



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIEROS GEÓGRAFOS Y DEL MEDIO AMBIENTE**

**TEMA: “EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LAS OBRAS  
DE MITIGACIÓN ANTE EL FLUJO DE LAHARES DEL VOLCÁN  
COTOPAXI”**

**AUTORES:**

**CASTRO PÉREZ, ANDREA LEONOR**

**HIDALGO SULCA, SANTIAGO ANDRÉS**

**SANGOLQUÍ**

**2020**



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LAS OBRAS DE MITIGACIÓN ANTE EL FLUJO DE LAHARES DEL VOLCÁN COTOPAXI**” fue realizado por los señores *Castro Pérez, Andrea Leonor e Hidalgo Sulca, Santiago Andrés*, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 16 de Enero de 2020.

Ing. Masabanda Caisaguano, Marco Vinicio Ph.D.

C.C 1802179190



**ESPE**  
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, *Castro Pérez, Andrea Leonor e Hidalgo Sulca, Santiago Andrés*, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "Evaluación de impacto ambiental para las obras de mitigación ante el flujo de lahares del volcán Cotopaxi" es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 16 de Enero de 2020.

*Andrea Leonor Castro Pérez*

Andrea Leonor Castro Pérez

C.C: 1715619431

*Santiago Andrés Hidalgo Sulca*

Santiago Andrés Hidalgo Sulca

C.C: 0502564909



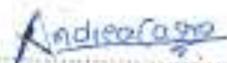
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

#### AUTORIZACIÓN

Nosotros, *Castro Pérez, Andrea Leonor e Hidalgo Sulca, Santiago Andrés*, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: Título: "Evaluación de impacto ambiental para las obras de mitigación ante el flujo de lahares del volcán Cotopaxi" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 16 de Enero de 2020.

  
.....  
*Andrea Leonor Castro Pérez*  
C.C: 1715619431

  
.....  
*Santiago Andrés Hidalgo Sulca*  
C.C: 0502564909

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por su apoyo y amor incondicional, en todo momento, en todo lugar.

A mi familia, por estar conmigo cuando más lo he necesitado.

A mis amigos, por haberme acompañado todos estos años, en los buenos y malos momentos.

**Santiago Hidalgo**

## DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mi familia y a mis amigos,

A mis padres Danilo y Diana por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes y a la dedicación de cuidarme y saberme guiar por un buen camino, incluido este logro. Me formaron con reglas y con algunas libertades confiando en mí, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para conseguir todos los sueños y objetivos que me propusiera, gracias por todo el amor recibido y la paciencia con la que cada día se preocupaban por mi avance y desarrollo de este proyecto.

A mi hermana, mi princesa, que con sus palabras de aliento me animaba a continuar cada día sin dar un paso atrás, preparándome para todas las adversidades que pudiera encontrarme y sobre todo brindándome su compañía en todo momento, te quiero.

A mis abuelitos, mis tíos y mis primos que mostrándome su preocupación y motivándome en cada paso para dar lo mejor de mí, brindándome su cariño estuvieron ahí desde un inicio hasta el final.

Mi familia es mi gran orgullo y siempre estaré agradecida por todo lo que han hecho por mí.

A mis amigos quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas, estando a mi lado todos estos años, apoyándome y dándome ánimos para que este sueño se haga realidad, gracias por darme una de las mejores etapas de mi vida y nuestras historias las llevaré a mi lado por siempre.

**Andrea Castro**

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por habernos permitido desarrollarnos como profesionales.

A nuestro director de tesis Ing. Marco Masabanda Ph.D. por habernos colaborado desde un inicio con la idea para el presente proyecto y con su conocimiento para elaborar el mismo.

A nuestros colaboradores, Ing. Miriam Hernández y el Ing. Oswaldo Padilla Ph.D., por colaborarnos con los conocimientos e insumos en el área de medio ambiente y de sistemas de información geográfica respectivamente.

**Andrea Castro**  
**Santiago Hidalgo**

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

CERTIFICACIÓN .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	i
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT .....	xxii
CAPITULO I: PROBLEMA.....	1
1.1.Planteamiento del problema .....	1
1.2.Antecedentes.....	1
1.3.Justificación e importancia.....	6
1.4.Objetivos .....	9
1.4.1.Objetivo general .....	9
1.4.2.Objetivos específicos.....	9

1.5. Metas .....	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	11
2.1.Volcán Cotopaxi.....	11
2.2.Historia eruptiva.....	11
2.3.Fenómenos asociados a la actividad volcánica .....	15
2.4.Sistemas de contención de flujo de lahares .....	16
2.5.Fases en la actividad de la construcción.....	16
2.6.Evaluación ambiental inicial .....	18
2.7.Evaluación de impactos ambientales.....	19
2.8.Ambiente como objeto de evaluación .....	21
2.9.Aspectos ambientales para la construcción .....	23
2.10.Impactos ambientales para la construcción .....	24
2.11.Metodologías para la evaluación de impactos ambientales .....	27
2.12.Atributos de evaluación de impacto ambiental .....	30
2.12.1.Criterio de valor .....	30
2.12.2.Criterio de incidencia .....	31
2.12.3.Criterio de lugar .....	32
2.12.4.Criterio de tiempo.....	32
2.12.5.Criterio de asimilación .....	33

2.12.6.Criterio de ocurrencia.....	33
2.12.7.Criterio de ambiente afectado .....	34
2.13.Planes de manejo ambiental .....	35
2.13.1.Plan de Prevención y Mitigación de Impactos, PPM.....	36
2.13.2.Plan de Manejo de Desechos, PMD.....	37
2.13.3.Plan de Comunicación y Capacitación PCC .....	38
2.13.4.Plan de Relaciones Comunitarias, PRC .....	38
2.13.5.Plan de Contingencias, PDC .....	39
2.13.6.Plan de Seguridad y Salud ocupacional, PSS.....	39
2.13.7.Plan de Monitoreo y Seguimiento, PMS.....	40
2.13.8.Plan de Rehabilitación, PRA .....	40
2.13.9.Plan de Cierre, Abandono y Entrega del Área, PCA .....	40
<b>CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL .....</b>	<b>42</b>
Sistema abiótico .....	42
3.1.Zonas de vida .....	42
3.2.Suelo.....	43
3.2.1.Taxonomía de suelos .....	43
3.2.2.Uso de suelo .....	44
3.2.3.Geología .....	46

3.2.4.Geomorfología .....	46
3.3.Áreas protegidas .....	47
3.4.Minería .....	49
3.5.Agua .....	50
3.5.1.Descripcion de las cuencas.....	50
3.5.2.Volumen del glaciar .....	52
3.5.3.Uso del recurso agua .....	54
3.5.4.Calidad del agua .....	54
3.6.Aire .....	54
3.6.1.Calidad del aire.....	54
3.6.2.Ruido .....	55
3.7.Clima .....	57
3.7.1.Tipo de clima.....	57
3.7.2.Estaciones meteorológicas .....	58
3.7.3.Precipitaciones .....	59
3.7.4.Temperatura .....	59
Sistema biótico .....	60
3.8.Páramo.....	60
3.9.Bosque Húmedo Montano.....	62

Sistema perceptual.....	64
3.10.Paisaje.....	64
3.11.Cuencas visuales .....	64
Sistema antrópico .....	67
3.12.Demografía.....	68
3.13.Empleo .....	68
3.14.Salud .....	69
3.15.Educación .....	71
3.16.Distancia a los poblados más cercanos .....	74
3.17.Vías y acceso.....	74
CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN .....	77
4.1.Ubicación de los puntos de control .....	77
4.2.Dimensiones .....	78
4.3.Áreas de embalse.....	78
4.4.Volúmenes de embalse.....	81
4.5.Caudales .....	
4.6.Material y presupuesto de construcción .....	82
CAPÍTULO V: METODOLOGÍA.....	86
5.1.Identificación de aspectos ambientales .....	86

5.2. Identificación de impactos ambientales .....	87
5.3. Identificación de atributos .....	88
5.4. Evaluación de impactos ambientales.....	101
5.5. Priorización de impactos ambientales .....	103
<b>CAPÍTULO VI: RESULTADOS .....</b>	<b>105</b>
6.1. Quebrada Saquimala .....	105
6.2. Quebrada Mururco .....	111
6.3. Quebrada San Lorenzo .....	118
6.4. Quebrada Cimarrones.....	125
<b>CAPÍTULO VII: PLANES DE MANEJO AMBIENTAL .....</b>	<b>133</b>
7.1. Plan de Prevención y Mitigación de Impactos .....	133
7.2. Plan de manejo de desechos. ....	136
7.3. Plan de Comunicación y Capacitación .....	138
7.4. Plan de relaciones comunitarias .....	140
7.5. Plan de contingencias .....	142
7.6. Plan de seguridad y salud ocupacional.....	144
7.7. Plan de monitoreo y seguimiento .....	145
7.8. Plan de rehabilitación de área.....	147
7.9. Plan de cierre, abandono y entrega del área .....	149

CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	151
8.1.Conclusiones .....	151
8.2.Recomendaciones.....	152
REFERENCIAS BLIBLIOGRÁFICAS .....	153
ANEXOS.....	158

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Fases en la actividad de la construcción.....	17
<b>Tabla 2</b> Estructura del ambiente como objeto de estudio.....	21
<b>Tabla 3</b> Impactos ambientales por componentes de estudio .....	25
<b>Tabla 4</b> Zonas de vida .....	42
<b>Tabla 5</b> Uso de suelo en el punto de construcción de las quebradas.....	45
<b>Tabla 6</b> Distancias de los puntos de control al Parque Nacional Cotopaxi.....	48
<b>Tabla 7</b> Parámetros morfométricos de la cuenca de la quebrada San Lorenzo.....	50
<b>Tabla 8</b> Parámetros morfométricos de la cuenca de la quebrada Saquimala .....	51
<b>Tabla 9</b> Parámetros morfométricos de la cuenca de la quebrada Mururco .....	51
<b>Tabla 10</b> Parámetros morfométricos de la cuenca de la quebrada Cimarrones.....	52
<b>Tabla 11</b> Proyecciones de área, volumen y espesor del glaciar del volcán Cotopaxi .....	52
<b>Tabla 12</b> Ruido referencial .....	56
<b>Tabla 13</b> Estaciones meteorológicas .....	58
<b>Tabla 14</b> Precipitaciones anuales registradas por la estación H0979 Pasanchi.....	59
<b>Tabla 15</b> Demografía de las parroquias afectadas.....	68
<b>Tabla 16</b> Población económicamente activa .....	68
<b>Tabla 17</b> Centros de salud .....	69
<b>Tabla 18</b> Establecimientos educativos .....	72
<b>Tabla 19</b> Distancia a la población .....	74
<b>Tabla 20</b> Ubicación de las obras de mitigación.....	78
<b>Tabla 21</b> Dimensiones de las obras .....	78

<b>Tabla 22</b>	Áreas de embalse.....	81
<b>Tabla 23</b>	Volúmenes de embalse.....	81
<b>Tabla 24</b>	Caudales medios.....	81
<b>Tabla 25</b>	Relación agua cemento.....	83
<b>Tabla 26</b>	Presupuesto referencial presa Saquimala .....	84
<b>Tabla 27</b>	Presupuesto referencial presa San Lorenzo.....	84
<b>Tabla 28</b>	Presupuesto referencial presa Mururco .....	84
<b>Tabla 29</b>	Presupuesto referencial presa Címarrones .....	84
<b>Tabla 30</b>	Relación agua/cemento .....	85
<b>Tabla 31</b>	Aspectos ambientales .....	86
<b>Tabla 32</b>	Impactos ambientales .....	87
<b>Tabla 33</b>	Valores para análisis multicriterio.....	89
<b>Tabla 34</b>	Valoración y clasificación de atributos de evaluación ambiental .....	90
<b>Tabla 35</b>	Clasificación de atributos .....	91
<b>Tabla 36</b>	Valores de referencia para el análisis multicriterio .....	98
<b>Tabla 37</b>	Priorización de impactos ambientales .....	104
<b>Tabla 38</b>	Impacto por actividad quebrada Saquimala .....	109
<b>Tabla 39</b>	Impacto por indicador quebrada Saquimala.....	110
<b>Tabla 40</b>	Impacto por actividad quebrada Mururco .....	116
<b>Tabla 41</b>	Impacto por actividad quebrada Mururco .....	117
<b>Tabla 42</b>	Impacto por actividad quebrada San Lorenzo.....	123
<b>Tabla 43</b>	Impacto por indicador quebrada San Lorenzo .....	124
<b>Tabla 44</b>	Impacto por actividad quebrada Mururco .....	130

<b>Tabla 45</b>	Impacto por indicador quebrada Mururco.....	131
<b>Tabla 46</b>	Plan de prevención y mitigación de impactos.....	133
<b>Tabla 47</b>	Plan de manejo de desechos.....	136
<b>Tabla 48</b>	Plan de comunicación y capacitación.....	138
<b>Tabla 49</b>	Plan de relaciones comunitarias.....	140
<b>Tabla 50</b>	Plan de contingencias.....	142
<b>Tabla 51</b>	Plan de seguridad y salud ocupacional.....	144
<b>Tabla 52</b>	Plan de monitoreo y seguimiento.....	145
<b>Tabla 53</b>	Plan de rehabilitación.....	147
<b>Tabla 54</b>	Plan de cierre, abandono y entrega del área.....	149

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Historia eruptiva del volcán Cotopaxi .....	15
<b>Figura 2</b> Proceso del EIA .....	20
<b>Figura 3</b> Actividades de ingeniería en proyectos de construcción .....	24
<b>Figura 4</b> Mapa de zonas de vida flanco sur del volcán Cotopaxi.....	43
<b>Figura 5</b> Taxonomía de suelo .....	44
<b>Figura 6</b> Uso de suelo.....	45
<b>Figura 7</b> Geomorfología.....	47
<b>Figura 8</b> Parque Nacional Cotopaxi .....	48
<b>Figura 9</b> Minería artesanal "Segundo" .....	49
<b>Figura 10</b> Minería artesanal s/n.....	49
<b>Figura 11</b> Reducción del glaciar del volcán Cotopaxi .....	53
<b>Figura 12</b> Tipo de clima .....	57
<b>Figura 13</b> Ubicación de las estaciones meteorológicas móviles del INAMHI .....	58
<b>Figura 14</b> Isotermas de la zona de estudio .....	60
<b>Figura 15</b> Vegetación del páramo andino .....	62
<b>Figura 16</b> Vegetación del bosque andino .....	63
<b>Figura 17</b> Paisajes de la zona de estudio .....	64
<b>Figura 18</b> Cuenca visual de la quebrada Mururco .....	65
<b>Figura 19</b> Cuenca visual de la quebrada Saquimala.....	65
<b>Figura 20</b> Cuenca visual de la quebrada San Lorenzo .....	66
<b>Figura 21</b> Cuenca visual de la quebrada Cimarrones.....	66

<b>Figura 22</b> Área de influencia del factor socioeconómico.....	67
<b>Figura 23</b> Trabajo en Cotopaxi .....	69
<b>Figura 24</b> Localización de equipamientos de salud .....	71
<b>Figura 25</b> Localización de los centros de educación.....	73
<b>Figura 26</b> Vías de acceso.....	74
<b>Figura 27</b> Último punto de accesibilidad al punto de control de la quebrada Saquimala .....	75
<b>Figura 28</b> Último punto de accesibilidad al punto de control de la quebrada Mururco .....	75
<b>Figura 29</b> Último punto de accesibilidad al punto de control de la quebrada Cimarrones .....	76
<b>Figura 30</b> Último punto de accesibilidad al punto de control de la quebrada San Lorenzo .....	76
<b>Figura 31</b> Presa mixta de hormigón y tierra.....	77
<b>Figura 32</b> Área de embalse presa Saquimala .....	79
<b>Figura 33</b> Área de embalse presa San Lorenzo .....	79
<b>Figura 34</b> Área de embalse presa Mururco .....	80
<b>Figura 35</b> Área de embalse presa Cimarrones.....	80
<b>Figura 36</b> Relación agua/cemento .....	83
<b>Figura 37</b> Formato del ingreso de valores a los atributos .....	101
<b>Figura 38</b> Formato de la matriz de evaluación de impactos ambientales .....	103
<b>Figura 39</b> Escenario de la valoración de impactos para la quebrada Saquimala .....	105
<b>Figura 40</b> Impacto por medio quebrada Saquimala .....	106
<b>Figura 41</b> Impacto por sistema quebrada Saquimala .....	106
<b>Figura 42</b> Impacto por fase quebrada Saquimala.....	107
<b>Figura 43</b> Impacto por componente quebrada Saquimala.....	107
<b>Figura 44</b> Impacto de componente por fase quebrada Saquimala.....	108

<b>Figura 45</b> Impacto de fase por componente quebrada Saquimala.....	108
<b>Figura 46</b> Impacto de fase por sistema quebrada Saquimala .....	109
<b>Figura 47</b> Escenario de la valoración de impactos quebrada Mururco .....	112
<b>Figura 48</b> Impacto por medio quebrada Mururco .....	112
<b>Figura 49</b> Impacto por sistema quebrada Mururco .....	113
<b>Figura 50</b> Impacto por fase quebrada Mururco.....	113
<b>Figura 51</b> Impacto por componente quebrada Mururco.....	114
<b>Figura 52</b> Impacto de componente por fase quebrada Mururco .....	114
<b>Figura 53</b> Impacto de fase por componente quebrada Mururco .....	115
<b>Figura 54</b> Impacto de fase por sistema quebrada Mururco .....	116
<b>Figura 55</b> Escenario de la valoración de impactos quebrada San Lorenzo.....	118
<b>Figura 56</b> Impacto por medio quebrada San Lorenzo.....	119
<b>Figura 57</b> Impacto por sistema quebrada San Lorenzo.....	119
<b>Figura 58</b> Impacto por fase quebrada San Lorenzo .....	120
<b>Figura 59</b> Impacto por componente quebrada San Lorenzo .....	120
<b>Figura 60</b> Impacto de componente por fase quebrada San Lorenzo .....	121
<b>Figura 61</b> Impacto de fase por componente quebrada San Lorenzo .....	122
<b>Figura 62</b> Impacto de fase por sistema quebrada San Lorenzo.....	123
<b>Figura 63</b> Escenario de la valoración de impactos quebrada Cimarrones .....	125
<b>Figura 64</b> Impacto por medio quebrada Cimarrones.....	126
<b>Figura 65</b> Impacto por sistema quebrada Cimarrones.....	126
<b>Figura 66</b> Impacto por fase quebrada Cimarrones .....	127
<b>Figura 67</b> Impacto por componente quebrada Cimarrones .....	127

<b>Figura 68</b> Impacto de componente por fase quebrada Cimarrones .....	128
<b>Figura 69</b> Impacto de fase por componente quebrada Cimarrones .....	129
<b>Figura 70</b> Impacto de fase por sistema quebrada Cimarrones .....	130

## RESUMEN

Como opción para disminuir los efectos dañinos sobre la población, generado por el flujo lahárico producido por el volcán Cotopaxi, se han propuesto la construcción de obras de mitigación ante este fenómeno. En el presente proyecto, se desarrolla la evaluación de impacto ambiental para las obras a construirse en las quebradas Saquimala, San Lorenzo, Cimarrones y Mururco, del flanco sur del volcán Cotopaxi.

Se emplea la metodología para la evaluación de impacto ambiental aplicada al ciclo de vida de proyectos de infraestructura, la cual toma la siguiente secuencia: identificación de aspectos ambientales, identificación de impactos ambientales, identificación de atributos, evaluación de impactos ambientales y priorización de impactos ambientales. Tomando en cuenta las particularidades del área de interés y actividades a realizarse.

Conforme a los resultados obtenidos en la evaluación de impacto ambiental, se desarrollaron los siguientes planes de manejo ambiental: de prevención y mitigación de impactos, manejo de desechos, capacitación ambiental, relaciones comunitarias, contingencias, seguridad ocupacional, monitoreo, rehabilitación de áreas y de abandono.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**
- **OBRAS DE MITIGACIÓN ANTE EL FLUJO DE LAHARES**
- **VOLCÁN COTOPAXI**

## **ABSTRACT**

As an option to reduce the harmful effects on the population, generated by the laharic flow produced by the Cotopaxi volcano, the construction of mitigation works against this phenomenon has been proposed. In the present project, we developed the environmental impact assessment for the construction works in the Saquimala, San Lorenzo, Cimarrones and Mururco streams, on the southern flank of the Cotopaxi volcano.

The methodology for the environmental impact assessment applied to the life cycle of infrastructure projects is used, which takes the following sequence: identification of environmental aspects, identification of environmental impacts, identification of attributes, evaluation of environmental impacts and prioritization of environmental impacts. Taking into account the particularities of the area of interest and activities to be carried out.

In accordance with the results obtained in the environmental impact assessment, the following environmental management plans were developed: prevention and mitigation of impacts, waste management, environmental training, community relations, contingencies, occupational safety, monitoring, rehabilitation of areas and abandonment.

### **KEYWORDS:**

- **ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT**
- **MITIGATION WORKS IN DEFENCE OF THE LAHARIC FLOW**
- **COTOPAXI VOLCANO**

## **CAPITULO I: PROBLEMA**

### **1.1.Planteamiento del problema**

Una erupción del volcán Cotopaxi puede causar varios efectos como caída de ceniza, emisión de flujos piroclásticos y sobre todo un alto riesgo ante un flujo lahárico. Para contrarrestar efectos de alto impacto de este fenómeno sobre la población se ha planteado un proyecto de construcción de obras civiles de mitigación en las diferentes quebradas, las cuales modifican el componente físico, biótico y socioeconómico del área de influencia. Como consecuencia, se plantea realizar un estudio ex ante y ex post de impacto ambiental que considere los beneficios y costos para las poblaciones afectadas y al medio ambiente. Tomando en cuenta que dichas obras de protección, regulación y control de lahares resguardaran la vida de más de 300.000 personas las cuales se encuentran ubicadas cerca de los drenajes principales de dicho volcán.

### **1.2.Antecedentes**

El volcán Cotopaxi, es el segundo más alto del Ecuador y también es conocido por ser uno de los más peligrosos del mundo, debido a la gran cobertura de glaciares, todos los afluentes que este posee y la alta densidad poblacional asentada en las riveras.

Por tratarse de un volcán activo con una de edad geológica muy reciente (el cono actual se ha edificado solo en los últimos 5.000 años), se debe reconocer que una próxima erupción del Cotopaxi es un hecho naturalmente indefectible. Sin embargo, es imposible precisar la fecha en

que el fenómeno ocurrirá, en vista que la previsión de las erupciones se la puede concebir solamente en términos probabilísticos. (Toulkeridis, 2004-2005)

Con base en una identificación muy precisa del tipo de actividad y los períodos de descanso de las erupciones de los últimos 2.000 años, (Barberi , Macedonio , & Pareschi, 1991) determinaron que, en promedio, el tiempo que transcurre entre dos erupciones sucesivas del Cotopaxi es de  $117 \pm 70$  años.

Este volcán a lo largo de la historia presentó cinco periodos eruptivos: 1532-1534, 1742-1744, 1766-1768, 1853-1854 y 1877-1880, siendo el ultimo el más fuerte registrado, ocasionando grandes estragos para toda la población como caída de ceniza, emisión de flujos piroclásticos y lahares que trajeron como víctimas mortales muchas personas. (Instituto Geofísico EPN, 2015)

Desde mediados de abril 2015 se observa un incremento de la actividad sísmica del volcán Cotopaxi. A partir de mayo esa actividad es acompañada de un incremento en las emisiones de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) registrado en la red de. Adicionalmente, gracias al reporte de varios andinistas y personal del Parque Nacional Cotopaxi (PNC), se reconoce también un incremento en el olor a azufre sobre los 5700 msnm. Todos estos cambios muestran una anomalía persistente en el volcán. (Instituto Geofísico EPN, 2016)

El 11 de junio de 2015, en Informe Especial N°3, el IG-EPN destaca un incremento de la actividad interna, con la aparición de tremor (vibración del conducto), y externa del volcán. En base a los datos del monitoreo se concluye que lo más probable es que la actividad siga incrementándose, pudiendo incluso producir explosiones freáticas en el cráter. (Instituto Geofísico EPN, 2016)

El 14 de agosto del 2015, después de 4 meses de señales premonitores, el IG-EPN reporta la ocurrencia de dos explosiones pequeñas. Tras las explosiones del 14 de agosto la actividad del volcán Cotopaxi se caracterizó por la emisión semicontinua a continua de ceniza. La erupción continuó con emisiones de ceniza de menor intensidad hasta el final de noviembre 2015. (Instituto Geofísico EPN, 2016)

Puesto que este volcán se encuentra en un proceso de ciclo eruptivo es necesario analizar diferentes tipos de técnicas de mitigación. Por ejemplo, en Chile se realizó un análisis de mitigación estructural en el poblado de Melipeuco dirigido a derivados del Volcán Llaima en el cual se analizan dos tipos básicos de medidas de prevención y mitigación de los desastres relacionados con los lahares: Las medidas estructurales se refieren a la intervención física mediante el desarrollo o refuerzo de obras de ingeniería, interviniendo directamente en la vulnerabilidad, por ejemplo, instalaciones de control de erosión (activo). Las medidas no Estructurales donde se encuentran el desarrollo de programas preventivos, por ejemplo, sistemas de alerta y evacuación, reglamentos de uso del suelo (pasivo). Los dos tipos de medidas de prevención se combinan para producir medidas eficaces para prevenir y reducir el daño de los flujos de escombros. (Amigo, Silva, & Saavedra, 2014). Existen obras de mitigación y presas construidas para poder aplacar la fuerza de los lahares de los volcanes por ejemplo la presa vertical de captación de Hayagawa ubicada en Japón. (Gómez, 2012).

Toulkeridis (2019), en una entrevista brindada al diario La Hora, explicó que se han hecho estudios, donde se determina que se pueden crear obras de mitigación para evitar daños al ser humano, cuyo valor alcanzaría la mitad de lo que significaría no hacerlas, por las pérdidas humanas y materiales que se generarían.

Existen diversos casos de estudio en cuanto a la factibilidad de estas obras de mitigación, el caso del 15 de junio de 1991, la erupción del Monte Pinatubo (Filipinas) trajo consigo lahares y sedimentación fluvial volcánica. Este tenía un proyecto activo de obras de mitigación ante el flujo de lahares que resultó fallido ante el flujo de lahares. Por las siguientes razones: (a) los gradientes del canal eran demasiado bajos para el transporte efectivo de sedimentos y la deposición se produciría en los lugares equivocados, (b) la colocación del dique no proporcionaba una capacidad de almacenamiento adecuada, (c) la mayoría de los diques no fueron revestidos y serían fácilmente erosionados por el flujo natural del río. (Pierson, 2014)

Pierson (2014), explica también un caso exitoso de una obra para la mitigación del flujo de lahares y concluye que los daños fueron significativamente menores dada la buena calidad de la obra, esta corresponde al de la erupción del Monte St. Helens (Washington, EE. UU.), el 18 de mayo de 1980, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. (USACE), construyó una estructura de retención de sedimentos de tierra con núcleo de roca (presa de sedimentos N-1) como medida de emergencia a largo plazo para tratar de contener los lahares y parte del sedimento volcánico que se espera que fluya río abajo. La estructura tenía dos aliviaderos hechos de gaviones rellenos de roca cubiertos con mortero de hormigón; Tenía 1.860 m de largo y 13 m de altura, y se encontraba a unos 28 km.

Este proyecto toma como objeto de estudio a los trabajos de titulación de ingenieros civiles de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Estos proyectos plantean un diseño de obras de protección ante el flujo de lahares del volcán Cotopaxi para las diferentes quebradas. De esta forma es necesaria la evaluación de impacto ambiental para conocer el impacto que dichas obras van a

tener tanto en la fase de construcción, de operación y el momento que exista un evento de erupción en el volcán.

La Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) surge como una herramienta preventiva, buscando la forma de evitar o minimizar los efectos ambientales producto de cualquier actividad humana, sobre el medio natural y sobre las personas. Su origen legal se remonta al 1 de enero de 1970, cuando los Estados Unidos promulga la “Ley Nacional sobre Política Medioambiental” (National Environmental Policy Act – NEPA). (De La Maza, 2007)

Actualmente, la evaluación de impacto ambiental se considera un proceso de análisis que anticipa tanto los impactos negativos como positivos de determinadas actividades, permitiendo seleccionar alternativas, de tal forma de idear mecanismos de control para prevenir / mitigar sus efectos adversos o no deseados y potenciar aquellos que serían beneficiosos. (De La Maza, 2007)

Para la realización de una evaluación de impacto ambiental se puede utilizar técnicas de evaluación multicriterio, mismos que, en el proceso la toma de decisiones, ha tenido una expansión acelerada a partir de la I Conferencia Mundial sobre Toma de Decisiones Multicriterio que se celebró en Estados Unidos en octubre de 1972, en la Universidad de Carolina del Sur, en la que se acordó constituir el grupo especial interesado en la toma de decisiones multicriterio que posteriormente se convertiría en la International Society on Multiple Criteria Decision Making; desde entonces las revistas científicas especializadas han publicado muchos artículos y le han dedicado números especiales al tema con aplicaciones a diversas disciplinas, encontrando posibilidades de uso en temas ambientales. (García, 2004)

Existen evaluaciones de impacto ambiental realizados mediante el análisis multicriterio, como es el caso de (Ying, 2007) con el tema “Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality—A case study of Hunan Province, China”, el cual menciona: el proceso de jerarquía analítica (AHP) tiene la ventaja especial en la evaluación de múltiples índices, y el sistema de información geográfica (SIG) es bueno en el análisis espacial. La combinación de AHP con SIG proporciona un medio eficaz para estudios de evaluación eco-ambiental regional.

### **1.3. Justificación e importancia**

La reactivación volcánica del Cotopaxi es la causa para que instituciones públicas y privadas se vean en la responsabilidad de tomar medidas preventivas tales como: simulacros, capacitaciones, señalización para rutas de evacuación, mensajes de texto de alerta temprana, entre otros; (Toulkeridis, 2004-2005)

Los diseños de las obras de mitigación para el lado sur del volcán Cotopaxi están realizados en proyectos específicos como es en la quebrada de Cimarrones y Mururco, (Arévalo & Ñaupari, 2016) decidieron que el diseño de una presa mixta con un relleno de materiales sueltos aguas arriba de la presa capaz de resistir al choque del flujo lahárico y con la capacidad de no deformarse ante el vertimiento del lahar, era la mejor opción. Para las obras de mitigación de las quebradas de Saquimala y San Lorenzo, (Flores & Pilataxi, 2017) proponen dos presas mixtas compuestas por hormigón y materiales sueltos, ubicadas en las quebradas mencionadas. Para poder implementar dichas obras de regulación, control y protección es necesario realizar una previa evaluación de impacto ambiental en el cual se debe analizar la fase de construcción, operación y una fase de desalojo después de una eventual erupción.

La Evaluación de Impacto Ambiental es el método más efectivo para evitar las agresiones al medio ambiente y conservar los recursos naturales en la realización de proyectos. (De La Maza, 2007)

La importancia que tiene una evaluación de impacto ambiental es que, mediante el mismo, se pueden tomar decisiones sobre el manejo adecuado de los recursos y los posibles problemas ambientales que se puedan generar, con la finalidad de; identificar, prevenir y evaluar los impactos significativos positivos y/o negativos, tomando en cuenta los beneficios que implican la construcción de las obras de mitigación para las poblaciones cercanas y el costo ambiental que esto implica. (De La Maza, 2007)

De acuerdo a la legislación ambiental del Ecuador, en la ley de gestión ambiental, se encuentra vigente con Registro oficial No. 245 de 30 de julio de 1999, establece que el Ministerio del Ambiente (MAE) es indispensable realizar estudios de impacto ambiental en proyectos que puedan significar un riesgo ambiental, con el objetivo de alcanzar un desarrollo sustentable. (Aguilera, 2010)

Según García (2004) los métodos que se encuentran disponibles para realizar la evaluación del impacto ambiental, enfrentan una serie de dificultades y deficiencias entre las que se destacan las siguientes:

- No se modela la incertidumbre. Un Estudio de Impacto Ambiental es una predicción sobre la forma en que un proyecto repercutirá sobre el entorno, por lo tanto, como en toda predicción, es de esperar que la incertidumbre esté presente en algunos de los parámetros involucrados y los métodos de evaluación de impacto ambiental (EIA)

normalmente no establecen ningún procedimiento para tratar variables con incertidumbre.

- Agregación cualitativa mediante valores cuantitativos en el procedimiento de valoración de los impactos, se utiliza un conjunto de variables lingüísticas para caracterizar el impacto del proyecto o actividad sobre el medio ambiente.
- El entorno medioambiental es muy complejo, y por lo tanto no se puede describir con un único método. Esto obliga a modelar el entorno como un conjunto de factores ambientales que sean relevantes, representativos y fácilmente analizables.
- Pérdida de información. Ciertos métodos de evaluación realizan filtrados de información sobre impactos ambientales que no superan ciertos umbrales.
- Falta de rigor matemático en el cálculo del Impacto Ambiental. Aunque algunos métodos tradicionales están basados en operaciones matemáticas, no justifican la expresión utilizada para el cálculo del Impacto Ambiental, y cuál es su significado semántico.

Tomando en cuenta lo anterior, este proyecto se valdrá del análisis multicriterio mediante la metodología de procesos de jerarquía analítica, esperando tener mejores resultados y cubrir de mejor manera las falencias de los métodos existentes.

## **1.4.Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Aplicar el análisis de proceso jerárquico para la evaluación de impacto ambiental, en las etapas de planificación, construcción, operación y abandono, para las obras civiles de mitigación de lahares en las quebradas Saquimala, Cimarrones, Mururco y San Lorenzo ubicadas al sur del volcán Cotopaxi.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Recopilar o generar información de los factores en los sistemas biótico, abiótico, perceptual y antrópico.
- Realizar la evaluación de impacto ambiental para cada quebrada, de una manera cuantitativa, mediante la metodología para la evaluación de impactos ambientales aplicados al ciclo de vida de proyectos de infraestructura de Viloría (2015).
- Modelar espacialmente las áreas de embalse para la retención de lahares en las distintas quebradas.
- Formular planes de manejo ambiental acorde a los resultados obtenidos en la evaluación de impacto ambiental.

### **1.5.Metas**

- Una lista de indicadores ambientales.
- Cuatro listas de factores por componentes, uno por cada quebrada.
- Una geodatabase de los componentes biótico, abiótico y socioeconómico de cada quebrada.
- Cuatro valoraciones cuantitativas de los impactos ambientales visualizados en matrices de doble entrada, uno por cada quebrada, para las fases de planificación, construcción, operación y abandono.
- Cuatro mapas de área de embalse.
- Nueve planes de manejo ambiental.
- Cartografía Temática y Georreferenciada de los diferentes componentes.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Volcán Cotopaxi

El volcán Cotopaxi es un volcán en estado activo que se encuentra ubicado en la cordillera Oriental a 30Km al noreste de Latacunga y a 40 Km del sureste de Quito. Tiene una elevación de 5897 msnm.

Su edificio forma un cono simétrico con pendientes de hasta 35° y un diámetro basal de ~20 km, mientras que el diámetro del cráter varía entre 800 m en sentido Norte-Sur y 650 m en sentido Este-Oeste. (Instituto Geofísico EPN, 2015).

### 2.2.Historia eruptiva

El volcán Cotopaxi, al ser un volcán en estado activo, es uno de los que mayor riesgo de erupción presenta en Ecuador hasta la fecha, razón por la que ha sido ampliamente estudiado en diversos campos.

El registro de la actividad volcánica del Cotopaxi aparece desde la llegada de los españoles en el siglo XVI, anterior a esto no existe información registrada más allá de leyendas de antiguas culturas que vivieron junto al Cotopaxi.

#### **Siglo XVI (1532 – 1534)**

(Neira, 2015) Toma el siguiente como el primer registro volcánico en Ecuador. Se dio cuando la resistencia armada liderada por Rumiñahui, ante la muerte de Atahualpa, enfrenta a los españoles en el actual cantón Guamote, provincia de Chimborazo, pues la sorpresiva erupción de este volcán,

acompañada de la expulsión de grandes rocas, ceniza y fuego, obligó la retirada de los indígenas, por ser considerado un mal presagio.

### **Siglo XVIII (1742 – 1744)**

Dice (Neira, 2015) que, durante 200 años, el volcán Cotopaxi permaneció inactivo; sin embargo, de junio a diciembre de 1742, se presentaron lluvias de ceniza y flujos piroclásticos; que provocaron el deshielo del glaciar y formación de grandes volúmenes e lodo con escombros, que inundaron las poblaciones cercanas al volcán causando la muerte de centenares de personas, animales y la destrucción de puentes, casas, obrajes y haciendas. Para 1744, se desató una violenta erupción, dejando así fuertes daños en Los Chillos, Latacunga y Napo. Desastres desencadenados a través de los ríos Pita, Cutuchi y Napo respectivamente.

### **Siglo XVIII (1766 – 1768)**

Afirma (Neira, 2015) que 20 años pasó el volcán en relativa calma, hasta llegado el 10 de febrero de 1766, donde erupciona violentamente una vez más, dejando efectos desastrosos consigo, resalta que en esta ocasión hubo mayores pérdidas en la agricultura y ganadería por las emisiones generadas por el volcán. En 1768 se da una nueva erupción, los lahares alcanzaron Latacunga por el sur y Tumbaco por el norte, los fuertes estruendos se sintieron hasta Guayaquil, la nube de ceniza se extendía hasta Pasto y dejó en penumbras a Latacunga por nueve horas.

### **Siglo XIX (1854-1855)**

Cuenta (Neira, 2015) que, a finales de 1854, se presentaron tres erupciones destacando ceniza y grandes ríos de lava que dieron origen a tres lahares; entre estos, resaltó el lahar que destruyó el

puente del río Cutuchi. En junio de 1855, se dio una nueva erupción. Peligros relacionados con la actividad volcánica

### **Siglo XIX (1877-1880)**

Los sacerdotes Teodoro Wolf y Luis Sodiro se mantuvieron atentos al fenómeno y continuaron con el registro de la actividad volcánica.

La erupción de 1877 es considerada como la última gran erupción, ya que el material lahárico producido fue abundante y torrentoso, pues sobrepasó el caudal normal de los ríos, con velocidades altas, llegando a la ciudad de Latacunga en un tiempo menor a 30 minutos, al valle de Los Chillos en menos de una hora, a Baños en no más de 3 horas, y a la desembocadura del río Esmeraldas en el Océano Pacífico en aproximadamente 18 horas. (Instituto Geofísico EPN, 2015)

Esto, dejando estragos a la infraestructura, ganadería, agricultura y en la calidad de vida humana tomando vidas y despertando más preocupaciones.

### **Actualidad (2015-2019)**

El volcán Cotopaxi retomó con su actividad eruptiva en el mes de abril de 2015, la población fue bastante alarmada y es cuando se debe rescatar el hecho de donde proviene la información, las fuentes oficiales son las siguientes:

- [www.volcancotopaxi.com](http://www.volcancotopaxi.com)
- [www.gestionderiesgos.gob.ec](http://www.gestionderiesgos.gob.ec)
- [www.seguridad.gob.ec](http://www.seguridad.gob.ec)
- [www.igepn.edu.ec](http://www.igepn.edu.ec)

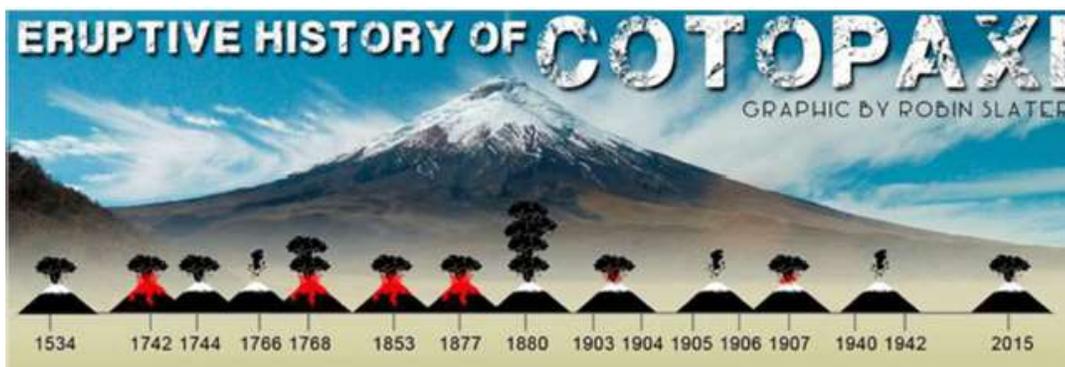
A continuación, se resumen los más importantes acontecimientos registrados por (Instituto Geofísico EPN, 2016).

La actividad sísmica incrementó bastante a mediados del mes de mayo, especialmente en el número de sismos de larga duración, esto, representa un movimiento de magma o de fluidos en el interior del volcán. Lo más probable es que la actividad reduzca o bien siga incrementando paulatinamente; y, menos probable que se genere un evento eruptivo. Además, se registró emisiones de gas y una crecida del caudal en algunas quebradas del flanco noreste.

Para el 14 de agosto se registraron cuatro explosiones pequeñas de vapor y gases volcánicos. Se observó una nube de ceniza de entre seis y ocho kilómetros sobre el nivel del cráter. Este tipo de explosiones generan una apertura en el conducto volcánico, dando origen a una mayor actividad sísmica. El 20 de agosto se registró otra explosión menor con presencia de ceniza.

El 22 de agosto se registró la mayor liberación de energía desde la reactivación del coloso, la columna de gases y ceniza alcanzó los dos kilómetros de altura. Esto continuaría reduciendo la intensidad mediante eventos más pequeños. Hasta la fecha se observa emisión de gases y el volcán ha reducido considerablemente su actividad.

En la figura 1 se puede apreciar la magnitud de la actividad del volcán Cotopaxi a través del tiempo.



*Figura 1* Historia eruptiva del volcán Cotopaxi

Fuente: Diario El Norte(2015)

### **2.3.Fenómenos asociados a la actividad volcánica**

Uno de los fenómenos asociados a la actividad volcánica es la formación de flujos piroclásticos, estos son masas turbulentas conformadas por partes sólidas y líquidas a altas temperaturas que pueden alcanzar los 800°C. Este se comporta parecido a un fluido dada a que su densidad es mayor a la del aire, se desplaza con un movimiento acelerado dada la gravedad, la forma del terreno y expansión de gases.

En el caso de volcanes recubiertos por nieve, la dinámica particular del movimiento de los flujos piroclásticos favorece un fuerte intercambio térmico entre la dispersión y el piso helado, que se traduce en una gran eficiencia para fundir el hielo glacial. Como resultado de ello, se forman los peligrosísimos flujos de lodo (lahares). (Toulkeridis, 2004-2005)

Los lahares son flujos provenientes de materiales volcánicos, generados por agua de escorrentía superficial, deshielo de los glaciales y fusión de la nieve; y, los flujos piroclásticos. estos se mezclan con los materiales que encuentra en su descenso.

El lahar se detiene cuando pierde velocidad por un cambio brusco de pendiente al alcanzar el nivel de base de las zonas llanas sobre las que se levantan los edificios volcánicos. La densidad de un lahar y su temperatura, varían de un episodio a otro. (Gonzalez, 2019)

#### **2.4.Sistemas de contención de flujo de lahares**

Existen varias formas para controlar, desviar o retener el flujo de lodos, todas ellas dependen del tipo de obra a construir, de la facilidad constructiva, volumen del evento, caudal, densidad, altura del flujo, pendiente del canal, características de la sección, los diámetros de las partículas a retener y de la capacidad económica de la zona en donde se ubicará la obra, entre otras. (Vivar, 2019)

Las presas se emplean comúnmente para embalsar agua que confluye por medio de un río y elevan su cota hasta un nivel determinado por el diseñador; para derivarla hacia un canal o turbina aprovechándola en centrales hidroeléctricas al transformar energía potencial en cinética o mecánica, abastecimiento en caso de sequías o evitar inundaciones aguas abajo de la sección en la que se encuentra ubicada la presa. En general, este tipo de estructuras trabajan a peso propio al estar formadas por grandes masas de material; en países de primer mundo suele emplearse el hormigón armado implementando las presas tipo arco-bóveda o mediante el reforzamiento por medio de contrafuertes. (Sandoval, 2018)

#### **2.5.Fases en la actividad de la construcción**

La infraestructura comprende un conjunto de actividades de diferente tipo, todas estas necesarias para la creación y funcionamiento de una obra cualquiera, independientemente si estos son lineales o concentrados.

Viloria (2015) establece las siguientes fases explicadas en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Fases en la actividad de la construcción*

<b>Fase</b>	<b>Sub fase</b>	<b>Descripción</b>	
<b>Planeación</b>	Planeación	Diferentes trámites y negociaciones tales como: trámites legales y prefactibilidad, línea base y estudios técnicos, diseños, labores administrativas y, monitoreo y control.	
	Emplazamiento		
<b>Construcción</b>	Instalación	Cubre actividades que van desde la localización y replanteo hasta acabados y obras exteriores.	
	Construcción		
	Montaje		
<b>Operación</b>	Operación	Primero se realizan pruebas y ensayos necesarios para garantizar su buen funcionamiento, una vez puesta en funcionamiento la obra, sigue en esta fase la gestión de residuos sólidos y líquidos; y, las labores administrativas.	
	Mantenimiento		
<b>Abandono</b>	Desmantelamiento	Existen tres posibilidades:	
	Abandono		i) Que se desmonten o destruyan todas las obras.
	Terminación de todas las actividades		ii) Que las obras sean modificadas o se conserven con las mismas características, pero para otros usos. iii) Que se evalúe la viabilidad de repotenciar o prolongar la vida útil para seguir con el mismo uso.

Fuente: (Viloria, 2015)

## **2.6.Evaluación ambiental inicial**

Esta tarea consiste en una clasificación preliminar de los impactos en el sistema a ser afectado y entender su funcionamiento. Siendo estas las siguientes alternativas:

- Si no es necesario profundizar los estudios ambientales ya que no es necesario, dado que el proyecto no causa ningún impacto o los impactos negativos son mínimos.
- Indica la presencia de impactos ambientales negativos, por lo cual el proyecto requiere un estudio completo de impacto ambiental.
- Para alternativas que causan severos impactos ambientales, se desecha el proyecto ya que sus efectos son muy altos.

El MAE, a través del SUIA, opone a disposición documentos como el de catálogo de proyectos obras o actividades en el que el objeto de estudio de esta investigación entra en la categoría de construcción de infraestructura civil.

El SUIA establece que para infraestructura civil se considerará de categoría III si esta alcanza los 300000m<sup>2</sup> de construcción, y que, dependiendo de las particularidades del proyecto, este aspecto puede ser omitido o modificado en conformidad al caso. Para este caso se toma el área de embalse que generarían las presas, que en conjunto con el área de construcción superan los 300000m<sup>2</sup>.

Por lo anterior mencionado, las obras de protección en las quebradas de objeto de estudio ante el flujo de los lahares del volcán Cotopaxi, requieren de una evaluación de impactos ambientales.

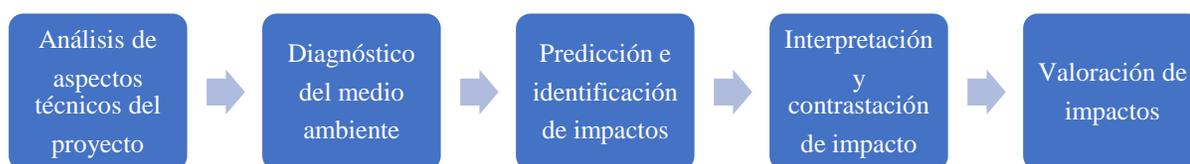
## **2.7. Evaluación de impactos ambientales**

Una evaluación de impactos ambientales es una herramienta para que los tomadores de decisiones identifiquen los posibles impactos ambientales de los proyectos propuestos, a fin de evaluar los enfoques alternativos, y de diseñar e incorporar medidas adecuadas de prevención, mitigación, gestión y monitoreo. (FAO, 2012)

Aguilera (2010) menciona que entre las principales características de una evaluación de impactos ambientales se pueden anotar las siguientes:

1. Es un trabajo que abarca diferentes disciplinas (trabajo multidisciplinario), debido a que los impactos no solo se presentan en un solo componente del medio ambiente, toda la información está basada en investigación científica.
2. Tiene puerta abierta para la opinión ciudadana, especialmente de la que puede ser beneficiada o perjudicada por el avance de las obras o actividades. El lenguaje usado aparte de ser netamente técnico, es apropiado para que cualquier persona pueda entenderlo.
3. El nivel de los estudios viene dado por la envergadura de la obra o actividad, mientras éstas sean más grandes, mayor nivel de detalle deberá abarcar.
4. Es el documento ambiental el cual es revisado por una autoridad competente para la posterior aceptación o rechazo de la continuidad de las obras o actividades emprendidas.
5. Es de vital ayuda para la toma de decisiones, con un buen análisis de alternativas, se escogerá aquella en la cual se tenga mayor sustentabilidad ambiental.

Arboleada (2018) establece el proceso del EIA como se muestra en la figura 2.



**Figura 2** Proceso del EIA

Fuente: (Arboleada, 2008)

Fase de análisis de aspectos técnicos del proyecto: consiste en la caracterización del proyecto con referencia a su localización, proceso y detalles técnicos.

Fase de diagnóstico del medio ambiente: consiste en el desarrollo de una línea base ambiental, o bien de un diagnóstico ambiental, mediante la recopilación y sistematización de información sobre área o áreas a intervenir en cuanto a recursos y condiciones se refieren.

Fase de predicción e identificación de impactos: consiste en definir los indicadores para cada parámetro ambiental mediante el análisis de actividades que contempla el proyecto.

Fase de interpretación y contrastación: consiste en el control de con el fin de validar los impactos previamente identificados.

Fase de valoración de impactos: consiste en encontrar medidas de impacto cualitativas/cuantitativas, y en determinar atributos de calificación ambiental, obteniendo escalas numéricas o rangos que permitirán la jerarquización según la importancia de cada impacto.

## 2.8. Ambiente como objeto de evaluación

Se considera ambiente al entorno conformado por diversas características naturales, apreciadas en los factores: físico, social económico y estético, en los cuales interactúan individuos y comunidades. Vilorio (2015) establece un orden para tomar el ambiente como objeto de estudio como se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Estructura del ambiente como objeto de estudio*

Medio Natural	
	Componente atmósfera
	Ruido ambiental
	Olores ofensivos
Parámetros	Calidad del aire
	Neblinas y brumas
	Componente agua
	Calidad del agua
	Dinámica fluvial
Parámetros	Caudal
	Sistema de drenaje
	Componente suelo
	Características físico-químicas
	Fenómenos de inestabilidad y remoción en masa
Parámetros	Procesos erosivos, socavación y pérdida de suelo
	Compactación del suelo

**CONTINÚA**



<b>Sistema biótico</b>	Componente procariota	
	Parámetros	Concentración de microorganismos patógenos en agua y suelo
		Calidad microbiológica en agua y suelo
		Abundancia de especies
		Masas microbianas en ambientes construidos
	Componente eucariota	
	Parámetros	Atracción o expulsión de especies.
		Especies en veda o amenazadas.
		Abundancia de especies
		Corredores biológicos
<b>Sistema relacional</b>	Componente procesos y relaciones	
	Parámetros	Ciclos y rutas migratorias
		Ciclos biogeoquímicos
		Relaciones intraespecíficas
		Relaciones interespecíficas
<b>Medio humano</b>		
<b>Sistema perceptual</b>	Componente paisaje	
	Parámetros	Cuenca visual/visibilidad
		Geomorfología
		Paisaje construido
		Calidad subjetiva
<b>Sistema antrópico</b>	Componente económico	
	Parámetros	Tasa de empleo
		Uso de un recurso natural
		Actividades económicas
		Tenencia de la tierra

**CONTINÚA**



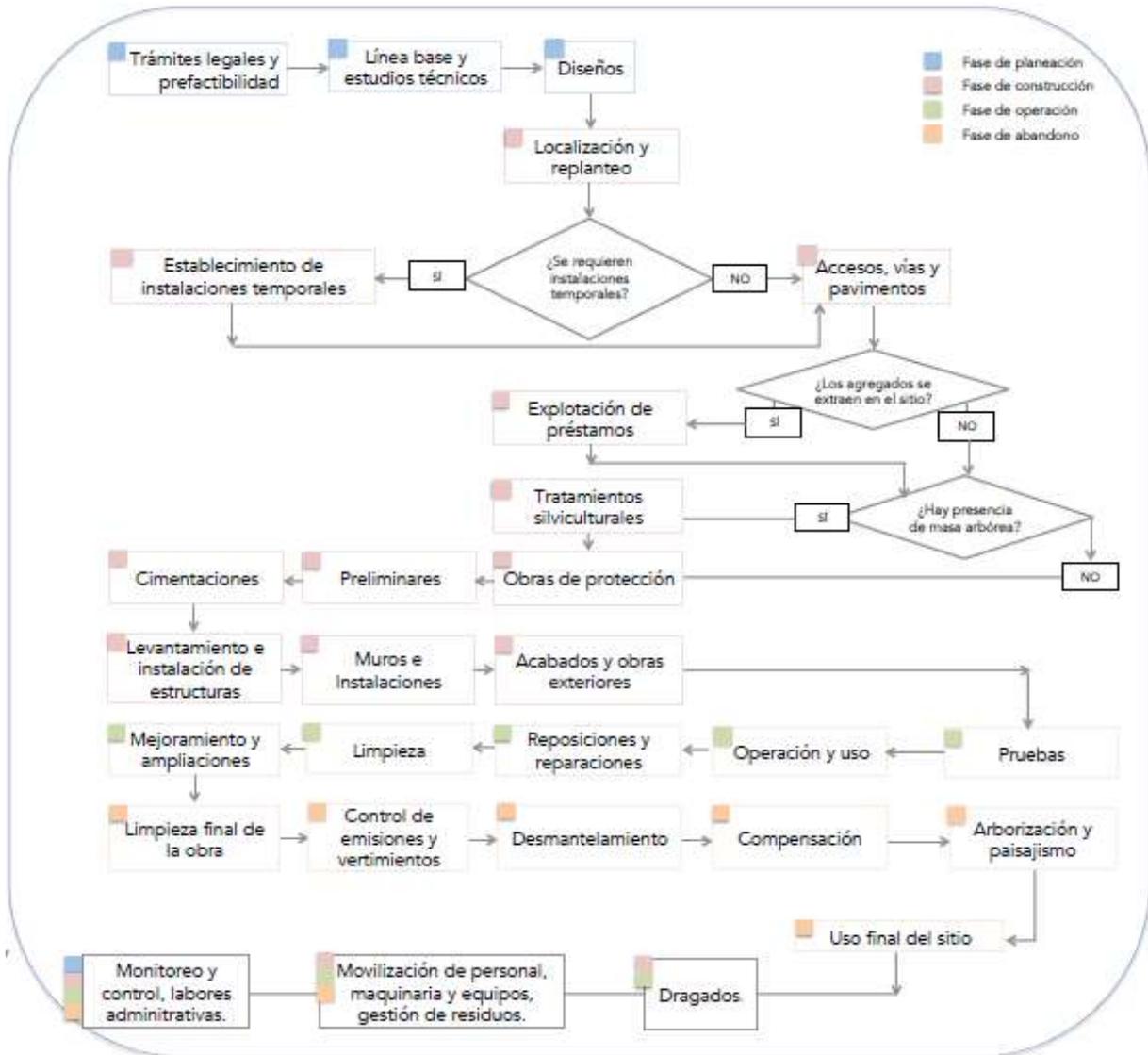
Componente político	
Parámetros	Participación comunitaria
	Inversión, presencia del estado y las autoridades
	Conflictos, manifestaciones, molestias y expectativas en la comunidad
	Factores de riesgo
Componente sociocultural	
Parámetros	Patrimonio histórico, arqueológico, natural y/o territorios colectivos
	Oferta de servicios públicos, espacio público y vivienda
	Densidad de población
	Necesidades básicas insatisfechas

Fuente: (Viloria, 2015)

## 2.9.Aspectos ambientales para la construcción

Un aspecto ambiental es un “elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente” (ISO 14001, 2004), de esto se deduce que un aspecto ambiental es la causa/acción de un impacto ambiental.

En cuanto a construcción se refiere, (Viloria, 2015) propone un diagrama de flujo, mostrado en la figura 3, donde realiza un análisis exhaustivo de las actividades de ingeniería correspondientes para la construcción en sus diferentes fases, estos vendrían a ser las actividades del proyecto o aspectos ambientales del mismo.



**Figura 3** Actividades de ingeniería en proyectos de construcción

Fuente: (Viloria, 2015)

**2.10. Impactos ambientales para la construcción**

Un impacto ambiental es la alteración en los sistemas ambientales, esta alteración puede ser adversa o beneficiosa, total o parcial. Se clasifican acorde a los siguientes atributos: causa, tiempo, duración, ubicación, afectación y forma de asimilación del efecto (Perevochtchikova, 2013)

En la tabla 3, se puede apreciar los impactos ambientales por componentes que recomienda el estado del arte.

**Tabla 3**

*Impactos ambientales por componentes de estudio*

<b>Impactos ambientales</b>	
<b>Componente agua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la calidad físico química del agua</li> <li>• Disminución de caudal disponible</li> <li>• Afectación al sistema de drenaje desviación, obstaculización, pérdida de conectividad</li> </ul>
<b>Componente atmósfera</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de los niveles de ruido ambiental</li> <li>• Aumento en la dispersión de olores ofensivos.</li> <li>• Deterioro de la calidad de aire: aumento en la concentración de gases y material particulado</li> <li>• Aumento en la presencia de nieblas, aerosoles o similares, ondas electromagnéticas</li> </ul>
<b>Componente suelo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de las características físico químicas del suelo</li> <li>• Aumento en la presencia de fenómenos de inestabilidad, remoción en masa</li> <li>• Aumento en la presencia de procesos erosivos, socavación y pérdida de suelo</li> <li>• Compactación del suelo</li> </ul>

**CONTINÚA**



<b>Componente procariota</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la concentración de microorganismos patógenos en agua y suelo</li> <li>• Deterioro de la calidad microbiológica en agua y suelo</li> <li>• Pérdida de abundancia y/o diversidad de especies procariotas (microflora y microfauna)</li> <li>• Proliferación de masas microbianas en ambientes construidos</li> </ul>
<b>Componente eucariota</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atracción o expulsión de especies eucariotas (macroflora y macrofauna)</li> <li>• Intervención de especies en veda o amenaza</li> <li>• Pérdida de abundancia y/o diversidad de especies eucariotas terrestres o acuáticas</li> <li>• Pérdida de corredores biológicos, hábitat y matriz de vegetación, fragmentación</li> </ul>
<b>Componente procesos y relaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración en los ciclos y rutas migratorias de seres vivos</li> <li>• Alteración de los ciclos biogeoquímicos</li> <li>• Obstrucción en las relaciones intraespecíficas</li> <li>• Obstrucción en las relaciones interespecíficas</li> </ul>
<b>Componente paisaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la cuenca visual/visibilidad del paisaje</li> <li>• Alteración de la geomorfología</li> <li>• Afectación del paisaje construido</li> <li>• Pérdida de la calidad subjetiva del paisaje</li> </ul>
<b>Componente económico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la tasa de empleo</li> <li>• Aumento o disminución en el uso de un recurso natural</li> <li>• Afectación de las actividades económicas</li> <li>• Afectación en la tenencia de la tierra</li> </ul>
<b>Componente cultural</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación del patrimonio histórico, arqueológico, natural y/o territorios colectivos</li> </ul>

**CONTINÚA**



---

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aumento/disminución en la oferta de servicios públicos, espacio público y vivienda,</li><li>• equipamientos</li><li>• Aumento/disminución de la densidad de población</li><li>• Reducción de las necesidades básicas insatisfechas</li></ul>
<b>Componente político</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Favorecimiento de la participación comunitaria</li><li>• Mayor inversión, presencia del estado y las autoridades</li><li>• Potenciación de conflictos, manifestaciones, molestias y expectativas en la comunidad</li><li>• Incremento en los factores de riesgo natural y antrópico</li></ul>

---

Fuente: (Viloria, 2015)

## **2.11. Metodologías para la evaluación de impactos ambientales**

### **Listas de Chequeo (Checklists)**

Son listas ordenadas de factores y parámetros ambientales que son afectados por la implementación de un proyecto, son de vital importancia en las primeras fases de identificación y evaluación de los impactos en el EIA. Son exhaustivas, ninguna alteración al ambiente debe ser omitida, es por esto que su principal fin es el de identificar todas las posibles consecuencias que pueden traer las obras o el proyecto. Son empleadas frecuentemente como un método auxiliar en los EIA debido a que no se las puede generalizar para todas las fases del proyecto. (Aguilera, 2010)

### **Métodos Ad – Hoc o Paneles de Expertos**

Comúnmente se organizan para obtener información de probables impactos ambientales en un corto período de tiempo, en estos paneles se identifican impactos potenciales, se establecen medidas de mitigación y posibles medidas de seguimiento y control. (Aguilera, 2010)

### **Matrices Interactivas**

Funcionan como una lista de control bidimensional, la más conocida es la Matriz de Causa y Efecto, las cuales son un listado en forma matricial que generalmente contienen en el eje vertical los factores y parámetros ambientales, mientras que en el horizontal se describen las acciones de las obras o proyecto. En esta matriz se identifican los factores y parámetros que serían afectados y las acciones causantes, marcando una X en la casilla de intersección de estas. (Aguilera, 2010)

Una matriz muy usada de este tipo es la Matriz de Leopold, la cual fue desarrollada por Dr. Luna Leopold y colaboradores en los años 70 para el Servicio Geológico de los Estados Unidos, para ser usada especialmente en proyectos de construcción. (Aguilera, 2010)

Se distingue la Magnitud y la Importancia. La metodología propuesta por Leopold considera que para cada una de las celdillas hay un número fraccionario en donde la Magnitud es el numerador, e Importancia el denominador, tanto Magnitud e Importancia se califican en una escala de 1 a 10. (Aguilera, 2010)

### **Diagramas de Redes**

Los diagramas de redes tienen su fundamento en que una acción cualquiera difícilmente ocasiona un solo impacto al ambiente, casi todas las acciones o actividades generan más de un impacto que a la larga forma una cadena de impactos.

Esta cadena de impactos jerarquiza el nivel de impactos en primarios, secundarios, terciarios y de mayor orden que pueden aparecer luego de que la acción impactante ha hecho su efecto sobre el ambiente.

### **Superposición de Cartografía**

Propuesto por Ian McHarg en el año de 1969, en aquel entonces se usaba la superposición de transparencias o acetatos, en los cuales se graficaba diferentes mapas de impactos individuales sobre los componentes ambientales (físico, biótico, etc.), al sobreponer estos mapas se obtenía un mapa de impactos global. Hoy en día esto se lo hace mediante los sistemas de información geográfica.

### **Análisis multicriterio**

La teoría de la decisión ha sido estudiada extensamente en el ámbito de las ciencias de la economía y la ingeniería; los métodos más usados en la actualidad son producto de la investigación realizada en esas áreas del conocimiento. (García, 2004)

Según García (2014), la teoría de la decisión se ha orientado a dos direcciones distintas:

- Una denominada positiva o empírica que consiste en elaborar una serie de articulaciones lógicas que pretenden explicar y predecir el comportamiento de los agentes decisores reales.
- Otra llamada normativa que define la racionalidad de los decisores basándose en una serie de supuestos justificables intuitivamente, para posteriormente realizar una serie

de operaciones lógicas que permitan deducir el comportamiento óptimo compatible con la racionalidad previamente establecida.

## **2.12. Atributos de evaluación de impacto ambiental**

Uno de los errores comunes en el proceso de EIA, es tratar de trabajar con todos los impactos, ya que esto genera un volumen de información considerable que en vez de ayudar a entender las relaciones proyecto-ambiente, confunde y desvía la atención de los aspectos principales. (Arboleada, 2008)

Un criterio, es un juicio para discernir, clasificar o relacionar una cosa. Aplicando este concepto a la EvIA, corresponde al elemento mediante el cual es valorado un impacto; por lo general un criterio es expresado mediante atributos, los cuales en su conjunto dan luz sobre la naturaleza del criterio que se está evaluando. (Viloria, 2015)

Los criterios de evaluación de impacto ambiental se pueden clasificar en criterios de valor, incidencia, lugar, tiempo, periodicidad, manejo y asimilación, ocurrencia y ambiente afectado. (Viloria, 2015)

### **2.12.1. Criterio de valor**

Para este criterio se presentan los atributos clase y magnitud.

**Atributo clase:** se refiere al signo del impacto, hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados. Un impacto se considera positivo cuando el resultado de la acción produce una mejora en la calidad ambiental. Y es negativo, cuando el resultado de la acción produce una disminución de la calidad ambiental. (Arboleada, 2008)

**Atributo magnitud:** Califica la dimensión o tamaño del cambio sufrido en el componente ambiental analizado por causa de una acción del proyecto. (Arboleada, 2008)

### 2.12.2. Criterio de incidencia

La incidencia del impacto, el cual busca que el impacto se evalúe según su certeza de ocurrencia, causas y efectos secundarios. (Viloria, 2015)

**Atributo acumulación o tendencia:** Se refiere a que un impacto en el tiempo puede generar más impactos ambientales. (Vidal, 2009)

Da una idea de una frecuencia continua y reiterada del impacto ambiental sobre el tiempo.

**Atributo efecto:** Alude a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. (Conesa, 2010) Es decir el identificar si un impacto es directo o indirecto, en este atributo se debe considerar la subjetividad en la identificación y evaluación del mismo.

**Atributo sinergia:** La sinergia se refiere a la acción de dos o más causas, cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales. De igual forma, se refiere al efecto cuyo modo de acción induce con el tiempo a la aparición de otros nuevos, de superior manifestación. (Conesa, 2010)

**Atributo consumos:** Se refiere a la demanda de recursos naturales en un proyecto se refiere a la cantidad y calidad de recursos que el titular del proyecto debe adquirir para la construcción y operación del mismo, definiendo los usos y/o aprovechamiento a dar, así como un análisis de la afectación de los recursos naturales. (Viloria, 2015)

**Atributo emisiones:** Se refiere a los materiales o la energía que deja un proceso, estos materiales pueden incluir materias primas, productos intermedios, productos, emisiones y residuos. (ISO 14040, 2006)

### 2.12.3. Criterio de lugar

**Atributo extensión:** Este atributo es también conocido como área de influencia, y/o cobertura del impacto. (Arboleada, 2008)

**Atributo ubicación:** Se refiere al lugar en donde se presenta el impacto, si este es de ubicación crítica (en un punto estratégico), extensivo o localizado.

**Atributo distancia a población:** Cercanía a lejanía a asentamientos humanos (desde centro poblados rurales: más de 20 viviendas consecutivas en adelante). (Arboleada, 2008)

### 2.12.4. Criterio de tiempo

**Atributo duración:** se trata del tiempo en que permanece el efecto sobre el factor, desde su aparición, hasta que el factor afectado retome las condiciones anteriores a la perturbación. (Conesa, 2010)

**Atributo periodicidad:** La periodicidad, es la regularidad de manifestación del efecto, ya sea de manera continua o discontinua, o irregular. (Conesa, 2010)

**Atributo momento o evolución:** la rapidez con la que se presenta el impacto, es decir, la velocidad como éste se despliega a partir del momento en que inician las afectaciones y hasta que el impacto se hace presente plenamente con todas sus consecuencias. (Arboleada, 2008)

### 2.12.5. Criterio de asimilación

A través de este criterio, se puede inferir la importancia de un impacto, un impacto es más importante cuando las medidas de manejo se hacen difíciles o nulas.

**Atributo mitigabilidad:** Se basa en las medidas requeridas para reducir los impactos ambientales, permite conocer la posibilidad de subsanar las consecuencias derivadas de un efecto. (Viloria, 2015)

**Atributo reversibilidad:** Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar naturalmente a las condiciones iniciales previas a la acción. (Conesa, 2010)

**Atributo recuperabilidad:** la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales, previas a la actuación, por medio de la intervención humana, o sea, mediante la introducción de medidas correctoras y restauradoras. (Conesa, 2010)

### 2.12.6. Criterio de ocurrencia

En este criterio se analiza la relación del impacto con otras actividades y proyectos en el área de influencia.

**Atributo presencia:** probabilidad de ocurrencia del impacto ambiental.

**Atributo externalidades:** se basa en la incidencia sobre la calidad ambiental del entorno en términos de la presencia de otros proyectos y como estos se pueden ver afectados por las actividades propias del proyecto que se evalúa.

### **2.12.7. Criterio de ambiente afectado**

**Atributo vulnerabilidad:** establece la fragilidad de un ecosistema o elemento de evaluación y su capacidad de asimilación o amortiguación del efecto. (Conesa, 2010)

**Atributo abundancia:** se refiere a la cantidad en que se presenta el recurso ambiental en el entorno, es una medida de la cantidad aplicada a plantas o animales, a menudo basándose en la densidad o la frecuencia. (Conesa, 2010)

**Atributo complejidad:** Se refiere al valor que se le da al recurso ambiental afectado: puede ser valioso o simple en términos de su interrelación ecosistémica, y del número de elementos que conforman el sistema ambiental o bioma que será intervenido. (Viloria, 2015)

**Atributo continuidad:** La continuidad se refiere a la unión natural que tienen entre sí las partes del sistema ambiental. Se puede abordar como continuidad vegetal, la cual se refiere a que en una unidad de cobertura no se presenten fragmentaciones importantes en su estructura de conjunto y/o cuando esta no se encuentre completamente aislada en el entorno. Este atributo puede establecer necesidades de conservación debido al posible agotamiento del recurso. (Viloria, 2015)

**Atributo clímax:** proximidad al punto de más alto valor ambiental de un proceso, expresa que una comunidad es estable bióticamente y que está en equilibrio con las condiciones ambientales existentes. (Viloria, 2015)

**Atributo dificultad de conservación o fragilidad:** Se refiere a la vulnerabilidad y carácter precedero del recurso ambiental afectado, a la dificultad de subsistir del recurso. (Viloria, 2015)

**Atributo diversidad:** Abundancia de elementos distintos en el entorno, riqueza de especies. (Viloria, 2015)

**Atributo estabilidad:** Se trata de la permanencia/firmeza del recurso ambiental en el entorno, porque este, a través del tiempo no cambia en sus características. (Viloria, 2015)

**Atributo naturalidad y uso del suelo predominante:** Se refiere al grado de intervención del área de influencia de un proyecto, en cuanto más natural sea un ambiente es más valioso y por ende el impacto tiende a ser más significativo. (Viloria, 2015)

**Atributo rareza o singularidad:** Imposibilidad de ser sustituido, Sobre el momento en el que se manifiesta el impacto, debido a que el recurso ambiental afectado existe sólo en las pequeñas cantidades. (Viloria, 2015)

**Atributo representatividad:** Carácter simbólico del entorno, endemismo, valor adicional por la condición de distinto o distinguido. Cualidad de representativo, es decir que es imagen o símbolo de alguna característica importante del recurso o componente. (Viloria, 2015)

### **2.13. Planes de manejo ambiental**

Según (Metropolitano, 2020) un plan de manejo ambiental es un documento que establece a detalle y en orden cronológico las acciones que se requiere ejecutar para prevenir, mitigar, controlar, corregir y compensar los posibles impactos ambientales negativos o acentuar los impactos ambientales positivos causados por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad.

Estas se definen como una guías prácticas y viables, misma que posee medidas para evitar los impactos ambientales identificados como resultado de las actividades que se realizarán en la construcción de la obra.

Para la elaboración de las estrategias de manejo ambientales, se ha toma en cuenta todos los aspectos relevantes, de las condiciones ambientales actuales del área de influencia directa e indirecta, así mismo, se ha considerado los impactos identificados y valorados. Basando el plan de manejo ambiental en las medidas propuestas en el PLAN DE MANEJO AMBIENTAL BASE – GENERAL publicado por la Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito. (Metropolitano, 2020). Esto relativo a las obras de protección en las quebradas ante el flujo de los lahares del volcán Cotopaxi. Con el fin de evitar, disminuir, modificar, remediar o compensar el impacto de la obra sobre el medio ambiente.

Existen nueve planes de manejo ambiental cada uno de ellos, contendrán medidas las mismas que se desarrollaran en formato de fichas individuales y el contenido de cada uno de los planes tendrá el siguiente formato:

Nombre del Plan de Manejo Ambiental, Nombre del Programa, Objetivos, Lugar de Aplicación, Responsable de la ejecución, control y monitoreo, Código/Número de la medida, Aspecto Ambiental, Impacto Ambiental, Medidas Propuestas, Indicadores, Medio de Verificación.

### **2.13.1. Plan de Prevención y Mitigación de Impactos, PPM**

Este plan comprende acciones tendientes a minimizar los impactos negativos y riesgos ambientales sobre el ambiente en las diferentes fases del proyecto, en el cual se toman en cuenta las actividades previstas a realizarse en el proyecto y los posibles impactos que estas puedan causar.

Las medidas preventivas, que se deben ejecutar para mitigar los impactos ambientales negativos, causados por la construcción, operación y mantenimiento de los diferentes sistemas que conforman el Proyecto, deben ser considerando aspectos relacionados con salud pública, seguridad en la construcción, perdida y/o deterioro de recursos naturales e impactos socioculturales en la comunidad. Este plan incluye control de ruido, de movimiento de tierras, desbroce y limpieza, control vehicular y peatonal, control de emisiones gaseosas, entre otros. (Ministerio del Ambiente, 2015)

### **2.13.2. Plan de Manejo de Desechos, PMD**

Comprende las medidas y estrategias concretas a aplicarse en el proyecto, obra o actividad para prevenir, tratar, reciclar, reusar y disponer los diferentes desechos: No peligrosos, Líquidos y sanitarios.

Las medidas estarán relacionadas a disminuir y manejar los siguientes aspectos: (Ministerio del Ambiente, 2015)

- Generación de desechos sólidos, escombros y materiales de construcción.
- Generación de desechos sólidos especiales.
- Problemas operativos en las plantas de recuperación de materiales que provoquen la acumulación de desechos sólidos sin procesar.
- Manejo de lodos de tratamiento de efluentes y lixiviados.

### **2.13.3. Plan de Comunicación y Capacitación PCC**

Tiene como objetivo aplicar actividades sobre los elementos y la utilización del Plan de Manejo Ambiental para explicar a todo el personal que participará en las fases de planificación, construcción, operación y abandono de los diferentes sistemas que conforman el Proyecto, permitiendo que los empleados se encuentren capacitados en el cumplimiento de las actividades a realizarse y así evitar cualquier emergencia que podría suceder y afectar no solo al entorno sino su integridad física, además, facilitará la realización de charlas frecuentes con el personal, como mínimo en los siguientes temas: Uso del equipo de protección personal, educación Ambiental, etc.

La Educación Ambiental deberá ser un proceso permanente en el cual el personal involucrado, adquieren conciencia de su medio y aprenden valores, destrezas, experiencia para actuar, individual y colectiva mente en la resolución de los problemas ambientales presentes y futuros.

Deberán cumplir con los medios de verificación entre estos: Registro de asistencia a las capacitaciones por parte del personal, registro fotográfico, volantes informativos, documento impreso y/o digital del tema e información de la capacitación, etc (Ministerio del Ambiente, 2015)

### **2.13.4. Plan de Relaciones Comunitarias, PRC**

Este plan integra a la población directamente involucrada por el proyecto, la autoridad y el comercio. Debe contener medidas de difusión a utilizarse, estrategias de información y comunicación. Existen muchos métodos para llevar a cabo este plan entre ellos están las

charlas, reuniones informativas mediante las cuales se socializara las pautas de comportamiento del personal operativo, técnico y contratistas. (Ministerio del Ambiente, 2015)

#### **2.13.5. Plan de Contingencias, PDC**

El Plan de contingencia tiene como objetivo establecer las acciones con la finalidad de ayudar al personal, ya sean obreros, técnicos o administrativos a responder rápida y eficazmente ante un evento que genere riesgos a la salud humana, instalaciones físicas, maquinaria, equipos y al ambiente durante las diferentes fases del proyecto.

Pudiendo tener como programas: Emergencias por desastres naturales, entrenamiento y simulacros, entre otros. (Ministerio del Ambiente, 2015)

#### **2.13.6. Plan de Seguridad y Salud ocupacional, PSS**

En este plan se deberá establecer acciones, para aplicar medidas y normas establecidas para preservar la salud y seguridad de los empleados que participaran en la rehabilitación del sector, inclusive las estrategias de su difusión. El principal objetivo del Plan de Salud y Seguridad Ambiental es proveer seguridad, protección y atención a los empleados que laboren en el sitio de disposición final y personal involucrado en el proyecto. Se deberá impartir a los trabajadores, capacitación y entrenamiento en seguridad al momento de su contratación y durante el desempeño de su labor pudiendo implementarse programas como Medidas de seguridad industrial, Salud Ocupacional y Seguridad Industrial. (Ministerio del Ambiente, 2015)

### **2.13.7. Plan de Monitoreo y Seguimiento, PMS**

En este plan se determinan propuestas para comprobar que las medidas de prevención y mitigación de impactos definidas se ejecuten adecuadamente, dentro de este plan se debe realizar por lo menos: Monitoreo de las Emisiones Atmosféricas, Monitoreo de ruido, Monitoreo de lixiviados (calidad del agua), Monitoreo del suelo. (Ministerio del Ambiente, 2015)

### **2.13.8. Plan de Rehabilitación, PRA**

Comprende las medidas, estrategias y tecnologías a aplicarse en el proyecto para restablecer la cobertura vegetal, garantizar la estabilidad y duración de la obra, remediar los suelos contaminados, entre otras actividades.

Describe las obras y medidas a realizarse para el cierre de la celda durante el periodo de vida útil, en el que se incluya la recuperación de áreas verdes y medidas de integración paisajista de la zona. (Ministerio del Ambiente, 2015)

### **2.13.9. Plan de Cierre, Abandono y Entrega del Área, PCA**

Comprende la implementación de actividades a cumplirse especialmente una vez concluida la etapa de operación, la manera de proceder al abandono y entrega del área del proyecto, obra o actividad.

Las medidas propuestas son generales, sin mayor detalle destinadas a la restauración de los sitios intervenidos en los siguientes casos: Campamentos, bodegas, letrinas utilizadas en la fase de construcción del proyecto.

En el caso que se identifiquen sitios contaminados o fuentes de contaminación, previa ejecutar este plan se deberá proceder conforme lo que establece la normativa ambiental vigente. Así mismo en el caso de existir contingencias generadas por el proyecto, obra o actividad, la restauración deberá lograr el retorno de las condiciones originales del ecosistema. (Ministerio del Ambiente, 2015).

## CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### Sistema abiótico

#### 3.1. Zonas de vida

Una zona de vida es considerada, desde el punto de vista de la biogeografía, una extensión de terreno que está delimitada por parámetros meteorológicos y geomorfológicos, los cuales dan cabida a especies endémicas propias de esa zona.

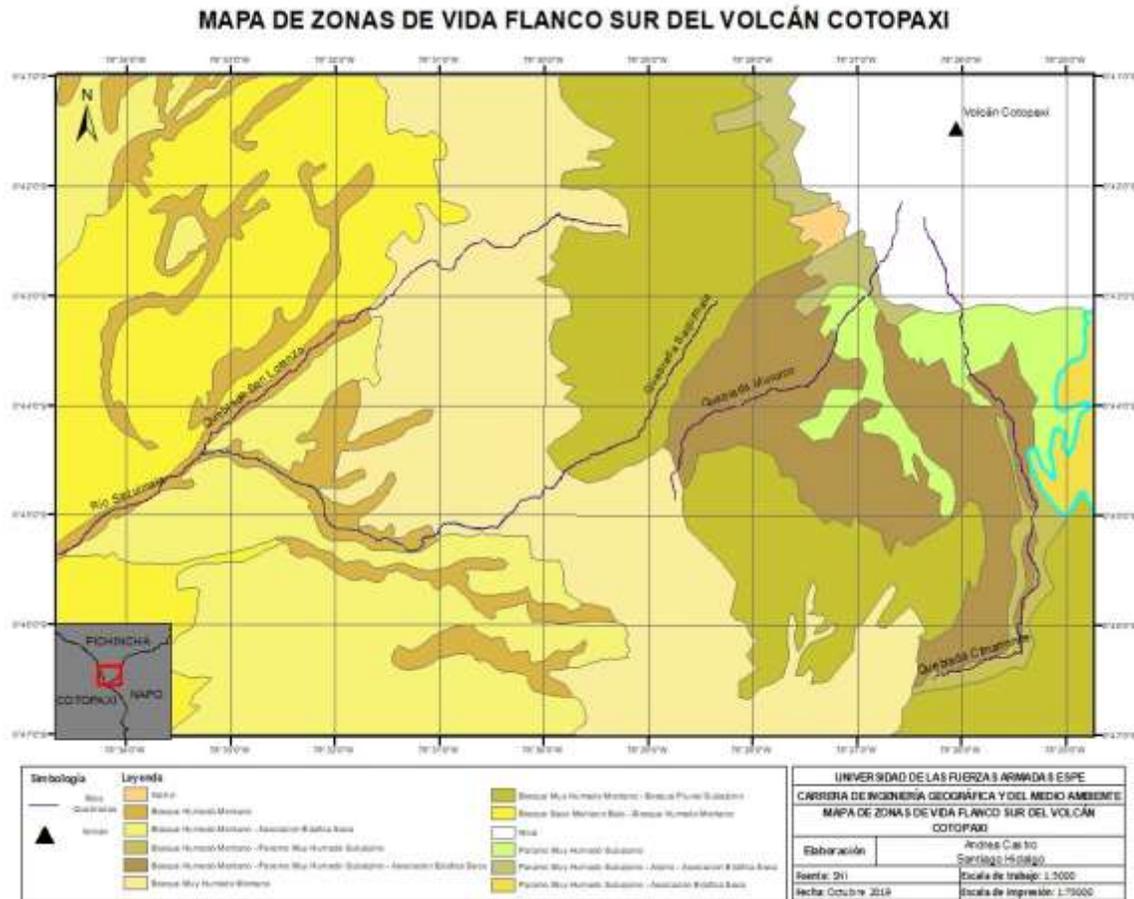
El (SNI, 2013) a través de SIGAGRO, desarrolló un modelo para delimitar estas zonas de vida de acuerdo al sistema de Holdridge. Esta información está liberada en una escala 1:50000. Con esto se procedió a identificar las zonas de vida pertenecientes a la zona de estudio. Estas constan de zonas de vida propias de las altas cordilleras en Sudamérica, muchas de ellas bien definidas y otras son estribaciones que resultan en combinaciones de zonas de vida como se puede apreciar en la figura 1.

A continuación en la tabla 4. Se indican las zonas de vida identificadas y en la figura 4, los sectores de la zona de estudio que abarca.

**Tabla 4**  
*Zonas de vida*

Zona de vida	Zonas que abarca
<b>Alpino</b>	Nacientes de la Quebrada Saquimala.
<b>Bosque húmedo montano</b>	Predomina en las quebradas Mururco y Cimarrones.
<b>Páramo muy húmedo subalpino</b>	Alrededores de las quebradas Saquimala, San Lorenzo y Cimarrones. Así como en los nacientes de la Quebrada Mururco.
<b>Bosque muy húmedo montano</b>	Alrededores de las quebradas Saquimala y San Lorenzo.
<b>Bosque pluvial subalpino</b>	Alrededores de las quebradas Mururco y Cimarrones.
<b>Bosque seco montano bajo</b>	Alrededores de las quebradas Saquimala y San Lorenzo.

Fuente: (SNI, 2013)



**Figura 4** Mapa de zonas de vida flanco sur del volcán Cotopaxi

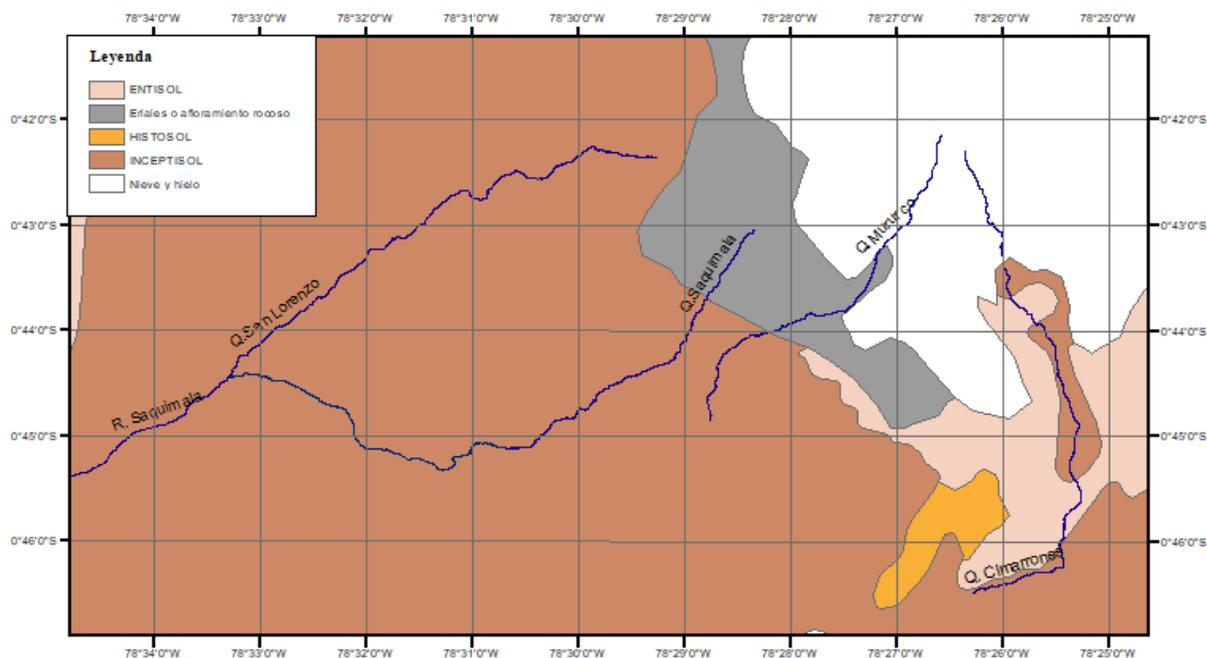
## 3.2. Suelo

### 3.2.1. Taxonomía de suelos

El sistema "Soil Taxonomy (1973)" clasifica los suelos en grupos edáficos en base a las características físicas y químicas de los mismos, se los clasifica por órdenes, subórdenes y gran grupo.

El (SNI, 2013) a través de SIGAGRO, desarrolló la cartografía temática de la taxonomía de suelos de acuerdo a la clasificación antes mencionada. Esta información está liberada en una escala

1:50000. Los ordenes en la zona de estudio corresponden a los siguientes: entisol, histosol, inceptisol, afloramientos rocosos, nieve y hielo. Representados gráficamente en la figura 5.

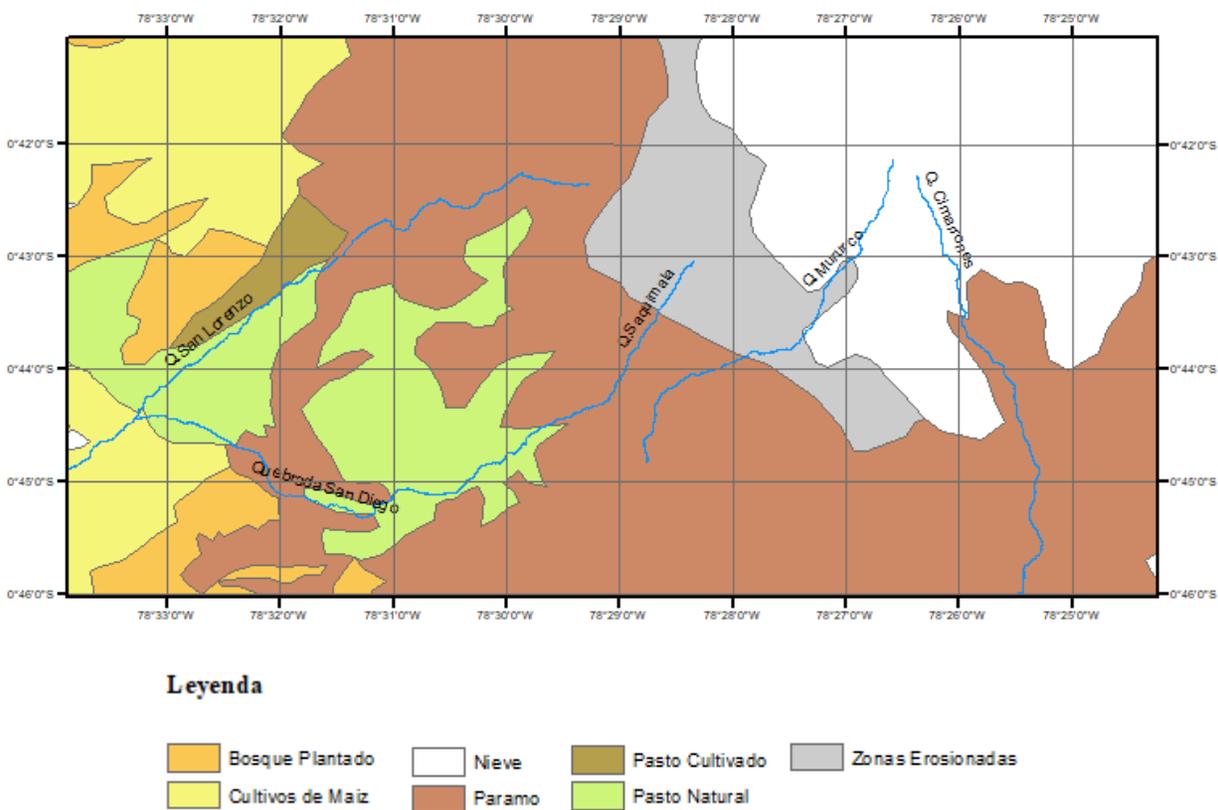


**Figura 5** Taxonomía de suelo

### 3.2.2. Uso de suelo

El uso del suelo considera la gestión y modificación del ambiente de acuerdo a la alteración o conservación del medio físico, zonificando las diferentes actividades. Siendo este un criterio muy importante para implementar la sustentabilidad a las actividades humanas.

El (SNI, 2013) a través de SIGAGRO, desarrolló la cartografía temática del uso de suelo a escala 1:50000. En la figura 6 se muestra el uso de suelo en la zona de estudio.



**Figura 6** Uso de suelo

En la tabla 5, se puede apreciar la identificación del uso de suelo en los puntos de control para la construcción de las obras de mitigación.

**Tabla 5**

*Uso de suelo en el punto de construcción de las quebradas*

Quebrada	Uso de suelo
Saquimala	Páramo
San Lorenzo	Pasto natural, cercano al pasto cultivado
Cimarrones	Páramo
Mururco	Páramo

### **3.2.3. Geología**

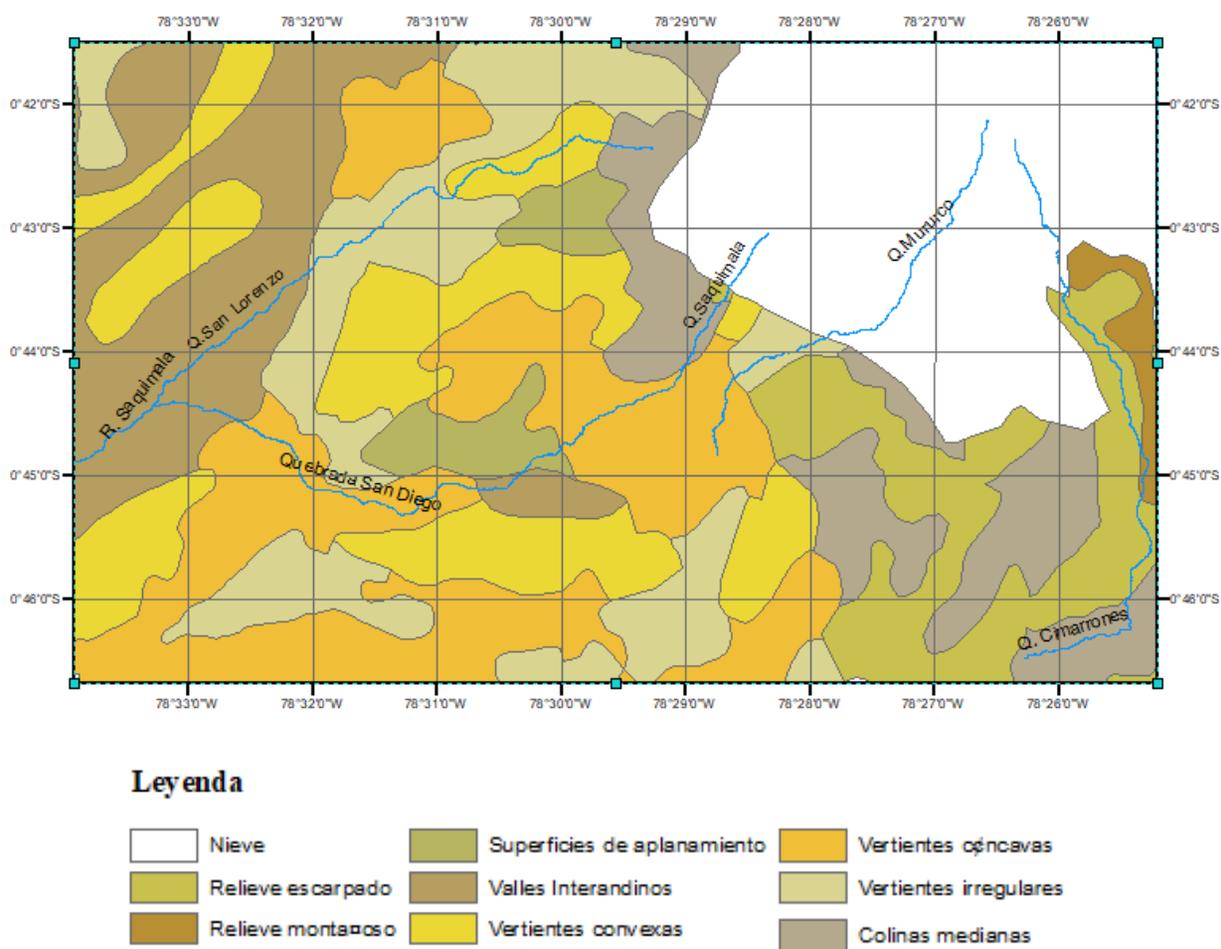
Presenta un paisaje típicamente volcánico y está dominado por el volcán Cotopaxi, alrededor de los cuales se presentan lahares, coladas de lava y depósitos de ceniza.

El volcán Cotopaxi, en los últimos 4000 años, el material expulsado durante sus erupciones han sido de composición andesítica. Se pueden identificar 19 ciclos eruptivos, con producción de flujos piroclásticos y flujos de lava. Cada ciclo terminó con períodos de calma, durante los cuales se formaron diferentes capas de suelo que representan períodos de pausa en la actividad eruptiva.

Las rocas mas viejas denominadas "Complejo Aminas" consiste en aglomerados y lavas de composición andesítica y dacítica encontradas en el lado sur. Posteriormente se depositó el "Complejo Salitres" el cual es una secuencia de lavas dacíticas y andesíticas con abundante material piroclástico, luego sigue el complejo Morurco denominado así por el pico al sur del Cotopaxi que consiste en andesitas.

### **3.2.4. Geomorfología**

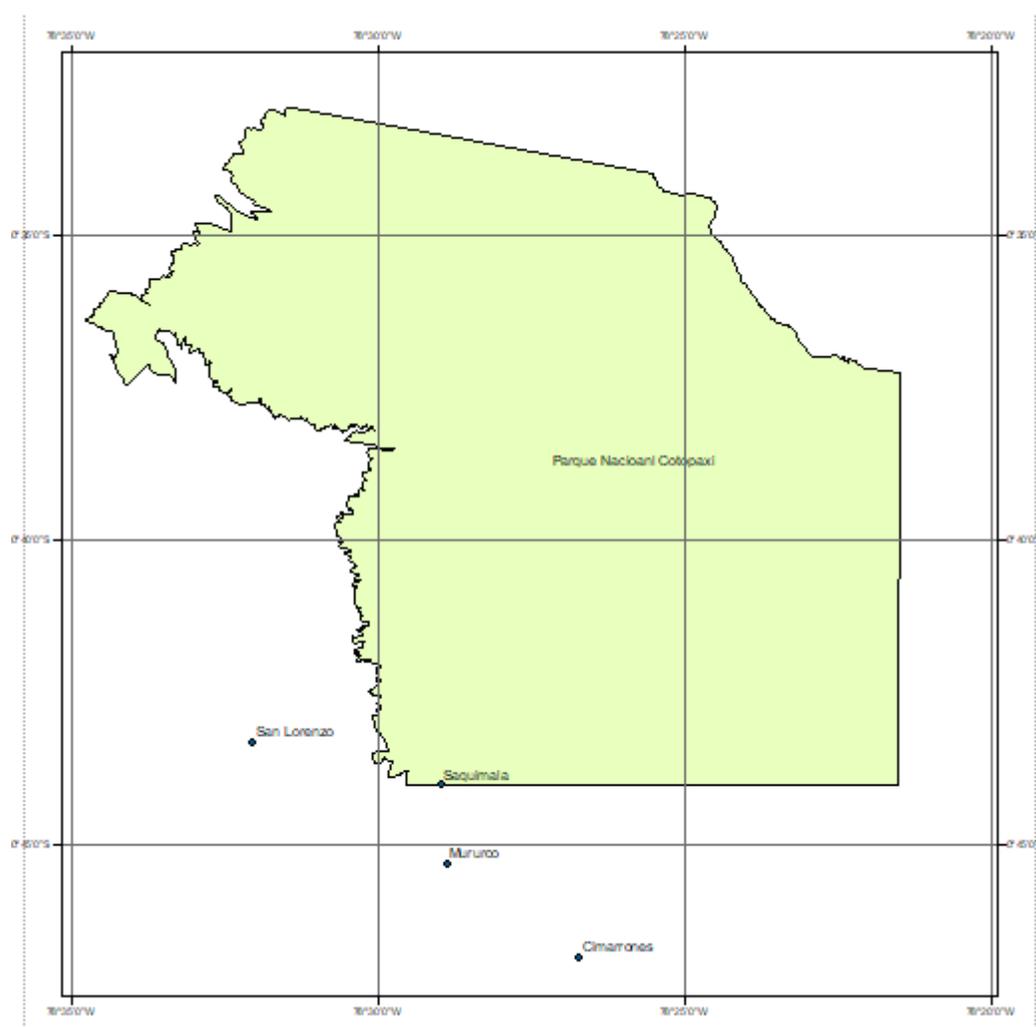
El (SNI, 2013) a través de SIGAGRO, desarrolló la cartografía temática del uso de suelo a escala 1:50000. En la figura 7, se muestra el uso de suelo en la zona de estudio.



*Figura 7* Geomorfología

### 3.3. Áreas protegidas

El área protegida mas cercana a los puntos en donde se va a desarrollar las obras civiles es la del Parque Nacional Cotopaxi como se observa en la figura 8. En la tabla 6, se indica la distancia de los puntos de control al área protegida.



**Figura 8** Parque Nacional Cotopaxi

**Tabla 6**

*Distancias de los puntos de control al Parque Nacional Cotopaxi*

Quebrada	Distancia(m)
Saquimala	Dentro del área protegida
San Lorenzo	3624
Cimarrones	5230
Mururco	2400

### 3.4. Minería

En el sector, mediante visita de campo, se pudo constatar dos sitios de minería artesanal de material pétreo, una cercana a los sitios de interés de San Lorenzo y Saquimala, llamada minería artesanal “Segundo” como se puede apreciar en la figura 9 y otra cercana a Cimarrones y Mururco, sin nombre, que se puede observar en la figura 10.



*Figura 9* Minería artesanal "Segundo"



*Figura 10* Minería artesanal s/n

### 3.5. Agua

#### 3.5.1. Descripción de las cuencas

A continuación, se muestran los parámetros morfométricos de las cuencas de las diferentes quebradas, en la columna de observaciones, se procede a describir las dichas cuencas según la (Universidad Autónoma del Estado de México, 2015) recomienda según diferentes rangos de los parámetros morfométricos.

#### San Lorenzo

En la tabla 7, se indican los parámetros morfométricos para la cuenca de la quebrada San Lorenzo con sus respectivas observaciones.

**Tabla 7**

*Parámetros morfométricos de la cuenca de la quebrada San Lorenzo*

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor	Observaciones
Área de la cuenca	Ac	Km <sup>2</sup>	21,26	Cuenca muy pequeña
Perímetro	P	Km	25,99	Cuenca muy pequeña
Coefficiente de compacidad	Kc	n/a	1,59	Alargada, escurrimiento lento
Coefficiente de sinuosidad	Ks	n/a	1,12	Canal Rectilíneo
Longitud del cauce principal	Lr	Km	10,038	
Densidad de drenaje	Dd	Km/Km <sup>2</sup>	1,25	Densidad de drenaje medio
Pendiente bruta del río	Yrb	%	14,02	Fuertemente inclinado
Pendiente de la cuenca	Yc	%	34,90	
Altura media de la cuenca	Hmc	m	4492	

Fuente: (Fichamba & Ñacata, 2016)

#### Saquimala

En la tabla 8, se indican los parámetros morfométricos para la cuenca de la quebrada Saquimala con sus respectivas observaciones.

**Tabla 8***Parámetros morfométricos de la cuenca de la quebrada Saquimala*

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor	Observaciones
Área de la cuenca	Ac	Km <sup>2</sup>	6,341	Cuenca muy pequeña
Perímetro	P	Km	16,46	Cuenca muy pequeña
Coefficiente de compacidad	Kc	n/a	1,87	Alargada, escurrimiento lento
Coefficiente de sinuosidad	Ks	n/a	1,07	
Longitud del cauce principal	Lr	Km	5,553	
Densidad de drenaje	Dd	Km/Km <sup>2</sup>	1,06	Densidad de drenaje bajo
Pendiente bruta del río	Yrb	%	18,72	Moderadamente empinado
Pendiente de la cuenca	Yc	%	48,25	
Altura media de la cuenca	Hmc	m	4324	

Fuente: (Fichamba &amp; Ñacata, 2016)

**Mururco**

En la tabla 9, se indican los parámetros morfométricos para la cuenca de la quebrada Mururco con sus respectivas observaciones.

**Tabla 9***Parámetros morfométricos de la cuenca de la quebrada Mururco*

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor	Observaciones
Área de la cuenca	Ac	Km <sup>2</sup>	9,79	Cuenca muy pequeña
Perímetro	P	Km	10,02	Cuenca muy pequeña
Coefficiente de compacidad	Kc	n/a	1,86	Alargada, escurrimiento lento
Coefficiente de sinuosidad	Ks	n/a	1,66	Canal Regular
Longitud del cauce principal	Lr	Km	7,74	
Densidad de drenaje	Dd	Km/Km <sup>2</sup>	1,42	Densidad de drenaje medio
Pendiente bruta del río	Yrb	%	14,85	Fuertemente inclinado
Pendiente de la cuenca	Yc	%	45,67	
Altura media de la cuenca	Hmc	m	4637,2	

Fuente: (Arévalo &amp; Ñaupari, 2016)

## Cimarrones

En la tabla 10, se indican los parámetros morfométricos para la cuenca de la quebrada Cimarrones con sus respectivas observaciones.

**Tabla 10**

*Parámetros morfométricos de la cuenca de la quebrada Cimarrones*

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor	Observaciones
Área de la cuenca	Ac	Km <sup>2</sup>	37,24	Cuenca pequeña
Perímetro	P	Km	23,56	Cuenca pequeña
Coefficiente de compacidad	Kc	n/a	1,40	Alargada, escurrimiento lento
Coefficiente de sinuosidad	Ks	n/a	1,7	Canal Regular
Longitud del cauce principal	Lr	Km	10,71	
Densidad de drenaje	Dd	Km/Km <sup>2</sup>	1,77	Densidad de drenaje medio
Pendiente bruta del río	Yrb	%	10,05	Fuertemente inclinado
Pendiente de la cuenca	Yc	%	37,73	
Altura media de la cuenca	Hmc	m	4136,26	

Fuente: (Arévalo & Ñaupari, 2016)

### 3.5.2. Volumen del glaciar

El estudio realizado por (Cáceres, 2012) ha permitido determinar el área, volumen y espesor con datos de 1976 a 2015 como se aprecia en la tabla 11. Y se puede apreciar la reducción del glaciar a través del tiempo en la figura 11.

**Tabla 11**

*Proyecciones de área, volumen y espesor del glaciar del volcán Cotopaxi*

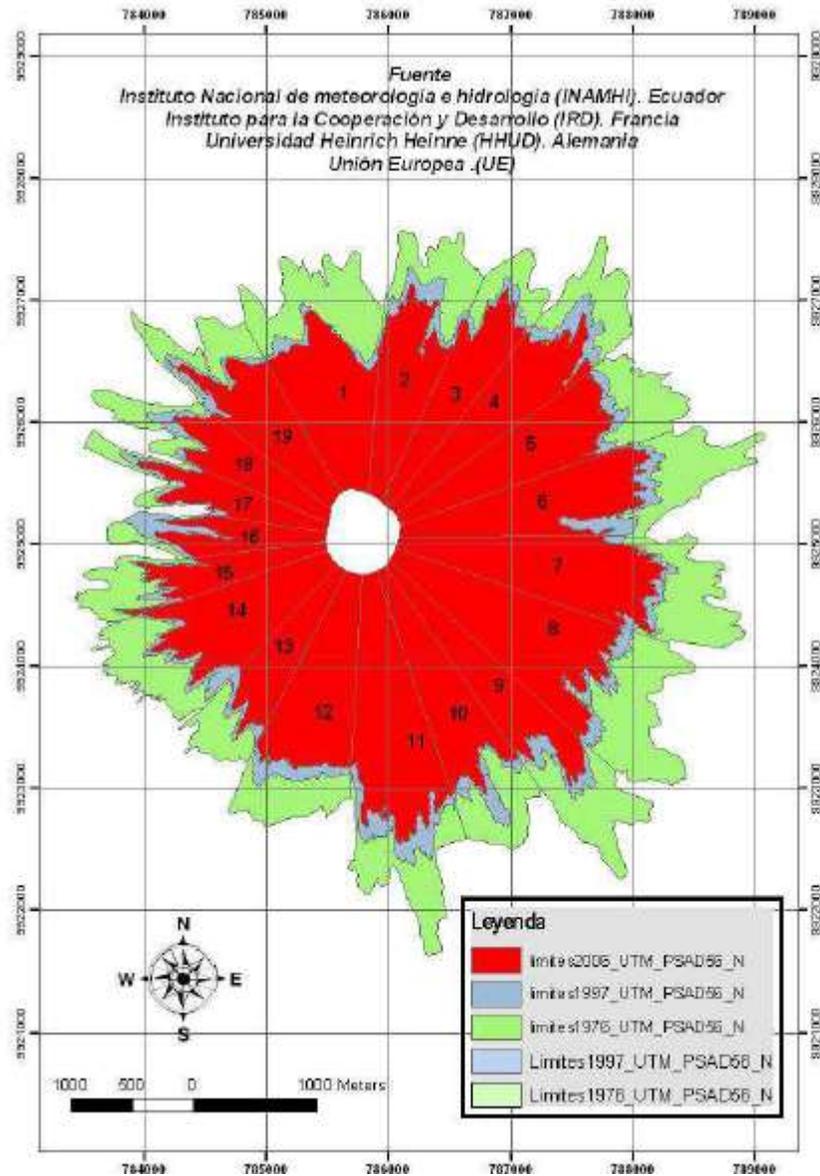
Año	Área(km <sup>2</sup> )	Volumen(hm <sup>3</sup> )	Espesor(m)
1976	21,8	1063,4	50
1997	15,43	731,6	40-50
2003	14	698	40-50
2006	11,84	680	25-30

**CONTINÚA**



2015	11,56	350	25-30
------	-------	-----	-------

Fuente: (Cáceres, 2012)



**Figura 11** Reducción del glaciar del volcán Cotopaxi

Fuente: (Cáceres, 2012)

### **3.5.3. Uso del recurso agua**

El área de estudio corresponde a un bosque natural que ha sido colonizado y sobreexplotado por parte de empresas madereras. En la actualidad la población está siendo incentivada a conservar los recursos existentes en toda la zona, especialmente el recurso agua.

El uso más significativo del recurso es la de consumo humano. La población toma directamente, a través de mangueras, desde las vertientes que se encuentran en las partes altas y las conducen hasta sus viviendas.

Existen actividades de minería, agricultura, ganadería y piscicultura.

### **3.5.4. Calidad del agua**

El agua de las zonas en la que se proponen desarrollar son bastante limpias, este al ser un estudio de impacto ambiental ex ante, planea realizar planes de manejo tales que garanticen la calidad del agua para que sean aptas para el uso del agua mencionado en el anterior punto.

## **3.6. Aire**

### **3.6.1. Calidad del aire**

Existen diferentes fuentes fijas de combustión, los cuales implican una contaminación atmosférica, existen industrias madereras, metalúrgicas, aglomerados, además la fábrica de papel Familia se encuentra cerca. Además todavía la población realiza la quema de vegetación para reanudar la siembra.

En cuanto a las fuentes móviles de contaminación la circulación es baja, ya que la carretera principal que se encuentra más cercana al área del estudio es la Panamericana sur y los demás caminos son de segundo y tercer orden, por lo que es evidente la contaminación atmosférica por fuentes móviles es mínima.

### 3.6.2. Ruido

Las zonas de construcción cuentan prácticamente con cero ruido, a continuación se trata de predecir el ruido que generaría la construcción.

En cuanto al ruido se va a basar en modelos de predicción, estos se basan en tablas de maquinaria y procesos generados por la maquinaria, según dicta la norma británica (BS 5228, 2014). Estos modelos deben considerar las siguientes variables:

- (a) Los niveles de ruido que emanan de procesos y de equipos;
- (b) Los períodos de operación de procesos y de equipos;
- (c) Las distancias de las fuentes al receptor;
- (d) La presencia de apantallamiento por barreras;
- (e) La reflexión del sonido.

El método de predicción que se toma en cuenta para este caso de estudio es el “LeqA” el cuál funciona sobre un área pequeña de un sitio. Utilizando la ecuación 1.

#### **Ecuación 1** *Ecuación de predicción de ruido para la construcción*

Fuente: (BS 5228, 2014)

$$\text{Leq}(\text{equip}) = E.L + 10 \log (U.F) - 20 \log \left( \frac{D}{50} \right) - 10 G \log \left( \frac{D}{50} \right) \text{ [dB]}$$

Donde:

- Leq(equip) Es el LeqA a un receptor que es el resultado del funcionamiento de un solo equipo sobre un período de tiempo específico.
- E.L. Es el nivel de emisión de ruido del equipo en particular, a la distancia de referencia de 50 pies
- G Es una constante que considera la topografía y efectos de tierra.
- D Es la distancia del receptor al equipo.
- U.F. Factor del uso (en horas) que considera el fragmento de tiempo que el equipo ha estado en uso para un periodo de tiempo especificado. Ya que la mayoría de los equipos para la construcción trabajan continuamente por un período de una hora o más de funcionamiento se asume como base  $U.F. = 1$  y  $10 \log (U.F) = 0$

Obteniéndose así los siguientes niveles de ruido referenciales como se observa en la tabla 12.

**Tabla 12**  
*Ruido referencial*

<b>Equipo</b>	<b>Ruido típico a 50 pies(dB)</b>
<b>Compresor de aire</b>	81
<b>Retroexcavadora</b>	80
<b>Compactador</b>	82
<b>Hormigonera</b>	85
<b>Mezcladora</b>	82
<b>Grúa</b>	88
<b>Topadora</b>	85
<b>Generador</b>	81
<b>Taladro</b>	85
<b>Pala</b>	82
<b>Sierra eléctrica</b>	85
<b>Camión</b>	88

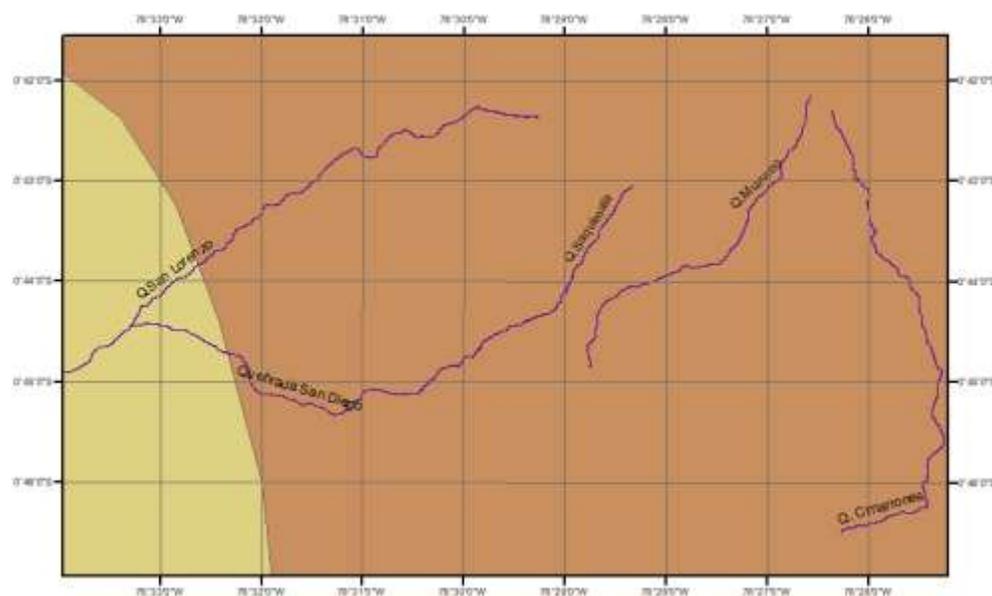
Fuente: (BS 5228, 2014)

### 3.7.Clima

#### 3.7.1. Tipo de clima

En función de la altura, el tipo de clima es mesotérmico templado frío, estos se caracterizan por estar a alturas entre 2500 y 3000 msnm y no sobrepasan los 10 °C generalmente. Además, este tipo de clima se asemeja bastante al clima polar dadas las bajas precipitaciones y temperaturas. Se puede apreciar los tipos de clima de la zona de estudio en la figura 12.

Tomando en cuenta la geomorfología de la zona de estudio hay que considerar microclimas de alta montaña en función del viento, si asciende por la ladera el aire será húmedo, nuboso y de altas precipitaciones, esto genera una menor recepción de radiación solar y bajas temperaturas. Si el aire baja por la ladera, sucede lo contrario, bajas precipitaciones y días soleados.



#### Leyenda

- Clima Subhúmedo con pequeño déficit de agua, Mesotérmico templado frío
- Clima seco sin exceso de agua, Mesotérmico templado frío

*Figura 12* Tipo de clima

### 3.7.2. Estaciones meteorológicas

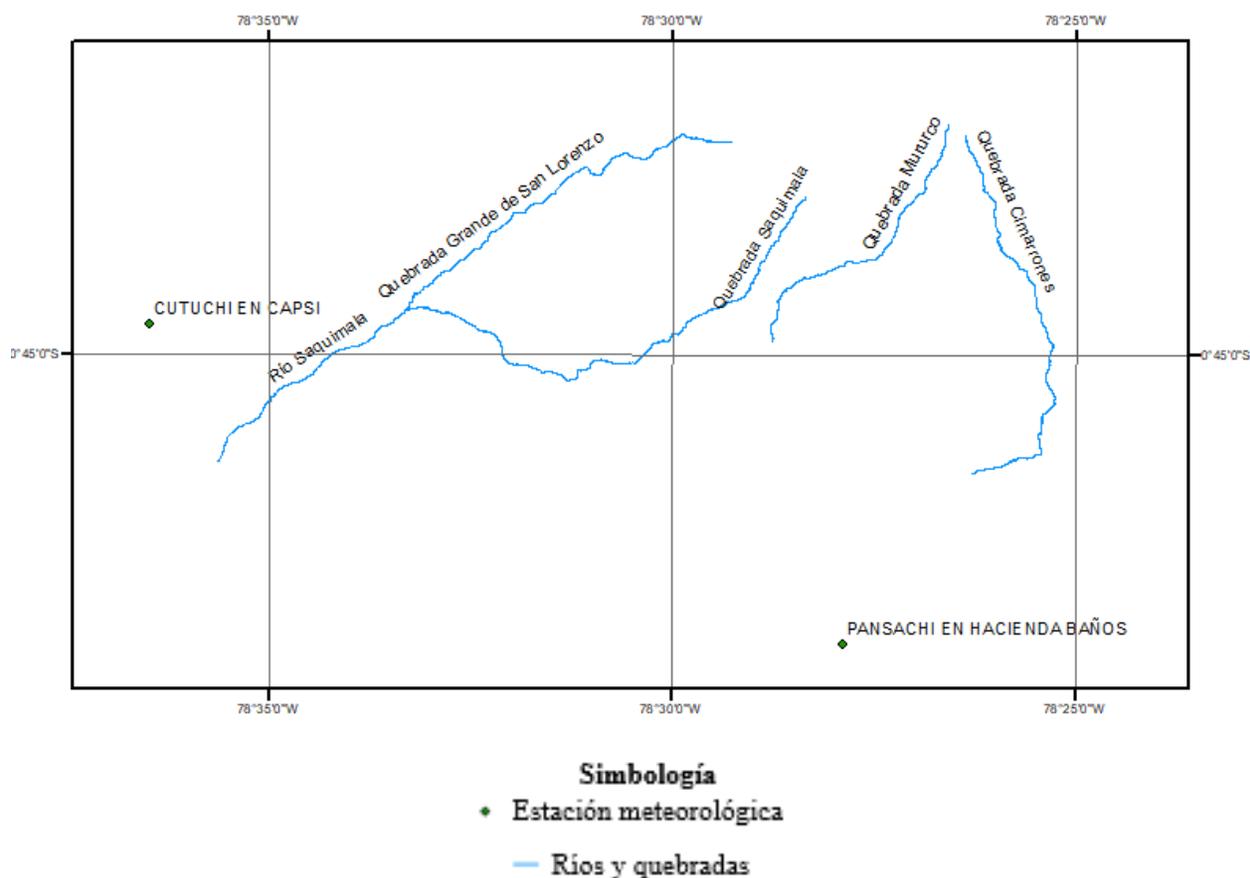
Para la caracterización meteorológica de la zona de estudio se tomará en cuenta las estaciones automáticas meteorológicas del INAMHI. Las mas cercanas se indican en la tabla 13. Y se pueden apreciar espacialmente en la figura 13.

**Tabla 13**

*Estaciones meteorológicas*

Estación	Código	x(m)	y(m)
Cutuchi	H0854	766231	9917712
Pasanchi	H0797	782190	9910342

Fuente: INHAMI



**Figura 13** Ubicación de las estaciones meteorológicas móviles del INAMHI

### 3.7.3. Precipitaciones

En la tabla 14, se puede apreciar las precipitaciones medias anuales de la estación de Pasanchi.

**Tabla 14**

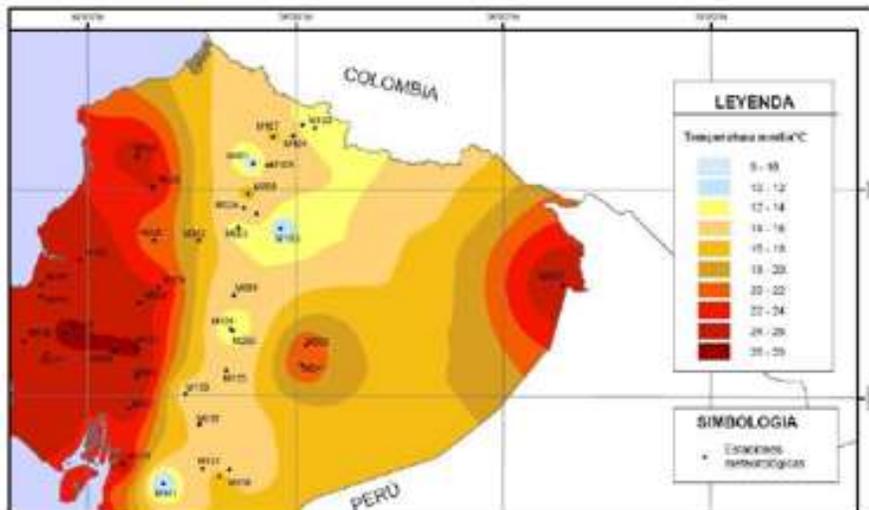
*Precipitaciones anuales registradas por la estación H0979 Pasanchi*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Sumatoria
1973	2,138	1,818	7,566	9,893	2,334	5,447	28,274	28,274	6,548	3,356	0,779	1,055	97,482
1974	0,638	2,235	1,181	4,03	4,03	2,334	28,274	0,83	14,165	24,048	28,274	7,148	117,187
1975	9,893	7,566	1,779	1,46	1,055	15,14	8,68	9,893	2,873	15,812	5,108	4,626	83,885
1976	1,117	2,873	0,83	2,138	5,622	19,461	52,709	33,492	1,055	1,779	2,045	5,108	128,229
1977	0,514	2,045	4,783	2,235	2,649	31,867	8,223	2,759	9,642	2,649	0,638	0,595	68,599
1978	0,683	0,779	2,235	4,944	2,541	6,548	1,953	7,781	1,615	1,181	0,779	0,83	31,869
1979	0,779	0,73	2,541	1,779	1,779	1,247	1,181	1,247	1,779	0,83	2,759	1,247	17,898
1980	1,247	1,779	2,045	12,632	4,03	2,99	4,03	1,695	1,865	6,548	1,461	1,461	41,783
1981	2,759	0,83	1,055	0,995	3,616	0,73	2,138	0,938	1,614	1,779	2,334	7,355	26,143
1982	1,695	3,109	3,751	3,616	6,944	3,889	15,812	3,751	1,614	1,954	2,649	8,68	57,464
1983	9,396	3,485	9,894	9,642	6,744	2,334	5,982	1,954	5,982	2,138	1,181	0,83	59,562
1984	2,436	2,138	0,73	1,695	4,783	7,566	7,355	35,169	2,541	2,873	2,334	69,62	
1985	2,436	2,436	0,638	1,461	2,334	3,109	23,606	2,873	2,138	3,109	9,153	1,536	54,829
1992	0,554	1,247	3,231	3,231	1,117	3,109	12,489						
2007	0,554	2,759	2,045	1,181	1,953	2,541	11,033						
2008	1,316	2,649	3,231	5,622	5,622	8	7,566	9,396	43,402				
2014	1,779	4,03	5,276	1,181	2,541	2,138	1,779	1,181	19,905				
2015	0,938	0,554	1,492										

Fuente: INHAMI

### 3.7.4. Temperatura

El clima es frío correspondientes a las características geomorfológicas del sitio de estudio, esta varía entre los 5 y 12 °C en el sector, como se puede apreciar en la figura 14.



**Figura 14** Isotermas de la zona de estudio  
Fuente: INHAMI

### Sistema biótico

Para la caracterización de la flora y fauna se tomó en cuenta el análisis de las zonas de vida, se analiza la distribución geográfica de los organismos vivos y sus ecosistemas. En primera instancia se determina las características climáticas del ecosistema dominante. Según el sistema de Holdridge en donde se caracteriza a una región en base al análisis de dos elementos meteorológicos, como son la temperatura y la pluviosidad, los cuales son indicadores esenciales para la determinación de paisajes.

### 3.8. Páramo

Se ubica discontinuamente desde altitudes de aproximadamente 2500 m a 4500 m, hasta la línea de nieves perpetuas. (Sklenar, Luteyn, Jorgensen, & Dillon, 2005)

Son regiones estratégicas por su altitud y climatología cuya principal función es retener el agua y regularla hídricamente durante todo el año. Son áreas consideradas como grandes

reguladores del agua que permiten en épocas de sequía y durante los veranos que el agua retenida a esas altitudes sea aportada por escurrimiento a las tierras bajas, dado que en estas zonas son donde se forman los ríos, riachuelos, acueductos o quebradas. (OVACEN, 2018). El estrato superior, cerca de las nieves eternas, se denomina superpáramo y está formado por un suelo rocoso cubierto escasamente por plantas muy resistentes. Este ecosistema tiene diferentes amenazas pero la principal es la quema para apertura de pastizales y cultivos. (MECN, 2009)

Las zonas ecuatoriales de páramos se caracterizan por tener poblaciones de organismos propios, que evolucionan para adaptarse a condiciones extremas como baja presión atmosférica, deficiencia de oxígeno, baja temperatura y alta radiación ultravioleta. Tiene una temperatura media anual que varía desde 3° C hasta los 12°C. El carácter distintivo de esta formación es su vegetación de tipo pajonal donde las especies dominantes son las gramíneas, la cual se observa en la figura 15, arbustos, hierbas y rosetas gigantes del grupo de los frailejones.

La flora está constituida por vegetales perennes, plantas herbáceas, arbustos y árboles enanos, musgos, líquenes y ciertos pastos. Las hojas de los vegetales están tupidas con pelusas abrigadas y finas. La mayoría de especies vegetales son pequeñas, con hojas coriáceas o duras, pilosas, viven muy juntas, pegadas al piso y en la cordillera oriental son reemplazadas por almohadillas. Por su altura es libre de la influencia humana encontrándose aún animales salvajes como el venado y el oso, En los páramos se desarrollan especies con formas de vida singulares y diversas; además de un alto endemismo. Algunas especies son conspicuas como el Gavilán Variable, la Rana Marsupial de San Lucas, el Lobo de Páramo, palomas, patos, anfibios, reptiles, roedores y aves. Que presentan un pelaje abundante para poder vivir ante las situaciones climatológicas frías durante el invierno. (MECN, 2009)



**Figura 15** Vegetación del páramo andino  
Fuente: (MECN, 2009)

### **3.9. Bosque Húmedo Montano**

Se halla entre 2.500 - 3.300 m; la topografía de esta formación es de montañosa a escarpada. Su vegetación se conserva inalterada. Se observa en ciertas áreas el pastoreo, los terrenos, desde el punto de vista ecológico, reúnen características óptimas para las actividades agropecuarias y forestales. Las plagas y enfermedades en las especies utilizadas son muy esporádicas. Sin embargo, dichas actividades se encuentran restringidas por el factor suelo, ya que son muy reducidas las áreas que se pueden destinar al pastoreo y agricultura. (Marcano, 2019)

Con un promedio anual de precipitación oscila entre los 1000 y 2000 mm registra una temperatura media anual entre 12 y 18° C. El área varía mucho en elevación en relación con ciertos factores de orografía diferencial, nubosidad nocturna, drenaje del aire y sobre todo en relación a la precipitación total.

La vegetación natural primaria está constituida principalmente por árboles de pino. Otras especies de coníferas que se encuentran especialmente en las vertientes sur de la Cordillera Central son la sabina (*Juniperus gracilior*) y tachuela (*Podocarpus aristulatus* = *Podocarpus buchii*). Entre

las principales especies de hoja ancha se encuentran *Garrya fadyenii*, *Vaccinium cubense*, *Myrsine coriacea*, y *Buddleja domingensis*, como se observa en la figura 16. La mayoría de los árboles presentan alturas entre 15 y 20 m, con gran cantidad de musgos y epifitas. El suelo y los árboles se encuentran cubiertos por una densa capa de musgos que dan el aspecto de alfombra esponjosa. (MECN, 2009).

En el bosque húmedo Montano predominan especies que se han adaptado a la vida en bosques de pendientes altas. Tienen una gran amplitud de gremios alimenticios; entre los más conspicuos tenemos a murciélagos nectarívoros, lagartijas minadoras, escarabajos y aves como el pinchaflor. (MECN, 2009)

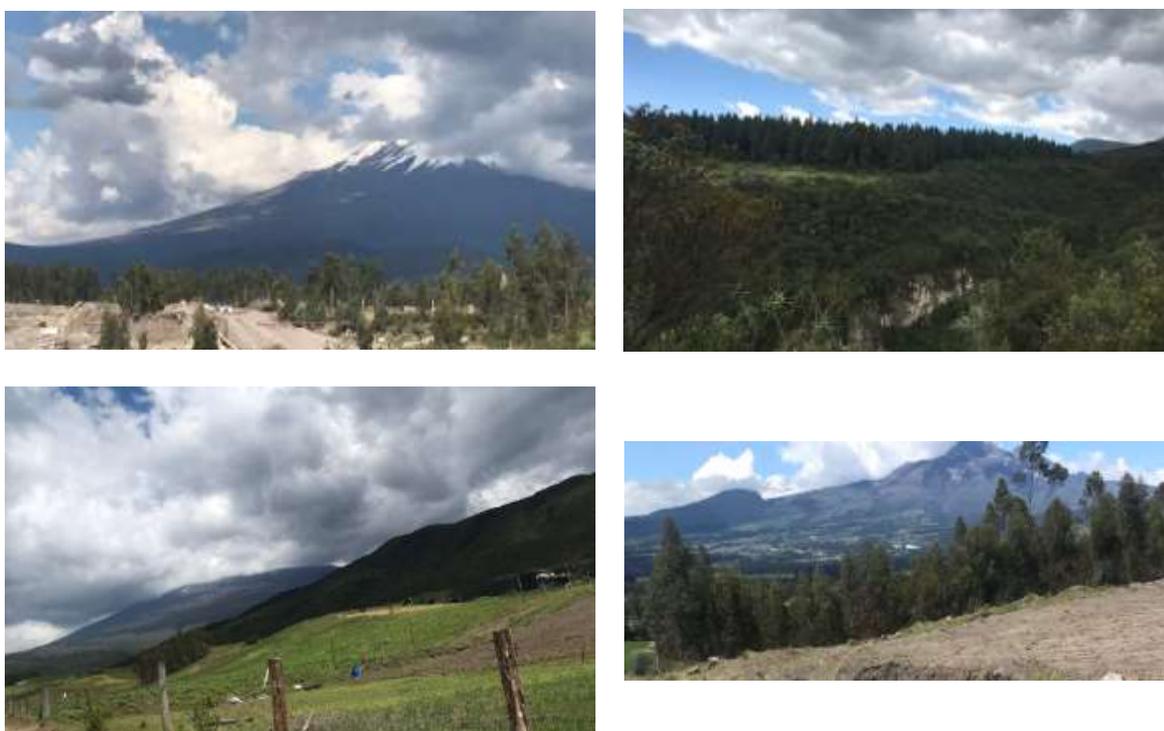


**Figura 16** Vegetación del bosque andino  
Fuente: (Marcano, 2019)

## Sistema perceptual

### 3.10. Paisaje

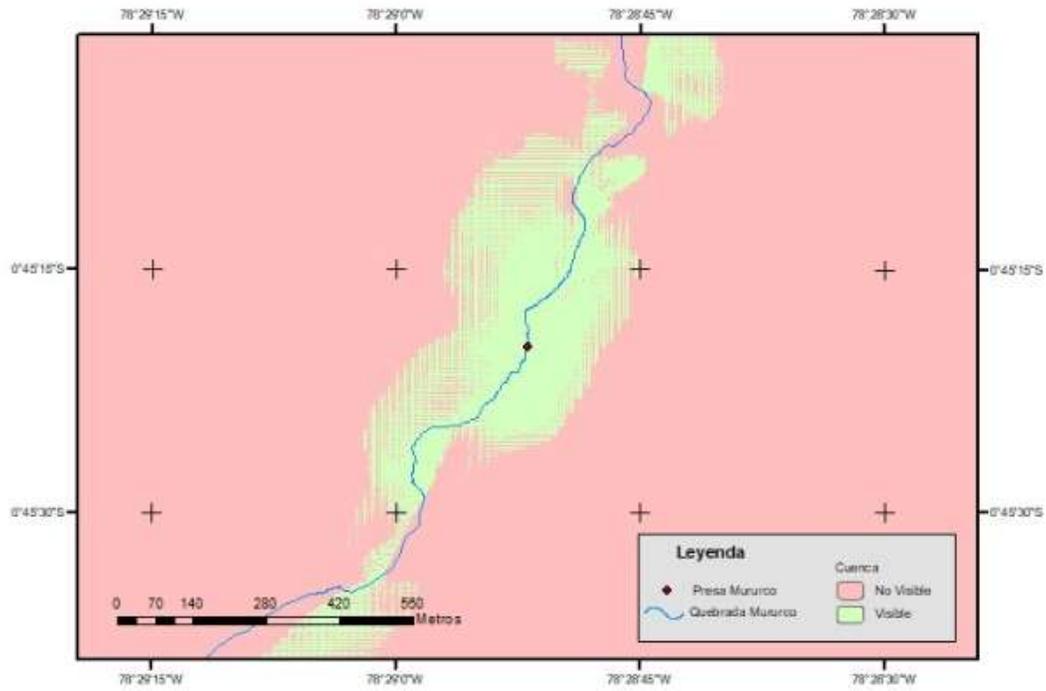
El paisaje del bosque andino y páramo andino se consideran de una belleza subjetiva la cuál se busca cuidar por propósitos turísticos y estéticos, por el escenario de montañas y nevados, estos se pueden apreciar algunos de los paisajes en la figura 17.



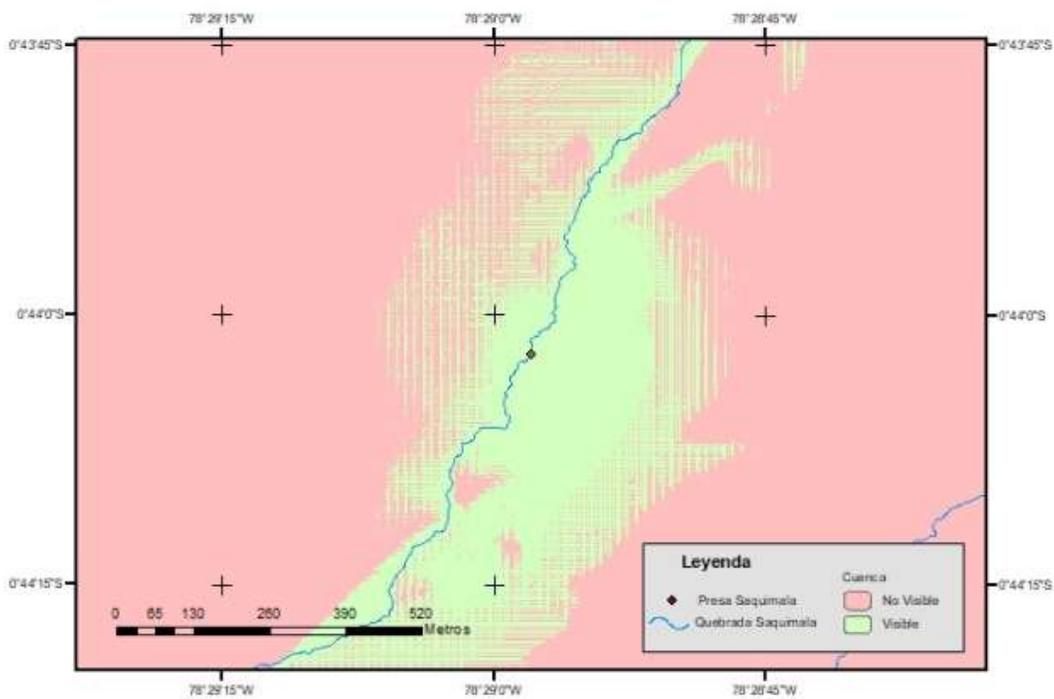
*Figura 17* Paisajes de la zona de estudio

### 3.11. Cuencas visuales

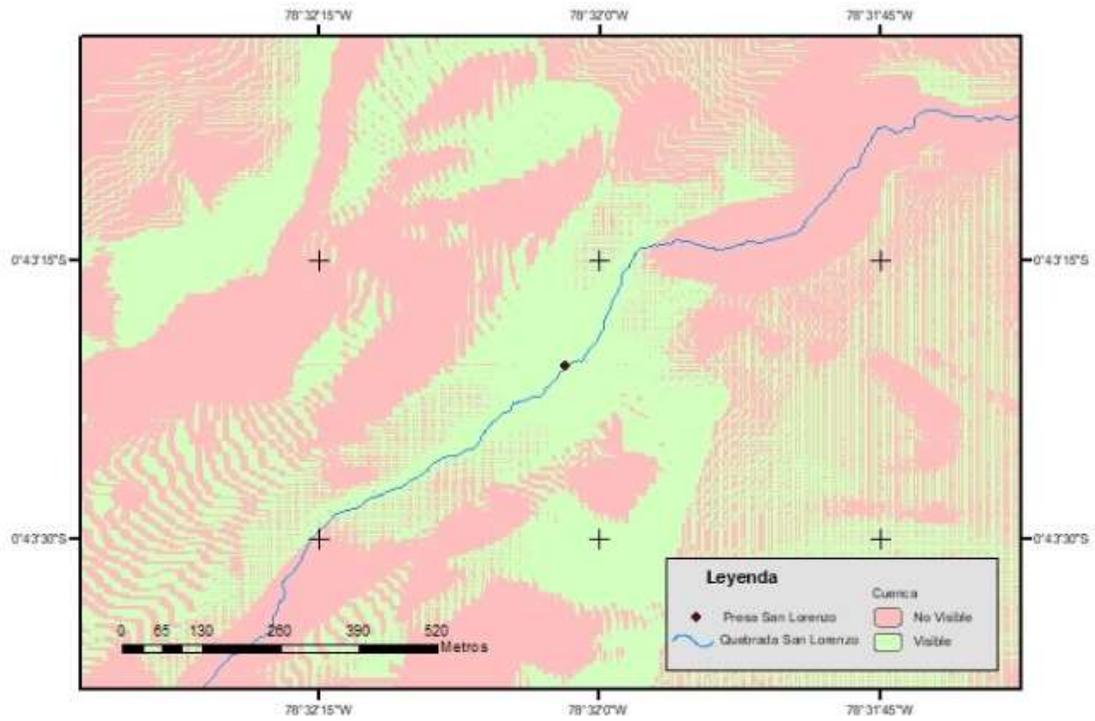
La cuenca visual es el área a la cuál se tiene visibilidad desde otros puntos, estas se desarrollaron a partir del DEM del sector y las alturas de las obras de mitigación.



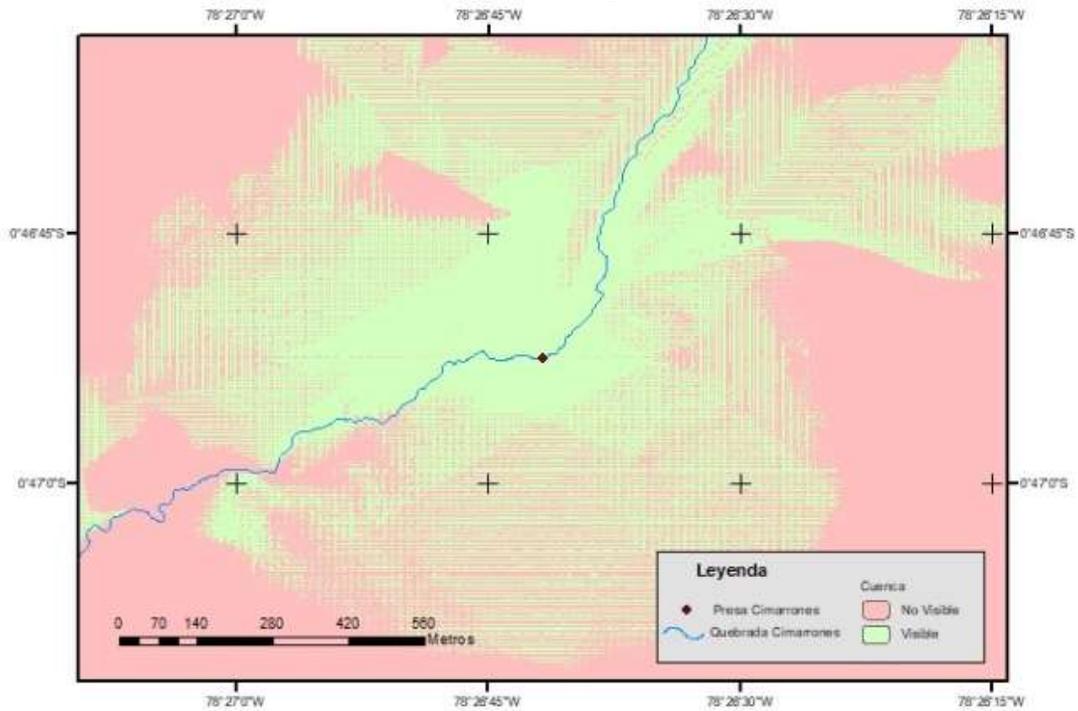
*Figura 18* Cuenca visual de la quebrada Mururco



*Figura 19* Cuenca visual de la quebrada Saquimala



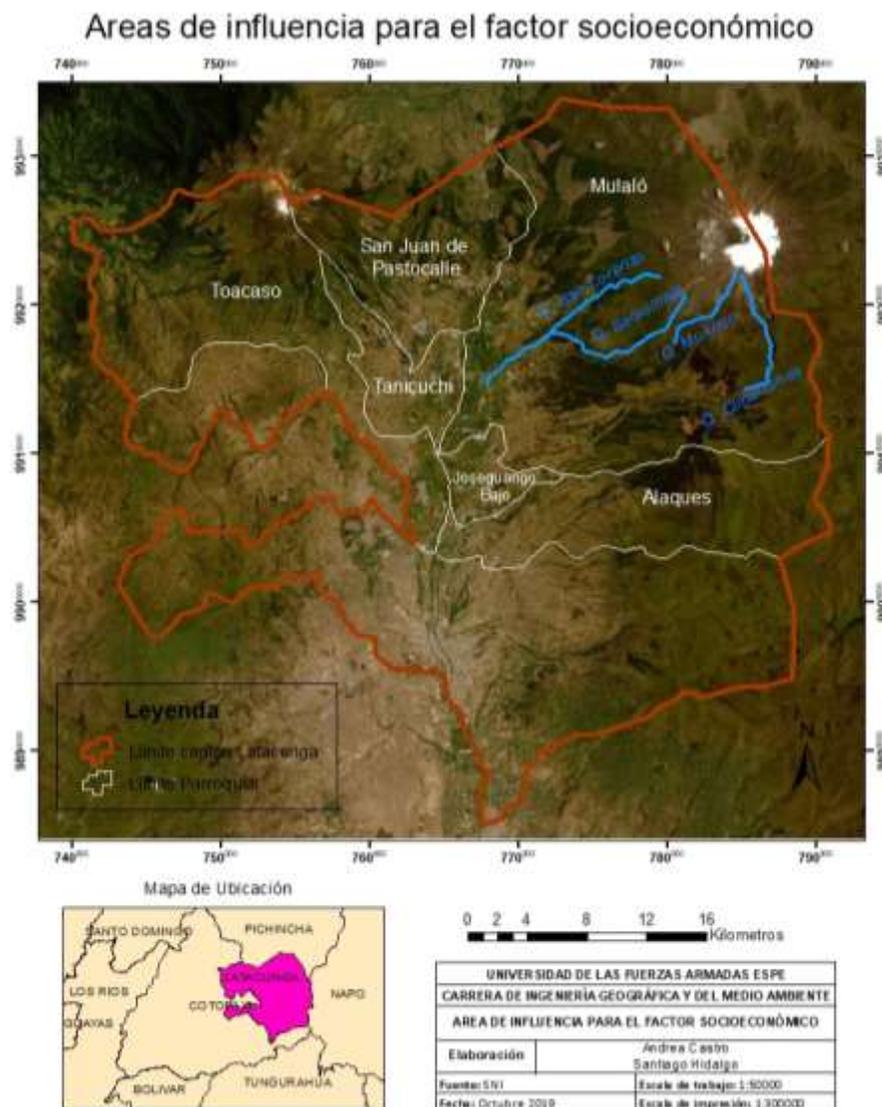
**Figura 20** Cuenca visual de la quebrada San Lorenzo



**Figura 21** Cuenca visual de la quebrada Cimarrones

## Sistema antrópico

A continuación, se hace una descripción breve de la situación social del cantón Latacunga, el cual se verá influenciado por los servicios del proyecto de las obras de mitigación, en específico de las parroquias Mulaló, San Juan de Pastocalle, Tanicuchi, Joseguango Bajo Alauques y Toacaso que son aquellas más cercanas al área de influencia del proyecto de investigación, lo cual se observa a continuación en la figura 22.



**Figura 22** Área de influencia del factor socioeconómico

### 3.12. Demografía

El cantón de Latacunga cuenta con una población de 183 446 habitantes, de los cuales 94 180 son mujeres y 87 954 son hombres, la población presenta una densidad demográfica del 13.23 hab/Ha.

Los datos poblacionales de las parroquias afectadas se encuentran en la tabla 15.

**Tabla 15**  
*Demografía de las parroquias afectadas*

Parroquia	Población	Mujeres	Hombres	Superficies en Km <sup>2</sup>	Densidad Poblacional
Mulaló	8095	4225	3870	438.49	18.46
San Juan de Pastocalle	11 449	5955	5494	136.42	83.92
Tanicuhi	12 831	6575	6256	54.04	237.44
Joseguango Bajo	2.869	1489	1380	17.48	164.13
Alaques	5.481	2.856	2.625	147.55	37.15
Toacaso	7685	3947	3738	182.36	42.14

Fuente: (SNI, 2013)

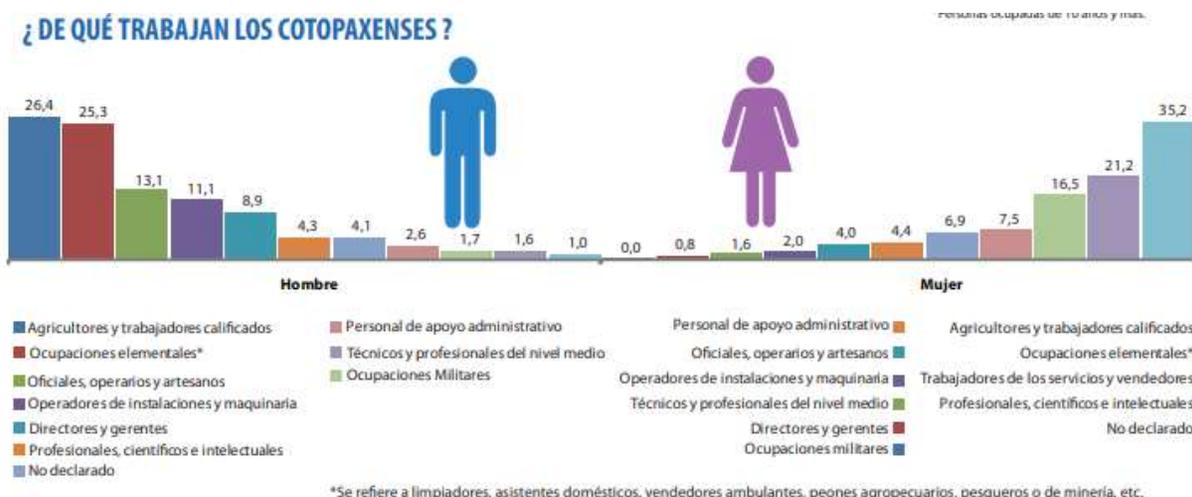
### 3.13. Empleo

Según (INEC, 2019), en la encuesta de empleo, desempleo y subempleo de marzo de 2019, indica que la tasa de empleo en Cotopaxi es del 58,4%. En la tabla 16, se muestra la población económicamente activa. En la figura 23, se puede apreciar las principales actividades en la provincia.

**Tabla 16**  
*Población económicamente activa*

Parroquias	Hombre	Mujer	Total	%
Mulaló	1949	1351	3300	1.94
San Juan de Pastocalle	2672	1698	4370	2.56
Tanicuhi	3169	2035	5204	3.05
Joseguango Bajo	724	537	1261	0.74
Alaques	1396	941	2337	1.37
Toacaso	1686	1251	2937	1.72

Fuente: (SNI, 2013)



**Figura 23** Trabajo en Cotopaxi

Fuente: (SNI, 2013)

### 3.14. Salud

El Ministerio de Salud ha dotado al cantón con 16 establecimientos de salud como se muestra a continuación en el siguiente cuadro, para esto se han categorizado por tipos los cuales son; A laboran 8 horas, B laboran 12 horas y C laboran 24 horas. Se puede apreciar el tipo de centro de salud en la tabla 17.

**Tabla 17**  
*Centros de salud*

Centros de Salud	Tipo
Latacunga	B
Loma Grande	A
Patatán	B
San Buenaventura	B
Lasso	C
Mulaló	A
Joseguango Alto	A

**CONTINÚA** →

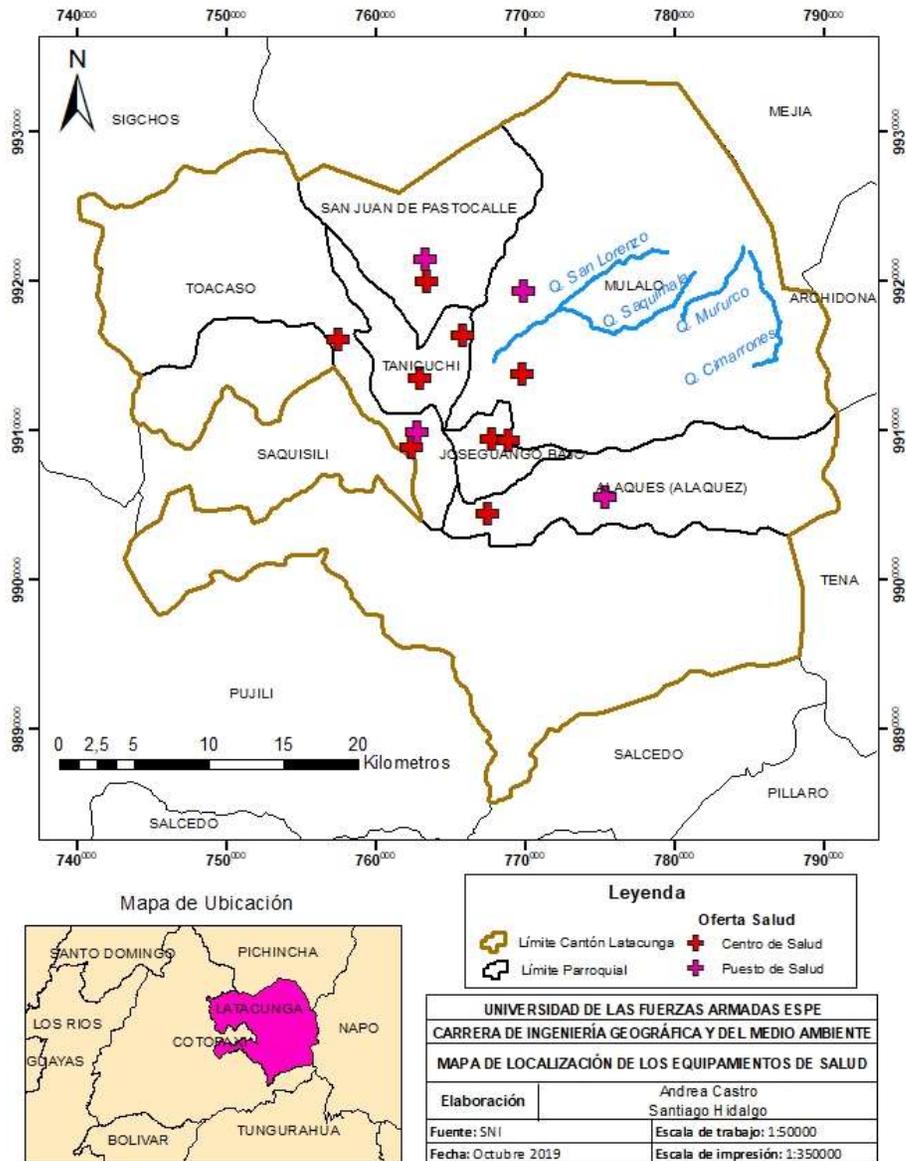
<b>Joseguango Bajo</b>	A
<b>Colatoa</b>	A
<b>Alaques</b>	A
<b>Palpo</b>	A
<b>Belisario Quevedo</b>	A
<b>Paoló</b>	A
<b>Toacaso</b>	A
<b>Once de Noviembre</b>	A

Fuente: (Distrito de salud n°05 d01 Latacunga, 2013)

En la cobertura de salud del cantón Latacunga se toma en cuenta el número de camas y el número de profesionales asignados a las unidades médicas; el número de camas disponibles por 1.000 habitantes es de 23667 para todo el Ecuador. En el caso de la provincia de Cotopaxi se dispone de 485 camas, es decir el 1,09% del total nacional. Para el Cantón Latacunga el número de camas hospitalarias disponibles es de 322, y la tasa de camas por 10000 habitantes es de 1,79. En cuanto al número de médicos asignados en el cantón se dispone de 256 para una población de 183 446 teniendo 716 habitantes por profesional.

En las parroquias analizadas en el estudio se observa una cantidad de 13 centros de salud ubicados en las posiciones que se encuentran en la figura 24.

### Mapa de Localización de los Equipamientos de Salud



**Figura 24** Localización de equipamientos de salud

### 3.15. Educación

En el cantón Latacunga se identifican 221 establecimientos educativos, clasificados de la siguiente manera en la tabla 18.

**Tabla 18***Establecimientos educativos*

<b>Tipo de institución</b>	<b>Número de establecimientos</b>
<b>Educación básica</b>	110
<b>Educación inicial y básica</b>	55
<b>Educación básica y bachillerato</b>	36
<b>Educación inicial básica y bachillerato</b>	11
<b>Educación básica y artesanal</b>	2
<b>Educación inicial</b>	4
<b>Educación superior</b>	2
<b>Total</b>	221

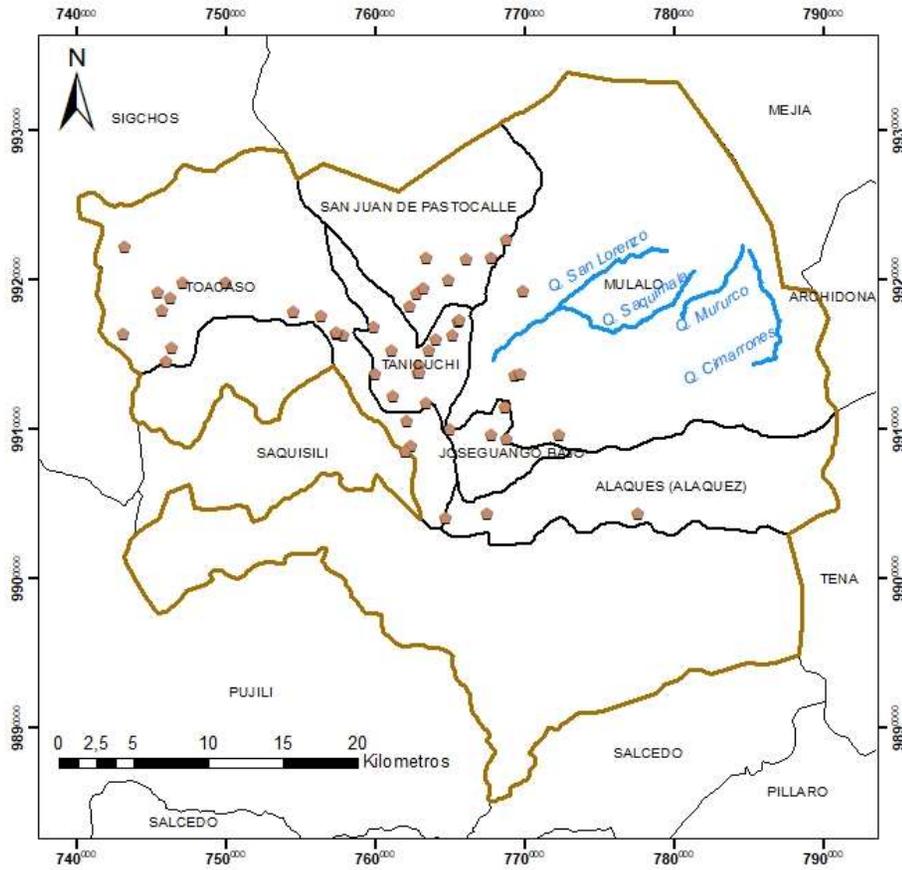
Fuente: (SNI, 2013)

En cuanto al analfabetismo en el cantón se presenta en un 9.20%, en personas mayores a 15 años el analfabetismo es 0.6%, de este porcentaje el 3.2% está dentro de la categoría de analfabetismo funcional es decir con la capacidad de lectura, escritura y operaciones matemáticas básicas y el 87.7% pertenece a aquellas personas que no han culminado sus estudios primarios.

En el sector rural, los índices de analfabetismo en mujeres es de 18.2% y en hombres de 7% de la población; mientras que en el sector urbano el analfabetismo en hombres es del 1.6% y en mujeres del 5%.

En las parroquias analizadas en el estudio se observa una cantidad de 50 centros educativos ubicados en las posiciones que se encuentran en la figura 25.

### Mapa de Localización de los Centros de Educación



Mapa de Ubicación



**Leyenda**

- Límite Cantón Latacunga
- Límite Parroquial
- Centros de Educación

<b>UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE</b>	
<b>CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE</b>	
<b>MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LOS CENTROS DE EDUCACIÓN</b>	
Elaboración	Andrea Castro Santiago Hidalgo
Fuente: SNI	Escala de trabajo: 1:50000
Fecha: Octubre 2019	Escala de impresión: 1:350000

**Figura 25** Localización de los centros de educación

### 3.16. Distancia a los poblados más cercanos

El poblado más cercano es Mulaló, específicamente el centro, donde hay mayor densidad de edificaciones y población, se indica la distancia en la tabla 19.

**Tabla 19**

*Distancia a la población*

Quebrada	Poblado	Distancia(m)
Saquimala	Centro de Mulaló	10657,03
San Lorenzo	Centro de Mulaló	7186,53
Cimarrones	Centro de Mulaló	13774,65
Mururco	Centro de Mulaló	10026,88

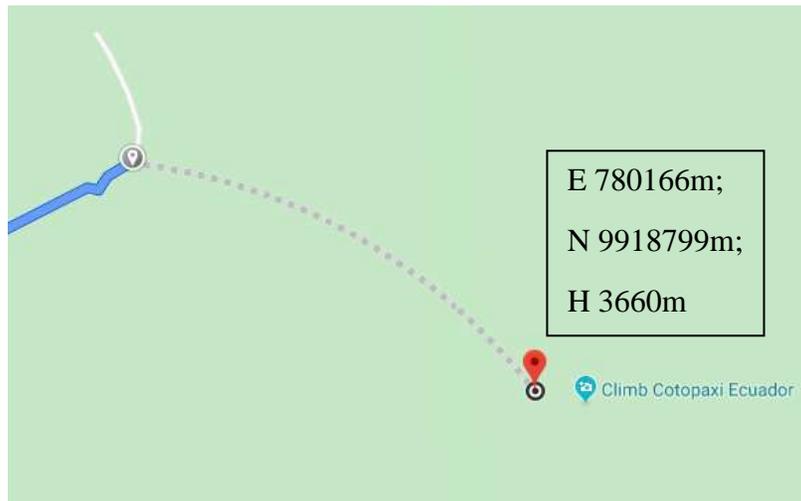
### 3.17. Vías y acceso

Las vías más cercanas a los puntos de control son de tercer orden, de difícil acceso, especialmente para maquinaria pesada, como se muestra en la figura 26.

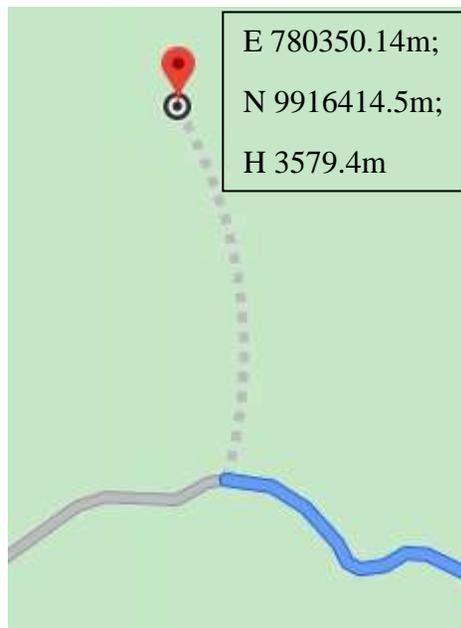


**Figura 26** Vías de acceso

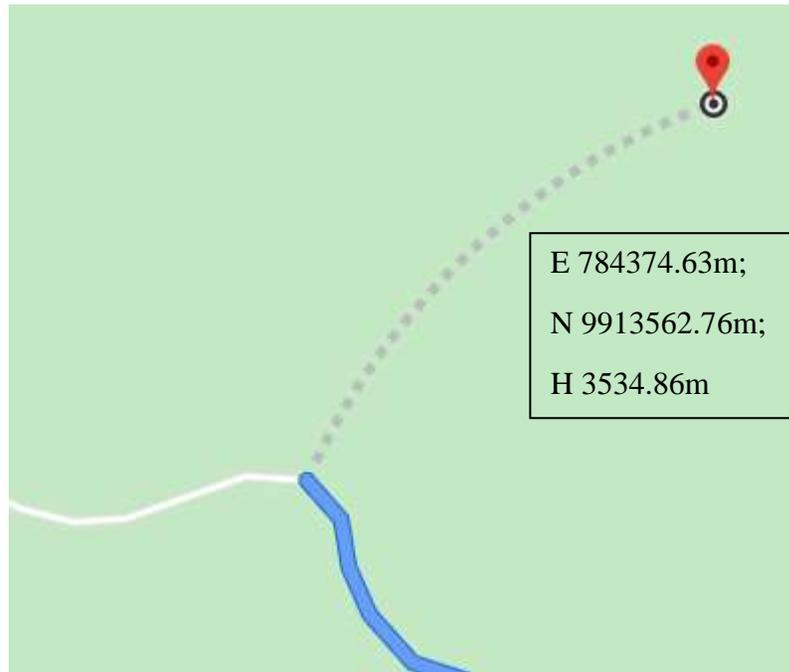
Para llegar a los puntos hay que pasar por haciendas privadas, lo cual complica el acceso al punto, no existe acceso por ninguna vía hasta los puntos exactos, como se muestra en las figuras 27, 28, 29 y 30, para las quebradas Saquimala, Mururco, Cimarrones y San Lorenzo respectivamente.



**Figura 27** Último punto de accesibilidad al punto de control de la quebrada Saquimala



**Figura 28** Último punto de accesibilidad al punto de control de la quebrada Mururco



**Figura 29** Último punto de accesibilidad al punto de control de la quebrada Cimarrones



**Figura 30** Último punto de accesibilidad al punto de control de la quebrada San Lorenzo

## CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN

El objeto de estudio del presente trabajo de investigación son las obras de mitigación ante el flujo de lahares provenientes de la actividad del volcán Cotopaxi, se tomó la información de los proyectos de investigación de los ingenieros civiles: (Arévalo & Ñaupari , 2016) para las quebradas de Cimarrones y Mururco. Además de (Fichamba & Ñacata, 2016) para las quebradas de San Lorenzo y Saquimala.

Estas obras de mitigación constituyen presas mixtas de hormigón y tierra, como se ve en la figura 31. Estas consisten en un muro con salidas de agua que permiten un paso normal del caudal reteniendo escombros de mayor dimensión.



**Figura 31** Presa mixta de hormigón y tierra

Fuente: (Fichamba & Ñacata, 2016)

### 4.1. Ubicación de los puntos de control

En la tabla 20, se puede apreciar las coordenadas en la proyección UTM 17 zona sur, sistema de referencia WGS84.

**Tabla 20***Ubicación de las obras de mitigación*

Quebrada	E(m)	N(m)	h(m)
Saquimala	780166	9918799	3660
San Lorenzo	780170	9919586	3510
Cimarrones	784374,63	9913562,76	3534,86
Mururco	780350,14	9916414,50	3579,40

Fuente: (Arévalo &amp; Ñaupari , 2016) y (Fichamba &amp; Ñacata, 2016)

## 4.2. Dimensiones

En la tabla 21, se pueden apreciar el largo, ancho, altura y área de construcción según los datos obtenidos en las tesis antes mencionadas.

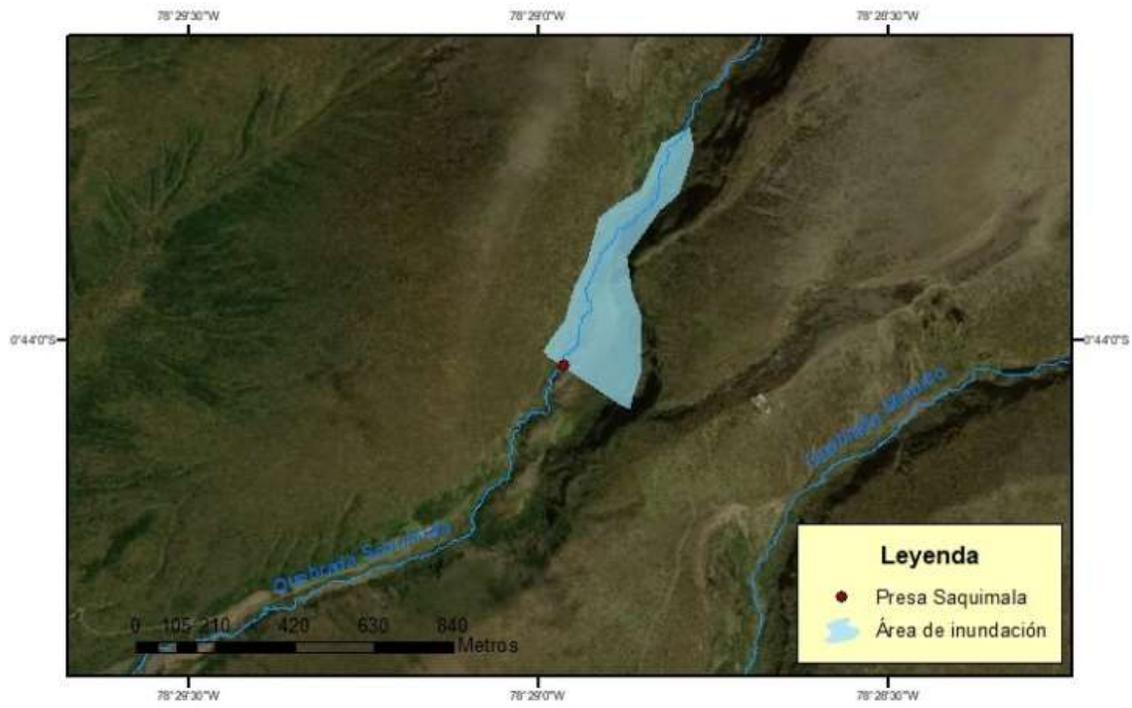
**Tabla 21***Dimensiones de las obras*

Quebrada	Largo(m)	Ancho(m)	Altura(m)	Área(m <sup>2</sup> )
Saquimala	295	131	93	38645
San Lorenzo	230	113	70	25990
Cimarrones	260	110	80	28600
Mururco	275	110	75	30250

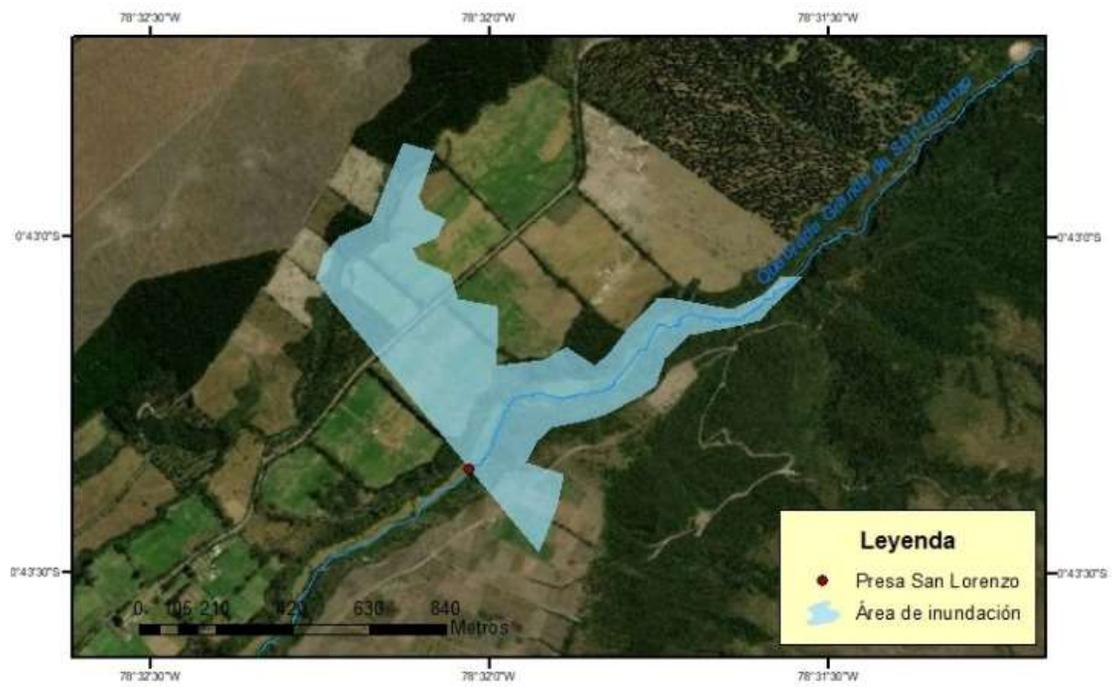
Fuente: (Arévalo &amp; Ñaupari , 2016) y (Fichamba &amp; Ñacata, 2016)

## 4.3. Áreas de embalse

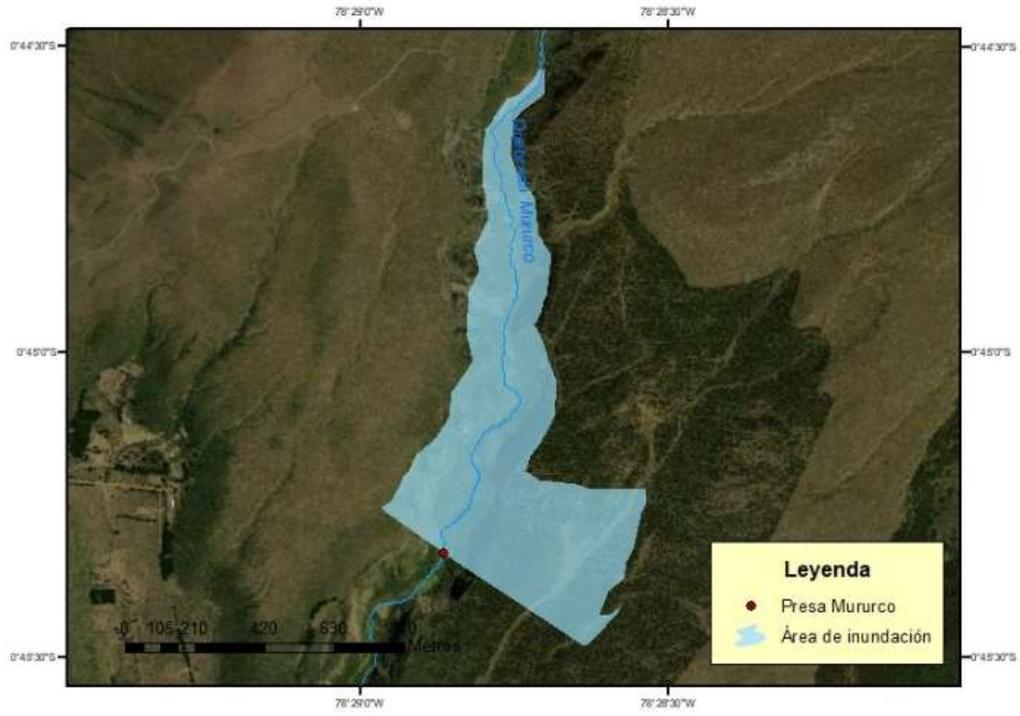
Obtenidas las dimensiones se continuo con la determinación de las áreas de embalse, se trabajó con un MDE de la zona y con las alturas de las presas, de procedió con un cálculo de ambas variables en modelo ráster para obtener las áreas, como se puede observar en la figura 32, 33, 34 y 35 para los puntos de control de las quebradas Saquimala, San Lorenzo, Mururco y Cimarrones respectivamente.



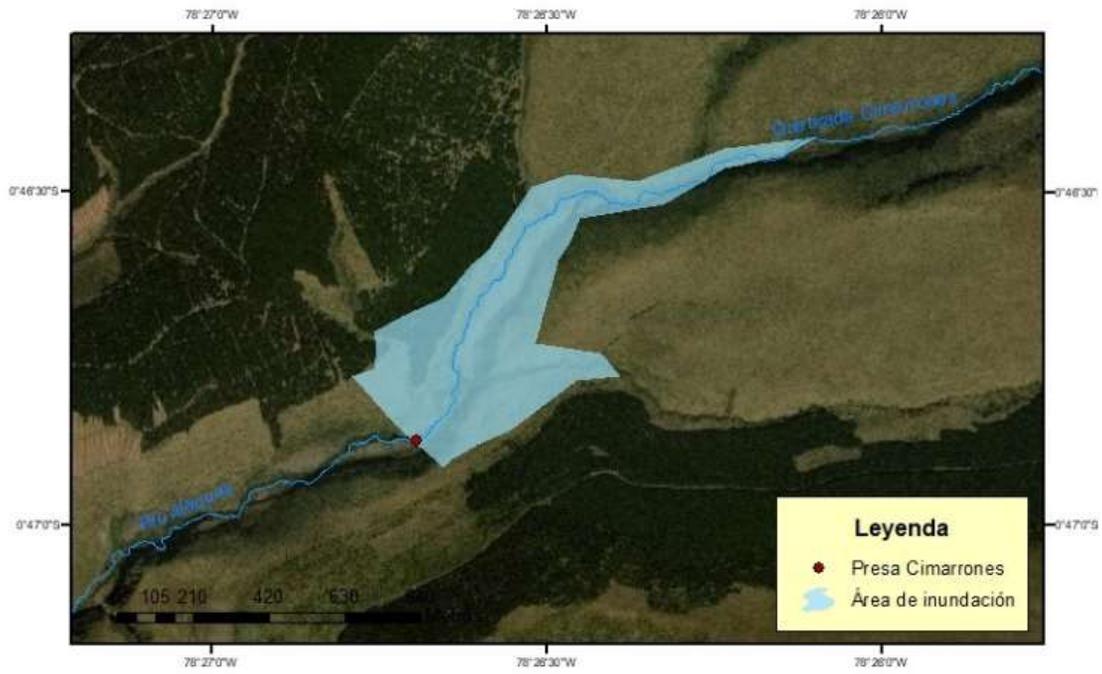
*Figura 32* Área de embalse presa Saquimala



*Figura 33* Área de embalse presa San Lorenzo



*Figura 34* Área de embalse presa Mururco



*Figura 35* Área de embalse presa Cimarrones

Se obtuvieron cuantitativamente las áreas y volúmenes expresados en la tabla 22.

**Tabla 22**

*Áreas de embalse*

Quebrada	Área de embalse(m <sup>2</sup> )
Saquimala	104041,89
San Lorenzo	366651,11
Cimarrones	304741,45
Mururco	483326,71

#### 4.4. Volúmenes de embalse

Aproximadamente, el volumen de glaciación a finales del 2015 era de 350 Hm<sup>3</sup>, según (Arévalo & Ñaupari, 2016) y (Fichamba & Ñacata, 2016), el 25% del volumen del glaciación es el que se derretirá en una posible erupción volcánica y este será el volumen a retener en los puntos de control., como se observa en la tabla 23.

**Tabla 23**

*Volúmenes de embalse*

Quebrada	Volumen de embalse (Hm <sup>3</sup> )
Saquimala	13,84
San Lorenzo	14,08
Cimarrones	13,99
Mururco	14,83

Fuente: (Arévalo & Ñaupari, 2016) y (Fichamba & Ñacata, 2016)

#### 4.5. Caudales

En la tabla 24, se muestran los caudales medios obtenidos para cada quebrada.

**Tabla 24**

*Caudales medios*

Quebrada	Caudal Q(m <sup>3</sup> /s)
Saquimala	11,9
San Lorenzo	12,3
Cimarrones	22,45

**CONTINÚA**



---

<b>Mururco</b>	5,9
----------------	-----

---

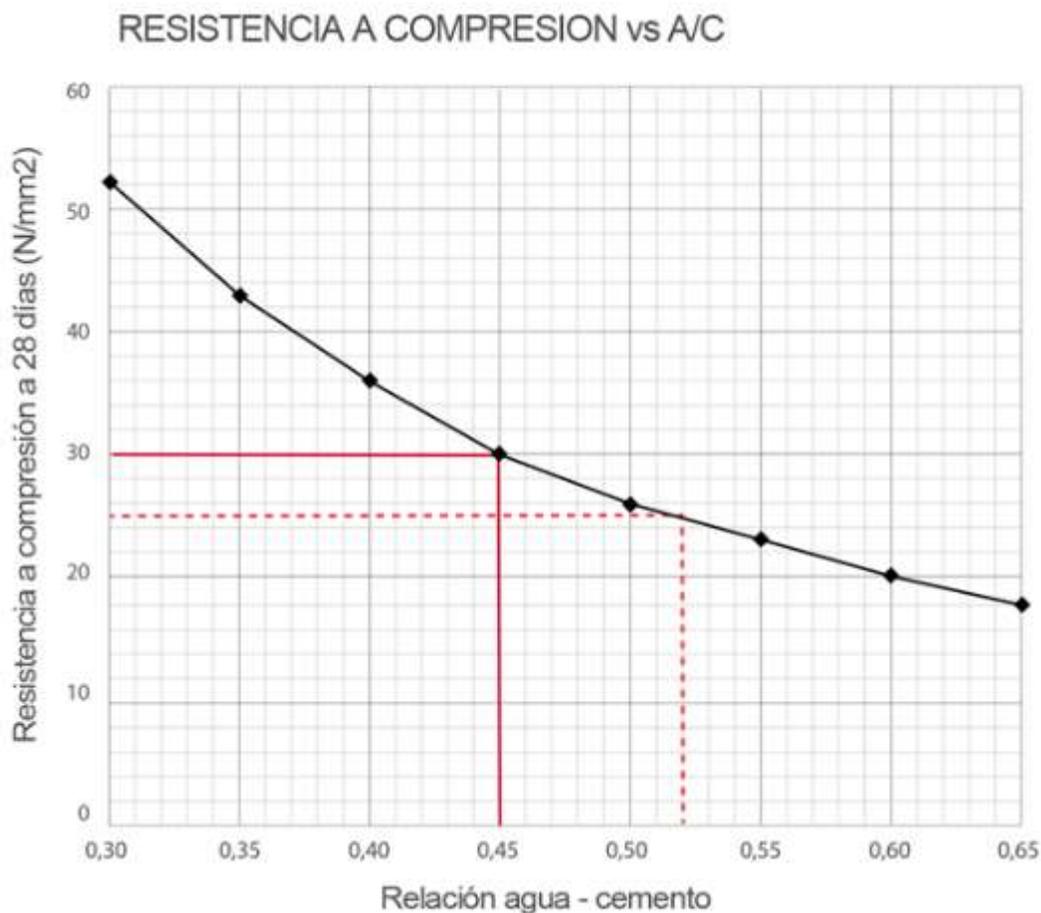
Fuente: (Arévalo & Ñaupari , 2016) y (Fichamba & Ñacata, 2016)

#### **4.6. Material y presupuesto de construcción**

A continuación, se muestran los materiales y el presupuesto de los mismos listados por (Arévalo & Ñaupari , 2016) y (Fichamba & Ñacata, 2016). Además, se hace una relación cemento agua, basados en la tabla 24, para identificar si el agua disponible es suficiente para la cantidad de hormigón deseada.

(Velay, 2012) se basa en la figura 36, para establecer los valores de la tabla 25.

Cabe recalcar que toda la producción del hormigón se desarrollará in situ, por lo que no se necesita transporte para ello, por lo tanto hay que considerar si el agua del sitio va a ser suficiente, para lo que se va a necesitar transporte es para el material de préstamo.



**Figura 36** Relación agua/cemento

Fuente: (Velay, 2012)

**Tabla 25**

*Relación agua cemento*

Resistencias	f'c=180 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=280 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=350 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Relación a/c</b>	0,672	0,625	0,531	0,492

Fuente: (Velay, 2012)

A continuación se detallan los presupuestos referenciales para los materiales de construcción en la tabla 26, 27, 28 y 29 para las quebradas Saquimala, San Lorenzo, Mururco y Cimarrones respectivamente.

**Tabla 26***Presupuesto referencial presa Saquimala*

<b>Presupuesto referencial presa Saquimala</b>				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio U.	Precio T.
Excavación y relleno (sin transporte)	m3	284439	10,04	2855766
Material de préstamo	m3	995569	2,06	2050871
Transporte de material de préstamo	m3-km	4977843	0,36	1792024
Hormigón estructural de cemento Portland, f'c=280 kg/cm2	m3	149668	240,73	36029493
Hormigón estructural de cemento Portland, f'c=180 kg/cm2	m3	1175	118,94	139734
Acero de refuerzo en barra fy=4200 kg/cm2	kg	11524409	1,08	12446362

Fuente: (Fichamba &amp; Ñacata, 2016)

**Tabla 27***Presupuesto referencial presa San Lorenzo*

<b>Presupuesto referencial presa San Lorenzo</b>				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio U.	Precio T.
Excavación y relleno (sin transporte)	m3	125016	10,04	1255163
Material de préstamo	m3	387725	2,06	798714
Transporte de material de préstamo	m3-km	1938625	0,36	697905
Hormigón estructural de cemento Portland, f'c=280 kg/cm2	m3	87155	240,73	20980703
Hormigón estructural de cemento Portland, f'c=180 kg/cm2	m3	923	118,94	109829
Acero de refuerzo en barra fy=4200 kg/cm2	kg	6710897	1,08	7247768

Fuente: (Fichamba &amp; Ñacata, 2016)

**Tabla 28***Presupuesto referencial presa Mururco*

<b>Presupuesto referencial presa Mururco</b>				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio U.	Precio T.
Excavación y relleno (sin transporte)	m3	54906,58	2,88	1255163
Material de préstamo con transporte	m3	821063,77	7,50	798714
Hormigón estructural de cemento Portland, f'c=210 kg/cm2	m3	72844,26	129,60	9440616
Hormigón estructural de cemento Portland, f'c=350 kg/cm2	m3	607,78	162,00	98459

Fuente: (Arévalo &amp; Ñaupari, 2016)

**Tabla 29***Presupuesto referencial presa Cimarrones*

<b>Presupuesto referencial presa Cimarrones</b>				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio U.	Precio T.
Excavación y relleno (sin transporte)	m3	107078,71	2,88	308386
Material de préstamo con transporte	m3	841737,75	7,50	6313033
Hormigón estructural de cemento Portland, f'c=210 kg/cm2	m3	99824,45	129,60	12937249

**CONTINÚA**

<b>Hormigón estructural de cemento Portland, f'c=280 kg/cm2</b>	m3	1755,53	150,00	263328
<b>Hormigón estructural de cemento Portland, f'c=350 kg/cm2</b>	m3	8713,20	162,00	1411538

Fuente: (Arévalo & Ñaupari , 2016)

En la tabla 30, se indica la cantidad de agua de la que se puede disponer por día, suponiendo un caudal medio, estas son suficientes para cubrir la demanda de agua para el hormigón que se requiere.

**Tabla 30**  
*Relación agua/cemento*

Presa	f'c (kg/cm2)	Cantidad (m3)	Agua(m3)	Cemento(m3)	Caudal disponible por día(m <sup>3</sup> /día)
Saquimala	280	149668	79473,708	70194,292	1028157,70
	180	1175	578,1	596,9	
San Lorenzo	280	87155	46279,305	40875,695	1062717,62
	180	923	620,256	302,744	
Mururco	210	72844,26	45527,6625	27316,5975	1939675,66
	350	607,78	299,02776	308,75224	
Cimarrones	210	99824,45	62390,2813	37434,1688	509758,86
	280	1755,53	932,18643	823,34357	
	350	8713,2	4286,8944	4426,3056	

## CAPÍTULO V: METODOLOGÍA

La metodología utilizada para este proyecto es la Metodología para la Evaluación de Impacto Ambiental aplicada al ciclo de vida de proyectos de infraestructura en Colombia propuesta por (Viloria, 2015). Siguiendo estos lineamientos, los pasos a seguir, son identificación de aspectos ambientales, identificación de impactos ambientales, identificación de atributos, evaluación de impactos ambientales y priorización de impactos ambientales.

### 5.1. Identificación de aspectos ambientales

Basados en la figura 3, el diagrama de flujo para la selección de actividades en la construcción, se identificaron las siguientes actividades indicadas en la tabla 31.

**Tabla 31**

*Aspectos ambientales*

Planificación	Construcción	Operación	Abandono	Actividades
				Trámite de licencias y permisos.
				Contratación mano de obra y capacitación del personal.
				Identificación y selección de proveedores, compra de materias primas e insumos.
				Trazado y diseño geométrico.
				Identificación de desvíos y rutas
				Evaluación económica final
				Demarcación y señalización provisional.
				Desmante, limpieza y remoción de cobertura vegetal
				Explanación
				Conformación de taludes de corte y de excavación.
				Explosivos y voladuras.
				Excavaciones y movimiento de tierra
				Preparación de zanjas y entibado.
				Desvío de cauces y arroyos

**CONTINÚA**



	Operación de maquinaria y equipo, transporte y acarreos
	Construcción de obras de concreto
	Accesos, vías y pavimentos
	Explotación de préstamos (canteras)
	Armaduras
	Embalsamiento de agua
	Operación del embalse
	Restablecimiento del régimen natural del río.
	Arborización/revegetalización
	Movilización de equipos, maquinaria y materiales
	Disposición de residuos foliares y leñosos.
	Manejo y disposición final de los sedimentos

## 5.2. Identificación de impactos ambientales

Siguiendo los lineamientos de la metodología propuesta por (Viloria, 2015), a partir de una lista de chequeo se seleccionó con criterio técnico los indicadores ambientales para los distintos, medios, sistemas y componentes, estos indicadores escogidos se pueden apreciar en la tabla 32.

**Tabla 32**  
*Impactos ambientales*

Medio	Sistema	Componente	Indicador
Medio natural	Sistema abiótico	Componente Atmósfera	<b>Aumento de los niveles de ruido ambiental</b>
			Aumento en la dispersión de olores ofensivos.
		Deterioro de la calidad de aire	
		Componente Agua	Alteración de la calidad físico química del agua
			Alteración de la dinámica fluvial
		Disminución de caudal disponible	
	Componente Suelo	Alteración de las características físico químicas del suelo	
		Generación de fenómenos de inestabilidad y remoción en masa	
		Generación de procesos erosivos, socavación y pérdida de suelo	
		Compactación del suelo	
Sistema biótico	Componente Eucariota	Atracción o expulsión de especies eucariotas	
		Pérdida de corredores biológicos, hábitat y matriz de vegetación, fragmentación	

**CONTINÚA** 

<b>Medio humano</b>	<b>Sistema perceptual</b>	<b>Componente Paisaje</b>	Alteración de la cuenca visual/visibilidad del paisaje
			Alteración de la geomorfología
			Pérdida de la calidad subjetiva del paisaje
	<b>Sistema antrópico</b>	<b>Componente Económico</b>	Aumento en la tasa de empleo
			Aumento o disminución en el uso de un recurso natural
			Afectación de las actividades económicas
		<b>Componente Político</b>	Afectación en la tenencia de la tierra
			Favorecimiento de la participación comunitaria
			Mayor inversión, presencia del estado y las autoridades
		<b>Componente Sociocultural</b>	Potenciación de conflictos, manifestaciones, molestias y expectativas en la comunidad
			Incremento en los factores de riesgo
			Afectación del patrimonio histórico, arqueológico, natural y/o territorios colectivos
			Aumento/disminución en la oferta de servicios públicos, espacio público y vivienda

### 5.3. Identificación de atributos

Acorde a la bibliografía revisada anteriormente, se procede con la selección de atributos, tomando en cuenta los 29 de ellos, se procedió a realizar un análisis multicriterio para seleccionar los atributos con mayor incidencia en este estudio.

El análisis multicriterio propuesto para cada atributo por (Viloria, 2015) es el siguiente:

Medible (M): que existiese o fuera posible establecer mediciones basadas en indicadores (análisis cuantitativo) o, en escalas de valoración (análisis cualitativo). Es decir, que entre mayores fueran las posibilidades de medición del atributo, este sería más útil para estudios de alcances semidetallados y detallados, según lo desee el usuario y, según se cuente con la información de base.

General o Global (G): que pueda ser utilizado en el conjunto de componentes ambientales. Es decir que un atributo es más útil en la medida en que se pueda aplicar a más componentes. Se recuerda que los componentes ambientales propuestos en este trabajo son diez: atmósfera, agua, suelo, procariota, eucariota, relacional natural, paisaje, económico, político y sociocultural.

Apto (A): que se puedan establecer los mismos rangos para evaluar impactos tanto en proyectos lineales, como en proyectos concentrados. Es decir, que no requiera del uso de escalas diferentes al momento de cambiar el área de aplicación.

Sugerido (S): que el atributo sea sugerido por la metodología general para la presentación de estudios ambientales.

Tomando esto en cuenta se puede ver en la tabla 33, los valores para el análisis multicriterio.

**Tabla 33**  
*Valores para análisis multicriterio*

Criterio	Clasificación	Valor
<b>M</b>	En la literatura revisada no hay claridad sobre cómo establecer los rangos de medición.	1
	Si bien existen rangos y definiciones para medir cualitativamente este criterio, se encontraron diferentes formas de abordarse por los distintos autores, o el atributo puede medirse a través de estudios de detalle o semi-detalle.	2
	Existen diferentes rangos para medir cualitativamente este criterio, pero con definiciones compartidas por los distintos autores, o el atributo puede medirse a través de estudios de detalle o semi-detalle.	3
	Existen rangos que han sido desarrollados de manera similar por distintos autores o el atributo puede medirse a través de estudios de detalle o semi-detalle.	4
	Existen rangos estandarizados (protocolos) para medir cualitativamente este criterio, o puede medirse a través de herramientas de fácil acceso y economía.	5
<b>G</b>	Entre ninguno y un componente ambiental.	1
	Entre dos y tres componentes ambientales.	2
	Entre cuatro y cinco componentes ambientales.	3
	Entre seis y siete componentes ambientales.	4
	Más de ocho componentes ambientales.	5
<b>A</b>	El atributo presenta dificultades de aplicación para algún tipo de proyecto.	1

	El atributo puede ser aplicado para proyectos lineales y concentrados usando las mismas escalas de valoración.	5
S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1
	El atributo es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia	2
	El atributo es sugerido o aceptado por la SIF.	3
	El atributo es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia y aceptado por la SIF.	4

Fuente: (Viloria, 2015)

Se utiliza la ecuación 2 para proceder a clasificar el atributo, acorde a los valores de la tabla 34.

### **Ecuación 2** *Clasificación de atributo*

$$CA = M + G + A + S$$

Donde, CA es clasificación del atributo.

### **Tabla 34**

*Valoración y clasificación de atributos de evaluación ambiental*

Valor	Inclusión
[0,7]	Muy baja
(7,10]	Baja
(10,13]	Media
(13,16]	Alta
(16,19]	Muy alta

Fuente: (Viloria, 2015)

A continuación se muestra, en la tabla 35, el análisis multicriterio para seleccionar los atributos que son de inclusión muy alta para la evaluación de impactos ambientales.

**Tabla 35**  
*Clasificación de atributos*

criterio	Atributo	Calificación de criterios	Resultado	Clasificación	
<b>Valor</b>	Clase	M Este atributo ha sido valorado de manera similar por distintos autores	4	18	Inclusión muy alta
		G Ocho componentes ambientales	5		
		A El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
		S El atributo es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF	4		
	Magnitud	M Existen rangos estandarizados (protocolos) para medir cualitativamente este criterio	5	19	Inclusión muy alta
		G Diez componentes ambientales	5		
		A El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
		S El atributo es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, y por la SIF.	4		
<b>Incidencia</b>	Acumulación	M Existen rangos de medición cualitativa pero no están estandarizados.	3	17	Inclusión muy alta
		G Ocho componentes ambientales	5		
		A El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
		S El atributo es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, y por la SIF.	4		
	Efecto	M Este atributo ha sido valorado de manera similar por distintos autores.	4	15	Inclusión alta

**CONTINÚA**



	G	Diez componentes ambientales	5		
	A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
	S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1		
	M	Es difícil medir cuantitativamente este atributo, pese a que existen algunas escalas de valoración, estas no dan un resultado claro de la sinergia en los impactos	2		
Sinergia	G	Diez componentes ambientales	5	13	Inclusión media
	A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
	S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF	1		
Consumos	M	Se pueden establecer indicadores basados en mediciones sistemáticas	5	16	Inclusión alta
	G	Aplica para aire, agua, suelo y económico	3		
	A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
	S	El atributo es sugerido por la SIF, ya que se llevan cuentas ambientales dentro de los proyectos que ejecutan.	3		
Emisiones	M	Se pueden establecer indicadores basados en mediciones sistemáticas	5	17	Inclusión muy alta
	G	Siete componentes ambientales	4		
	A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
	S	El atributo es sugerido por la SIF, ya que se llevan cuentas ambientales dentro de los proyectos que ejecutan.	3		

**CONTINÚA**



<b>Lugar</b>	Extensión	M	Existen rangos estandarizados (protocolos) para medir cualitativamente este criterio	5	19	Inclusión muy alta
		G	Diez componentes ambientales	5		
		A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
		S	El atributo es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, y por la SIF.	4		
	Ubicación	M	Existen rangos estandarizados (protocolos) para medir cualitativamente este criterio	5	16	Inclusión alta
		G	Diez componentes ambientales	5		
		A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
		S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF	1		
	Distancia a la población	M	Se pueden establecer indicadores basados en mediciones sistemáticas	5	18	Inclusión muy alta
		G	Diez componentes ambientales	5		
		A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
		S	El atributo es aceptado por SIF	3		
<b>Tiempo</b>	Duración	M	Si bien existen rangos para medir cualitativamente este criterio, se encontraron diferentes formas de establecerlos.	3	16	Inclusión alta
		G	Diez componentes ambientales	5		
		A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
		S	El atributo es aceptado por SIF	3		

**CONTINÚA**



<b>Asimilación</b>	Periodicidad	M	Si bien existen rangos para medir cualitativamente este criterio, se encontraron diferentes formas de establecerlos.	2	16	<b>Inclusión alta</b>
		G	Diez componentes ambientales	5		
		A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
		S	El atributo es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, pero no por la SIF	4		
	Momento	M	Existen rangos de medición cualitativa pero no están estandarizados.	2	13	<b>Inclusión media</b>
		G	Diez componentes ambientales	5		
		A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
		S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1		
	Mitigabilidad	M	Este atributo ha sido valorado de manera similar por distintos autores.	4	15	<b>Inclusión alta</b>
		G	Diez componentes ambientales	5		
		A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
		S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1		
Reversibilidad	M	Se puede medir a semi-detalle	2	15	<b>Inclusión alta</b>	
	G	Diez componentes ambientales	5			
	A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5			
	S	El atributo es aceptado por SIF	3			
Recuperabilidad	M	Este atributo ha sido valorado de manera similar por distintos autores.	4	13	<b>Inclusión media</b>	

**CONTINÚA**



		G	Aplica para aire, agua, suelo y económico	3		
		A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
		S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1		
		M	Se puede medir a semi-detalle	2		
		G	Ocho componentes ambientales	5		
	Presencia	A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5	16	Inclusión alta
		S	El atributo es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF	4		
Ocurrencia		M	Este atributo puede ser medido a través de inventarios y censos en el área a afectar	5		
		G	Diez componentes ambientales	5		
	Externalidades	A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5	17	Inclusión muy alta
		S	El atributo es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia dentro del componente de valoración económica de los impactos ambientales.	2		
Ambiente afectado	Vulnerabilidad	M	Si bien existen rangos para medir cualitativamente este criterio, se encontraron diferentes formas de establecerlos.	2	9	Inclusión baja
		G	Diez componentes ambientales	5		
		A	Complicaciones en proyectos lineales	1		

**CONTINÚA**



	S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1		
	M	Existen rangos estandarizados (protocolos) para medir cualitativamente este criterio	5		
	G	Tres componentes ambientales	2		
Abundancia	A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5	13	Inclusión media
	S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1		
	M	Se podrían establecer indicadores basados en la percepción, sin embargo, no hay claridad en cómo establecer los rangos.	1		
	G	Tres componentes ambientales	2		
Complejidad	A	Complicaciones en proyectos lineales	1	5	Inclusión muy baja
	S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1		
	M	Este atributo ha sido valorado de manera similar por distintos autores.	4		
	G	Dos componentes ambientales	2		
Continuidad	A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5	12	Inclusión media
	S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1		
	M	No hay claridad para establecer rangos de medición	1		
Clímax	G	Cinco componentes ambientales	3	6	Inclusión muy baja
	A	Complicaciones en proyectos lineales	1		

**CONTINÚA**



	S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1		
	M	Se pueden establecer indicadores a través de estudios especializados: inventarios detallados (individuo por individuo)	3		
	G	Siete componentes ambientales	4		
Dificultad de conservación	A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5	13	Inclusión media
	S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1		
	M	Si bien existen rangos para medir cualitativamente este criterio, se encontraron diferentes formas de establecerlos.	2		
	G	Dos componentes ambientales	2		
Diversidad	A	Complicaciones en proyectos lineales	1	6	Inclusión muy baja media
	S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1		
	M	No hay claridad para establecer rangos de medición	1		
	G	Siete componentes ambientales	4		
Estabilidad	A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5	11	Inclusión media
	S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1		
	M	Se pueden establecer indicadores basados en mediciones asistidas por SIG y control de campo	5	17	Inclusión muy alta
Naturalidad	G	Siete componentes ambientales	4		

**CONTINÚA**



	A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
	S	El atributo es aceptado por SIF	3		
Rareza	M	No hay claridad para establecer rangos de medición	1	5	Inclusión muy baja
	G	Dos componentes ambientales	2		
	A	Complicaciones en proyectos lineales	1		
	S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1		
	M	No hay claridad para establecer rangos de medición	1		
Representatividad	G	Diez componentes ambientales	5	12	Inclusión media
	A	El atributo puede ser aplicado tanto en proyectos lineales como en proyectos concentrados	5		
	S	El atributo no es sugerido por la Metodología general para la presentación de estudios ambientales en Colombia, ni por la SIF.	1		
	M	No hay claridad para establecer rangos de medición	1		

De esto se obtiene que los atributos con los que se trabajará son: clase, magnitud, acumulación, emisiones, extensión, distancia a la población, externalidades y naturalidad.

Villoria (2015) hace la siguiente clasificación para asignar valores según el método multicriterio para los atributos seleccionados en la tabla 36.

**Tabla 36**  
*Valores de referencia para el análisis multicriterio*

Atributo Clase		
El cambio en la calidad ambiental es:		
Característica	V	Descripción

**CONTINÚA** 

Favorable	1	El impacto es de clase positiva
Desfavorable	-1	El impacto es de clase negativa

#### Atributo Consumo

El impacto ambiental es causado por los recursos destinados:

Característica	V	Descripción
Ninguna en el AID.	0	Impacto de consumo nulo
Entre el 1 y 20 % de la cantidad disponible del mismo en el AID.	1	Impacto de consumo bajo
Entre el 21 y 40 % de la cantidad disponible del mismo en el AID.	2	Impacto de consumo medio-bajo
Entre el 41 y 60 % de la cantidad disponible del mismo en el AID.	3	Impacto de consumo medio
Entre el 61 y 80 % de la cantidad disponible del mismo en el AID.	4	Impacto de consumo alto
Mayor al 80% de la cantidad disponible del mismo en el AID.	5	Impacto de consumo muy alto

#### Atributo Distancia a población

Para este atributo se tomó en cuenta la distancia al área protegida, dada la cercanía a esta

Característica	V	Descripción
Cimarrones	2	Impacto de distancia media-baja
San Lorenzo	3	Impacto de distancia media
Mururco.	4	Impacto de distancia media-alta
Saquimala	5	Impacto de distancia alta

#### Atributo Emisiones

El impacto ambiental es causado por una actividad en donde la generación de emisiones sólidas o líquidas es:

Característica	V	Descripción
Ninguna.	0	Impacto de huella nula
Entre 0 y 20% de lo utilizado	1	Impacto de huella baja
Entre 21 y 40% de lo utilizado	2	Impacto de huella media-baja
Entre 41 y 60% de lo utilizado	3	Impacto de huella media
Entre 61 y 80% de lo utilizado	4	Impacto de huella alta
Mayor al 80% de lo utilizado	5	Impacto de huella muy alta

**CONTINÚA**



**Atributo Naturalidad**

La cobertura predominante del área a impactar es:

<b>Característica</b>	<b>V</b>	<b>Descripción</b>
Tejidos urbanos	0	Disminución de la naturalidad nula
Agropecuario (cultivos, pastos, mixtos).	1	Disminución de la naturalidad baja
Áreas abiertas sin o con poca vegetación.	2	Disminución de la naturalidad media-baja
Bosque plantado	3	Disminución de la naturalidad media
Vegetación arbustiva y herbácea.	4	Disminución de la naturalidad media-alta
Bosque natural	5	Disminución de la naturalidad alta

**Atributo Externalidades**

¿El impacto ambiental generado se dará sobre un recurso que es utilizado por otras empresas o personas?

<b>Característica</b>	<b>V</b>	<b>Descripción</b>
No	0	nula
Si, es uso indirecto y poco frecuente	1	baja
Si, es uso indirecto y frecuente	2	probabilidad de conflicto por uso o de generación de externalidades negativas: media-baja
Si y es uso directo como materia secundaria/sustituible	3	media
Si y es uso directo como materia prima (no sustituible)	4	media-alta
Si y es uso directo como soporte para la vida (prima el uso)	5	alta

**Atributo Área de Influencia**

El área de afectación del impacto es:

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
Puntual: impactos muy localizados que no se extienden más allá de donde se producen o que no van más allá de los límites del área afectada, generalmente se circunscriben al área de construcción y operación.	1	Impacto puntual
Local: si el impacto se extiende más allá del punto donde se presenta la acción y afecta la localidad, la vereda, el casco urbano, el municipio	3	Impacto local
Regional: cuando afecta otras poblaciones o municipios localizados en los alrededores. Incluso en el ámbito social pueden afectar las estructuras económicas, regionales o departamentales.	5	Impacto regional

**CONTINÚA**



**Atributo Magnitud**

La cantidad o volumen del aspecto generado con relación a la cantidad o volumen de línea base es:

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
Ninguna, no se genera afectación	0	Impacto de magnitud nula
Menor al 20 %.	1	Impacto de magnitud baja
Entre 20 y 40 %	2	Impacto de magnitud media-baja
Entre 40 y 60 %	3	Impacto de magnitud media
Entre 60 y 80 %	4	Impacto de magnitud media-alta
Mayor al 80%	5	Impacto de magnitud alta

Fuente: (Viloria, 2015)

#### 5.4. Evaluación de impactos ambientales

Los valores a designar para cada atributo se ubicarán como se indica en la figura 37. Para el impacto total IT, se utiliza la ecuación 3.

**Ecuación 3** Impacto total

$$IT = C[Co + D + E + N + Ex + Ai + M]$$

	<b>C</b>	<b>Co</b>
<b>D</b>	<b>E</b>	<b>N</b>
<b>Ex</b>	<b>Ai</b>	<b>M</b>
<b>IT:</b>		

**Figura 37** Formato del ingreso de valores a los atributos

En la figura 38, se indica cómo está estructurada la matriz de evaluación de impacto ambiental, donde:

- 1) Indican a que etapa de planificación, construcción, operación y/o abandono, pertenecen las actividades escogidas, según correspondan
- 2) Se ubican de manera vertical las actividades escogidas para el proyecto.
- 3) Se ubican de manera horizontal los indicadores ambientales escogidos para el proyecto.
- 4) Se ubican tal como en la figura 34, los lugares para designar los valores para los distintos atributos, además del valor de impacto total IT.

The diagram shows a software interface for an environmental impact evaluation matrix. It consists of a left-hand sidebar and a main grid area. Callout 1 points to the sidebar's navigation icons. Callout 2 points to the 'Actividad' column header. Callout 3 points to the main grid's column headers. Callout 4 points to the bottom of the grid.

Actividad	Componente Aire				Componente Agua			
	Alteración de la calidad del aire exterior del agua	Alteración de la calidad del agua	Alteración de la calidad del aire	Alteración de la calidad del agua				
Emisión de ruidos y vibraciones								
Emisión de gases de efecto invernadero								
Emisión de partículas								
Emisión de olores								
Emisión de otros gases de efecto invernadero								
Emisión de gases de efecto invernadero								
Emisión de otros gases de efecto invernadero								
Emisión de otros gases de efecto invernadero								
Emisión de otros gases de efecto invernadero								
Emisión de otros gases de efecto invernadero								

**Figura 38** Formato de la matriz de evaluación de impactos ambientales

### 5.5. Priorización de impactos ambientales

Para esta etapa final se sigue la norma (ISO 14001, 2004), que dice que se deben determinar todos aquellos aspectos (actividades) que tienen o pueden tener impactos significativos sobre el medio ambiente.

**Tabla 37**  
*Priorización de impactos ambientales*

IT	Prioridad
[7,16]	Prioridad baja
(16,25]	Prioridad media
(25,35]	Prioridad alta

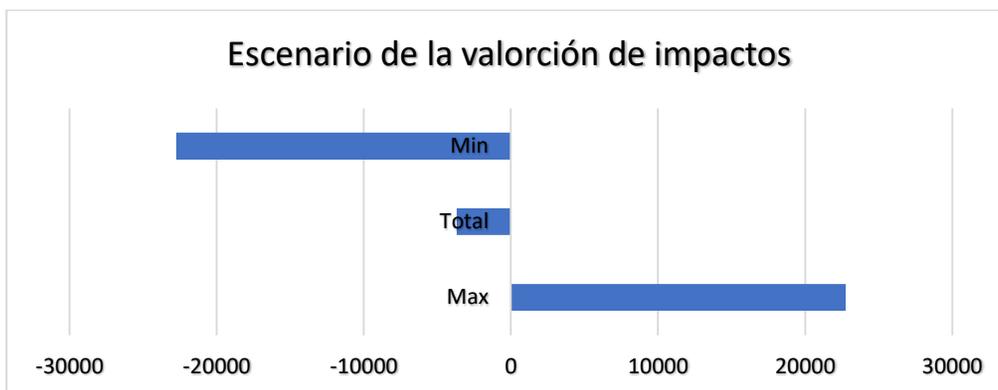
Fuente: (Viloria, 2015)

## CAPÍTULO VI: RESULTADOS

### 6.1. Quebrada Saquimala

En la figura 39, se indica el valor total del impacto ambiental en comparación con los valores máximos y mínimos que se pueden obtener de la evaluación de impacto ambiental, como indican los siguientes valores.

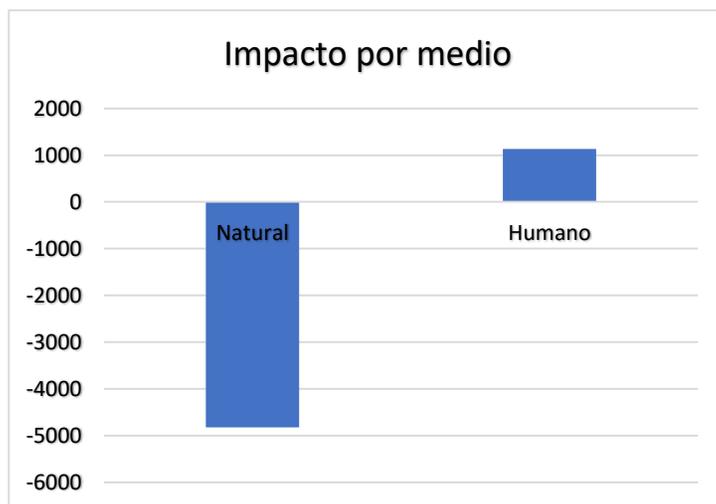
Max	22750
Total	-3686
Min	-22750



**Figura 39** Escenario de la valoración de impactos para la quebrada Saquimala

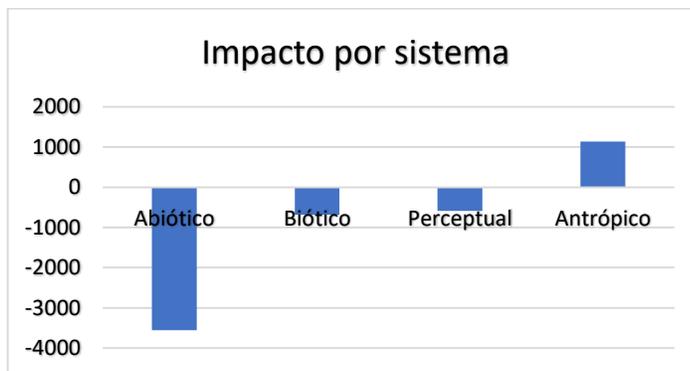
En la figura 40, se indica el impacto ambiental por medio, con los valores expuestos a continuación.

Medio	Natural	-4822
	Humano	1136



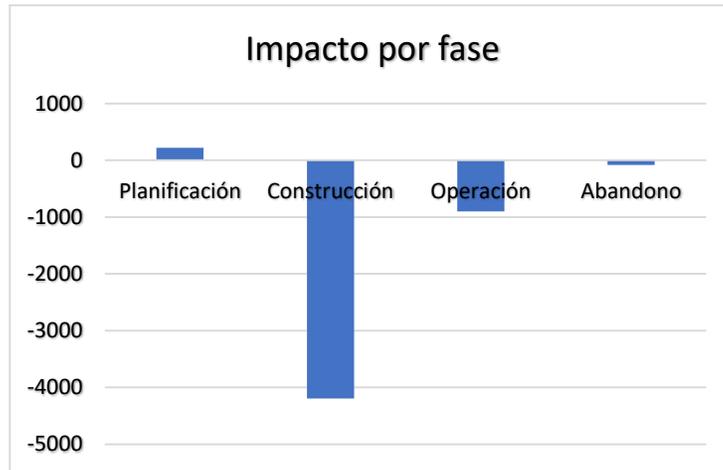
**Figura 40** Impacto por medio quebrada Saquimala

En la figura 41, se indica el impacto por sistema.



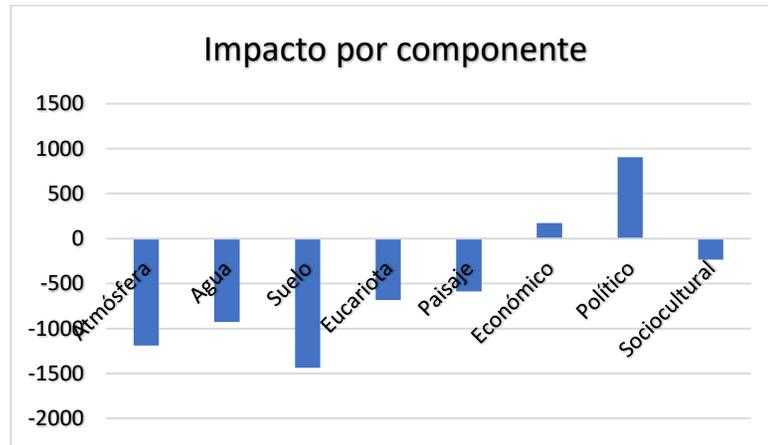
**Figura 41** Impacto por sistema quebrada Saquimala

En la figura 42, se indica el impacto por fase.



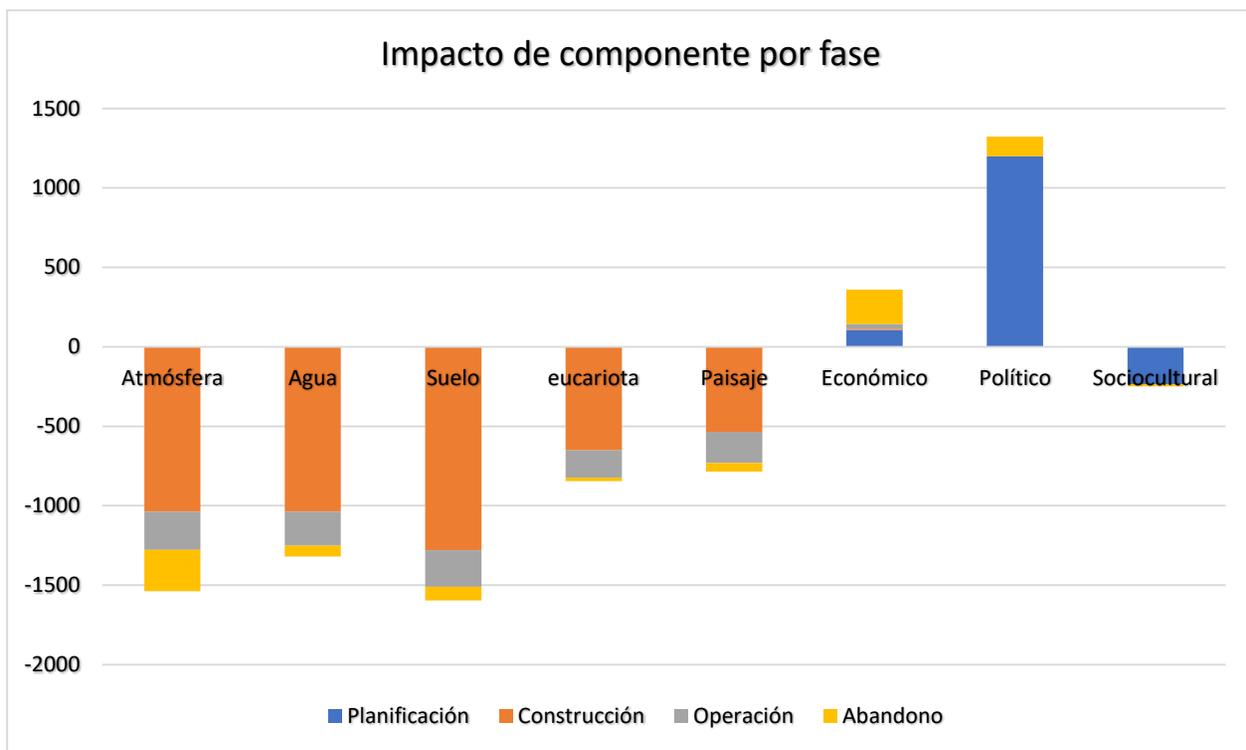
**Figura 42** Impacto por fase quebrada Saquimala

En la figura 43, se indica el impacto por componente.



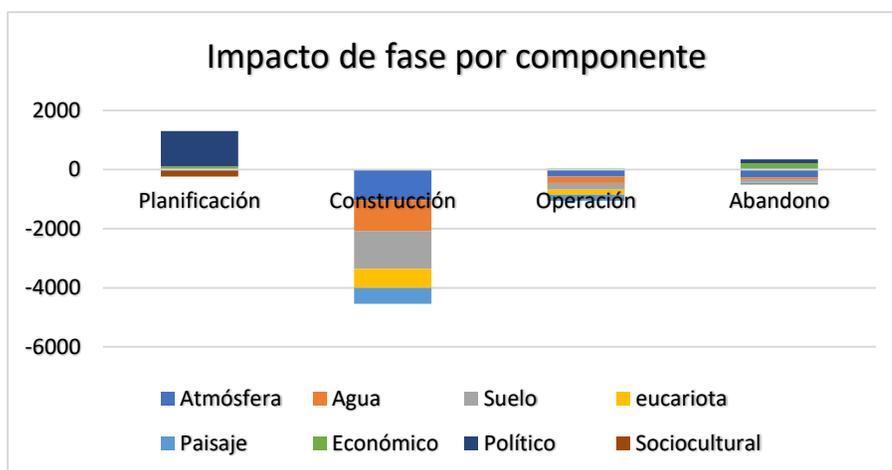
**Figura 43** Impacto por componente quebrada Saquimala

En la figura 44, se indica el impacto de componente por fase.



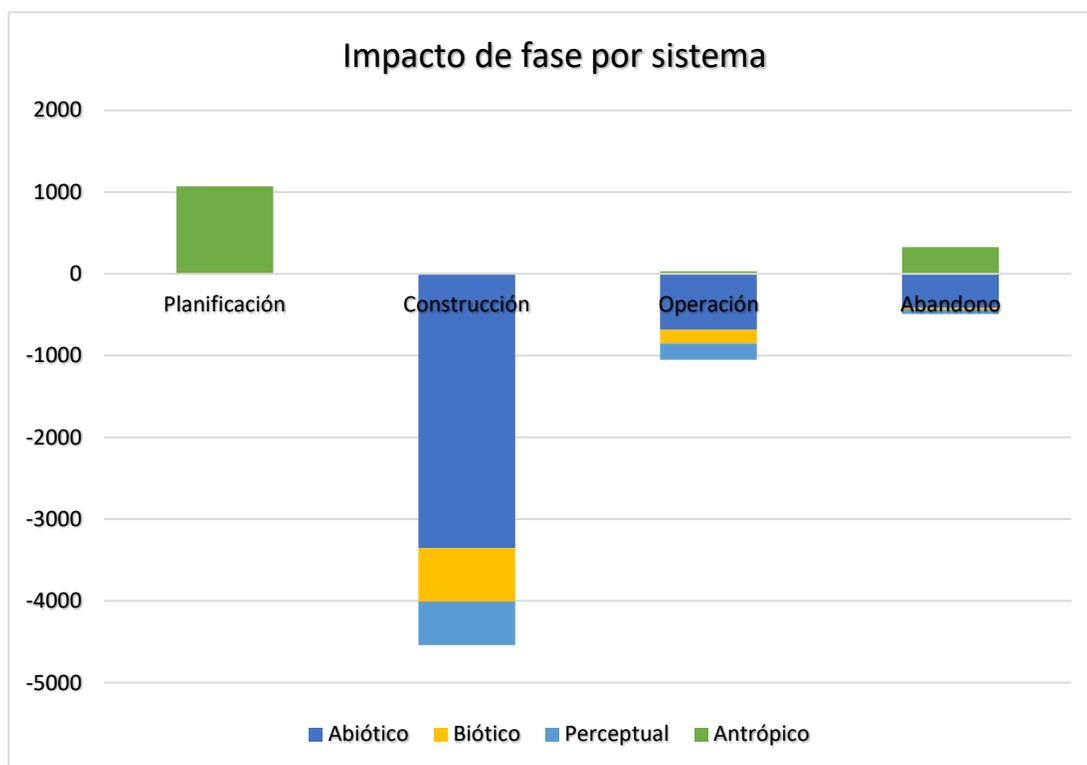
**Figura 44** Impacto de componente por fase quebrada Saquimala

En la figura 45, se indica el impacto de fase por componente.



**Figura 45** Impacto de fase por componente quebrada Saquimala

En la figura 46, se indica el impacto de fase por sistema.



**Figura 46** Impacto de fase por sistema quebrada Saquimala

En la tabla 38, se indican los impactos por actividades expresados cuantitativamente y priorizados respecto al los criterios de la metodología.

### Tabla 38

#### Impacto por actividad quebrada Saquimala

##### Impacto por actividad

Actividades	IT
Manejo y disposición final de los sedimentos	-352
Conformación de taludes de corte y de excavación.	-348
Explosivos y voladuras.	-347
Excavaciones y movimiento de tierra	-331

**CONTINÚA**



Operación del embalse	-329
Embalsamiento de agua	-312
Construcción de obras de concreto	-305
Explotación de préstamos (canteras)	-305
Desvío de cauces y arroyos	-302
Preparación de zanjas y entibado.	-279
Desmante, limpieza y remoción de cobertura vegetal	-263
Armaduras	-249
Explanación	-214
Accesos, vías y pavimentos	-208
Movilización de equipos, maquinaria y materiales	-169
Operación de maquinaria y equipo, transporte y acarreos	-134
Disposición de residuos foliares y leñosos.	-50
Demarcación y señalización provisional.	3
Identificación de desvíos y rutas	17
Trámite de licencias y permisos.	30
Trazado y diseño geométrico.	31
Identificación y selección de proveedores, compra de materias primas e insumos.	45
Evaluación económica final	46
Contratación mano de obra y capacitación del personal.	48
Restablecimiento del régimen natural del río.	192
Arborización/revegetalización	298

En la tabla 39, se indican los impactos por indicadores expresados cuantitativamente y priorizados respecto al los criterios de la metodología.

**Tabla 39**

*Impacto por indicador quebrada Saquimala*

**Impacto por indicador**

Indicador	IT
Aumento de los niveles de ruido ambiental	-454
Generación de procesos erosivos, socavación y pérdida de suelo	-444
Deterioro de la calidad de aire	-379
Generación de fenómenos de inestabilidad y remoción en masa	-374
Atracción o expulsión de especies eucariotas	-369
Alteración de las características físico químicas del suelo	-359
Aumento o disminución en el uso de un recurso natural	-357
Aumento en la dispersión de olores ofensivos.	-356

**CONTINÚA**

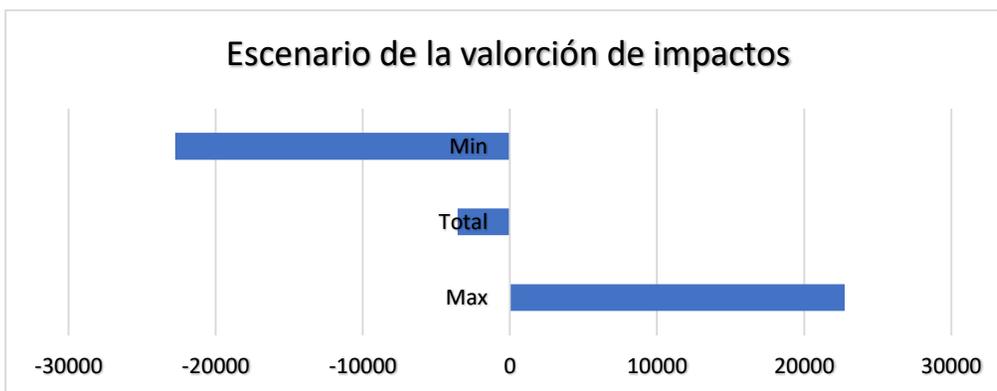


Alteración de la dinámica fluvial	-351
Pérdida de corredores biológicos, hábitat y matriz de vegetación, fragmentación	-314
Alteración de la calidad físico química del agua	-289
Disminución de caudal disponible	-288
Compactación del suelo	-259
Alteración de la geomorfología	-258
Pérdida de la calidad subjetiva del paisaje	-243
Afectación del patrimonio histórico, arqueológico, natural y/o territorios colectivos	-194
Alteración de la cuenca visual/visibilidad del paisaje	-85
Aumento/disminución en la oferta de servicios públicos, espacio público y vivienda	-41
Afectación en la tenencia de la tierra	-33
Afectación de las actividades económicas	-7
Potenciación de conflictos, manifestaciones, molestias y expectativas en la comunidad	184
Incremento en los factores de riesgo	248
Favorecimiento de la participación comunitaria	296
Mayor inversión, presencia del estado y las autoridades	471
Aumento en la tasa de empleo	569

## 6.2. Quebrada Mururco

En la figura 47, se indica el valor total del impacto ambiental en comparación con los valores máximos y mínimos que se pueden obtener de la evaluación de impacto ambiental, como indican los siguientes valores.

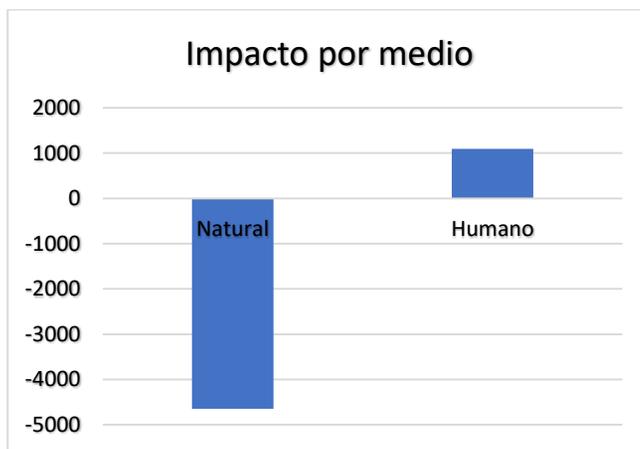
Max	22750
Total	-3552
Min	-22750



**Figura 47** Escenario de la valoración de impactos quebrada Mururco

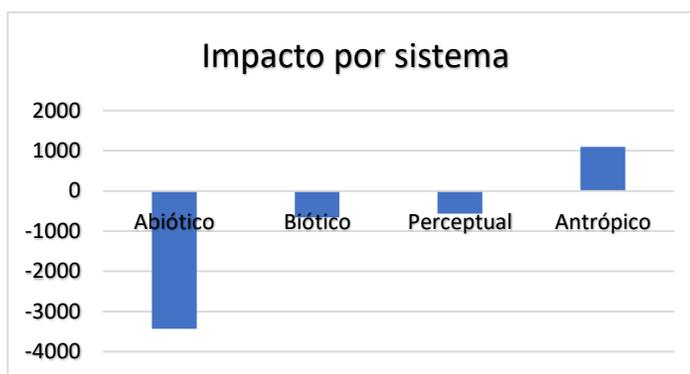
En la figura 48, se indica el impacto ambiental por medio, con los valores expuestos a continuación

Medio	Natural	-4647
	Humano	1095



**Figura 48** Impacto por medio quebrada Mururco

En la figura 49, se indica el impacto por sistema.



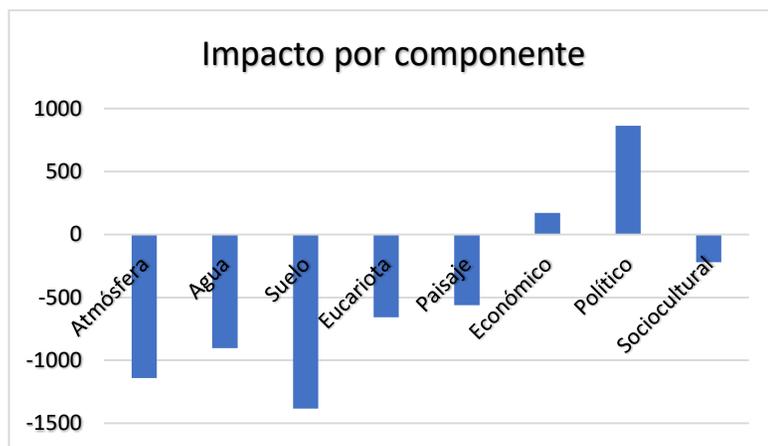
**Figura 49** Impacto por sistema quebrada Mururco

En la figura 50, se indica el impacto por fase.



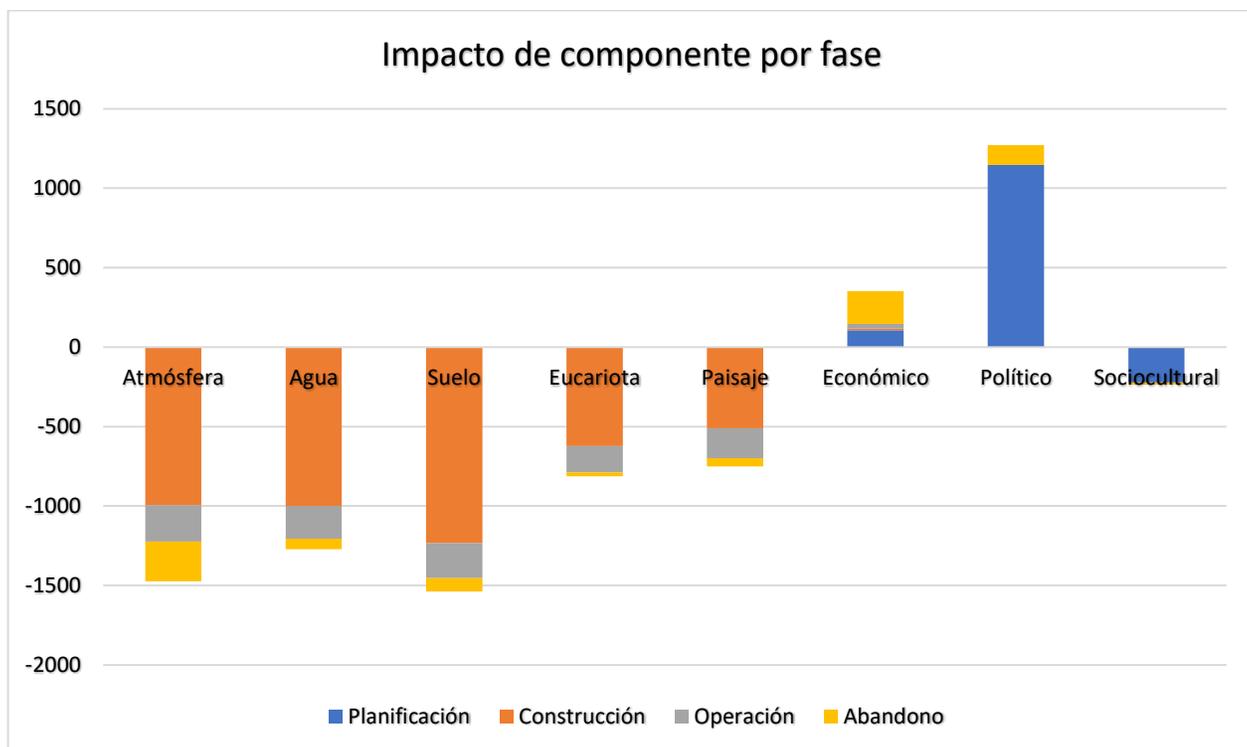
**Figura 50** Impacto por fase quebrada Mururco

En la figura 51, se indica el impacto por componente.



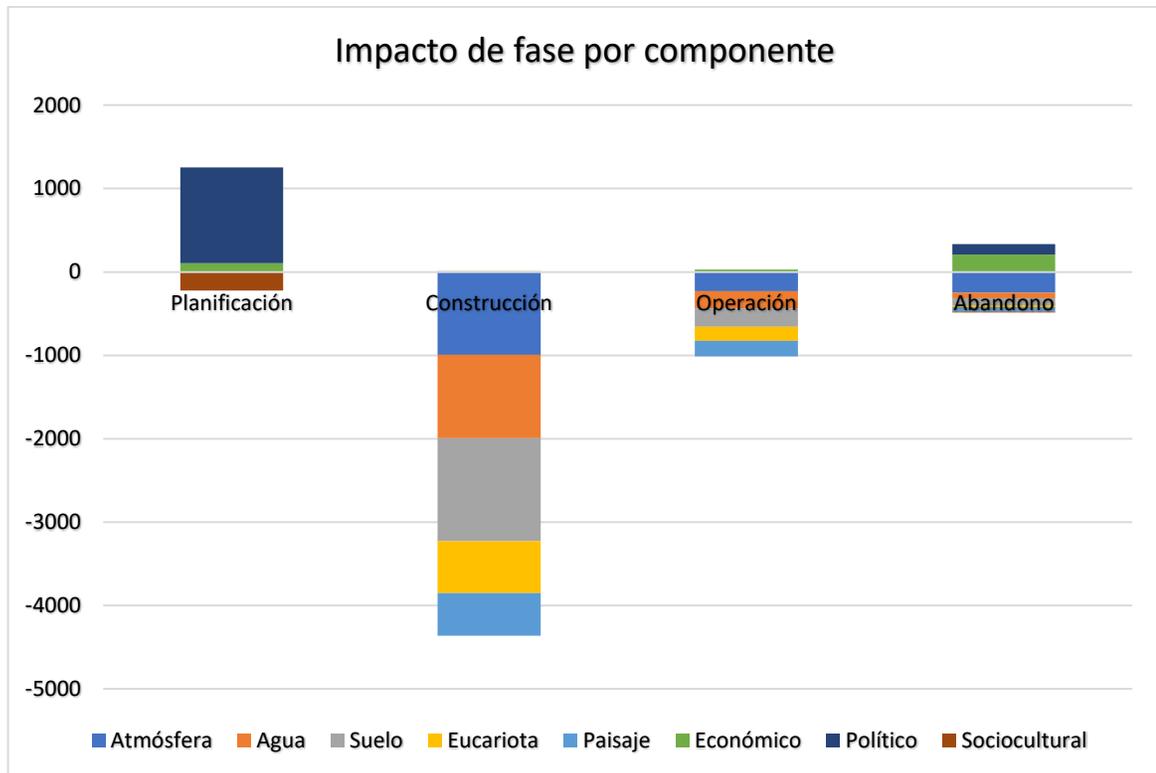
**Figura 51** Impacto por componente quebrada Mururco

En la figura 52, se indica el impacto de componente por fase.



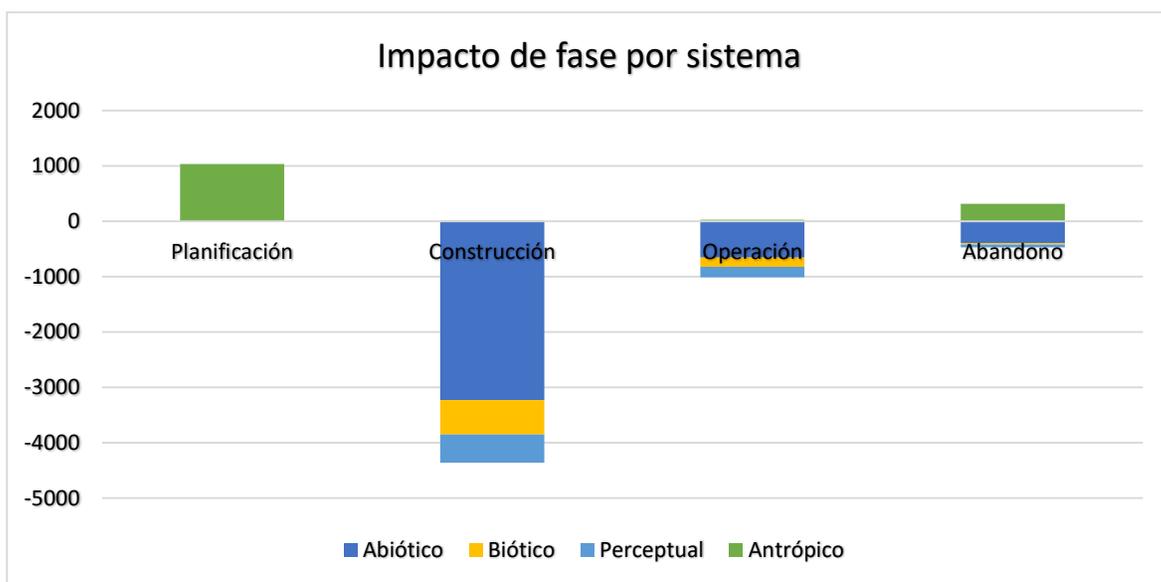
**Figura 52** Impacto de componente por fase quebrada Mururco

En la figura 53, se indica el impacto de fase por componente.



**Figura 53** Impacto de fase por componente quebrada Mururco

En la figura 54, se indica el impacto de fase por sistema.



**Figura 54** Impacto de fase por sistema quebrada Mururco

En la tabla 40, se indican los impactos por actividades expresados cuantitativamente y priorizados respecto a los criterios de la metodología.

**Tabla 40**

*Impacto por actividad quebrada Mururco*

**Impacto por actividad**

Actividades	IT
Manejo y disposición final de los sedimentos	-339
Conformación de taludes de corte y de excavación.	-336
Explosivos y voladuras.	-335
Desmonte, limpieza y remoción de cobertura vegetal	-324
Operación del embalse	-321
Excavaciones y movimiento de tierra	-320
Embalsamiento de agua	-300
Explotación de préstamos (canteras)	-295
Construcción de obras de concreto	-294
Desvío de cauces y arroyos	-289
Preparación de zanjas y entibado.	-267
Armaduras	-236
Explanación	-206

**CONTINÚA** →

Accesos, vías y pavimentos	-201
Movilización de equipos, maquinaria y materiales	-161
Operación de maquinaria y equipo, transporte y acarreos	-128
Disposición de residuos foliares y leñosos.	-47
Demarcación y señalización provisional.	3
Identificación de desvíos y rutas	17
Trámite de licencias y permisos.	30
Trazado y diseño geométrico.	31
Identificación y selección de proveedores, compra de materias primas e insumos.	45
Evaluación económica final	46
Contratación mano de obra y capacitación del personal.	48
Restablecimiento del régimen natural del río.	183
Arborización/revegetalización	285

En la tabla 41, se indican los impactos por indicadores expresados cuantitativamente y priorizados respecto a los criterios de la metodología.

**Tabla 41**

*Impacto por actividad quebrada Mururco*

**Impacto por indicador**

Indicador	IT
Aumento de los niveles de ruido ambiental	-436
Generación de procesos erosivos, socavación y pérdida de suelo	-428
Deterioro de la calidad de aire	-364
Generación de fenómenos de inestabilidad y remoción en masa	-361
Atracción o expulsión de especies eucariotas	-357
Alteración de las características físico químicas del suelo	-347
Aumento o disminución en el uso de un recurso natural	-344
Aumento en la dispersión de olores ofensivos.	-340
Alteración de la dinámica fluvial	-338
Pérdida de corredores biológicos, hábitat y matriz de vegetación, fragmentación	-300
Alteración de la calidad físico química del agua	-289
Disminución de caudal disponible	-277
Alteración de la geomorfología	-249
Compactación del suelo	-248
Pérdida de la calidad subjetiva del paisaje	-231

**CONTINÚA**

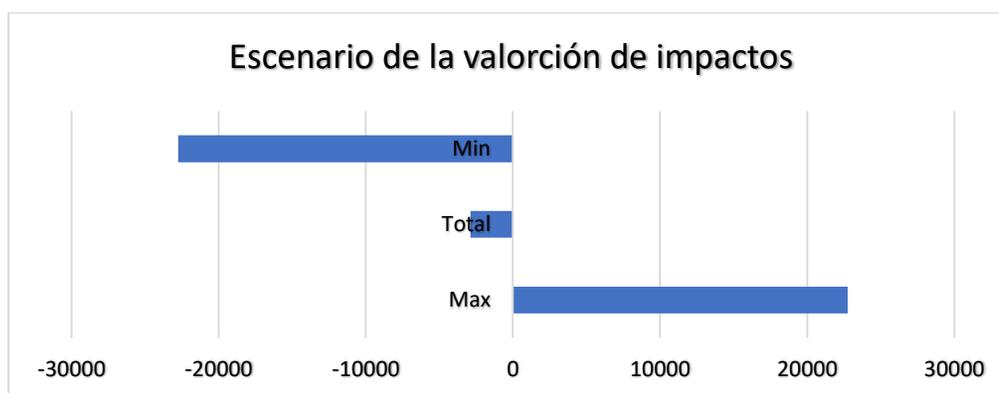


Afectación del patrimonio histórico, arqueológico, natural y/o territorios colectivos	-183
Alteración de la cuenca visual/visibilidad del paisaje	-82
Aumento/disminución en la oferta de servicios públicos, espacio público y vivienda	-39
Afectación en la tenencia de la tierra	-32
Afectación de las actividades económicas	-5
Potenciación de conflictos, manifestaciones, molestias y expectativas en la comunidad	174
Incremento en los factores de riesgo	237
Favorecimiento de la participación comunitaria	284
Mayor inversión, presencia del estado y las autoridades	452
Aumento en la tasa de empleo	551

### 6.3. Quebrada San Lorenzo

En la figura 55, se indica el valor total del impacto ambiental en comparación con los valores máximos y mínimos que se pueden obtener de la evaluación de impacto ambiental, como indican los siguientes valores.

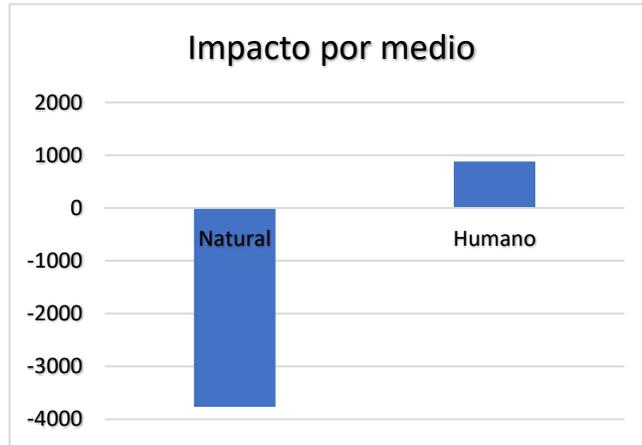
Max	22750
Total	-2880
Min	-22750



**Figura 55** Escenario de la valoración de impactos quebrada San Lorenzo

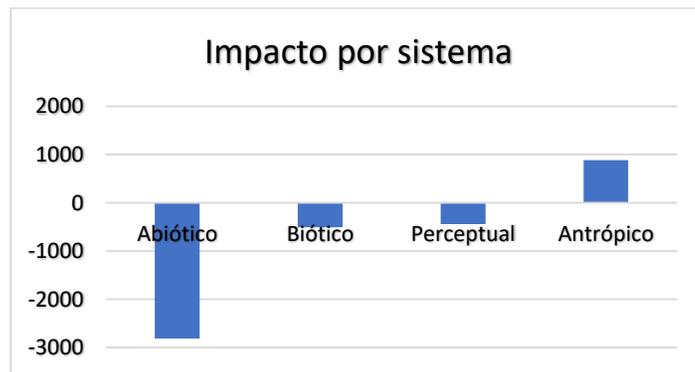
En la figura 56, se indica el impacto ambiental por medio, con los valores expuestos a continuación

Medio	Natural	-3763
	Humano	883



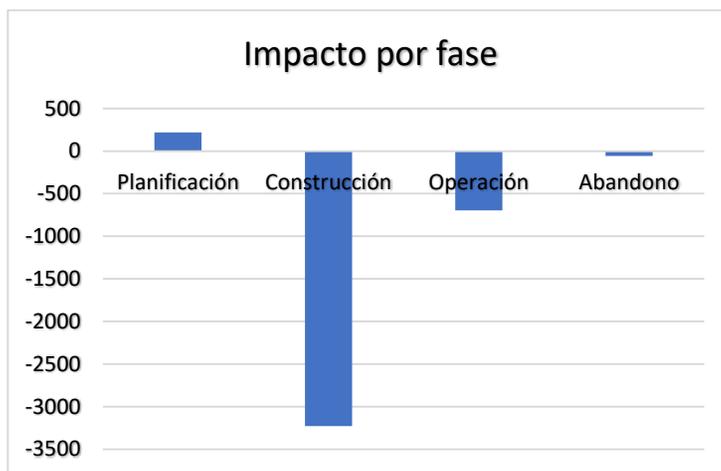
**Figura 56** Impacto por medio quebrada San Lorenzo

En la figura 57, se indica el impacto por sistema.



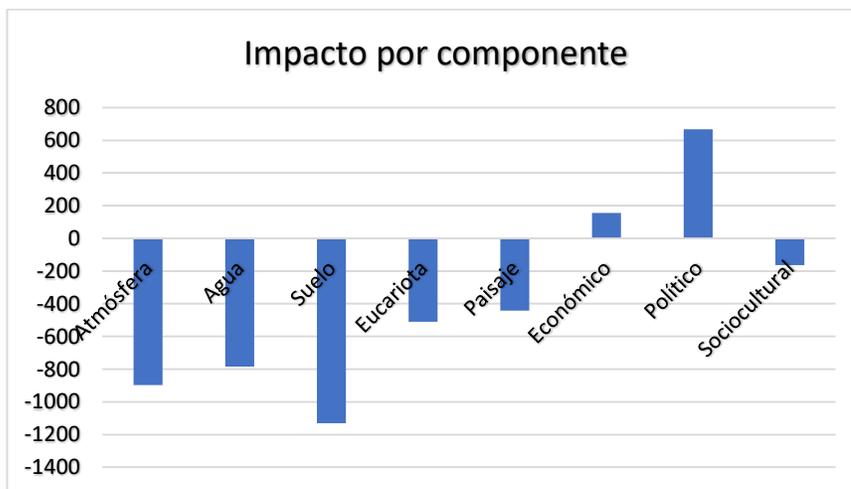
**Figura 57** Impacto por sistema quebrada San Lorenzo

En la figura 58, se indica el impacto por fase.



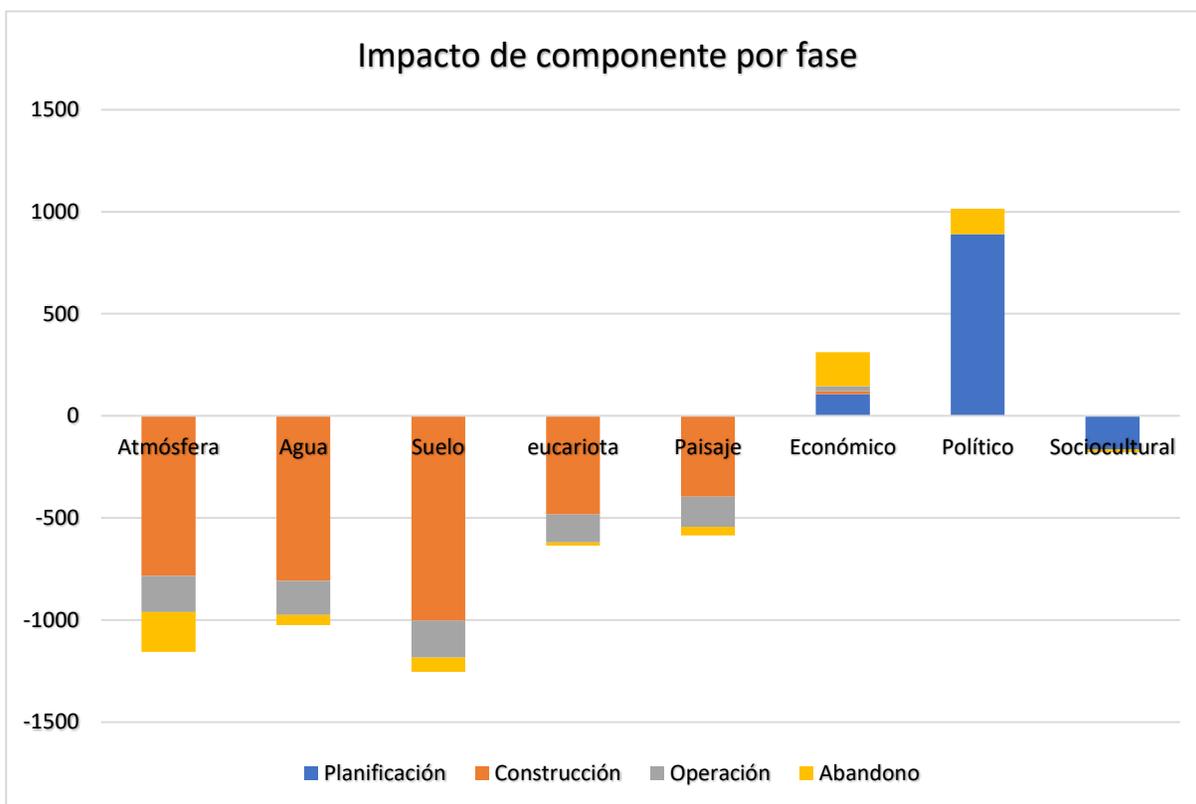
**Figura 58** Impacto por fase quebrada San Lorenzo

En la figura 59, se indica el impacto por componente.



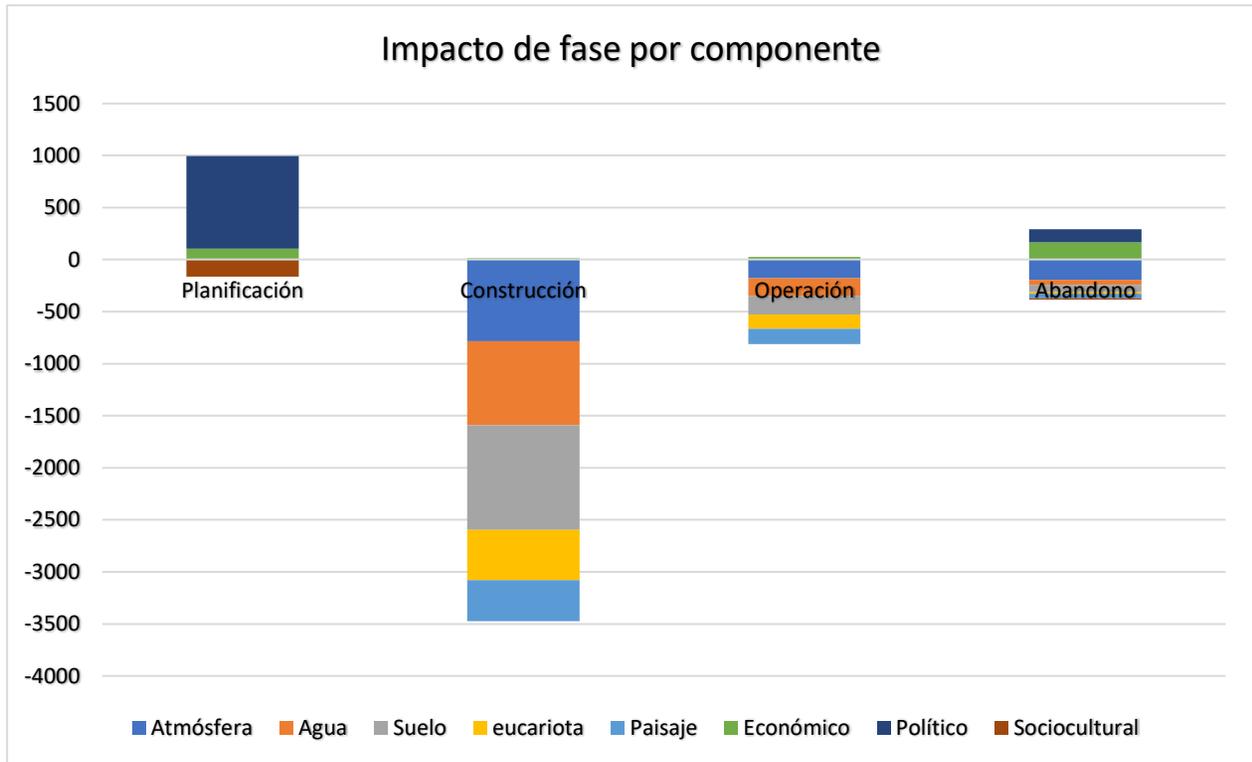
**Figura 59** Impacto por componente quebrada San Lorenzo

En la figura 60, se indica el impacto de componente por fase.



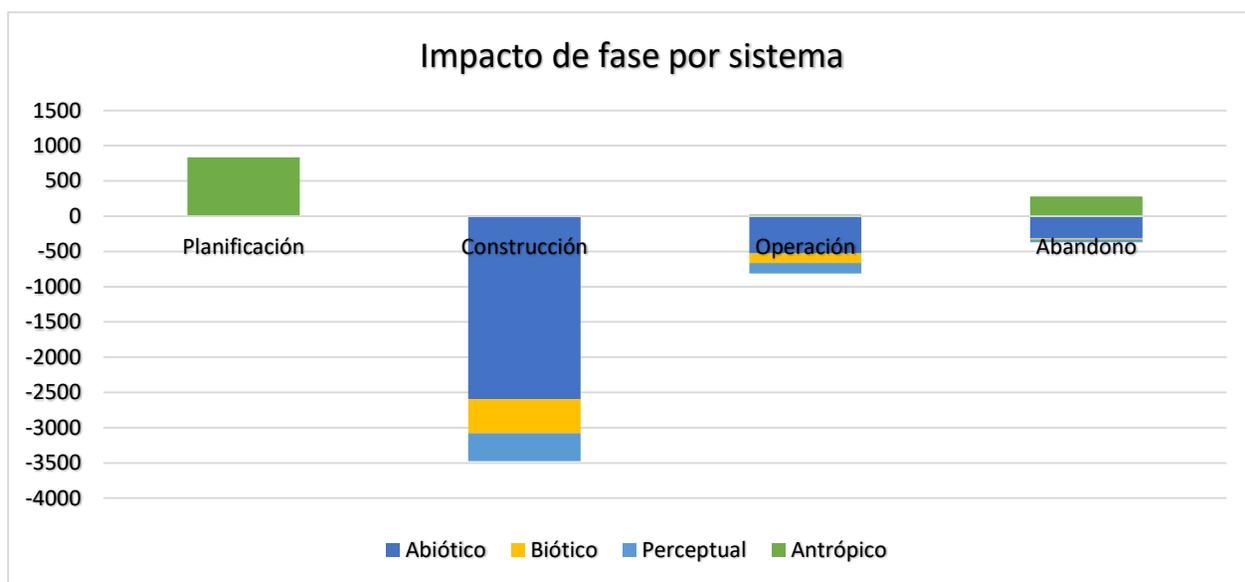
**Figura 60** Impacto de componente por fase quebrada San Lorenzo

En la figura 61, se indica el impacto de fase por componente.



**Figura 61** Impacto de fase por componente quebrada San Lorenzo

En la figura 62, se indica el impacto de fase por sistema.



**Figura 62** Impacto de fase por sistema quebrada San Lorenzo

En la tabla 42, se indican los impactos por actividades expresados cuantitativamente y priorizados respecto a los criterios de la metodología.

**Tabla 42**

*Impacto por actividad quebrada San Lorenzo*

**Impacto por actividad**

Actividades	IT
Conformación de taludes de corte y de excavación.	-276
Explosivos y voladuras.	-275
Manejo y disposición final de los sedimentos	-274
Operación del embalse	-271
Excavaciones y movimiento de tierra	-265
Desmonte, limpieza y remoción de cobertura vegetal	-263
Explotación de préstamos (canteras)	-245
Embalsamiento de agua	-240
Construcción de obras de concreto	-238
Desvío de cauces y arroyos	-224
Preparación de zanjas y entibado.	-207
Armaduras	-177
Accesos, vías y pavimentos	-170

**CONTINÚA**



Explanación	-168
Movilización de equipos, maquinaria y materiales	-121
Operación de maquinaria y equipo, transporte y acarreos	-98
Disposición de residuos foliares y leñosos.	-32
Demarcación y señalización provisional.	0
Identificación de desvíos y rutas	17
Trámite de licencias y permisos.	30
Trazado y diseño geométrico.	31
Identificación y selección de proveedores, compra de materias primas e insumos.	45
Evaluación económica final	46
Contratación mano de obra y capacitación del personal.	48
Restablecimiento del régimen natural del río.	148
Arborización/revegetalización	220

En la tabla 43, se indican los impactos por indicadores expresados cuantitativamente y priorizados respecto a los criterios de la metodología.

**Tabla 43**

*Impacto por indicador quebrada San Lorenzo*

**Impacto por indicador**

Indicador	IT
Generación de procesos erosivos, socavación y pérdida de suelo	-352
Aumento de los niveles de ruido ambiental	-346
Generación de fenómenos de inestabilidad y remoción en masa	-298
Deterioro de la calidad de aire	-289
Alteración de la calidad físico química del agua	-289
Alteración de las características físico químicas del suelo	-287
Atracción o expulsión de especies eucariotas	-285
Aumento o disminución en el uso de un recurso natural	-279
Alteración de la dinámica fluvial	-273
Aumento en la dispersión de olores ofensivos.	-263
Pérdida de corredores biológicos, hábitat y matriz de vegetación, fragmentación	-224
Disminución de caudal disponible	-222
Alteración de la geomorfología	-206
Compactación del suelo	-193
Pérdida de la calidad subjetiva del paisaje	-171
Afectación del patrimonio histórico, arqueológico, natural y/o territorios colectivos	-134
Alteración de la cuenca visual/visibilidad del paisaje	-65

**CONTINÚA**

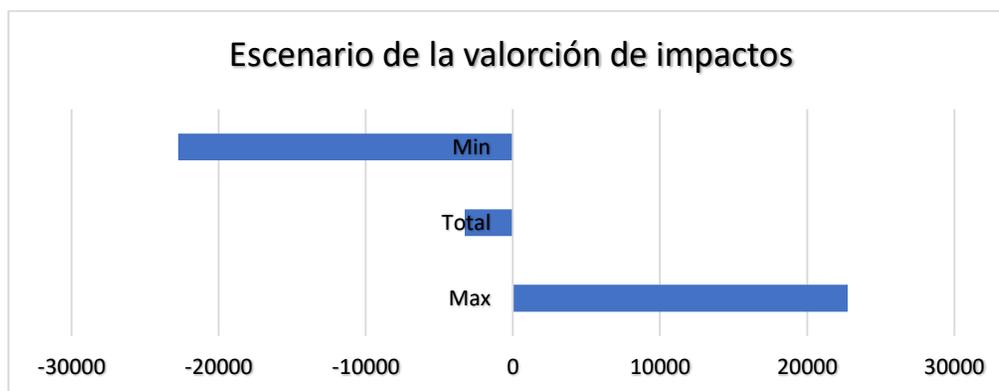


Afectación en la tenencia de la tierra	-31
Aumento/disminución en la oferta de servicios públicos, espacio público y vivienda	-29
Afectación de las actividades económicas	5
Potenciación de conflictos, manifestaciones, molestias y expectativas en la comunidad	125
Incremento en los factores de riesgo	181
Favorecimiento de la participación comunitaria	223
Mayor inversión, presencia del estado y las autoridades	361
Aumento en la tasa de empleo	461

#### 6.4. Quebrada Cimarrones

En la figura 63, se indica el valor total del impacto ambiental en comparación con los valores máximos y mínimos que se pueden obtener de la evaluación de impacto ambiental, como indican los siguientes valores.

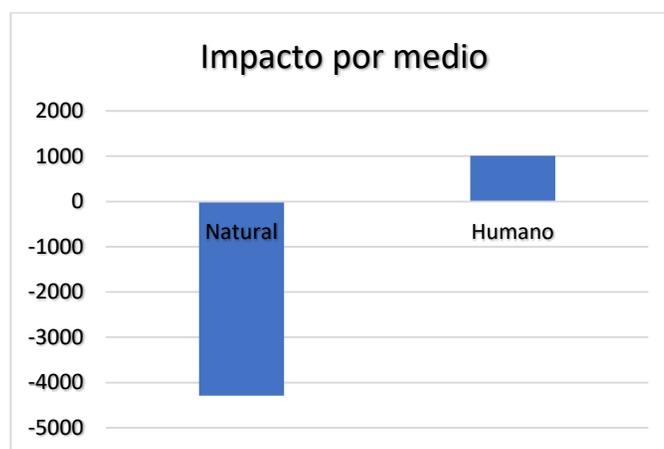
Max	22750
Total	-3281
Min	-22750



**Figura 63** Escenario de la valoración de impactos quebrada Cimarrones

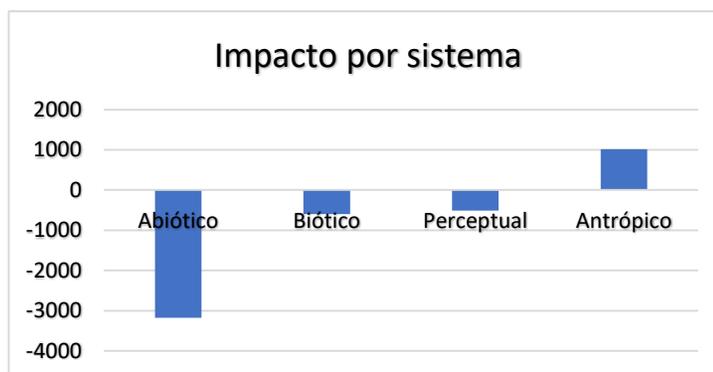
En la figura 64, se indica el impacto ambiental por medio, con los valores expuestos a continuación

Medio	Natural	-4293
	Humano	1012



**Figura 64** Impacto por medio quebrada Cimarrones

En la figura 65, se indica el impacto por sistema.



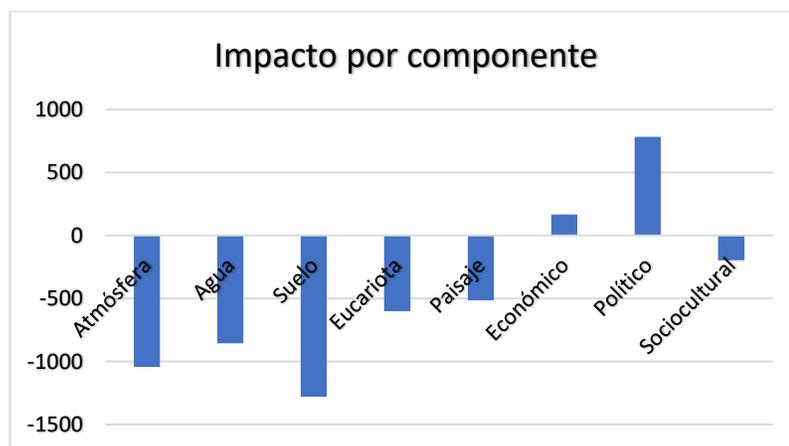
**Figura 65** Impacto por sistema quebrada Cimarrones

En la figura 66, se indica el impacto por fase.



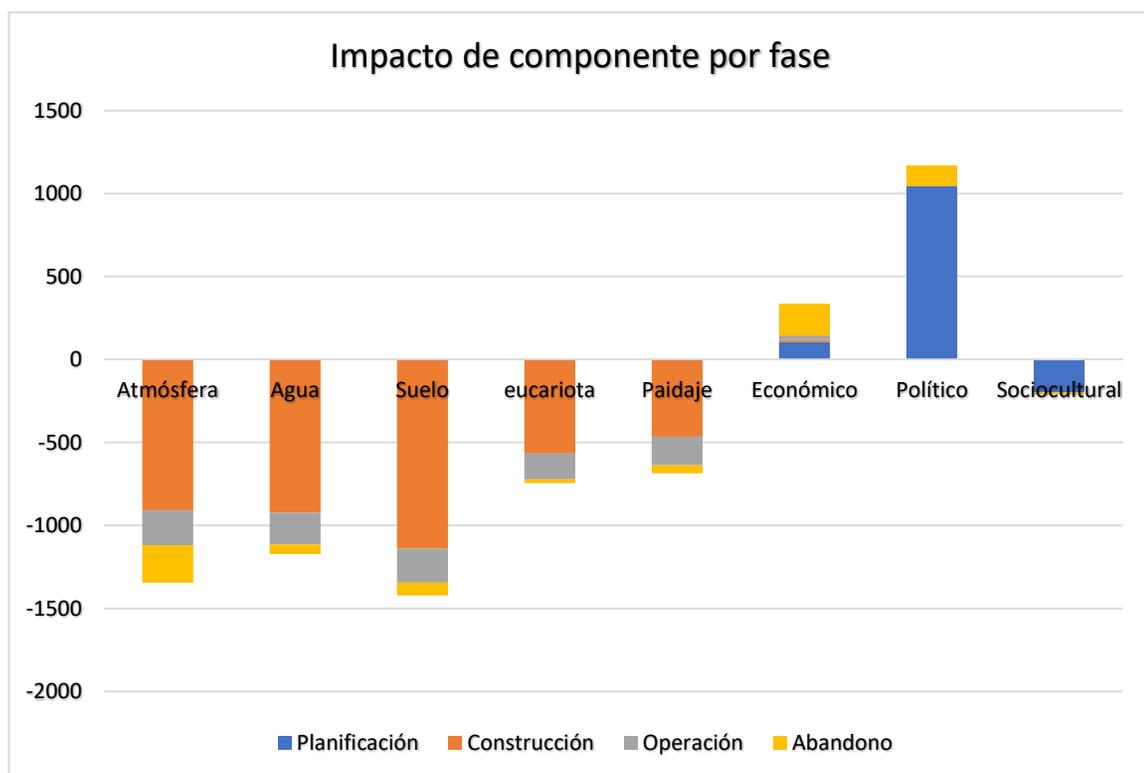
**Figura 66** Impacto por fase quebrada Cimarrones

En la figura 67, se indica el impacto por componente.



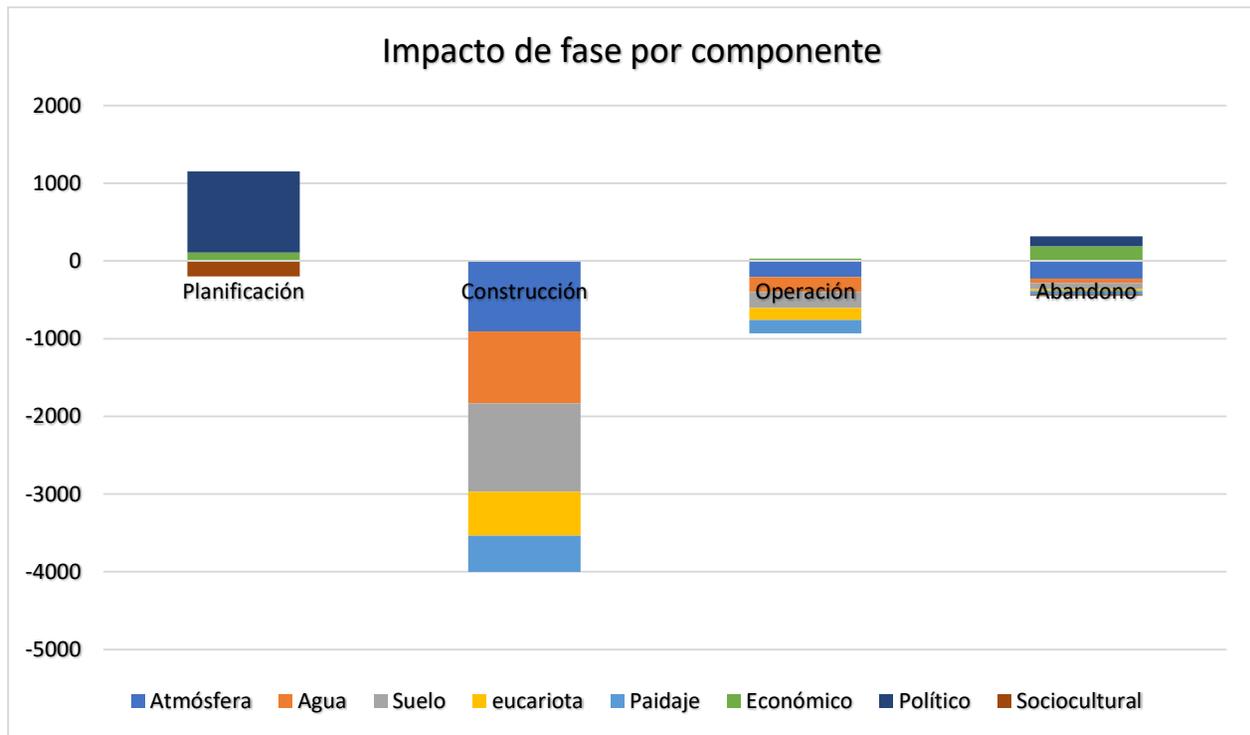
**Figura 67** Impacto por componente quebrada Cimarrones

En la figura 68, se indica el impacto de componente por fase.



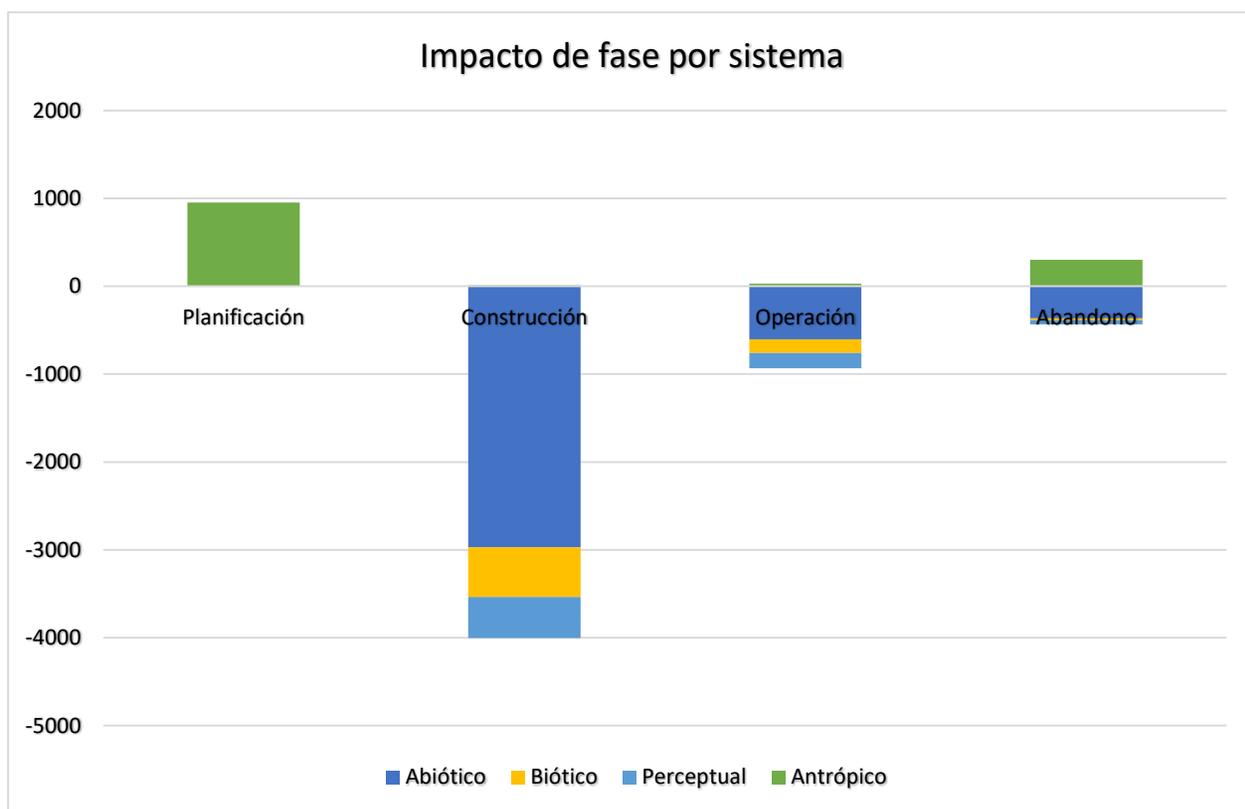
**Figura 68** Impacto de componente por fase quebrada Cimarrones

En la figura 69, se indica el impacto de fase por componente.



**Figura 69** Impacto de fase por componente quebrada Cimarrones

En la figura 70, se indica el impacto de fase por sistema.



**Figura 70** Impacto de fase por sistema quebrada Cimarrones

En la tabla 44, se indican los impactos por actividades expresados cuantitativamente y priorizados respecto a los criterios de la metodología.

**Tabla 44**

*Impacto por actividad quebrada Mururco*

**Impacto por actividad**

Actividades	IT
Manejo y disposición final de los sedimentos	-313
Conformación de taludes de corte y de excavación.	-312
Explosivos y voladuras.	-311
Operación del embalse	-301
Desmante, limpieza y remoción de cobertura vegetal	-298
Excavaciones y movimiento de tierra	-298

**CONTINÚA**



Embalsamiento de agua	-276
Explotación de préstamos (canteras)	-275
Construcción de obras de concreto	-272
Desvío de cauces y arroyos	-263
Preparación de zanjas y entibado.	-244
Armaduras	-210
Explanación	-190
Accesos, vías y pavimentos	-187
Movilización de equipos, maquinaria y materiales	-145
Operación de maquinaria y equipo, transporte y acarreos	-116
Disposición de residuos foliares y leñosos.	-41
Demarcación y señalización provisional.	3
Identificación de desvíos y rutas	17
Trámite de licencias y permisos.	30
Trazado y diseño geométrico.	31
Identificación y selección de proveedores, compra de materias primas e insumos.	45
Evaluación económica final	46
Contratación mano de obra y capacitación del personal.	48
Restablecimiento del régimen natural del río.	165
Arborización/revegetalización	259

En la tabla 45, se indican los impactos por indicadores expresados cuantitativamente y priorizados respecto a los criterios de la metodología.

**Tabla 45**

*Impacto por indicador quebrada Mururco*

**Impacto por indicador**

Indicador	IT
Aumento de los niveles de ruido ambiental	-400
Generación de procesos erosivos, socavación y pérdida de suelo	-396
Generación de fenómenos de inestabilidad y remoción en masa	-335
Deterioro de la calidad de aire	-334
Atracción o expulsión de especies eucariotas	-329
Alteración de las características físico químicas del suelo	-323
Aumento o disminución en el uso de un recurso natural	-318
Alteración de la dinámica fluvial	-312
Aumento en la dispersión de olores ofensivos.	-308
Alteración de la calidad físico química del agua	-289

**CONTINÚA**



Pérdida de corredores biológicos, hábitat y matriz de vegetación, fragmentación	-272
Disminución de caudal disponible	-255
Alteración de la geomorfología	-231
Compactación del suelo	-226
Pérdida de la calidad subjetiva del paisaje	-207
Afectación del patrimonio histórico, arqueológico, natural y/o territorios colectivos	-163
Alteración de la cuenca visual/visibilidad del paisaje	-76
Aumento/disminución en la oferta de servicios públicos, espacio público y vivienda	-35
Afectación en la tenencia de la tierra	-30
Afectación de las actividades económicas	-1
Potenciación de conflictos, manifestaciones, molestias y expectativas en la comunidad	153
Incremento en los factores de riesgo	217
Favorecimiento de la participación comunitaria	260
Mayor inversión, presencia del estado y las autoridades	414
Aumento en la tasa de empleo	515

**CAPÍTULO VII: PLANES DE MANEJO AMBIENTAL**

**7.1. Plan de Prevención y Mitigación de Impactos**

**Tabla 46**

*Plan de prevención y mitigación de impactos*

<b>Plan de Prevención y Mitigación de Impactos, PPM</b>					
<b>Programa de prevención y mitigación de impactos</b>					
<b>OBJETIVOS: Implementar y ejecutar medidas preventivas, controladas y óptimas para evitar la contaminación de los recursos aire, agua y suelo, que permitan minimizar los riesgos ambientales que se podrían generar por las diversas actividades que se lleven a cabo en las etapas de Planificación, Construcción, Operación y Abandono de la obra de mitigación.</b>					<b>PPM-01</b>
<b>LUGAR DE APLICACIÓN: Área de intervención del proyecto</b>					
<b>RESPONSABLE: Representante legal y trabajadores.</b>					
<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO IDENTIFICADO</b>	<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PLAZO (meses)</b>
<b>Generación de emisiones gaseosas de fuentes móviles de combustión</b>	Contaminación del aire	Transportar de material pétreo en volquetas cubiertas con lona o cobertores, desde el sitio de carga hasta el de descarga.	No. volquetas cubiertas /No. volquetas para transporte de material pétreo.	Registro fotográfico fechado desde la cámara Certificado de los vehículos.	Cada vez que se requiera.
<b>Manejo y disposición final de los sedimentos</b>	Contaminación del suelo	Disponer de un espacio exclusivo en el cual se realizará la carga y descarga de escombros y provisión de materiales.	Espacio implementado / Espacio requerido.	Registro fotográfico fechado desde la cámara	En la fase de construcción.

**CONTINÚA**



<b>Conformación de taludes de corte y de excavación</b>	Contaminación del suelo	Realizar los taludes de corte y excavación con las normas técnicas correctas y aumentar concreto.	No. de mantenimientos realizados/ No. de mantenimientos programados	Registro fotográfico fechado desde la cámara	Cada vez que se requiera
<b>Explosivos y voladuras.</b>	Contaminación del aire	Instalar y mantener sistemas de extracción, captación, filtración, depuración y otras técnicas de control de los contaminantes emitidos u obras preventivas y de mitigación de los contaminantes emitidos.	Actividad realizada/Actividad programada	Registro fotográfico fechado desde la cámara Facturas de trabajo contratadas	Permanente
<b>Excavaciones y movimiento de tierra</b>	Contaminación del aire	Mantener húmeda la zona del proyecto, usando mangueras conectadas a red pública, cuando el movimiento de tierras conlleve la generación de polvo en cantidades considerables.	Áreas regadas / Área total del terreno.	Registro fotográfico fechado desde la cámara Facturas de consumo de agua de la obra	Cada vez que se requiera.
<b>Operación del embalse</b>	Afectación al paisaje	Realizar la reforestación en las partes de tierra de la presa.	Áreas reforestadas	Registro fotográfico fechado desde la cámara	Una vez acabada la obra
<b>Construcción de obras de concreto</b>	Contaminación del aire	Realizar la cobertura del perímetro de la construcción mediante lonas.	No. de lonas instaladas / No. De lonas necesarias en el perímetro	Registro fotográfico fechado desde la cámara	Permanente
<b>Explotación de préstamos (canteras)</b>	Contaminación del suelo	Disponer de un espacio exclusivo en el cual se realizará la carga y descarga de escombros y provisión de materiales	Espacio implementado / Espacio requerido.	Registro fotográfico fechado desde la cámara	Permanente

**CONTINÚA**



<b>Desvío de cauces y arroyos</b>	Contaminación del agua	Mantener una bitácora con el registro de los efluentes generados en formato físico y/o digital	Registros realizados/ registros programados	Bitácora de efluentes	Mensual
<b>Desmonte, limpieza y remoción de cobertura vegetal</b>	Contaminación del suelo	Realizar una lista de las especies de flora y fauna endémicas de la zona para la futura conservación del lugar.	Áreas de desmonte de cobertura vegetal	Registro fotográfico fechado desde la cámara	Cuando se realice la actividad
<b>Accesos, vías y pavimentos</b>	Contaminación del suelo	Mantener húmeda la zona del proyecto, usando mangueras conectadas a red pública, cuando el movimiento de tierras conlleve la generación de polvo en cantidades considerables.	Áreas regadas / Área total del terreno.	Registro fotográfico fechado desde la cámara Facturas de consumo de agua de la obra	Cada vez que se requiera.
<b>Movilización de equipos, maquinaria y materiales</b>	Contaminación del suelo	Mantenimiento de equipos, maquinaria y vehículos en talleres técnicos especializados, fuera del área del proyecto	No. de mantenimientos realizados/ No. de mantenimientos programados	Registro fotográfico fechado desde la cámara	Cada vez que se requiera.
<b>Nota: Las actividades realizadas en las diferentes quebradas son las mismas por lo cual se debe tomar en cuenta el valor del impacto en cada una de ellas para ver la variación del impacto.</b>					

Fuente: Modificado de (Ministerio del Ambiente, 2015)

**7.2. Plan de manejo de desechos.**

**Tabla 47**  
*Plan de manejo de desechos*

<b>Plan de Manejo de Desechos, PMD</b>					
<b>Programa de manejo de residuos no peligrosos.</b>					
<b>OBJETIVOS: Prevenir, tratar, reciclar, rehusar y disponer los residuos/desechos no peligrosos.</b>					
<b>LUGAR DE APLICACIÓN: Área de intervención del proyecto</b>					<b>PMD-01</b>
<b>RESPONSABLE: Representante legal y trabajadores.</b>					
<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO IDENTIFICADO</b>	<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PLAZO (meses)</b>
<b>Generación de desechos.</b>	Contaminación del suelo, aire y agua.	Contar con un área de almacenamiento temporal de residuos no peligrosos, la misma debe estar techada, contar con suelo impermeabilizado y estar correctamente señalizada.	Actividades realizadas y programadas	Registro fotográfico fechado desde la cámara.	Permanente
<b>Generación de desechos.</b>	Contaminación del suelo, aire y agua.	Realizar mantenimiento del área de almacenamiento temporal de residuos no peligrosos.	Mantenimientos realizados y requeridos.	Registro fotográfico fechado desde la cámara.	Cuando se requiera.

**CONTINÚA** 

<b>Generación de desechos.</b>	Contaminación del suelo, aire y agua.	Mantener recipientes individuales por cada tipo de residuo o desecho no peligroso, en cada una de las secciones del establecimiento donde sean requeridos. Deben contar con señalética adecuada, ser impermeables y poseer la capacidad de volumen adecuada.	Actividades realizadas o programadas	Registro fotográfico fechado desde la cámara.	Permanente
<b>Generación de desechos.</b>	Contaminación del suelo, aire y agua.	Mantener la clasificación diferenciada de los residuos o desechos no peligrosos y enlistarlos.	Actividades realizadas o programadas	Registro fotográfico fechado desde la cámara.	Permanente
<b>Generación de desechos.</b>	Contaminación del suelo, aire y agua.	Mantener registros de generación de todos los residuos o desechos no peligrosos que contengan fecha, tipo, cantidad y responsable.	Nº registros realizados o requeridos por tipo de residuo o desecho no peligroso	Bitácora de generación de residuos/ desechos no peligrosos.	Cada vez que genera
<b>Generación de desechos.</b>	Contaminación del suelo, aire y agua.	Mantener registros de entrega a gestores autorizados de los residuos o desechos no peligrosos que contengan fecha tipo, cantidad y firma de entrega y recepción.	Cantidad de residuos o desechos entregados o generados.	Registros de entrega a gestor autorizado, copias de autorización de gestores para los tipos de residuos o desechos que se gestionan.	Cada vez que se entrega a gestor.

Fuente: Modificado de (Ministerio del Ambiente, 2015)

### 7.3. Plan de Comunicación y Capacitación

**Tabla 48**

*Plan de comunicación y capacitación*

Plan de Comunicación y Capacitación PCC					
Programa de capacitación.					
<b>OBJETIVOS:</b> Establecer un plan de Capacitación para el presente proyecto, creando de esta manera una conciencia ambiental en todas las personas cuyas actividades pueden producir un impacto significativo en el ambiente.					
<b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Área de intervención del proyecto					<b>PCC-01</b>
<b>RESPONSABLE:</b> Representante legal y trabajadores.					
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
Generación de residuos o desechos.	Contaminación de agua, suelo y aire	Dictar charlas de inducción para el personal nuevo contratistas proveedores y visitantes.	N° inducciones realizadas/ programadas.  N° de personas que recibieron inducción/ total de personas que requieren la inducción.	Registros de inducciones	Cuando se requiera

**CONTINÚA**



<b>Generación de impactos, riesgos al ambiente y al personal de trabajo.</b>	Afectación a la salud y seguridad del personal igual que al medio ambiente.	Se capacitará al personal de la obra en los siguientes temas:	Capacitaciones realizadas/ programadas.	Registros de asistencia a las capacitaciones que contenga: fecha, tema, nombre, firma de los participantes.	Mínimo anual en cada tema	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de desechos comunes y peligrosos.</li> </ul>	N° personas capacitadas/ total de personas que requieren la capacitación en cada tema.	Registro fotográfico fechado desde la cámara.		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad industrial y salud ocupacional.</li> </ul>		Contenido de la capacitación.		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgos mecánicos, eléctricos y riesgos que pueden causar quemaduras, así como medidas a seguir en situaciones de emergencia (incendio, explosión, derrames).</li> </ul>				
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de Manejo Ambiental, fase constructiva.</li> </ul>				

Fuente: Modificado de (Ministerio del Ambiente, 2015)

**7.4. Plan de relaciones comunitarias**

**Tabla 49**  
*Plan de relaciones comunitarias*

<b>Plan de Relaciones Comunitarias, PRC</b>					
<b>Programa de actividades a ser desarrolladas con la comunidad.</b>					
<b>OBJETIVOS:</b> Mantener buenas relaciones con la población del área de influencia social directa mediante la implementación de estrategias de comunicación e información, programas de indemnización y compensación y la interacción entre los actores sociales directos con el proyecto obra o actividad acorde a las características del área de influencia social directa y a las características del proyecto.					<b>PRC-01</b>
<b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Área de intervención del proyecto y comunidades aledañas.					
<b>RESPONSABLE:</b> Representante legal y trabajadores.					
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
<b>Deficiencia en los procesos de operación de la construcción.</b>	Afectación de la calidad de vida de la comunidad aledaña al proyecto	Colocar un cartel informativo de los datos básicos de la obra en su lugar de construcción o información del proyecto en la página web.	No. Carteles informativos colocados o requeridos.	Registro fotográfico fechado desde la cámara del cartel colocado o dirección de la página web de la información publicada	Permanente

**CONTINÚA**

<b>Deficiencia en los procesos de operación de la construcción.</b>	Afectación de la calidad de vida de la comunidad aledaña al proyecto	Realizar reuniones con vecinos y denunciantes para tratar el tema del proyecto.	Registros de las reuniones realizadas o programadas.	Registro de reuniones que contengan: motivo de la denuncia, las medidas adoptarse y el plazo de ejecución de las mismas, fecha, asistentes, observaciones	Permanente
<b>Deficiencia en los procesos de operación de la construcción.</b>	Afectación de la calidad de vida de la comunidad aledaña al proyecto	Llevar un registro de sugerencias y denuncias por parte de la comunidad, se procederá al análisis y solución del conflicto	Registro denuncias con solución /Registro denuncias realizadas	Registro de las denuncias solucionadas. Actas de los acuerdos.	Permanente
<b>Deficiencia en los procesos de operación de la construcción.</b>	Afectación de la calidad de vida de la comunidad aledaña al proyecto	Compensar a la comunidad afectada en caso de presentar una denuncia comprobada de carácter ambiental en contra de las actividades de la empresa, se deberá ejecutar las medidas acordadas ya sean compensatorias o indemnizatorias, dependiendo la ocurrencia del daño y el grado de afectación a la comunidad.	No. de habitantes afectados de la comunidad y No. de habitantes totales.	Recibos de indemnizaciones a las personas afectadas. Registros del cumplimiento de las actividades.	Cuando lo amerite

Fuente: Modificado de (Ministerio del Ambiente, 2015)

**7.5. Plan de contingencias**

**Tabla 50**  
*Plan de contingencias*

<b>Plan de Contingencias, PDC</b>					
<b>Programa de contingencias y emergencias.</b>					
<b>OBJETIVOS: Definir acciones para enfrentar eventuales accidentes y emergencias.</b>					<b>PDC-01</b>
<b>LUGAR DE APLICACIÓN: Área de intervención del proyecto.</b>					
<b>RESPONSABLE: Representante legal y trabajadores.</b>					
<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO IDENTIFICADO</b>	<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PLAZO (meses)</b>
<b>Probabilidad de presentarse situaciones de emergencia riesgos ambientales</b>	Afectación a la salud y seguridad del personal y pobladores del sector	Contar con un Plan de emergencia para la etapa de construcción debidamente aprobado por el cuerpo de Bomberos.	Plan de emergencia aprobados y existentes	Plan de emergencia aprobado por el cuerpo de bomberos	Único
<b>Probabilidad de presentarse situaciones de emergencia riesgos ambientales</b>	Afectación a la salud y seguridad del personal y pobladores del sector	Implementar un Plan de emergencia para la etapa de construcción debidamente aprobado por el cuerpo de Bomberos.	No. De medidas aprobadas o propuestas	Registro fotográfico de la difusión del plan de emergencia, incluyendo actas.	Único

**CONTINÚA**

<b>Probabilidad de presentarse situaciones de emergencia riesgos ambientales</b>	Afectación a la salud y seguridad del personal y pobladores del sector	Llevar un registro de los centro de salud más cercanos a la construcción.	No. De registros de los centros de salud del sector y frecuentados.	Listado de los centros de salud más cercanos y registro de los centros visitados.	Cada vez que se requiera.
<b>Probabilidad de presentarse situaciones de emergencia riesgos ambientales</b>	Afectación a la salud y seguridad del personal y pobladores del sector	Dotar de botiquines con los implementos necesarios para solventar cualquier emergencia	No. De botiquines con su ubicación.	Registro del número de botiquines y su contenido.	Permanente
<b>Probabilidad de presentarse situaciones de emergencia riesgos ambientales</b>	Afectación a la salud y seguridad del personal y pobladores del sector	Revisión periódica y mantenimientos de todas las instalaciones eléctricas de la planta, maquinaria y equipos.	No. De revisiones realizadas o programadas.	Registro de revisiones de mantenimientos y facturas de trabajos contratados.	Al menos mensual.

Fuente: Modificado de (Ministerio del Ambiente, 2015)

**7.6. Plan de seguridad y salud ocupacional.**

**Tabla 51**

*Plan de seguridad y salud ocupacional*

<b>Plan de Seguridad y Salud ocupacional, PSS</b>					
<b>Programa de contingencias y emergencias.</b>					
<b>OBJETIVOS:</b> Preservar la salud y seguridad de los empleados					
<b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Área de intervención del proyecto.					<b>PSS-01</b>
<b>RESPONSABLE:</b> Representante legal y trabajadores.					
<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO IDENTIFICADO</b>	<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PLAZO (meses)</b>
<b>Generación de riesgos al personal</b>	Afectación a la salud y seguridad del personal	Prohibir el ingreso del personal que se encuentre bajo efectos del alcohol y sustancias estupefacientes.	No. de trabajadores prohibidos el ingreso / No. De trabajadores totales.	Registro de trabajadores que se prohibieron el ingreso.	Permanente
<b>Generación de riesgos al personal</b>	Afectación a la salud y seguridad del personal	Realizar exámenes ocupacionales (ingreso, periódicos y de salida) a todos los trabajadores	No. de exámenes realizados/ No. de exámenes requeridos.	Reportes Médicos	Anual

**CONTINÚA**



<b>Generación de riesgos al personal</b>	Afectación a la salud y seguridad del personal	Dotar de equipos de protección personal, casco, guantes, chaleco.	No de entregas de EPP/No de personas que lo requieren.	Registros de entrega	Permanente
--	--	---	--	----------------------	------------

Fuente: Modificado de (Ministerio del Ambiente, 2015)

### 7.7. Plan de monitoreo y seguimiento

**Tabla 52**

*Plan de monitoreo y seguimiento*

**Plan de Monitoreo y Seguimiento, PMS**

**Programa de monitoreo y seguimiento.**

**OBJETIVOS:** Definir los sistemas de seguimiento, evaluación, monitoreos tendientes a controlar los impactos negativos y a cumplir el plan de manejo ambiental. **PMS-01**

**LUGAR DE APLICACIÓN:** Área de intervención del proyecto.

**RESPONSABLE:** Representante legal y trabajadores.

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
<b>Generación de emisiones gaseosas</b>	Contaminación del aire	Realizar el muestreo y análisis de emisiones de material particulado con laboratorios acreditados en el Organismo de Acreditación Ecuatoriano	Nº monitoreos realizados/ Nº monitoreos requeridos	Informes de monitoreo con laboratorio acreditado	Semestral

**CONTINÚA**



<b>Generación de efluentes</b>	Contaminación del agua	Realizar el muestreo y análisis de descargas líquidas del proceso productivo con laboratorios acreditados en el Organismo de Acreditación Ecuatoriano	Nº monitoreos realizados/ Nº monitoreos requeridos	Informes de monitoreo con laboratorio acreditado	Semestral
<b>Generación de ruido</b>	Contaminación del aire	Realizar monitoreo de ruido, producido por una fuente fija de ruido con laboratorios acreditados en el Organismo de Acreditación Ecuatoriano	Nº monitoreos realizados/ Nº monitoreos requeridos	Informes de monitoreo con laboratorio acreditado	Semestral
<b>Generación de emisiones gaseosas, efluentes y residuos o desechos</b>	Contaminación del suelo, aire y agua.	Realizar análisis estadísticos y evaluar los datos de monitoreo, en base de los registros de resultados de los mismos y crear bases de datos que sirvan para el control y seguimiento.	Indicadores realizados/ indicadores programados	Registros de resultados de monitoreo.	Permanente

Fuente: Modificado de (Ministerio del Ambiente, 2015)

**7.8. Plan de rehabilitación de área**

**Tabla 53**  
*Plan de rehabilitación*

<b>Plan de Rehabilitación, PRA</b>					
<b>Programa de rehabilitación de áreas afectadas</b>					
<b>OBJETIVOS:</b> Definir las medidas, estrategias y tecnologías a aplicarse en la presa para rehabilitar las áreas afectadas en caso de situaciones de emergencia y/o cierres y abandono.					<b>PRA-01</b>
<b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Área de intervención del proyecto.					
<b>RESPONSABLE:</b> Representante legal y trabajadores.					
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
<b>Generación de emisiones gaseosas</b> <b>Generación de efluentes</b> <b>Generación de riesgos al ambiente personal de la empresa o pobladores del sector.</b>	Afectación a la salud y seguridad del personal y pobladores del sector Contaminación del agua, aire y suelo	Presentar a la secretaria de ambiente la propuesta de plan de remediación en casos de contaminación comprobada	Plan de remediación entregado/ Plan de remediación requerido	Entrega recepción de la propuesta del plan de remediación a la secretaria de ambiente	Cuando se requiera

**CONTINÚA**



<p><b>Generación de emisiones gaseosas</b>  <b>Generación de efluentes</b>  <b>Generación de riesgos al ambiente personal de la empresa o pobladores del sector.</b></p>	<p>Afectación a la salud y seguridad del personal y pobladores del sector                  Contaminación del agua, aire y suelo</p>	<p>Actualización de la póliza de garantía de fiel cumplimiento al plan de manejo ambiental, de ser el caso.</p>	<p>Póliza o garantía vigente entregada/ Póliza de fiel cumplimiento al plan de manejo ambiental requerida</p>	<p>Ingreso a la secretaria de ambiente de la póliza o garantía vigente y con costos actualizados.</p>	<p>Cuando aplique</p>
<p><b>Generación de emisiones gaseosas</b>  <b>Generación de efluentes</b>  <b>Generación de riesgos al ambiente personal de la empresa pobladores del sector</b></p>	<p>Afectación a la salud y seguridad del personal y pobladores del sector                  Contaminación del agua, aire y suelo</p>	<p>Ejecutar el programa de remediación aprobado por la secretaria de ambiente.</p>	<p>Actividades realizadas/Actividades aprobadas</p>	<p>Informe de avance, de evaluación, registro fotográfico fechado desde la cámara, facturas y registros de las actividades, monitoreos realizados con laboratorios acreditados, cadenas de custodia de muestras tomadas.</p>	<p>Cuando se requiera.</p>

Fuente: Modificado de (Ministerio del Ambiente, 2015)

**7.9. Plan de cierre, abandono y entrega del área**

**Tabla 54**

*Plan de cierre, abandono y entrega del área*

**Plan de Cierre, Abandono y Entrega del Área, PCA**

**Programa de cierre, abandono y entrega del área**

**OBJETIVOS:** Definir las actividades para proceder al cierre, abandono y entrega del área de la actividad, en caso de llevarse a cabo.

**PCA-01**

LUGAR DE APLICACIÓN: **Área de intervención del proyecto.**

RESPONSABLE: **Representante legal y trabajadores.**

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
<b>Generación de emisiones Gaseosas.</b> <b>Generación de efluentes</b> <b>Generación de ruido</b> <b>Generación de riesgos al ambiente personal de la empresa pobladores del sector</b>	Afectación a la salud y seguridad del personal y pobladores del sector Contaminación del agua, aire y suelo	Notificar la secretaría de ambiente la decisión de cierre, abandono y entrega de área, adjuntando en detalle las actividades específicas y su cronograma con indicadores, medios de verificación, plazos, y de ser posible fechas de ejecución.  Desmontar y empacar la maquinaria, materiales y equipos de cada una de las áreas del establecimiento.	Notificación realizada/ Notificación requerida  Actividad realizada/ Actividad programada	Constancia de ingreso de notificaciones a la secretaria de ambiente.  Registros de desmantelamiento, fotográficos con fecha desde la cámara y facturas de trabajos contratados.	Tres meses antes de iniciar el plan de la actividad de cierre y entrega de área.  En caso de cierre, abandono y entrega de área.

**CONTINÚA**



Proceder con lo establecido en la norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados de la resolución	Aplicación de la norma/ derrame ocurrido	Informe de identificación y evaluación de pasivos ambientales y plan de remediación, con constancia de entrega.	En caso de derrame en suelo.
Mantener registros de residuos o desechos generados.	No de registros realizados por tipo de residuo/ No registro requeridos por tipo de residuo	Bitácora de generación de residuos	En caso de cierre, abandono y entrega de área.
Mantener registros de entrega a gestores autorizados de todos los residuos generados	Cantidad de residuos o desechos entregados/cantidad de residuos o desechos generados	Manifiesto único de cada entrega, informes de tratamiento y disposición final, copias de autorizaciones de gestor para las etapas de gestión y tipos de residuos	En caso de cierre, abandono y entrega de área.
En caso de erupción se procede a desechar los sedimentos que se depositen en el área de inundación y llevarlo al gestor.	Registros realizados.	Registros fotográficos e informes de desalojo	En caso de erupción

Fuente: Modificado de (Ministerio del Ambiente, 2015)

## CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1. Conclusiones

- Según la evaluación ambiental inicial se concluye que las obras de mitigación ingresan a la categoría tres de impacto ambiental del SUIA debido a que se tomaron las áreas de embalse como parte del objeto de estudio, requiriendo así una evaluación de impacto ambiental previo a la construcción de las obras.
- Se determinó que la ubicación de la obra de mitigación a ser construida en la quebrada Saquimala, se encuentra dentro del área protegida del Parque Nacional Cotopaxi, por lo que no cumple el requisito del MAE, del certificado de intersección, para desarrollar esta actividad.
- Según los resultados obtenidos, en la evaluación de impactos ambientales, el mayor impacto es el generado en la quebrada Saquimala, seguidos por Mururco, Cimarrones y San Lorenzo, ver apartado del capítulo 6.
- Los resultados obtenidos reflejan que los impactos ambientales negativos más significativos se dan en la fase de construcción tales como: Manejo y disposición final de los sedimentos, conformación de taludes de corte y de excavación, explosivos y voladuras, operación del embalse, desmonte limpieza y remoción de cobertura vegetal, excavaciones y movimientos de tierra entre otros. Seguido de las fases de operación y abandono. Mientras que, existen mayores impactos positivos en la etapa de planificación, ver apartado del capítulo 6.
- Para la realización de todos los planes de manejo se basó en la guía referencial de la secretaria del ambiente identificando los impactos ambientales para el presente proyecto en

función de las fases y las actividades a realizarse, modificando y actualizando las medidas propuestas según los resultados de la matriz de doble entrada planteada, ver anexos de las matrices.

- El plan de manejo de Prevención y Mitigación de Impactos, ver apartado 7.1, para las obras de mitigación ante una posible erupción del volcán Cotopaxi, se realizó en base a los datos obtenidos de la matriz de doble entrada, avalada por el MAE, comprobando que los impactos en cada presa son similares, pero se puede considerar dar una mayor importancia a las medidas de prevención en cada una de las presas.

## **8.2.Recomendaciones**

- La obra de mitigación de la quebrada Saquimala, al encontrarse dentro de un área protegida, se le debe dar una mayor atención al plan de manejo ambiental y cumplir con exactitud las medidas propuestas para la conservación del área.
- Se recomienda realizar un estudio basado en sistemas de información geográfica para la ubicación de las presas, así como de la identificación vías de acceso a los puntos de construcción, basados en criterios de sustentabilidad.
- Se recomienda realizar un inventario de especies tanto de flora como de fauna antes de la remoción de la cobertura vegetal para tener mayor claridad de las especies a reingresar al ecosistema después de terminar la fase de construcción.
- Se recomienda seguir los lineamientos del ministerio del ambiente y cumplir con los plazos especificados las medidas propuestas en cada uno de los planes de manejo para una correcta conservación del área de intervención del proyecto.

## REFERENCIAS BLIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, R. (2010). Estudio de impacto ambiental preliminar para la construcción y operación del proyecto hidroeléctrico chinambí. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Amigo, Á., Silva, C., & Saavedra, P. (2014). Análisis de Mitigación Estructural de Lahares en el poblado de Melipeuco, Derivados del Volcán Llaima, Chile, Valor de la Ciencia Mapuche, de la Observación Permanente. RIOC.
- Arboleada. (2008). Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Manual De Evaluación . Medellín.
- Arévalo, D., & Ñaupari , L. (2016). Diseño de obras de protección para el flujo de lahares del volcán cotopaxi en las quebradas Cimarrones y Mururco. Sangolquí: Universidad de las fuerzas Armadas ESPE.
- Barberi , F., Macedonio , G., & Pareschi, M. (1991). Numerical Simultarion of past lahars implication for hazard assesment. Internactional Conference on Active Volcanoes and Risk Mitigation. Napoli-Italia.
- BS 5228. (2014). Construction and noise assesment . Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites - Part 1: Noise. England.
- Cáceres, B. (2012). Determinación del volumen del casquete de hielo del Volcán Cotopaxi. Quito: IG-EPN.

- Conesa. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Andalucía: Mundo Prensa.
- De La Maza, C. L. (2007). Evaluación de Impactos Ambientales. Santiago: Editorial Universitaria.
- FAO. (2012). Evaluación del impacto ambiental. Roma: FIAT PANIS.
- Fichamba, S., & Ñacata, S. (2016). Diseño de obras de protección, regulación y control de lahares en el río Saquimala en la zona sur occidental del volcán Cotopaxi.
- Flores, P. L., & Pilataxi, L. C. (2017). Diseño de la estructura de hormigón armado para las obras de protección, regulación y control de lahares en las quebradas San lorenzo y Saquimala en la zona sur occidental del volcán Cotopaxi. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE.
- García, L. (2004). Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales. Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Gómez, D. (2012). Medición de los esfuerzos generados por un flujo de detritos sobre una superficie plana. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- Gonzalez, E. (19 de 08 de 2019). Geomorfología Territorio y Paisaje en Regiones Volcánicas. Obtenido de <https://previa.uclm.es/profesorado/egcardenas/lahar.htm>
- INEC. (Marzo de 2019). Encuesta nacional de empleo, desempleo y subempleo. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2019/Marzo/Boletin\\_mar2019.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2019/Marzo/Boletin_mar2019.pdf)

Instituto Geofísico EPN. (13 de Agosto de 2015). Las erupciones históricas del Volcán Cotopaxi.

Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted/1119-las-erupciones-historicas-del-volcan-cotopaxi>

Instituto Geofísico EPN. (16 de Agosto de 2016). Obtenido de

<https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1376-cronicas-de-la-erupcion-del-volcan-cotopaxi-2015>

ISO 14001. (2004). Sistemas de gestión ambiental. Suiza.

ISO 14040. (2006). Environmental management. Obtenido de Life Cycle Assessment:

<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnq=Search&q=intitle:Environmental+management+-+Life+Cycle+assessment+-+Principles+and+framework#0>

Marcano, J. (2019). Eco-Hispaniola, Zonas de vida. Obtenido de

<https://jmarcano.com/ecohis/zonas/montanos.html>

MECN. (2009). Ecosistemas del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) . Quito: Nuevo Arte.

Metropolitano, S. D. (2020). Planes de Manejo Ambiental (PMA) GUIA. Obtenido de

<http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/calidad-y-gestion-ambiental/estudios-de-impacto>

Ministerio del Ambiente. (Febrero de 2015). Guía para la elaboración del plan de manejo

ambiental para celdas emergentes de residuos y/o desechos no peligrosos y desechos sanitarios. Obtenido de

<http://web.ambiente.gob.ec/documents/10179/252342/GUIA+PARA+LA+ELABORACION>

ON+DEL+PMA+PARA+CELDAS.pdf/f2a5925a-1ed6-4f76-9a3f-9f54f0e7d843;jsessionid=olvseyeeuzywgbhtrxlqf08?Version=1.0

Neira, M. (2015). Los volcanes son aves de mal agüero. Obtenido de <http://mariana-neira.blohsport.com>

OVACEN. (2018). Páramo; Clima, flora, fauna y características. Obtenido de <https://ecosistemas.ovacen.com/bioma/paramo/>

Perevochtchikova, M. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y Política Pública* , 283-312.

Pierson, T. (2014). Reducing risk from lahar hazards: concepts, case studies, and roles for scientists. *Journal of applied volcanology*, 50-75.

Sandoval, W. (2018). Hidrotécnicas, Diseño de Obras. Quito: EDIESPE.

Sklenar, P., Luteyn, C., Jorgensen, M., & Dillon. (2005). *Flora Genérica de los Páramos* . New York.

SNI. (2013). Archivos de información geográfica. Obtenido de <http://sni.gob.ec/coberturas>

Toulkeridis, T. (2004-2005). *El volcán Cotopaxi, una amenaza que acecha* . Quito: Sotavento ed.

Universidad Autónoma del Estado de México. (Octubre de 26 de 2015). Cuencas hidrográficas. Obtenido de <http://idrisi.uaemex.mx/>

Velay, M. (2012). *DEFINICIÓN DE LA RELACIÓN AGUA / CEMENTO*. Coruña, España: Universidad de A Coruña. Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y puertos.

Vidal. (2009). Investigación sobre estudios de impacto ambiental para proyectos de embalse de agua. Obtenido de

<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/2018/2/132306.pdf>

Viloria, M. (2015). Metodología para la Evaluación de Impacto Ambiental aplicada al ciclo de vida de proyectos de infraestructura en Colombia. Medellín: Tesis de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo.

Vivar, L. (2019). Diseño de obras de protección para la quebrada del río Aláquez ante el flujo de los lahares del volcán Cotopaxi. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

**ANEXOS**