

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERA  
AMBIENTAL**

**TEMA:**

**GENERACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SOBRE  
VULNERABILIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DESDE LOS  
ÁMBITOS AMBIENTALES ECONÓMICAS Y SOCIALES EN EL ÁREA  
DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE PESILLO – IMBABURA.**

**AUTORA:**

**JENNY PAOLA CHÁVEZ CAIZA**

**TUTOR:**

**RONNIE XAVIER LIZANO ACEVEDO**

**Quito, julio de 2016**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Jenny Paola Chávez Caiza con documento de identificación N° 1722174578, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación intitulado: GENERACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SOBRE VULNERABILIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DESDE LOS ÁMBITOS AMBIENTALES ECONÓMICAS Y SOCIALES EN EL ÁREA DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE PESILLO – IMBABURA, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Jenny Paola Chávez Caiza

1722174578

Julio de 2016

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo experimental, GENERACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SOBRE VULNERABILIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DESDE LOS ÁMBITOS AMBIENTALES ECONÓMICAS Y SOCIALES EN EL ÁREA DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE PESILLO – IMBABURA, realizado por Jenny Paola Chávez Caiza, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, julio de 2016



.....  
Ronnie Xavier Lizano Acevedo  
1714291588

## DEDICATORIA

*“Intenta no volverte un hombre de éxito sino un hombre de valor”*

Albert Einstein

Dios, guía y fortaleza espiritual para alcanzar mis metas. Dedico este trabajo investigativo a mis padres, Julio César y María Leticia que con su dedicación y e incansable apoyo he llegado a este final con sabor a nuevo inicio, agradecida por la entera confianza depositada en mí para cumplir este propósito.

A mis hermanos, Karina y Pablo por creer en mí a pesar de los infortunios que hemos pasado y por estar ahí con su apoyo a toda hora.

A mi sobrino Esteban Israel, que este trabajo sirva de ejemplo para su vida académica y especialmente a su vida diaria, donde se demuestra que los sueños y metas se pueden cumplir a pesar del tiempo que tome en realizarlos.

A mis amigos, con los que hemos luchado de inicio a fin para culminar este propósito, los mismos que estuvieron en las buenas y malas, con ellos eternamente agradecida.

A mi tutor, docente y amigo Ronnie Lizano por el apoyo en la elaboración de esta investigación y por el trabajo conjunto durante este tiempo.

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| 1. Introducción.....   | 1  |
| Problema .....   | 1  |
| Delimitación .....   | 3  |
| Político territorial .....   | 3  |
| Delimitación geográfica .....  | 4  |
| Explicación del problema .....   | 5  |
| Hipótesis de trabajo .....   | 5  |
| Hipótesis nula .....   | 5  |
| Objetivos .....  | 6  |
| Objetivo General .....   | 6  |
| Objetivos Específicos .....  | 6  |
| Fundamentación Teórica .....   | 7  |
| Abastecimiento de agua .....   | 7  |
| Sistemas convencionales de abastecimiento de agua .....                                  | 7  |
| Componentes de un sistema de abastecimiento .....  | 8  |
| Vulnerabilidad .....   | 15 |
| Sistemas de información geográfica .....   | 21 |
| 2. Materiales y métodos.....   | 23 |
| 2.1 Materiales .....   | 23 |
| 2.2 Métodos .....  | 23 |
| Diseño.....  | 23 |
| Población y Muestra .....  | 39 |
| 3. Resultados y discusión .....  | 41 |
| Mapa de los sistemas de agua potable de las juntas regionales de la zona de estudio..... | 41 |
| Vulnerabilidad Ambiental .....   | 41 |
| Vulnerabilidad Económica .....   | 44 |
| Vulnerabilidad Social .....  | 48 |
| Vulnerabilidad Física .....  | 52 |
| Vulnerabilidad Operativa.....  | 57 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Medidas de adaptación ..... | 58 |
| Discusión .....             | 59 |
| 4. Conclusiones.....        | 60 |
| 5. Recomendaciones .....    | 62 |
| Referencias .....           | 63 |
| Anexos .....                | 69 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Delimitación político administrativa del área de estudio .....                           | 4  |
| Tabla 2. Ventaja y desventaja de las aguas subterráneas .....                                     | 9  |
| Tabla 3. Diámetros mínimos de la red matriz .....   | 14 |
| Tabla 4. Diámetros mínimos según nivel de complejidad del sistema para redes<br>secundarias ..... | 15 |
| Tabla 5. Evaluación de uso de suelo .....   | 26 |
| Tabla 6. Evaluación de cobertura vegetal total .....  | 26 |
| Tabla 7. Evaluación de porcentaje de páramos .....  | 26 |
| Tabla 8. Porcentajes de cuerpos de agua .....   | 27 |
| Tabla 9. Evaluación de la deforestación.....  | 27 |
| Tabla 10. Evaluación de la posible afectación por incendios forestales .....                      | 27 |
| Tabla 11. Evaluación de la contaminación en las fuentes .....                                     | 28 |
| Tabla 12. Evaluación de las medidas de protección.....  | 28 |
| Tabla 13. Evaluación del porcentaje de personas pobres .....                                      | 28 |
| Tabla 14. Evaluación del coeficiente de GINI .....  | 29 |
| Tabla 15. Evaluación de consumo de agua potable .....   | 29 |
| Tabla 16. Evaluación de pago al mes .....   | 29 |
| Tabla 17. Evaluación por pago de excedente en el consumo .....                                    | 30 |
| Tabla 18. Evaluación de sueldo del operador .....   | 30 |
| Tabla 19. Evaluación de sueldo de los dirigentes .....  | 30 |
| Tabla 20. Evaluación de compra de materiales .....  | 30 |
| Tabla 21. Evaluación de la utilidad .....   | 31 |
| Tabla 22. Evaluación de la cobertura en invierno y verano .....                                   | 31 |
| Tabla 23. Evaluación de desabastecimiento hídrico .....   | 31 |
| Tabla 24. Evaluación de las juntas según el número de habitantes.....                             | 32 |
| Tabla 25. Evaluación de la densidad poblacional .....   | 32 |
| Tabla 26. Evaluación de la participación de la población en trabajos comunales .....              | 33 |
| Tabla 27. Evaluación del reglamento interno.....  | 33 |
| Tabla 28. Evaluación de los conflictos internos.....  | 33 |
| Tabla 29. Evaluación de la periodicidad de las asambleas .....                                    | 34 |
| Tabla 30. Evaluación del tipo de instrucción académica en los dirigentes .....                    | 34 |
| Tabla 31. Evaluación del desempeño de la dirigencia .....   | 34 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 32. Evaluación de la bonificación de la directiva .....                            | 35 |
| Tabla 33. Comparación entre el caudal de concesión y el caudal anual total .....         | 35 |
| Tabla 34. Caudal necesario por habitante .....   | 35 |
| Tabla 35. Evaluación de la antigüedad del sistema .....                                  | 36 |
| Tabla 36. Evaluación de la frecuencia de mantenimiento .....                             | 36 |
| Tabla 37. Evaluación de la vulnerabilidad ante la exposición de amenazas naturales ..... | 36 |
| Tabla 38. Evaluación de la dependencia a elementos externos .....                        | 37 |
| Tabla 39. Evaluación de las alternativas de funcionamiento .....                         | 37 |
| Tabla 40. Evaluación de la vulnerabilidad por infraestructura .....                      | 37 |
| Tabla 41. Evaluación continuidad del servicio .....                                      | 38 |
| Tabla 42. Evaluación de calidad de agua .....  | 38 |
| Tabla 43. Niveles de Vulnerabilidad .....  | 39 |
| Tabla 44. Descripción de los niveles de vulnerabilidad .....                             | 39 |
| Tabla 45. Juntas Regionales de Agua Potable .....  | 40 |
| Tabla 46. Evaluación de indicadores de vulnerabilidad ambiental .....                    | 42 |
| Tabla 47. Evaluación de indicadores de vulnerabilidad ambiental (Cont.) .....            | 42 |
| Tabla 48. Evaluación de indicadores de vulnerabilidad ambiental por Junta Regional ..... | 42 |
| Tabla 49. Evaluación de nivel de pobreza por NBI .....                                   | 45 |
| Tabla 50. Resultados de la evaluación de tarifas .....                                   | 45 |
| Tabla 51. Resultados de la evaluación del usos de tarifas .....                          | 46 |
| Tabla 52. Evaluación de vulnerabilidad económica total .....                             | 46 |
| Tabla 53. Evaluación de vulnerabilidad en la población .....                             | 48 |
| Tabla 54. Evaluación de vulnerabilidad por la organización .....                         | 49 |
| Tabla 55. Evaluación de vulnerabilidad por dirigencia .....                              | 49 |
| Tabla 56. Resultados de vulnerabilidad social .....                                      | 50 |
| Tabla 57. Resultados de la evaluación para vulnerabilidad intrínseca .....               | 52 |
| Tabla 58. Evaluación de vulnerabilidad ante exposición de amenazas naturales .....       | 53 |
| Tabla 59. Evaluación de vulnerabilidad por funcionamiento .....                          | 53 |
| Tabla 60. Evaluación de vulnerabilidad por infraestructura .....                         | 54 |
| Tabla 61. Evaluación Total Vulnerabilidad Física .....                                   | 55 |
| Tabla 62. Evaluación de vulnerabilidad operativa .....                                   | 57 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Fig. 1. Mapa de la delimitación de la zona de estudio del proyecto Pesillo –<br>Imbabura .....    | 4  |
| Fig. 2. Ejemplificación de un sistema de abastecimiento de agua comunitario .....                 | 7  |
| Fig. 3. Sistema de abastecimiento por gravedad .....  | 8  |
| Fig. 4. Estructura de un tanque rompe presión.....  | 11 |
| Fig. 5. Estructura de una válvula de aire .....   | 11 |
| Fig. 6. Estructura de una válvula de purga o desagüe .....  | 11 |
| Fig. 7. Estructura de un tanque reservorio .....  | 13 |
| Fig. 8. Distribución abierta y cerrada de agua potable .....                                      | 13 |
| Fig. 9. Conexiones domiciliarias de agua potable a nivel rural .....                              | 15 |
| Fig. 10. Servicios ecológicos y su relación con la vulnerabilidad al cambio<br>climático .....    | 17 |
| Fig. 11. Sistemas de agua potable de las Juntas Regionales estudiadas .....                       | 41 |
| Fig. 12. Porcentaje de vulnerabilidad ambiental de las Juntas Regionales de<br>agua potable ..... | 43 |
| Fig. 13. Porcentaje de vulnerabilidad ambiental por indicadores .....                             | 44 |
| Fig. 14. Porcentaje de vulnerabilidad económica de las Juntas Regionales de<br>agua potable ..... | 47 |
| Fig. 15. Vulnerabilidad económica por indicador en las Juntas Regionales de<br>agua potable ..... | 47 |
| Fig. 16. Porcentaje de vulnerabilidad social de las Juntas Regionales de agua<br>potable .....    | 51 |
| Fig. 17. Indicadores de vulnerabilidad social por Junta Regional de agua<br>potable .....         | 51 |
| Fig. 18. Porcentaje de vulnerabilidad física de las Juntas Regionales de agua<br>potable .....    | 56 |
| Fig. 19. Indicadores de vulnerabilidad física por Junta Regional de agua<br>potable .....         | 56 |
| Fig. 20. Porcentaje de vulnerabilidad operativa de las Juntas Regionales de<br>agua potable ..... | 58 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| Anexo 1. Indicadores evaluados para vulnerabilidad ambiental.....  | 69 |
| Anexo 2. Indicadores evaluados para vulnerabilidad ambiental (cont.) .....   | 69 |
| Anexo 3. Criterios evaluados para los niveles de pobreza por NBI.....  | 70 |
| Anexo 4. Criterios evaluados para la vulnerabilidad en las tarifas .....   | 70 |
| Anexo 5. Criterios evaluados para la vulnerabilidad en el uso de tarifas .....                                       | 70 |
| Anexo 6. Criterios evaluados para vulnerabilidad en la población.....  | 71 |
| Anexo 7. Criterios evaluados para vulnerabilidad en la organización.....   | 71 |
| Anexo 8. Criterios evaluados para vulnerabilidad de la dirigencia.....   | 72 |
| Anexo 9. Criterios evaluados para vulnerabilidad intrínseca.....   | 72 |
| Anexo 10. Criterios evaluados para vulnerabilidad por la exposición ante<br>amenazas externas y funcionamiento. .... | 73 |
| Anexo 11. Criterios Evaluados de vulnerabilidad por infraestructura .....  | 73 |
| Anexo 12. Criterios evaluados para vulnerabilidad operativa .....  | 74 |
| Anexo 13. Mapa de vulnerabilidad ambiental .....   | 75 |
| Anexo 14. Mapa de vulnerabilidad económica .....   | 76 |
| Anexo 15. Mapa de vulnerabilidad social.....   | 77 |
| Anexo 16. Mapa de vulnerabilidad física.....   | 78 |
| Anexo 17. Mapa de vulnerabilidad operativa .....   | 79 |

## **RESUMEN**

En el Ecuador especialmente en las zonas rurales, el acceso al agua es limitado y se ve evidenciado por los impactos que han causado en la población como la falta de salubridad y el empleo de tiempo destinado a otras actividades para obtener el recurso.

Esta investigación hace un análisis de vulnerabilidad de los sistemas de agua potable del Proyecto Pesillo – Imbabura dentro de los ámbitos ambiental, económico, social, físico y operativo, para lo cual se realizó en tres etapas: investigación de campo, digitalización (validación y verificación) de la información obtenida, y finalmente el procesamiento de la información, donde se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo con el fin de conocer el nivel de vulnerabilidad de la zona de estudio, la herramienta manejada para esta ponderación es una matriz de doble entrada, donde se ingresaron los parámetros a ser evaluados en conjunto con las juntas regionales de agua potable escogidas dentro del proyecto antes mencionado.

Con dichos resultados se recomienda qué aspectos de la gestión hídrica dentro de cada junta de agua potable se tienen que tomar en cuenta para generar una adaptación y resiliencia del territorio que se encuentra dentro del proyecto.

## **ABSTRACT**

Access to drinking water in Ecuador, especially in rural areas, is limited, its evidence can be found in health population impacts and time waste to get water in difficult conditions.

This investigation is based on a vulnerability analysis of Pesillo-Imbabura project drinking water systems within an environmental, economic, social, physical and functional approach, this study was done in three stages: investigation field, digitalization (validation and verification of the gathered information) and finally, information processing, where a qualitative and quantitative analysis was done so that one can get the vulnerability level from this study filed, the tool used for this investigation was a double matrix entrance where parameters were evaluated together with drinking water regional board within this project.

Based on the results, it is recommended some water management aspects for within every drinking water board to be taken in count to generate an adaptation and resilience of the territory inside this project.

## 1. Introducción

- **Problema**

“El cambio climático está aumentando la competencia por agua dulce en regiones donde la disponibilidad es reducida” (García González, Carvajal Escobar, & Jiménez Escobar, 2007, p. 21). El IPCC (2001a) afirma que el efecto del cambio climático varía según las zonas y los escenarios que concuerda con los cambios estimados en las precipitaciones por el que se sustenta que la dimensión y la periodicidad de los desbordamientos de ríos y corrientes podrían aumentar en muchas regiones y los cambios en los caudales pueden alterar las actividades cotidianas en comunidades que se sirven de este recurso, lo cual podría incrementar los conflictos por el uso y demanda del agua, especialmente durante etapas secas. (García González et al., 2007, p. 22)

A nivel regional, en América Latina y el Caribe hay un total, de 124 millones de personas que viven en áreas rurales. De estas, cerca de 102 millones (82%) cuentan con provisión de agua segura, tanto por red intra-domiciliaria (79 millones o 64% del total rural), mientras que otros 23 millones (18%) cuentan con servicio mejorado (pilas públicas, pozos individuales y otros).

Un total de 22.5 millones de personas (18%) no cuentan con acceso a agua segura, obteniéndola normalmente de fuentes superficiales o subterráneas no protegidas, o sea, probablemente contaminadas. (Ducci & Cotón, 2014, p. 19)

En las áreas rurales del Ecuador, muchos carecen de acceso al agua en sus hogares y experimentan una limitación en su calidad de vida. Ante la escasez de este recurso, se puede ejercitar solo una higiene básica y la falta de agua potable tiene un impacto negativo en la salud. Además, el uso del tiempo para obtener el agua y llevarla a los hogares limita la realización de otras actividades. (PNUD, 2013)

Ecuador es uno de los países más ricos en recursos hídricos de Sudamérica: dispone de 43.500 m<sup>3</sup> por persona al año (2.5 veces superior al promedio mundial), sin embargo, es el país con más retraso

en la región andina en cuanto a cobertura de servicios de agua y alcantarillado. (Cabrera, Paredes, & Garcés, 2012, párr. 1).

Por otro lado, “La gestión de los recursos hídricos en Ecuador, se ha caracterizado también por una compleja coordinación entre las instituciones y los actores sociales involucrados, la falta de políticas nacionales para el agua, y una baja participación de la ciudadanía” (PNUD, 2013).

Como menciona la Asociación Mundial para el Agua & Comité de Consejo Técnico, (2000), el involucramiento de la comunidad se basa en un proceso participativo donde forman parte de la toma de decisiones y eligen el proceso de administración y operación del sistema de agua.

En la zona del proyecto de agua potable Pesillo – Imbabura, también ha tenido grandes impactos con la problemática antes mencionada, con efectos como reducción del número de fuentes de abastecimiento, disminución de caudales hasta llegar a racionamientos por periodos de tiempo prolongados en algunas comunidades, sumándose a la infraestructura deteriorada del sistema de agua potable, la cual incide en la calidad del agua de consumo; por otro lado la gestión administrativa que se lleva en cada una de las juntas regionales deriva en la eficacia del servicio, evidencias que son resultante de estudios anteriores.

De acuerdo con García González et al., (2007), en los sistemas hídricos aumenta la vulnerabilidad cuando su administración es deficiente, donde la organización no es sostenible puesto que, las políticas trazadas no fomentan el uso adecuado del agua, su resguardo para el futuro o la ordenación adecuada de cuencas hidrográficas, paralelamente el enfoque sectorial de la gestión tradicional agudiza las dificultades de acceso al agua, lo que visibiliza la urgencia de una dirección con múltiples finalidades que se base en una planificación orientada a una gestión integrada de cuencas donde se incluyan los usos a ser destinados de manera equilibrada (p.24) (como se cita en IPCC (2001c); en las cuales se sustenta la Gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) de acuerdo con el *Global Water Partnership* (GWP, 2002).

Las organizaciones de base comunitaria son las encargadas de la gestión del sistema de agua potable. La gestión implica la operación y mantenimiento del sistema (limpiado de filtros, cloración, etc.) así

como la gestión administrativa del servicio (facturación, cobro de tarifas, contabilidad, etc.) (Aguilar, 2011).

Un claro ejemplo de este tipo de organización, es la que ha venido fortaleciendo las comunidades que forman parte del proyecto Pesillo – Imbabura, puesto que desde la población ha nacido la iniciativa de mejorar el servicio de agua potable en respuesta al olvido de los gobiernos seccionales, con lo cual surge el Consejo de Juntas de Agua Potable, el mismo que ha sido reconocido como una figura legal, se forma de la unión de todas las juntas regionales de agua potable, que a su vez tiene bajo su mando a varios sistemas.

Por lo tanto, este estudio plantea realizar un análisis de vulnerabilidad de los elementos expuestos de los sistemas comunitarios de agua potable, en sus diferentes ópticas, de los cuales se puede mencionar la vulnerabilidad ambiental, económica, social, física y operativa. De este modo, determinar si el recurso puede llegar a ser sostenible con el paso del tiempo.

- **Delimitación**

#### **Político territorial**

El presente análisis de información sobre vulnerabilidades del sistema de agua potable del proyecto Pesillo- Imbabura, se ubica al norte del estado ecuatoriano entre la provincia de Pichincha en el cantón Pedro Moncayo; y la provincia de Imbabura en los cantones de Antonio Ante y Otavalo.

El área de estudio abarca 9 Juntas regionales de agua potable que se encuentran en comunidades distribuidas en los cantones antes mencionados, como se muestra a continuación.

Tabla 1.  
Delimitación político administrativa del área de estudio

| Provincia | Cantón        | Parroquia           | Junta                     |
|-----------|---------------|---------------------|---------------------------|
| Pichincha | Pedro Moncayo | Tupigachi           | Tabacundo (San José alto) |
| Imbabura  | Otavaló       | San Pablo del Lago  | El Angla                  |
|           |               | Gonzales Suarez     | Mojanda Yanahurco         |
|           |               | Eugenio Espejo      | Espejo                    |
|           |               | San Juan de Ilumán  | Carabuela – Illuman       |
|           |               | Miguel Egas Cabezas | La Bolsa – Sumak Yaku     |
|           | Antonio Ante  | San Roque           | Antonio Ante              |

Fuente: Guayasamin et al., (2015, p. 38)

### Delimitación geográfica

La zona de estudio geográficamente se encuentra ubicada en 00° 07' y 00° 52' latitud norte y 77° 48' y 79° 12' longitud oeste. La altitud es de 2810 msnm.

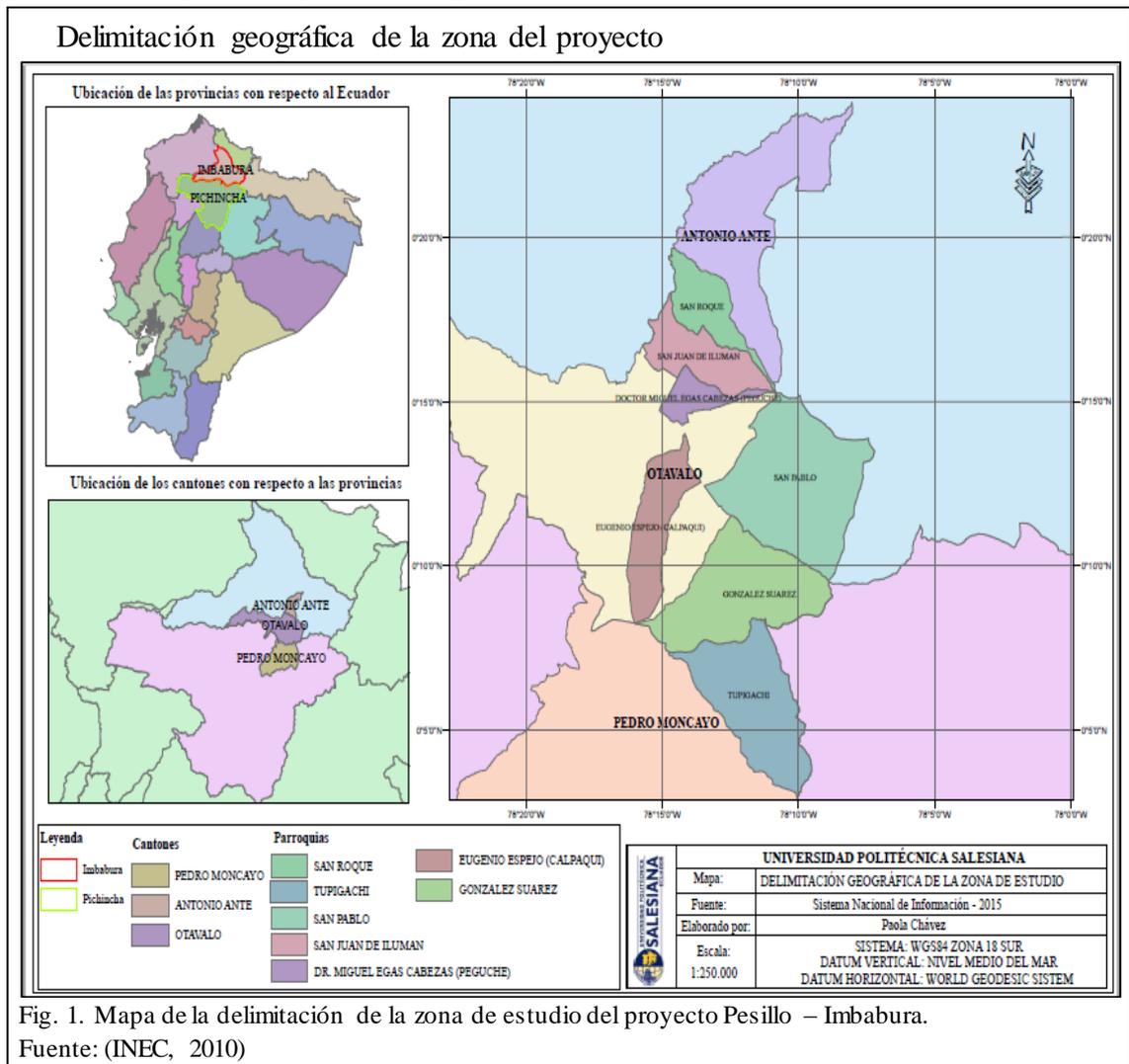


Fig. 1. Mapa de la delimitación de la zona de estudio del proyecto Pesillo – Imbabura.

Fuente: (INEC, 2010)

- **Explicación del problema**

**Hipótesis de trabajo**

Hi: La vulnerabilidad en los ámbitos social, económico y ambiental del proyecto Pesillo- Imbabura incide en los niveles de accesibilidad al agua potable.

**Hipótesis nula**

Ho: La vulnerabilidad en los ámbitos social, económico y ambiental del proyecto Pesillo- Imbabura no incide en los niveles de accesibilidad al agua potable.

- **Objetivos**

**Objetivo General**

Evaluar las amenazas ambientales, económicas y sociales de los sistemas de agua potable y proponer al mismo tiempo estrategias de adaptabilidad en la zona del proyecto.

**Objetivos Específicos**

- Identificar las vulnerabilidades ambientales, económicas y sociales encontradas en la zona del proyecto.
- Analizar las vulnerabilidades físicas y operativas de los sistemas de agua potable en la zona del proyecto.
- Determinar los niveles de vulnerabilidad en los ámbitos ambientales, económicos, sociales, físicos y operativos.
- Proponer estrategias de mitigación y adaptación en el acceso al agua potable.

- **Fundamentación Teórica**

### **Abastecimiento de agua**

El abastecimiento de agua es un sistema que permite distribuir al consumidor o consumidores en una población en las mejores condiciones, considerando que tenga calidad, cantidad y continuidad, constando de varias partes.

### **Sistemas convencionales de abastecimiento de agua**

Estos sistemas, “brindan un servicio público de abastecimiento de agua mediante conexiones domiciliarias y/o piletas públicas, empleando un sistema de distribución de agua a través de redes” (Gobierno del Perú, 2004, p. 4).

Son sistemas diseñados y construidos a partir de criterios de ingeniería claramente definidos y tradicionalmente aceptados, con un resultado preciso para el nivel de servicio establecido por el proyecto, ya sea a nivel de vivienda mediante conexiones domiciliarias o a nivel comunitario con piletas públicas. (Lampoglia, Agüero, & Barrios, 2008)



Fig. 2. Ejemplificación de un sistema de abastecimiento de agua comunitario  
Fuente: (Lampoglia et al., 2008)

### **Sistemas comunitarios de agua potable**

También conocidos como sistemas rurales de abastecimiento de agua potable, los mismos que cumplen con semejantes funciones que un sistema convencional; los ScAP's se diferencian de los anteriores debido a que mantienen su autonomía

administrativa, financiera y de gestión para cumplir con la prestación del servicio en términos de calidad y cantidad a nivel comunitario.

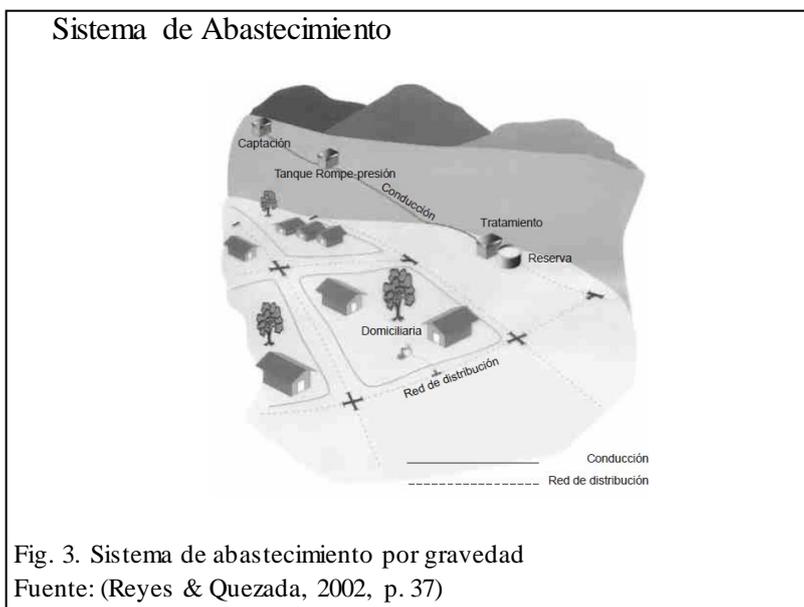
Los sistemas comunitarios son administrados mediante las Juntas administradoras de agua que según el Reglamento Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del agua, artículo 40, define que:

Las Juntas administradoras de agua potable son organizaciones comunitarias, sin fines de lucro, que tienen la finalidad de prestar el servicio público de agua potable así como en su caso, el de saneamiento; su accionar se fundamenta en criterios de eficiencia económica, sostenibilidad del recurso hídrico, calidad en la prestación de los servicios y equidad en el reparto del agua. (Ecuador, 2015, p. 12).

### **Componentes de un sistema de abastecimiento**

En general un sistema de agua potable, funciona básicamente siguiendo las leyes de la gravedad y está formado por las siguientes partes o unidades:

1. Fuentes
2. Captación.
3. Conducción.
4. Tratamiento.
5. Reserva.
6. Red de Distribución.
7. Domiciliarias.



## Fuentes

Las posibles fuentes de agua para la zona rural provienen de la lluvia, cursos o masas superficiales y del agua subterránea, siendo este último recurso el que generalmente proporciona mayor seguridad desde el punto de vista sanitario y estabilidad de gasto, siempre que se hayan tomado todas las providencias del caso que garanticen la calidad del agua. (Unda & Salinas, 2000, p. 200 - 201)

Para Guerrero (2012), se entiende por fuente de abastecimiento de agua aquel punto o fase del ciclo natural del cual se desvía o aparta el agua, temporalmente, para ser usada, regresando finalmente a la naturaleza. Esta agua puede o no volver a su “fuente” original, lo cual depende de la forma en que se disponga de las aguas de desperdicio (p. 11).

Para el abastecimiento público de agua se usan comúnmente tanto los recursos superficiales como los subterráneos.

### *Subterráneas*

Para el abastecimiento subterráneo, “Generalmente, las comunidades más pequeñas son las que emplean abastecimientos subterráneos de agua, por lo limitado que resulta el volumen del acuífero” (Guerrero, 2012, p. 11).

Fraenkel & Thake, (2010), establecen que “El agua subterránea y los niveles de agua de los ríos varían tanto por la estacionalidad como, en algunos casos, por la cercanía de otro pozo o de un pozo de sondeo, debido a la tasa de bombeo” (p. 31).

Tabla 2.  
Ventaja y desventaja de las aguas subterráneas

| <b>Ventaja</b>   | <b>Desventaja</b>   |
|--|---|
| Proporcionar aguas que requieren un menor grado de tratamiento, debido a que las impurezas se eliminan de forma natural. | Tendencia a proporcionar aguas excesivamente duras (lavados de depósitos minerales) |

Fuente: Guerrero R., 2012, p. 11

## ***Superficiales***

Por definición, esa agua está sobre el suelo, se puede ver, es fácil de encontrar y, generalmente, es accesible, por lo común, su desventaja es la calidad, porque la fuente está abierta a la contaminación; además, contiene partículas de suelo en suspensión. (Fraenkel & Thake, 2010, p. 26)

### **Captación**

“Es una estructura de concreto que permite la recepción del agua de un manantial de ladera, río, riachuelo, lago o laguna, que luego será distribuido a la población”(ITACA, 2014, p. 93).

“La calidad del agua de las fuentes superficiales, por lo general, no son las adecuadas para el consumo humano, por lo que se requiere que se les dé un tratamiento y desinfección previo a su consumo” (ITACA, 2014, p. 93).

### **Conducción**

Es la distancia que recorre la tubería desde la captación pasando por la planta de tratamiento hasta el reservorio, este sistema se encuentra compuesto por estructuras más pequeñas que lo sostienen (ITACA, 2014, p. 93).

Como indica, Reyes & Quezada, (2002), dependiendo del caudal de agua y de la topografía del terreno, se utilizan canales o tuberías. Lo que más se utiliza en los sistemas de agua comunitarios, son las tuberías, las cuales disminuyen las pérdidas de agua y evita su contaminación.

En terrenos quebrados, las tuberías de conducción, para su buen funcionamiento, requieren la instalación (p. 43) de:

- Tanques rompe presión: es una estructura pequeña, de 1 metro por cada lado, que tiene una tubería de entrada localizada en la parte superior y una tubería para la salida en la parte inferior. El agua, al caer en el tanque, pierde su presión. Por eso se le llama "tanque rompe presión".(Reyes & Quezada, 2002, p. 43)

## Tanque rompe presión

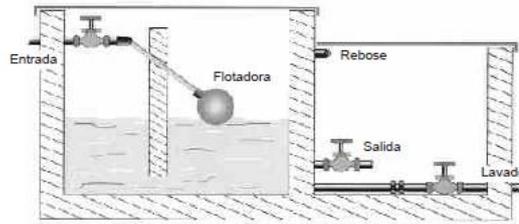


Fig. 4. Estructura de un tanque rompe presión  
Fuente: (Reyes & Quezada, 2002, p. 44)

- Válvulas de aire: “Sirve para sacar el aire atrapado en las tuberías. Son colocados en las partes altas de la línea de conducción” (ITACA, 2014, p. 94).

## Válvula de aire



Fig. 5. Estructura de una válvula de aire  
Fuente: (Reyes & Quezada, 2002, p. 44)

- Válvulas de purga o desagüe: “Se coloca en los puntos más bajos del terreno que sigue la línea de conducción. Sirve para eliminar el barro o arenilla que se acumula en el tramo de la tubería” (ITACA, 2014, p. 94).

## Válvula de desagüe

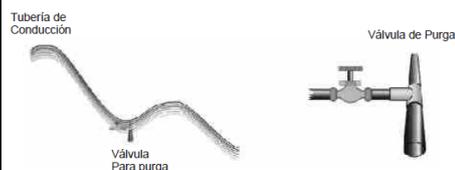


Fig. 6. Estructura de una válvula de purga o desagüe  
Fuente: (Reyes & Quezada, 2002, p. 45)

## Tratamiento

Se llama tratamiento a la parte del Sistema de Agua Potable, en donde se llevan a cabo las diferentes acciones y procesos para mejorar las características físico - químicas y bacteriológicas del agua, volviéndola potable, o sea, apta para el consumo humano.

Dependiendo de la calidad del agua, existen, para el tratamiento, procedimientos químicos y físicos. (Reyes & Quezada, 2002, p. 46)

### ***Planta de tratamiento***

Chanaluiza, (2015), la define como “Un conjunto de estructuras que sirven para someter al agua a diferentes procesos, con el fin de purificarla y hacerla apta para el consumo humano, reduciendo y eliminando bacterias, sustancias venenosas, turbidez, olor, sabor, etc”, (p. 28)

### ***Partes de una planta de tratamiento por medios físicos***

Reyes & Quezada, (2002), establece que “un sistema de tratamiento que utiliza procedimientos físicos, es muy fácil de operar y de mantener al interior de comunidades urbano-marginales y rurales; desde hace algunos años, en el Ecuador se viene utilizando varias unidades” como (p. 48):

- Sedimentador
- Filtración en múltiples etapas (FIME) (Filtración dinámica, pre-filtración y filtración lenta)
- Desinfección

### **Reserva**

“Es un depósito de concreto que sirve para almacenar y controlar el agua que se distribuye a la población, además de garantizar su disponibilidad continua en el mayor tiempo posible” (ITACA, 2014, p. 99).

El Tanque de Reserva, garantiza la cantidad de agua requerida por la población, en las horas de mayor consumo. El tanque almacena el agua durante la noche y en las horas de menor consumo, por lo cual, su volumen depende del tamaño de la población, pueden existir más de uno, y se ubica en el punto más alto de la población. (Reyes & Quezada, 2002, p. 54)

## Reservorio

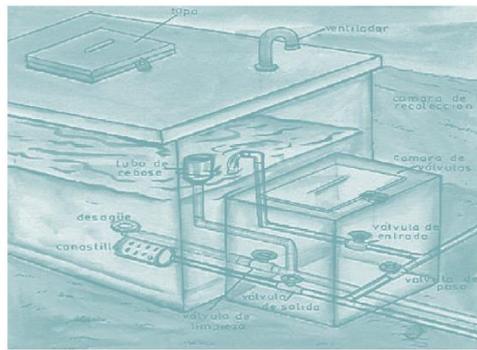


Fig. 7. Estructura de un tanque reservorio

Fuente: (ITACA, 2014, p. 100)

## Distribución

Reyes & Quezada, (2002), determinan que la función es repartir el agua potable a los domicilios. Dependiendo de la forma y el tamaño de la población, la red de distribución puede ser abierta o cerrada.

- Abierta: cuando se instala en poblaciones desarrolladas a lo largo de una vía, o en poblaciones dispersas. Pueden ser una o varias tuberías que terminan con un tapón.
- Cerrada, en el caso de poblaciones con un desarrollo urbano en manzanas, cuando se instalan matrices formando un circuito cerrado. El agua, dentro de las tuberías, puede circular en las dos direcciones, de ida y vuelta podemos decir, lo que garantiza una mejor distribución del agua (p. 55).

## Distribución de agua potable

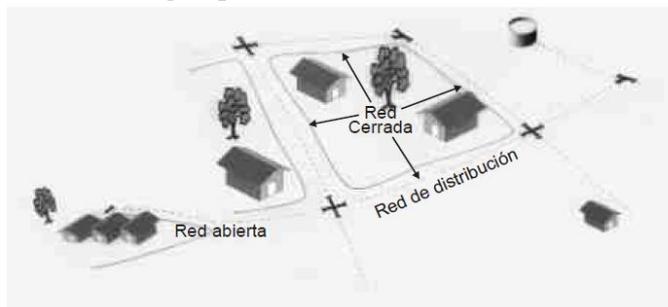


Fig. 8. Distribución abierta y cerrada de agua potable

Fuente: (Reyes & Quezada, 2002, p. 55)

Según Colombia - Ministerio de desarrollo económico - Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, (2000) en el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, dice: La red de

distribución de agua potable se divide según el nivel de complejidad del sistema, como se indica a continuación:

**La red de distribución primaria o red matriz de acueducto:** es el conjunto de tuberías mayores que son utilizadas para la distribución de agua potable, que conforman las mallas principales de servicio del municipio y que distribuyen el agua procedente de las líneas expresas o de la planta de tratamiento hacia las redes menores de acueducto. (Colombia - Ministerio de Desarrollo Económico - Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000, p. B. 131)

Los diámetros mínimos según el nivel de complejidad para redes primarias o matrices son:

Tabla 3.

Diámetros mínimos de la red matriz

| <b>Nivel de complejidad de sistema</b> | <b>Diámetro mínimo</b>                  |
|--|---|
| Bajo                                   | 64 mm (2.5 pulgadas)                    |
| Medio                                  | 100 mm (4 pulgadas)                     |
| Medio alto                             | 150 mm (6 pulgadas)                     |
| Alto                                   | 300 mm (12 pulgadas) o más según diseño |

Fuente: Colombia - Ministerio de Desarrollo Económico - Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000, p. B. 142

**Red secundaria de distribución:** “Parte de la red de distribución que se deriva de la red primaria y que distribuye el agua a los barrios y urbanizaciones de la ciudad y que puede repartir agua en ruta” (Colombia - Ministerio de Desarrollo Económico - Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000, p. B. 25)

**Red terciaria de distribución:** “Red de distribución que se deriva de la red secundaria y llega a los puntos de consumo (domicilios)” (Colombia - Ministerio de Desarrollo Económico - Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000, p. B.25)

Los diámetros mínimos según el nivel de complejidad para redes secundarias se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 4.

Diámetros mínimos según nivel de complejidad del sistema para redes secundarias

| Nivel de complejidad | Diámetro mínimo |                |                             |
|----------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|
| Bajo                 | 38.1 mm         | (1.5 pulgadas) |                             |
| Medio                | 50.0 mm         | (2.0 pulgadas) |                             |
| Medio alto           | 100 mm          | (4 pulgadas).  | Zona comercial e industrial |
|                      | 63.5 mm         | (2 ½ pulga)    | Zona residencial            |
| Alto                 | 150 mm          | (6 pulgadas)   | Zona comercial e industrial |
|                      | 75 mm           | (3 pulgadas)   | Zona residencial            |

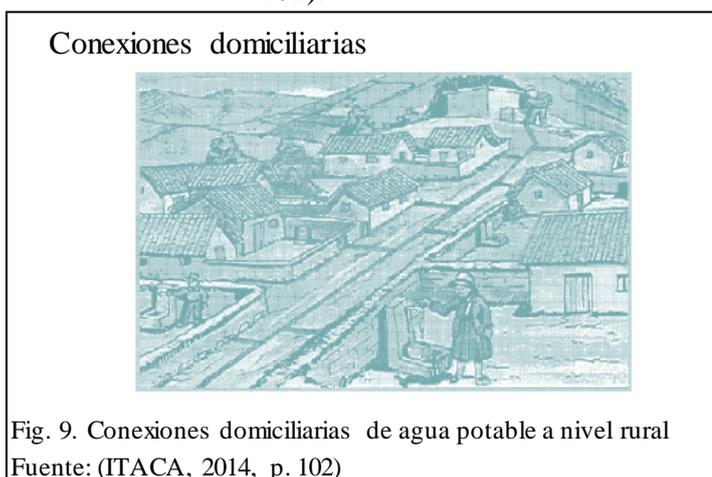
Fuente: (Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000, p. A.48)

### Domiciliarias

“Son tuberías y accesorios que se instalan desde la red de distribución hacia cada vivienda, para que las familias puedan utilizarla en la preparación de sus alimentos e higiene” (ITACA, 2014, p. 102).

Según, ITACA, (2014), la conexión consta de las siguientes partes:

- Elemento de toma. Que puede constar de una te o una abrazadera.
- Elemento de conducción. Que va desde la toma hasta la vivienda.
- Elemento de control. Constituido por una válvula de compuerta o de paso a la entrada de la vivienda.
- Conexión al interior. Es la distribución interna de la vivienda (p. 102).



### Vulnerabilidad

La Vulnerabilidad se define como la fragilidad o la incapacidad de los sistemas expuestos para absorber los impactos que puedan producir los fenómenos naturales, por esa razón, la vulnerabilidad determina la intensidad del impacto que pudiera producir la ocurrencia efectiva del riesgo sobre un territorio determinado, reflejándose en pérdidas y

daños. (El Salvador - Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012, p. 4)

La United Nations Environment Programme - UNEP (2003), define en términos generales, vulnerabilidad es la manifestación social, económica y política de las estructuras y entorno ambiental. La vulnerabilidad puede ser visto como compuesto de dos elementos: la exposición al peligro y la capacidad de afrontamiento. Las personas que tienen más capacidad para hacer frente a la extrema eventos son naturalmente también menos vulnerables al riesgo (p. 3).

Para Klein and Nicholls, (1999), el concepto de vulnerabilidad comprende: la susceptibilidad de un sistema a cambios físicos y ecológicos, los impactos potenciales de los cambios de los sistemas naturales sobre los sistemas socioeconómicos y la capacidad para resistir los impactos incluyendo la capacidad de prevenir y reducir los impactos (capacidad adaptativa). Citado en (Nicholls & Hoozemans, 2005, p. 3)

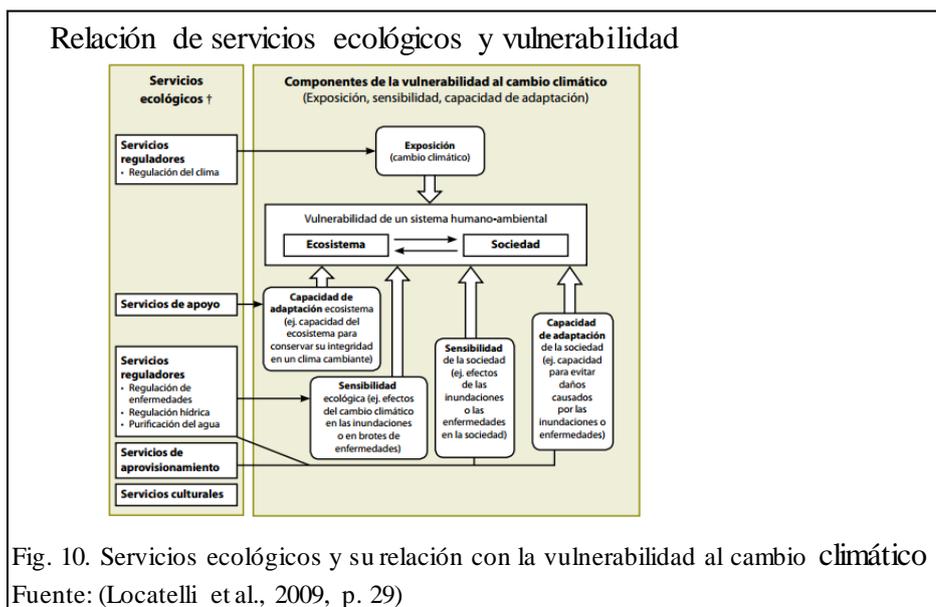
Según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático-IPCC (1997), “La medida en que un sistema es susceptible a, o incapaz de afrontar, efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad y los extremos climáticos” , citado en (Locatelli et al., 2009, p. 56).

La vulnerabilidad es una función de la sensibilidad de un sistema (el grado en que es capaz de responder a una determinado cambio del clima, incluyendo efectos tanto beneficiosos como perjudiciales) y la capacidad del sistema para adaptarse a los cambios en el clima que según el IPCC (2001) indica que es la medida en que las prácticas y procesos pueden modificarse para disminuir los daños, además de explotar las oportunidades como una resultado de un cambio dado en el clima, citado en (Banco Mundial, 2013, p. 14).

En este marco, un sistema altamente vulnerable sería uno que es muy sensible a pequeños cambios en el clima, en donde la sensibilidad incluye el potencial para los efectos nocivos sustanciales, y para la cual se restringe severamente la capacidad de adaptación. (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1997, p. 1)

Según la definición del IPCC, “Los tres componentes principales de la vulnerabilidad son exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación”, citado en (Locatelli et al., 2009, p. 56).

Locatelli et al., (2009) en su publicación, vincula los servicios ecológicos con la vulnerabilidad al cambio climático, mediante los componentes de vulnerabilidad definidos por la IPCC, (p. 29), como se indica en la figura 10.



A continuación se exponen los ángulos de la vulnerabilidad a ser estudiados:

### **Vulnerabilidad ambiental:**

La vulnerabilidad ambiental, “Es un concepto que se relaciona con la susceptibilidad o predisposición intrínseca del medio y los recursos naturales a sufrir un daño o una pérdida. Estos elementos, pueden ser físicos o biológicos” (PNUD, PNUMA, CEPAL, & Banco Mundial, 1999, p. 10).

La comprensión de la vulnerabilidad ambiental de una determinada región implica entender con precisión la susceptibilidad o resistencia de dicha área respecto al impacto de eventos naturales, esta capacidad que posee una región está en proporción directa con el conjunto de servicios ambientales que conserva (bosques, cuencas bien conservadas, etc.). (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012, p. 20)

### **Vulnerabilidad económica:**

Se refiere a la situación económica de la sociedad en términos de pobreza, ingresos, desempleo, dificultad de acceso a los servicios. Igualmente se refiere a

la falta de diversificación económica, a los inconvenientes comerciales regionales e internacionales y a la imposición de políticas monetarias.

“A nivel local e individual, la vulnerabilidad económica se expresa en desempleo, insuficiencia de ingresos, inestabilidad laboral, dificultad o imposibilidad total de acceso a los servicios formales de educación, de recreación y de salud” (Maskrey, 1993, p. 27).

A nivel del país, la vulnerabilidad económica se expresa en una excesiva dependencia de nuestra economía de factores externos prácticamente incontrolables, como son los precios de compra de las materias primas, y los precios de venta de combustibles, insumos y productos manufacturados, las restricciones al comercio internacional de productos entre otros. (Maskrey, 1993, p. 27)

Según United Nations Environment Programme - UNEP (2003), La vulnerabilidad económica se centra en los posibles efectos negativos de una serie de factores, incluyendo la estructura y el tamaño de la economía, desventajas geográficas y la exposición a riesgos ambientales, en el crecimiento económico y en el nivel de desarrollo (p. 7).

### **Vulnerabilidad social:**

La vulnerabilidad social se refiere al nivel de cohesión interna que posee una comunidad, donde la misma es socialmente vulnerable en la medida en que las relaciones que vinculan a sus miembros entre sí y con el conjunto social, no pasen de ser meras relaciones de vecindad física. (Maskrey, 1993, p. 28)

Kuroiwa (2002), la define como una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo humano, está capacitado para la prevención y atención de eventos que amenazan su vida y sus bienes, incluye el conocimiento de los riesgos locales, condiciones y capacidad de la población para recuperarse después del evento (p. 392).

Chardon & González, (2002), establecen que los nuevos enfoques de desarrollo en los países de América Latina y el Caribe a partir de

acomodamiento a las políticas globales, se han expresado espacialmente en estos, enmarcando escenarios rurales y urbanos en deterioro socioambiental administrados por gobiernos con una incapacidad en sus planes de desarrollo, de materializar y hacer efectivos avances sociales. Es así como en la década de los noventa, junto al incremento de la pobreza y la profundización de las desigualdades, el fenómeno de la vulnerabilidad social se ha incrementado (p. 16).

### **Vulnerabilidad física:**

“Se refiere especialmente a la localización de los asentamientos humanos en zonas de riesgo, y a las deficiencias de las estructuras físicas para "absorber" los efectos de esos riesgos” (Maskrey, 1993, p. 25).

Se expresa de manera sencilla como la “fragilidad” de un sistema expuesto. Este sistema puede estar conformado por un grupo humano, o infraestructura crítica. De dos bienes expuestos, uno es más vulnerable sí, ante la ocurrencia de un mismo fenómeno natural, sufre mayores daños. (Hernández & Ramírez, 2011, p. 58)

Es importante diferenciar entre Vulnerabilidad física por Exposición, y Vulnerabilidad física por deficiencias en las estructuras físicas, la primera es aquella que se da por la mera ubicación ya sea de los grupos o asentamientos humanos, o de la infraestructura, en ese sentido, es más vulnerable aquel grupo que está más cerca del foco de la amenaza analizada, que aquel que se ubica más lejos de ella. (El Salvador - Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012, p. 6)

El segundo tipo de vulnerabilidad física, es aquel que tiene que ver con las deficiencias de las estructuras físicas, es decir, materiales, formas y códigos de construcción, si estos están diseñados para soportar o no el efecto de una determinada amenaza, por esta razón, la vulnerabilidad física por deficiencias de las estructuras físicas, varía de acuerdo al tipo de amenaza. (El Salvador - Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012, p. 6)

### **Vulnerabilidad operativa:**

“Los principales factores de vulnerabilidad operativa tienen relación con la cantidad, calidad y continuidad del agua, las rutinas de operación, mantenimiento y la capacitación del operador para el cumplimiento de sus funciones”, (Organización Panamericana de la Salud et al., 1998, p. 21 - 22)

Algunos indicadores de vulnerabilidad operativa señalados por la Organización Panamericana de la Salud et al., (1998), “son: poca o ninguna capacitación del operador, mal estado de equipos, herramientas, operación y mantenimiento defectuoso, déficit de cantidad y calidad de agua, ausencia de registros de caudales, del monitoreo de la calidad del agua, tratamientos defectuosos del agua” (p. 22).

El objetivo del estudio de vulnerabilidad operativa, según la Organización Panamericana de la Salud et al., (1998), es identificar las debilidades que ocasionan deficiencias en la prestación del servicio en cuanto a cantidad, continuidad y calidad del agua, por rutinas de operación y mantenimiento y por capacidad del personal, durante la operación normal y para la implementación de las medidas de mitigación (p. 22).

### **Indicadores**

“Existen diversas metodologías para evaluar la vulnerabilidad, la mayoría de las cuales se basan en el uso de indicadores”, como establece Mendoza et al., (1999), (como se cita en Magaña, Instituto Nacional de Ecología, & PNUD, 2013, p. 25-26).

Los indicadores sirven para ordenar y sistematizar información para la planificación, evaluación y toma de decisiones, y permiten constituir sistemas de información que dan cuenta de las características cuantitativas de un ámbito institucional, económico, geográfico, cultural, educativo, etcétera. Se construyen a partir de datos de censos de contextos regionales, nacionales o supranacionales. Los indicadores son por ello, datos cuantitativos producto de los procedimientos establecidos por el investigador, quien genera

resultados que todos pueden observar de la misma manera, (Maguaña et al., 2013, p. 26).

Maguaña et al., (2013), describe que para el caso de vulnerabilidad ante cambio climático, es conveniente que el indicador describa aspectos del sistema modificables para que de esta manera, se abra la posibilidad a propuestas de adaptación, además de ser sensible a cambios en el procedimiento (p. 26).

### **Sistemas de información geográfica**

En la actualidad, existen diversas herramientas computacionales que contribuyen en la realización de estudios sobre el manejo integrado de los recursos naturales; entre estas herramientas destacan los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales permiten analizar la variabilidad espacial y temporal de los diferentes datos que conforman la información necesaria para llevar a cabo estudios de esta naturaleza. (Esteller, Quentin, & Díaz, 2005, p. 18)

Son herramientas informáticas capaces de sintetizar el espacio, lo que las convierte en un conjunto de instrumentos de gran utilidad para la gestión de los Recursos Naturales y del Territorio. Estos sistemas intentan dar una respuesta adecuada a los problemas que genera el espacio, a través de una serie de mecanismos de análisis, que ofrecen además la posibilidad de dotar a los estudios de una cartografía útil, para llevar a cabo políticas de ordenación y gestión del espacio. (Basildo & López, 1998, p. 319)

### **Sistemas de información geográfica y los recursos naturales**

La introducción de un SIG, como herramienta de apoyo para la necesaria protección y aprovechamiento racional de los Recursos Naturales a través de la definición, el mantenimiento y modelización de la información, ha permitido la creación y puesta en marcha de sistemas de información ambiental. (Basildo & López, 1998, p. 325)

### **Sistemas de información geográfica aplicada a los sistemas de agua potable**

Constituye en una herramienta útil para la vigilancia y el control de la calidad del agua en los Sistemas de Agua Potable y por consiguiente,

para la protección de la salud pública. Así mismo, los resultados de un programa de monitoreo permiten a los administradores del servicio de abastecimiento de agua orientar la toma de decisiones, tanto en la operación y mantenimiento del sistema, como en la planeación, diseño y gestión del mismo. (Montoya, Loaiza, Cruz, Torres, & Escobar, 2009, p.131)

En el caso de los Sistemas de Agua Potable, la información digitalizada y georeferenciada de las unidades (tratamiento, almacenamiento) y redes de distribución (materiales, diámetros y edades de tuberías, etc.), puede observarse en un SIG en conjunto con información adicional proporcionada por los usuarios como: quejas de calidad de agua, daños en la red, entre otras. La integración de esta información es de gran utilidad para la construcción de mapas de riesgo y vulnerabilidad de los mismos (como se cita en EPA, 2005), (Montoya et al., 2009, p. 132).

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1 Materiales**

Para la ejecución de la presente investigación, fue necesaria la utilización de distintos tipos de materiales distribuidos de la siguiente forma:

#### **a) Recursos Humanos**

- Miembros de las Juntas Regionales de agua potable.
- Analistas del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfico (Cayambe)

#### **b) Recursos materiales**

- Equipo GPS
- Cámara fotográfica

#### **c) Insumos**

- Cronograma de campo
- Software Informático: ArcGis 10.2
- Orto fotos escala 1:50000
- Material bibliográfico
- Computador
- Libreta de campo

### **2.2 Métodos**

#### **• Diseño**

La metodología utilizada para la realización de este proyecto se dividió en tres etapas: investigaciones de campo y de gabinete, digitalización de la información obtenida y elaboración de matrices de vulnerabilidad operativa, física, social, ambiental y económica.

En la primera etapa, se realizó una revisión bibliográfica de estudios anteriores en la zona de estudio, además de las distintas metodologías para el análisis de vulnerabilidad en los sistemas de agua potable.

Para cada vulnerabilidad se ajustó una metodología, como se indica a continuación:

- Vulnerabilidad ambiental: para su análisis se consideró el planteamiento de la “Metodología para el análisis de vulnerabilidad” (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012, p. 21), y de los indicadores que establecen para esta vulnerabilidad en la “Guía técnica para la reducción de la vulnerabilidad

en los sistemas de abastecimiento de agua potable y de alcantarillado sanitario” (Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, 2010, p. 35), donde establece indicadores adaptables a la zona de estudio, los datos a ser evaluados se obtuvieron del Sistema Nacional de Información en formato Shapefile, los cuales fueron analizados en el software ArcGis 10.2.2.

- Vulnerabilidad económica: para su análisis se consideró la “Guía para implementar el análisis de vulnerabilidades a nivel cantonal” (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, ECHO – DIPECHO, & Bureau for Crisis Prevention & Recovery, 2011, p. 78), el cual ayudó con las pautas necesarias para determinar los indicadores específicos para el análisis de dicha vulnerabilidad, la información a ser evaluada se tomó de resultados de un estudio anterior denominado “Análisis de la gestión de los recursos hídricos en los sistemas comunitarios de agua potable en el área de influencia del proyecto Pesillo – Imbabura” (Espinoza & Araque, 2014).
- Vulnerabilidad operativa: para su análisis se tomó en cuenta el “Manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable” (Organización Panamericana de la Salud et al., 1998, p. 46), el cual cubrió de manera más amplia la problemática de estudio con indicadores adaptables a las condiciones existentes en la zona, además de los resultados obtenidos en “Estudio de la disponibilidad y calidad del agua de consumo humano a través del monitoreo de caudales y análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la zona Pesillo – Imbabura” (Guayasamin et al., 2015), a partir de dicha información se diseñaron los formatos para la recolección de datos.
- Vulnerabilidad física: para su análisis se realizó un ajuste entre los indicadores planteados por Proaño J. (2011) y por el “Manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable” (Organización Panamericana de la Salud et al., 1998, p.48), además se incorporó indicadores que los autores antes mencionados no tomaron en cuenta en sus estudios, paralelamente se utilizó los resultados obtenidos en “Estudio de los sistemas comunitarios de agua potable existentes en la zona Pesillo-Imbabura. Análisis de las fuentes hídricas, medidas de protección e

infraestructura utilizada en el tratamiento de agua para consumo humano” (Chamba, Toapanta, & Lizano, 2015).

- Vulnerabilidad social: para su análisis se incorporó indicadores planteados en “Metodologías para la determinación de riesgos de desastres a nivel territorial” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2014, p. 68) además de otros indicadores que no se tomaron en cuenta en esta metodología pero fue necesaria su evaluación para la zona de estudio. Los resultados obtenidos en “Análisis de la gestión de los recursos hídricos en los sistemas comunitarios de agua potable en el área de influencia del proyecto Pesillo – Imbabura” (Espinoza & Araque, 2014), tomados como base para la estimación de dicha vulnerabilidad.

En la segunda etapa, se formalizaron entrevistas con los responsables del sistema de abastecimiento de agua potable, es decir con los operadores de las juntas regionales, con el objetivo de conocer el funcionamiento técnico y administrativo del mismo, la digitalización de dicha información se plasmó en un mapa de información geográfica de la zona de estudio, con el software ArcGIS 10.2, el cual procesa información georreferenciada y a la par se validó con los datos de un estudio anterior.

Resultado de este análisis, se determinó el estado actual de cada sistema de agua potable, entendiéndose tanto las redes de distribución, conducción y los componentes, debilidades de funcionamiento y el impacto de las amenazas a los que se encuentran expuestos.

En la última etapa, se construyó las matrices con las que se evaluó a las vulnerabilidades antes mencionadas.

### **Análisis de vulnerabilidad**

La calificación se realizó en un rango de 0 a 1, siendo cero el valor más bajo (menos vulnerable) y uno el valor más alto (muy vulnerable).

Para la evaluación de la vulnerabilidad ambiental se analizó los siguientes indicadores:

- a. Porcentaje de uso del suelo: está referido a la cantidad en hectáreas de suelo interpretado en porcentaje, donde son usadas como asentamientos humanos, cultivos de ciclo corto y pastizales, la siguiente tabla expresa la evaluación:

Tabla 5.  
Evaluación de uso de suelo

| Porcentaje de uso de suelo | Calificación |
|----------------------------|--------------|
| 41,1%-100%                 | 1            |
| 31,1% - 41%                | 0,75         |
| 21.1%-31.0%                | 0,5          |
| 11,1%-21.0%                | 0,25         |
| <11%                       | 0            |

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012, anexo 4)

- b. Porcentaje de cobertura vegetal total: donde se estudió el porcentaje de bosques naturales, vegetación arbustiva y páramos, (tabla 6).

Tabla 6.  
Evaluación de cobertura vegetal total

| Porcentaje de cobertura vegetal total | Calificación |
|---------------------------------------|--------------|
| 0,0% -20%                             | 1            |
| 20,1% - 40%                           | 0,75         |
| 40,1%-60%                             | 0,5          |
| 60,1%-80%                             | 0,25         |
| 80,1%-100%                            | 0            |

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012, anexo 4)

- c. Porcentaje de páramos: se analizó este parámetro en la zona de estudio, con base en el ítem anterior, su evaluación se amplía a continuación:

Tabla 7.  
Evaluación de porcentaje de páramos

| Porcentaje de páramos | Calificación |
|-----------------------|--------------|
| 0,0% -20%             | 1            |
| 20,1% - 40%           | 0,75         |
| 40,1%-60%             | 0,5          |
| 60,1%-80%             | 0,25         |
| 80,1%-100%            | 0            |

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012, anexo 4)

- d. Porcentaje de cuerpos de agua: este parámetro esta analizado con el fin de determinar si las juntas regionales cuentan con un numero de fuentes que permitan el abastecimiento optimo, la siguiente tabla expresa su evaluación:

Tabla 8.  
Porcentajes de cuerpos de agua

| <b>Porcentaje de cuerpos de agua</b> | <b>Calificación</b> |
|--------------------------------------|---------------------|
| 0%-2%                                | 1                   |
| 2,1%-4%                              | 0,75                |
| 4,1%-6%                              | 0,5                 |
| 6,1%-8%                              | 0,25                |
| 8,1%-10%                             | 0                   |

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012, anexo 4)

- e. Porcentaje de deforestación: está referido al cambio de vegetación de la zona, es decir de bosque natural a mosaico agropecuario o pastizales en el lapso de 1990 – 2008, a continuación se amplía su evaluación:

Tabla 9.  
Evaluación de la deforestación

| <b>Porcentaje de deforestación (1990-2008)</b> | <b>Calificación</b> |
|--|---------------------|
| 41,1%-100%                                     | 1                   |
| 31,1% - 41%                                    | 0,75                |
| 21,1%-31,0%                                    | 0,5                 |
| 11,1%-21,0%                                    | 0,25                |
| <11%   | 0                   |

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012, anexo 4)

- f. Porcentaje de posible afectación por incendios forestales: estimado de estudios anteriores, la siguiente tabla expresa su evaluación:

Tabla 10.  
Evaluación de la posible afectación por incendios forestales

| <b>Porcentaje de posible afectación por incendios forestales</b> | <b>Calificación</b> |
|--|---------------------|
| 0%-3%  | 0,00                |
| 3,1%- 6%   | 0,25                |
| 6,1%-9%  | 0,50                |
| 9,1%-12%   | 0,75                |
| 12,1%-15%  | 1,00                |

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012, anexo 4)

- g. Contaminación en las fuentes: se evaluó por categorización presente en un estudio anterior, como expresa la siguiente tabla:

Tabla 11.

Evaluación de la contaminación en las fuentes

| <b>Categoría</b> | <b>Porcentaje de contaminación</b> | <b>Calificación</b> |
|------------------|------------------------------------|---------------------|
| 5                | 0% - 19%                           | 0                   |
| 4                | 20%-39%                            | 0,25                |
| 3                | 40%-59%                            | 0,5                 |
| 2                | 60%-79%                            | 0,75                |
| 1                | 80%-100%                           | 1                   |

Fuente: Elaboración propia

- h. Medidas de protección: se evaluó si las fuentes cuentan con medidas de protección y el tipo, la tabla 12 expresa su calificación según la categoría:

Tabla 12.

Evaluación de las medidas de protección

| <b>Categoría</b> | <b>Porcentaje de medidas de protección</b> | <b>Calificación</b> |
|------------------|--|---------------------|
| 4                | 0%-24%                                     | 0                   |
| 3                | 25%- 49%                                   | 0,25                |
| 2                | 50%- 74%                                   | 0,75                |
| 1                | 75%-100%                                   | 1                   |

Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación de la vulnerabilidad económica se estudió los siguientes indicadores:

- a. Niveles de pobreza por necesidades básicas insatisfechas: referido a la condición de pobreza en la que se encuentra la zona de estudio, basados en cifras del último censo de población y vivienda, los criterios que ayudaron a evaluar este indicador son:

1. Porcentaje de personas pobres: la evaluación se encuentra en la siguiente tabla:

Tabla 13.

Evaluación del porcentaje de personas pobres

| <b>Porcentaje de personas pobres</b> | <b>Calificación</b> |
|--------------------------------------|---------------------|
| $\geq 92,5\%$                        | 1                   |
| 76,5% - 92,5%                        | 0,75                |
| 60,5% - 76,5%                        | 0,5                 |
| $\leq 60,5\%$                        | 0,25                |

Nota: Los niveles de calificación se tomó como base el promedio de todas las juntas, más o menos una desviación estándar.

2. Coeficiente de GINI: el cual mide la desigualdad en la que se encuentra la población estudiada, (Tabla 14):

Tabla 14.

Evaluación del coeficiente de GINI

| <b>Coeficiente de GINI</b> | <b>Calificación</b> |
|----------------------------|---------------------|
| 0,81 - 1                   | 1                   |
| 0,61 - 0,80                | 0,75                |
| 0,41 - 0,60                | 0,5                 |
| 0,21 - 0,40                | 0,25                |
| 0,0 - 0,20                 | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

b. Tarifas: Esta referida a los ingresos como junta regional por consumo de agua potable medido en metros cúbicos, los criterios que ayudaron a evaluar este indicador son:

1. Consumo ( $m^3/mes$ ): evaluado si cada junta tiene definido la base de consumo, como indica en la siguiente tabla:

Tabla 15.

Evaluación de consumo de agua potable

| <b>Consumo</b>              | <b>Calificación</b> |
|-----------------------------|---------------------|
| Indefinido                  | 1                   |
| Definido <10 m <sup>3</sup> | 0,5                 |
| Definido >10 m <sup>3</sup> | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

2. Pago (\$/mes): referido a la cantidad que perciben las juntas por consumo de agua potable está ajustada a la base en las zonas rurales, como se indica a continuación:

Tabla 16.

Evaluación de pago al mes

| <b>Pago al mes</b> | <b>Calificación</b> |
|--------------------|---------------------|
| <1,64 USD.         | 1                   |
| >=1,64 USD.        | 0                   |
| 1,64 USD.          | Base                |

Fuente: Elaboración propia

3. Pago del excedente: referido a la tarifa impuesta por el excedente cuando sobre pasa el consumo definido por cada junta regional, la siguiente tabla indica su evaluación:

Tabla 17.

Evaluación por pago de excedente en el consumo

| <b>Pago de excedente</b> | <b>Calificación</b> |
|--------------------------|---------------------|
| Si                       | 0                   |
| n/d                      | 0,5                 |
| No                       | 1                   |

Fuente: Elaboración propia

- c. Uso de tarifas: está referido a los gastos o egresos que cuentan las juntas regionales de agua potable, los criterios analizados se muestran a continuación:

1. Sueldo operador (\$): tomando en cuenta si percibe algún tipo de bonificación o un sueldo básico, como expresa la siguiente tabla:

Tabla 18.

Evaluación de sueldo del operador

| <b>Sueldo operador</b> | <b>Calificación</b> |
|------------------------|---------------------|
| $\geq$ SBU (2015)      | 0                   |
| $<$ SBU (2015)         | 1                   |

Fuente: Elaboración propia

2. Sueldo dirigentes (\$): con base a los dirigentes que perciben esta remuneración y la cantidad, como indica la tabla 19.

Tabla 19.

Evaluación de sueldo de los dirigentes

| <b>Sueldo dirigentes</b> | <b>Calificación</b> |
|--------------------------|---------------------|
| Sin Sueldo               | 1                   |
| $<$ SB (2015)            | 0,5                 |
| $\geq$ SB (2015)         | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

3. Compra de materiales: referido a que si las juntas regionales adquieren materiales para el buen funcionamiento del sistema de agua potable, su evaluación se indica a continuación:

Tabla 20.

Evaluación de compra de materiales

| <b>Compra de materiales</b> | <b>Calificación</b> |
|-----------------------------|---------------------|
| Si                          | 0                   |
| n/d                         | 0,5                 |
| No                          | 1                   |

Fuente: Elaboración propia

4. Utilidad: referido a la diferencia entre las tarifas (ingresos) y el uso de las mismas (egresos), donde indica un déficit o superávit para la subsistencia del sistema de agua potable, (tabla 21).

Tabla 21.

Evaluación de la utilidad

| <b>Utilidad</b> | <b>Calificación</b> |
|-----------------|---------------------|
| Déficit         | 1                   |
| Superávit       | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación de la vulnerabilidad social se tomó en cuenta los siguientes indicadores:

- a. Población: es una de las variables más importante dentro de este análisis debido a que siente las consecuencias en el caso de escasear el recurso hídrico, los indicadores que ayudan a determinar la vulnerabilidad en la misma son:
  1. Porcentaje de cobertura en invierno y verano: está referido a el tiempo en que las comunidades cuentan con el servicio de agua potable, donde el 100% es las 24 horas, (tabla 22).

Tabla 22.

Evaluación de la cobertura en invierno y verano

| <b>Cobertura en invierno y verano</b> | <b>Calificación</b> |
|---------------------------------------|---------------------|
| 24% - 0%                              | 1                   |
| 49%-25%                               | 0,75                |
| 74%-50%                               | 0,5                 |
| 99%-75%                               | 0,25                |
| 100%                                  | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

2. Desabastecimiento hídrico: este indicador muestra las comunidades que tendrían problemas de dotación diaria de agua, la valoración se muestra a continuación:

Tabla 23.

Evaluación de desabastecimiento hídrico

| <b>Desabastecimiento hídrico</b> | <b>Calificación</b> |
|----------------------------------|---------------------|
| faltante                         | 1                   |
| sobrante                         | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

3. Población expuesta: se mide por el tamaño poblacional de la comunidad que se analiza, la evaluación se muestra a continuación:

Tabla 24.

Evaluación de las juntas según el número de habitantes

| <b>Habitantes</b> | <b>Calificación</b> |
|-------------------|---------------------|
| >=1000            | 1                   |
| <1000 >=600       | 0,75                |
| <600 >=300        | 0,5                 |
| <300              | 0,25                |

Fuente: (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2014, p. 82)

4. Densidad poblacional: este parámetro es analizado para conocer la cantidad de usuarios por km<sup>2</sup> del sistema de agua potable, la evaluación se muestra a continuación:

Tabla 25.

Evaluación de la densidad poblacional

| <b>Densidad poblacional</b> | <b>Calificación</b> |
|-----------------------------|---------------------|
| >44                         | 1                   |
| 33 – 43                     | 0,75                |
| 22- 32                      | 0,5                 |
| 11 _21                      | 0,25                |
| <11                         | 0                   |

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012, anexo 2 - cuadro 16)

- b. Organización: este parámetro realiza un análisis de la organización de la junta tanto en participación, reglamento interno, conflictos internos, y la periodicidad de reuniones de la junta, la evaluación de los indicadores antes mencionados se muestran a continuación:

1. Participación de la población en trabajos comunales: se analizó cuatro formas de participación como son mingas, asambleas, reuniones ordinarias y extraordinarias, de las mismas entre mayor número de formas en que la comunidad participa es menos vulnerable, la forma de evaluación se muestra en la tabla 26.

Tabla 26.

Evaluación de la participación de la población en trabajos comunales

| <b>Número de participaciones en trabajos comunales</b> | <b>Calificación</b> |
|--|---------------------|
| 0  | 1                   |
| 1  | 0,75                |
| 2  | 0,5                 |
| 3  | 0,25                |
| 4  | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

2. Reglamento interno: este indicador muestra si la comunidad cuenta con un reglamento interno y si el mismo está aprobado por la Secretaría Nacional del Agua, o solo dentro de la organización, su evaluación se muestra a continuación:

Tabla 27.

Evaluación del reglamento interno

| <b>Reglamento interno</b> | <b>Calificación</b> |
|---------------------------|---------------------|
| No                        | 1                   |
| Si-Usuarios               | 0,5                 |
| Si- SENAGUA               | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

3. Conflictos internos: este indicador establece la existencia de problemas o desacuerdos entre los miembros de la Junta de agua potable, su evaluación está definida por la siguiente tabla:

Tabla 28.

Evaluación de los conflictos internos

| <b>Conflictos internos</b> | <b>Calificación</b> |
|----------------------------|---------------------|
| Si                         | 1                   |
| No                         | 0                   |

Nota: Elaboración propia

4. Periodicidad de asambleas: este indicador establece la frecuencia de las reuniones para dar a conocer tanto de las actividades efectuadas por los dirigentes, así como también el estado económico de la Junta, su evaluación está dada a continuación:

Tabla 29.

Evaluación de la periodicidad de las asambleas

| <b>Periodicidad</b>  | <b>Calificación</b> |
|----------------------|---------------------|
| Cuando hay necesidad | 1                   |
| Cada 6 meses         | 0,75                |
| De 3 a 4 meses       | 0,5                 |
| Cada mes             | 0,25                |

Fuente: Elaboración propia

- c. Dirigencia: este parámetro es analizado para conocer si los líderes de la junta de agua potable ayudan al desarrollo de la misma, los indicadores analizados son:

1. Tipo de instrucción educativa de la dirigencia: este indicador ayuda a determinar el nivel de aptitud para discernir temas tanto técnicos como administrativos, la evaluación se muestra en la tabla 30.

Tabla 30.

Evaluación del tipo de instrucción académica en los dirigentes

| <b>Tipo de instrucción educativa</b> | <b>Calificación</b> |
|--------------------------------------|---------------------|
| Sin instrucción educativa            | 1                   |
| Primaria                             | 0,75                |
| Secundaria                           | 0,5                 |
| Superior                             | 0,25                |

Fuente: Elaboración propia

2. Evaluación del desempeño: este indicador es valorado por los usuarios donde pueden conocer las actividades que realizan en su gestión como directiva, las formas de evaluación están las asambleas, los informes, evaluaciones periódicas, entre otras, donde si tiene todas no es vulnerable, la estimación se realizó de la siguiente manera:

Tabla 31.

Evaluación del desempeño de la dirigencia

| <b>Formas de evaluación del desempeño</b> | <b>Calificación</b> |
|---|---------------------|
| 0   | 1                   |
| 1   | 0,75                |
| 2   | 0,5                 |
| 3   | 0,25                |
| 4   | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

3. Bonificación de la directiva: este indicador establece si la directiva cuenta con algún tipo de bonificación por desempeñar los distintos cargos, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 32.

Evaluación de la bonificación de la directiva

| Bonificación de la directiva | Calificación |
|------------------------------|--------------|
| No                           | 1            |
| Si                           | 0            |

Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación de la vulnerabilidad física se tomó en cuenta los siguientes indicadores:

- a. Vulnerabilidad intrínseca: referida a la vulnerabilidad propia del sistema de agua potable, se evaluó los siguiente indicadores para determinar la misma:
  1. Caudal de concesión, está dado por la SENAGUA después de la verificación y el seguimiento de procedimientos establecidos por la ley y el caudal anual total está dado por análisis anteriores, el objeto de esta comparación es para determinar si los caudales son suficientes para satisfacer a las necesidades de todos los usuarios del sistema de agua potable, los criterios de evaluación se muestran a continuación:

Tabla 33.

Comparación entre el caudal de concesión y el caudal anual total

| Caudal de concesión vs. Caudal anual total | Calificación |
|--|--------------|
| Caudal de concesión > Caudal anual total   | 0            |
| Caudal de concesión = Caudal anual total   | 0,5          |
| Caudal de concesión < Caudal anual total   | 1            |

Fuente: Elaboración propia

2. Caudal necesario por habitante: este indicador está ligado al anterior, debido a que dependiendo del caudal anual total se puede establecer si la cantidad de agua recibida por habitante o usuario es la indicada para su subsistencia, como se expresa en la tabla 34.

Tabla 34.

Caudal necesario por habitante

| Caudal necesario por habitante | Calificación |
|--------------------------------|--------------|
| Suficiente                     | 0            |
| Insuficiente                   | 1            |

Fuente: Elaboración propia

3. Antigüedad del sistema: este indicador muestra el tiempo de existencia del sistema de agua potable, es decir desde su instalación hasta el momento de realizar este estudio, la evaluación se muestra a continuación:

Tabla 35.

Evaluación de la antigüedad del sistema

| <b>Antigüedad</b> | <b>Calificación</b> |
|-------------------|---------------------|
| >25               | 1                   |
| 21-25             | 0,75                |
| 16-20             | 0,5                 |
| 15_10             | 0,25                |
| <10               | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

4. Frecuencia de mantenimiento: este indicador establece la periodicidad en que la comunidad realiza actividades de limpieza, reparación y verificación del funcionamiento de las instalaciones que conforman el sistema de agua potable, la evaluación del mismo se realizó de la siguiente forma:

Tabla 36.

Evaluación de la frecuencia de mantenimiento

| <b>Frecuencia de Mantenimiento</b> | <b>Calificación</b> |
|------------------------------------|---------------------|
| Trimestral                         | 1                   |
| Bimensual                          | 0,75                |
| Mensual                            | 0,5                 |
| Bisemanal                          | 0,25                |
| Semanal                            | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

- b. Vulnerabilidad ante la exposición de amenazas naturales: entre las amenazas analizadas están las erupciones volcánicas, sismos, deslizamientos erosión y sequias, la evaluación se realizó en los rangos especificados a continuación:

Tabla 37.

Evaluación de la vulnerabilidad ante la exposición de amenazas naturales

| <b>Amenazas naturales</b> | <b>Calificación</b> |
|---------------------------|---------------------|
| Alto                      | 1                   |
| Moderado                  | 0,5                 |
| Bajo                      | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

c. Vulnerabilidad por funcionamiento: este parámetro hace referencia a las unidades del sistema como tanques de almacenamiento, tratamiento, distribución, del mismo modo sistemas de bombeo o impulsión, la evaluación se realizó a los siguientes indicadores:

1. Dependencia a elementos externos: el indicador establece principalmente la dependencia a la energía eléctrica para el funcionamiento de sus unidades, como se establece en la tabla 38.

Tabla 38.

Evaluación de la dependencia a elementos externos

| <b>Dependencia a elementos externos</b> | <b>Calificación</b> |
|---|---------------------|
| Total                                   | 1                   |
| Parcial                                 | 0,5                 |
| Ninguna                                 | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

2. Alternativas de funcionamiento: este indicador denota la existencia de unidades del sistema de agua potable adicionales, para que el sistema pueda seguir funcionando sin necesidad de detener el proceso, su evaluación se muestra a continuación:

Tabla 39.

Evaluación de las alternativas de funcionamiento

| <b>Alternativas de funcionamiento</b> | <b>Calificación</b> |
|---------------------------------------|---------------------|
| Ausencia                              | 1                   |
| Existencia                            | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

d. Vulnerabilidad por infraestructura: esta evaluación se realizó a resultados de un estudio anterior donde fueron analizados parámetros como fuentes, tipo de infraestructura, y unidades de tratamiento y se la clasificó por categorías como se establece en la tabla 40.

Tabla 40.

Evaluación de la vulnerabilidad por infraestructura

| <b>Categoría de la infraestructura</b> | <b>Calificación</b> |
|--|---------------------|
| D                                      | 1                   |
| C                                      | 0,75                |
| B                                      | 0,5                 |
| A                                      | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación de la vulnerabilidad operativa se tomó en cuenta los siguientes indicadores:

- a. Continuidad del servicio: Para invierno y verano donde si el servicio es continuo durante 24 horas equivale a un porcentaje de continuidad de 100%, dividido en cinco categorías como expresa la siguiente tabla:

Tabla 41.

Evaluación continuidad del servicio

| <b>Continuidad del servicio</b> | <b>Calificación</b> |
|---------------------------------|---------------------|
| <10h                            | 1                   |
| 14h-10h                         | 0,75                |
| 19h -15h                        | 0,5                 |
| 23h - 20h                       | 0,25                |
| 24 h                            | 0                   |

Fuente: Elaboración propia

- b. Calidad de agua: Se evaluó en que porcentaje cumple con la Norma INEN 1108 para calidad de agua, donde el 100% indica agua apta para el consumo, y se lo clasificó en tres categorías como indica la siguiente tabla:

Tabla 42.

Evaluación de calidad de agua

| <b>Porcentaje de cumplimiento Norma INEN 1108</b> | <b>Calificación</b> |
|---|---------------------|
| 100%  | 0                   |
| 50-99%  | 0,5                 |
| < 50%   | 1                   |

Fuente: Elaboración propia

### **Cálculos de la vulnerabilidad**

Se utilizó el siguiente procedimiento tomado de “Metodología para el análisis de la vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano” (Mendoza & Jim, 2008, p. 93):

1. Se suman los valores de calificación de cada uno de los criterios analizados por indicador según el tipo de vulnerabilidad.
2. Se suman los resultados de cada indicador para obtener el valor de calificación de vulnerabilidad total.
3. Se divide la sumatoria entre el número total de indicadores por vulnerabilidad, para obtener el valor total para cada uno.
4. Al valor anterior se multiplica por 100 para obtener el valor de la vulnerabilidad expresado en porcentaje.
5. Se caracteriza el nivel de vulnerabilidad utilizando la siguiente escala:

Tabla 43.

Niveles de Vulnerabilidad

| <b>Vulnerabilidad</b> | <b>Porcentaje</b> |
|-----------------------|-------------------|
| MUY ALTA              | 80-100            |
| ALTA                  | 60- 79            |
| MEDIA                 | 40 – 59           |
| BAJA                  | 20- 39            |
| MUY BAJA              | <20               |

Fuente: Elaboración propia

El estado de vulnerabilidad de cada Junta Regional se puede interpretar de la siguiente forma:

Tabla 44.

Descripción de los niveles de vulnerabilidad

| <b>VULNERABILIDAD</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>  |
|-----------------------|---|
| <b>MUY ALTA</b>       | Son sistemas que se muestran muy vulnerables, donde los indicadores analizados poseen tendencia negativa, lo cual indica que el sistema está abandonado y no presta servicio.   |
| <b>ALTA</b>           | Son sistemas vulnerables, donde los indicadores muestran la falta de organización comunitaria en tareas de operación y mantenimiento, además de graves daños en la infraestructura y mala calidad de agua de consumo.   |
| <b>MEDIA</b>          | Son sistemas moderadamente vulnerables, donde los indicadores muestran un tanto de organización, racionamientos cortos de agua potable, calidad de agua de consumo aceptable, infraestructura parcialmente deteriorada. |
| <b>BAJA</b>           | Son sistemas donde la vulnerabilidad es mínima, donde las falencias pueden ser solventadas.   |
| <b>MUY BAJA</b>       | Son sistemas sin ningún tipo de vulnerabilidad.   |

Fuente: Elaboración propia

- **Población y Muestra**

La población de estudio comprenden 9 Juntas Regionales de agua potable del proyecto Pesillo - Imbabura, como se muestra en la siguiente tabla, no se realizó muestreo debido a que las mismas cuentan con toda la información requerida para ser analizada.

Tabla 45.

Juntas Regionales de Agua Potable

---

**JUNTAS REGIONAL DE  
AGUA POTABLE**

---

ANGLA

ANTONIO ANTE

EUGENIO ESPEJO

ILUMÁN

KARABUELA

LA BOLSA

MOJANDA YANAHURCO

SUMAK YAKU

TABACUNDO

---

Fuente: Elaboración propia

### 3. Resultados y discusión

#### Mapa de los sistemas de agua potable de las juntas regionales de la zona de estudio

Uno de los principales resultados fue la generación del siguiente mapa donde se visualiza las redes de conducción y distribución además de los componentes de cada uno de los sistemas de agua potable que conforman las Juntas Regionales, a causa de la validación de esta información se pudo conocer el estado de las mismas, a mayor detalle se puede visualizar en la tabla de atributos que cada Junta posee, esta información ayudo para el análisis de vulnerabilidad posterior.

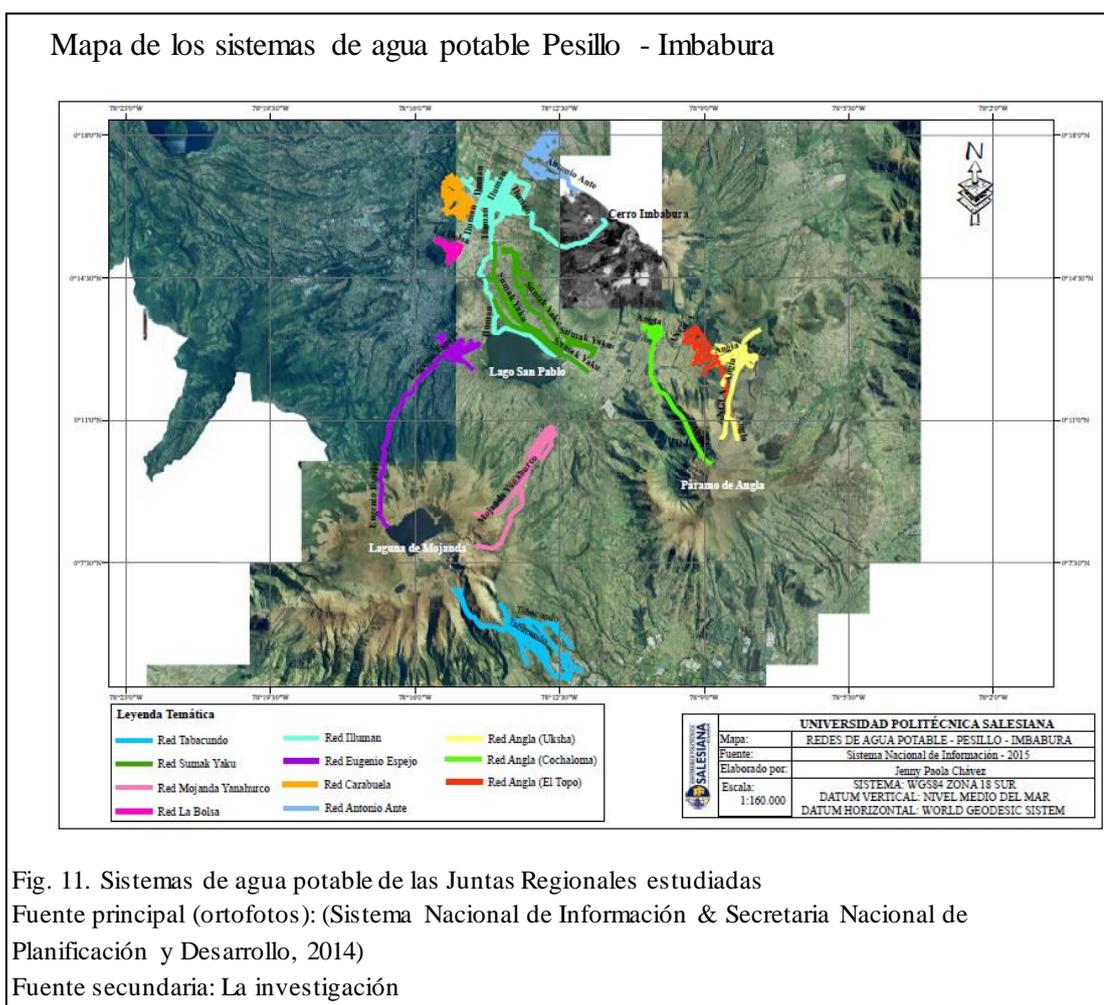


Fig. 11. Sistemas de agua potable de las Juntas Regionales estudiadas  
Fuente principal (ortofotos): (Sistema Nacional de Información & Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, 2014)  
Fuente secundaria: La investigación

#### Vulnerabilidad Ambiental

Para este estudio los indicadores que se tomaron en cuenta se muestran con mayor detalle en los Anexos 1 y 2.

Los resultados de la evaluación de los criterios antes mencionados se detallan a continuación:

Tabla 46.

Evaluación de indicadores de vulnerabilidad ambiental

| Regional       | % Uso de suelo | % Cobertura vegetal total | % Páramo | % Cuerpos de agua |
|----------------|----------------|---------------------------|----------|-------------------|
| Angla          | 1              | 0,75                      | 1        | 0,75              |
| Antonio Ante   | 1              | 1                         | 1        | 1                 |
| Eugenio Espejo | 1              | 0,5                       | 1        | 0,25              |
| Illumán        | 1              | 1                         | 1        | 1                 |
| Karabuela      | 1              | 1                         | 1        | 1                 |
| La Bolsa       | 1              | 1                         | 1        | 1                 |
| Mojanda        | 1              | 0,5                       | 0,75     | 1                 |
| Sumak Yaku     | 1              | 1                         | 1        | 1                 |
| Tabacundo      | 1              | 1                         | 1        | 1                 |

Nota: Resultados de la investigación

Tabla 47.

Evaluación de indicadores de vulnerabilidad ambiental (Cont.)

| Regional       | Deforestación (1990-2008) | Incendios forestales | Contaminación en las fuentes | Medidas de protección |
|----------------|---------------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------|
| Angla          | 0                         | 0,75                 | 0                            | 0,25                  |
| Antonio Ante   | 0,5                       | 0,25                 | 0,5                          | 1                     |
| Eugenio Espejo | 0                         | 0,5                  | 0                            | 0                     |
| Illumán        | 0                         | 0,5                  | 0                            | 0,25                  |
| Karabuela      | 0                         | 0,5                  | 0                            | 0,25                  |
| La Bolsa       | 0                         | 0                    | 0                            | 0,25                  |
| Mojanda        | 0                         | 0,5                  | 0                            | 0                     |
| Sumak Yaku     | 0                         | 0                    | 0                            | 0,25                  |
| Tabacundo      | 0                         | 0                    | 0,75                         | 0,75                  |

Nota: Resultados de la investigación

Tabla 48.

Evaluación de indicadores de vulnerabilidad ambiental por Junta Regional

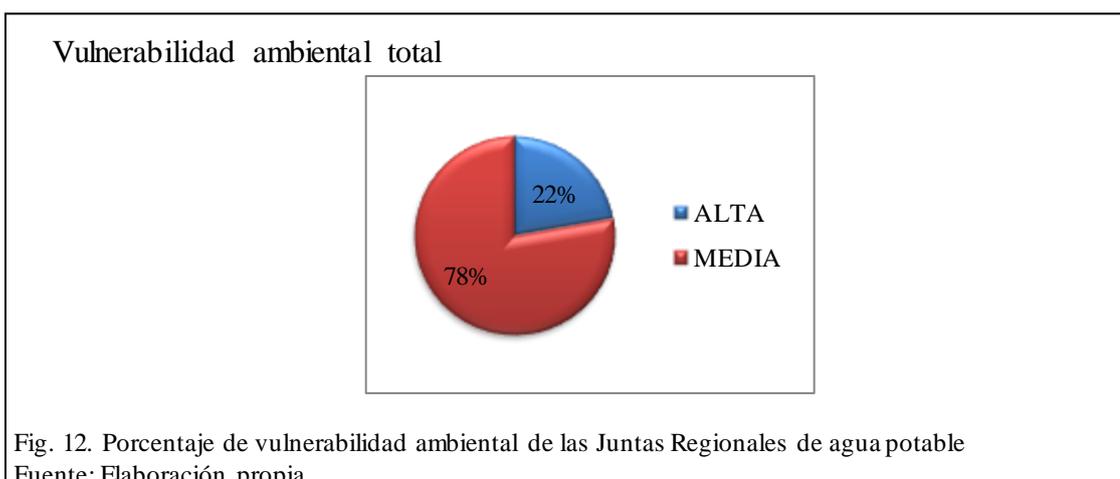
| Regional       | VULNERABILIDAD AMBIENTAL |       |                |
|----------------|--------------------------|-------|----------------|
|                | $\Sigma$                 | %     | Vulnerabilidad |
| Angla          | 4,5                      | 56,3% | MEDIA          |
| Antonio Ante   | 6,25                     | 78,1% | ALTA           |
| Eugenio Espejo | 3,25                     | 40,6% | MEDIA          |
| Illumán        | 4,75                     | 59,4% | MEDIA          |
| Karabuela      | 4,75                     | 59,4% | MEDIA          |
| La Bolsa       | 4,25                     | 53,1% | MEDIA          |
| Mojanda        | 3,75                     | 46,9% | MEDIA          |
| Sumak Yaku     | 4,25                     | 53,1% | MEDIA          |
| Tabacundo      | 5,5                      | 68,8% | ALTA           |

Nota: Resultados de la investigación

Las Juntas regionales Antonio Ante y Tabacundo presentan un nivel de vulnerabilidad alta con un porcentaje de 78,1% y 68,8% (Ver anexo 13) respectivamente, lo cual indica que los recursos naturales o el medio es susceptible a

sufrir algún tipo de daño, en las inmediaciones de ubicación de los sistemas de agua potable que manejan

De igual manera, el 78% de las juntas regionales estudiadas presentan un nivel de vulnerabilidad media como demuestra en la figura 12, lo que significa que son sistemas moderadamente vulnerables donde los indicadores muestran su sostenibilidad a corto plazo, en tanto que si las condiciones varían la vulnerabilidad puede aumentar; sin embargo el 22% tienen un nivel alto, donde las condiciones del recurso hídrico no es el adecuado para garantizar su continuidad y calidad.



Por otro lado, el indicador con mayor porcentaje en la mayor parte de las juntas es el uso de suelo para actividades agrícolas y asentamientos humanos que contrasta con el indicador de porcentaje de cobertura vegetal de páramos, que señala un valor bajo lo cual demuestra que la vulnerabilidad ambiental aumenta en zonas con estas características, como denota el figura 13, de la misma forma cabe recalcar que en ninguna de las juntas analizadas sobrepasa el 10% de cuerpos de agua, lo que señala que las fuentes son cada vez más escasas.

## Vulnerabilidad ambiental por indicador

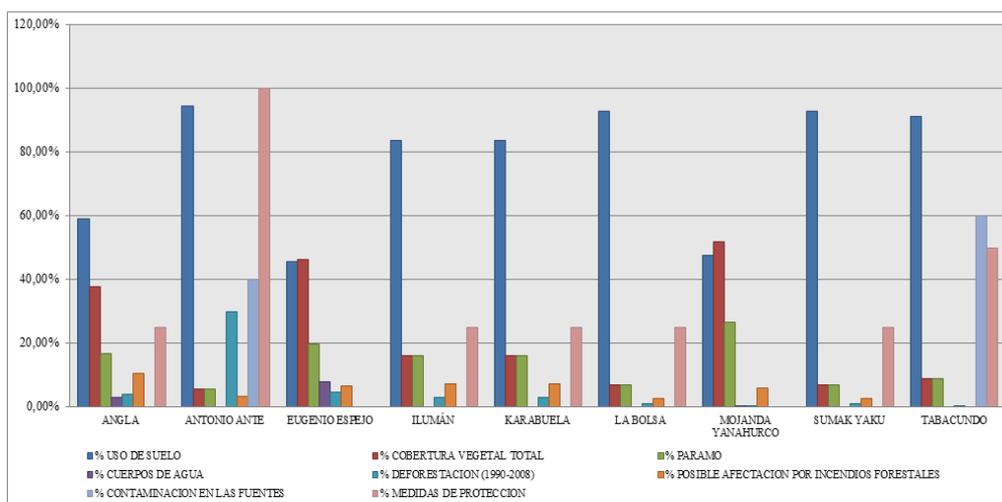


Fig. 13. Porcentaje de vulnerabilidad ambiental por indicadores  
Fuente: Elaboración propia

La vulnerabilidad ambiental antes analizada, destaca que el 100% de la población, es decir 7247 usuarios, se ven en condiciones medias a altas de que el recurso hídrico no llegue a abastecer al total de la junta, por causa del aumento de zonas agrícolas y disminución de páramos, además de afectaciones como deforestación e incendios.

## Vulnerabilidad Económica

Los indicadores analizados para vulnerabilidad económica se muestran con mayor detalle en los Anexos 3 - 5.

Los resultados de la evaluación de los indicadores antes mencionados se detallan a continuación:

Tabla 49.

Evaluación de nivel de pobreza por NBI

| <b>Regional</b>       | <b>NIVEL DE POBREZA POR NBI</b> |                      |              |     |
|-----------------------|---------------------------------|----------------------|--------------|-----|
|                       | % Personas Pobres               | Coefficiente de GINI | $\Sigma$ (1) | %   |
| <b>Angla</b>          | 0,5                             | 0,5                  | 1            | 50% |
| <b>Antonio Ante</b>   | 0,5                             | 0,25                 | 0,75         | 38% |
| <b>Eugenio Espejo</b> | 0,75                            | 0,25                 | 1            | 50% |
| <b>Ilumán</b>         | 0,75                            | 0,25                 | 1            | 50% |
| <b>Karabuela</b>      | 0,75                            | 0,25                 | 1            | 50% |
| <b>La Bolsa</b>       | 0,75                            | 0,25                 | 1            | 50% |
| <b>Mojanda</b>        | 0,75                            | 0,5                  | 1,25         | 63% |
| <b>Yanahurco</b>      | 0,75                            | 0,25                 | 1            | 50% |
| <b>Sumak Yaku</b>     | 0,75                            | 0,25                 | 1            | 50% |
| <b>Tabacundo</b>      | 1                               | 0,5                  | 1,5          | 75% |

Nota: Resultados de la investigación

Para este indicador la Junta con mayor nivel de pobreza es Tabacundo con el 75%, lo cual indica que la desigualdad es amplia y los ingresos económicos son escasos.

Tabla 50.

Resultados de la evaluación de tarifas

| <b>Regional</b>       | <b>TARIFAS</b>              |                          |                | $\Sigma$ (2) | %   |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|--------------|-----|
|                       | Consumo m <sup>3</sup> /mes | Pago m <sup>3</sup> /mes | Pago excedente |              |     |
| <b>Angla</b>          | 1                           | 0                        | 0,5            | 1,5          | 50% |
| <b>Antonio Ante</b>   | 1                           | 1                        | 0,5            | 2,5          | 83% |
| <b>Eugenio Espejo</b> | 0                           | 0                        | 0,5            | 0,5          | 17% |
| <b>Ilumán</b>         | 0                           | 1                        | 0,5            | 1,5          | 50% |
| <b>Karabuela</b>      | 0,5                         | 1                        | 0              | 1,5          | 50% |
| <b>La Bolsa</b>       | 0,5                         | 0                        | 0              | 0,5          | 17% |
| <b>Mojanda</b>        | 1                           | 0                        | 0,5            | 1,5          | 50% |
| <b>Yanahurco</b>      | 1                           | 0                        | 0,5            | 1,5          | 50% |
| <b>Sumak Yaku</b>     | 0                           | 0                        | 0              | 0            | 0%  |
| <b>Tabacundo</b>      | 0                           | 1                        | 0              | 1            | 33% |

Nota: Resultados de la investigación

La junta con un nivel de vulnerabilidad muy alto para este indicador es la de Antonio Ante, con un porcentaje de 83%, lo que expresa que no tiene definido la base de consumo, el costo del metro cubico de agua potable está por debajo de lo establecido en las áreas rurales y el cobro por el excedente no es suficiente.

Tabla 51.

Resultados de la evaluación del usos de tarifas

| Regional              | USO DE TARIFAS             |                              |                              | UTILIDAD               | $\Sigma$<br>(3) | %   |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------|-----|
|                       | Sueldo<br>operador<br>(\$) | Sueldo<br>dirigentes<br>(\$) | Compra<br>materiales<br>(\$) | DEFICIT /<br>SUPERAVIT |                 |     |
| <b>Angla</b>          | 0                          | 0                            | 0,5                          | 0                      | 0,5             | 13% |
| <b>Antonio Ante</b>   | 1                          | 1                            | 0,5                          | 0                      | 2,5             | 63% |
| <b>Eugenio Espejo</b> | 1                          | 1                            | 0                            | 1                      | 3               | 75% |
| <b>Illumán</b>        | 1                          | 0                            | 0,5                          | 0                      | 1,5             | 38% |
| <b>Karabuela</b>      | 1                          | 0,5                          | 0,5                          | 1                      | 3               | 75% |
| <b>La Bolsa</b>       | 1                          | 0,5                          | 0                            | 0                      | 1,5             | 38% |
| <b>Mojanda</b>        | 1                          | 1                            | 0                            | 0                      | 2               | 50% |
| <b>Yanahurco</b>      | 1                          | 1                            | 0                            | 0                      | 2               | 50% |
| <b>Sumak Yaku</b>     | 0                          | 0                            | 0                            | 0                      | 0               | 0%  |
| <b>Tabacundo</b>      | 0                          | 1                            | 0                            | 1                      | 2               | 50% |

Nota: Resultados de la investigación

Las juntas regionales Eugenio Espejo y Karabuela comparten el mismo porcentaje de vulnerabilidad para este indicador (75%), el cual está en un nivel alto, (tabla 51), donde los sueldos tanto para los operadores y dirigentes están por debajo del sueldo básico o no perciben este rubro y poseen un déficit de utilidad.

Tabla 52.

Evaluación de vulnerabilidad económica total

| REGIONAL              | VULNERABILIDAD ECONÓMICA |     |                |
|-----------------------|--------------------------|-----|----------------|
|                       | $\Sigma$<br>(1+2+3)      | %   | Vulnerabilidad |
| <b>Angla</b>          | 3                        | 33% | BAJA           |
| <b>Antonio Ante</b>   | 5,75                     | 64% | ALTA           |
| <b>Eugenio Espejo</b> | 4,5                      | 50% | MEDIA          |
| <b>Illumán</b>        | 4                        | 44% | MEDIA          |
| <b>Karabuela</b>      | 5,5                      | 61% | ALTA           |
| <b>La Bolsa</b>       | 3                        | 33% | BAJA           |
| <b>Mojanda</b>        | 4,75                     | 53% | MEDIA          |
| <b>Yanahurco</b>      | 4,75                     | 53% | MEDIA          |
| <b>Sumak Yaku</b>     | 1                        | 11% | MUY BAJA       |
| <b>Tabacundo</b>      | 4,5                      | 50% | MEDIA          |

Nota: Resultados de la investigación

Las juntas con vulnerabilidad económica total en nivel alto que representa el 22% seguida del 45% con nivel medio, como muestra el figura 14.

### Vulnerabilidad económica total

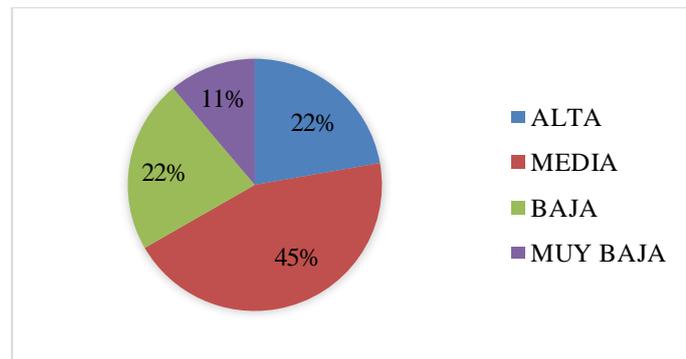


Fig. 14. Porcentaje de vulnerabilidad económica de las Juntas Regionales de agua potable  
Fuente: Elaboración propia

La junta con mayor porcentaje de vulnerabilidad económica es Antonio Ante con 64%, seguida de Karabuela con el 61%, (Ver anexo 14) en consecuencia las dos juntas presentan un déficit de utilidad, donde los ingresos no son suficientes para cubrir los gastos generados mensualmente.

La figura a continuación expresa la vulnerabilidad por junta regional y por indicador analizado, lo que representa que Antonio Ante tiene pocos ingresos para solventar sus gastos, de igual forma Eugenio Espejo y Karabuela donde no poseen la capacidad de pagar sueldos iguales a un sueldo básico, tanto a su operador como a sus dirigentes; sin embargo en la zona del proyecto el nivel de pobreza se mantiene en niveles medios en la mayoría de las juntas.

### Vulnerabilidad económica por indicador

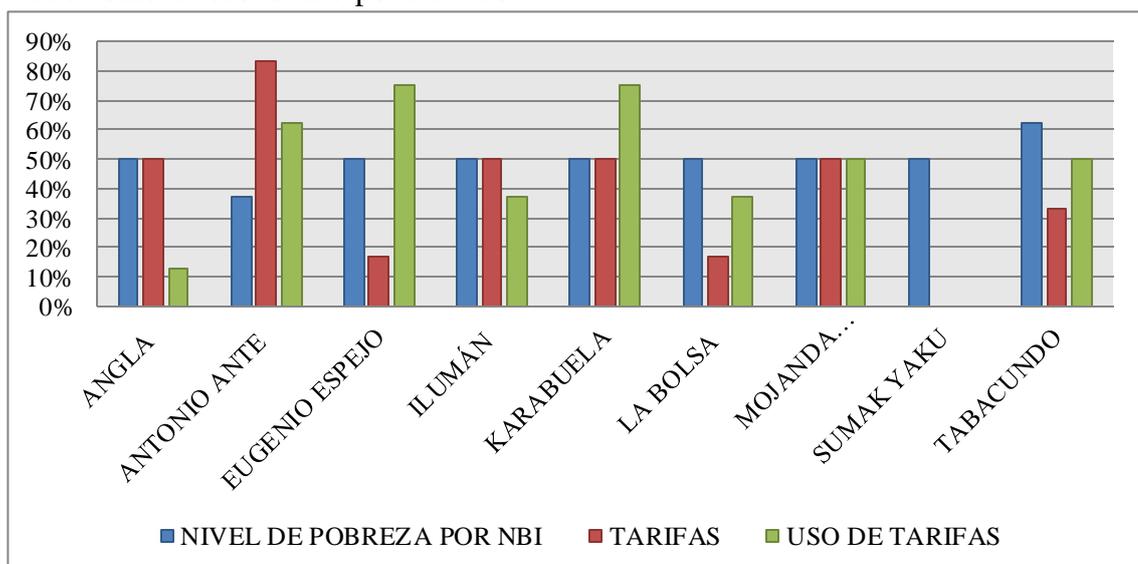


Fig. 15. Vulnerabilidad económica por indicador en las Juntas Regionales de agua potable  
Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, la cantidad de usuarios afectados dentro de las Juntas estudiadas que están en un nivel de vulnerabilidad alto y medio suman 3574, que representan el 49,3% del total de usuarios analizados.

### Vulnerabilidad Social

Dentro del análisis de vulnerabilidad social se tomaron en cuenta indicadores como población, organización como Junta Regional y dirigencia, como se indica en los Anexos 6 - 8:

Los resultados de la evaluación de los criterios antes mencionados se detallan a continuación:

Tabla 53.  
Evaluación de vulnerabilidad en la población

| Regional                 | POBLACIÓN               |        |                       |                    |                              | Σ    | %   |
|--------------------------|-------------------------|--------|-----------------------|--------------------|------------------------------|------|-----|
|                          | Demanda de agua potable |        | Abast. Hídrico        | Población expuesta | Densidad poblacional         |      |     |
|                          | Invierno                | Verano | Sobrante/<br>Faltante | Usuarios           | Usuarios/<br>km <sup>2</sup> |      |     |
| <b>Angla</b>             | 0                       | 0,5    | 0                     | 0,75               | 0,5                          | 1,75 | 35% |
| <b>Antonio Ante</b>      | 0                       | 0,5    | s/i                   | 1,00               | 1                            | 2,5  | 63% |
| <b>Eugenio Espejo</b>    | 0                       | 0      | 1                     | 0,25               | 0                            | 1,25 | 25% |
| <b>Ilumán</b>            | 0                       | 0      | 1                     | 1                  | 0,75                         | 2,75 | 55% |
| <b>Karabuela</b>         | 0                       | 0      | 1                     | 0,75               | 1                            | 2,75 | 55% |
| <b>La Bolsa</b>          | 0                       | 0      | 1                     | 0,5                | 1                            | 2,5  | 50% |
| <b>Mojanda Yanahurco</b> | 0                       | 0,25   | 0                     | 0,5                | 0,5                          | 1,25 | 25% |
| <b>Sumak Yaku</b>        | 0,50                    | 0,50   | 1                     | 1                  | 1                            | 4    | 80% |
| <b>Tabacundo</b>         | 0,75                    | 1,00   | 1                     | 0,25               | 0,25                         | 3,25 | 65% |

Nota: Abast.: Abastecimiento

Para el indicador de vulnerabilidad en la población, la Junta Regional con más alto porcentaje es Sumak Yaku con el 80%, debido a que como muestra la tabla 53, los criterios como abastecimiento hídrico, el número de usuarios expuestos y la densidad poblacional muestran el valor más alto en la calificación por lo tanto, en este indicador poseen un nivel de vulnerabilidad muy alto.

Tabla 54.

Evaluación de vulnerabilidad por la organización

| Regional          | ORGANIZACIÓN  |                    |                     |                           |      | Σ   | % |
|-------------------|---|--------------------|---------------------|---------------------------|------|-----|---|
|                   | Participación de la población en trabajos comunales | Reglamento interno | Conflictos internos | Periodicidad de asambleas |      |     |   |
| Angla             | 1   | 0,5                | 0                   | 0,75                      | 2,25 | 56% |   |
| Antonio Ante      | 0,75  | 0                  | 0                   | 0,5                       | 1,25 | 31% |   |
| Eugenio Espejo    | 0,75  | 0                  | 1                   | 0,5                       | 2,25 | 56% |   |
| Ilumán            | 0,75  | 0                  | 0                   | 0,5                       | 1,25 | 31% |   |
| Karabuela         | 0,5   | 0,5                | 0                   | 0,75                      | 1,75 | 44% |   |
| La Bolsa          | 0,75  | 0                  | 0                   | 0,75                      | 1,5  | 38% |   |
| Mojanda Yanahurco | 0,75  | 0,5                | 0                   | 0,25                      | 1,5  | 38% |   |
| Sumak Yaku        | 0,5   | 0                  | 0                   | 0,5                       | 1    | 25% |   |
| Tabacundo         | 0,75  | 0                  | 1                   | 0,75                      | 2,5  | 63% |   |

Nota: Resultados de la investigación

La Junta Regional Tabacundo, para el indicador organización presenta un porcentaje de vulnerabilidad de 63%, donde el criterio evaluado de la existencia de conflictos internos presenta la calificación más alta, lo que significa que los mismos afectan el carácter organizativo en la Junta lo que conlleva a un nivel de vulnerabilidad alto.

Tabla 55.

Evaluación de vulnerabilidad por dirigencia

| Regional          | DIRIGENCIA                                      |                          |                              | Σ    | %   |
|-------------------|---|--------------------------|------------------------------|------|-----|
|                   | Nivel de instrucción educativa de la dirigencia | Evaluación del desempeño | Bonificación de la directiva |      |     |
| Angla             | 0,5   | 0,75                     | 0                            | 1,25 | 42% |
| Antonio Ante      | 0,5   | 0,75                     | 1                            | 2,25 | 75% |
| Eugenio Espejo    | 0,75  | 0,75                     | 1                            | 2,5  | 83% |
| Ilumán            | 0,5   | 0,75                     | 0                            | 1,25 | 42% |
| Karabuela         | 0,75  | 0,75                     | 0                            | 1,5  | 50% |
| La Bolsa          | 0,75  | 0,75                     | 1                            | 2,5  | 83% |
| Mojanda Yanahurco | 0,75  | 0,75                     | 1                            | 2,5  | 83% |
| Sumak Yaku        | 0,5   | 0,75                     | 0                            | 1,25 | 42% |
| Tabacundo         | 0,75  | 0,75                     | 1                            | 2,5  | 83% |

Nota: Resultados de la investigación

Las Juntas Regionales Eugenio Espejo, La Bolsa, Mojanda Yanahurco y Tabacundo, presentan un nivel de vulnerabilidad muy alto para la capacidad dirigenal representado por el 83%, donde los criterios evaluados establecen calificaciones altas que hacen que los sistemas de agua potable que dirigen (administran) se vayan debilitando desde la directiva.

La suma de la vulnerabilidad en la población, organización y dirigencia, determinan el nivel de vulnerabilidad social, como se indica a continuación:

Tabla 56.  
Resultados de vulnerabilidad social

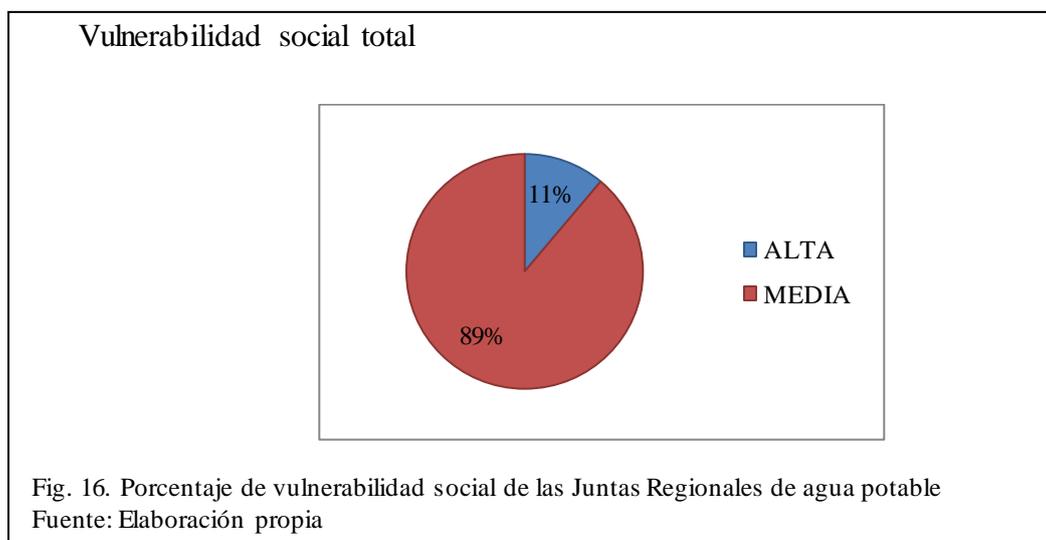
| Regional                 | VULNERABILIDAD SOCIAL |              |             |          |     |                |
|--------------------------|-----------------------|--------------|-------------|----------|-----|----------------|
|                          | Población             | Organización | Dirigencia  | $\Sigma$ | %   | Vulnerabilidad |
|                          | $\Sigma(1)$           | $\Sigma(2)$  | $\Sigma(3)$ | (1+2+3)  |     |                |
| <b>Angla</b>             | 1,75                  | 2,25         | 1,25        | 5,3      | 44% | MEDIA          |
| <b>Antonio Ante</b>      | 2,5                   | 1,25         | 2,25        | 6,0      | 50% | MEDIA          |
| <b>Eugenio Espejo</b>    | 1,25                  | 2,25         | 2,5         | 6,0      | 50% | MEDIA          |
| <b>Illumán</b>           | 2,75                  | 1,25         | 1,25        | 5,3      | 44% | MEDIA          |
| <b>Karabuela</b>         | 2,75                  | 1,75         | 1,5         | 6,0      | 50% | MEDIA          |
| <b>La Bolsa</b>          | 2,5                   | 1,5          | 2,5         | 6,5      | 54% | MEDIA          |
| <b>Mojanda Yanahurco</b> | 1,25                  | 1,5          | 2,5         | 5,3      | 44% | MEDIA          |
| <b>Sumak Yaku</b>        | 4                     | 1            | 1,25        | 6,3      | 52% | MEDIA          |
| <b>Tabacundo</b>         | 3,25                  | 2,5          | 2,5         | 8,3      | 69% | ALTA           |

Nota: Resultados de la investigación

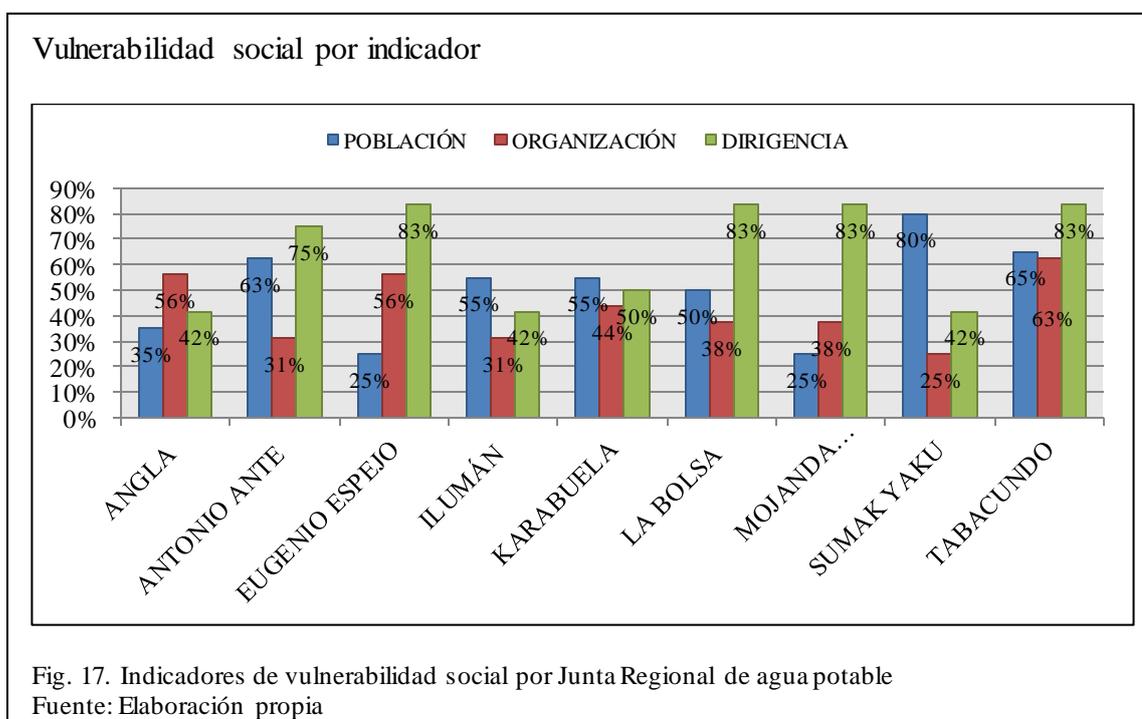
Todas las Juntas Regionales, (Anexo 15), exceptuando Tabacundo, presentan una condición de vulnerabilidad media, es decir que la densidad poblacional y la demanda de agua potable está cubierta parcialmente para la población existente en ambas épocas del año; además tienen regular organización con asambleas periódicas, no obstante, hay falencias en la dirigencia en cuanto a la instrucción educativa y a la evaluación del desempeño en la dirigencia, pero se destaca que no ha influido para que aumente su condición de vulnerabilidad social.

De las juntas regionales analizadas, la condición predominante de vulnerabilidad social es la media con un 89% seguida de la alta con el 11%, como lo indica el figura 16, por lo tanto se determina que a nivel social en cuanto a organización y dirigencia

se refiere son la base para que las personas puedan participar dentro de su comunidad y sean ente activo para lograr intereses en común.



Por otro lado, la Junta Regional Tabacundo, presenta una condición de vulnerabilidad alta, y el indicador con mayor debilidad es la dirigencia como indica el figura 17, en tanto que las Juntas Regionales restantes se encuentran en un nivel medio de vulnerabilidad, lo cual muestra que en la población, la organización y dirigencia hay debilidades.



La vulnerabilidad social antes analizada, destaca que el 3,75% de la población, es decir 272 usuarios, se ven en condiciones de exposición alto a nivel social, lo que en

consecuencia significa que la falta de organización es notable, y por parte de la dirigencia no están comprometidos con el desarrollo de la comunidad.

### Vulnerabilidad Física

Para la determinación de la vulnerabilidad física se analizaron criterios que se detallan en los Anexos 9 - 11.

Los resultados de la evaluación de los criterios antes mencionados se detallan a continuación:

Tabla 57.

Resultados de la evaluación para vulnerabilidad intrínseca

| Regional                 | VULNERABILIDAD INTRÍNSECA |                                |        |            |         |      |     |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------|------------|---------|------|-----|
|                          | Caudales                  | Caudal necesario por habitante |        | Antigüedad | Mante.* | Σ    | %   |
|                          |                           | Invierno                       | Verano |            |         |      |     |
| <b>Angla</b>             | 0                         | 1                              | 1      | 0,5        | 0,5     | 3    | 60% |
| <b>Antonio Ante</b>      | 0,5                       | 1                              | 0      | 1          | 0,25    | 2,75 | 55% |
| <b>Eugenio Espejo</b>    | 1                         | 0                              | 0      | s/i        | 1       | 2    | 50% |
| <b>Illumán</b>           | 0                         | 0                              | 0      | 0,5        | 0,5     | 1    | 20% |
| <b>Karabuela</b>         | 0,5                       | 0                              | 0      | 0,25       | 0,5     | 1,25 | 25% |
| <b>La Bolsa</b>          | 0                         | 0                              | 0      | 0,75       | 0,5     | 1,25 | 31% |
| <b>Mojanda Yanahurco</b> | 1                         | 0                              | 1      | 1          | 0       | 3    | 60% |
| <b>Sumak Yaku</b>        | 0                         | 0                              | 0      | 0,25       | 1       | 1,25 | 25% |
| <b>Tabacundo</b>         | 1                         | 0                              | 0      | 1          | 0,75    | 2,75 | 55% |

Nota: \* Mantenimiento

Según la tabla 57, la Junta Regional Mojanda Yanahurco y Angla revelan un porcentaje de vulnerabilidad de 60% para el indicador estudiado; seguida de las Juntas Antonio Ante y Tabacundo con un porcentaje de 55%, lo cual denota que los sistemas de agua potable de dichas juntas están siendo afectado por la antigüedad y la frecuencia de mantenimiento, para este último en algunos casos es cada tres meses acelerando la degradación de los mismos.

Tabla 58.

Evaluación de vulnerabilidad ante exposición de amenazas naturales

| Regional       | VULNERABILIDAD ANTE LA EXPOSICIÓN DE AMENAZAS NATURALES |         |                |                   |     | Σ   | % |
|----------------|---|---------|----------------|-------------------|-----|-----|---|
|                | Volcánicas  | Sísmico | Deslizamientos | Erosión y sequías |     |     |   |
| Angla          | 0,25  | 0,25    | 0,5            | 0,5               | 1,5 | 38% |   |
| Antonio Ante   | 0,25  | 0,25    | 0,5            | 0,5               | 1,5 | 38% |   |
| Eugenio Espejo | 0,25  | 0,25    | 0,5            | 0,5               | 1,5 | 38% |   |
| Illumán        | 0,25  | 0,25    | 0,5            | 0,5               | 1,5 | 38% |   |
| Karabuela      | 0,25  | 0,25    | 0,5            | 0,5               | 1,5 | 38% |   |
| La Bolsa       | 0,25  | 0,25    | 0,5            | 0,5               | 1,5 | 38% |   |
| Mojanda        | 0,25  | 0,25    | 0,5            | 0,5               | 1,5 | 38% |   |
| Yanahurco      | 0,25  | 0,25    | 0,5            | 0,5               | 1,5 | 38% |   |
| Sumak Yaku     | 0,25  | 0,25    | 0,5            | 0,5               | 1,5 | 38% |   |
| Tabacundo      | 0,25  | 0,25    | 0,5            | 0,5               | 1,5 | 38% |   |

Nota: Resultados de la investigación

Para la tabla 58, los criterios analizados dentro del indicador antes detallado, se encuentran en la misma zona lo que hace que los resultados no difieran, en consecuencia el porcentaje para este indicador es de 38%, es decir están en niveles bajos de vulnerabilidad.

Tabla 59.

Evaluación de vulnerabilidad por funcionamiento

| Regional       | VULNERABILIDAD POR FUNCIONAMIENTO |                                | Σ   | %    |
|----------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----|------|
|                | Dependencia a elementos externos  | Alternativas de funcionamiento |     |      |
|                | Energía eléctrica                 | Existencia/Ausencia            |     |      |
| Angla          | 0,5                               | 1                              | 1,5 | 75%  |
| Antonio Ante   | 0,5                               | 1                              | 1,5 | 75%  |
| Eugenio Espejo | 0,5                               | 1                              | 1,5 | 75%  |
| Illumán        | 1                                 | 0                              | 1   | 50%  |
| Karabuela      | 1                                 | 0                              | 1   | 50%  |
| La Bolsa       | 1                                 | 1                              | 2   | 100% |
| Mojanda        | 0,5                               | 0                              | 0,5 | 25%  |
| Yanahurco      | 0,5                               | 0                              | 0,5 | 25%  |
| Sumak Yaku     | 1                                 | 0                              | 1   | 50%  |
| Tabacundo      | 0,5                               | 1                              | 1,5 | 75%  |

Nota: Resultados de la investigación

Como indica la tabla 59, la Junta Regional La Bolsa es la que posee el mayor porcentaje de vulnerabilidad debido a que depende de la energía eléctrica al poseer

bombas para el funcionamiento del sistema, además de no poseer unidades con las cuales pueda suplir en caso de daño.

Tabla 60.

Evaluación de vulnerabilidad por infraestructura

| Regional              | VULNERABILIDAD POR INFRAESTRUCTURA |                         |                         |          |     |
|-----------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------|-----|
|                       | Fuentes                            | Tipo de infraestructura | Unidades de tratamiento | $\Sigma$ | %   |
| <b>Angla</b>          | 0,5                                | 0,25                    | 0,5                     | 1,25     | 42% |
| <b>Antonio Ante</b>   | 0,5                                | 0,5                     | 0,75                    | 1,75     | 58% |
| <b>Eugenio Espejo</b> | 0,25                               | 0,5                     | 0,5                     | 1,25     | 42% |
| <b>Ilumán</b>         | 0,25                               | 0,5                     | 0,5                     | 1,25     | 42% |
| <b>Karabuela</b>      | 0,25                               | 0,25                    | 0,25                    | 0,75     | 25% |
| <b>La Bolsa</b>       | 0,25                               | 0,5                     | 0,5                     | 1,25     | 42% |
| <b>Mojanda</b>        | 0,25                               | 0,25                    | 0,25                    | 0,75     | 25% |
| <b>Yanahurco</b>      | 0,25                               | 0,25                    | 0,25                    | 0,75     | 25% |
| <b>Sumak Yaku</b>     | 0,25                               | 0,25                    | 0,25                    | 0,75     | 25% |
| <b>Tabacundo</b>      | 0,5                                | 0,25                    | 0,5                     | 1,25     | 42% |

Nota: Resultados de la investigación

La Junta Regional Antonio Ante, para el indicador de vulnerabilidad por infraestructura posee un porcentaje de 58%, donde destaca que la categoría en las unidades de tratamiento de su sistema de agua potable es baja y requiere mejoras.

La suma de la vulnerabilidad intrínseca, por exposición ante amenazas naturales, por funcionamiento y por infraestructura, da como resultado la vulnerabilidad física total, como se especifica en la siguiente tabla.

Tabla 61.  
Evaluación Total Vulnerabilidad Física

| <b>VULNERABILIDAD FISICA</b> |                                |                                |                                |                                |  |          |                       |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|----------|-----------------------|
| <b>Regional</b>              | <b>1</b>                       | <b>2</b>                       | <b>3</b>                       | <b>4</b>                       | <b><math>\Sigma</math><br/>(1+2+3+4)</b> | <b>%</b> | <b>Vulnerabilidad</b> |
|                              | <b><math>\Sigma</math> (1)</b> | <b><math>\Sigma</math> (2)</b> | <b><math>\Sigma</math> (3)</b> | <b><math>\Sigma</math> (4)</b> |  |          |                       |
| <b>Angla</b>                 | 3                              | 1,5                            | 1,5                            | 1,25                           | 7,3                                      | 52%      | MEDIA                 |
| <b>Antonio<br/>Ante</b>      | 2,75                           | 1,5                            | 1,5                            | 1,75                           | 7,5                                      | 54%      | MEDIA                 |
| <b>Eugenio<br/>Espejo</b>    | 2                              | 1,5                            | 1,5                            | 1,25                           | 6,3                                      | 48%      | MEDIA                 |
| <b>Illumán</b>               | 1                              | 1,5                            | 1                              | 1,25                           | 4,8                                      | 34%      | BAJA                  |
| <b>Karabuela</b>             | 1,25                           | 1,5                            | 1                              | 0,75                           | 4,5                                      | 32%      | BAJA                  |
| <b>La Bolsa</b>              | 1,25                           | 1,5                            | 2                              | 1,25                           | 6,0                                      | 43%      | MEDIA                 |
| <b>Mojanda<br/>Yanahurco</b> | 3                              | 1,5                            | 0,5                            | 0,75                           | 5,8                                      | 41%      | MEDIA                 |
| <b>Sumak<br/>Yaku</b>        | 1,25                           | 1,5                            | 1                              | 0,75                           | 4,5                                      | 32%      | BAJA                  |
| <b>Tabacundo</b>             | 2,75                           | 1,5                            | 1,5                            | 1,25                           | 7,0                                      | 50%      | MEDIA                 |

Nota: 1: Vulnerabilidad intrínseca; 2: Vulnerabilidad ante la exposición de amenazas naturales; 3: Vulnerabilidad por funcionamiento; 4: Vulnerabilidad por infraestructura

La Junta Regional Antonio Ante presenta una vulnerabilidad física de 54% lo cual indica que un nivel medio, donde la falencia se encuentra en el funcionamiento como expresa la figura 19, las Juntas Angla y Tabacundo siguen con 52 % y 50% respectivamente manteniéndose en un nivel medio de vulnerabilidad.

Sin embargo, cabe acotar que el indicador para la exposición ante amenazas naturales no tiene mayor influencia para incrementar la vulnerabilidad debido a que las juntas regionales están en la misma zona de estudio y posee un porcentaje bajo.

El 67% de Juntas regionales presentan una vulnerabilidad media total como se aprecia en la figura 18, debido a que en el cálculo de la vulnerabilidad intrínseca así como también el estado de su infraestructura y funcionamiento de los sistemas de agua potable es alta. En el anexo 16 se muestra el mapa de vulnerabilidad física por junta.

### Vulnerabilidad física total

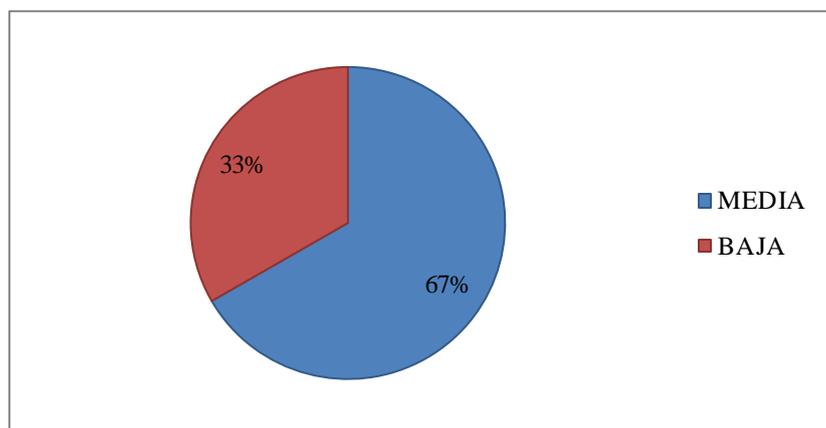


Fig. 18. Porcentaje de vulnerabilidad física de las Juntas Regionales de agua potable  
Fuente: Elaboración propia

### Vulnerabilidad física por indicador

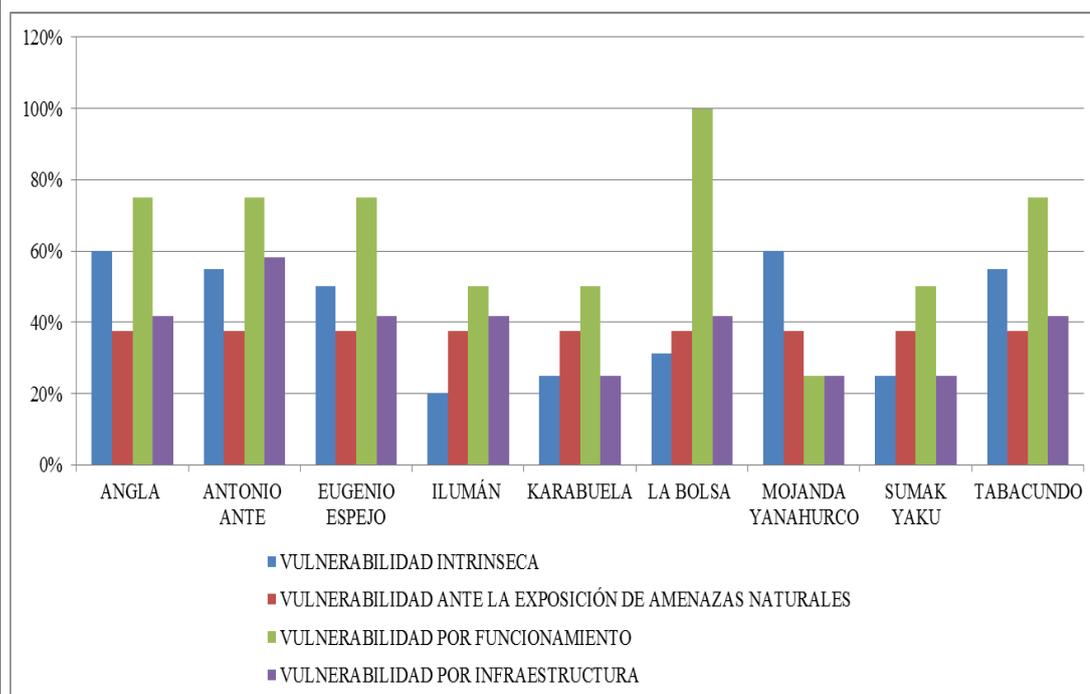


Fig. 19. Indicadores de vulnerabilidad física por Junta Regional de agua potable  
Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, el 39,49% de usuarios de las Juntas Regionales analizadas, es decir 2862 usuarios, están en un nivel de vulnerabilidad física media, lo cual indica que la infraestructura está parcialmente deteriorada y necesita una mayor frecuencia de mantenimiento para mejorar en cantidad y calidad del agua potable.

## Vulnerabilidad Operativa

En el presente estudio para el análisis de vulnerabilidad operativa se tomó en consideración la continuidad del servicio tanto para verano como invierno y la calidad de agua según establece la Norma Técnica INEN 1108, en las 9 Juntas Regionales de agua potable estudiadas del proyecto Pesillo – Imbabura, como se indica en el Anexo 12.

Tabla 62.

Evaluación de vulnerabilidad operativa

| Regional                 | VULNERABILIDAD           |        |                  |          |     | Vulnerabilidad Operativa |
|--------------------------|--------------------------|--------|------------------|----------|-----|--------------------------|
|                          | Continuidad del servicio |        | Calidad del Agua | $\Sigma$ | %   |                          |
|                          | Invierno                 | Verano |                  |          |     |                          |
| <b>Angla</b>             | 0                        | 0,25   | 0,5              | 0,75     | 25% | Baja                     |
| <b>Antonio Ante</b>      | 0                        | 0,25   | 0,5              | 0,75     | 25% | Baja                     |
| <b>Eugenio Espejo</b>    | 0                        | 0      | 0,5              | 0,5      | 17% | Muy Baja                 |
| <b>Ilumán</b>            | 0                        | 0      | 0,5              | 0,5      | 17% | Muy Baja                 |
| <b>Karabuela</b>         | 0                        | 0      | 0,5              | 0,5      | 17% | Muy Baja                 |
| <b>La Bolsa</b>          | 0                        | 0      | 0,5              | 0,5      | 17% | Muy Baja                 |
| <b>Mojanda Yanahurco</b> | 0                        | 0,5    | 1                | 1,5      | 50% | Media                    |
| <b>Sumak Yaku</b>        | 1                        | 0,5    | 0,5              | 2        | 67% | Alta                     |
| <b>Tabacundo</b>         | 1                        | 1      | 0,5              | 2,5      | 83% | Muy Alta                 |

Nota: Resultados de la investigación

La Junta Regional Tabacundo presenta una vulnerabilidad muy alta, debido a que la continuidad del servicio para invierno y verano es escasa de tan solo 9 y 4 horas diarias respectivamente, para los habitantes de esta comunidad, por otra parte la calidad de agua resultante de los análisis realizados reporta una vulnerabilidad media lo que indica que aún tiene que mejorar en su proceso de tratamiento.

De la misma forma, se determinó que el 11% de las Juntas estudiadas poseen una vulnerabilidad operativa muy alta, el 11% de las Juntas tienen una vulnerabilidad alta y el 11% de las Juntas denotan una vulnerabilidad media, como se indica en la figura 20, el indicador con mayor influencia es el de calidad de agua, donde hace denotar que tiene falencias respecto a su forma de tratamiento. En el Anexo 17 se detalla el nivel de vulnerabilidad de cada junta.

### Vulnerabilidad operativa total

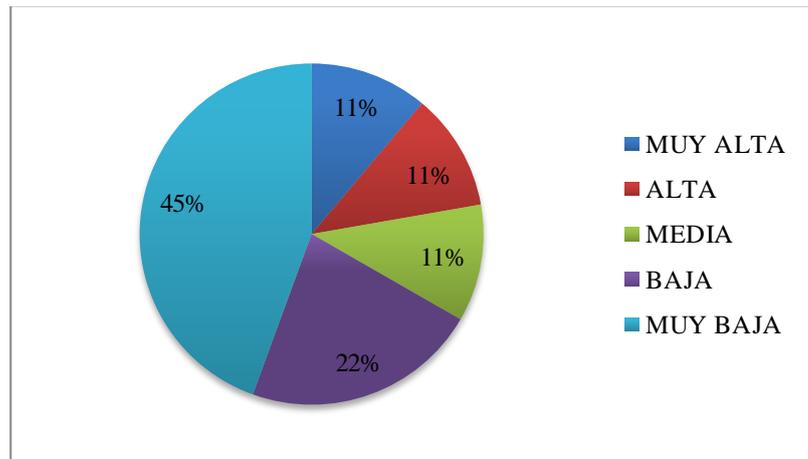


Fig. 20. Porcentaje de vulnerabilidad operativa de las Juntas Regionales de agua potable  
Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, la cantidad de usuarios afectados dentro de las Juntas estudiadas que están en un nivel de vulnerabilidad muy alto, alto y medio suman 3189, que representan el 44% del total de usuarios analizados.

### Medidas de adaptación

Para el presente estudio de vulnerabilidad las medidas de adaptación adecuadas para la zona de estudio son las siguientes:

- Como primera medida es la elaboración de un plan de mejoras en la infraestructura tanto en los componentes del sistema como en las redes de conducción de las Juntas Regionales, con esta medida se busca mejorar el nivel de eficiencia en la captación, conducción, distribución y tratamiento del agua, de tal manera que disminuyan las pérdidas en el sistema y los parámetros de calidad establecidos en la Norma Técnica INEN 1108 sean los óptimos para el consumo de los usuarios.
- Como segunda medida se plantea la búsqueda y monitoreo de nuevas fuentes de abastecimiento para el presente y futuro, los mismos pueden ser en lugares altos como páramos y aumentar la eficiencia del agua subterránea; además con esta medida se podría solventar el abastecimiento hasta llegar a las 24 horas todos los días en las juntas que sea necesario.
- Como última medida se establece implantar un cambio en la cultura del cuidado del agua tanto en las fuentes como en el uso final cuando llega a los

hogares de cada usuario dentro de las juntas regionales de agua potable Pesillo – Imbabura; con la capacitación y formación continua, se estima que con este cambio los caudales de abastecimiento aumenten, del mismo modo concientizar a las personas ayudará a promover su ahorro y preservación más en las comunidades donde el déficit va en aumento.

## **Discusión**

Según el estudio realizado por Chamba et al., (2015, p. 124- 125), “La mayor parte (50%) de Sistemas de agua potable, están en procesos de deterioro, esto se debe a que tienen una mala gestión y falta de ejecución de actividades de operación y mantenimiento y presentan interrupciones en la continuidad del servicio”, en términos de sostenibilidad, lo que se puede contrastar con el 67% de vulnerabilidad física en las Juntas Regionales, lo cual indica un nivel medio, donde presentan un tanto de organización racionamientos cortos de agua potable e infraestructura parcialmente deteriorada.

A nivel social los indicadores de organización y dirigencia son vitales para el fortalecimiento de la junta regional y se ve evidenciado en el porcentaje de vulnerabilidad en la dirigencia que tiene una tendencia entre media y muy alta, lo que identificó, Brown, Roa, & Roa, (2015, p. 69) en su estudio es que el liderazgo local se equipara al conocimiento local, pero si este conocimiento no está documentado, la organización corre el riesgo de perderlo en tiempos de transición, como un cambio en la junta directiva o en su gerente.

“El liderazgo voluntario tiene que ver con otras variables como la disponibilidad de agua, el manejo de conflictos en situaciones de escasez”, (Brown et al., 2015, p. 75), lo que se puede correlacionar con los conflictos internos presentes en cada junta regional, donde el encargado de resolverlos en muchos casos es el dirigente elegido, lo cual aumenta el nivel de vulnerabilidad que en el estudio realizado tiene una tendencia de media a alta.

#### 4. Conclusiones

La visualización del mapa con las redes de conducción y distribución además de sus componentes ayuda a identificar las zonas donde es prioritaria la atención, es decir donde existen daños de infraestructura o necesita mantenimiento, que más adelante puede debilitar al sistema; en otras palabras, volverlo más o menos vulnerable.

Las Juntas regionales Antonio Ante y Tabacundo presentan un nivel de vulnerabilidad ambiental alta con un porcentaje de 78,1% y 68,8% respectivamente, lo cual indica que los recursos naturales o el medio es susceptible a sufrir algún daño, en las inmediaciones de los sistemas de agua potable que manejan.

El 78% de las juntas regionales estudiadas presentan un nivel de vulnerabilidad ambiental media, lo que significa que son sistemas moderadamente vulnerables donde los indicadores muestran su sostenibilidad a corto plazo, en tanto que si las condiciones varían la vulnerabilidad puede aumentar; sin embargo el 22% tienen un nivel alto, donde las condiciones del recurso hídrico no es el adecuado para garantizar su continuidad y calidad.

Las juntas con vulnerabilidad económica total en nivel alto que representa el 22% seguida del 45% con nivel medio, donde los indicadores demuestran que las tarifas varían en cuanto a la base establecida para el sector rural, además que las mismas en algunos casos no son suficientes para solventar las necesidades de cada junta.

Antonio Ante tiene pocos ingresos para solventar sus gastos, de igual forma Eugenio Espejo y Karabuela donde no poseen la capacidad de pagar sueldos iguales a un sueldo básico, tanto a su operador como a sus dirigentes; sin embargo en la zona del proyecto el nivel de pobreza se mantiene en niveles medios en la mayoría de las juntas.

De las juntas regionales analizadas la condición predominante de vulnerabilidad social es la media con un 89% seguida de la alta con un 11%, por lo tanto se determina que a nivel social en cuanto a organización y dirigencia se refiere son la base para que las personas puedan participar dentro de su comunidad y sean ente activo para lograr intereses en común.

Para el análisis de vulnerabilidad física, el 67% de las juntas regionales presentan un nivel medio, lo que significa que los indicadores muestran un poco de organización, racionamientos cortos de agua potable, calidad de agua de consumo aceptable; sin embargo encontrarse en este nivel denota que hay aspectos en los cuales mejorar, y por el contrario si la junta no revierte los aspectos vulnerables encontrados por los indicadores su condición puede empeorar y no ser sustentable cuando la población se incrementa.

De los datos analizados para las juntas regionales de agua potable, la vulnerabilidad operativa alta representa un 11%, lo que significa que son sistemas vulnerables, donde los indicadores muestran la falta de organización comunitaria en tareas de operación y mantenimiento, además de graves daños en la infraestructura, mala calidad de agua de consumo y racionamientos prolongados; este es el caso de Tabacundo donde el abastecimiento de agua en época de invierno y verano es de tan solo 9 y 4 horas diarias respectivamente, tiempo insuficiente para suministrar al total de la población.

## **5. Recomendaciones**

Con los resultados antes presentados se recomienda la intervención de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Cantonales en la zona de estudio debido a que se requiere una inversión de los mismos para incluir planes, programas y proyectos que busquen la mejora de infraestructura de conducción, distribución y tratamiento del sistema de agua potable, de las Juntas regionales estudiadas. El objetivo de esta medida será el aumentar las eficiencias de conducción, distribución y tratamiento del recurso agua, de tal forma que tanto las pérdidas en el sistema como los parámetros de análisis de calidad (Norma INEN 1108) se minimicen, dando como resultado un mayor volumen disponible y de buena calidad para satisfacer las demandas de abastecimiento actual y futura.

Adicionalmente se recomienda, ampliar la investigación en cada uno de los parámetros analizados por junta regional para emitir medidas de acción acorde a las necesidades de cada comunidad.

## Referencias

- Aguilar, E. (2011). Gestión Comunitaria De Los Servicios De Agua Y Saneamiento :Su posible aplicación en México, 72.
- Asociacion Mundial para el Agua - GWP, & Comité de Consejo Tecnico - TAC. (2000). MANEJO INTEGRADO DE LOS RECURSOS HIDRICOS. *TAC BACKGROUND PAPERS, N° 4*, 1–80.
- Banco Mundial. (2013). Las dimensiones sociales del cambio climático en México. *Documento Del Banco Mundial*, (28 de mayo), 1– 74. Retrieved from <http://www.bancomundial.org/content/dam/Worldbank/document/web spa mexico.pdf>
- Basildo, R., & López, P. (1998). Aproximación bibliográfica a los Sistemas de Información Geográfica aplicados a la Ordenación del Territorio y los Recursos Naturales. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, (1993), 319–335.
- Brown, S., Roa, M., & Roa, C. (2015). Jerarquía de vulnerabilidades de las organizaciones comunitarias de agua en Colombia. *Gestión Y Ambiente*, 18(2), 51–79.
- Cabrera, H., Paredes, P., & Garcés, M. (2012). Proyecto de Desarrollo de Capacidades para el Uso Seguro de Aguas Servidas en Agricultura ( FAO , WHO , UNEP , UNU-INWEH , UNW-DPC , IWMI e ICID ) Producción de Aguas Servidas , Tratamiento y Uso en el Ecuador, 1–9.
- Chamba, C., Toapanta, V., & Lizano, R. (2015). *ESTUDIO DE LOS SISTEMAS COMUNITARIOS DE AGUA POTABLE EXISTENTES EN LA ZONA PESILLO-IMBABURA.- ANÁLISIS DE LAS FUENTES HÍDRICAS, MEDIDAS DE PROTECCIÓN E INFRAESTRUCTURA UTILIZADA EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO*. Universidad Politecnica Salesiana.
- Chanaluiza, A. I. (2015). *OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE UBICADO EN LA PARROQUIA ENOKANQUI DEL CANTÓN JOYA DE LOS*

SACHAS. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Chardon, A.-C., & González, J. L. (2002). *Indicadores para la Gestión de Riesgos. PROGRAMA DE INFORMACIÓN E INDICADORES DE GESTIÓN DE RIESGOS*. Manizales.

Colombia - Ministerio de desarrollo económico. (2000). Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. *Reglamento Técnico*, (Resolución 1096, 17 de noviembre), 1– 64.

Colombia - Ministerio de Desarrollo Económico - Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2000). REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO. *Reglamento Técnico*, (Sección II, Título B), 206.

Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2000). DOCUMENTACIÓN TÉCNICO NORMATIVA DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO : *DOCUMENTACIÓN TÉCNICO NORMATIVA DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO*, (Resolución 1096, 17 de noviembre), 119.

Ducci, J., & Cotón, X. (2014). Marco sectorial para actuación del BID en agua potable y saneamiento rural. *Banco Interamericano de Desarrollo*.

Ecuador. (2015). REGLAMENTO LEY RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. *Registro Oficial Suplemento 483*, (Decreto Ejecutivo 650, 20 de abril), 1–44. Retrieved from [http://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/reglamento\\_a\\_la\\_ley\\_de\\_recursos\\_hidricos\\_usos\\_y\\_aprovechamiento\\_del\\_agua.pdf](http://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/reglamento_a_la_ley_de_recursos_hidricos_usos_y_aprovechamiento_del_agua.pdf)

El Salvador - Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2012). Metodología para el análisis de la vulnerabilidad, 1– 42. Retrieved from <http://www.marn.sv/documentos/ordenamiento-territorial/metodologia-analisis-vulnerabilidad.pdf>

Espinoza, F., & Araque, E. (2014). *ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LOS SISTEMAS COMUNITARIOS DE AGUA*

*POTABLE EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO PESILLO -  
IMBABURA.* Universidad Politecnica Salesiana.

Esteller, M. V., Quentin, E., & Díaz, C. (2005, December). USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS. *Revista Latino-Americana de Hidrogeologia*, (March 2016), 17–30.

Fraenkel, P., & Thake, J. (2010). *Dispositivos de Elevación de Agua. Manual para usuarios y planificadores.* (Alfa Omega Editor, Ed.) (Tercera). Mexico: Enero 2010.

García González, M. L., Carvajal Escobar, Y., & Jiménez Escobar, H. (2007). La gestión integrada de los recursos hídricos como estrategia de adaptación al cambio climático Integrated water resource management as a strategy for adaptation to climate change. *Ingeniería Y Competitividad*, 9(1), 19–29.  
Retrieved from  
<http://ingenieria.univalle.edu.co/revistaingenieria/index.php/incompe/article/view/130/131>

Gobierno del Perú. (2004). Criterios para la selección de Opciones Técnicas y niveles de servicio en sistemas de abastecimiento de agua y Saneamiento en zonas rurales. Lima.

Guayasamin, S., Chamba, K., & Barba, C. (2015). *ESTUDIO DE LA DISPONIBILIDAD Y CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO A TRAVÉS DEL MONITOREO DE CAUDALES Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN LA ZONA PESILLO – IMBABURA.* UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.

Guerrero, R. (2012). *Manual de Tratamiento de Aguas.* (LIMUSA, Ed.) (Primera). Mexico: 2012.

GWP (Global Water Partnership). (2002). *Agua para el siglo XXI: de la visión a la acción.* Estocolmo, Suecia; Buenos Aires, Argentina.

- Hernández, L., & Ramírez, P. (2011). *LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA EN LA SUBCUENCA DEL RIO ACAHUAPA, DEPARTAMENTO DE SAN VICENTE, AÑO 2011*. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/files/342/11227108.pdf>
- INEC. (2010). Provincias por Cantones (SHAPEFILE). Retrieved from [http://inec.gob.ec/estadisticas/?option=com\\_content&view=article&id=162](http://inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=162)
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. (2010). Guía técnica para la reducción de la vulnerabilidad en Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, 1–104.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1997). The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/region-en.pdf>
- ITACA. (2014). Manual de Abastecimiento de Agua Potable, 92–127. Retrieved from [http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion 2 Gravedad/Manual Abastecimiento Agua Potable por gravedad con tratamiento.pdf](http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%20Gravedad/Manual%20Abastecimiento%20Agua%20Potable%20por%20gravedad%20con%20tratamiento.pdf)
- Kuroiwa, J. (2002). *Reducción de desastres. Viviendo en armonía con la naturaleza*. (CENAPRED, Ed.) (Primera, Vol. 0). Lima: PNUD.
- Lampoglia, T., Agüero, R., & Barrios, C. (2008). Guía de Orientación de Saneamiento Básico para Alcaldías de Municipios Rurales y Pequeñas Comunidades. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsac/guia/calde/2sas/2-3sas.htm>
- Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Pierce Colfer, C. J., Murdiyarsa, D., & Santoso, H. (2009). *Ante un Futuro Incierto: Cómo se pueden adaptar los bosques y las comunidades al Cambio Climático*. (CIFOR, Ed.) (Quinta). Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional. <http://doi.org/10.17528/cifor/002842>
- Magaña, V., Instituto Nacional de Ecología, & PNUD. (2013). Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático, 1–62.

- Maskrey, A. (1993). Los desastres no son naturales. *Red de Estudios Sociales En La Prevencion de Desastres En América Latina, 1*, 1– 137. Retrieved from <http://www.desenredando.org>
- Mendoza, M., & Jim, F. (2008). Metodología para el análisis de la vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano. *Recursos Naturales Y Ambiente, no. 56-57:(56)*, 91–100.
- Montoya, C., Loaiza, D., Cruz, C., Torres, P., & Escobar, C. (2009, September). Propuesta metodológica para localización de estaciones de monitoreo de calidad de agua en redes de distribución utilizando sistemas de información geográfica Methodological proposal for locating water quality monitoring stations in distribution networks u. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N.º 49.*, 129–140.
- Nicholls, R. J., & Hoozemans, F. M. J. (2005). Global Vulnerability Analysis. *Encyclopedia of Coastal Science, 214*, 866–866. [http://doi.org/10.2112/1551-5036\(2005\)21\[866:BR\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.2112/1551-5036(2005)21[866:BR]2.0.CO;2)
- Organización Panamericana de la Salud, Plaza, G., Yepéz, H., & Escuela Politécnica Nacional. (1998). *Manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable (OPS/OMS)*. Quito - Ecuador. Retrieved from <http://helid.digicollection.org/es/d/J046/3.2.5.html>
- PNUD. (2013). El agua devuelve la alegría a comunidades en Ecuador. Retrieved from <http://www.ec.undp.org/content/ecuador/es/home/ourwork/democraticgovernance/successstories/el-agua-devuelve-la-alegria-a-comunidades-en-ecuador-.html>
- PNUD, PNUMA, CEPAL, & Banco Mundial. (1999). Cooperación Regional para Reducir la Vulnerabilidad Ambiental y Promover el Desarrollo Sostenible en Centroamérica CCAD/SICA-DGMA. Estocolmo. Retrieved from <http://www.cne.go.cr/CEDO-CRID/pdf/spa/doc1195/doc1195.htm>
- Proaño, J. (2011). *Análisis de Vulnerabilidad del sistema de captación y conducción de agua potable Papallacta del Distrito Metropolitano de Quito*. Universidad Católica del Ecuador.

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). *METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES A NIVEL TERRITORIAL*. (J. Serrano, I. Pedroso, O. Pérez, S. Chang, R. Pérez, E. Fonseca, & A. Santiago, Eds.). Cuba.
- Reyes, E., & Quezada, G. (2002). *Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable*. (Consortio CAMAREN & U. de CUENCA, Eds.). Quito - Ecuador.
- Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, ECHO – DIPECHO, & Bureau for Crisis Prevention & Recovery, U. (2011). GUÍA PARA IMPLEMENTAR EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES A NIVEL CANTONAL, *III*, 0–108.
- Sistema Nacional de Información, & Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. (2014). Ortofoto. Retrieved from <http://sni.gob.ec/web/inicio/descargapdyot>
- Unda, F., & Salinas, S. (2000). *Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública*. (Grupo Noriega Editores, Ed.) (Cuarta). México: 2000.
- United Nations Environment Programme - UNEP. (2003). *Assessing Human Vulnerability to Environmental Change: Concepts, Issues, Methods and Case Studies*. Retrieved from [http://www.unep.org/publications/search/pub\\_details\\_s.asp?ID=3726](http://www.unep.org/publications/search/pub_details_s.asp?ID=3726)

## Anexos

### Vulnerabilidad ambiental

Anexo 1. Indicadores evaluados para vulnerabilidad ambiental

| <b>Regional</b>       | <b>% Uso de suelo</b> | <b>% Cobertura vegetal total</b> | <b>% Páramo</b> | <b>% Cuerpos de agua</b> |
|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------------|
| <b>Angla</b>          | 59,22%                | 37,80%                           | 16,89%          | 2,98%                    |
| <b>Antonio Ante</b>   | 94,34%                | 5,66%                            | 5,66%           | 0,00%                    |
| <b>Eugenio Espejo</b> | 45,68%                | 46,31%                           | 19,85%          | 8,01%                    |
| <b>Ilumán</b>         | 83,79%                | 16,21%                           | 16,21%          | 0,00%                    |
| <b>Karabuela</b>      | 83,79%                | 16,21%                           | 16,21%          | 0,00%                    |
| <b>La Bolsa</b>       | 92,91%                | 7,09%                            | 7,09%           | 0,00%                    |
| <b>Mojanda</b>        | 47,73%                | 51,86%                           | 26,61%          | 0,41%                    |
| <b>Yanahurco</b>      | 92,91%                | 7,09%                            | 7,09%           | 0,00%                    |
| <b>Sumak Yaku</b>     | 92,91%                | 7,09%                            | 7,09%           | 0,00%                    |
| <b>Tabacundo</b>      | 91,08%                | 8,92%                            | 8,85%           | 0,00%                    |

Nota: Resultados de la investigación

Anexo 2. Indicadores evaluados para vulnerabilidad ambiental (cont.)

| <b>Regional</b>       | <b>% Deforestación (1990-2008)</b> | <b>% Posible afectación por incendios forestales</b> | <b>Contaminación en las fuentes</b> | <b>Medidas de protección</b> |
|-----------------------|------------------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------|
| <b>Angla</b>          | 4,09%                              | 10,65%   | 5                                   | 3                            |
| <b>Antonio Ante</b>   | 29,91%                             | 3,45%  | 3                                   | 1                            |
| <b>Eugenio Espejo</b> | 4,80%                              | 6,61%  | 5                                   | 4                            |
| <b>Ilumán</b>         | 3,25%                              | 7,39%  | 5                                   | 3                            |
| <b>Karabuela</b>      | 3,25%                              | 7,39%  | 5                                   | 3                            |
| <b>La Bolsa</b>       | 1,08%                              | 2,66%  | 5                                   | 3                            |
| <b>Mojanda</b>        | 0,33%                              | 6,12%  | 5                                   | 4                            |
| <b>Yanahurco</b>      | 0,33%                              | 6,12%  | 5                                   | 4                            |
| <b>Sumak Yaku</b>     | 1,08%                              | 2,66%  | 5                                   | 3                            |
| <b>Tabacundo</b>      | 0,19%                              | 0%   | 2                                   | 2                            |

Nota: Resultados de la investigación

## Vulnerabilidad económica

### Anexo 3. Criterios evaluados para los niveles de pobreza por NBI

| Regional       | NIVELES DE POBREZA POR NBI |                    |          |
|----------------|----------------------------|--------------------|----------|
|                | % Personas pobres          | Coficiente de GINI | Usuarios |
| Angla          | 72,00%                     | 0,51               | 775      |
| Antonio Ante   | 74,40%                     | 0,38               | 1055     |
| Eugenio Espejo | 87,60%                     | 0,37               | 129      |
| Illumán        | 83,40%                     | 0,39               | 1050     |
| Karabuela      | 83,40%                     | 0,39               | 743      |
| La Bolsa       | 81,60%                     | 0,38               | 306      |
| Mojanda        |                            |                    |          |
| Yanahurco      | 83,50%                     | 0,42               | 325      |
| Sumak Yaku     | 81,60%                     | 0,38               | 2592     |
| Tabacundo      | 95,20%                     | 0,48               | 272      |

Nota: Resultados de la investigación

### Anexo 4. Criterios evaluados para la vulnerabilidad en las tarifas

| Regional       | TARIFAS        |                  |                        | Ingresos |
|----------------|----------------|------------------|------------------------|----------|
|                | Consumo m3/mes | Pago m3/mes (\$) | Pago excedente (\$)/m3 |          |
| Angla          | Indefinido     | 2,1              | n/d                    | 1627,5   |
| Antonio Ante   | Indefinido     | 1                | n/d                    | 1055     |
| Eugenio Espejo | 10             | 2                | n/d                    | 258      |
| Illumán        | 15             | 1                | n/d                    | 1050     |
| Karabuela      | 1              | 0,2              | 0,25                   | 148,6    |
| La Bolsa       | 5              | 3                | 0,25                   | 918      |
| Mojanda        |                |                  |                        |          |
| Yanahurco      | Indefinido     | 2,75             | n/d                    | 893,75   |
| Sumak Yaku     | 12             | 3                | 0,3                    | 7776     |
| Tabacundo      | 10             | 1,5              | 0,15                   | 408      |

Nota: n/d: No determinado al momento de la investigación

### Anexo 5. Criterios evaluados para la vulnerabilidad en el uso de tarifas

| Regional       | USO DE TARIFAS       |                        |                        | Egresos | UTILIDAD           |                     |
|----------------|----------------------|------------------------|------------------------|---------|--------------------|---------------------|
|                | Sueldo operador (\$) | Sueldo dirigentes (\$) | Compra materiales (\$) |         | Ingresos - Egresos | Deficit / Superavit |
| Angla          | 354                  | 354                    | n/d                    | 708     | 919,5              | Superavit           |
| Antonio Ante   | 40                   | Ninguno                | n/d                    | 40      | 1015               | Superavit           |
| Eugenio Espejo | 100                  | Ninguno                | 350                    | 450     | -192               | Deficit             |
| Illumán        | 316                  | 354x 2                 | n/d                    | 1024    | 26                 | Superavit           |
| Karabuela      | 290                  | 270x5                  | n/d                    | 1640    | -1491,4            | Deficit             |
| La Bolsa       | 150                  | 40                     | 60                     | 250     | 668                | Superavit           |
| Mojanda        |                      |                        |                        |         |                    |                     |
| Yanahurco      | 292                  | Ninguno                | 150                    | 442     | 451,75             | Superavit           |
| Sumak Yaku     | 354 x7               | 354x4                  | 1000                   | 3894    | 3882               | Superavit           |
| Tabacundo      | 354                  | Ninguno                | 100                    | 454     | -46                | Deficit             |

Nota: Resultados de la investigación

## Vulnerabilidad social

### Anexo 6. Criterios evaluados para vulnerabilidad en la población

| Regional                 | POBLACIÓN               |                    |                   |                    |                         |          |                     |
|--------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|----------|---------------------|
|                          | Demanda de agua potable |                    | Abast. Hídrico    | Población expuesta | Densidad poblacional    |          |                     |
|                          | Cobert. Invierno (%)    | Cobert. Verano (%) | Sobrante/Faltante | Usuarios           | Área (km <sup>2</sup> ) | Usuarios | hab/km <sup>2</sup> |
| <b>Angla</b>             | 100                     | 50                 | Sobrante          | 775                | 27,355                  | 775      | 28,3                |
| <b>Antonio Ante</b>      | 100                     | 50                 | S/I               | 1055               | 7,3108                  | 1055     | 144,3               |
| <b>Eugenio Espejo</b>    | 100                     | 100                | Faltante          | 129                | 14,278                  | 129      | 9,03                |
| <b>Illumán</b>           | 100                     | 100                | Faltante          | 1050               | 24,443                  | 1050     | 42,9                |
| <b>Karabuela</b>         | 100                     | 100                | Faltante          | 743                | 5,679                   | 743      | 130,8               |
| <b>La Bolsa</b>          | 100                     | 100                | Faltante          | 306                | 3,093                   | 306      | 98,9                |
| <b>Mojanda Yanahurco</b> | 100                     | 75                 | Sobrante          | 325                | 11,57                   | 325      | 28,1                |
| <b>Sumak Yaku</b>        | 66,7                    | 66,7               | Faltante          | 2592               | 17,924                  | 2592     | 144,6               |
| <b>Tabacundo</b>         | 37,5                    | 8,3                | Faltante          | 272,0              | 15,043                  | 272      | 18,1                |

Nota: Abast.: Abastecimiento/ Cobert.: Cobertura

### Anexo 7. Criterios evaluados para vulnerabilidad en la organización

| Regional                 | ORGANIZACIÓN  |                    |                     |                           |
|--------------------------|---|--------------------|---------------------|---------------------------|
|                          | Participación de la población en trabajos comunales | Reglamento interno | Conflictos internos | Periodicidad de asambleas |
|                          | Numero de participaciones                           | SI/NO              | SI/NO               | Cada                      |
| <b>Angla</b>             | 0   | SI- USUARIOS       | No                  | 6 meses                   |
| <b>Antonio Ante</b>      | 1   | SI - SENAGUA       | No                  | 3 meses                   |
| <b>Eugenio Espejo</b>    | 1   | SI - SENAGUA       | Si                  | 4 meses                   |
| <b>Illumán</b>           | 1   | SI - SENAGUA       | No                  | 3 meses                   |
| <b>Karabuela</b>         | 2   | SI- USUARIOS       | No                  | 6 meses                   |
| <b>La Bolsa</b>          | 1   | SI - SENAGUA       | No                  | 6 meses                   |
| <b>Mojanda Yanahurco</b> | 1   | SI- USUARIOS       | No                  | 1 mes                     |
| <b>Sumak Yaku</b>        | 2   | SI - SENAGUA       | No                  | 3 meses                   |
| <b>Tabacundo</b>         | 1   | SI - SENAGUA       | Si                  | 6 meses                   |

Nota: Resultados de la investigación

Anexo 8. Criterios evaluados para vulnerabilidad de la dirigencia

| <b>DIRIGENCIA</b>        |   |                                 |                                     |
|--------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Regional</b>          | <b>Nivel de instrucción educativa del dirigente</b> | <b>Evaluación del desempeño</b> | <b>Bonificación de la directiva</b> |
|                          |   | Número de formas de evaluación  | SI/NO                               |
| <b>Angla</b>             | Secundaria  | 1                               | Si                                  |
| <b>Antonio Ante</b>      | Secundaria  | 1                               | No                                  |
| <b>Eugenio Espejo</b>    | Primaria  | 1                               | No                                  |
| <b>Illumán</b>           | Secundaria  | 1                               | Si                                  |
| <b>Karabuela</b>         | Primaria  | 1                               | Si                                  |
| <b>La Bolsa</b>          | Primaria  | 1                               | No                                  |
| <b>Mojanda Yanahurco</b> | Primaria  | 1                               | No                                  |
| <b>Sumak Yaku</b>        | Secundaria  | 1                               | Si                                  |
| <b>Tabacundo</b>         | Primaria  | 1                               | No                                  |

Nota: Resultados de la investigación

**Vulnerabilidad Física**

Anexo 9. Criterios evaluados para vulnerabilidad intrínseca

| <b>VULNERABILIDAD INTRÍNSECA</b> |                                  |                                 |                                       |               |                          |              |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------|--------------------------|--------------|
| <b>Regional</b>                  | <b>Caudal de concesión (L/s)</b> | <b>Caudal anual total (L/s)</b> | <b>Caudal necesario por habitante</b> |               | <b>Antigüedad (años)</b> | <b>Mant.</b> |
|                                  |                                  |                                 | <b>Invierno</b>                       | <b>Verano</b> |                          |              |
| <b>Angla</b>                     | 3,2                              | 0,4683                          | Insuficiente                          | Insuficiente  | 17                       | Mensual      |
| <b>Antonio Ante</b>              | 0,4                              | 0                               | Insuficiente                          | Suficiente    | 32                       | Bisemanal    |
| <b>Eugenio Espejo</b>            | 1,5                              | 4,62285                         | Suficiente                            | Suficiente    | s/i                      | Trimestral   |
| <b>Illumán</b>                   | 11                               | 7,5114                          | Suficiente                            | Suficiente    | 16                       | Mensual      |
| <b>Karabuela</b>                 | 7                                | 6,2958                          | Suficiente                            | Suficiente    | 10                       | Mensual      |
| <b>La Bolsa</b>                  | 2,7                              | 1,5252                          | Suficiente                            | Suficiente    | 25                       | Mensual      |
| <b>Mojanda Yanahurco</b>         | 0,5                              | 0,8521                          | Suficiente                            | Insuficiente  | 28                       | Semanal      |
| <b>Sumak Yaku</b>                | 9                                | 5,174                           | Suficiente                            | Suficiente    | 11                       | Trimestral   |
| <b>Tabacundo</b>                 | 2,35                             | 1,70215                         | Suficiente                            | Suficiente    | 28                       | Bimensual    |

Nota: Mant.: Mantenimiento

Anexo 10. Criterios evaluados para vulnerabilidad por la exposición ante amenazas externas y funcionamiento.

| Regional          | EXPOSICIÓN ANTE AMENAZAS NATURALES   |                       |                                    |   | FUNCIONAMIENTO    |                     |
|-------------------|--|-----------------------|------------------------------------|---|-------------------|---------------------|
|                   |  |                       |                                    |   | Dependencia       | Alternativas        |
|                   | 1  | 2                     | 3                                  | 4   | Energía eléctrica | Existencia/Ausencia |
| Angla             | Posible afectación parcial por: caída de ceniza y flujo de piroclastos; Nivel de peligro: Bajo | Nivel de peligro bajo | Nivel de peligro : moderado a bajo | Nivel de peligro a sequias: alto a moderado ; Nivel de peligro a erosión: moderada a alta | Parcial           | Ausencia            |
| Antonio Ante      |  |                       |                                    |   | Parcial           | Ausencia            |
| Eugenio Espejo    |  |                       |                                    |   | Parcial           | Ausencia            |
| Illumán           |  |                       |                                    |   | Total             | Existencia          |
| Karabuela         |  |                       |                                    |   | Total             | Existencia          |
| La Bolsa          |  |                       |                                    |   | Total             | Ausencia            |
| Mojanda Yanahurco |  |                       |                                    |   | Parcial           | Existencia          |
| Sumak Yaku        |  |                       |                                    |   | Total             | Existencia          |
| Tabacundo         |  |                       |                                    |   | Parcial           | Ausencia            |

Nota: 1: Volcánica; 2: Sísmico; 3: Deslizamientos; 4: Erosión y sequias

Anexo 11. Criterios Evaluados de vulnerabilidad por infraestructura

| Regional          | INFRAESTRUCTURA |                         |                         |
|-------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
|                   | Fuentes         | Tipo de Infraestructura | Unidades de tratamiento |
|                   | Categoría       | Categoría               | Categoría               |
| Angla             | B               | A                       | B                       |
| Antonio Ante      | B               | B                       | C                       |
| Eugenio Espejo    | A               | B                       | B                       |
| Illumán           | A               | B                       | B                       |
| Karabuela         | A               | A                       | A                       |
| La Bolsa          | A               | B                       | B                       |
| Mojanda Yanahurco | A               | A                       | A                       |
| Sumak yaku        | A               | A                       | A                       |
| Tabacundo         | B               | A                       | B                       |

Nota: Resultados de la investigación

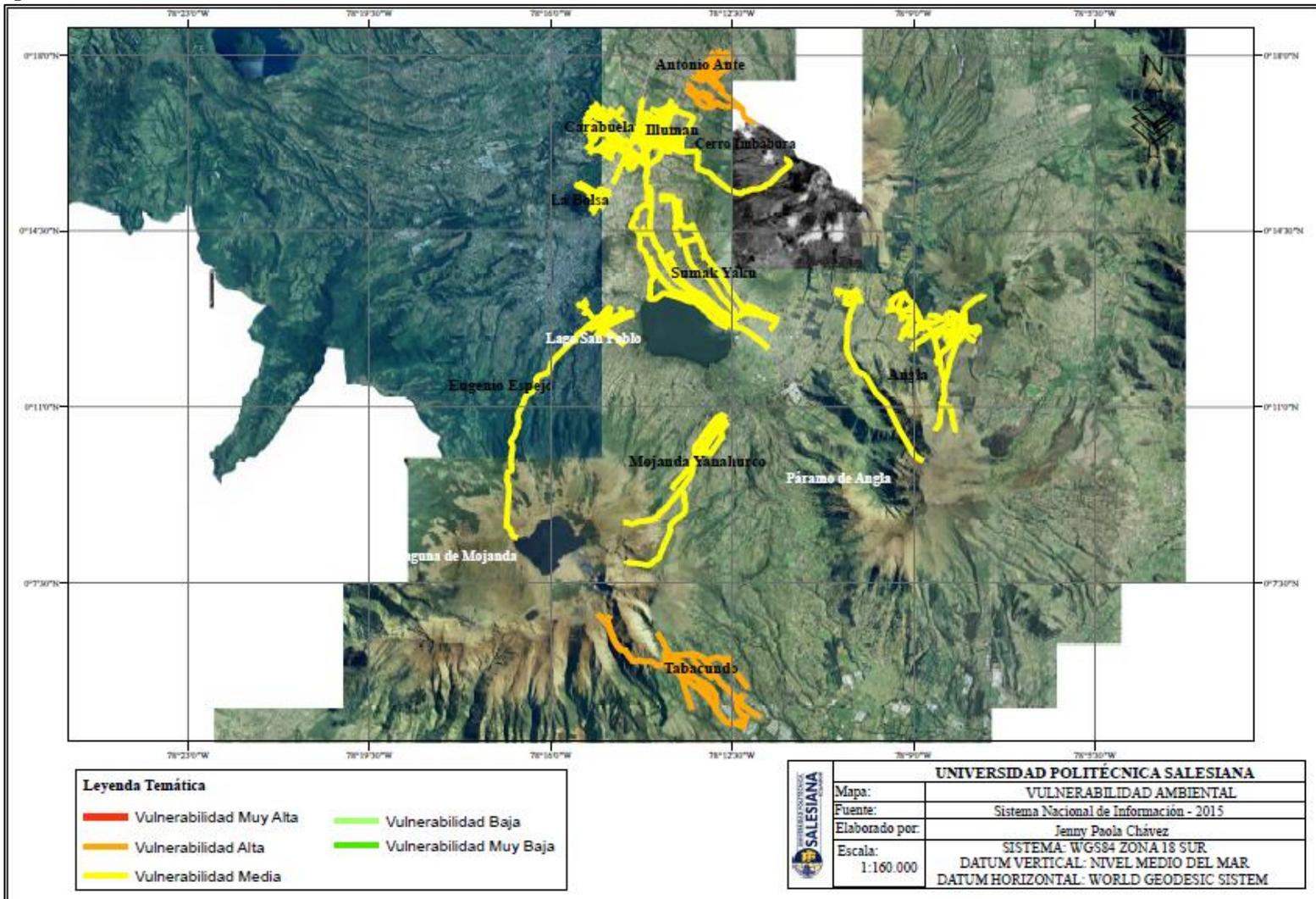
## Vulnerabilidad Operativa

### Anexo 12. Criterios evaluados para vulnerabilidad operativa

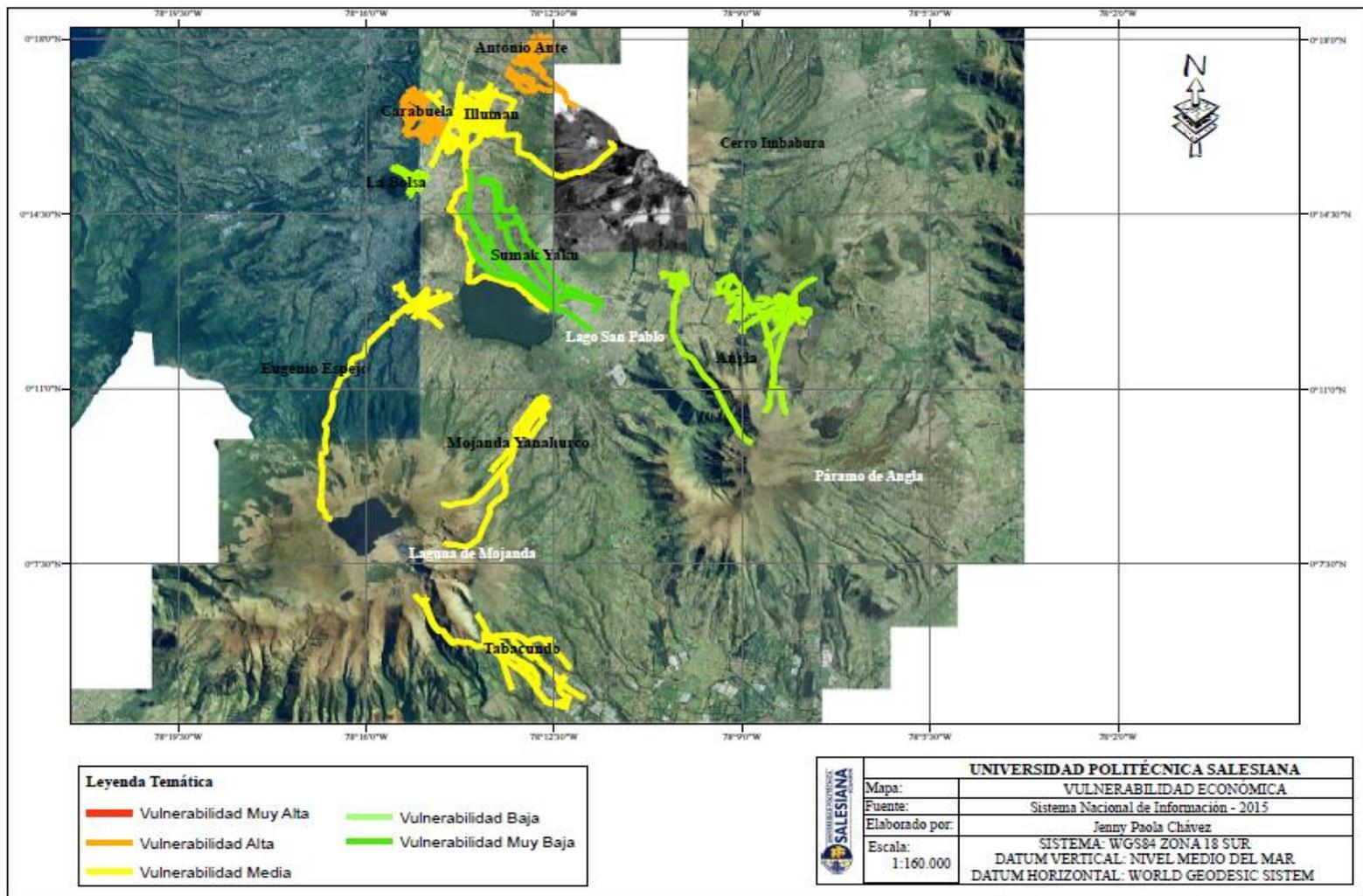
| Regional                     | Continuidad del servicio     |                                  | Calidad del agua  |
|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---|
|                              | Invierno                     | Verano                           |   |
| <b>Angla</b>                 | 24 horas<br>(todos los días) | 12 horas<br>(Todos los días)     | La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 58,33%, en el primer monitoreo realizado. |
| <b>Antonio Ante</b>          | 24 horas<br>(todos los días) | 24 horas<br>(Pasando una semana) | La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 50,0%, en el primer monitoreo realizado.  |
| <b>Eugenio Espejo</b>        | 24 horas<br>(todos los días) | 24 horas<br>(Todos los días)     | La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 50,0%, en el primer monitoreo realizado.  |
| <b>Illumán</b>               | 24 horas<br>(todos los días) | 24 horas<br>(Todos los días)     | La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 75,0%, en el primer monitoreo realizado.  |
| <b>Karabuela</b>             | 24 horas<br>(todos los días) | 24 horas<br>(Todos los días)     | La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 66,67%, en el primer monitoreo realizado. |
| <b>La Bolsa</b>              | 24 horas<br>(todos los días) | 24 horas<br>(Todos los días)     | La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 58,33%, en el primer monitoreo realizado. |
| <b>Mojanda<br/>Yanahurco</b> | 24 horas<br>(todos los días) | 18 horas<br>(Todos los días)     | La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 33,33%, en el primer monitoreo realizado. |
| <b>Sumak Yaku</b>            | 16 horas<br>(todos los días) | 16 horas<br>(Todos los días)     | La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 83,33%, en el primer monitoreo realizado. |
| <b>Tabacundo</b>             | 9 horas (todos los días)     | 4 horas<br>(pasando un día)      | La norma INEN 1108 para calidad de agua es cumplida en un 58,33%, en el primer monitoreo realizado. |

Nota: Resultados de la investigación

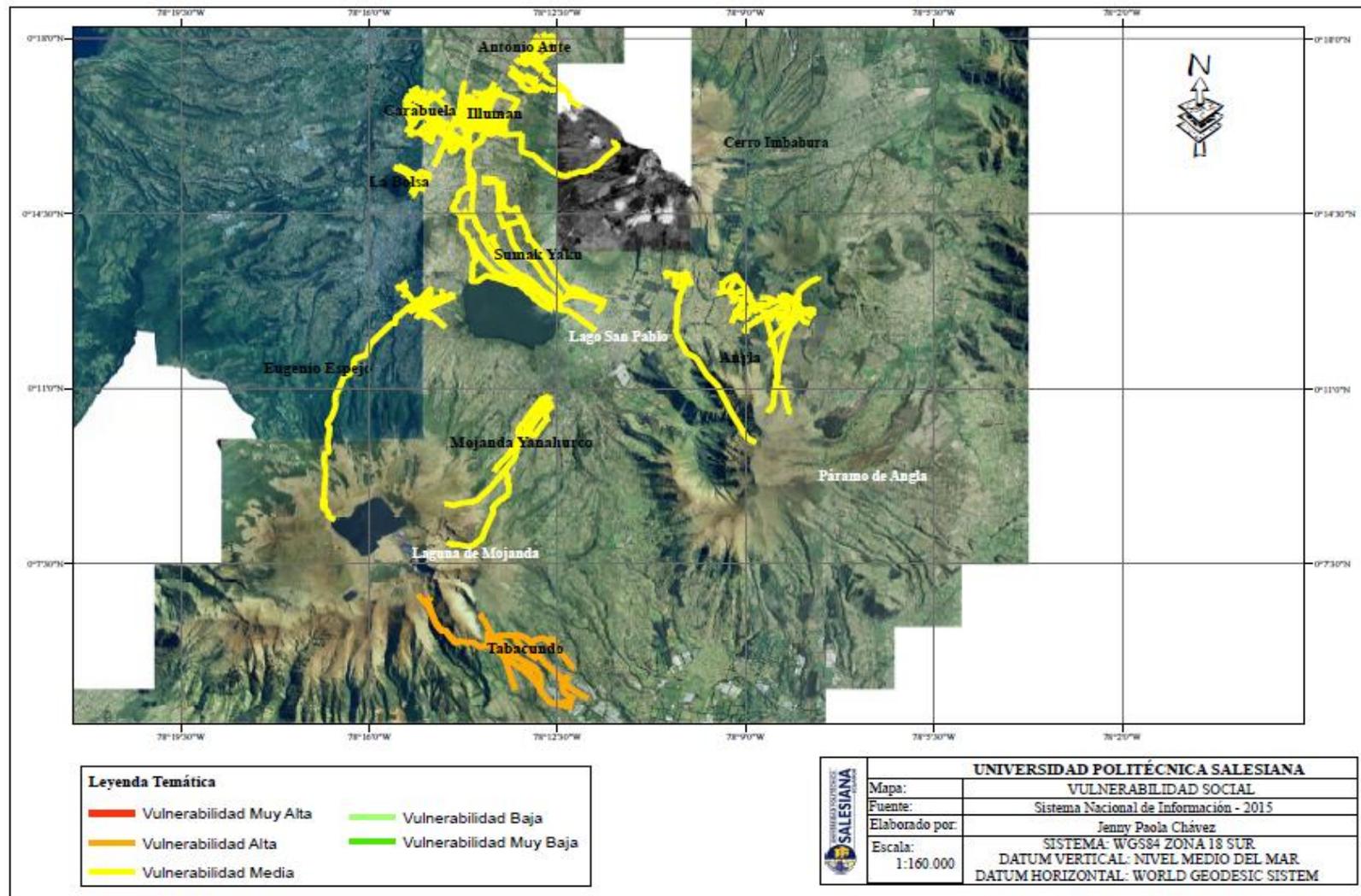
Anexo 13. Mapa de vulnerabilidad ambiental



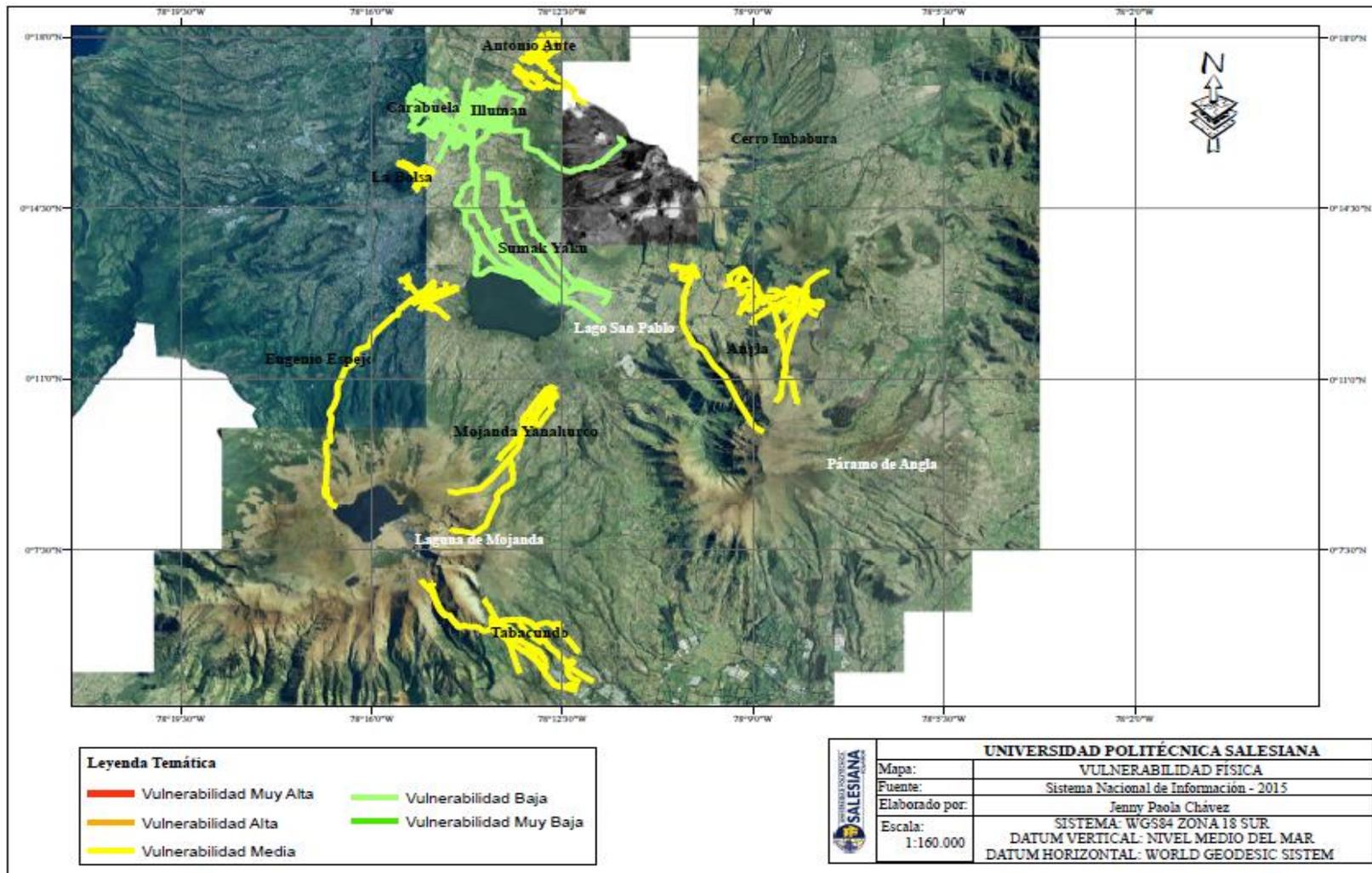
Anexo 14. Mapa de vulnerabilidad económica



Anexo 15. Mapa de vulnerabilidad social



Anexo 16. Mapa de vulnerabilidad física



Anexo 17. Mapa de vulnerabilidad operativa

