ENERGÍA DIARIA					
N°	Equipo eléctrico	Cantidad	Potencia activa (kW)	Horas en funcionamiento	Energía diaria kWh
1	Lámparas led	4	0,025	7	0,7
2	Cargador de teléfonos	4	0,033	14	1,848
3	Cargador de cámaras	4	0,055	12	2,64
4	Reproductor MP3	2	0,12	7	1,68
5	Linternas recargables	8	0,04	5	1,6
6	Mini Refri	2	0,2	24	9,6
Total					18,068

**Figura 25.** Curva de caudal de acuerdo a la curva de carga

En horas pico de carga estimada, es decir, para una potencia de 1.83 kW, es necesario un caudal pico de 0.0179 m³/s o 17.9 ltrs/s para cubrir teóricamente la carga como se indica en la **Figura 25**.

11.10. Energía consumida por la carga

Hallada la energía diaria y de acuerdo a la afluencia de los socios a los ranchos en un promedio de 22 días al mes determinamos la energía mensual.

$$\mathbf{Energía\ mensual = Energía\ diaria * días\ de\ consumo} \quad (23)$$

$$\mathbf{Energía\ mensual = 0.018\ MWh * 22\ días}$$

$$\mathbf{Energía\ mensual = 397.49\ kWh/mes}$$

Con el valor promedio de la energía mensual obtenemos el valor promedio anual, donde:

$$\mathbf{Energía\ anual = Energía\ mensual * \# \text{ meses al año}} \quad (24)$$

$$\mathbf{Energía\ anual = 0.397\ MWh * 12\ meses}$$

$$\mathbf{Energía\ anual = 4.769\ MWh/año}$$

11.11. Energía de la capacidad máxima de generación

Esta energía consumida es de la carga de los ranchos, ahora determinamos la energía que aportará el generador al año con los 1.5 kW.

$$\mathbf{Energía\ de\ generación\ diaria = Capacidad\ de\ generación * horas\ al\ día}$$

$$\mathbf{Energía\ de\ generación\ diaria = 1.5\ kW * 24\ horas}$$

$$\mathbf{Energía\ de\ generación\ diaria = 0.036\ MWh/día}$$

Energía de generación mensual en los días operativos del generador.

$$\mathbf{Energía\ de\ generación\ mensual = Energía\ diaria * \# \text{ de días operativo}}$$

$$\mathbf{Energía\ de\ generación\ mensual = 0.036 \frac{MWh}{día} * 22\ días}$$

$$\mathbf{Energía\ de\ generación\ mensual = 0.792\ MWh/mes}$$

Energía de generación anual en los días operativos del generador.

$$\mathbf{Energía\ de\ generación\ anual = Energía\ mensual * \#\ de\ meses\ del\ año}$$

$$\mathbf{Energía\ de\ generación\ anual = 0.792 \frac{MWh}{mes} * 12\ meses}$$

$$\mathbf{Energía\ de\ generación\ anual = 9.504\ MWh/año}$$

11.12. Energía perdida entre la generación y la carga.

$$\mathbf{Energía\ perdida\ anual = Energía\ de\ generación\ anual - Energía\ anual\ de\ la\ carga}$$

$$\mathbf{Energía\ perdida\ anual = 9.504\ MWh - 4.769\ MWh}$$

$$\mathbf{Energía\ perdida\ anual = 4.734\ MWh/año}$$

Donde:

$$\% = \frac{\mathbf{Energía\ anual\ de\ carga}}{\mathbf{Energía\ anual\ de\ generación\ a\ potencia\ máxima\ constante}} \quad (25)$$

$$\% = \frac{\mathbf{4.769\ MWh}}{\mathbf{9.504MWh}} * 100$$

$$\% = \mathbf{50.1889}$$

11.13. Medición, control del voltaje y potencia de salida

El generador cuenta con medidores de voltaje y potencia de salida, además de un sistema automático de control de frecuencia, donde, no es necesario la intervención o manipulación de personal que no sea solamente para abrir o cerrar la válvula de paso de agua.

Una válvula se encontrará junto al cuarto de generación para su apertura y cierre de acuerdo sea necesario. La cámara donde se deberá ubicar el generador estará enterrada con la finalidad de

causar un bajo impacto ambiental y el modelo que necesitará ser implementado está especificado en la **Figura 26**.



Figura 26. Cámara de máquina.

La cámara deberá estar constituida por un muro de 10cm de espesor de hormigón armado en piedra con una estructura metálica en varilla #10 de hierro para la absorción de las vibraciones que la turbina y el generador producen, el ancho será de 1,40m sin tomar en cuenta las medidas de los muros y un alto de 1m con tapa de hormigón armado

Como un sistema de seguridad dentro de la cámara se debería dividir en dos cuartos, en el primero de mayor dimensión, dispuesto para el generador y el sobrante para la salida del agua turbinada en retorno al río. De la misma manera zanjas de 20cm de profundidad y 15cm de ancho rodeando al generador como prevención de posibles inundaciones en el cuarto, con retorno al río.

El piso debe constituir de hormigón armado en estructura de varilla metálica, así como las zanjas, las bases donde se empernará el generador debe ser constituidas por pernos de 23pulg de cabeza hexagonal con profundidad de 53,42cm.

Esta cámara se deberá instalar en una distancia de 73m del racho de la asociación “Páramos Jaramillo”.

12. IMPACTO (TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTALES)

12.1. Impacto Técnico

Un sistema eléctrico como éste por su ubicación, está expuesto a impactos técnicos debido a los factores ambientales, así como en el manejo y uso que se realicen a los equipos y su estructura, que debidamente coordinado, deberán de forma planificada realizar los mantenimientos respectivos.

12.2. Impacto Social

Se puede determinar que el impacto social será positivo debido a que una vez instalado el sistema de generación aportará con energía eléctrica a los ranchos de la asociación, mejorando la calidad de la estancia de socios, turistas y visitantes.

12.3. Impacto Ambiental

El impacto ambiental será mínimo debido a que los elementos utilizados para la construcción del sistema de generación estarán soterrados para evitar la alteración del impacto visual y auditivo, sin alterar el hábitat de las especies de flora y fauna del lugar.

13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

13.1. Análisis económicos

Tomando como referencia el **Anexo 4**, se detalla en la **Tabla 12** los costos directos utilizados para el proyecto

Tabla 12. Costos directos para la inversión en el proyecto

COSTOS DIRECTOS		
Descripción	Valor	Unidad
Costo de materiales para la obra civil	504,30	USD
Costo de materiales para el ensamblaje hidráulico	570,40	USD
Costo de materiales para la instalación eléctrica	1053,51	USD
Costo por mano de obra	365,50	USD
Total, de costos directos	2493,71	USD

De igual manera se detallan los costos indirectos en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Costos indirectos para la inversión en el proyecto

COSTOS INDIRECTOS		
Descripción	Valor	Unidad
Costo de transporte de materiales	176,30	USD
Alimentación	350,00	USD
Otros	100,00	USD
Total, de costos indirectos	626,30	USD

Una vez calculado los costos directos e indirectos se determinan los costos totales que se necesitará en el proyecto. Los mismos que se especifican a continuación en la **Tabla 14**:

Tabla 14. Costos totales para la inversión en el proyecto

COSTOS TOTAL DE PROYECTO		
Descripción	Valor	Unidad
Costos directos	2493,71	USD
Costos indirectos	626,30	USD
Total	3120,01	USD

En la **tabla 11** verificar el consumo de energía de los diferentes aparatos eléctricos que se utiliza en los ranchos, considerando que cada uno de ellos entra a funcionar en horarios diferentes.

Según el pliego tarifario determina que para los consumidores residenciales con un consumo de 397.596 kWh el precio del kWh es de 0.105 dólares.

A continuación, se calcula el costo que debería pagar por el consumo mensual de Energía.

$$\text{Costo mensual} = 397.596 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} * 0.105 \text{ USD} \quad (26)$$

$$\text{Costo mensual} = 41.74 \text{ USD}$$

$$\text{Costo anual} = 4769.95 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} * 0,105 \text{ USD} \quad (27)$$

$$\text{Costo anual} = 500.85 \text{ USD}$$

13.2. Cálculo del valor presente (VP) de los costos de inversión

Utilizando el concepto del valor presente y con un interés del 12% se tiene la siguiente expresión la cual permite calcular el valor presente de una serie de anualidades constantes que se pagan en un lapso de tiempo definido.

$$VP = A \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right) \quad (28)$$

Dónde:

VP= Es el valor presente.

A= Es la anualidad que se requiere traer a valor presente.

i= Es la tasa de inversión anual.

n= Es el periodo de años.

$$VP = 500.85 \left(\frac{(1 + 0.12)^{15} - 1}{0.12(1 + 0.12)^{15}} \right)$$

$$VP = 3411.19 \text{ USD en 15 años}$$

Además, para traer a valor presente una cantidad que se encuentra ubicada en un tiempo diferente al año cero y que no es una serie de anualidades constante se utilizará la siguiente expresión.

$$VP = AIn \left(\frac{1}{(1+i)^n} \right) \quad (29)$$

Dónde:

AIn= Es el valor que se requiere traer a valor presente.

$$VP = 3411.19 \left(\frac{1}{(1 + 0.12)^{15}} \right)$$

$$VP = 623.21 \text{ USD en el año cero}$$

13.3. Relación beneficio/costo

Es la relación entre el valor presente respecto a la inversión inicial

$$\frac{B}{C} = \frac{3411.19}{3120.01}$$

$$\frac{B}{C} = 1.093$$

13.4. Período de recuperación de la inversión

Para determinar el período de recuperación del capital se tiene:

$$RC = \frac{3411.19}{3120.01} * 12 \text{ meses} \quad (30)$$

$$RC = 13.12 \text{ meses}$$

$$RC \approx 14 \text{ meses}$$

13.5. Resumen de resultados

Para los indicadores económicos se consideró una tasa de interés anual del 12 %. Además, se pudo determinar si el proyecto es factible o no que se detalla en la **Tabla 15**.

Tabla 15. Resumen de los resultados

Resumen de resultados		
Indicador	Valor	Detalle
Valor Presente Neto (VPN)	623,21	> 0 el proyecto es rentable debe ser aceptado
Relación Costo Beneficio (B/C)	1,09	> 1 se acepta el proyecto
Periodo de Recuperación	14	

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 Conclusiones

- El método de velocidad y superficie fue la técnica determinada para estimar las mediciones del caudal del río Jaramillo, tratándose de una zona de acceso limitado, sitio en el cual la medición fue realizada con un objeto de plástico en un tramo de una longitud determinada del río, tomando en cuenta la profundidad del agua y el ancho del río.
- Con datos tomados de las mediciones de caudal realizadas por un tiempo de seis meses, desde el mes de diciembre de 2017 en donde se determinó estadísticamente un histograma de frecuencia en el que se obtuvo un caudal de mayor frecuencia, es decir, caudal representativo de 78.79 ltrs/s y con ese dato preliminar se calcula una potencia de generación de 1.301 kW.
- Se determinó un sistema de generación con embalse de pasada debido a la cantidad de agua que supera la necesaria para generación, un generador eléctrico con turbina tipo francis y control automático de frecuencia para que la puesta en marcha y el apagado del sistema eléctrico sea de fácil operación, incluso para los socios del Páramo Jaramillo.
- Se analizó técnica y económicamente que existe una tasa de retorno en un tiempo de 13 meses a partir de la instalación del sistema de generación, acotando que costos de transporte de material están a cargo de un fondo económico anual de la Asociación Páramos Jaramillo.

14.1 Recomendaciones

- Se recomienda un objeto de superficie lisa y plana de material plástico o madera liviana para las mediciones del caudal debido que un elemento corrugado influiría en la velocidad en que el objeto se desplace por la superficie del tramo de medición del río.
- La base de datos de las mediciones de caudal debe poseer significativamente por un tiempo mínimo de seis meses, considerando los meses de mayor estiaje de la zona y para efectos de cálculo de la potencia aprovechable los rendimientos de la turbina y el generador, además de un análisis estadístico en el que se pueda determinar la frecuencia de repetición de un valor medido o caudal.
- Para determinar un tipo de embalse es importante dimensionar la potencia del generador en base al consumo proyectado de los ranchos, en donde, si dicha potencia no supera el total del caudal aprovechable, se requerirá un embalse de pasada para evitar impactos técnicos y

ambientales al incorporar una presa, de igual forma, para la instalación de la turbina y del generador, por encontrarse en un área protegida, disminuyendo el impacto ambiental, se deberá construir una cámara o cuarto de generación subterráneo.

- La ubicación de la implementación es uno de los factores más importantes para contemplar el análisis técnico-económico del sistema de generación, el transporte a zonas de limitado acceso incrementa el costo de construcción e instalación.

15. BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. Cuenca, “Estudio y diseño de un sistema micro-hidroeléctrico para generación y abastecimiento de energía eléctrica mediante energía renovable para una vivienda típica del sector de Sinincay perteneciente al Cantón,” 2015.
- [2] L. Acevedo, “División de Ingeniería Eléctrica,” 2014.
- [3] European Small Hydropower Association - ESHA, “Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica,” p. 174, 2006.
- [4] “Medición del potencial hidrológico para generación de energía renovable , la experiencia de la Fundación Solar en Guatemala.”
- [5] BUN-CA, *Hidráulica a pequeña escala*. 2002.
- [6] P. Daniel, T. Arriola, and R. C. López, “RENOVABLES EN EL ESTADO DE SONORA,” pp. 88–94, 2014.
- [7] E. Del, P. Hidráulico, E. N. El, M. Miranda, and F. Johana, ““ estudio del potencial hidráulico en el río portoviejo y su incidencia en la generación de electricidad ,”” 2017.
- [8] E. Del, P. Hidráulico, and E. N. El, “JAMA Y SU INCIDENCIA EN LA GENERACIÓN DE,” 2017.
- [9] S. Cuenca, “UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA ,” 2011.
- [10] X. Criollo and C. Quezada, “Diseno de una mini central de energia hidroelectrica en la plata de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cuenca,” p. 29, 2011.
- [11] I. D. Muguerza, “Micro Centrales Hidroeléctricas.”
- [12] Universidad Centroamericana Jose León Cañas, “Pequeñas Centrales Hidroelectricas,” pp. 1–74, 2012.
- [13] E. L. Río and B. León, “Diseño de minicentrales hidroeléctricas. modelo de aprovechamiento en el río bernesga (león).”
- [14] “Modelo para estudios de ingeniería de perfil para proyectos de mini hidráulica,” 2014.

- [15] U. D. E. E. L. Salvador, ““ Estudio de las micro y mini plantas eléctricas hidráulicas ,”” 2009.
- [16] M. Amancio and R. Flores, “HIDROENERGÉTICOS.”
- [17] “DISEÑO CONCEPTUAL Y EVALUACIÓN FINANCIERA DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE PASADA ,” 2017.
- [18] M. G. Salas and I. C. Hidraulico, “HIDROELÉCTRICAS PEQUEÑAS Y SUS,” 2008.
- [19] L. Raimundo, C. Jeria, and P. Guía, ““ GENERACIÓN DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA EN CANALES DE REGADÍO ’ MENCIÓN INGENIERIA HIDRÁULICA SANITARIA Y AMBIENTAL NOVIEMBRE 2012 Resumen.”
- [20] C. Ubicada, E. N. El, and D. E. L. A. V. I. A. Quito, “No Title.”2015
- [21] A. N. Mastache, D. I. D. E. I. N. C. Ivil, and Y. G. Eomática, “CENTRALES HIDROELÉCTRICAS Héctor García Gutiérrez.”
- [22] F. Maldonado, “Diseño de una turbina de río para la generación de electricidad en el distrito de Mazán-Región Loreto,” *Univ. Nac. Mayor San Marcos*, p. 69, 2005.
- [23] P. A. Moreno, “Universidad San Francisco de Quito . Colegio de Arquitectura Tesis de Grado,” 2014.
- [24] D. C. Navarro Mora and J. M. Liévano Hurtado, “Guía Para Estudios De Prefactibilidad De Pch,” pp. 1–185, 2004.
- [25] F. Javier *et al.*, ““ Determinación del potencial hidráulico del río Blanco en el tramo Junta río Blanco-estero Caracoles - Junta río Blanco- río Negro , para la localización de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH)’ Memoria para optar al Título de Geógrafo Profesional ,” 2010.
- [26] A. Castro, “Minicentrales hidroeléctricas,” *Manuales Energías Renov.*, p. 175, 2006.
- [27] E. Blanco, “Estimación de la potencia eléctrica teórica disponible en Río Copinula, Jujutla, Ahuachapán,” *ING-Novación*, vol. 4, no. 4, pp. 33–50, 2012.
- [28] “No Title,” 2014.

- [29] J. R. Villanueva Uré, “Procedimientos para determinar el caudal ecológico en las centrales hidroeléctricas ubicadas en los cauces de los ríos costeros del Perú Reynaldo Villanueva Ure.”
- [30] C. Cortez and C. Raúl, “Estudio y diseño a nivel preliminar de una pequeña central hidroeléctrica en el distrito de Comas , provincia de Concepción perteneciente al departamento de Junín central hidroeléctrica en el distrito de Comas , provincia de,” 2018.
- [31] I. General, “1. información general,” 2018.

16. ANEXOS

16.1. ANEXO 1. Medición del tiempo que tarda el objeto en recorrer los 4 metros.

Tabla 16. Toma de datos del diciembre

Medición Diciembre (t, s)																			
Hora	V	S	D	Mi	J	V	S	D	Mi	J	V	S	D	Mi	J	V	Mi	J	V
	1	2	3	6	7	8	9	10	13	14	15	16	17	20	21	22	27	28	29
6:00	4,47	4,47	4,47	6,62	5,68	7,57	7,57	3,85	6,71	5,11	7,99	6,71	6,71	5,8	6,12	7,41	3,55	3,55	8,06
7:00	3,51	4,15	5,75	3,79	4,1	3,75	5,05	7,89	4,15	5,11	7,35	7,03	6,07	6,77	7,09	7,73	5,16	5,16	6,13
8:00	7,03	7,99	7,99	5,36	6,31	5,05	6,94	6,31	4,15	6,39	5,75	7,03	7,67	8,7	7,41	8,7	8,71	5,48	3,55
9:00	4,15	6,39	7,35	5,99	4,73	5,05	5,68	5,99	5,11	5,11	5,75	6,39	7,03	5,48	8,06	8,7	6,13	4,51	3,55
10:00	4,79	3,51	5,75	6,62	5,36	5,68	6,31	7,89	5,43	7,35	4,47	3,83	3,83	6,77	7,73	8,38	6,45	6,13	3,87
11:00	6,39	7,99	7,99	7,89	6,94	3,87	3,79	5,68	6,07	5,75	5,75	4,47	7,99	6,45	8,06	6,45	6,45	8,06	5,16
12:00	6,39	7,99	3,19	7,89	5,36	3,47	4,42	7,89	7,03	6,07	5,11	7,03	5,43	8,7	8,38	5,8	8,71	6,77	7,74
13:00	4,47	7,03	7,03	3,45	5,05	7,26	6,31	6,31	4,15	7,35	7,99	6,71	5,11	7,41	7,73	8,06	5,8	7,42	6,13
14:00	3,51	5,11	7,67	4,73	7,57	4,73	6,31	5,36	4,47	7,99	4,15	4,47	6,39	8,7	5,8	6,12	3,79	7,74	8,38
15:00	5,75	7,35	6,07	5,36	4,73	4,1	7,26	5,05	7,03	6,71	5,11	6,71	6,39	7,09	7,73	7,41	7,42	4,84	6,77
16:00	7,99	3,19	3,51	3,79	4,73	3,73	7,89	6,31	4,47	5,11	4,79	6,71	5,11	7,41	5,48	5,48	7,74	5,8	3,9
17:00	5,75	7,03	3,83	6,94	4,73	6,62	6,31	6,62	6,39	6,07	7,99	4,47	7,35	8,7	8,38	6,77	3,87	3,55	7,09
18:00	5,43	7,67	7,03	4,1	5,36	3,58	7,89	5,36	7,03	7,35	5,43	6,07	7,67	7,73	7,41	8,7	6,77	6,13	4,19
19:00	5,75	7,35	4,47	4,1	4,42	4,42	3,65	5,36	6,39	4,47	5,11	7,99	3,83	7,09	7,41	7,73	5,48	5,16	6,45
20:00	5,75	4,15	3,83	5,99	6,94	3,95	4,42	4,42	7,67	4,79	4,15	5,75	7,03	8,38	8,7	8,38	5,8	3,87	4,84
21:00	3,19	6,39	6,07	5,68	6,62	3,47	4,1	3,65	6,71	6,07	5,11	6,07	5,75	8,7	7,41	7,09	8,71	6,13	4,19
22:00	6,71	5,75	5,75	5,05	6,94	6,62	4,42	6,62	7,03	4,47	6,07	7,03	7,03	8,7	5,8	6,77	6,45	4,19	3,89

Tabla 17. Toma de datos del enero

Medición Enero (t,s)																		
Hora	J	V	S	D	V	S	D	Mi	J	V	S	D	V	S	D	L	Ma	
	4	5	6	7	12	13	14	17	18	19	20	21	26	27	28	29	30	
6:00	7,17	4,56	4,56	3,91	8,25	4,95	3,63	8,09	3,56	4,85	4,85	4,85	3,91	4,56	7,82	5,21	6,51	
7:00	5,54	8,14	3,26	7,49	4,95	6,93	5,28	5,83	4,85	7,77	6,8	7,77	8,14	6,51	5,21	5,54	7,17	
8:00	4,23	3,26	5,21	8,14	4,62	4,62	4,95	7,12	6,8	3,88	7,77	8,09	4,23	3,26	5,54	6,19	3,26	
9:00	7,17	4,89	6,19	4,56	6,93	4,62	8,25	6,47	5,5	3,56	4,53	8,09	3,26	5,86	6,84	5,86	7,49	
10:00	8,14	5,54	6,51	7,17	6,6	4,29	4,29	6,15	6,15	4,53	6,8	5,18	4,56	5,21	4,89	3,26	3,26	
11:00	3,58	4,56	6,19	6,51	7,26	3,3	6,6	4,21	3,88	5,18	6,15	8,09	4,23	3,91	5,21	3,58	6,84	
12:00	7,82	7,82	3,91	5,54	5,94	5,61	3,96	7,12	3,88	7,44	5,18	3,24	4,23	8,14	3,58	7,82	7,17	
13:00	6,19	4,89	7,49	6,19	6,93	4,95	5,94	6,47	6,47	3,56	4,53	7,77	5,86	4,23	3,58	3,91	8,14	
14:00	7,17	4,89	3,58	7,82	7,92	6,27	4,29	4,53	4,21	7,12	4,53	3,56	5,86	5,21	6,51	4,56	4,23	
15:00	7,82	3,26	7,17	6,19	5,61	3,3	6,6	4,21	8,09	8,09	3,88	6,47	3,26	5,86	7,82	5,21	4,56	
16:00	6,84	6,84	6,19	5,54	5,61	5,61	5,61	7,12	6,15	7,12	4,85	8,09	5,54	8,14	7,49	7,82	6,84	
17:00	3,26	5,86	5,54	5,86	7,59	5,28	7,26	6,15	3,24	5,18	3,56	7,77	5,54	4,23	8,14	7,49	4,23	
18:00	4,23	3,91	3,58	7,82	7,59	8,25	3,63	7,44	4,53	7,44	4,21	3,56	7,17	7,49	3,58	3,26	3,26	
19:00	5,21	7,82	6,19	8,14	4,29	7,26	3,3	7,77	6,15	8,09	7,12	3,56	7,17	4,56	3,91	4,23	3,58	
20:00	6,51	5,86	3,91	4,89	5,94	4,62	6,6	3,56	3,56	7,12	3,88	7,77	6,51	6,84	7,49	3,26	7,17	
21:00	6,84	6,51	5,86	3,26	7,92	6,93	3,3	6,8	8,09	7,77	5,18	3,24	3,58	5,54	5,86	4,23	3,91	
22:00	7,17	7,82	3,26	8,14	7,59	6,93	3,63	3,24	7,77	7,12	5,18	7,77	3,26	6,51	7,49	5,21	4,23	

Tabla 18. Toma de datos del febrero

Medición Febrero (t,s)																		
Hora	J	V	S	D	L	Ma	Mi	V	S	D	Ma	Mi	J	V	V	S	D	Mi
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	13	14	15	16	23	24	25	28
6:00	7,24	5,92	5,92	8,52	8,2	6,62	6,94	4,76	5,71	7,94	8,68	8,04	5,79	5,47	8,04	5,79	5,47	6,31
7:00	7,89	7,57	5,26	5,99	8,2	5,05	5,36	6,67	8,57	6,98	4,18	5,47	6,43	4,5	5,47	6,43	4,5	5,32
8:00	8,55	6,58	5,59	8,52	7,57	6,94	4,73	7,62	5,08	8,57	5,14	8,04	4,18	4,18	8,04	4,18	4,18	5,65
9:00	8,88	8,88	7,24	6,31	6,62	7,57	6,62	6,98	7,94	6,67	8,36	8,36	5,79	5,79	8,36	5,79	5,79	6,64
10:00	4,93	6,25	5,59	6,31	6,94	7,89	5,36	3,81	7,62	4,76	8,36	7,4	8,36	7,72	7,4	8,36	7,72	6,31
11:00	8,55	6,25	6,58	6,31	8,52	7,26	7,89	6,35	7,94	6,98	4,5	5,79	6,11	7,07	5,79	6,11	7,07	7,97
12:00	6,91	8,22	8,88	4,73	4,73	7,57	5,68	6,67	6,03	5,71	6,11	5,79	7,4	8,36	5,79	7,4	8,36	7,31
13:00	5,59	7,57	6,58	5,36	5,99	5,68	7,26	7,94	7,62	5,71	8,68	4,5	4,82	6,75	4,5	4,82	6,75	5,32
14:00	7,89	8,55	5,59	7,26	6,62	7,89	6,62	6,67	8,25	7,94	3,54	4,82	6,43	8,04	4,82	6,43	8,04	6,98
15:00	5,59	8,55	7,89	7,89	6,31	6,31	8,52	6,03	6,35	5,71	5,47	7,4	5,79	3,22	7,4	5,79	3,22	5,32
16:00	6,91	6,25	7,57	7,26	6,62	5,36	5,99	6,35	4,13	7,94	8,36	5,79	5,14	7,07	5,79	5,14	7,07	8,31
17:00	8,55	5,26	8,55	8,52	5,68	5,99	7,89	5,71	4,44	6,35	5,14	4,82	3,54	5,47	4,82	3,54	5,47	8,97
18:00	8,22	6,58	4,93	5,68	6,94	5,68	6,62	7,94	7,94	4,44	6,75	5,14	8,04	4,82	5,14	8,04	4,82	7,31
19:00	6,58	5,59	7,24	6,94	8,52	6,62	7,89	3,81	7,62	4,13	4,18	8,68	6,75	5,79	8,68	6,75	5,79	7,64
20:00	8,22	5,59	8,55	7,89	8,52	8,52	8,52	5,71	3,81	6,03	3,86	6,75	5,14	8,04	6,75	5,14	8,04	4,98
21:00	5,26	6,91	5,26	5,68	8,2	5,36	6,31	6,98	8,57	5,08	7,72	5,79	6,43	6,43	5,79	6,43	6,43	4,98
22:00	8,22	5,92	5,59	6,94	5,99	5,05	8,2	5,4	7,62	8,57	4,82	3,86	7,72	4,82	3,86	7,72	4,82	7,31

Tabla 19. Toma de datos del marzo

Medición Marzo (t,s)																				
Hora	J	V	S	Mi	J	V	Mi	J	V	S	D	Mi	J	V	S	L	Ma	Mi	J	V
	1	2	3	7	8	9	14	15	16	17	18	21	22	23	24	26	27	28	29	30
6:00	3,72	8,36	4,64	6,07	5,75	7,03	6,42	5,2	7,34	4,89	6,73	4,7	7,21	6,27	7,52	5,03	8,17	8,49	8,49	5,97
7:00	4,64	4,33	6,5	5,11	8,31	8,31	5,5	3,67	5,2	4,89	7,34	5,96	7,52	4,39	5,96	6,6	6,91	5,66	4,71	8,17
8:00	7,12	6,5	3,72	7,35	7,35	6,39	6,73	8,56	5,81	6,73	6,12	5,02	4,7	5,64	6,58	5,97	6,6	7,54	5,66	7,54
9:00	6,19	4,02	7,12	5,11	3,83	7,03	6,12	3,67	7,03	7,34	5,81	6,9	6,9	5,96	4,39	5,34	5,34	7,23	8,17	7,54
10:00	4,64	4,33	8,05	4,47	4,79	5,75	4,59	6,42	5,81	8,56	4,59	6,27	6,9	5,33	6,27	8,49	5,03	6,6	5,97	7,23
11:00	7,43	4,64	5,88	7,03	7,35	5,75	6,12	6,73	3,06	8,26	4,59	6,9	6,58	7,21	6,27	6,6	4,71	6,29	5,66	5,66
12:00	4,95	7,43	5,26	6,71	6,39	7,03	6,42	3,67	5,81	6,73	5,5	4,7	5,64	8,15	5,02	7,86	7,54	6,6	8,17	7,23
13:00	6,19	5,88	4,95	7,67	5,11	6,71	3,36	7,34	6,42	7,34	4,28	6,58	7,52	5,33	6,27	8,49	4,71	8,17	5,97	8,17
14:00	6,19	5,88	5,88	6,71	7,67	6,39	6,73	4,59	8,56	4,28	5,81	7,84	4,7	4,7	8,15	8,17	5,34	5,97	6,91	5,34
15:00	6,19	5,88	5,57	4,15	6,07	6,71	6,73	3,06	7,34	7,95	6,42	7,21	7,21	5,64	6,27	5,03	6,91	5,66	7,86	4,71
16:00	5,88	8,36	8,05	6,71	6,07	6,39	4,89	8,26	4,28	4,59	8,56	5,96	5,33	5,64	7,84	5,97	6,91	5,66	6,29	4,71
17:00	8,05	5,88	8,36	5,75	6,39	4,15	5,5	3,67	5,81	6,73	7,03	5,96	6,9	4,7	5,64	8,17	5,97	7,54	6,91	7,54
18:00	7,12	6,19	5,88	4,15	6,39	3,83	5,81	3,36	3,06	7,34	3,06	5,64	4,39	4,7	5,96	4,71	4,71	5,97	8,17	6,29
19:00	5,88	4,95	7,43	5,01	5,53	6,56	7,34	5,81	7,34	3,06	5,81	6,58	5,96	5,02	4,39	7,23	4,71	6,91	7,54	7,23
20:00	3,72	3,72	8,05	6,74	6,12	4,95	6,12	6,42	6,42	4,89	6,73	7,84	5,02	5,02	4,39	7,54	7,86	7,54	8,17	5,03
21:00	4,95	7,12	7,43	5,48	6,56	5,03	3,67	6,12	3,06	3,98	3,36	5,96	5,96	7,84	8,15	6,29	7,23	4,71	7,54	5,34
22:00	7,74	5,57	5,26	6,71	6,50	5,82	4,89	7,65	7,34	7,03	6,42	4,39	5,33	6,58	7,21	6,29	5,66	6,6	7,23	5,97

Tabla 20. Toma de datos del abril

Medición Abril (t,s)																		
Hora	D	L	Ma	S	D	L	M	J	V	L	Ma	D	L	Ma	Mi	S	D	L
	1	2	3	7	8	9	11	12	13	16	17	22	23	24	25	28	29	30
6:00	6,03	6,20	4,78	5,66	5,09	6,60	6,33	4,98	4,89	5,70	4,97	6,77	7,04	5,18	4,73	6,65	4,63	6,30
7:00	5,34	6,99	6,96	5,20	6,61	6,46	6,98	5,17	6,59	7,29	6,07	6,62	6,62	5,75	6,52	5,79	7,20	6,81
8:00	5,07	6,12	6,65	5,96	5,45	6,28	5,11	6,46	5,56	6,00	5,81	5,92	5,38	5,93	6,40	6,26	6,66	6,93
9:00	4,88	6,53	5,25	6,21	4,76	5,77	4,75	5,79	5,33	4,98	5,67	4,61	6,32	4,70	6,80	5,07	4,89	5,97
10:00	6,27	5,26	6,24	7,02	6,40	5,99	6,31	7,26	7,15	5,99	6,92	5,55	5,31	6,35	6,48	6,51	6,75	5,58
11:00	7,03	4,85	7,26	6,38	6,14	4,98	5,78	6,35	6,24	6,56	6,87	7,26	5,32	6,75	5,94	6,30	4,72	6,06
12:00	6,97	5,10	5,46	4,72	4,78	5,70	5,23	7,12	5,43	5,53	5,89	5,62	5,24	6,12	6,57	5,44	6,83	5,35
13:00	6,45	7,04	4,83	6,48	5,79	6,75	4,60	5,91	6,26	5,75	6,06	7,17	5,30	6,34	7,02	4,89	5,69	6,72
14:00	5,81	4,80	4,63	5,03	6,82	6,80	4,64	4,67	6,14	7,17	6,01	7,13	6,41	7,11	6,69	4,67	4,93	7,25
15:00	6,54	4,95	7,30	6,20	5,55	6,70	6,05	5,68	6,40	4,65	5,60	5,46	6,59	6,05	4,67	6,57	5,19	7,30
16:00	5,80	4,76	6,14	6,02	5,38	5,53	5,39	6,14	5,24	4,98	6,95	5,62	6,26	5,59	5,32	6,19	6,01	6,62
17:00	7,29	5,00	4,79	6,50	6,88	6,93	5,90	6,89	4,86	4,94	6,68	6,97	6,91	4,95	7,04	4,96	4,82	4,62
18:00	4,86	7,04	5,79	4,88	5,04	6,63	6,93	7,29	7,06	6,59	7,03	5,33	6,82	7,23	6,96	4,84	5,17	6,58
19:00	6,69	7,07	4,66	5,27	6,00	6,84	5,81	7,16	6,22	6,03	4,65	5,43	5,49	6,29	6,73	6,53	4,99	4,73
20:00	5,17	6,74	4,62	7,26	6,27	5,32	5,75	6,92	5,03	5,26	6,59	4,70	5,64	5,52	7,13	7,18	5,01	7,17
21:00	6,55	7,28	4,71	6,28	5,44	6,51	6,00	5,18	6,23	6,82	6,76	7,21	4,88	5,63	5,45	5,75	5,06	5,99
22:00	5,02	5,34	5,26	6,56	6,47	5,26	5,80	6,26	5,75	5,21	6,23	4,96	5,14	5,70	6,38	5,17	5,60	5,38

Tabla 21. Toma de datos del mayo

Medición Mayo (t,s)																		
Hora	J	V	S	D	V	S	D	L	Ma	Mi	J	V	L	Ma	Mi	D	L	Ma
	3	4	5	6	11	12	13	14	15	16	17	18	21	22	23	27	28	29
6:00	5,26	5,31	5,96	6,74	5,98	7,00	6,78	6,28	5,36	4,75	7,04	6,10	5,14	5,45	5,23	5,69	5,98	6,50
7:00	6,83	5,34	5,56	6,00	6,22	6,21	6,12	6,66	5,31	6,29	5,48	6,46	5,26	5,43	7,13	5,51	6,61	6,23
8:00	6,56	4,84	6,95	6,43	6,64	7,11	5,38	4,60	6,50	6,87	7,18	5,41	4,80	5,53	4,64	6,39	7,26	7,17
9:00	4,96	7,24	7,21	4,64	6,24	5,17	4,78	6,57	5,55	5,59	6,05	6,24	5,74	4,74	5,62	7,18	6,74	6,50
10:00	6,13	4,80	6,40	6,85	4,73	5,31	5,05	5,37	5,73	6,02	7,16	6,54	7,11	7,13	6,58	6,24	5,55	6,85
11:00	5,71	5,05	5,95	7,11	6,77	6,40	5,88	7,25	5,48	7,05	7,11	6,25	5,00	6,60	4,86	6,48	4,86	6,09
12:00	5,75	6,16	5,94	5,00	4,97	5,97	5,66	5,38	4,87	4,66	5,36	5,13	5,16	4,64	5,08	6,96	6,59	5,45
13:00	6,46	6,46	7,08	5,43	5,72	7,01	6,51	4,68	5,97	6,60	5,79	6,86	5,86	4,98	6,87	5,21	5,50	4,66
14:00	7,16	5,12	6,11	6,72	5,64	6,95	5,08	5,95	7,10	6,00	6,77	7,09	5,07	6,82	6,60	6,11	5,81	7,01
15:00	4,83	5,90	5,20	5,14	5,72	5,56	4,84	6,00	5,65	4,72	7,00	6,95	7,20	6,25	5,98	6,93	5,61	4,88
16:00	6,19	5,59	5,53	5,48	6,87	5,40	5,37	4,85	6,08	6,13	4,64	7,22	6,91	6,74	7,14	6,23	6,88	6,27
17:00	6,08	7,02	7,04	6,46	6,58	6,42	4,66	5,48	5,33	5,06	5,92	5,45	6,11	5,06	6,47	6,06	4,92	5,76
18:00	7,16	5,63	5,49	5,05	5,43	5,43	4,79	6,34	6,54	6,66	6,84	5,84	5,81	4,69	7,16	6,60	5,42	6,92
19:00	6,35	6,89	5,87	6,83	7,08	6,68	4,66	6,19	7,18	5,96	6,61	5,72	7,24	4,78	4,67	6,08	5,77	6,33
20:00	5,48	6,17	6,98	6,69	6,95	5,43	6,78	6,67	5,88	4,63	5,70	6,55	5,05	6,49	5,57	6,20	7,23	5,34
21:00	6,14	5,31	4,72	4,60	6,03	7,24	5,48	6,18	5,19	4,72	6,96	6,36	5,01	6,19	6,88	7,18	4,99	6,01
22:00	4,65	6,00	5,42	6,84	6,05	6,02	5,87	4,96	4,66	5,91	5,19	6,22	6,50	6,08	6,16	6,22	6,90	4,75

16.2. ANEXO 2. Caudales diarios en litros por segundo

Tabla 22. Caudales del mes de diciembre en ltrs/s

Diciembre																			
	Viernes	Sábado	Domingo	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Miércoles	Jueves	Viernes	Miércoles	Jueves	Viernes
	1	2	3	6	7	8	9	10	13	14	15	16	17	20	21	22	27	28	29
6:00	112,7517	112,7517	112,7517	76,1329	88,7324	66,5786	66,5786	130,9091	75,1118	98,6301	63,0788	75,1118	75,1118	86,8966	82,3529	68,0162	141,9718	141,9718	62,5310
7:00	143,5897	121,4458	87,6522	132,9815	122,9268	134,4000	99,8020	63,8783	121,4458	98,6301	68,5714	71,6927	83,0313	74,4461	71,0860	65,2005	97,6744	97,6744	82,2186
8:00	71,6927	63,0788	63,0788	94,0299	79,8732	99,8020	72,6225	79,8732	121,4458	78,8732	87,6522	71,6927	65,7106	57,9310	68,0162	57,9310	57,8645	91,9708	141,9718
9:00	121,4458	78,8732	68,5714	84,1402	106,5539	99,8020	88,7324	84,1402	98,6301	98,6301	87,6522	78,8732	71,6927	91,9708	62,5310	57,9310	82,2186	111,7517	141,9718
10:00	105,2192	143,5897	87,6522	76,1329	94,0299	88,7324	79,8732	63,8783	92,8177	68,5714	112,7517	131,5927	131,5927	74,4461	65,2005	60,1432	78,1395	82,2186	130,2326
11:00	78,8732	63,0788	63,0788	63,8783	72,6225	130,2326	132,9815	88,7324	83,0313	87,6522	87,6522	112,7517	63,0788	78,1395	62,5310	78,1395	78,1395	62,5310	97,6744
12:00	78,8732	63,0788	157,9937	63,8783	94,0299	145,2450	114,0271	63,8783	71,6927	83,0313	98,6301	71,6927	92,8177	57,9310	60,1432	86,8966	57,8645	74,4461	65,1163
13:00	112,7517	71,6927	71,6927	146,0870	99,8020	69,4215	79,8732	79,8732	121,4458	68,5714	63,0788	75,1118	98,6301	68,0162	65,2005	62,5310	86,8966	67,9245	82,2186
14:00	143,5897	98,6301	65,7106	106,5539	66,5786	106,5539	79,8732	94,0299	112,7517	63,0788	121,4458	112,7517	78,8732	57,9310	86,8966	82,3529	132,9815	65,1163	60,1432
15:00	87,6522	68,5714	83,0313	94,0299	106,5539	122,9268	69,4215	99,8020	71,6927	75,1118	98,6301	75,1118	78,8732	71,0860	65,2005	68,0162	67,9245	104,1322	74,4461
16:00	63,0788	157,9937	143,5897	132,9815	106,5539	135,1206	63,8783	79,8732	112,7517	98,6301	105,2192	75,1118	98,6301	68,0162	91,9708	91,9708	65,1163	86,8966	129,2308
17:00	87,6522	71,6927	131,5927	72,6225	106,5539	76,1329	79,8732	76,1329	78,8732	83,0313	63,0788	112,7517	68,5714	57,9310	60,1432	74,4461	130,2326	141,9718	71,0860
18:00	92,8177	65,7106	71,6927	122,9268	94,0299	140,7821	63,8783	94,0299	71,6927	68,5714	92,8177	83,0313	65,7106	65,2005	68,0162	57,9310	74,4461	82,2186	120,2864
19:00	87,6522	68,5714	112,7517	122,9268	114,0271	114,0271	138,0822	94,0299	78,8732	112,7517	98,6301	63,0788	131,5927	71,0860	68,0162	65,2005	91,9708	97,6744	78,1395
20:00	87,6522	121,4458	131,5927	84,1402	72,6225	127,5949	114,0271	114,0271	65,7106	105,2192	121,4458	87,6522	71,6927	60,1432	57,9310	60,1432	86,8966	130,2326	104,1322
21:00	157,9937	78,8732	83,0313	88,7324	76,1329	145,2450	122,9268	138,0822	75,1118	83,0313	98,6301	83,0313	87,6522	57,9310	68,0162	71,0860	57,8645	82,2186	120,2864
22:00	75,1118	87,6522	87,6522	99,8020	72,6225	76,1329	114,0271	76,1329	71,6927	112,7517	83,0313	71,6927	71,6927	57,9310	86,8966	74,4461	78,1395	120,2864	129,5630

Tabla 23. Caudales del mes de enero en ltrs/s

ENERO																				
	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3					SEMANA 4			SEMANA 5			
	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Viernes	Sábado	Domingo	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Viernes	Sábado	Domingo	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes
	4	5	6	7	12	13	14	17	18	19	20	21	26	27	28	29	30			
6:00	70,2929	110,5263	110,5263	128,9003	61,0909	101,8182	138,8430	62,2991	141,5730	103,9175	103,9175	103,9175	128,9003	110,5263	64,4501	96,7370	77,4194			
7:00	90,9747	61,9165	154,6012	67,2897	101,8182	72,7273	95,4545	86,4494	103,9175	64,8649	74,1176	64,8649	61,9165	77,4194	96,7370	90,9747	70,2929			
8:00	119,1489	154,6012	96,7370	61,9165	109,0909	109,0909	101,8182	70,7865	74,1176	129,8969	64,8649	62,2991	119,1489	154,6012	90,9747	81,4216	154,6012			
9:00	70,2929	103,0675	81,4216	110,5263	72,7273	109,0909	61,0909	77,8980	91,6364	141,5730	111,2583	62,2991	154,6012	86,0068	73,6842	86,0068	67,2897			
10:00	61,9165	90,9747	77,4194	70,2929	76,3636	117,4825	117,4825	81,9512	81,9512	111,2583	74,1176	97,2973	110,5263	96,7370	103,0675	154,6012	154,6012			
11:00	140,7821	110,5263	81,4216	77,4194	69,4215	152,7273	76,3636	119,7150	129,8969	97,2973	81,9512	62,2991	119,1489	128,9003	96,7370	140,7821	73,6842			
12:00	64,4501	64,4501	128,9003	90,9747	84,8485	89,8396	127,2727	70,7865	129,8969	67,7419	97,2973	155,5556	119,1489	61,9165	140,7821	64,4501	70,2929			
13:00	81,4216	103,0675	67,2897	81,4216	72,7273	101,8182	84,8485	77,8980	77,8980	141,5730	111,2583	64,8649	86,0068	119,1489	140,7821	128,9003	61,9165			
14:00	70,2929	103,0675	140,7821	64,4501	63,6364	80,3828	117,4825	111,2583	119,7150	70,7865	111,2583	141,5730	86,0068	96,7370	77,4194	110,5263	119,1489			
15:00	64,4501	154,6012	70,2929	81,4216	89,8396	152,7273	76,3636	119,7150	62,2991	62,2991	129,8969	77,8980	154,6012	86,0068	64,4501	96,7370	110,5263			
16:00	73,6842	73,6842	81,4216	90,9747	89,8396	89,8396	89,8396	70,7865	81,9512	70,7865	103,9175	62,2991	90,9747	61,9165	67,2897	64,4501	73,6842			
17:00	154,6012	86,0068	90,9747	86,0068	66,4032	95,4545	69,4215	81,9512	155,5556	97,2973	141,5730	64,8649	90,9747	119,1489	61,9165	67,2897	119,1489			
18:00	119,1489	128,9003	140,7821	64,4501	66,4032	61,0909	138,8430	67,7419	111,2583	67,7419	119,7150	141,5730	70,2929	67,2897	140,7821	154,6012	154,6012			
19:00	96,7370	64,4501	81,4216	61,9165	117,4825	69,4215	152,7273	64,8649	81,9512	62,2991	70,7865	141,5730	70,2929	110,5263	128,9003	119,1489	140,7821			
20:00	77,4194	86,0068	128,9003	103,0675	84,8485	109,0909	76,3636	141,5730	141,5730	70,7865	129,8969	64,8649	77,4194	73,6842	67,2897	154,6012	70,2929			
21:00	73,6842	77,4194	86,0068	154,6012	63,6364	72,7273	152,7273	74,1176	62,2991	64,8649	97,2973	155,5556	140,7821	90,9747	86,0068	119,1489	128,9003			
22:00	70,2929	64,4501	154,6012	61,9165	66,4032	72,7273	138,8430	155,5556	64,8649	70,7865	97,2973	64,8649	154,6012	77,4194	67,2897	96,7370	119,1489			

Tabla 24. Caudales del mes de febrero en ltrs/s

FEBRERO																		
	SEMANA 1				SEMANA 2					SEMANA 3				SEMANA 4			SEMANA 5	
	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Viernes	Sábado	Domingo	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Viernes	Sábado	Domingo	Miércoles
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	13	14	15	16	23	24	25	28
6:00	69,6133	85,1351	85,1351	59,1549	61,4634	76,1329	72,6225	105,8824	88,2662	63,4761	58,0645	62,6866	87,0466	92,1389	62,6866	87,0466	92,1389	79,8732
7:00	63,8783	66,5786	95,8175	84,1402	61,4634	99,8020	94,0299	75,5622	58,8098	72,2063	120,5742	92,1389	78,3826	112,0000	92,1389	78,3826	112,0000	94,7368
8:00	58,9474	76,5957	90,1610	59,1549	66,5786	72,6225	106,5539	66,1417	99,2126	58,8098	98,0545	62,6866	120,5742	120,5742	62,6866	120,5742	120,5742	89,2035
9:00	56,7568	56,7568	69,6133	79,8732	76,1329	66,5786	76,1329	72,2063	63,4761	75,5622	60,2871	60,2871	87,0466	87,0466	60,2871	87,0466	87,0466	75,9036
10:00	102,2312	80,6400	90,1610	79,8732	72,6225	63,8783	94,0299	132,2835	66,1417	105,8824	60,2871	68,1081	60,2871	65,2850	68,1081	60,2871	65,2850	79,8732
11:00	58,9474	80,6400	76,5957	79,8732	59,1549	69,4215	63,8783	79,3701	63,4761	72,2063	112,0000	87,0466	82,4877	71,2871	87,0466	82,4877	71,2871	63,2371
12:00	72,9378	61,3139	56,7568	106,5539	106,5539	66,5786	88,7324	75,5622	83,5821	88,2662	82,4877	87,0466	68,1081	60,2871	87,0466	68,1081	60,2871	68,9466
13:00	90,1610	66,5786	76,5957	94,0299	84,1402	88,7324	69,4215	63,4761	66,1417	88,2662	58,0645	112,0000	104,5643	74,6667	112,0000	104,5643	74,6667	94,7368
14:00	63,8783	58,9474	90,1610	69,4215	76,1329	63,8783	76,1329	75,5622	61,0909	63,4761	142,3729	104,5643	78,3826	62,6866	104,5643	78,3826	62,6866	72,2063
15:00	90,1610	58,9474	63,8783	63,8783	79,8732	79,8732	59,1549	83,5821	79,3701	88,2662	92,1389	68,1081	87,0466	156,5217	68,1081	87,0466	156,5217	94,7368
16:00	72,9378	80,6400	66,5786	69,4215	76,1329	94,0299	84,1402	79,3701	122,0339	63,4761	60,2871	87,0466	98,0545	71,2871	87,0466	98,0545	71,2871	60,6498
17:00	58,9474	95,8175	58,9474	59,1549	88,7324	84,1402	63,8783	88,2662	113,5135	79,3701	98,0545	104,5643	142,3729	92,1389	104,5643	142,3729	92,1389	56,1873
18:00	61,3139	76,5957	102,2312	88,7324	72,6225	88,7324	76,1329	63,4761	63,4761	113,5135	74,6667	98,0545	62,6866	104,5643	98,0545	62,6866	104,5643	68,9466
19:00	76,5957	90,1610	69,6133	72,6225	59,1549	76,1329	63,8783	132,2835	66,1417	122,0339	120,5742	58,0645	74,6667	87,0466	58,0645	74,6667	87,0466	65,9686
20:00	61,3139	90,1610	58,9474	63,8783	59,1549	59,1549	59,1549	88,2662	132,2835	83,5821	130,5699	74,6667	98,0545	62,6866	74,6667	98,0545	62,6866	101,2048
21:00	95,8175	72,9378	95,8175	88,7324	61,4634	94,0299	79,8732	72,2063	58,8098	99,2126	65,2850	87,0466	78,3826	78,3826	87,0466	78,3826	78,3826	101,2048
22:00	61,3139	85,1351	90,1610	72,6225	84,1402	99,8020	61,4634	93,3333	66,1417	58,8098	104,5643	130,5699	65,2850	104,5643	130,5699	65,2850	104,5643	68,9466

Tabla 25. Caudales del mes de marzo en ltrs/s

MARZO																					
	SEMANA 1			SEMANA 2				SEMANA 3					SEMANA 4				SEMANA 5				
	Jueves	Viernes	Sábado	Miércoles	Jueves	Viernes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	
	1	2	3	7	8	9	14	15	16	17	18	21	22	23	24	26	27	28	29	30	
6:00	135,4839	60,2871	108,6207	83,0313	87,6522	71,6927	78,5047	96,9231	68,6649	103,0675	74,8886	107,2340	69,9029	80,3828	67,0213	100,1988	61,6891	59,3640	59,3640	84,4221	
7:00	108,6207	116,3972	77,5385	98,6301	60,6498	60,6498	91,6364	137,3297	96,9231	103,0675	68,6649	84,5638	67,0213	114,8064	84,5638	76,3636	72,9378	89,0459	107,0064	61,6891	
8:00	70,7865	77,5385	135,4839	68,5714	68,5714	78,8732	74,8886	58,8785	86,7470	74,8886	82,3529	100,3984	107,2340	89,3617	76,5957	84,4221	76,3636	66,8435	89,0459	66,8435	
9:00	81,4216	125,3731	70,7865	98,6301	131,5927	71,6927	82,3529	137,3297	71,6927	68,6649	86,7470	73,0435	73,0435	84,5638	114,8064	94,3820	94,3820	69,7095	61,6891	66,8435	
10:00	108,6207	116,3972	62,6087	112,7517	105,2192	87,6522	109,8039	78,5047	86,7470	58,8785	109,8039	80,3828	73,0435	94,5591	80,3828	59,3640	100,1988	76,3636	84,4221	69,7095	
11:00	67,8331	108,6207	85,7143	71,6927	68,5714	87,6522	82,3529	74,8886	164,7059	61,0169	109,8039	73,0435	76,5957	69,9029	80,3828	76,3636	107,0064	80,1272	89,0459	89,0459	
12:00	101,8182	67,8331	95,8175	75,1118	78,8732	71,6927	78,5047	137,3297	86,7470	74,8886	91,6364	107,2340	89,3617	61,8405	100,3984	64,1221	66,8435	76,3636	61,6891	69,7095	
13:00	81,4216	85,7143	101,8182	65,7106	98,6301	75,1118	150,0000	68,6649	78,5047	68,6649	117,7570	76,5957	67,0213	94,5591	80,3828	59,3640	107,0064	61,6891	84,4221	61,6891	
14:00	81,4216	85,7143	85,7143	75,1118	65,7106	78,8732	74,8886	109,8039	58,8785	117,7570	86,7470	64,2857	107,2340	107,2340	61,8405	61,6891	94,3820	84,4221	72,9378	94,3820	
15:00	81,4216	60,2871	90,4847	121,4458	83,0313	75,1118	74,8886	164,7059	68,6649	63,3962	78,5047	69,9029	69,9029	89,3617	80,3828	100,1988	72,9378	89,0459	64,1221	107,0064	
16:00	85,7143	60,2871	62,6087	75,1118	83,0313	78,8732	103,0675	61,0169	117,7570	109,8039	58,8785	84,5638	94,5591	89,3617	64,2857	84,4221	72,9378	89,0459	80,1272	107,0064	
17:00	62,6087	85,7143	60,2871	87,6522	78,8732	121,4458	91,6364	137,3297	86,7470	74,8886	71,6927	84,5638	73,0435	107,2340	89,3617	61,6891	84,4221	66,8435	72,9378	66,8435	
18:00	70,7865	81,4216	85,7143	121,4458	78,8732	131,5927	86,7470	150,0000	164,7059	68,6649	164,7059	89,3617	114,8064	107,2340	84,5638	107,0064	107,0064	84,4221	61,6891	80,1272	
19:00	85,7143	101,8182	67,8331	100,5988	91,1392	76,8293	68,6649	86,7470	68,6649	164,7059	86,7470	76,5957	84,5638	100,3984	114,8064	69,7095	107,0064	72,9378	66,8435	69,7095	
20:00	135,4839	135,4839	62,6087	74,7774	82,3529	101,8182	82,3529	78,5047	78,5047	103,0675	74,8886	64,2857	100,3984	100,3984	114,8064	66,8435	64,1221	66,8435	61,6891	100,1988	
21:00	101,8182	70,7865	67,8331	91,9708	76,8293	100,1988	137,3297	82,3529	164,7059	126,6332	150,0000	84,5638	84,5638	64,2857	61,8405	80,1272	69,7095	107,0064	66,8435	94,3820	
22:00	65,1163	90,4847	95,8175	75,1118	77,5385	86,5979	103,0675	65,8824	68,6649	71,6927	78,5047	114,8064	94,5591	76,5957	69,9029	80,1272	89,0459	76,3636	69,7095	84,4221	

Tabla 26. Caudales del mes de abril en ltrs/s

ABRIL																		
	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4					
	D	L	Ma	S	D	L	M	J	V	L	Ma	D	L	Ma	Mi	S	D	L
	1	2	3	7	8	9	11	12	13	16	17	22	23	24	25	28	29	30
6:00	83,5821	81,2903	105,4393	89,0459	99,0177	76,3636	79,6209	101,2048	103,0675	88,4211	101,4085	74,4461	71,5909	97,2973	106,5539	75,7895	108,8553	80,0000
7:00	94,3820	72,1030	72,4138	96,9231	76,2481	78,0186	72,2063	97,4855	76,4795	69,1358	83,0313	76,1329	76,1329	87,6522	77,3006	87,0466	70,0000	74,0088
8:00	99,4083	82,3529	75,7895	84,5638	92,4771	80,2548	98,6301	78,0186	90,6475	84,0000	86,7470	85,1351	93,6803	84,9916	78,7500	80,5112	75,6757	72,7273
9:00	103,2787	77,1822	96,0000	81,1594	105,8824	87,3484	106,1053	87,0466	94,5591	101,2048	88,8889	109,3275	79,7468	107,2340	74,1176	99,4083	103,0675	84,4221
10:00	80,3828	95,8175	80,7692	71,7949	78,7500	84,1402	79,8732	69,4215	70,4895	84,1402	72,8324	90,8108	94,9153	79,3701	77,7778	77,4194	74,6667	90,3226
11:00	71,6927	103,9175	69,4215	78,9969	82,0847	101,2048	87,1972	79,3701	80,7692	76,8293	73,3624	69,4215	94,7368	74,6667	84,8485	80,0000	106,7797	83,1683
12:00	72,3099	98,8235	92,3077	106,7797	105,4393	88,4211	96,3671	70,7865	92,8177	91,1392	85,5688	89,6797	96,1832	82,3529	76,7123	92,6471	73,7921	94,2056
13:00	78,1395	71,5909	104,3478	77,7778	87,0466	74,6667	109,5652	85,2792	80,5112	87,6522	83,1683	70,2929	95,0943	79,4953	71,7949	103,0675	88,5764	75,0000
14:00	86,7470	105,0000	108,8553	100,1988	73,9003	74,1176	108,6207	107,9229	82,0847	70,2929	83,8602	70,6872	78,6271	70,8861	75,3363	107,9229	102,2312	69,5172
15:00	77,0642	101,8182	69,0411	81,2903	90,8108	75,2239	83,3058	88,7324	78,7500	108,3871	90,0000	92,3077	76,4795	83,3058	107,9229	76,7123	97,1098	69,0411
16:00	86,8966	105,8824	82,0847	83,7209	93,6803	91,1392	93,5065	82,0847	96,1832	101,2048	72,5180	89,6797	80,5112	90,1610	94,7368	81,4216	83,8602	76,1329
17:00	69,1358	100,8000	105,2192	77,5385	73,2558	72,7273	85,4237	73,1495	103,7037	102,0243	75,4491	72,3099	72,9378	101,8182	71,5909	101,6129	104,5643	109,0909
18:00	103,7037	71,5909	87,0466	103,2787	100,0000	76,0181	72,7273	69,1358	71,3881	76,4795	71,6927	94,5591	73,9003	69,7095	72,4138	104,1322	97,4855	76,5957
19:00	75,3363	71,2871	108,1545	95,6357	84,0000	73,6842	86,7470	70,3911	81,0289	83,5821	108,3871	92,8177	91,8033	80,1272	74,8866	77,1822	101,0020	106,5539
20:00	97,4855	74,7774	109,0909	69,4215	80,3828	94,7368	87,6522	72,8324	100,1988	95,8175	76,4795	107,2340	89,3617	91,3043	70,6872	70,1950	100,5988	70,2929
21:00	76,9466	69,2308	107,0064	80,2548	92,6471	77,4194	84,0000	97,2973	80,8989	73,9003	74,5562	69,9029	103,2787	89,5204	92,4771	87,6522	99,6047	84,1402
22:00	100,3984	94,3820	95,8175	76,8293	77,8980	95,8175	86,8966	80,5112	87,6522	96,7370	80,8989	101,6129	98,0545	88,4211	78,9969	97,4855	90,0000	93,6803

Tabla 27. Caudales del mes de mayo en ltrs/s

MAYO																		
	J	V	S	D	V	S	D	L	Ma	Mi	J	V	L	Ma	Mi	D	L	Ma
	3	4	5	6	11	12	13	14	15	16	17	18	21	22	23	27	28	29
6:00	95,8175	94,9153	84,5638	74,7774	84,2809	72,0000	74,3363	80,2548	94,0299	106,1053	71,5909	82,6230	98,0545	92,4771	96,3671	88,5764	84,2809	77,5385
7:00	73,7921	94,3820	90,6475	84,0000	81,0289	81,1594	82,3529	75,6757	94,9153	80,1272	91,9708	78,0186	95,8175	92,8177	70,6872	91,4701	76,2481	80,8989
8:00	76,8293	104,1322	72,5180	78,3826	75,9036	70,8861	93,6803	109,5652	77,5385	73,3624	70,1950	93,1608	105,0000	91,1392	108,6207	78,8732	69,4215	70,2929
9:00	101,6129	69,6133	69,9029	108,6207	80,7692	97,4855	105,4393	76,7123	90,8108	90,1610	83,3058	80,7692	87,8049	106,3291	89,6797	70,1950	74,7774	77,5385
10:00	82,2186	105,0000	78,7500	73,5766	106,5539	94,9153	99,8020	93,8547	87,9581	83,7209	70,3911	77,0642	70,8861	70,6872	76,5957	80,7692	90,8108	73,5766
11:00	88,2662	99,8020	84,7059	70,8861	74,4461	78,7500	85,7143	69,5172	91,9708	71,4894	70,8861	80,6400	100,8000	76,3636	103,7037	77,7778	103,7037	82,7586
12:00	87,6522	81,8182	84,8485	100,8000	101,4085	84,4221	89,0459	93,6803	103,4908	108,1545	94,0299	98,2456	97,6744	108,6207	99,2126	72,4138	76,4795	92,4771
13:00	78,0186	78,0186	71,1864	92,8177	88,1119	71,8973	77,4194	107,6923	84,4221	76,3636	87,0466	73,4694	86,0068	101,2048	73,3624	96,7370	91,6364	108,1545
14:00	70,3911	98,4375	82,4877	75,0000	89,3617	72,5180	99,2126	84,7059	70,9859	84,0000	74,4461	71,0860	99,4083	73,9003	76,3636	82,4877	86,7470	71,8973
15:00	104,3478	85,4237	96,9231	98,0545	88,1119	90,6475	104,1322	84,0000	89,2035	106,7797	72,0000	72,5180	70,0000	80,6400	84,2809	72,7273	89,8396	103,2787
16:00	81,4216	90,1610	91,1392	91,9708	73,3624	93,3333	93,8547	103,9175	82,8947	82,2186	108,6207	69,8061	72,9378	74,7774	70,5882	80,8989	73,2558	80,3828
17:00	82,8947	71,7949	71,5909	78,0186	76,5957	78,5047	108,1545	91,9708	94,5591	99,6047	85,1351	92,4771	82,4877	99,6047	77,8980	83,1683	102,4390	87,5000
18:00	70,3911	89,5204	91,8033	99,8020	92,8177	92,8177	105,2192	79,4953	77,0642	75,6757	73,6842	86,3014	86,7470	107,4627	70,3911	76,3636	92,9889	72,8324
19:00	79,3701	73,1495	85,8603	73,7921	71,1864	75,4491	108,1545	81,4216	70,1950	84,5638	76,2481	88,1119	69,6133	105,4393	107,9229	82,8947	87,3484	79,6209
20:00	91,9708	81,6856	72,2063	75,3363	72,5180	92,8177	74,3363	75,5622	85,7143	108,8553	88,4211	76,9466	99,8020	77,6579	90,4847	81,2903	69,7095	94,3820
21:00	82,0847	94,9153	106,7797	109,5652	83,5821	69,6133	91,9708	81,5534	97,1098	106,7797	72,4138	79,2453	100,5988	81,4216	73,2558	70,1950	101,0020	83,8602
22:00	108,3871	84,0000	92,9889	73,6842	83,3058	83,7209	85,8603	101,6129	108,1545	85,2792	97,1098	81,0289	77,5385	82,8947	81,8182	81,0289	73,0435	106,1053

16.3. ANEXO 3. Identificación de lugar para toma de datos.



Figura 27. Análisis de embalse de pasada



Figura 28. Toma de coordenadas con el GPS



Figura 29. Medición del caudal

16.4. ANEXO 4. Detalle de costos directos y costos indirectos para análisis económico.

Tabla 28. Costo de materiales para la obra civil

COSTOS DIRECTOS				
COSTO DE MATERIALES PARA OBRA CIVIL				
Materiales	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (USD)	Total (USD)
Cemento	qq	20	7,75	155,00
Varilla # 10	qq	4	49,5	198,00
Varilla # 8	qq	2	49,5	99,00
Clavos # 2	lbs	2	1,1	2,20
clavos #2 1/2	lbs	1	1,1	1,10
Tabla para encofrado 220	mm	20	2	40,00
Alambre Galvanizado	lbs	10	0,9	9,00
Total				504,30

Tabla 29. Costo de materiales para ensamblaje hidráulico

COSTOS DIRECTOS				
COSTO DE MATERIALES PARA ENSAMBLAJE HIDRÁULICO				
Materiales	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (USD)	Total (USD)
Malla metálica	m2	1	5	5,00
Tubo PVC de 3 pulgada	m	121	3	363,00
Codo PVC de 3 pulgada	pul	2	5,2	10,40
Pega tubo	L	1	5	5,00
Tubo de alta presión cedula 40 acero ASTM GRB (3in)	m	1	150	150
Válvula de paso de agua	Psi	1	37	37
Total				570,40

Tabla 30. Costo de materiales para instalación eléctrica

COSTOS DIRECTOS				
COSTO DE MATERIALES PARA INSTALACIÓN ELÉCTRICA				
Materiales	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (USD)	Total (USD)
Generador de 1,5	kW	1	600	600,00
Interruptor termo magnético 15A	μ	1	5,61	5,61
Interruptor termo magnético 5A	μ	1	5,35	5,35
Cable concéntrico 3x8 Cu AWG	M	73	4,35	317,55
Cable Cu AWG 12	M	100	0,35	35,00
Tubería de 3/4	M	100	0,4	40
Accesorios	u			50
Total				1053,51

Tabla 31. Costo por mano de obra

COSTOS DIRECTOS				
COSTO POR MANO DE OBRA				
Actividad	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total (USD)
Derrocamiento, excavación y nivelación del sistema de conducción	m	121	0,5	60,50
Desbanque y nivelación del área a construir la casa de maquina	m3	2	10	20,00
Construcción de casa de máquina	Día hombre	2	50	100,00
Acoplamiento y ensamblaje del sistema de conducción	Día hombre	1	35	35,00
Instalación de turbina-generador	Día hombre	1	150	150,00
Total				365,50

Tabla 32. Costo de transporte de materiales

COSTOS INDIRECTOS				
COSTO DE TRANSPORTE DE MATERIALES				
Actividad	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total (USD)
Cemento	qq	20	2,50	50,00
Tubería de conducción	m	121	0,30	36,30
Válvulas	u	1	20,00	20,00
Turbina, generador y accesorios eléctricos	u	1	20,00	20,00
Tablas para encofrado	u	20	1,00	20,00
Varilla	qq	6	5	30,00
Total				176,30

16.5. ANEXO 5. Flora y fauna del páramo Jaramillo



Figura 30. Oso de anteojos



Figura 31. Venados

16.6. ANEXO 6. Pliego tarifario para costo de energía.


Agencia de Regulación y Control de Electricidad

PERIODO: *ENERO - DICIEMBRE **

EMPRESAS ELÉCTRICAS: *AMBATO-AZOGUES-CNEL BOLÍVAR-CENTROSUR-COTOPAXI-NORTE-RIOBAMBA-SUR*

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS
ENERO - DICIEMBRE **

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
CATEGORÍA	RESIDENCIAL		
NIVEL TENSIÓN	BAJA Y MEDIA TENSIÓN		
1-50		0,091	1,414
51-100		0,093	
101-150		0,095	
151-200		0,097	
201-250		0,099	
251-300		0,101	
301-350		0,103	
351-500		0,105	
501-700		0,1285	
701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812	

Figura 32. Pliego Tarifario Enero – diciembre 2018