



**Consideraciones técnicoambientales para la implementación de una microturbina hidroeléctrica como fuente energética para la población del casco urbano de la Inspección municipal de San Joaquín ubicada en el municipio de La Mesa, Cundinamarca.**

Carlos Santiago Rocha Granados

Universidad El Bosque  
Facultad de Ingeniería  
Programa Ingeniería Ambiental  
Bogotá, fecha de terminación del trabajo



**Consideraciones técnico ambientales para la implementación de una microturbina hidroeléctrica como fuente energética para la población del casco urbano de la Inspección municipal de San Joaquín ubicada en el municipio de La Mesa, Cundinamarca.**

**Carlos Santiago Rocha Granados**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Director (a):

**Alfonso Avellaneda Cusarúa**

Línea de Investigación:

Energía – Energías Alternativas

Universidad El Bosque  
Facultad de Ingeniería  
Programa Ingeniería Ambiental  
Bogotá, Colombia

2019

Acta de sustentación

## **Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional**

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

## ***Dedicatoria***

*“Al sentimiento tan grande que al darme al nacer me transmitió mi madre, a la voluntad tan constante que fue la enseñanza que me dio mi padre, a la alegría y humildad que me proporciona mi hermana y a el cariño que me da la mujer de mi vida”*

## **Agradecimientos**

En cada proceso de nuestras vidas siempre se involucran diferentes actores que pueden contribuir o dificultar las actividades para llegar a la meta propuesta de dicho proceso. Sin embargo, muchas de las dificultades que se puedan presentar son necesarias para entender nuevas formas de lograr objetivos y para corregir aspectos en futuras situaciones. Hoy quiero agradecer a todos esos actores que por medio de su contribución o su obstaculización me han permitido encontrar la manera de desarrollar el presente estudio.

En principio quiero agradecer a Dios pues estoy seguro que ha sido parte fundamental en todos los proyectos que he emprendido.

Por otra parte, quiero agradecer a mis padres y a mi hermana quienes han contribuido de diversas maneras para que logre tener la sabiduría, la calma y la persistencia necesaria para llegar a este punto de mi vida.

A mi abuelo Antonio Granados por colaborarme continuamente en las visitas de campo de la zona de estudio.

A mi compañero y amigo de carrera, el ingeniero Daniel Romero con quien formule el proyecto y fue el encargado de realizar la primera parte del mismo.

Al docente Alfonso Avellaneda por estar su supervisión durante las dos partes del estudio aportando conocimiento sin el cual no habría podido llevar a cabo el estudio.

A la alcaldía del municipio de la Mesa, por su colaboración con información necesaria para llevar a cabo el estudio.

A los habitantes de la inspección municipal de San Joaquín por su colaboración en el levantamiento de la información del estudio.

A Lorena Rodríguez por colaborar continuamente en la redacción correcta del documento.

Y finalmente a la universidad El Bosque por proporcionarme las herramientas necesarias para realizar todo el estudio.

**Atte. Carlos Santiago Rocha Granados**

# Tabla de Contenido

Resumen: .....	13
Abstract: .....	14
Epitome del estudio: .....	15
Introducción.....	22
Pregunta de investigación.....	24
<b>Justificación</b> .....	24
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	26
<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	26
<b>Marco Conceptual:</b> .....	27
<b>Marco biogeográfico Referencial:</b> .....	30
<b>Climatología:</b> .....	33
<b>Amenaza sísmica:</b> .....	34
<b>Demografía:</b> .....	34
<b>Situación de la oferta energética en San Joaquín y la propuesta de aprovechamiento del recurso hídrico como fuente energética:</b> .....	35
<b>Marco Normativo:</b> .....	37
Antecedentes:.....	39
<b>Turbulent:</b> .....	41
<b>Marco Institucional:</b> .....	45
<b>Metodología:</b> .....	48
<b>Enfoque de la investigación:</b> .....	49
<b>Alcance de la investigación:</b> .....	51
<b>Desarrollo metodológico por objetivos:</b> .....	52
Es importante volver a mencionar el lugar planteado para llevar a cabo la construcción de la microturbina, dicha ubicación de coordenadas (4°38'27.3"N 74°31'06.7"W) fue propuesta desde la parte I del presente estudio, en el que se especifica la metodología y el estudio técnico que permite plantear dicho sitio como punto viable para llevar a cabo el proyecto como se muestra a continuación:.....	52
<b>Variables Metodológicas:</b> .....	55
<b>Plan de trabajo:</b> .....	56
<b>Aspectos éticos:</b> .....	57
<b>Resultados:</b> .....	58
<b>Objetivo 1: Encuesta a los habitantes de San Joaquín</b> .....	58
Objetivo 2: Plan de contingencia.....	63

<b>1) Evaluación de amenazas:</b> .....	64
<b>2) Diagnóstico de riesgos:</b> Para llevar a cabo el diagnóstico del riesgo se planteó una matriz que relaciona las amenazas descritas anteriormente con los eventos específicos que se pueden dar en la zona, dichos eventos surgen a partir de la idea de que ningún proyecto que se relacione con la generación eléctrica a partir del recurso hídrico, está libre de los riesgos presentados a continuación, además de acuerdo a la información recolectada por medio de la investigación teórica y la investigación practica (partes I y II) .El análisis de riesgos para el sistema de microturbina propuesto fue: .....	64
<b>3) Estimación de la probabilidad de ocurrencia:</b> .....	66
<b>4) Análisis de vulnerabilidad:</b> .....	71
<b>5) Estimación del nivel de amenaza:</b> .....	73
<b>Plan de contingencia:</b> .....	75
Objetivo 3: Formato de presentación para proyectos a Municipios. ....	80
<b>Discusión de resultados:</b> .....	88
<p>En el desarrollo de la parte I del estudio, se concluye por medio de un estudio técnico, que el Río Apulo cuenta con las características necesarias para satisfacer las condiciones que exige el modelo de microturbina propuesta por Turbulent, además que la producción energética que se generaría, supliría la demanda energética de CASCO URBANO de San Joaquín. En la presente parte, se logra determinar la viabilidad de la construcción de la microturbina en la zona suburbana por medio de la aprobación de parte de la población que se vería más expuesta a la construcción del proyecto de microturbina (Las personas que habitan en las laderas del punto escogido como posible ubicación). Las encuestas semiestructuradas permitieron tener claridad sobre el conocimiento y la actitud de las comunidades en relación con el proyecto y a pesar que se evidencio desconocimiento de la tecnología por parte de la comunidad, se resalta una actitud positiva hacia la implementación del mismo donde mediaron también opiniones de prevención en relación con posible corrupción que pueda desarrollarse en las instituciones públicas durante la construcción. La población encuestada de caracterizo por estar en la zona que se encuentra aledaña en el rio, donde los hogares poseen bajos recursos y las construcciones carecen de una buena infraestructura, sin embargo, todas estas construcciones tienen conexión eléctrica aspecto que no se esperaba por la ubicación de las mismas. En ese orden de ideas el proyecto aumenta su nivel de beneficio en San Joaquín y su población.....</p>	
<b>Conclusiones y recomendaciones:</b> .....	89
Referencias .....	90
Bibliografía.....	91

### Listado de tablas

Tabla 1 Valores medios mensuales de caudales Río Apulo (m <sup>3</sup> /s). ....	16
Tabla 2 Oferta hídrica Río Apulo. ....	17
Tabla 3 Tarifas de energía eléctrica Sector residencial. ....	18
Tabla 4 Tarifas de energía eléctrica Sector no residencial. ....	19

Tabla 5 Tiempo de recuperación del costo de inversión. ....	20
Tabla 6 Datos estación limnimétrica San Joaquín. ....	36
Tabla 7 Normativa aplicable al estudio ....	39
Tabla 8 Resumen de técnicas e instrumentos de recolección y Análisis de información por objetivo. ....	54
Tabla 9 Variables metodológicas del estudio ....	55
Tabla 10 Plan de trabajo por objetivo. ....	56
Tabla 11 Tipos de amenazas con respecto a su origen.....	64
Tabla 12 Diagnostico de riesgos y consecuencias por tipo de amenaza. ....	65
Tabla 13 Rangos de probabilidad de ocurrencia ....	66
Tabla 14 Distribución territorial de los diferentes rangos de pendiente para la subcuenca Río Apulo . ....	67
Tabla 15 Probabilidad de ocurrencia por riesgo específico.....	70
Tabla 16 Descripción de rangos de vulnerabilidad ....	71
Tabla 17 Vulnerabilidad de la microturbina por riesgo.....	72
Tabla 18 Calculo de amenaza por riesgo.....	73
Tabla 19 Descripción de niveles de amenaza.....	74
Tabla 20 Nivel de amenaza por riesgo. ....	74
Tabla 21 Interpretación nivel medio bajo y muy bajo de amenaza.....	75
Tabla 22 Plan de contingencia.....	79

**Listado de figuras:**

Figura 1 Convertidor Turbulent. ....	17
Figura 2 Capacidad kWh de la turbina planteada en la parte I ....	17
Figura 3 porcentaje de eficiencia turbina planteada en la parte I ....	18
Figura 4 Planteamiento Del Problema ....	23
Figura 5 Precipitaciones, mm por año, 2014 ....	25
Figura 6 Proceso Energía Hidroeléctrica ....	28
Figura 7 Marco Teórico fuente: Autor ....	28
Figura 8 Ubicación geográfica Colombia-Cundinamarca ....	30
Figura 9 Ubicación geográfica Cundinamarca-Municipio de La Mesa ....	30
Figura 10 Ubicación geográfica Municipio de La Mesa- Inspección municipal San Joaquín .....	31
Figura 11 Delimitación casco urbano - Inspección municipal San Joaquín. ....	31
Figura 12 Plaza de mercado San Joaquín ....	32
Figura 13 Calle principal San Joaquín ....	32

Figura 14 Rio Apulo - San Joaquín .....	33
Figura 15 Climatología Municipio de La Mesa .....	33
Figura 16 Temperaturas registradas en el mes de julio del 2019- San Joaquín.....	33
Figura 17 Sismicidad del municipio de la Mesa .....	34
Figura 18 Precipitaciones anuales, Municipio De La Mesa 2018 .....	36
Figura 19 Precipitación en la Inspección municipal San Joaquín 2018-2019. ....	37
Figura 20 Tipos de ruedas hidráulicas.....	40
Figura 21 Fundadores Turbulent .....	41
Figura 22 Diseño básico de la microturbina turbulent .....	41
Figura 23 Misión y visión Turbulent .....	41
Figura 24 Características microturbinas .....	42
Figura 25 Especificaciones microturbina Turbulent .....	43
Figura 26 Línea del tiempo Turbulent .....	44
Figura 27 Principales Instituciones relacionadas con el proyecto.....	45
Figura 28 Logotipo Alcaldía De La Mesa.....	45
Figura 29 Logotipo Corporación Autónoma Regiona.....	46
Figura 30 Logotipo IDEAM.....	46
Figura 31 Logotipo Minminas.....	47
Figura 32 Logotipo Turbulent Hydro .....	47
Figura 33 Partes del proyecto de investigación .....	48
Figura 34 Enfoque del estudio.....	49
Figura 35 Enfoque del estudio.....	50
Figura 36 Alcance del estudio .....	51
Figura 37 Delimitación del estudio .....	51
Figura 38 Ubicación planteada para la construcción de la mico microturbina en San Joaquín. ....	52
Figura 39 Estructura de encuesta realizada a los habitantes de San Joaquín .....	53
Figura 40 Zona sub urbana aledaña al rio Apulo San Joaquín .....	58
Figura 41 Entrevista a habitantes zona suburbana de San Joaquín .....	59
Figura 42 Aprobación del proyecto .....	59
Figura 43 Opinión de viabilidad.....	60
Figura 44 Sequia en el rio .....	60
Figura 45 Conocimiento energías alternativas .....	61
Figura 46 Recreación en el rio.....	61
Figura 47 Cobertura servicio energético .....	62
Figura 48 Aprobación del servicio energético actual .....	62
Figura 49 Minería en el rio.....	63
Figura 50 Ecuación estimación del nivel de amenaza.....	73
Figura 51 Formato diligenciado para presentar a Alcaldía de la Mesa .....	87
Figura 52 Entrevista a habitante de San Joaquín.....	94
Figura 53 Entrevista a habitante de San Joaquín.....	95
Figura 54 San Joaquín sin servicio energético. ....	97
Figura 55 Fotografía de tienda sin servicio energético en San Joaquín .....	98
Figura 56 Fotografía de tienda sin servicio energético en San Joaquín .....	99
Figura 57 San Joaquín sin servicio energético .....	100
Figura 58 Rio Apulo y casas San Joaquín.....	100
Figura 59 Casas aledañas al rio Apulo .....	101

Figura 60 Sendero al rio Apulo .....	101
Figura 61 Carrilera antigua aledaña al Rio Apulo .....	102
Figura 62 Visita rio Apulo.....	102

## **Resumen:**

El presente documento constituye la continuidad del estudio técnico para la implementación una microturbina hidroeléctrica en el río Apulo en la Inspección municipal de San Joaquín, La Mesa, departamento de Cundinamarca.

En el documento que hace referencia a la primera parte del estudio se desarrollaron los aspectos técnicos relacionados con la situación y la demanda energética de la población de San Joaquín junto con los aspectos hidrológicos y de oferta hídrica de las corrientes de la localidad, concluyendo que el río Apulo a la altura de su paso por la inspección municipal de San Joaquín ofrece las condiciones adecuadas para la instalación y operación de la micro turbina.

A partir de la viabilidad técnica determinada en la primer parte del estudio, se determina que es necesario llevar a cabo una investigación (parte II) mucho más profunda del aspecto social, haciéndose referencia a la población que podría tener afectaciones con la construcción del proyecto y su opinión hacia el mismo. También se expresa la necesidad de determinar los riesgos a los que se expone la microturbina en las partes de construcción y operación de esta, con el objetivo de generar un plan de contingencias ante sucesos inesperados o accidentes que se puedan generar. Por último, se plantea diligenciar formatos establecidos por la alcaldía de la Mesa para formular el proyecto con la información resultante de las dos partes del estudio, en busca de financiación del estudio de factibilidad ante el gobierno nacional.

*Palabras clave: Energía Alternativa, Déficit, Medio Ambiente, Hidroeléctrica, Microturbina*

**Abstract:**

The present document constitutes the continuity of the technical study for the implementation of a hydroelectric micro-turbine on the Apulo River at the San Joaquin Municipal Inspection, La Mesa, Cundinamarca department.

In the document that refers to the first part of the study, the technical aspects related to the energy situation and demand of the population of San Joaquín were developed, together with the hydrological and water supply aspects of the town's currents, concluding that the Apulo River at the height of its passage through the municipal inspection of San Joaquín offers adequate conditions for the installation and operation of the micro-turbine.

Based on the technical feasibility determined in the first part of the study, it was determined that it was necessary to carry out a much more in-depth investigation (part II) of the social aspect, referring to the population that could be affected by the construction of the project and their opinion of it. It also expresses the need to determine the risks to which the microturbine is exposed in the construction and operation parts of the project, with the objective of generating a contingency plan for unexpected events or accidents that may occur. Finally, it is proposed to fill out formats established by the Mayor's Office to formulate the project with the information resulting from the two parts of the study, in order to seek funding for the feasibility study from the national government.

Keywords: Alternative Energy, Deficit, Environment, Hydroelectric, Microturbine

## **Epitome del estudio:**

En el estudio previo para la implementación de una turbina hidroeléctrica como fuente energética para la población del casco urbano de la Inspección municipal de San Joaquín ubicada en el municipio de La Mesa, Cundinamarca se planteó la posibilidad de implementar un sistema generador de energía a partir de una turbina hidroeléctrica en el Río Apulo a su paso por la Inspección municipal de San Joaquín ubicada en el municipio de la Mesa, Cundinamarca. Dicho planteamiento formula como objetivo principal, realizar un estudio técnico para la implementación de una turbina hidroeléctrica como fuente energética económica y ambientalmente sustentable para la población del casco urbano de la Inspección municipal de San Joaquín. Para llevar a cabo dicho objetivo se realizaron 3 propósitos específicos: inicialmente realizar un estudio de la hidrografía aledaña a la Inspección municipal de San Joaquín y sus potencialidades energéticas, luego se identificó la cantidad de energía que potencialmente puede proporcionar una turbina hidroeléctrica, en relación a la satisfacción de las necesidades de la Inspección municipal de San Joaquín y por último evaluar la viabilidad económica, social (casco urbano) y ecológica para la implementación de un modelo de turbina hidroeléctrica como generador energético.

Los resultados obtenidos en el estudio mencionado, en el presente trabajo se complementa en dos de los aspectos básicos del proyecto de micro turbina hidroeléctrica en el río Apulo a su paso por la inspección municipal de San Joaquín: La investigación sobre la percepción de la comunidad vecina al sitio proyectado para la implementación del proyecto y el panorama de riesgos y Plan de Contingencia respectivo para las operaciones del proyecto.

## **Resultados**

### **1. Situación de la demanda energética en San Joaquín**

Se evidenció que la Inspección municipal (San Joaquín) tiene una necesidad expresada por la misma Alcaldía de la Mesa acerca de falencias energéticas. El POT del municipio identifica la siguiente problemática relacionada con el suministro oportuno y suficiente de energía por parte de la Empresa de energía de Cundinamarca y Condensa E.S.P.

*“Debido al escaso mantenimiento de postes, redes, transformadores y líneas de conducción, se originan continuos apagones que perjudican principalmente a la comunidad y al sector comercial, ocasionando pérdidas económicas, luego entonces es necesario optimizar las redes eléctricas urbanas con un programa a corto plazo de remodelación de las redes de media tensión (29 Km) y baja tensión (55 Km).*

*Se hace necesario buscar una alternativa en la prestación de este servicio, por otras entidades prestadoras como ISA, CODENSA S.A. u otras entidades. En cuanto al alumbrado público se plantea la prestación de este servicio por una empresa privada, con la figura de concesión.*

*En la parte rural, siendo su cobertura de un 85%, se debe implementar un programa de la ampliación de las redes, para obtener una mayor cobertura.” (Alcaldía municipal de La Mesa, Cundinamarca, 2000)*

## 2) Estudio Hidrológico:

En el documento se genera la información de la distribución temporal de los caudales la cual es igual que la de la precipitación es decir de tipo bimodal, presentando los valores máximos en el mes de abril, con un valor de 1.05 m<sup>3</sup>/s y octubre, noviembre y diciembre, con un registro máximo de 1.35 m<sup>3</sup>/s en el mes de noviembre. El periodo de estiaje se observa solo a mediados del año y espacialmente en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, con un menor valor en el mes de agosto de 0.4 m<sup>3</sup>/s. En general, el segundo semestre del año presenta valores sensiblemente más altos que el primero. El valor promedio anual es de 0.8 m<sup>3</sup>/s. (Ecoforest & ecológica, 2003)

Los estudios de Ecoforest mencionados poseen datos hasta el año 2003, es decir no se encuentran estudios recientes que permitan hacer uso de nueva información en la zona, por lo cual para avanzar en el diseño final del proyecto se deben realizar estudios ambientales que den lugar se al levantamiento de información más reciente sobre los comportamientos hidrológicos del río Apulo en la zona de estudio con más precisión de los caudales históricos.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MA Y	JUN	JUL	AG O	SEP	OCT	NOV	DIC	Valo r anua l
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1999	0,7	1,2	1,2	1,3	0,9	0,8	0,2	0,2	0,5	3,1	7,3	4,3	1,8
2000	3,0	1,8	1,1	1,2	1,3	1,0	0,7	0,5	0,8	1,2	2,1	1,0	1,3
2001	0,5	0,4	1,4	0,7	0,6	0,4	0,2	0,2	0,3	1,0	0,9	1,5	0,7
2002	0,6	0,3	1,0	7,2	5,1	1,0	0,2	0,1	0,7	1,0	1,2	0,8	1,6
2003	0,3	0,8	3,1	5,7	1,98	0,8	0,3	0,2	0,58	1,58	2,88	1,90	1,35
Medios	1,0	0,9	1,6	3,2	2,0	0,8	0,3	0,2	0,6	1,6	2,9	1,9	1,3
Máxim os	3,0	1,8	3,1	7,2	5,1	1,0	0,7	0,5	0,8	3,1	7,3	4,3	1,8
Mínimo s	0,3	0,3	1,0	0,7	0,6	0,4	0,2	0,1	0,3	1,0	0,9	0,8	0,7

*Tabla 1 Valores medios mensuales de caudales Río Apulo (m<sup>3</sup>/s). Fuente: (Romero Ronderos, 2019)*

### **Oferta hídrica de la subcuenca Río Apulo (m<sup>3</sup>/s)**

A partir del estudio de la parte I se obtuvieron los caudales medios mensuales aportados por la subcuenca, además se definió la oferta hídrica, para dos escenarios del ciclo hidrológico los cuales son los meses secos y meses húmedos.

Código	Cuenca	Oferta (m <sup>3</sup> /s)	
		Periodo seco	Periodo húmedo
2120-02	Río Apulo	6,17	7,92

Tabla 2 Oferta hídrica Río Apulo. Fuente: (Romero Ronderos, 2019)

“El primero de los escenarios contemplado, y que se considera el crítico, es el periodo seco, definido como el promedio de los caudales de los meses que se encuentran por debajo del valor medio anual multianual y el segundo es el periodo húmedo, que incluye el promedio de los valores de los meses que están por encima de la media anual.” (Romero Ronderos, 2019)

### 3) Potencialidad de generación hidroeléctrica en el río Apulo con la micro turbina

La investigación teórica y práctica permite observar que partiendo del caudal y de la altura de caída del agua en el sitio donde se planteó la construcción de la turbina, en coordenadas específicas (4°38'27.3"N 74°31'06.7"W), el caudal ecológico fue de 2,97 m<sup>3</sup>/s y la pendiente de 2,95%, dichos resultados se evaluaron por medio de la página oficial de Turbulent para estimar el potencial energético que puede proporcionar el Río Apulo en sus modelos de turbinas como se evidencia en la Figura.

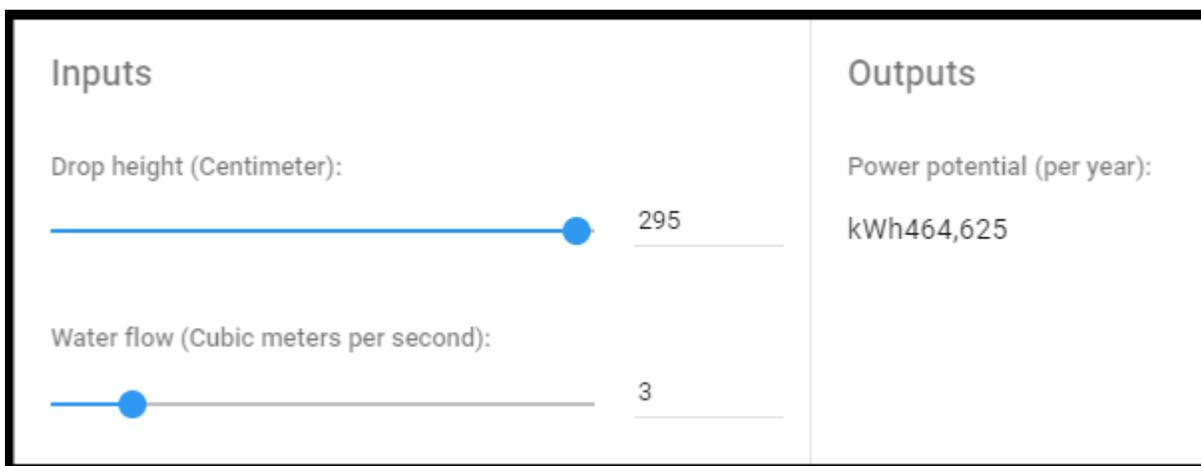


Figura 1 Convertidor Turbulent. Fuente: (TURBULENT, 2018)

Así la capacidad de generación de la turbina es de 464,625 kWh/año, lo que en kWh sería:

$$464,625 \frac{KWH}{año} \left( \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} \right) = \left( \frac{1,272.945 \text{ días}}{24 \text{ horas}} \right) = 53,04 \text{ kWh}$$

Figura 2 Capacidad kWh de la turbina planteada en la parte I Fuente: (Romero Ronderos, 2019)

Además, se observa que el 100% de consumo energético del casco urbano de la Inspección municipal de San Joaquín es de 667.946 kWh/año, y que en ese orden de ideas la turbina satisface aproximadamente el 70% del servicio eléctrico de dicha la población, lo cual afirma la eficiencia del sistema hidroeléctrico propuesto.

$$464,625 \frac{kWh}{año} \left( \frac{100\%}{667,946 \frac{kWh}{año}} \right) = 69,56\% \approx 70\%$$

Figura 3 porcentaje de eficiencia turbina planteada en la parte I Fuente: (Romero Ronderos, 2019)

Así se concluye que 360 viviendas las cuales se encuentran en el casco urbano de la Inspección municipal, aproximadamente 252 se verían beneficiadas con la generación y distribución de energía hidroeléctrica proveniente del Río Apulo mediante la turbina Vortex

#### 4) Costos de inversión y retorno de inversión

En el análisis de costos de inversión con los datos relacionados, inicialmente se especifican las tarifas de energía eléctrica para el sector residencial y no residencial según la empresa Enel-Codensa, siendo CS el Consumo de subsistencia.

Sector residencial nivel de tensión 1				
Estrato	Rango de consumo (KWh-mes)	Propiedad de Codensa (\$/kWh)	Propiedad del cliente (\$/kWh)	Propiedad compartida (\$/kWh)
1	0-CS (+) Mas de CS	204,3363	189,1798	196,7581
		479,3389	443,5480	461,4435
2	0-CS (+) Mas de CS	255,4206	236,4749	245,9475
		479,3389	443,5480	461,4435
3	0-CS (+) Mas de CS	407,4381	377,0158	392,2270
		479,3389	443,5480	461,4435
4	Todo consumo	479,3389	443,5480	461,4435
5	Todo consumo	575,2067	532,2576	553,7322
6	Todo consumo	575,2067	532,2576	553,7322
<b>Promedio</b>		437.2182	404.5975	420.9079
<b>Total, promedio</b>				<b>420,9079</b>

Tabla 3 Tarifas de energía eléctrica Sector residencial. Fuente: (Romero Ronderos, 2019)

<b>Sector no residencial</b>			
	<b>Nivel 1 Propiedad de Codensa (\$/kWh)</b>	<b>Nivel 1 Propiedad del cliente (\$/kWh)</b>	<b>Nivel 1 Propiedad compartida (\$/kWh)</b>
<b>Oficial e industrial sin contribución</b>	479,3389	443,5480	461,4465
	483,3909	447,6000	465,4435
	478,3370	442,5461	460,4416
<b>Industrial y comercial con contribución</b>	575,2067	532,2576	553,7322
	580,0691	537,1200	558,5946
	574,0044	531,0553	552,5299
<b>Industrial sin contribución</b>	483,8402	448,0493	465,9448
	478,1557	442,3648	460,2603
<b>Industrial con contribución</b>	580,6082	537,6592	559,1338
	573,7868	530,8378	552,3124
<b>Promedio</b>	528,674	489,3038	508,9840
<b>Total, promedio</b>			<b>508,9872</b>

Tabla 4 Tarifas de energía eléctrica Sector no residencial. Fuente: (Romero Ronderos, 2019)

El resultado expresa que el promedio entre las tarifas de energía eléctrica del sector residencial y no residencial para el año 2018 fue de **\$464.9476 kWh**, teniendo en cuenta el potencial energético del río el cual fue de 464,625 kWh/año, de esta manera se procedió a calcular el precio del kWh al consumidor el cual sería de:

$$\$464,9476 \text{ kWh} \times 464,625 \text{ kWh} = \mathbf{\$216'026.279 \text{ kWh/año}}$$

Turbulent maneja un precio de generación eléctrica de €2.500 por KW, lo cual en pesos colombianos equivale a \$8'775.356. En este caso la turbina tiene una capacidad de generar 53,04 kWh lo que quiere decir que:

$$53,04 \text{ kWh} \times \$8.852.401 = \mathbf{\$469'531.349 \text{ kWh}}$$

Las turbinas de Turbulent son la opción más rentable disponible para producir energía hidroeléctrica. Los costos generales de instalación para un sistema completo, incluidas las obras civiles, se estiman entre 2500-4000 euros/ kW, lo que en pesos colombianos sería entre \$8'852.401 - \$14'163.842. Su calidad, sus materiales resistentes y su diseño innovador lo convierten en una fuente duradera de energía, ecológica y respetuosa con los peces, con un mantenimiento muy bajo. (TURBULENT, 2018)

El costo de inversión, teniendo en cuenta un promedio de los costos de instalación del sistema, incluidas las obras civiles con un valor de \$11'508.121 y el costo de generación de

energía eléctrica de \$469'531.349 kWh para producir 464,625 kWh al año, es de \$481'039.470, el cual, teniendo en cuenta el precio al consumidor anual, siendo este mensualmente de \$12'002.189 se recuperaría aproximadamente en 2 años y 3 meses, lo que hace realmente rentable este sistema de generación eléctrica a largo plazo. Se puede observar que para el segundo año se tendría una recuperación de \$432'052.558, y para el tercer año se necesitaría tan solo de casi un trimestre para empezar a obtener las ganancias de la MCH implementada.

Año	Costo de inversión	Retorno de inversión: Precio al consumidor/año	
1	\$481'039.470	\$216'026.279	\$216'026.279
2		\$216'026.279	\$432'052.558
3		\$48'986.912	<b>\$481'039.470</b>
4	Ganancias	\$167'039.367	\$648'078.837
		\$216'026.279	\$864'105.116

Tabla 5 Tiempo de recuperación del costo de inversión. Fuente: (Romero Ronderos, 2019)

## 5) Conclusiones

Por medio de la investigación realizada en el estudio de (Romero Ronderos, 2019) se logra plantear un lugar con condiciones posibles para llevar a cabo el estudio la construcción de la micro turbina Turbulent. Por otro lado, se determinó el Río Apulo como el cuerpo de agua que puede proporcionar condiciones adecuadas para el desarrollo de este tipo de proyectos debido al caudal que posee, mientras que las quebradas que se encuentran en la zona objeto de estudio son intermitentes dependiendo la época de lluvia, además de la topografía del terreno de la cuenca, la cual hace que el agua presente una mayor velocidad de flujo, caudal y por ende sea capaz de generar mayor energía eléctrica. Es importante resaltar nuevamente que es necesario realizar unos estudios de mayor precisión con respecto a las características hidrológicas del río Apulo.

También se demuestra que el proyecto resulta viable en el aspecto económico, debido a que el tiempo de retorno de inversión está estimado a un tiempo corto, siendo un poco más de dos años para comenzar a generar ingresos, sin embargo, la estimación carece de información de otros factores sociales e imprevistos que pueden generar variaciones en el costo real del proyecto que hace parte de la d II del proyecto.

En cuanto a la viabilidad ecológica del proyecto, resulta óptima debido a que contribuye a la disminución de gases efecto invernadero y por ende a la disminución del cambio climático. Por otra parte, no altera el curso natural del Río Apulo debido a que el modelo de Turbulent, retorna el agua utilizada para la generación de energía eléctrica a través de la turbina al cauce natural del río, sin generar ningún tipo de desvío que genere el flujo no habitual del cuerpo de agua, además de esto, el tipo de turbina y de sistema hidroeléctrico es amigable con los peces ya que la energía se produce mediante un vórtice el cual es un flujo turbulento en rotación espiral con trayectorias de corriente cerradas, lo que permite que los peces naden libremente.

Por último, resulta ser viable en el ámbito social, debido a que, con la generación de energía eléctrica, suple el déficit existente en un 69,56%, permitiendo mejorar la calidad de vida de los habitantes de la Inspección municipal de San Joaquín, sin embargo, también es importante mencionar que la construcción de la turbina podría afectar a algunas zonas aledañas al río que se caracterizan por sus bajos recursos y constante uso del río para actividades diarias por la población del entorno suburbano del río Apulo, posible beneficiaria del proyecto, e ese orden de ideas, se expresa la necesidad de continuar con la investigación del modelo en el estudio técnico, siendo ésta su parte II a mayor profundidad, con el fin de generar un concepto social más completo e incrementar las variables del proyecto para obtener resultados con mayor cobertura. También se plantea hacer un análisis de los riesgos a los cuales puede estar sometida la micro turbina, de tal manera que se genere un plan de contingencia y con él un estimado de los gastos totales de todo el proyecto. Por último, se recomienda recopilar la información de las dos partes del estudio para presentar la propuesta a la alcaldía de la Mesa con el objetivo de que se pueda llevar a cabo el proyecto en un futuro.

## Introducción

El presente proyecto PARTE II del estudio técnico de la microturbina hidroeléctrica en el río Apulo, tiene como objetivo continuar con la investigación realizada en el trabajo denominado “Estudio de prefactibilidad para la implementación de una microturbina hidroeléctrica como fuente energética para la población del casco urbano de la inspección municipal de San Joaquín ubicada en el municipio de La Mesa, Cundinamarca. parte I” en el que se concluye que, si hay viabilidad para la implementación de una microturbina hidroeléctrica diseñada por la compañía Turbulent Hydro, con respecto al caudal del río Apulo, la cantidad de energía que puede generarse y la necesidad del casco urbano en términos energéticos.

El estudio en sus dos documentos busca proveer una solución de energía alternativa para la comunidad que habita en el casco urbano de la inspección municipal de San Joaquín. Dicha inspección padece de un problema energético evidenciado en los resultados de (Romero Ronderos, 2019), aspecto que afecta negativamente la calidad de vida de la población que allí habita. El proyecto plantea inicialmente una micro turbina hidro eléctrica, basándose en los recursos hídricos de la zona, para realizar la implementación de energía alternativa como solución al déficit energético mencionado, los resultados de las mediciones técnicas del Río Apulo, (Cuerpo hídrico aledaño a San Joaquín) concluyen que la micro turbina prediseñada por la compañía Turbulent tiene la capacidad de producir energía para el casco urbano de San Joaquín y que incluso dicha producción sobrepasaría su necesidad energética. En el presente estudio se plantea aprovechar ese sobrante energético para ayudar también a la población suburbana (Aproximadamente 40 casas) que se encuentran fuera del casco urbano de San Joaquín, para esto es necesario determinar si dicha población también carece de déficit energético y si dicha población está de acuerdo con que el proyecto se lleve a cabo.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que en el desarrollo de estudios técnico de proyectos energéticos es indispensable realizar una evaluación de riesgos y amenazas con el objetivo de desarrollar un plan de contingencia ante cualquier evento que pueda generar peligro en la implementación y desarrollo del proyecto. Dicho aspecto se ignoró en el estudio de (Romero Ronderos, 2019) y se consolida en el presente estudio.

Finalmente, el estudio busca plantear el proyecto de microturbina a la alcaldía de la Mesa en formatos establecidos por dicha entidad, para su evaluación y posible desarrollo. Cabe resaltar que los documentos del estudio hacen referencia a un estudio técnico, es decir en el momento en que se apruebe la idea planteada, se debe realizar un estudio profesional mucho más riguroso que haga referencia a la factibilidad de proyecto.

## Planteamiento del problema

Partiendo de los resultados del proyecto (Romero Ronderos, 2019), trabajada entre los periodos 2018-2 y 2019-1 donde se caracteriza la zona de estudio, y se determina la viabilidad por medio de un estudio técnico con respecto a las características del río Apulo, se propone llevar a cabo la implementación de una microturbina hidroeléctrica para la comunidad del casco urbano de la inspección municipal de San Joaquín ubicada en el municipio de La Mesa, dicho proyecto tendría un gran beneficio para el recurso energético, la economía y la conservación de los recursos naturales del área de investigación. En la presente parte del estudio surge la necesidad de realizar una investigación de aspectos muchos más específicos y que son necesarios para poder formular un proyecto de generación energética, entre ellos el planteamiento de un plan de contingencia, un estudio de la opinión pública acerca de la construcción de la microturbina y su posible afectación a las actividades que se realizan en la zona con respecto al recurso hídrico y finalmente un planteamiento del proyecto a la alcaldía encargada (Alcaldía de La Mesa) para que dicha institución haga un estudio de viabilidad económica del proyecto.

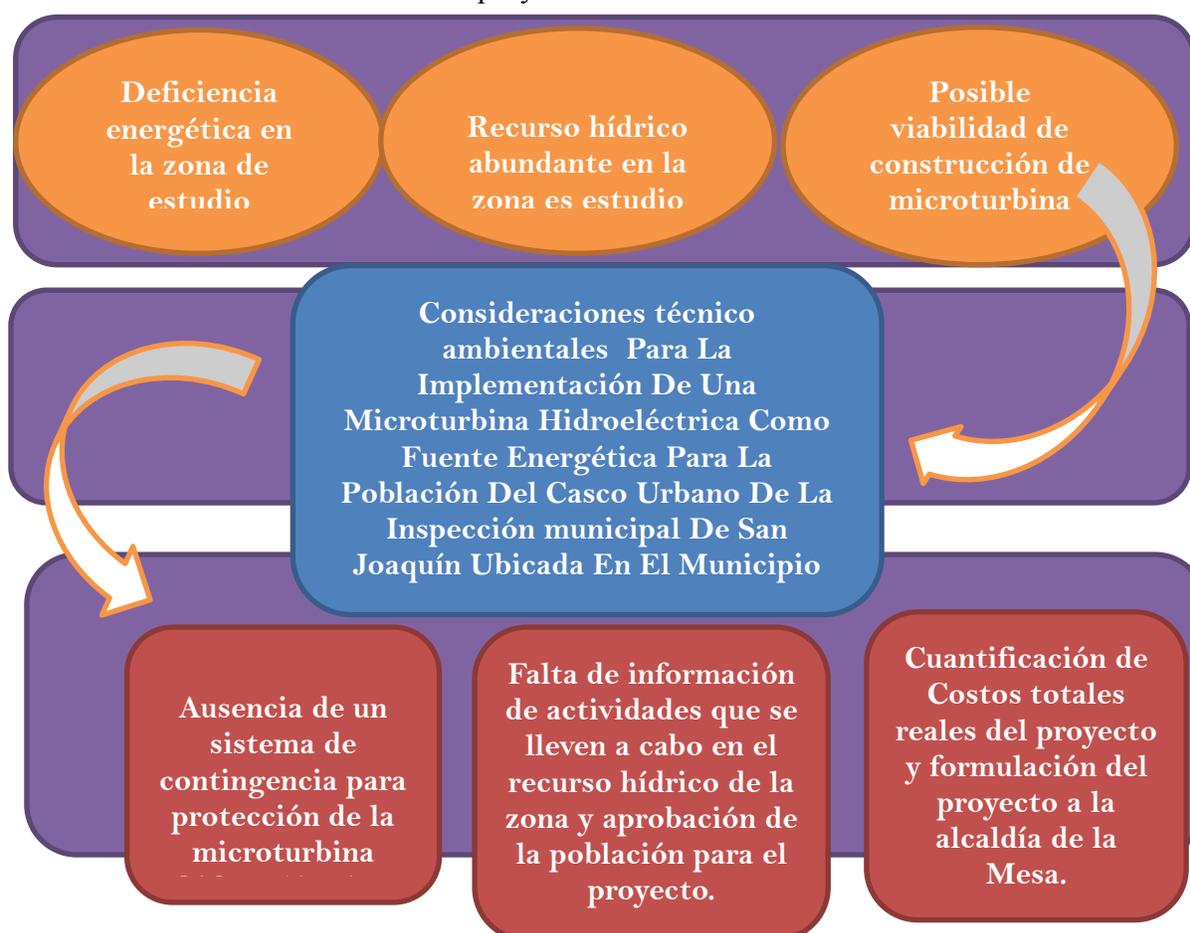


Figura 4 Planteamiento Del Problema  
(Fuente: Autor)

## **Pregunta de investigación**

¿Qué aspectos sociales y de contingencia deben ser realizados en el desarrollo del estudio técnico para la construcción de una microturbina hidroeléctrica en el río Apulo ubicado en la inspección municipal de San Joaquín, para plantear el proyecto a la alcaldía de la Mesa, Cundinamarca?

## **Justificación**

La Inspección municipal de San-Joaquín, ubicada en el municipio de La Mesa Cundinamarca presenta inconvenientes de insuficiencia del recurso energético, a partir de esta problemática se plantea buscar una fuente energética para la zona que satisfaga las necesidades energéticas de la población y que a su vez dicha fuente sea amigable con el ecosistema que se presenta en la zona.

Según el estudio realizado en la primera parte del proyecto denominada “Estudio De Prefactibilidad Para La Implementación De Una Microturbina Hidroeléctrica Como Fuente Energética Para La Población Del Casco Urbano De La Inspección municipal De San Joaquín Ubicada En El Municipio De La Mesa, Cundinamarca. Fase I” se puede concluir que la inspección municipal de San Joaquín tiene la posibilidad de construir una microturbina hidroeléctrica basada en el diseño propuesto por TURBULENT HYDRO, debido a sus recursos hidrológicos, también que dicha microturbina generaría beneficios principal mente económicos y sociales en la zona de estudio. Partiendo de dicha afirmación es necesario realizar un estudio más profundo de otros factores que no se limitan a tener en cuenta solo el beneficio que puede tener la construcción de la microturbina. En ese orden de ideas se plantea realizar un plan de contingencia para la protección de la microturbina hidroeléctrica en caso de sucesos inesperados. Por otro lado, la opinión en general de la población del casco urbano de San Joaquín acerca del proyecto, para diligenciar los resultados del estudio de al ente encargado de la inspección “Alcaldía de la Mesa”.

Cuando se menciona un plan de contingencia que se adapte a la construcción del diseño de microturbina planteado por Turbulent Hydro, se hace hincapié en las constantes crecidas súbitas que se pueden generar en la hidrografía del país y específicamente para este caso el Río Apulo. En ese orden de ideas la propuesta de la implementación de la microturbina debe ir acompañada de un diseño de estructura óptima que proteja la microturbina de posibles alteraciones meteorológicas.

Por otro lado es importante tener en cuenta que el río Apulo actualmente es utilizado por la comunidad para diferentes actividades especialmente recreativas y de oficios varios, partiendo de esta idea la comunidad puede sentirse a gusto con la idea de disminuir costos y mejorar el servicio energético es sus viviendas, pero también se pueden generar inconvenientes en el momento en que el espacio que utilizan a diario se vea delimitado, por esta razón es importante hacer un estudio de interacción con la población para obtener la aprobación o desaprobación en general del proyecto planteado.

Es importante resaltar que la viabilidad del proyecto planteada en el documento de Romero Ronderos se da con base a los costos que se generaban solo con la construcción de la microturbina e ignorando aspectos sociales. Al tener un plan de contingencia y estudio

realizado con la población de la opinión general del proyecto, es necesario concretar los nuevos costos que se generarían y posteriormente poder presentar un estudio más específico a la alcaldía de la Mesa para concretar la viabilidad real de todo el proyecto en términos económicos y sociales.

Colombia genera energía en un 70% a partir del recurso hídrico, por medio de embalses y represas, que modifican diferentes cursos de los cuerpos hídricos con la intención de generar presión para posteriormente crear movimiento en una microturbina y así concebir energía cinética la cual finalmente se transforma en energía eléctrica. La idea de generar energía a partir del recurso hídrico es muy viable para Colombia ya que una de sus grandes características como país es la presencia de gran cantidad de recurso hídrico en su área. Según el portal informático Global Economy, para el año 2014 Colombia fue el país con más precipitación (3240 mm/año) a nivel mundial y en la actualidad está entre los ocho países con mayor precipitación promedio que está relacionada directamente con la oferta hídrica y con el potencial de generación energética asociado a el relieve montañoso de los Andes.



*Figura 5 Precipitaciones, mm por año, 2014  
(Fuente: FAO, TheGlobalEconomy.com)*

Dado que Colombia conoce el potencial hídrico que posee y ya lo utiliza para generar energía ¿Qué propósito tiene el presente estudio? Como se mencionó anteriormente las actividades actuales de generación de energía a partir del recurso hídrico se basan en la manipulación de los cuerpos de agua, aspecto que impacta negativamente diversos factores relacionados con la fauna y la flora que se encuentra en el lugar que se realice la modificación de un río, un embalse, etc. En ese orden de ideas la obtención de energía por medio del recurso hídrico debe ser sostenible y cuando se habla del término “**sostenible**” el presente estudio quiere hacer referencia a tener un aprovechamiento del recurso sin tener que intervenir los cuerpos hídricos, si no que por el contrario trabajar a favor del curso natural de cada cuerpo hídrico asegurando la normalidad y originalidad del ecosistema.

## **OBJETIVO GENERAL**

Realizar la investigación complementaria y necesaria para plantear a la alcaldía de la Mesa el proyecto de implementación de una microturbina sobre el río Apulo, en la inspección municipal de San Joaquín, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar la viabilidad de extender el proyecto de una microturbina hidro eléctrica como fuente energética a la población suburbana perteneciente a San Joaquín y el nivel de aceptación por parte de la comunidad que allí habita.
- Realizar un estudio de riesgos y amenazas que se puedan generar en la operatividad de la microturbina hidroeléctrica, base para construir un plan de contingencia.
- Proponer el proyecto de microturbina a la alcaldía de la Mesa para financiación, en formatos establecidos por esa entidad, con la información generada en los estudios realizados por la Universidad el Bosque.

## **Marco Conceptual:**

La energía puede ser interpretada por múltiples conceptos, según el área de estudio que la defina, por ejemplo, desde la Física se puede interpretar como la capacidad que se tiene para llevar a cabo un trabajo, en otras áreas como la tecnología simplemente es la parte fundamental de un sistema para dar funcionamiento al mismo.

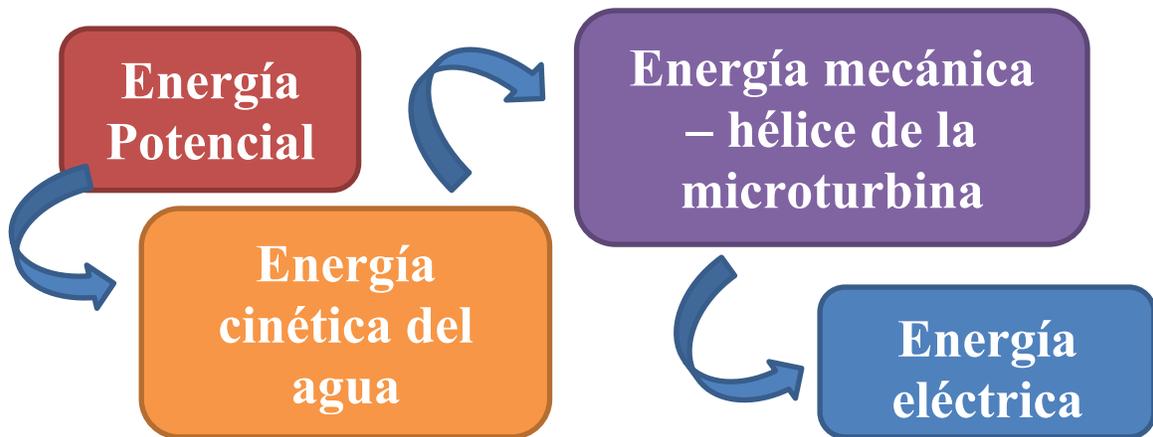
El origen de la energía se puede dar en varias maneras, entre ellas, por ejemplo, por medio del movimiento del aire (Eólica), por medio del sol (Solar), o por medio del caudal de una corriente acuática (Hídrica), entre muchas otras más.

En la actualidad, es común para las personas contar con un servicio energético pues con el desarrollo de la humanidad se ha convertido un factor indispensable para llevar actividades diarias. El origen de la energía para dichas actividades generalmente tiene una gran afectación en el medio ambiente. Como se menciona en el documento realizado por IBERDROLA, empresa española dedicada a la producción de energía,

“La generación de energía eléctrica conlleva el consumo de recursos naturales (principalmente combustibles), emisiones a la atmósfera que generan de forma directa e indirecta una serie de impactos tanto a nivel local como global, consumo de agua (un bien cada vez más escaso), generación de residuos convencionales y nucleares y finalmente la ocupación del territorio por la implantación de infraestructuras tiene efectos sobre ciertos espacios naturales y sobre la flora y la fauna del entorno.” (Iberdrola, 2008) .

Pero ¿cómo se podría generar energía sin afectar el medio ambiente? la respuesta es simple por medio de energías alternativas, ¿Qué son energías alternativas?, simplemente son energías las cuales no tienen un impacto en el medio ambiente y que se pueden extraer continuamente, más específicamente se definen como “*energías que se aprovechan directamente de recursos considerados inagotables como el sol, el viento, los cuerpos de agua, la vegetación o el calor interior de la tierra.*” (Iberdrola, 2008) .

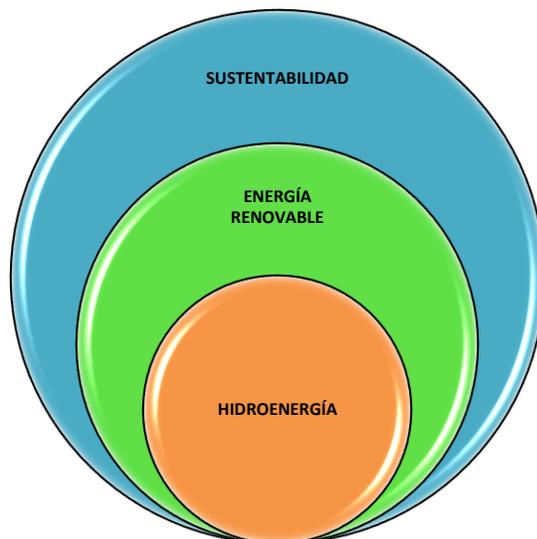
Partiendo del concepto de energías alternativas, en el presente estudio se hace hincapié en la energía hidroeléctrica que hace referencia a la energía que se extrae a partir del movimiento de un flujo hídrico (caudal). Dicho proceso de obtención de energía se ha generado en múltiples contextos y de diversas maneras según las necesidades o los objetivos que tenga un proyecto de obtención energética a partir del recurso hídrico, sin embargo, el principio de la obtención de energía hidroeléctrica es el mismo:



*Figura 6 Proceso Energía Hidroeléctrica  
(Fuente: Autor)*

**Marco Teórico:**

Partiendo de investigaciones recientes relacionadas con la temática a trabajar, referentes teóricos y diferentes conceptos; en la Figura 7, se presentan los tres grandes conceptos que abarca el proyecto de investigación, partiendo de la sostenibilidad o desarrollo sostenible tanto social, ecológico y económicamente, contribuyendo a este fin con la propuesta de implementación de energías renovables, en este caso la energía hidroeléctrica.



*Figura 7 Marco Teórico fuente: Autor*

También se deben tener en cuenta otros conceptos más específicos pero indispensables en el desarrollo todo el proyecto, entre ellos:

### **Estudio técnico:**

Es importante hacer hincapié en que los documentos del estudio en su totalidad son netamente a nivel técnico, es decir, en el momento que se considere llevar a cabo el proyecto, deben hacerse estudios mucho más profundos, financiados y en lapsos de tiempo más prolongados con el objetivo de generar la una investigación que haga referencia a la factibilidad del proyecto.

### **Población suburbana:**

El termino población suburbana hace referencia a un asentamiento rural el cual se caracteriza por presentar bajos recursos, en este caso la población suburbana consta de una población pequeña de aproximadamente 40 familias, que se encuentran aledaños al Rio Apulo.

### **Riesgo y amenazas:**

Los riesgos y amenazas se relacionan con toda situación que se genera inesperadamente y que significa un peligro latente para el proyecto. En correcto análisis de los posibles riesgos y amenazas que se puedan generar permiten formular un plan de contingencia.

### **Plan de contingencia:**

El plan de contingencia es conformado por procedimientos propuestos para disminuir riesgos y amenazas que se puedan generar en el proyecto, es indispensable para formular cualquier estudio técnico, especialmente en el ámbito energético.

### **Formatos de diligencia de proyectos:**

Los formatos para diligencias proyectos energéticos, son preestablecidos por la entidad a la que se le presentan los proyectos, es importante especificarlo con el objetivo de aclarar al lector que los formatos utilizados para realizar el planteamiento del proyecto a la alcaldía de la Mesa, fueron otorgados por dicha entidad.

## Marco biogeográfico Referencial:

### San Joaquín:

La inspección municipal de San-Joaquín se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca, exactamente en las coordenadas  $4^{\circ}38'14.11''N$ ,  $74^{\circ}31'11.71''O$  con una altura aproximada de 600 M.S.N.M.

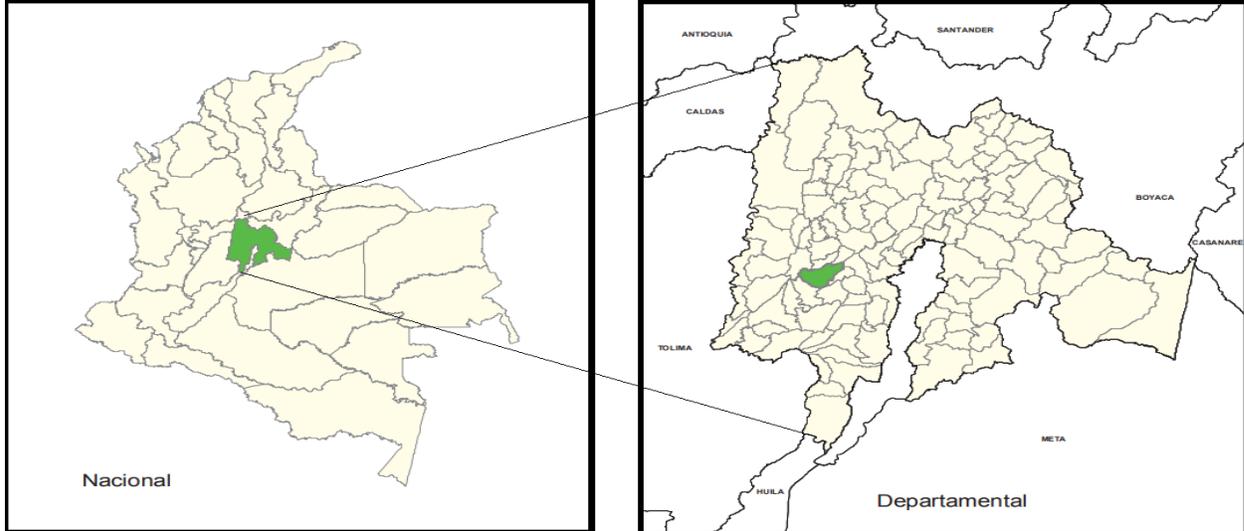


Figura 8 Ubicación geográfica Colombia-Cundinamarca Fuente: (Secretaría de planeación, 2017)

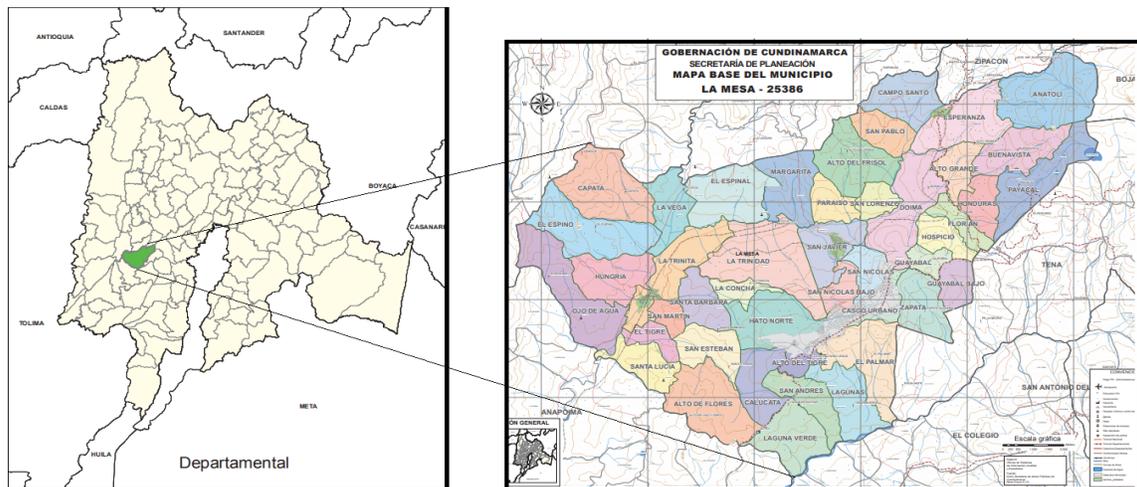


Figura 9 Ubicación geográfica Cundinamarca-Municipio de La Mesa Fuente: (Secretaría de planeación, 2017)

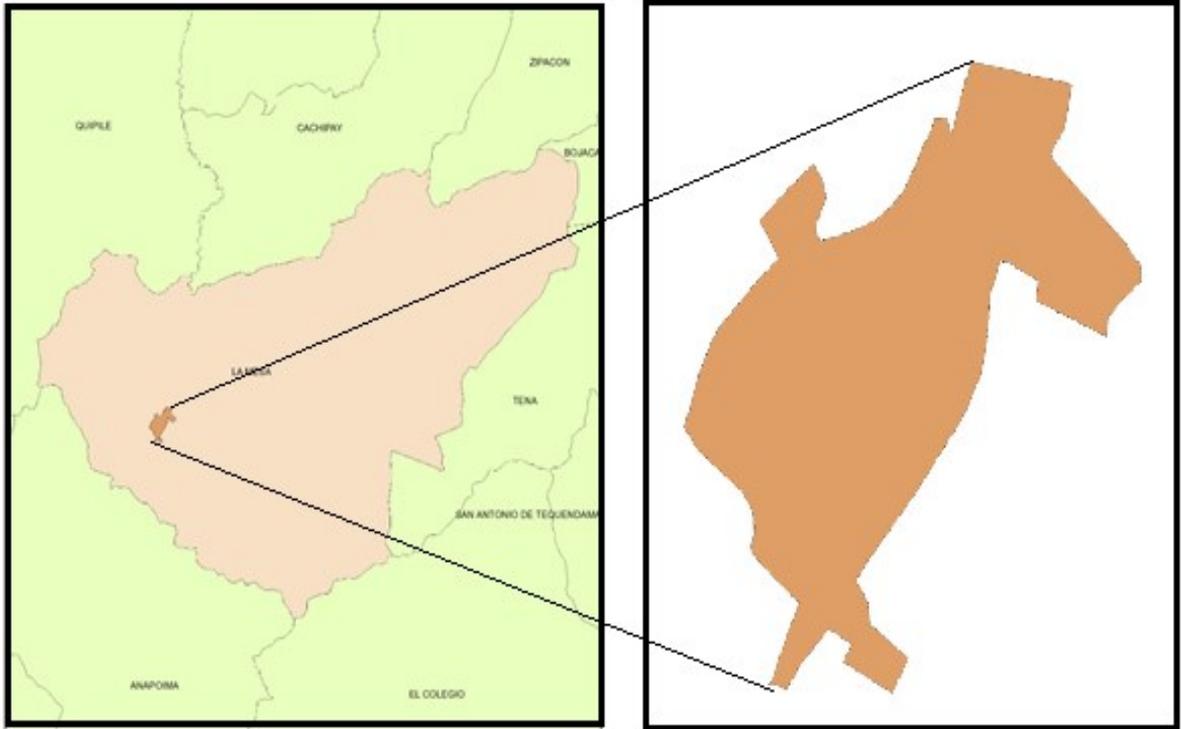


Figura 10 Ubicación geográfica Municipio de La Mesa- Inspección municipal San Joaquín Fuente: Elaboración propia



Figura 11 Delimitación casco urbano - Inspección municipal San Joaquín. Fuente: Elaboración propia

El recorrido para llegar desde el municipio de la Mesa, tarda aproximadamente 20 minutos en vehículo ya que se encuentra a una distancia que se aproxima a los 12 km.

El área de San- Joaquín tiene contacto con el Rio Apulo el cual pasa por el Nor-occidente de San Joaquín.



*Figura 12 Plaza de mercado San Joaquín*  
*Fuente: (Cruz, Universidad Nacional de Colombia, 2011)*

Entre su infraestructura cuenta con construcciones que en su mayoría son casas familiares, una iglesia, dos plazas de mercado, una plaza de toros, un colegio, parque central, una antigua estación de tren abandonada y un cementerio.



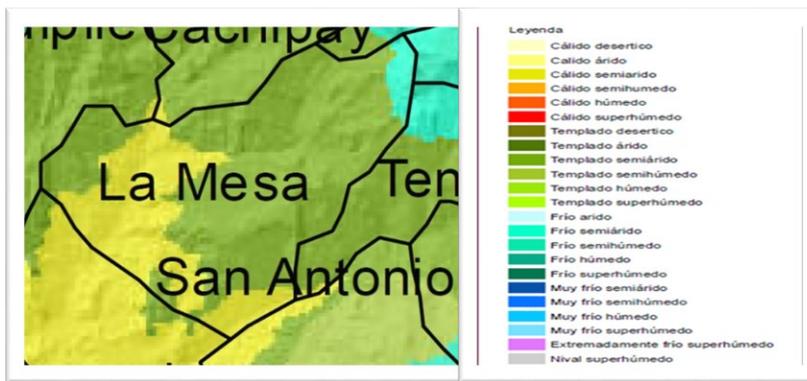
*Figura 13 Calle principal San Joaquín*  
*Fuente: (Cruz, Universidad Nacional de Colombia, 2011)*



Es importante mencionar nuevamente la presencia del río Apulo, que se encuentra ubicado a un costado del casco urbano de San Joaquín, en el cual generalmente se llevan actividades recreativas o varios oficios en el río por los habitantes de la zona.

Figura 14 Río Apulo - San Joaquín  
Fuente: Autor

### Climatología:



El clima en general de la zona se puede caracterizar por la ubicación, como se mencionó anteriormente San Joaquín hace parte del municipio de La Mesa, el cual según datos del IDEAM se encuentra en un clima semiarido.

Figura 15 Climatología Municipio de La Mesa Fuente: (IDEAM A. C., 2010)

Con respecto a las características específicas en términos de temperatura de San Joaquín, en el portal meteorológico AccuWeather se evidencia que la temperatura promedio de la inspección municipal varía entre los 32 °C y los 12 °C.

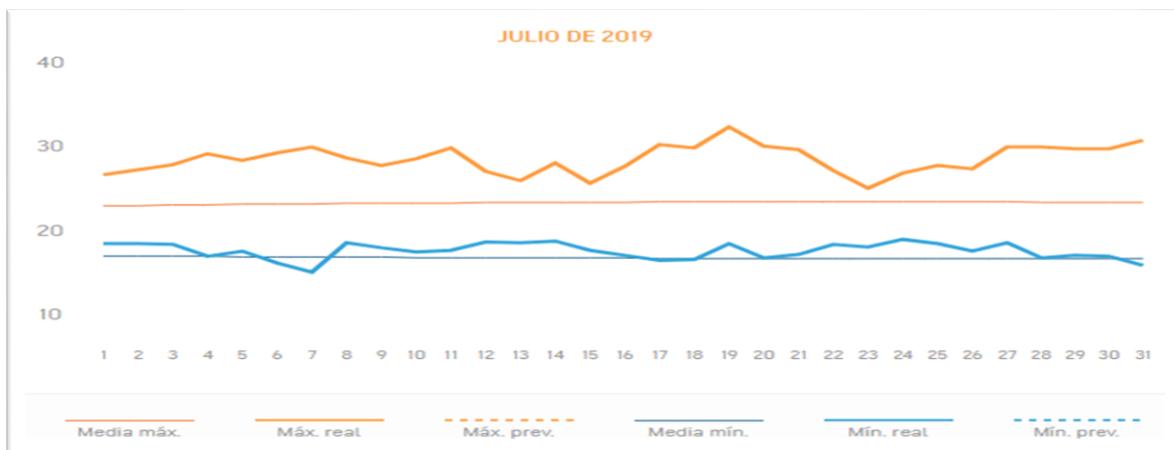
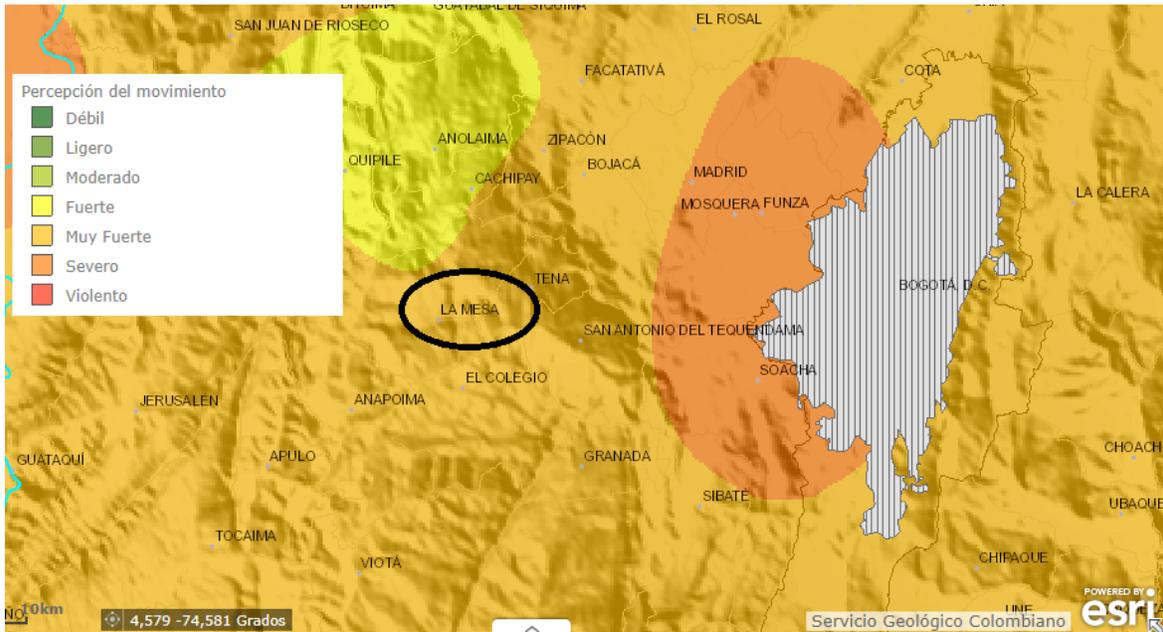


Figura 16 Temperaturas registradas en el mes de julio del 2019- San Joaquín  
Fuente: (AccuWeather, 2019)

### Amenaza sísmica:

Según el Servicio Geológico Colombiano el municipio de la Mesa se encuentra ubicado en una zona donde la percepción del movimiento sísmico es muy fuerte. Es importante tener en cuenta este dato para el desarrollo del plan de contingencia.



*Figura 17 Sismicidad del municipio de la Mesa  
Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2019)*

### Demografía:

San Joaquin cuenta con 9 veredas las cuales hacen referencia a Capata, El Espino, Hungría, La Concha, Ojo De Agua, Santa Lucía, San Martín, La Trinidad y La Vega. En las cuales se asienta la población total de San Joaquin. La sumatoria de la población del casco urbano y la rural supera las 3000 personas de las cuales según cifras del DANE para el año 2005 un 55.46% de los habitantes no nacieron en el municipio y tan solo el 44.3% nacieron y aun habitan en la inspección municipal.

Para el caso de estudio específico en la Inspección municipal (San Joaquín) en su casco urbano se puede evidenciar una necesidad expresada por la misma Alcaldía de la Mesa (expresada en el documento de la parte I) acerca de falencias energéticas. El POT del municipio ha identificado la siguiente problemática relacionada con el suministro oportuno y suficiente de energía por parte de la Empresa de energía de Cundinamarca y Condensa E.S.P.

*“Debido al escaso mantenimiento de postes, redes, transformadores y líneas de conducción, se originan continuos apagones que perjudican principalmente a la comunidad y al sector comercial, ocasionando pérdidas económicas, luego entonces es necesario optimizar las redes eléctricas urbanas con un programa a corto plazo de remodelación de las redes de media tensión (29 Km) y baja tensión (55 Km).*

*Se hace necesario buscar una alternativa en la prestación de este servicio, por otras entidades prestadoras como ISA, CODENSA S.A. u otras entidades. En cuanto al alumbrado público se plantea la prestación de este servicio por una empresa privada, con la figura de concesión.*

*En la parte rural, siendo su cobertura de un 85%, se debe implementar un programa de la ampliación de las redes, para obtener una mayor cobertura.” (Alcaldía municipal de La Mesa, 2017)*

Partiendo de esta idea, junto con el desarrollo del estudio de Romero Ronderos, se vuelve evidente la problemática de déficit energético que posee San Joaquín.

### **Situación de la oferta energética en San Joaquín y la propuesta de aprovechamiento del recurso hídrico como fuente energética:**

Para el caso de estudio y basándose en el deficiente servicio energético con el que cuenta la inspección municipal de San Joaquín, se plantea la posibilidad de aprovechar el recurso hídrico de la zona para generar energía eléctrica de una manera sostenible y amigable con el ecosistema que se encuentra en la zona de estudio. El *“Estudio De Prefactibilidad Para La Implementación De Una Microturbina Hidroeléctrica Como Fuente Energética Para La Población Del Casco Urbano De La Inspección municipal De San Joaquín Ubicada En El Municipio De La Mesa, Cundinamarca. Fase I”* concluye luego de realizar un estudio de las características del río Apulo, que dicho cuerpo hídrico tiene la capacidad en términos técnicos, para llevar a cabo la construcción de una microturbina hidroeléctrica que sirva para la producción de energía en la inspección municipal. A partir de este resultado, el presente estudio, plantea para el desarrollo del proyecto, generar un plan de contingencias tomando en cuenta el comportamiento del caudal del río Apulo como mecanismo de protección para la microturbina en caso de crecidas súbitas que pueda tener el Río Apulo a causa de la variación de la precipitación en la zona.

Según el portal meteorológico Climate Data el mes más seco del año es julio, por el contrario la precipitación en la zona (Municipio de La Mesa) alcanza su pico más alto a finales del año especialmente en el mes de noviembre, sin embargo, en general el comportamiento de la precipitación en la zona se caracteriza por aumentar en dos momentos del año, el primero que se configura desde inicios de marzo hasta finales de mayo, y el segundo que se da en los inicios de octubre y finaliza en los primeros días de diciembre.

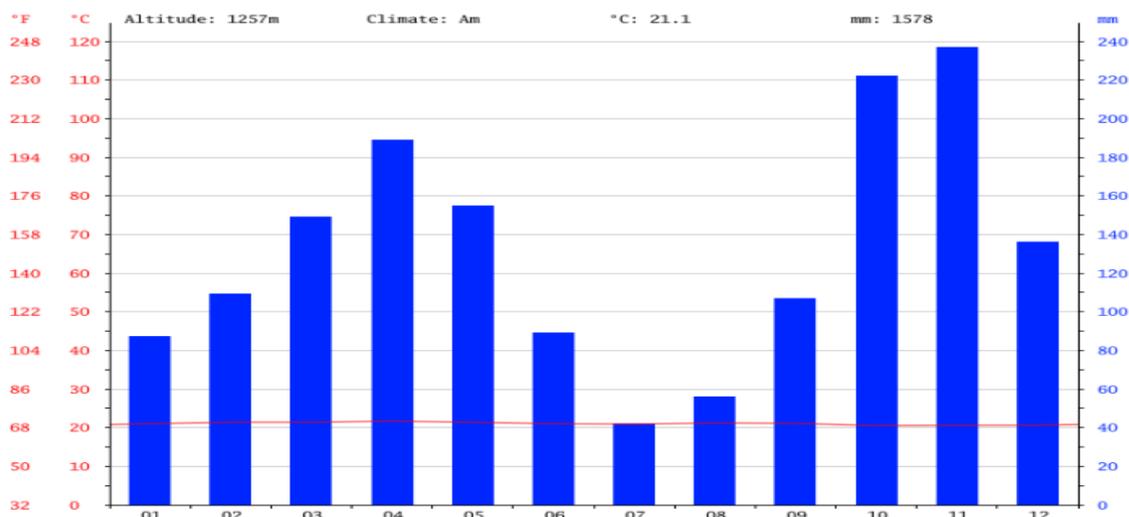


Figura 18 Precipitaciones anuales, Municipio De La Mesa 2018  
Fuente: (DATA, 2018)

Más específicamente, datos limnimétricos proporcionados por el IDEAM durante el año 2018 y primeros dos meses del año 2019, de la estación ubicada en la Inspección municipal de San Joaquín arroja la siguiente información.

	Promedio Precipitación (mm)	Promedio Cota Nivel mínimo (m)	Promedio Cota Nivel máximo (m)	Cota promedio (m)
2018				
Marzo	0.13	0.65	0.69	0.67
Abril	0.15	0.80	0.88	0.84
Mayo	0.13	0.80	0.87	0.83
Junio	0.07	0.71	0.75	0.73
Julio	0.03	0.657	0.67	0.664
Agosto	0.02	0.60	0.62	0.61
Septiembre	0.14	0.61	0.64	0.63
Octubre	0.19	0.70	0.86	0.82
Noviembre	0.13	0.79	0.86	0.83
Diciembre	0.02	0.71	0.76	0.73
2019				
Enero	0.067	0.62	0.66	0.64
Febrero	0.2	0.64	0.70	0.66

Tabla 6 Datos estación limnimétrica San Joaquín. Fuente: (IDEAM, 2019)

A partir de estos datos se concluye que hay dos épocas de muy baja precipitación, las cuales oscilan entre los meses de junio a agosto y en la segunda parte del año de diciembre a enero, considerándose épocas de verano las cuales pueden afectar la oferta hídrica de los cuerpos de agua de la zona objeto de estudio, siendo agosto y diciembre meses críticos. Por otra parte,

entre los meses de febrero a abril y en la segunda parte del año en los meses de septiembre a noviembre se presenta temporada de invierno, proporcionando suficiente cantidad de agua como para mantener un caudal mínimo en los cuerpos de agua que desembocan en el Río Apulo. (Romero Ronderos, 2019)

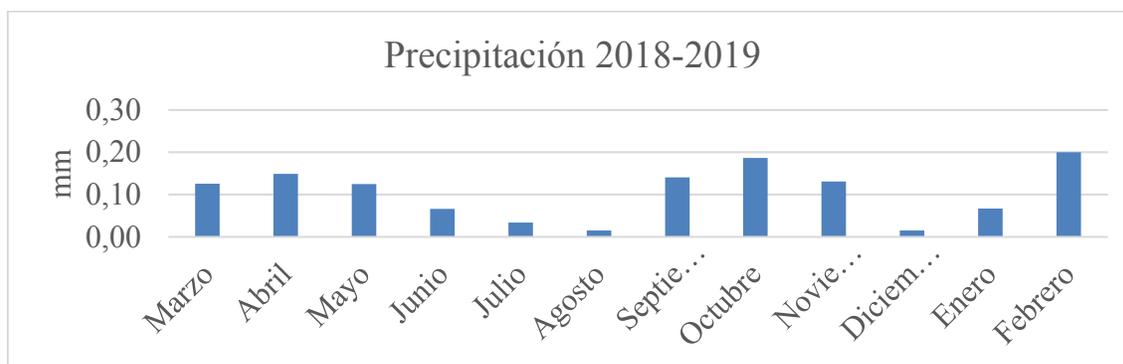


Figura 19 Precipitación en la Inspección municipal San Joaquín 2018-2019. Fuente: (Romero Ronderos, 2019)

Tomando en cuenta estos datos obtenidos en la primera parte del presente estudio, se aprecia que se debe formular el plan de contingencia con respecto a épocas de baja precipitación donde el caudal es insuficiente (julio- agosto, diciembre- enero) y épocas de precipitación elevada (febrero- abril, septiembre- octubre) donde se podrían generar fuertes corrientes o crecidas súbitas del río por su alta precipitación. Por otra parte, también se debe tratar el tema de prevención de taponamiento y avería de la microturbina, dicho riesgo a causa de posibles residuos en el Río, consecuencia de desechos de la población que vive en zonas aledañas al río. También es importante tener en cuenta la delimitación de la microturbina es decir el paso restringido a la zona donde se lleve a cabo el proyecto, ya que en las visitas realizadas en la primera parte del proyecto se observó algunas de las actividades de los habitantes, por ejemplo el lavado en el río ya sea para recursos domésticos (Ropa, Implementos de cocina, etc.) aspectos que aunque esta prohibidos por norma de vertimientos, en la inspección no se evidencia un control real, es por esto que dichas actividades pueden afectar la microturbina junto con el recurso hídrico. El lavado de productos agrícolas es otra de las actividades comunes en el río, especialmente para frutos, que, aunque ambientalmente es negativo para el río en muchos casos, una parte de la población no tiene más alternativas para llevar a cabo dicha actividad al no contar con un servicio de red para aguas residuales como se mencionó anteriormente. Partiendo de esta idea fue importante conocer la opinión de la población de San Joaquín acerca del proyecto.

### **Marco Normativo:**

La normatividad que se relaciona con el presente estudio se toma directamente del plan de desarrollo municipal, en este caso las políticas se adoptan directamente del municipio de La Mesa al cual pertenece la inspección de San Joaquín.

El proyecto busca adaptarse de la mejor manera a las necesidades de la inspección municipal sin intervenir o ir en contra de políticas establecidas, en ese orden de ideas el proyecto se

plantea específicamente para mejorar o sustituir en un futuro el servicio energético que se encuentra actualmente en la inspección para garantizar eficiencia del servicio, de esta manera se acoge a el **ARTICULO DOCE. II.2 PLAN DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS**, en el cual se especifica que:

“Se tendrá en cuenta, el Acuerdo N° 011 del 10 de junio de 1998, Plan de Desarrollo municipal, numerales 5 y 6 cumpliendo con lo ordenado por la Ley 142 de 1994, dónde se busca una prestación eficiente de los servicios de agua potable, alcantarillado, aseo, energía y teléfonos.”

Por otro lado, el proyecto se plantea a la Alcaldía de La Mesa buscando apoyar el objetivo propuesto en su plan de desarrollo el cual hace referencia a “Poseer Disponibilidad inmediata de servicios (agua, alcantarillado, energía y aseo) para todas las construcciones del municipio y sus inspecciones”, claramente haciendo hincapié en el servicio de energía para esta ocasión. El presente estudio también busca tener en cuenta políticas que traten con el tema del manejo del recurso hídrico. El proyecto plantea obtener energía a partir del Rio Apulo sin afectar en ningún momento el curso del rio, la fauna o la flora del área, partiendo de esa idea el proyecto se acopla a políticas del Municipio como la *“La defensa y protección de los recursos naturales, tales como el suelo, la flora, la fauna y el agua y la conservación y protección de los recursos geográficos, ambientales y paisajísticos”* expuesto en el plan básico de ordenamiento territorial de la alcaldía Municipal De La Mesa. Con respecto a las políticas a nivel nacional que impulsan energías alternativas se destaca la Ley 1715 del 13 de mayo de 2014 que tiene como objetivo:

“Promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético.” (Secretaria Del Senado, 2014).

Finalmente, también es importante retomar las normas que fueron planteadas en la primera parte de este proyecto:

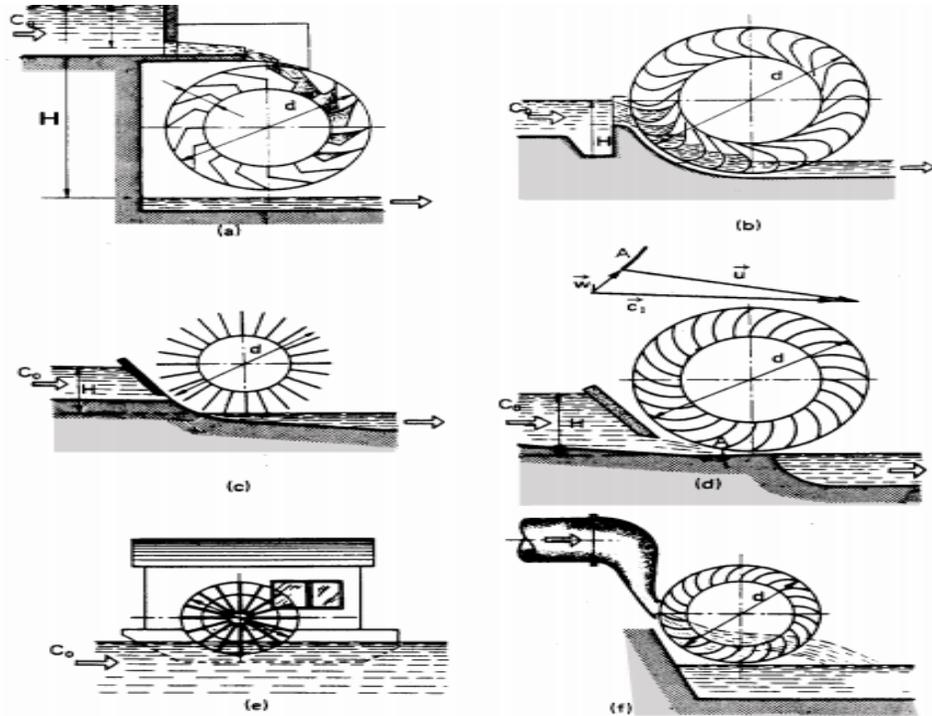
Normativa	Definición
Ley 697 de 2001	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. (Ministerio de Minas y Energía,2001)
Ley 143 de 1994	Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética. (Ministerio de Minas y Energía,1994)
Decreto 2811 de 1974. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente	<b>Artículo 170.</b> Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que deseen generar energía hidráulica, cinética o eléctrica, deberán solicitar concesión o proponer asociación. Para la concesión o la asociación se deberán tener en cuenta los indispensables factores de índole ecológica, económica y social. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014)
	<b>Artículo 171.</b> Las normas sobre concesiones de aguas serán aplicables a las de uso de aguas y pendientes para generar energía hidráulica. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014)

Tabla 7 normativa aplicable al estudio Fuente: (Romero 2019)

### Antecedentes:

La extracción de energía a partir del movimiento del agua es una actividad que se realiza desde hace miles de años. Por ejemplo, se tiene conocimiento de la cultura romana, la cual utilizaba tipos de ruedas para generar movimiento en molinos de trigo por medio del recurso hídrico. A partir de este descubrimiento se empieza a resaltar la construcción de diferentes tipos de molinos. Como se menciona en el texto de Roberto Córdova, docente especializado en ciencias energéticas y fluidicas:

“En aquella época el oficio del constructor de molinos era viajar por todo el país construyendo molinos nuevos y atendiendo a los que necesitaban reparaciones y era una ocupación importante antes de la conquista de los normandos. Están registrados más de 5000 molinos en el censo de 1086.” (Córdova, Roberto, 2015)



*Figura 20 Tipos de ruedas hidráulicas: a) alimentación superior (rueda gravitatoria pura) b) alimentación lateral; c) de paletas planas; d) de impulsión inferior; e) paletas de alimentación inferior; f) microturbina Banki  
Fuente: (Córdova, 2015)*

En el documento de Córdova también se explica que a pesar de la antigüedad del descubrimiento de la energía hidráulica (más de 2000 años) es un tipo de energía que: “se desarrolló lentamente durante espacio de 18 siglos, debido al inconveniente de que las instalaciones deberían situarse junto a los ríos; mientras que las máquinas de vapor se podían instalar en cualquier lado.” (Córdova, 2015)

En la actualidad después de un largo desarrollo de la extracción energética a partir del recurso hídrico se puede evidenciar que este ha crecido exponencialmente, sin embargo, se viene desarrollando por medio de tecnologías convencionales, es decir desde el punto de vista ambiental se están generando impactos negativos en los ecosistemas acuáticos por actividades de producción energética. En el momento que se desvía un río, que se construye una represa o se realiza alguna actividad que altere las condiciones normales de un cuerpo hídrico se atenta directamente con el medio que lo rodea muchas veces las consecuencias son trágicas en el medio ambiente, sin embargo, la propuesta que se plantea en el presente estudio hace referencia a una estructura que por el contrario no afecta de ninguna manera el recurso hídrico ni altera el curso natural del mismo.

## Turbulent:

Turbulent es una compañía diseñadora y productora de microturbinas hidroeléctricas, su sede principal se encuentra ubicada en Bélgica y sus fundadores son Jasper Verreydt y Geert Slachmuylders. La compañía empezó desde el año 2012 y se caracteriza por la construcción de microturbinas que producen energía con cuerpos de agua en movimiento (Ríos y quebradas) con caudales relativamente bajos.



Figura 21 Fundadores Turbulent  
Fuente: (Slachmuylders, 2015)

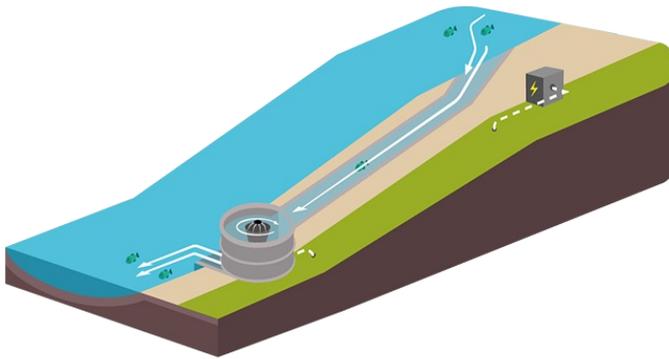


Figura 22 Diseño básico de la microturbina turbulent  
Fuente: (Turbulent, 2019)

El proyecto se basa en los diseños de Turbulent por las características que presenta la compañía en cada una de sus microturbinas, que tienen un enfoque de compromiso con los tres ejes fundamentales del estudio, el aspecto energético, el aspecto social el aspecto medio ambiental, ejes que se ven reflejados en su misión y visión como empresa:

El objetivo principal de la compañía es generar energía en zonas remotas, a partir del recurso hídrico y contribuyendo a la transición hacia energías limpias. A continuación, se especifica la misión y visión de la empresa:

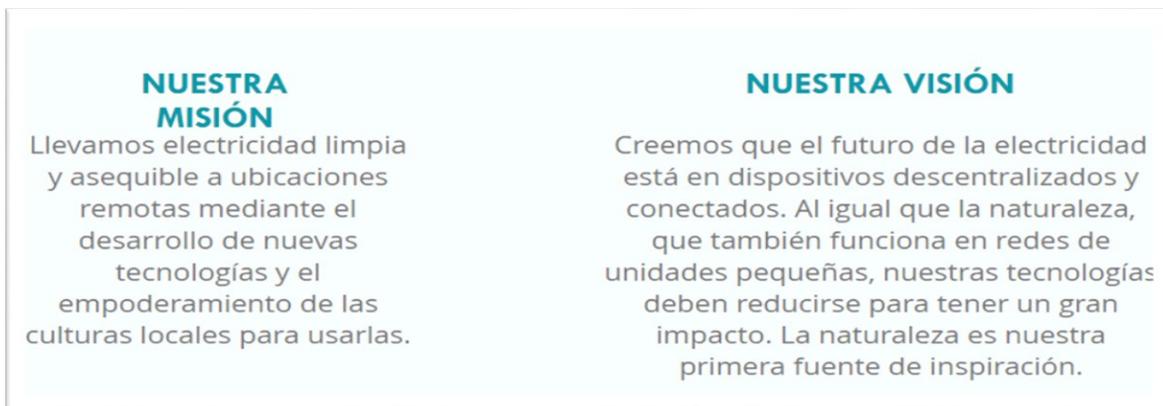


Figura 23 Misión y visión Turbulent  
Fuente: (Slachmuylders, 2015)

Turbulent posee varios diseños de microturbinas hidroeléctricas, pero todas comparten 3 factores en común.



*Figura 24 Características microturbinas Turbulent*

*Fuente: Autor*

- 1) Compromiso Ambiental:** Las microturbinas de Turbulent se destacan por ser un tipo de energía limpia, la primera característica ambientalmente destacable en el diseño de las microturbinas que plantea la compañía es que en ningún momento se generan desviaciones de los cuerpos hídricos, permitiendo que el río o la quebrada en la que se implemente el proyecto siga por su curso normal. La segunda característica es que la microturbina fue diseñada para que la vida acuática pueda atravesarla sin ningún tipo de afectación.
- 2) Bajo costo del proyecto:** La implementación de las microturbinas de Turbulent proponen diseños que no tienen costos mayores en el momento de la construcción que ya viene prefabricada, además, la compañía se basa en materiales que poseen baja frecuencia de mantenimiento.
- 3) Larga vida operativa:** Por último, la compañía se destaca por proporcionar materiales de alta calidad que, con indicaciones suministradas por la misma con respecto a los mantenimientos, promete una vida útil de 30 años.

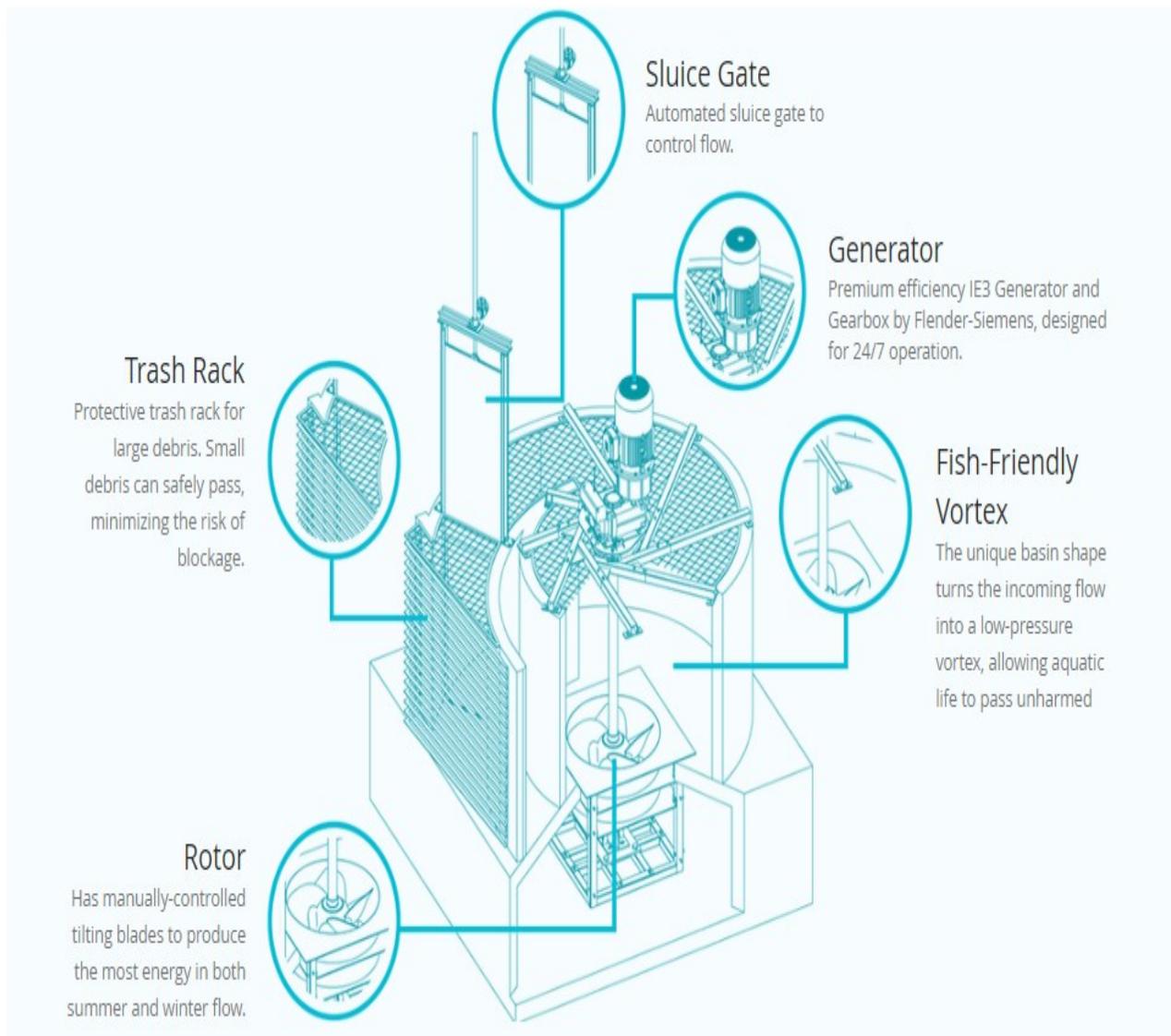


Figura 25 Especificaciones microturbina Turbulent  
Fuente: (Turbulent, 2019)

Es importante destacar los grandes logros de la compañía, ha tenido diversos reconocimientos que van de la mano de múltiples implementaciones de sus microturbinas a nivel mundial como se muestra a continuación:

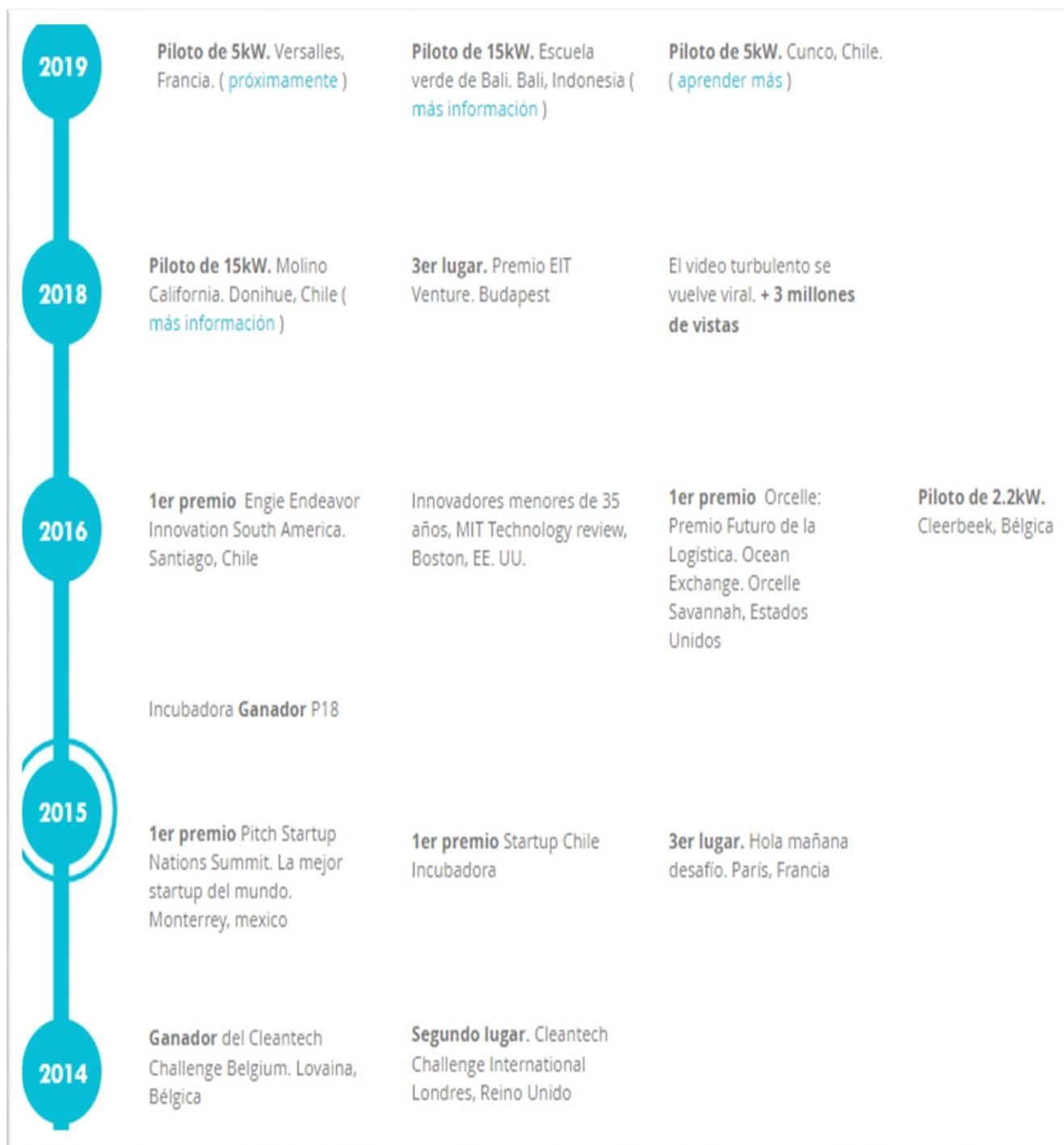


Figura 26 Línea del tiempo Turbulent  
Fuente: (Turbulent, 2019)

### Marco Institucional:

La importancia del aporte de varias instituciones en el desarrollo del proyecto se debe resaltar. Bases de información, normatividad, financiación, diseño y divulgación son aspectos importantes para el futuro desarrollo de proyecto, con respecto a las instituciones que contribuyen con cada una de los aspectos anteriores encuentran se destacan las siguientes:



Figura 27 Principales Instituciones relacionadas con el proyecto  
Fuente: Autor

### Alcaldía Municipal De La Mesa:

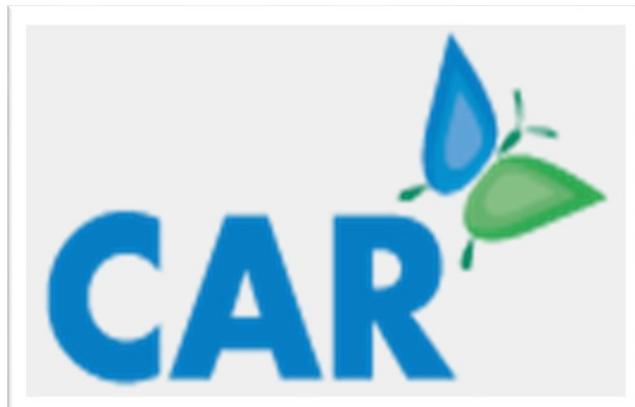


Figura 28 Logotipo Alcaldía De La Mesa  
Fuente: (Mesa, 2018)

La alcaldía de la Mesa se encuentra ubicada en la Calle 8 Carrera 21 Esquina, Palacio Municipal, Barrio Centro, La Mesa Cundinamarca. El proyecto busca generar un documento que plantee a la alcaldía el desarrollo y la financiación del mismo para la inspección municipal de San Joaquín.

### **Corporación Autónoma Regional (CAR):**

La Corporación Autónoma Regional es la autoridad encargada de realizar la función de autoridad ambiental en la región, en este caso el recurso hídrico. Para el proyecto es de vital importancia que esta entidad pública tenga el conocimiento del estudio, ya que se plantea una opción de generación energética con base a los lineamientos de la CAR los cuales se basan en el aprovechamiento de los recursos propendiendo un desarrollo sostenible.



*Figura 29 Logotipo Corporación Autónoma Regional Fuente: (CAR, 2018)*

### **IDEAM:**



*Figura 30 Logotipo IDEAM Fuente: (IDEAM, 2014)*

El Instituto De Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales es de vital importancia en el proyecto, a partir de dicha institución se toman la mayoría de los datos meteorológicos que sirven como base para realizar el planteamiento, el estudio y el posible desarrollo del proyecto por medio de registros en estaciones meteorológicas a nivel nacional.

## Ministerio De Minas y Energía:

El Ministerio De Minas y Energía, más conocido por su abreviatura MinMinas es la institución encargada de manejar las políticas relacionadas con la minería, y la infraestructura energética del país. Es necesario que el proyecto se acople a la normativa vigente y expuesta por dicha institución acerca de las cantidades y características específicas que se expongan acerca de la producción energética a partir de microturbinas.



Figura 31 Logotipo MinMinas Fuente: (Energía, 2019)

## Turbulent Hydro:



Turbulent Hydro es la empresa fabricante de microturbinas hidroeléctricas que fundamenta todo el proyecto, su sede principal se encuentra en Bélgica, surgió en el año 2015 y su propósito es el diseño de tecnología hidráulica. La propuesta de microturbina planteada por turbulent hydro sobresale ante otras microturbinas por su diseño amigable con el ecosistema y los elementos que lo rodean, especialmente con referencia al diseño específico para evitar la intervención, modificación o desviación del curso natural del río y la protección de la vida acuática del río.

Figura 32 Logotipo Turbulent Hydro Fuente: (Slachmuylders, 2015)

### Metodología:

Para el presente documento se considera importante dividir el estudio en tres partes: la primera hace referencia a la opinión de los habitantes de San Joaquín acerca del proyecto, dicha información se adquirió por medio de un trabajo de campo basado en la toma de encuestas las cuales se hicieron a la población más vulnerable de la inspección municipal. La segunda se relaciona con la formulación del plan de contingencia, este se diseñó con base a los datos que se obtuvieron en la primera parte del proyecto. Por último, la tercera parte del proyecto consta de el llenado de formatos establecidos para la formulación de proyectos a la alcaldía de la Mesa, donde se planteó el proyecto de implementación de la microturbina, y se adjuntan los documentos del estudio para sustentar la propuesta. (ver figura 22)



Figura 33 Partes del proyecto de investigación Fuente: Autor

### Enfoque de la investigación:

Al exponer la división de el plan del trabajo para el proyecto también es importante mencionar el enfoque del proyecto. El proyecto tiene sus bases conceptuales en la monografía de (Romero Ronderos, 2019), sin embargo, es necesario extraer más información de otras fuentes ya sean teóricas o generadas por medio de la investigación. En ese orden de ideas se pudieron evidenciar cuatro enfoques, el primero de tipo conceptual, el segundo empírico y el tercero analítico, la unión de estos tres enfoques da lugar a un enfoque mixto.

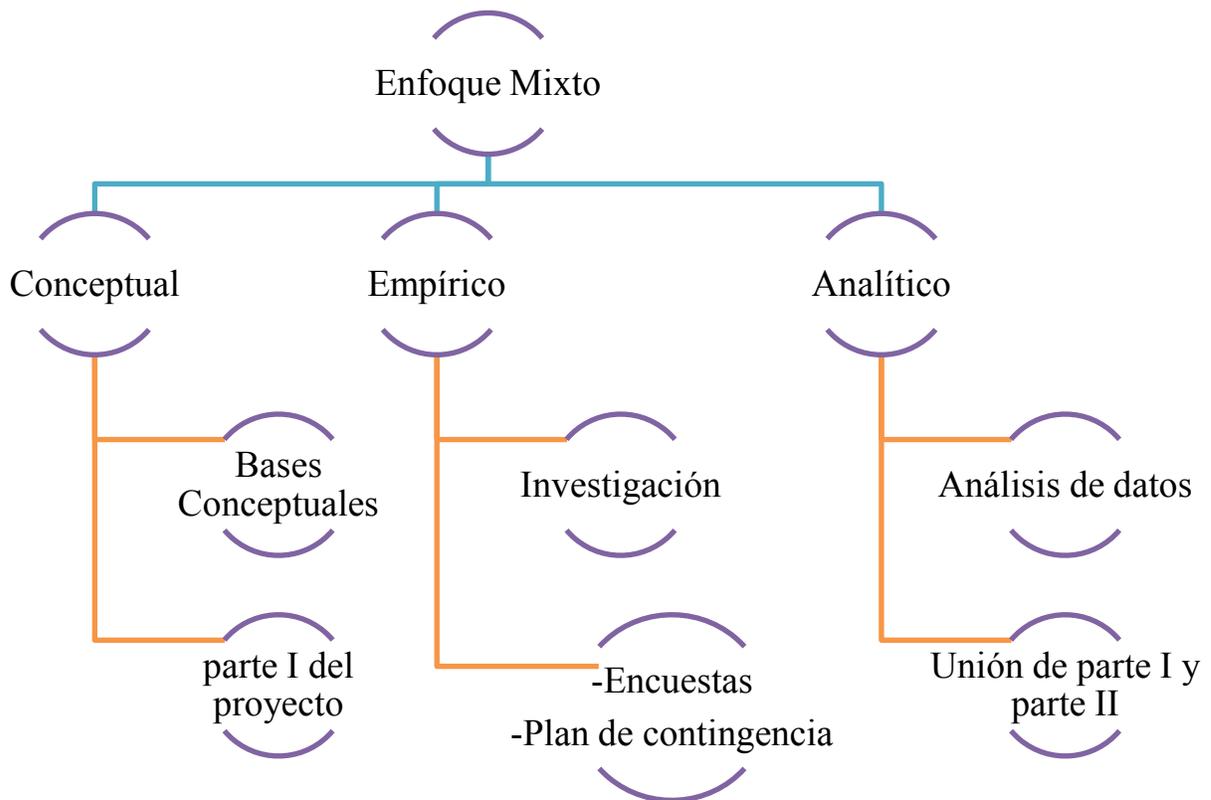


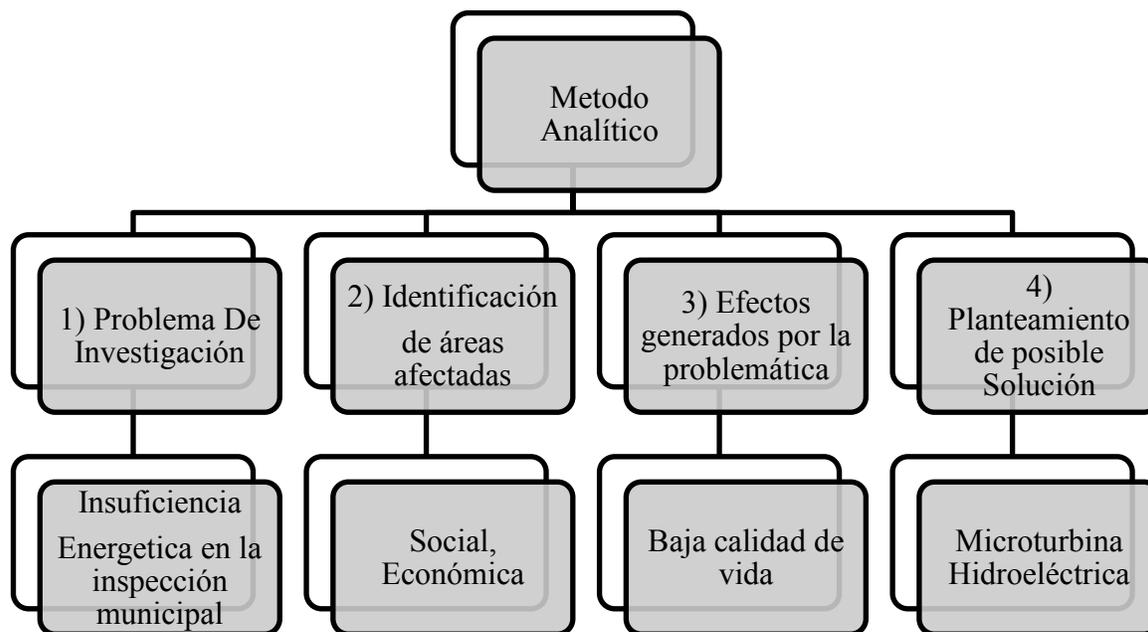
Figura 34 Enfoque del estudio

Fuente: Autor

## Método de investigación:

El estudio surgió a partir de la problemática energética identificada en la inspección municipal de San Joaquín, en la cual se evidencian constantes pérdidas del servicio energético y se caracteriza por tener afectaciones en dos ámbitos importantes: el primero se refleja en la vida social por el impedimento que se genera a causa de la falta de energía en actividades comunes de los habitantes de la población, el segundo se refleja en el aspecto económico a causa del cese de actividades comerciales en momentos en que se pierde el servicio público energético.

Partiendo de la idea anterior se asocia la metodología de la investigación con características que permiten catalogar de tipo analítica como se muestra en la siguiente figura.



*Figura 35 Enfoque del estudio*

*Fuente: Autor*

### Alcance de la investigación:

Entre los cuatro tipos de alcance, el estudio corresponde al exploratorio y al descriptivo. Cuando se habla de un alcance exploratorio se hace referencia al levantamiento de información que se realiza en un estudio, por otro lado, el termino descriptivo se relaciona con la reseña de una situación problema, y una contribución a dicho problema por medio de un estudio, dicha contribución en términos de observaciones descritas sin interferir directamente en el problema. Con base a lo anterior se parte de la idea de que el proyecto busca levantar información relevante para determinar la viabilidad de la implementación de la microturbina en San Joaquín, teniendo en cuenta el déficit energético que se encuentra. Por lo anterior el alcance de la del proyecto es exploratorio y descriptivo.



Figura 36 Alcance del estudio Fuente: Autor

En este punto, es de vital importancia especificar el alcance en términos específicos de proyecto (en sus dos partes), el estudio busca determinar si las características sociales, económicas, energéticas y ambientales son apropiadas para llevar a cabo la construcción de una microturbina hidroeléctrica para satisfacer la demanda energética de la inspección. Aspectos relacionados con la determinación de la construcción de la microturbina, la financiación de ella y en caso tal el seguimiento, corresponde a un trabajo externo o en otras palabras no tendrá cabida del estudio.



Figura 37 Delimitación del estudio Fuente: (Slachmuylders, 2015)

## Desarrollo metodológico por objetivos:

Es importante volver a mencionar el lugar planteado para llevar a cabo la construcción de la microturbina, dicha ubicación de coordenadas (4°38'27.3"N 74°31'06.7"W) fue propuesta desde la primera parte del presente estudio, en el que se especifica la metodología y el estudio técnico que permite plantear dicho sitio como punto viable para llevar a cabo el proyecto como se muestra a continuación:

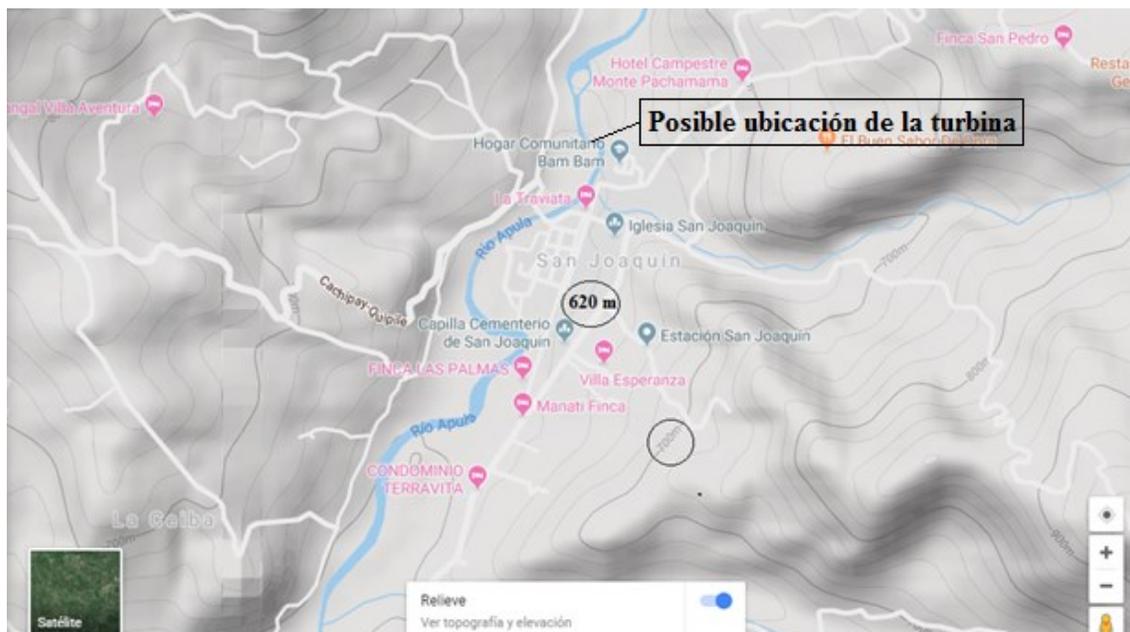


Figura 38 Ubicación planteada para la construcción de la microturbina en San Joaquín. Fuente: (Romero Ronderos, 2019)

Para llevar a cabo el estudio, como se mencionó anteriormente, el mismo se dividió en tres partes cada una haciendo referencia a los objetivos propuestos:

**Objetivo 1.** “Determinar la viabilidad de extender el proyecto de una microturbina hidroeléctrica como fuente energética a la población urbana y suburbana perteneciente a San Joaquín y el nivel de aceptación por parte de la comunidad que allí habita.”

Para el desarrollo de este objetivo fue necesario realizar una visita de campo a San Joaquín, con la intención de ejecutar entrevistas a algunas de las personas más que habitan en las zonas suburbanas de la inspección municipal, para determinar la hipótesis con respecto a el déficit energético de la zona (caseríos con bajos recursos) que se pueden encontrar en los límites del Río Apulo.

**Objetivo 2.** “Realizar un estudio de riesgos y amenazas que se puedan generar en la construcción y operatividad de la microturbina hidroeléctrica, base para el plan de contingencia”

Con respecto al segundo objetivo, la propuesta de un plan de contingencia se realizará por medio de un estudio con base al comportamiento (datos tomados en la parte I del

estudio) del Rio Apulo y las declaraciones de los habitantes de San Joaquín que habitan en zonas aledañas al río. Con base a estos datos se planteará el plan de contingencia según las situaciones que generen riesgo para el proyecto.

**Objetivo 3.** “Proponer el proyecto de microturbina a la alcaldía de la Mesa para financiación, en formatos establecidos por esa entidad, con la información generada en los estudios realizados por la Universidad el Bosque.”

Una vez se tengan los resultados del estudio con base a la información obtenida en la parte I y II del estudio, se buscará formular el proyecto a la Alcaldía de la Mesa, se realizará por medio de formatos establecidos por la misma Alcaldía, para expresar la información de todo el estudio de forma resumida y clara, de tal manera que la Alcaldía establezca la viabilidad de materializar el proyecto para la inspección municipal.

Teniendo en cuenta la metodología propuesta es preciso especificar las técnicas e instrumentos que se utilizaran en el estudio, como se muestra a continuación

### **Herramientas utilizadas: encuesta semiestructurada**

El levantamiento de información acerca de la opinión de la población con respecto al proyecto se hizo por medio de una encuesta semiestructurada a los habitantes de las zonas suburbanas las cuales se cree poseen igual déficit energético el casco urbano de San Joaquín, la encuesta contiene las siguientes preguntas:

- 1) ¿Cuánto tiempo lleva habitando San Joaquín?
- 2) ¿A qué se dedica?
- 3) ¿Realiza actividades frecuentemente en el río Apulo? ¿Cuáles y con qué frecuencia?
- 4) ¿Ha evidenciado en algún momento que el río haya estado totalmente seco?
- 5) ¿Usted cuenta actualmente con servicio energético/luz en su hogar?
- 6) ¿Conoce del termino energía limpia o energía alternativa? **(Es importante especificar que en este momento de la entrevista se explicó en cada caso el termino o se reforzó la idea según la respuesta que se obtuviera. Además, se enseñó brevemente la idea del proyecto.)**
- 7) ¿Estaría de acuerdo con la implementación del proyecto en el río Apulo para el beneficio de San Joaquín?

*Figura 39 Estructura de encuesta realizada a los habitantes de San Joaquín Fuente: Autor*

<b>Objetivo General</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Resultados Esperados</b>
Realizar la investigación complementaria y necesaria para plantear a la alcaldía de la Mesa el proyecto de implementación de una microturbina sobre el río Apulo, en la inspección municipal de San Joaquín, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.	1. Determinar la viabilidad de extender el proyecto de una microturbina hidro eléctrica como fuente energética a la población suburbana perteneciente a San Joaquín y el nivel de aceptación por parte de la comunidad que allí habita.	1. Visita de campo a San Joaquín 2. Entrevistas a los habitantes de San Joaquín.	1. Entrevistas 2. Análisis documental	1. Preguntas abiertas 2. Bitacora de campo	Determinar el nivel de aprobación por parte de los habitantes de San Joaquín con respecto a la implementación de la microturbina eléctrica en el río Apulo.
	2. Realizar un estudio de riesgos y amenazas que se puedan generar en la construcción y operatividad de la microturbina hidroeléctrica, base para el plan de contingencia.	1. Visita a IDEAM. 2. Entrevistas a los habitantes de San Joaquín. 3. Implementación de información recolectada en la parte I del estudio	1. Análisis documental 2. Entrevistas	1. Bases de datos institucionales 2. Preguntas abiertas	Consolidar una propuesta de plan de contingencia para comportamientos inusuales del río Apulo
	3. Proponer el proyecto de microturbina a la alcaldía de la Mesa para financiación, en formatos establecidos por esa entidad, con la información generada en los estudios realizados por la Universidad el Bosque.	1. Transcripción del estudio a formatos establecidos para presentar a la alcaldía de la Mesa	1. Análisis documental	1. Bases de datos institucionales	Generar formatos que contengan la información del estudio para presentar a la alcaldía de la Mesa

*Tabla 8 Resumen de técnicas e instrumentos de recolección y Análisis de información por objetivo. Fuente: Autor*

### **Variables Metodológicas:**

Con respecto a las variables metodológicas que se trabajan en el estudio es importante tener en cuenta tres dimensiones fundamentales, la dimensión social, económica y ecológica, cada una haciendo referencia a una variable como se muestra a continuación:

<b>Dimensión</b>	<b>Variable</b>	<b>Aspecto</b>
<b>Social</b>	Población San Joaquín	Aprobación del proyecto por parte de la población de San Joaquín.
<b>Económica</b>	Financiación	Financiación del proyecto por parte de la alcaldía de la Mesa.
	Mano de obra	Montaje del diseño de microturbina planteado por Turbulent en el río Apulo.
	Plan de contingencia	Recurso económico para actuar en caso de emergencias que se presenten en el río Apulo.
<b>Ecológica</b>	Suelo	Tipo de suelo apto para la construcción de la microturbina.
	Biodiversidad	Biodiversidad sin ningún tipo de afectación a partir del proyecto.
	Agua	Recurso hídrico (Río Apulo) para funcionamiento de la microturbina.

*Tabla 9 Variables metodológicas del estudio Fuente: Autor*

**Plan de trabajo:**

<b>Plan De Trabajo</b>					
<b>Objetivo</b>	<b>Actividad Principal</b>	<b>Sub- Actividades</b>	<b>Mecanismo</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Fin</b>
1. Determinar la viabilidad de extender el proyecto de una microturbina hidro eléctrica como fuente energética a la población suburbana perteneciente a San Joaquín y el nivel de aceptación por parte de la comunidad que allí habita.	Entrevista a los habitantes de San Joaquín	Recorrido de campo	Visita de campo a San Joaquín para entrevista a los habitantes	Análisis de resultados	Exhibición de resultados en la Universidad El Bosque
		Contextualización del estudio a habitantes	Explicación del concepto energías alternativas		
		Levantamiento de información del recurso energético en la zona	Preguntas tipo respuesta múltiple		
		Levantamiento de información de aprobación del estudio por la comunidad	Preguntas abiertas		
2. Realizar un estudio de riesgos y amenazas que se puedan generar en la construcción y operatividad de la micro turbina hidroeléctrica, base para el plan de contingencia.	Diseño de plan de contingencia	Recorrido de campo	Entrevista a habitantes aledaños al río Apulo	Análisis de resultados	Exhibición de resultados en la Universidad El Bosque
		Identificación de riesgos y diseño de plan de contingencia.	Recopilación de información acerca del comportamiento del Río.		
3. Proponer el proyecto de microturbina a la alcaldía de la Mesa para financiación, en formatos establecidos por esa entidad, con la información generada en los estudios realizados por la Universidad el Bosque.	Consolidación del estudio	Diligenciamiento del estudio para posible financiación	Organización de resultados	Análisis de resultados	Exhibición de resultados en la Universidad El Bosque
			Formulación de la propuesta de implementación de la microturbina hidroeléctrica en formatos		

*Tabla 10 Plan de trabajo por objetivo. Fuente: Autor*

## **Aspectos éticos:**

El proyecto fija sus principios éticos en dos áreas importantes, la primera hace referencia al ámbito ecológico y la segunda al aspecto social. El estudio busca adherirse a los principios establecidos en la ley 1715 de 2014 que regula la integración de energías renovables en el territorio nacional y en cumplimiento con los lineamientos de la ley 142 de 1994, artículo 2.1 en el cual se expresa la necesidad de “Garantizar la calidad del bien objeto del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios.” (Secretaría Senado, 1994).

Como se ha mencionado a lo largo de la investigación Colombia tiene gran cantidad de recurso hídrico, sin embargo, es común ver en diferentes zonas del país el déficit energético que muchas veces va acompañado en condiciones de vida críticas. Partiendo de esta idea la investigación genera un compromiso social no solamente para el caso de estudio si no para diferentes casos en el territorio nacional en los que la información recolectada para el proyecto junto con sus resultados puede generar aportes en diversas áreas de investigación.

Es importante resaltar que la investigación buscó también aportar a nuevos avances en el aspecto energético no solamente a nivel nacional, en muchos casos las características del país se encuentran en el continente latino americano, generando una contradicción con respecto a la ausencia de proyectos de este tipo con base a la capacidad de recursos que pueden ser utilizados de una forma sostenible para beneficio de la población en general.

Para finalizar cabe resaltar que el estudio no tiene como objeto ningún interés económico, es decir el proyecto plantea la viabilidad futura de ser financiado por el ente correspondiente es decir la alcaldía de la Mesa o por medio de fondos de regalías, el beneficio económico que se pueda generar con la implementación del proyecto en términos de ahorro energético recae directamente en la población de San Joaquín.

## **Resultados:**

Como ya se ha mencionado anteriormente, el proyecto se desarrolló con tres partes cada una relacionada con los objetivos propuestos, de esta manera se especifica el desarrollo de la metodología propuesta para cada uno junto con su resultado a continuación:

### **Objetivo 1: Encuesta a los habitantes de San Joaquín**

El día 25 de septiembre de 2019 se realizó la visita de campo a San Joaquín con el objetivo de interactuar con los habitantes de la zona suburbana acerca del déficit energético. Aproximadamente se encontraron 40 personas divididos en viviendas familiares de aproximadamente 6 personas. En cada familia se entrevistó la persona cabeza de hogar, es importante mencionar que, al momento de llegar, se pudo evidenciar la problemática planteada en el estudio, San Joaquín llevaba todo el día sin servicio energético.



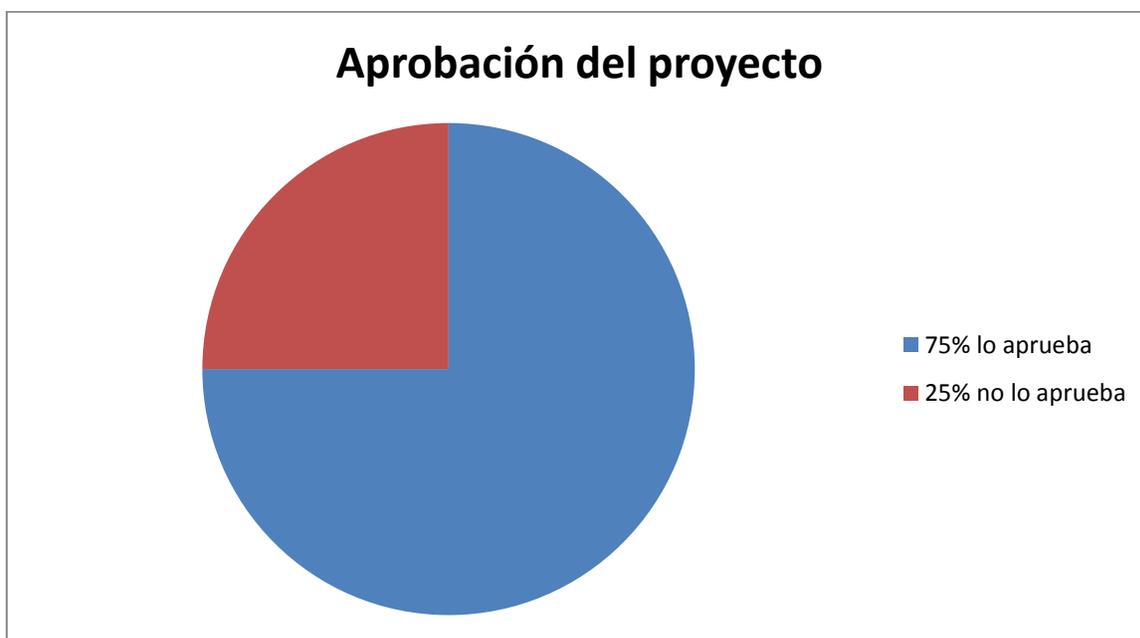
*Figura 40 Zona suburbana aledaña al río Apulo San Joaquín*



*Figura 41 Entrevista a habitantes zona sub urbana de San Joaquín Fuente: Autor*

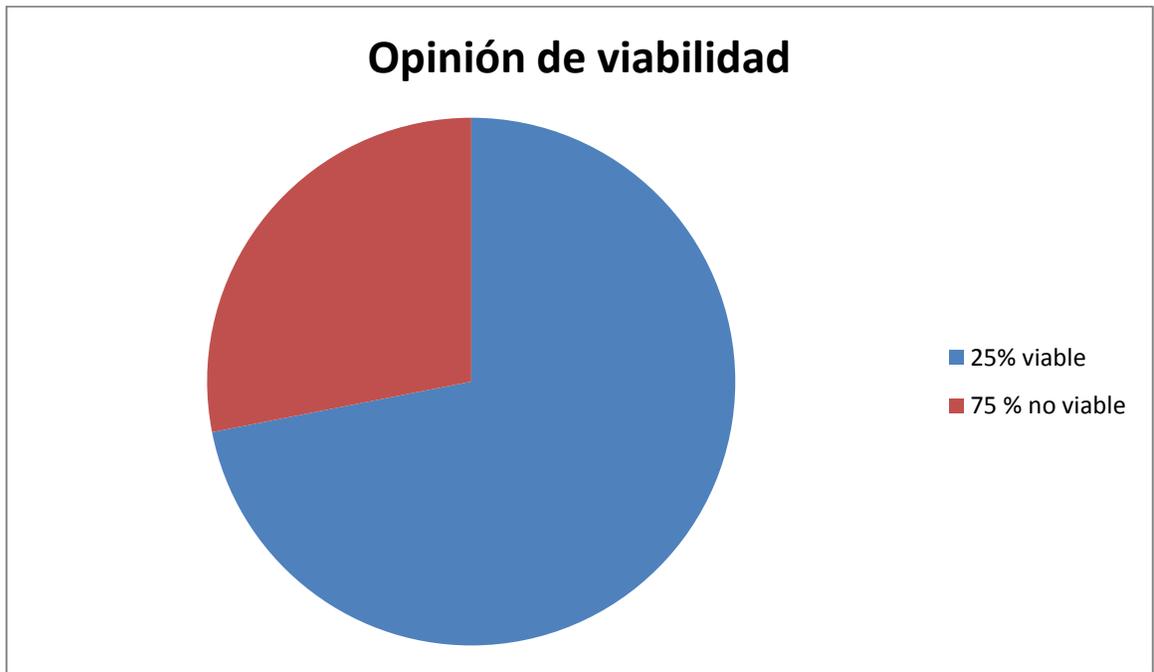
En total se encuestaron 8 personas en una jornada que duro aproximadamente 6 horas. Los resultados fueron:

A partir de las encuestas realizadas se obtuvieron los siguientes datos:



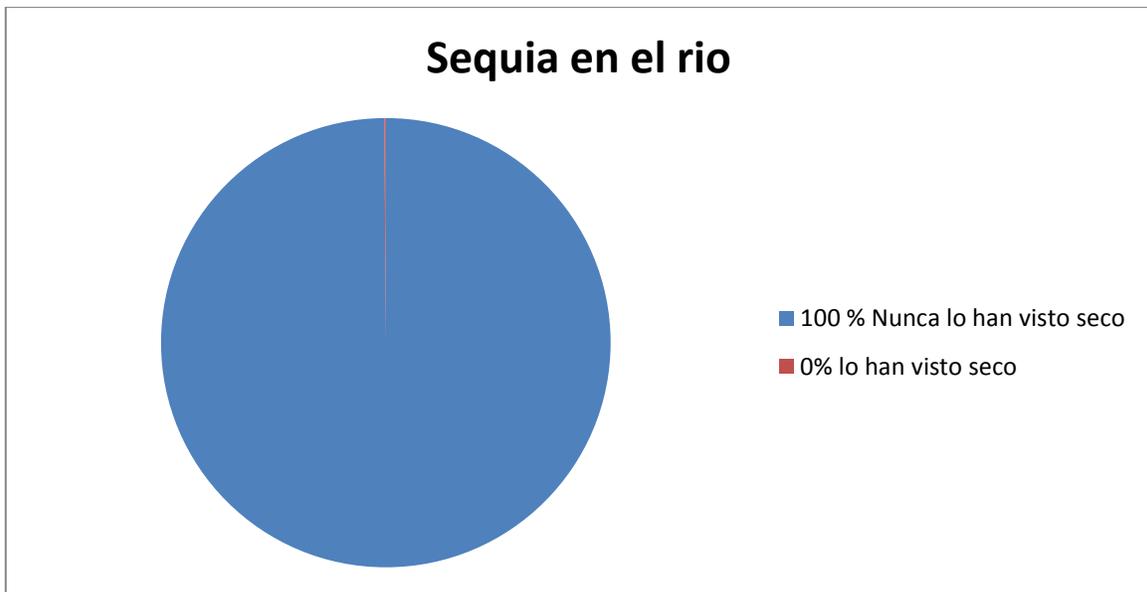
*Figura 42 Aprobación del proyecto fuente: autor*

- El 75% de las personas encuestadas están de acuerdo con la implementación del proyecto en el río Apulo, a su vez especifican que se debe cumplir con los lineamientos ambientales que el proyecto plantea.



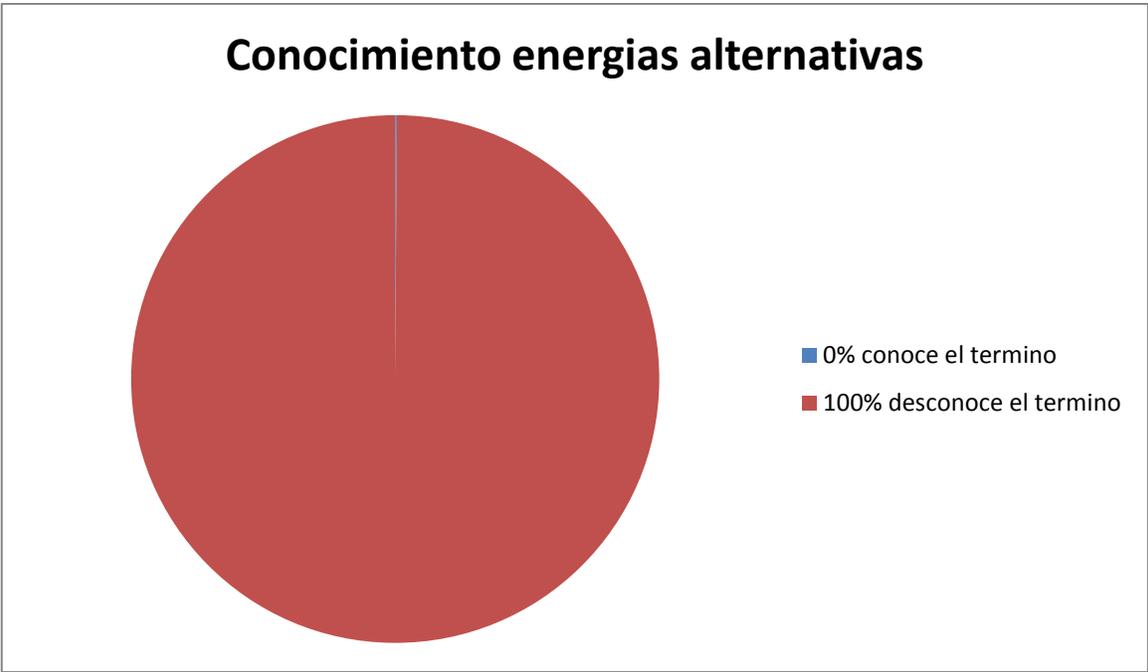
*Figura 43 Opinión de viabilidad fuente: autor*

- El 25 % de las personas encuestadas considera que el proyecto no es viable por términos económicos o insuficiencia del río Apulo.



*Figura 44 Sequia en el rio fuente: autor*

- El 100 % de la población afirma que el río nunca ha estado en condición de sequía a pesar de sus constantes bajas y crecidas.



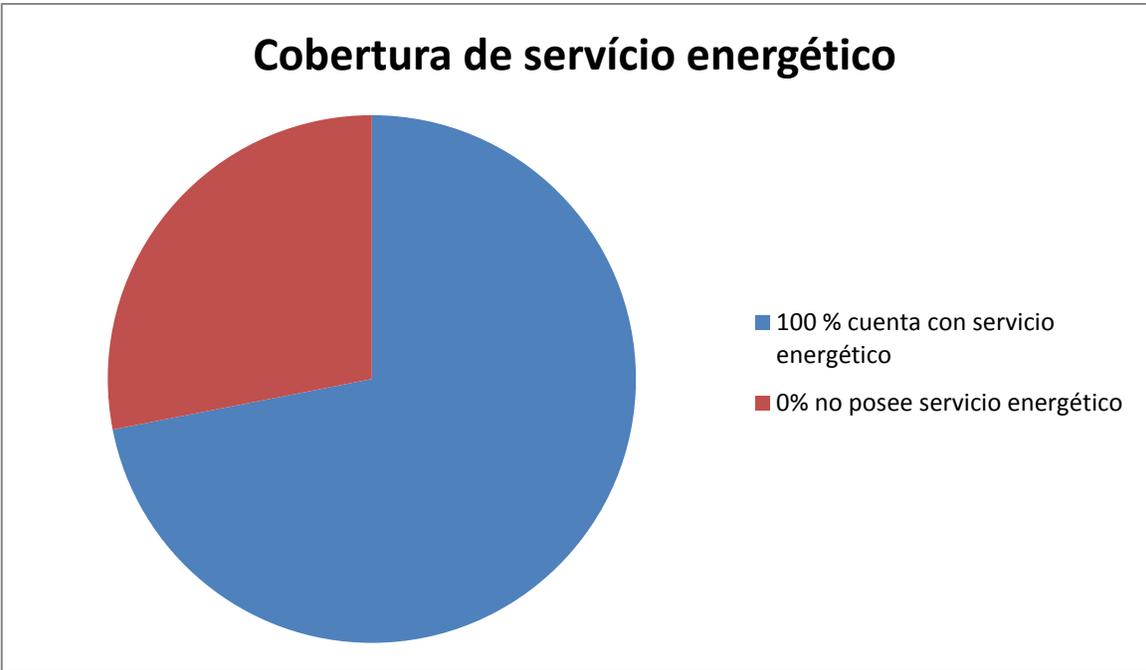
*Figura 45 Conocimiento energías alternativas fuente: Autor*

- El 100 % de la población encuestada no tenía conocimiento del concepto de energías alternativas o limpias.



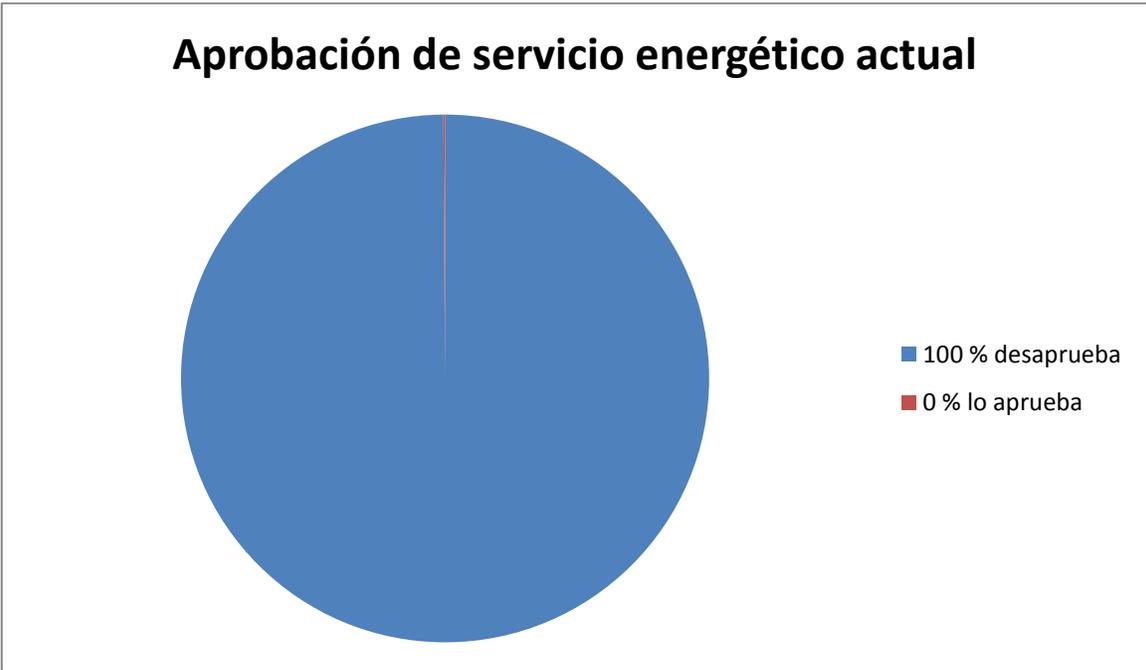
*Figura 46 Recreación en el rio fuente: Autor*

- El 25 % de la población encuestada realiza actividades de recreación en el rio.



*Figura 47 Cobertura servicio energético fuente: Autor*

- El 100 % de la población encuestada cuenta con servicio energético



*Figura 48 Aprobación del servicio energético actual fuente: Autor*

- EL 100% de la población encuestada está inconforme con el servicio energético que posee en la actualidad.



*Figura 49 Minería en el rio*

- El 25% de la población encuestada realiza trabajos de minería en el rio

Las anteriores encuestas muestran resultados preliminares de la actitud de la población suburbana hacia el proyecto. Debido a que de acuerdo al estudio técnico realizado por (Romero Ronderos, 2019), el proyecto podría beneficiar con su potencial a gran parte de la población urbana de la inspección municipal de San Joaquín. Por medio de estos resultados se puede concluir que la población suburbana (que no se tuvo en cuenta en la primera parte del estudio por su población reducida) se ve más afectada por el déficit energético, por esta razón es importante considerarla para el avance en la presentación del proyecto para su implementación, además se requieren estudios de mayor profundidad a nivel demográfico, social y económico de la población de San Joaquín, donde se tengan en cuenta además el esquema de ordenamiento territorial y el plan de desarrollo del municipio de La Mesa y sus particularidades para la inspección.

## **Objetivo 2: Plan de contingencia**

El plan de contingencia de un proyecto debe tener entre los elementos que los componen:

- 1) Evaluación de amenazas
- 2) Diagnóstico de riesgos
- 3) Estimación de probabilidad de ocurrencia
- 4) Análisis de vulnerabilidad

- 5) Estimación de nivel de amenaza
- 6) Plan de contingencia

Para llevar a cabo el desarrollo del plan de contingencia fue necesario identificar los riesgos que se generan en el momento de la construcción de la microturbina en el río. Para determinar dichos riesgos se evaluaron en principio las amenazas que se podrían generar a partir del contorno natural, el contorno operativo y el contorno sociocultural:

**1) Evaluación de amenazas:**

Las amenazas surgen de eventos que puedan suceder, dichos eventos pueden generar un daño directamente al proyecto y se dividen en general de la siguiente manera:

<b>Amenaza</b>	<b>Tipo</b>
Sismos	Natural
Deslizamientos	
Inundación	
Insuficiencia de caudal	
Avalancha	
Sequia	
Fallas del sistema	Operativa
Daño de infraestructura	
Atentado	Socio Cultural
Sabotaje	
Actividades impropias	

*Tabla 11 Tipos de amenazas con respecto a su origen Fuente: Autor*

- 2) **Diagnóstico de riesgos:** Para llevar a cabo el diagnóstico del riesgo se planteó una matriz que relaciona las amenazas descritas anteriormente con los eventos específicos que se pueden dar en la zona, dichos eventos surgen a partir de la idea de que ningún proyecto que se relacione con la generación eléctrica a partir del recurso hídrico, está libre de los riesgos presentados a continuación, además de acuerdo a la información recolectada por medio de la investigación teórica y la investigación practica (partes I y II) .El análisis de riesgos para el sistema de microturbina propuesto fue:

<b>Tipo</b>	<b>Amenaza</b>	<b>¿Qué pasa si?</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Circunstancia</b>	<b>Consecuencia</b>
<b>Natural</b>	Inundación	Hay una crecida súbita del río	Colapso de la microturbina por inundación	Precipitación elevada	Ausencia de recurso energético para la población + pérdidas económicas
<b>Natural</b>	Sismo	Se da un evento sísmico	Dstrucción de la construcción de la microturbina por evento sísmico	Desplazamiento del terreno	Ausencia de recurso energético para la población + pérdidas económicas
<b>Natural</b>	Deslizamiento o avalancha	Hay arrastre de piedras en el río	Dstrucción de la microturbina por choque con rocas a causa de deslizamientos	Fuertes corrientes	Ausencia de recurso energético para la población + pérdidas económicas
<b>Natural</b>	Sequia	Hay sequía en el río	Insuficiencia del caudal del río por sequía para la microturbina	Baja precipitación	Ausencia de recurso energético para la población
<b>Operativa</b>	Mal funcionamiento del sistema	El sistema falla	Detención de la microturbina por falla interna en el sistema	Daño en el sistema	Ausencia de recurso energético para la población + pérdidas económicas
<b>Operativa</b>	Infraestructura mal construida	Deteriora la infraestructura	Detención de la microturbina por deterioro de la infraestructura	Infraestructura quebranta	Ausencia de recurso energético para la población + pérdidas económicas
<b>Socio cultural</b>	Atentado	Se realiza un atentado al proyecto	Daño de la microturbina a causa de atentado	Atentado a la microturbina por intereses socioeconómicos	Ausencia de recurso energético para la población+ pérdidas económicas
<b>Socio cultural</b>	Actividades impropias	Hay minería en el río	Daño de la microturbina por arrastre de piedras y objetos a causa de minería	Intereses socioeconómicos	Ausencia de recurso energético para la población+ pérdidas económicas
<b>Socio cultural</b>	Actividades impropias	Hay residuos sólidos en el río	Taponamiento del sistema a causa de residuos sólidos en la microturbina	Vertimientos al río	Ausencia de recurso energético para la población

*Tabla 12 Diagnostico de riesgos y consecuencias por tipo de amenaza. Fuente: Autor*

### 3) Estimación de la probabilidad de ocurrencia:

Una vez se realizó el diagnóstico de riesgos, se procedió a realizar la estimación de probabilidad de ocurrencia de cada una de las amenazas con el objetivo de determinar los mayores riesgos. Dicha estimación se valoró por un puntaje de 1 a 5, donde 5 significa el grado de probabilidad de ocurrencia de la amenaza más alto y 1 el más bajo. A continuación, se muestra las especificaciones del rango de la estimación de la probabilidad de ocurrencia utilizado:

<b>Puntos</b>	<b>Grado</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Nivel de ocurrencia</b>
5	Muy alta	Frecuente	Posibilidad de ocurrencia alta reiterativamente	Más de 1 evento al mes
4	Alta	Probable	Posibilidad de ocurrencia media, se presenta alguna veces	Hasta 1 evento cada 6 meses
3	Media	Ocasional	Posibilidad de ocurrencia media, se presenta alguna veces	Hasta 1 evento al año
2	Baja	Remoto	Posibilidad de ocurrencia baja, se presenta esporádicamente	Hasta 1 caso cada 5 años
1	Muy baja	Improbable	Posibilidad de ocurrencia baja, se presenta en forma excepcional	Hasta 1 caso cada 10 años o más

*Tabla 13 Rangos de probabilidad de ocurrencia*

*Fuente: Autor*

En ese orden de ideas se realizó la estimación de probabilidad de ocurrencia para cada riesgo, dicha probabilidad de ocurrencia se basó en los datos obtenidos en la parte I del estudio de la siguiente manera:

1) Colapso de la microturbina por inundación:

Como se expuso en los registros mencionados en el presente documento, acerca de la precipitación de la zona, en las temporadas de (septiembre- octubre) y (febrero-marzo) se evidencian registros de precipitación alta, además por medio de la información recolectada por las entrevistas, se concluye que la probabilidad es de grado alta, ya que tiene probabilidad de presentarse inundación en 1 evento cada seis meses.

2) Destrucción de la construcción de la microturbina por evento sísmico:

Según el Servicio Geológico Colombiano San Joaquín se encuentra en una zona donde la percepción del movimiento sísmico es muy fuerte, sin embargo, no se encontraron registros de sismos que hayan afectado la zona en al menos 20 años. El nivel de ocurrencia es remoto, la probabilidad de ocurrencia baja.

3) Destrucción de la microturbina por choque con rocas a causa de deslizamientos:

Los deslizamientos se relacionan directamente con las pendientes del terreno, y la precipitación de la zona. San Joaquín presenta dos épocas de precipitación alta como se ha mencionado, además las pendientes encontradas en la primera parte del estudio muestran que la mayor parte del terreno es inclinado como se muestra a continuación:

Grado (%)	Relieve	Símbolo	Área (ha)	Porcentaje %
0-3	Plano, plano cóncavo y ligeramente plano	A	541.36	1.12
3-7	Ligeramente inclinado, ligeramente ondulado	B	1891.12	3.9
7-12	Ondulado, inclinado	C	4545.86	9.37
12-25	Fuertemente ondulado, fuertemente inclinado	D	18138.27	37.39
25-50	Fuertemente quebrado	E	17036.21	35.12
50-75	Escarpado	F	4871.90	10.04
>75	Muy Escarpado	G	1480.77	3.05
/	Embalses principales	CA	/	/

Tabla 14 Distribución territorial de los diferentes rangos de pendiente para la subcuenca Río Apulo .Fuente (Romero Ronderos, 2019)

En ese orden de ideas el nivel de ocurrencia en este caso es de 2 veces al año otorgándose una probabilidad alta.

- 4) Insuficiencia del caudal del río por sequía para la microturbina:  
Nuevamente se hace referencia a los registros de precipitación expuestos, donde se evidencian dos épocas de verano al año, el riesgo es de nivel alto
- 5) Detención de la microturbina por falla interna en el sistema:  
Como se evidencia en los documentos de la parte I y II del estudio, Turbulent plantea un sistema de revisión periódica y mantenimiento la probabilidad es baja.
- 6) Detención de la microturbina por deterioro de la infraestructura:  
Según el Servicio Geológico Nacional, el municipio de la Mesa registra una percepción del movimiento muy fuerte, aspecto que puede causar deterioro de la infraestructura de la microturbina propuesta. El riesgo es medio.
- 7) Daño de la microturbina a causa de atentado:  
Los comportamientos vandálicos no son comunes en la inspección municipal, sin embargo, conflictos de intereses pueden generar comportamiento inadecuados en contra del proyecto. El riesgo es muy bajo.
- 8) Daño de la microturbina por arrastre de piedras y objetos a causa de minería:  
En las encuestas realizadas se encontró que una de las actividades que se llevan en el río (A pesar de estar prohibida) es a minería, la probabilidad de daño a la microturbina por arrastre de piedras procedentes de actividades mineras es alta.
- 9) Taponamiento del sistema a causa de residuos sólidos en la microturbina:  
La falta de cultura ambiental puede causar constantes desechos de residuos sólidos voluntaria e involuntariamente, (Dicha actividad también es prohibida aspecto que puede generar el taponamiento de las vías de acceso de agua a la microturbina provocando la detención de esta. El grado del riesgo es muy alto

Riesgo	Puntos	Grado	Nivel de ocurrencia	Análisis
Colapso de la microturbina por inundación	4	Alta	Hasta 1 evento cada 6 meses	Según los datos obtenidos, a través de los registros meteorológicos de la zona los cuales dicen que hay temporadas del año donde hay gran precipitación, y por medio de las encuestas en las cuales habitantes de la zona aseguran que el rio tiene comportamientos de crecimiento fuerte se concluye que el grado de riesgo es medio.
Dstrucción de la construcción de la microturbina por evento sísmico	2	Baja	Hasta 1 caso cada 5 años	Según el Servicio Geológico Nacional, la ubicación del municipio de la Mesa hace que el riesgo sísmico sea de nivel medio.
Dstrucción de la microturbina por choque con rocas a causa de deslizamientos	4	alta	Hasta 1 caso cada 5 años	Según el Servicio Geológico Nacional, el municipio de la Mesa registra una percepción del movimiento muy fuerte, lo que podría causar eventualmente algunos deslizamientos.
Insuficiencia del caudal del rio por sequía para la microturbina	4	Alto	Hasta 1 caso cada 5 años	Según los datos obtenidos, a través de los registros meteorológicos de la zona junto con la encuesta realizada, a pesar de que San Joaquín cuenta con una época de verano en la que decrece el Rio, nunca se ha generado sequia total en el mismo.
Detención de la microturbina por falla interna en el sistema	2	Baja	Hasta 1 caso cada 5 años	El diseño de la microturbina propuesto por Turbulent asegura una vida útil de 30 años siguiendo las recomendaciones de mantenimiento de la compañía.

<b>Riesgo</b>	<b>Puntos</b>	<b>Grado</b>	<b>Nivel de ocurrencia</b>	<b>Análisis</b>
Detención de la microturbina por deterioro de la infraestructura	3	Media	Hasta 1 evento al año	Según el Servicio Geológico Nacional, el municipio de la Mesa registra una percepción del movimiento muy fuerte, aspecto que puede causar deterioro de la infraestructura de la microturbina propuesta
Daño de la microturbina a causa de atentado	1	Muy baja	Hasta 1 caso cada 10 años o más	Los comportamientos vandálicos no son comunes en la inspección municipal, sin embargo conflictos de intereses pueden generar comportamiento inadecuados en contra del proyecto.
Daño de la microturbina por arrastre de piedras y objetos a causa de minería	4	Alta	Hasta 1 evento cada 6 meses	La minería es uno de los oficios que se evidencian en varias familias de personas encuestadas, diferentes tipos de piedras de tamaño menor transportadas por el caudal del río podría causar daños en los componentes de la microturbina.
Taponamiento del sistema a causa de residuos sólidos en la microturbina	5	Muy alta	Más de 1 evento al mes	En el río se llevan actividades diarias para múltiples personas de la zona, la falta de cultura ambiental puede causar constantes desechos de residuos sólidos voluntaria e involuntariamente, aspecto que puede generar el taponamiento de las vías de acceso de agua a la microturbina provocando la detención de esta.

*Tabla 15 Probabilidad de ocurrencia por riesgo específico*

Fuente: Autor

#### 4) Análisis de vulnerabilidad:

Para llevar a cabo el análisis se le otorgo un nivel de vulnerabilidad a la microturbina nuevamente teniendo en cuenta cada riesgo específico. La evaluación de dicha vulnerabilidad se basó en:

NIVEL	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS VULNERABLES		PUNTOS
	Daño de la microturbina	Pérdidas Materiales	
Muy alto	Daño irreparable	Catastrófica > 20%	5
Alto	Daño Mayor	Grave Entre el 10% y el 20%	4
Medio	Daño localizado	Severo Entre el 5% y el 10%	3
Bajo	Daño menor	Importante Entre el 3% y el 5%	2
Muy Bajo	Ningún Daño	Marginal < 3%	1

*Tabla 16 Descripción de rangos de vulnerabilidad*

*Fuente: Autor*

De acuerdo con lo anterior se evaluó la vulnerabilidad de la microturbina para cada riesgo específico, los resultados fueron:

<b>Riesgo</b>	<b>Puntos</b>	<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	<b>Análisis</b>
Colapso de la microturbina por inundación	2	Bajo	En caso de inundación se generaría un daño menor a la microturbina.
Dstrucción de la construcción de la microturbina por evento sísmico	4	Alto	En caso de evento sísmico se generaría un daño mayor.
Dstrucción de la microturbina por choque con rocas a causa de deslizamientos	5	Muy Alto	En caso de choque contra rocas se generaría un daño irreparable en la microturbina.
Insuficiencia del caudal del rio por sequía para la microturbina	1	Muy Bajo	No se generaría ningún daño en la microturbina a causa de sequía.
Detención de la microturbina por falla interna en el sistema	3	Medio	Se generaría un daño localizado en la microturbina.
Detención de la microturbina por deterioro de la infraestructura	3	Medio	Se generaría un daño localizado en la infraestructura de la microturbina.
Daño de la microturbina a causa de atentado	4	Alto	En caso de algún atentado a la microturbina se generaría un daño mayor.
Daño de la microturbina por arrastre de piedras y objetos a causa de minería	3	Medio	En caso de obstrucción de piedras provenientes de minería en el rio se generaría un daño localizado en la microturbina.
Taponamiento del sistema a causa de residuos sólidos en la microturbina	2	Bajo	Se generaría un daño menor en la microturbina a causa del taponamiento.

*Tabla 17 Vulnerabilidad de la microturbina por riesgo.*

*Fuente: Autor*

### 5) Estimación del nivel de amenaza:

Una vez realizado el análisis de los riesgos y de la vulnerabilidad de la microturbina ante esos riesgos, se procedió a estimar el nivel de amenaza para cada caso, dicha estimación se calculó por medio de la siguiente formula:

$$\frac{(Probabilidad \times Vulnerabilidad)}{25} \times 100 = Nivel \ de \ amenaza$$

Figura 50 Ecuación estimación del nivel de amenaza

Fuente: ( Gomez Rendon, 2019)

Remplazando en la formula se obtiene para cada caso:

Riesgo	Probabilidad	Vulnerabilidad	Nivel de amenaza %
Colapso de la microturbina por inundación	4	2	32
Destrucción de la construcción de la microturbina por evento sísmico	2	4	32
Destrucción de la microturbina por choque con rocas a causa de deslizamientos	4	5	80
Insuficiencia del caudal del rio por sequía para la microturbina	4	1	16
Detención de la microturbina por falla interna en el sistema	2	3	24
Detención de la microturbina por deterioro de la infraestructura	3	3	36
Daño de la microturbina a causa de atentado	1	4	16
Daño de la microturbina por arrastre de piedras y objetos a causa de minería	4	3	48
Taponamiento del sistema a causa de residuos sólidos en la microturbina	5	2	40

Tabla 18 Calculo de amenaza por riesgo.

<b>NIVEL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Muy alto	Amenazas con muy alta probabilidad de ocurrencia y consecuencias altamente significativas. Valores entre el 81% y el 100%
Alto	Amenazas con alta probabilidad de ocurrencia y consecuencias significativas. Valores entre el 61% y el 80%
Medio	Amenazas con probabilidad moderada de ocurrencia y consecuencias moderadas. Valores entre el 36% y el 60%
Bajo	Amenazas con probabilidad baja de ocurrencia y consecuencias bajas. Riesgo entre el 11% y el 35%
Muy Bajo	Amenazas con probabilidad muy baja de ocurrencia y sin consecuencias. Valores menores o iguales al 10%.

*Tabla 19 Descripción de niveles de amenaza Fuente: ( Gomez Rendon, 2019)*

Tomando en cuenta los resultados en porcentaje de amenaza por riesgo se define cada uno de la siguiente manera:

En ese orden de ideas los resultados de las amenazas por riesgo específico son:

<b>Riesgo</b>	<b>Porcentaje de amenaza</b>	<b>Nivel de amenaza</b>
Colapso de la microturbina por inundación	32 %	Bajo
Dstrucción de la construcción de la microturbina por evento sísmico	32 %	Bajo
Dstrucción de la microturbina por choque con rocas a causa de deslizamientos	80 %	Alto
Insuficiencia del caudal del rio por sequía para la microturbina	16%	Bajo
Detención de la microturbina por falla interna en el sistema	24 %	Bajo
Detención de la microturbina por deterioro de la infraestructura	36 %	Medio
Daño de la microturbina a causa de atentado	16 %	Bajo
Daño de la microturbina por arrastre de piedras y objetos a causa de minería	48 %	Medio
Taponamiento del sistema a causa de residuos sólidos en la microturbina	40 %	Medio

*Tabla 20 Nivel de amenaza por riesgo. Fuente: Autor*

Por último, se realizó una interpretación de los resultados.

<b>NIVEL</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>
Muy Alto	Riesgo intolerable para asumir, requiere buscar alternativa y decide la Gerencia si se desarrolla o no la actividad.
Alto	<b>Si se decide realizar la actividad, deberá implementarse previamente un tratamiento especial en cuanto al nivel de control (Demostrar control de riesgo). Gerencia involucrada en decisión e investigación de incidentes.</b>
Medio	<b>Se deben tomar medidas para reducir el riesgo a niveles razonablemente prácticos, debe demostrarse el control del riesgo.</b>
Bajo	<b>Discutir y gestionar mejora de los sistemas de control y de calidad establecidos (permisos, ATS, procedimientos, lista de chequeo, responsabilidades y competencias, EPP, etc.).</b>
Muy Bajo	<b>Riesgo muy bajo, usar sistemas de control y calidad establecidos.</b>

*Tabla 21 Interpretación nivel medio bajo y muy bajo de amenaza*

*Fuente: ( Gomez Rendon, 2019)*

### **Plan de contingencia:**

Con respecto a los resultados obtenidos se realizó el plan de contingencia para cada uno de los riesgos específicos que se encontraron, el diseño del plan de contingencia dio mayor relevancia a los riesgos que se encontraron, así como amenazas de nivel medio. A partir de estas se proponen actividades preventivas las cuales son obligatorias para llevar a cabo el proyecto. Debido al nivel de amenazas identificadas se plantearon en la siguiente Tabla (Tabla 22), diversos tipos de acciones para prevenir, controlar y/o manejar posibles contingencias.

Riesgo	Nivel de amenaza	Acción Necesaria	Actividades preventivas	Actividades para tratar la contingencia
<b>Colapso de la microturbina por inundación</b>	Bajo	Discutir y gestionar mejora de los sistemas de control y de calidad establecidos.	<p>Se debe delegar personal que obtenga información semanal del comportamiento meteorológico por medio de información aportada por el IDEAM para obtener información de precipitaciones en la zona.</p> <p>Es importante que el diseño propuesto en la parte I del proyecto se le agregue ductos de evacuación de agua para casos eventuales de inundación.</p>	En caso de inundación por precipitación elevada, se debe inhabilitar la microturbina mientras se detiene el fenómeno, posteriormente se debe diagnosticar daños para determinar costos de reparación.
<b>Destrucción de la construcción de la microturbina por evento sísmico</b>	Bajo	Discutir y gestionar mejora de los sistemas de control y de calidad establecidos.	La construcción debe ser revisada periódicamente en sus cimientos para determinar posible desplazamiento de la misma.	En caso de evento sísmico se debe inhabilitar la microturbina mientras se detiene el evento, posteriormente diagnosticar daños para determinar costos de reparación.

Riesgo	Nivel de amenaza	Acción Necesaria	Actividades preventivas	Actividades para tratar la contingencia
<p><b>Destrucción de la microturbina por choque con rocas a causa de deslizamientos</b></p>	<p>Alto</p>	<p>Si se decide realizar la actividad, deberá implementarse previamente un tratamiento especial en cuanto al nivel de control (Demostrar control de riesgo). Gerencia involucrada en decisión e investigación de incidentes.</p>	<p>En épocas de lluvia se debe inspeccionar semanalmente el área de la microturbina con personal capacitado para determinar posibles deslizamientos. Ante posibles amenazas se debe inhabilitar la microturbina y remover los componentes más importantes de la misma.</p>	<p>En caso de deslizamiento se debe inhabilitar la microturbina mientras se detiene el evento, posteriormente diagnosticar daños para determinar costos de reparación.</p>
<p><b>Insuficiencia del caudal del río por sequía para la microturbina</b></p>	<p>Bajo</p>	<p>Discutir y gestionar mejora de los sistemas de control y de calidad establecidos.</p>	<p>Se debe delegar personal que obtenga información semanal del comportamiento meteorológico por medio de información aportada por el IDEAM para obtener información de precipitaciones en la zona.</p> <p>Se recomienda tener conexión a un sistema energético alternativo, que supla la necesidad energética en caso de sequía del río.</p>	<p>Generar conexión al sistema energético convencional mientras termina el suceso de sequía en el río.</p>

Riesgo	Nivel de amenaza	Acción Necesaria	Actividades preventivas	Actividades para tratar la contingencia
<b>Detención de la microturbina por falla interna en el sistema</b>	Bajo	Discutir y gestionar mejora de los sistemas de control y de calidad establecidos.	<p>Se debe seguir el plan de mantenimiento proporcionado por Turbulent.</p> <p>Se deben tener repuestos de la microturbina y personal capacitado para solucionar posibles inconvenientes por fallas del sistema.</p>	En caso de falla interna se debe inhabilitar la microturbina, realizar una evaluación de la causa de la falla por medio de personal capacitado y corregir el error a partir de los repuestos previamente obtenidos.
<b>Detención de la microturbina por deterioro de la infraestructura</b>	Medio	Se deben tomar medidas para reducir el riesgo a niveles razonablemente prácticos, debe demostrarse el control del riesgo.	Trimestralmente se plantea revisar la estructura de la microturbina con el objetivo de determinar posibles grietas y reforzar zonas de la infraestructura que lo necesiten.	Desmontar la microturbina y realizar un proceso de reconstrucción del diseño para garantizar la protección de la microturbina.

<b>Riesgo</b>	<b>Nivel de amenaza</b>	<b>Acción Necesaria</b>	<b>Actividades preventivas</b>	<b>Actividades para tratar la contingencia</b>
<b>Daño de la microturbina a causa de atentado</b>	Bajo	Discutir y gestionar mejora de los sistemas de control y de calidad establecidos.	Inspeccionar por medios digitales (Cámaras). Delimitar la zona de la microturbina, restringir el acceso a personal no autorizado.	Desmontar la microturbina y realizar un proceso de reconstrucción del diseño para garantizar la protección de la microturbina.
<b>Daño de la microturbina por arrastre de piedras y objetos a causa de minería</b>	Medio	Se deben tomar medidas para reducir el riesgo a niveles razonablemente prácticos, debe demostrarse el control del riesgo.	Inspeccionar por medios digitales (Cámaras) y realizar visitas periódicas en la zona aledaña a la microturbina, se sugiere realizar campañas de concientización de cuidado de la microturbina y generar sistemas de multas a las personas infractoras.	Desmontar la microturbina y realizar un proceso de reconstrucción del diseño para garantizar la protección de la microturbina.
<b>Taponamiento del sistema a causa de residuos sólidos en la microturbina</b>	Medio	Se deben tomar medidas para reducir el riesgo a niveles razonablemente prácticos, debe demostrarse el control del riesgo.	Realizar campañas de concientización a la población de San Joaquín, se debe realizar semanalmente jornadas limpieza de los ductos dan paso del caudal hacia la microturbina. Se debe construir una trampa de recolección que filtre el agua y no permita el acceso de residuos que puedan taponar la microturbina.	En caso de taponamiento de la microturbina se debe suspender su funcionamiento temporalmente, llevar al cabo el des taponamiento y verificar la inexistencia de residuos en los componentes de la microturbina.

*Tabla 22 Plan de contingencia Fuente: Autor*

**Objetivo 3: Formato de presentación para proyectos a Municipios.**

	<b>FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROYECTOS - MUNICIPIO -</b>	
	<b>ALCALDIA DE LA MESA</b>	<b>Fecha:</b>

<b><u>1. IDENTIFICACIÓN DEL PROPONENTE</u></b>	
Alcaldía: La Mesa	
Dependencia: Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas	
Dirección: Calle 8 Carrera 21 Esquina	
Correo electrónico: <a href="mailto:obras@lamesa-cundinamarca.gov.co">obras@lamesa-cundinamarca.gov.co</a>	Teléfono: (+57) (1) 8472225
Responsable (Representante Legal): Carlos Farid León Barreto	
<b><u>2. IDENTIFICACION DEL PROYECTO</u></b>	
Nombre del Proyecto	
<b>Implementación de una microturbina hidroeléctrica como fuente energética para la población del casco urbano de la Inspección municipal de San Joaquín ubicada en el municipio de La Mesa, Cundinamarca.</b>	
<b><u>LINEA EN LA OUE SE ENMARCA EL PROYECTO</u></b>	
Línea en la que se enmarca el proyecto de acuerdo con los lineamientos dados por el Ministerio de Cultura. Señale con una X. (Diligenciar una sola línea de inversión)	
<b>LINEA 1:</b> Registro de Proyectos de Generación de Energía Eléctrica Proyecto Hidroeléctrico	x
<b>LINEA 2:</b> Registro de Proyectos de Generación de Energía Eléctrica proyecto Térmico	
<b>LINEA 3:</b> Registro de Proyectos de Generación de Energía Eléctrica proyecto Biomasa	
<b>LINEA 4:</b> Registro de Proyectos de Generación de Energía Eléctrica proyecto Eólico	
Registro de Proyectos de Generación de Energía Eléctrica proyecto Solar	
<b>LINEA 6:</b> Registro de Proyectos de Generación de Energía Eléctrica proyecto Geotérmico.	

<b>3. PERFIL DE PROYECTO</b>
<b>Descripción</b> <i>(En qué consiste el proyecto, qué va hacer, para qué, porque es importante.)</i>
El proyecto propone realizar la construcción de una microturbina hidroeléctrica como solución ante el déficit energético de la inspección municipal de San Joaquín ubicada en el municipio de La Mesa Cundinamarca, para generar un beneficio en el ámbito económico y social por medio de tecnologías limpias y aprovechando los recursos naturales de la zona.
<b>Relación del Proyecto con el Plan de Desarrollo Municipal</b>
El plan de desarrollo de la alcaldía de La Mesa para el periodo 2016-2019 en su eje 4 denominado “ Si a la infraestructura estratégica para la competitividad” se relaciona directamente con el proyecto en sus programas : “ Programa juntos con servicios” que busca mejorar de forma significativa los servicios públicos prestados a la población, y el programa “ Si a la conservación y a la adaptación en equilibrio” refiriéndose a la evolución del municipio si atender con ninguno de los recursos naturales con los que cuenta”. Con respecto al Plan de Ordenamiento territorial .....
<b>Planteamiento del Problema</b> <i>(Cuál es la situación problema que hace necesario formular el proyecto, porque lo quiere solucionar, para qué lo quiere solucionar)</i>
La inspección municipal de San-Joaquín, ubicado en el municipio de La Mesa Cundinamarca presenta inconvenientes de insuficiencia del recurso energético, a partir de esta problemática se plantea buscar una fuente energética para la zona que satisfaga las necesidades de la población y que a su vez dicha fuente sea amigable con el ecosistema que se presenta en la zona.
<b>Antecedentes</b> <i>(Describa en orden cronológico las acciones, investigaciones y programas que han precedido este proyecto y que fueron pertinentes para su formulación )</i>
En antecedentes de este proyecto está el <i>Consideraciones tecnico ambientales para la implementación de una microturbina hidroeléctrica como fuente energética para la población del casco urbano de la Inspección municipal de San Joaquín ubicada en el municipio de La Mesa, Cundinamarca. parte I</i> realizado por la Universidad El Bosque en el primer semestre del 2019 y que dio como resultado la viabilidad para generar energía eléctrica a partir del rio Apulo. El proyecto se plantea con base a una microturbina hidroeléctrica prediseñada, fabricada por la empresa Turbulent que a nivel mundial ha sido ampliamente reconocida en los últimos años por su producción energética a partir de bajos caudales y por ser un ejemplo de energías limpias. Los principales proyectos compañía han sido realizados en: 2016-Piloto de 2.2kW. Cleerbeek, Bélgica 2017-Piloto de 15kW. Molino California. Donihue, Chile 2018-Piloto de 5kW. Cunco, Chile. 2018-Piloto de 15kW. Escuela verde de Bali. Bali, Indonesia 2019-Piloto de 5kW. Versailles, Francia.
<b>Justificación</b> <i>Argumente por qué es importante la realización del proyecto</i>
El proyecto plantea la construcción de una microturbina hidroeléctrica con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población de la Inspección municipal, brindando energía eléctrica permanente la cual provenga de una fuente limpia, en este caso energía hidroeléctrica contando como la fuente el Río Apulo. Esto permitirá desarrollar actividades comerciales y domésticas sin problema alguno disminuyendo la afectación socio-económica que se puede presentar por el déficit energético en la zona.

### **Metodología**

La metodología para realizar el estudio de la implementación de la microturbina hidroeléctrica se divide en dos partes, la primera estudia el potencial hídrico con el que cuenta la inspección municipal y determina la viabilidad del proyecto a partir de datos técnicos del río Apulo y necesidades energéticas específicas de San Joaquín. La segunda parte realiza un estudio de los aspectos sociales para determinar la aprobación del proyecto por parte de la población, en esta parte también se realiza un plan de contingencia para los riesgos y amenazas que puedan atender con la construcción y operatividad de la microturbina hidroeléctrica.

### **Objetivo General ¿Qué queremos lograr?**

Construcción de la microturbina hidroeléctrica tipo Turbulent, con capacidad de generación de  $667,946 \frac{kWh}{año}$  como fuente energética para la inspección municipal de San Joaquín, La Mesa Cundinamarca.

### **Objetivos Específicos Qué debemos hacer para cumplir el objetivo general.**

- Estudiar la hidrografía aledaña a la Inspección municipal de San Joaquín y sus potencialidades energéticas.
- Identificar la cantidad de energía que potencialmente puede proporcionar una microturbina hidroeléctrica, en relación a la satisfacción de las necesidades de la Inspección municipal de San Joaquín.
- Evaluar la viabilidad económica, social y ecológica para la implementación de un modelo de microturbina hidroeléctrica como generador energético.
- Determinar la viabilidad de extender el proyecto de una microturbina hidro eléctrica como fuente energética a la población suburbana perteneciente a San Joaquín y el nivel de aceptación por parte de la comunidad que allí habita.
- Realizar un estudio de riesgos y amenazas que se puedan generar en la construcción y operatividad de la microturbina hidroeléctrica, base para el plan de contingencia.
- Proponer el proyecto de microturbina a la alcaldía de la Mesa para financiación, en formatos establecidos por esa entidad, con la información generada en los estudios realizados por la Universidad el Bosque.

## Cronograma de actividades

	2018 - II																2019-I																2019- II																																			
	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mago				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Definicion tema de investigacion																																																																				
Determinacion lugar objeto estudio																																																																				
Planteamiento del problema																																																																				
Visita Alcaldia de la Mesa																																																																				
Levantamiento de informacion en San Joaquin																																																																				
Procesamiento de información del problema energético																																																																				
Visita al Rio Apulo																																																																				
Medición de caudal en el rio																																																																				
Diagnostico consumo energético en el municipio																																																																				
Toma de muestras de agua del rio																																																																				





**Presupuesto tiempo de construcción (1 mes)**

N. Personas	Formación Académica	Función dentro del proyecto	Dedicación Horas/ Día	Salario	Salario Total
2	Ingeniero Ambiental	Supervisar que el proyecto cumpla con los estándares medio ambientales propuestos	8	3'800'000 \$	7'600.000\$
3	Maestro de obra	Construcción de la turbina	8	1'500'000\$	4'500'000\$
1	Ingeniero civil	Supervisar la construcción de la turbina	8	3'800'000\$	3'800'000\$
#	Insumos	Costo			<b>Total 15' 900'000\$</b>
1	Componentes ofrecidos para la micro Turbina diseñada por Turbulent	300.000.000 \$			300'000'000\$
	<b>Total</b>				<b>315'900'000\$</b>
<b>Financiación</b>					
<b>Fuente</b>					<b>Valor</b>
Recursos Impuesto al consumo vigencias anteriores					\$
Recursos Impuesto al consumo vigencia actual					\$15'900.000
SGP Sistema General de Participaciones					\$
Estampilla Pro cultura Municipal					\$
Estampilla Pro cultura Departamental					\$
Regalias Municipio					\$50'000.000
Regalias Departamento					\$
Fondo Nacional de Regalias					\$200'000'000
Recursos Propios Municipio					\$
Recursos Propios Departamento					\$50'000.000
Cooperación Nacional					\$
Cooperación Internacional					\$
Recursos inversión Ministerio de Ambiente					\$
Programa Nacional de Concertación					\$
Otro recurso, Cual?					\$

Valor Total del Proyecto	\$ 315'900'000
<b>Anexos</b>	
Anexo 1: Documento Fase I del estudio	
Anexo 2: Documento Fase II del estudio.	
Nombres: Carlos Santiago Rocha Granados- Daniel Fernando Romero <del>Ronderos</del>	
Firma:	
<b>Espacio para diligenciamiento de la Entidad Responsable del Departamento RADICACION DEL PROYECTO</b>	
Nombre:	
Firma:	
Fecha de radicación del proyecto	Día:      Mes:      Año:
<b>4. VIABILIZACION DEL PROYECTO</b>	
<i>Nota: Para uso exclusivo de la Entidad Responsable</i>	
<b>CONCEPTO TECNICO Y FINANCIERO</b>	
FAVORABLE (Marque con una X)	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Nombre del Evaluador:	
Firma del Evaluador:	
Fecha de evaluación	Día:      Mes:      Año:
<b>CONCEPTO TECNICO DEL CONSEJO DEPARTAMENTAL DE INFRAESTRUCTURA Y OBRAS PUBLICAS</b>	
FAVORABLE (Marque con una X)	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Nombre del Secretario Técnico:	
Firma del Secretario Técnico:	
Número de la sesión del Consejo:	
Fecha de evaluación	Día:      Mes:      Año:
<b>VIABILIZACION</b>	
VIABILIZADO (Marque con una X)	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Nombre del Secretario de Infraestructura y Obras Públicas	
Firma del Secretario de Cultura: de Infraestructura y Obras Públicas	

## **Discusión de resultados:**

En el desarrollo de la parte I del estudio, se concluye por medio de un estudio técnico, que el Río Apulo cuenta con las características necesarias para satisfacer las condiciones que exige el modelo de microturbina propuesta por Turbulent, además que la producción energética que se generaría, supliría la demanda energética de CASCO URBANO de San Joaquín. En la presente parte, se logra determinar la viabilidad de la construcción de la microturbina en la zona suburbana por medio de la aprobación de parte de la población que se vería más expuesta a la construcción del proyecto de microturbina (Las personas que habitan en las laderas del punto escogido como posible ubicación). Las encuestas semiestructuradas permitieron tener claridad sobre el conocimiento y la actitud de las comunidades en relación con el proyecto y a pesar que se evidencio desconocimiento de la tecnología por parte de la comunidad, se resalta una actitud positiva hacia la implementación del mismo donde mediaron también opiniones de prevención en relación con posible corrupción que pueda desarrollarse en las instituciones públicas durante la construcción. La población encuestada de caracterizo por estar en la zona que se encuentra aledaña en el rio, donde los hogares poseen bajos recursos y las construcciones carecen de una buena infraestructura, sin embargo, todas estas construcciones tienen conexión eléctrica aspecto que no se esperaba por la ubicación de las mismas. En ese orden de ideas el proyecto aumenta su nivel de beneficio en San Joaquín y su población.

A partir del análisis técnico de la parte I se determinan riesgos de procedencia natural que pueden afectar la micro turbina , es por esto que la importancia del plan de contingencia para este tipo de proyectos es alta, además en la presente parte del estudio, arrojo resultados por medio del ejercicio de las encuestas que dan paso a otros aspectos sociales que pueden afectar a la micro turbina y se ignoraban por completo, entre ellos algunas actividades que se realizan en el rio ilícitamente como por ejemplo la actividad minera y el vertimiento de residuos al rio, generando inicialmente un impacto ambiental un riesgo de deterioro para el proyecto, aspecto que se debe corregir por medio de las autoridades, con un control más estricto, pero planteando alternativas a las personas que desarrollan las actividades si se tiene en cuenta que dichas personas llevan a cabo las actividades a causa de necesidades personales. Los demás riesgos mencionados en todo el estudio se generan para el proyecto hidroeléctrico en relación con la dinámica hidrológica. Partiendo de esta idea y por medio del reconocimiento de campo junto con la interlocución con las comunidades se pudo establecer el panorama de riesgos completo que condujo a la formulación del Plan de contingencia para ser aplicado durante la construcción y operación del proyecto. Es importante resaltar que en las visitas de campo realizadas por los autores se realizó avistamiento de otras problemáticas netamente ambientales, entre ellas el lavado con detergentes de ropa y accesorios en el rio por parte de las comunidades suburbanas, y vertimientos de aguas residuales directamente de las casas en el Río Apulo.

Del estudio realizado en la parte I y parte II se pudo formular un proyecto para la construcción de la microturbina para ser presentado por el municipio para las entidades de financiamiento con el fin de realizar la construcción del proyecto. La formulación de todo el proyecto busca seguir los lineamientos de la Alcaldía de la Mesa para proponer la implementación de la

microturbina en San Joaquín, en ese orden de ideas se realiza la exposición del proyecto por medio de formatos ESTABLECIDOS, de una manera resumida todo el estudio, adjuntando los documentos resultantes de las dos partes como sustento de investigación, sin embargo, al tratarse de un estudio de pre+

es claro que se debe realizar un estudio mucho más profundo el cual permita llevar el proyecto a un nivel de factibilidad completa.

### **Conclusiones y recomendaciones:**

A partir de los resultados de las dos partes, se concluye que el proyecto es viable en el factor técnico, natural y social. Sin embargo, la viabilidad económica la determinara la Alcaldía de la Mesa, pues el proyecto debe ser añadido algunos de los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial de dicho ente.

Debido a que el estudio realizado es de carácter técnico se requiere realizar un estudio completo y mucho más riguroso para que se pueda determinar la factibilidad del mismo. A partir del proyecto presentado a la Alcaldía de la Mesa, se deben sustanciar los marcos de referencia hidráulicos y proporcionar el diseño detallado del proyecto para el caso específico de la zona. Los elementos aportados en el presente estudio son básicos para complementar los antecedentes necesarios que permiten explorar la idea de esta energía alternativa en la zona para la siguiente parte del estudio que sería de factibilidad, necesaria para su implementación.

En el ejercicio de la investigación realizado se encontraron algunos inconvenientes que, aunque no son perjudiciales para el proyecto planteado en el estudio sirven como indicadores para que la alcaldía de la Mesa tome medidas ante aspectos como la minería, vertimientos al río, y lavado con detergentes, aspectos que afectan el medio ambiente. De esta manera debe intervenir el ente mencionado asegurando la protección del ecosistema de la zona de estudio. A partir de esta idea se recomienda realizar un mayor control de estas prácticas en el río, debido a la contaminación que se evidencia en la zona.

El estudio se sitúa en San Joaquín, pero diversos lugares del territorio nacional pueden presentar características similares con las cuales puede implementarse la energía alternativa de una manera amigable con los ecosistemas que se presentan. En ese orden de ideas se hace una invitación por medio de este documento a que este tipo de alternativas energéticas sean exploradas e implementadas en el país y se realicen más estudios técnicos en diferentes zonas del mismo.

## Referencias

- Gomez Rendon. (2019). Contingencia Ambiental. AccuWeather. (8 de Julio de 2019). *AccuWeather*. Recuperado el 8 de julio de 2019
- Alcaldía municipal de La Mesa, Cundinamarca. (2000). *Documento técnico*. Obtenido de plan básico de ordenamiento territorial del municipio de La Mesa: <http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/Documentos%20PDF/documento%20%20final.pdf>
- CAR. (20 de 12 de 2018). *Corporación Autónoma Regional*. Recuperado el 10 de julio de 2019, de Corporación Autónoma Regional: <https://www.car.gov.co/>
- Concejo municipal de La Mesa. (2001). *Plan de desarrollo municipal La Mesa, Cundinamarca*. Obtenido de [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pd\\_plan\\_de\\_desarrollo\\_la\\_mesa\\_cundinamarca\\_2001\\_2003\\_acuerdo\\_\(137\\_p%C3%A1g\\_367\\_kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pd_plan_de_desarrollo_la_mesa_cundinamarca_2001_2003_acuerdo_(137_p%C3%A1g_367_kb).pdf)
- Córdova, R. (2015). BREVE HISTORIA DE LAS TURBINAS HIDRÁULICAS. *Desde la ciencia*, 15.
- Córdova, Roberto. (2015). BREVE HISTORIA DE LAS TURBINAS HIDRÁULICAS. *Desde La Ciencia*, 14.
- Corporación Autónoma Regional. (2017). *Elaboración del diagnostico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica del rio Bogotá Subcuenca del rio Apulo*. Bogotá: Planeación Ecologica Ltda.
- Cruz, Á. P. (2011). *UNA CIUDADANÍA DESGARRADA*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Cruz, Á. P. (2011). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de UNA CIUDADANÍA DESGARRADA: Configuración y ejercicio de una ciudadanía campesina en el corregimiento de San Joaquín: <http://bdigital.unal.edu.co/5307/1/angelapatricianavarretacruz.2011.pdf>
- DATA, C. (22 de 12 de 2018). *Climate-Data*. Recuperado el 2 de agosto de 2019
- Ecoforest, & ecológica, P. (2003). *Elaboracion del diagnostico, prospectiva y formulacion de la cuenca hidrografica rio Bogotá, Subcuenca rio Apulo*. Obtenido de Corporacion Autonoma Regional de Cundinamarca: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac254af33ad3.pdf>
- Ecoforest, & ecológica, P. (2003). *Elaboracion del diagnostico, prospectiva y formulacion de la cuenca hidrografica rio Bogotá, Subcuenca rio Apulo*. Obtenido de Corporacion Autonoma Regional de Cundinamarca: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac254af33ad3.pdf>
- Educación, M. D. (4 de 08 de 2019). *Centro Virtual De Noticias Sobre Educación*. Recuperado el 6 de 6 de 2019, de <https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>
- Energía, M. D. (13 de 1 de 2019). *Minminas*. Recuperado el 3 de 7 de 2019, de Minminas: <https://www.minenergia.gov.co/>
- Iberdrola. (2008). *EFECTOS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA: ACCIONES PARA SU CONTROL Y CORRECCIÓN*. vizcaína de Bilbao: IBERDROLA.
- IDEAM. (22 de 9 de 2014). *IDEAM*. Recuperado el 3 de 7 de 2019, de <http://www.ideam.gov.co/>

- IDEAM, A. C. (12 de 12 de 2010). *IDEAM*. Recuperado el 3 de 6 de 2019, de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>
- Mesa, A. D. (9 de 8 de 2018). *La Mesa Cundinamarca*. Recuperado el 23 de 09 de 2019, de <http://www.lamesa-cundinamarca.gov.co>
- Romero Ronderos, D. F. (2019). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA TURBINA HIDROELÉCTRICA COMO FUENTE ENERGÉTICA PARA LA POBLACIÓN DEL CASCO URBANO DE LA INSPECCIÓN MUNICIPAL DE SAN JOAQUÍN UBICADA EN EL MUNICIPIO DE LA MESA, CUNDINAMARCA. FASE I*. Bogotá: Universidad El Bosque.
- Secretaria de planeación. (15 de agosto de 2017). Obtenido de La Mesa: [http://www.cundinamarca.gov.co/Home/SecretariasEntidades.gc/Secretariadeplaneacion/SecretariadeplaneacionDespliegue/asmapas\\_contenidos/csecreplanea\\_mapas\\_mapasdepart](http://www.cundinamarca.gov.co/Home/SecretariasEntidades.gc/Secretariadeplaneacion/SecretariadeplaneacionDespliegue/asmapas_contenidos/csecreplanea_mapas_mapasdepart)
- Secretaria Del Senado. (13 de mayo de 2014). *República De Colombia*. Obtenido de [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1715\\_2014.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html)
- Secretaria Senado. (11 de julio de 1994). *Congreso de la republica*. Obtenido de secretaria senado: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0142\\_1994.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0142_1994.html)
- Servicio Geológico Colombiano. (10 de 07 de 2019). Amenaza sísmica. La Mesa, Cundinamarca, Colombia.
- Slachmuylders, J. V.-G. (2 de 08 de 2015). *Turbulent Hydro*. Recuperado el 2 de 04 de 2019, de <https://www.turbulent.be>
- Turbulent. (27 de 09 de 2019). *Turbulent*. Recuperado el 23 de 8 de 2019, de <https://www.turbulent.be/about-us>

## Bibliografía

- Gomez Rendon. (2019). Contingencia Ambiental.
- AccuWeather. (8 de Julio de 2019). *AccuWeather*. Recuperado el 8 de julio de 2019
- Alcaldía municipal de La Mesa, Cundinamarca. (2000). *Documento técnico*. Obtenido de plan básico de ordenamiento territorial del municipio de La Mesa: <http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/Documentos%20PDF/documento%20%20final.pdf>
- CAR. (20 de 12 de 2018). *Corporación Autónoma Regional*. Recuperado el 10 de julio de 2019, de Corporación Autónoma Regional: <https://www.car.gov.co/>
- Concejo municipal de La Mesa. (2001). *Plan de desarrollo municipal La Mesa, Cundinamarca*. Obtenido de [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pd\\_plan\\_de\\_desarrollo\\_la\\_mesa\\_cundinamarca\\_2001\\_2003\\_acuerdo\\_\(137\\_p%C3%A1g\\_367\\_kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pd_plan_de_desarrollo_la_mesa_cundinamarca_2001_2003_acuerdo_(137_p%C3%A1g_367_kb).pdf)
- Córdova, R. (2015). BREVE HISTORIA DE LAS TURBINAS HIDRÁULICAS. *Desde la ciencia*, 15.
- Córdova, Roberto. (2015). BREVE HISTORIA DE LAS TURBINAS HIDRÁULICAS. *Desde La Ciencia*, 14.

- Corporación Autónoma Regional. (2017). *Elaboración del diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica del río Bogotá Subcuenca del río Apulo*. Bogotá: Planeación Ecológica Ltda.
- Cruz, Á. P. (2011). *UNA CIUDADANÍA DESGARRADA*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Cruz, Á. P. (2011). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de UNA CIUDADANÍA DESGARRADA: Configuración y ejercicio de una ciudadanía campesina en el corregimiento de San Joaquín:  
<http://bdigital.unal.edu.co/5307/1/angelapatricianavarretacruz.2011.pdf>
- DATA, C. (22 de 12 de 2018). *Climate-Data*. Recuperado el 2 de agosto de 2019
- Ecoforest, & ecológica, P. (2003). *Elaboración del diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica río Bogotá, Subcuenca río Apulo*. Obtenido de Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca:  
<https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac254af33ad3.pdf>
- Ecoforest, & ecológica, P. (2003). *Elaboración del diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica río Bogotá, Subcuenca río Apulo*. Obtenido de Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca:  
<https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac254af33ad3.pdf>
- Educación, M. D. (4 de 08 de 2019). *Centro Virtual De Noticias Sobre Educación*. Recuperado el 6 de 6 de 2019, de  
<https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>
- Energía, M. D. (13 de 1 de 2019). *Minminas*. Recuperado el 3 de 7 de 2019, de Minminas:  
<https://www.minenergia.gov.co/>
- Iberdrola. (2008). *EFECTOS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA: ACCIONES PARA SU CONTROL Y CORRECCIÓN*. vizcaína de Bilbao: IBERDROLA.
- IDEAM. (22 de 9 de 2014). *IDEAM*. Recuperado el 3 de 7 de 2019, de  
<http://www.ideam.gov.co/>
- IDEAM, A. C. (12 de 12 de 2010). *IDEAM*. Recuperado el 3 de 6 de 2019, de  
<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>
- Mesa, A. D. (9 de 8 de 2018). *La Mesa Cundinamarca*. Recuperado el 23 de 09 de 2019, de  
<http://www.lamesa-cundinamarca.gov.co>
- Romero Ronderos, D. F. (2019). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA TURBINA HIDROELÉCTRICA COMO FUENTE ENERGÉTICA PARA LA POBLACIÓN DEL CASCO URBANO DE LA INSPECCIÓN MUNICIPAL DE SAN JOAQUÍN UBICADA EN EL MUNICIPIO DE LA MESA, CUNDINAMARCA. FASE I*. Bogotá: Universidad El Bosque.
- Secretaría de planeación. (15 de agosto de 2017). Obtenido de La Mesa:  
[http://www.cundinamarca.gov.co/Home/SecretariasEntidades.gc/Secretariadeplaneacion/SecretariadeplaneacionDespliegue/asmapas\\_contenidos/csecreplanea\\_mapas\\_mapasdepart](http://www.cundinamarca.gov.co/Home/SecretariasEntidades.gc/Secretariadeplaneacion/SecretariadeplaneacionDespliegue/asmapas_contenidos/csecreplanea_mapas_mapasdepart)
- Secretaría Del Senado. (13 de mayo de 2014). *República De Colombia*. Obtenido de  
[http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1715\\_2014.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html)
- Secretaría Senado. (11 de julio de 1994). *Congreso de la república*. Obtenido de secretaria senado: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0142\\_1994.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0142_1994.html)
- Servicio Geológico Colombiano. (10 de 07 de 2019). Amenaza sísmica. La Mesa, Cundinamarca, Colombia.

Slachmuylders, J. V.-G. (2 de 08 de 2015). *Turbulent Hydro*. Recuperado el 2 de 04 de 2019, de <https://www.turbulent.be>  
Turbulent. (27 de 09 de 2019). *Turbulent*. Recuperado el 23 de 8 de 2019, de <https://www.turbulent.be/about-us>

## **Anexos:**

### **Respuesta a las encuestas:**

#### **Bayardo López Bejarano, Edad: 42 Años**

**a) ¿Cuánto tiempo lleva habitando San Joaquín?**

Yo vivo desde acá desde que nací, toda mi vida.

**b) ¿A qué se dedica?**

Me dedico a la minería y oficios varios.

**c) ¿Realiza actividades frecuentemente en el río Apulo? ¿Cuáles y con qué frecuencia?**

Claro que sí, el lavado de piedra es lo más común más o menos 4 veces a la semana, también algunas veces voy con mi familia cuando el sol está muy fuerte nos echamos un chapuzón.

**d) ¿Ha evidenciado en algún momento que el río haya estado totalmente seco?**

Nunca, el río se baja y se sube por temporadas, pero nunca ha estado totalmente seco.

**e) ¿Usted cuenta actualmente con servicio energético/luz en su hogar?**

Sí señor.

**f) ¿Conoce del termino energía limpia o energía alternativa?**

No la verdad no sé qué es eso.

**g) ¿Estaría de acuerdo con la implementación del proyecto en el río Apulo para el beneficio de San Joaquín?**

Pues desde que sea más barato si, la luz acá es muy cara.

#### **Fabio Marroquín, Edad: 55 Años**

**a) ¿Cuánto tiempo lleva habitando San Joaquín?**

Pues ahorita de nuevo 4 años, pero yo me fui en el 2000 de acá y volví otra vez, pues póngale que yo llevo por ahí 45 años.

**b) ¿A qué se dedica?**

Yo soy fontanero trabajo con el acueducto.

**c) ¿Realiza actividades frecuentemente en el río Apulo? ¿Cuáles y con qué frecuencia?**

Claro nosotros a toda hora trabajamos en el rio, pero no en el de acá.

**d) ¿Ha evidenciado en algún momento que el rio haya estado totalmente seco?**

Los tiempos han cambiado mucho y eso ya no se sabe, pero no, no lo he visto totalmente seco

**e) ¿Usted cuenta actualmente con servicio energético/luz en su hogar?**

Sí, eso viene de una empresa de la Mesa.

**f) ¿Conoce del termino energía limpia o energía alternativa?**

No.

**g) ¿Estaría de acuerdo con la implementación del proyecto en el rio Apulo para el beneficio de San Joaquín?**

Eso sería bueno sí señor, porque debe ser de pronto más económica.



*Figura 52 Entrevista a habitante de San Joaquín*

*Fuente: Autor*

**Alberto Penagos, Edad: 32 Años**

**a) ¿Cuánto tiempo lleva habitando San Joaquín?**

Yo llevo toda mi vida viviendo aquí.

**b) ¿A qué se dedica?**

Me dedico a oficios varios, lo que salga.

**c) ¿Realiza actividades frecuentemente en el rio Apulo? ¿Cuáles y con qué frecuencia?**

Pocas veces voy al rio, antes íbamos a bañarnos, pero ya casi no.

**d) ¿Ha evidenciado en algún momento que el río haya estado totalmente seco?**

Nunca se ha secado el río si baja arto, pero nunca se seca, y menos para esta época, a final de año se crece mucho.

**e) ¿Usted cuenta actualmente con servicio energético/luz en su hogar?**

Sí

**f) ¿Conoce del término energía limpia o energía alternativa?**

No.

**g) ¿Estaría de acuerdo con la implementación del proyecto en el río Apulo para el beneficio de San Joaquín?**

Yo creería que sería bueno acá se va mucho la luz y es cara, me gusta porque el pueblo crearía su energía propia.



*Figura 53 Entrevista a habitante de San Joaquín*

*Fuente: Autor*

**Silvia Rodriguez, Edad: 56 Años**

**a) ¿Cuánto tiempo lleva habitando San Joaquín?**

Todo el tiempo, toda la vida, 56 años.

**b) ¿A qué se dedica?**

Yo me la paso en la casa.

**c) ¿Realiza actividades frecuentemente en el río Apulo? ¿Cuáles y con qué frecuencia?**

No casi no.

**d) ¿Ha evidenciado en algún momento que el río haya estado totalmente seco?**

Cuando llega el verano si baja el agua pero seco seco no.

**e) ¿Usted cuenta actualmente con servicio energético/luz en su hogar?**

Si eso viene de la Mesa

**f) ¿Conoce del termino energía limpia o energía alternativa?**

No.

**g) ¿Estaría de acuerdo con la implementación del proyecto en el río Apulo para el beneficio de San Joaquín?**

Eso por acá no se ve, no se da, no sabría si es bueno o malo.

**Oscar Andrés Serrano, Edad: 37 Años**

**a) ¿Cuánto tiempo lleva habitando San Joaquín?**

Como 22 años o 23 años

**b) ¿A qué se dedica?**

Soy maestro de obra, contratista

**c) ¿Realiza actividades frecuentemente en el río Apulo? ¿Cuáles y con qué frecuencia?**

Frecuentemente no, pero si claro trabajamos con piedra, extracción para construcción, varias cosas.

**d) ¿Ha evidenciado en algún momento que el río haya estado totalmente seco?**

No, si se baja como ahorita pero no demora en volver a subir, esta demorado.

**e) ¿Usted cuenta actualmente con servicio energético/luz en su hogar?**

Si.

**f) ¿Conoce del termino energía limpia o energía alternativa?**

No, no he escuchado de eso

**g) ¿Estaría de acuerdo con la implementación del proyecto en el río Apulo para el beneficio de San Joaquín?**

Pues dependiendo de cómo lo vayan a manejar, por que digamos eso si lo manejan con una represa no, pero si solo es con la caudal agua, desde que no haya nada malo, hay veces uno dice si hágalo y al tiempo se da cuenta de lo que está aprobando está en contra del ambiente.



*Figura 54 San Joaquín sin servicio energético.*

*Fuente: Autor*

**Ana Del Pilar, Edad: 82 Años**

- a) **¿Cuánto tiempo lleva habitando San Joaquín?**  
Como desde el 65 (59 años)
- b) **¿A qué se dedica?**  
Comerciante de tienda
- c) **¿Realiza actividades frecuentemente en el río Apulo? ¿Cuáles y con qué frecuencia?**  
No
- d) **¿Ha evidenciado en algún momento que el río haya estado totalmente seco?**  
No, nunca
- e) **¿Usted cuenta actualmente con servicio energético/luz en su hogar?**  
Si. Pero el servicio es malo mire no mas no hay luz.
- f) **¿Conoce del término energía limpia o energía alternativa?**  
¿Qué es eso?
- g) **¿Estaría de acuerdo con la implementación del proyecto en el río Apulo para el beneficio de San Joaquín?**

Ese río no sirve para eso, hay veces que en dos meses no baja agua, además esos proyectos arrancan y se acaban por que nunca hay plata para construirlos.



*Figura 55 Fotografía de tienda sin servicio energético en San Joaquín*

*Fuente: Autor*

### **German Cuadrado, Edad: 63 Años**

- a) **¿Cuánto tiempo lleva habitando San Joaquín?**  
Como desde los 5 años toda la vida
- b) **¿A qué se dedica?**  
Acá al negocio y al campo tengo una finca.
- c) **¿Realiza actividades frecuentemente en el río Apulo? ¿Cuáles y con qué frecuencia?**  
No
- d) **¿Ha evidenciado en algún momento que el río haya estado totalmente seco?**  
Nunca, al revés siempre hay agua, cuando llueve mucho eso es temeroso porque son 3 ríos que vienen ahí.
- e) **¿Usted cuenta actualmente con servicio energético/luz en su hogar?**  
Si directo de la Mesa
- f) **¿Conoce del termino energía limpia o energía alternativa?**  
No ni idea

**g) ¿Estaría de acuerdo con la implementación del proyecto en el río Apulo para el beneficio de San Joaquín?**

A si eso es bueno porque además de energía ayudaría a la gente a que sea más limpia y además no bote basura al río, a nosotros eso es otra cosa que no nos gusta, la gente le gusta botar basura al río y eso nos molesta mucho.



*Figura 56 Fotografía de tienda sin servicio energético en San Joaquín*

*Fuente: Autor*

**Jeimy Ovalle, Edad: 29 Años**

**a) ¿Cuánto tiempo lleva habitando San Joaquín?**

Toda la vida

**b) ¿A qué se dedica?**

Al hogar

**c) ¿Realiza actividades frecuentemente en el río Apulo? ¿Cuáles y con qué frecuencia?**

Depende del clima si está en verano pues va uno de baño al río.

**d) ¿Ha evidenciado en algún momento que el río haya estado totalmente seco?**

Estuvo a punto de secarse, pero no nunca.

**e) ¿Usted cuenta actualmente con servicio energético/luz en su hogar?**

Si Codensa en la Mesa da ese servicio

**f) ¿Conoce del termino energía limpia o energía alternativa?**

No, no he escuchado de eso

**g) ¿Estaría de acuerdo con la implementación del proyecto en el río Apulo para el beneficio de San Joaquín?**

Si claro por beneficio de comunidad, pero, así como tú dices que no haya destrucción de la naturaleza.



*Figura 57 San Joaquín sin servicio energético Fuente Autor*



*Figura 58 Río Apulo y casas San Joaquín Fuente: Autor*



*Figura 59 Casas aledañas al río Apulo Fuente: Autor*



*Figura 60 Sendero al río Apulo Fuente: Autor*



*Figura 61 Carrilera antigua aledaña al Rio Apulo Fuente: Autor*



*Figura 62 Visita rio Apulo*

*Fuente Autores*