



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO
ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL
RIESGO

TEMA:

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA LÍNEA DE
CONDUCCIÓN DE AGUA DE LA EP-EMAPAG, EN LA PARROQUIA GUANUJO,
CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR EN EL PERÍODO NOVIEMBRE
2022- FEBRERO 2023

AUTORES:

MONCAYO LEMA CINTHYA PAMELA
NUÑEZ PEÑALOZA ALEJANDRA MARIELA

TUTOR

ING. LUIS VILLACÍS
GUARANDA – ECUADOR

2020 – 2021

**I. CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO
EMITIDO POR EL TUTOR(A)****CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO
INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.**

Guaranda, 10 de abril de 2023

El suscrito Ingeniero Luis Villacis Taco MsC., Director de Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: “ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE LA EP-EMAPAG, EN LA PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR EN EL PERÍODO NOVIEMBRE 2022 - FEBRERO 2023”; realizado por las señoritas: MONCAYO LEMA CINTHYA PAMELA Y NUÑEZ PEÑALOZA ALEJANDRA MARIELA ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad, facultando a los interesados dar al presente documento el uso legal que estimen conveniente.



ING. LUIS VILLACIS TACO.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE PRE GRADO

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor a mis hijos Jared y Jarely, por ser la fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día y así poder luchar para que la vida nos destine un mejor porvenir.

A mis amados padres Norma y Marcelo, mi hermano Christopher y hermana que la vida me destinó Marisol, quienes con sus palabras de aliento nunca dejaron que decayera para que pudiera seguir adelante y ser perseverante para cumplir mis ideales.

A mi amiga, Alejandra quien sin esperar nada a cambio compartió sus conocimientos, alegrías y tristezas, estuvo a mi lado apoyándome y juntas logramos que este sueño se haga realidad.

Gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

Pamela Moncayo

Mi trabajo de investigación se la dedico principalmente a Dios por brindarme salud y vida, a mis padres y hermana por ser las personas que estuvieron a mi lado en todo momento de mi formación académica, por su sacrificio y esfuerzo; su bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien, a mi hija por ser el motor de mi vida y tener la valentía de esperar mientras mamá estudiaba, siendo la inspiración más grande para no rendirme a pesar de las adversidades.

Alejandra Núñez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo.

Ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado. Continuamente han sido mis mejores guías de vida.

Hoy cuando concluyo mis estudios, les agradezco a ustedes este logro, como una meta más conquistada. Orgullosa de haberlos elegido como mi familia y que estén a mi lado en este momento tan importante.

Finalmente, un agradecimiento especial al Ing. Luis Villacis en calidad de tutor, por guiarnos de la mejor manera en el desarrollo del presente proyecto, mediante sus conocimientos y así finalizar exitosamente este trabajo.

Pamela Moncayo

Agradezco a Dios, a mis padres Wilson y Gladys por sostenerme en mi trayecto de vida, a mi hermana Adriana por ser la persona que estuvo a mi lado apoyándome siempre, a mi preciosa hija Samantha Sofia que a pesar de no tenerme a diario me demostró la valentía, comprensión y estímulo constante para continuar en el camino de la superación.

Mi agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar, por admitirme en sus instancias y ser parte de ella, a los docentes que impartieron sus enseñanzas y conocimientos.

Finalmente, un agradecimiento especial al Ing. Luis Villacis en calidad de tutor, por guiarnos de la mejor manera en el desarrollo del presente proyecto, mediante sus conocimientos y así finalizar exitosamente este trabajo.

Alejandra Núñez

TABLA DE CONTENIDO

I. CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO EMITIDO POR EL TUTOR(A).....	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
II. TEMA.....	9
III. RESUMEN	10
IV. ABSTRACT	11
V. INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO 1.....	14
EL PROBLEMA.....	14
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 OBJETIVO GENERAL:.....	15
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	15
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.5 LIMITACIONES	17
CAPÍTULO II:.....	18
2 MARCO TEÓRICO	18
2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	18
.....	18
2.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
2.3 BASES TEÓRICAS.....	36

2.3.1	SISTEMA DE CONDUCCIÓN DEL AGUA	36
2.3.2	DESLIZAMIENTOS	39
2.3.3	REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES	43
2.3.4	FALLAS GEOLÓGICAS	44
2.4	MARCO LEGAL.....	47
2.5	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS (GLOSARIO).....	49
2.6	DEFINICIÓN Y SISTEMA DE VARIABLE.....	52
2.6.1	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	52
2.6.2	VARIABLE DEPENDIENTE	52
2.7	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	52
CAPÍTULO 3.....		59
MARCO METODOLÓGICO.....		59
2.8	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	59
2.9	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	59
2.10	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 61	
2.11	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS (ESTADÍSTICO UTILIZADO)	61
CAPITULO IV		74
RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....		74
RESULTADOS SEGÚN EL PRIMER OBJETIVO		74
RESULTADOS SEGÚN EL SEGUNDO OBJETIVO.....		79
BIBLIOGRAFÍA		109

ILUSTRACIÓN 1: LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.....	18
ILUSTRACIÓN 2: CAPTACIONES	19
ILUSTRACIÓN 3: “CIÉNEGO”.....	33
ILUSTRACIÓN 4: CAPTACIÓN "PACHALA".....	34
ILUSTRACIÓN 5: CAPTACIÓN "LOZÁN 3"	35
ILUSTRACIÓN 6: CAPTACIÓN "TOROGUAÑUNA"	36
ILUSTRACIÓN 7: PARTES DE UN DESLIZAMIENTO	40
ILUSTRACIÓN 8: OBJETIVO 1.....	67
ILUSTRACIÓN 9: MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT).....	74
ILUSTRACIÓN 10: GRAVA	75
ILUSTRACIÓN 11: LIMO	75
ILUSTRACIÓN 12: CURVAS DE NIVEL "GRAVA"	75
ILUSTRACIÓN 13: CURVAS DE NIVEL "LIMO".....	75
ILUSTRACIÓN 14: MAPA DE PENDIENTE "GRAVA"	76
ILUSTRACIÓN 15: MAPA DE PENDIENTE "LIMO"	76
ILUSTRACIÓN 16: ÁREA DE CONTRIBUCIÓN "GRAVA".....	76
ILUSTRACIÓN 17: ÁREA DE CONTRIBUCIÓN "LIMO"	76
ILUSTRACIÓN 18: Q/T "LIMO".....	77
ILUSTRACIÓN 19: Q/T "GRAVA"	77
ILUSTRACIÓN 20: MAPA DE INESTABILIDAD	79
ILUSTRACIÓN 21: IDENTIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTOS A LO LARGO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA.....	107

TABLA 1: COORDENADAS DE LA VERTIENTE.....	26
TABLA 2: HISTORIA DE LAS ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN Y PRETRATAMIENTO.....	27
TABLA 3: CAPTACIONES	32
TABLA 4: TIPOS DE DESLIZAMIENTOS	41
TABLA 5: VARIABLE INDEPENDIENTE.....	53
TABLA 6: VARIABLE DEPENDIENTE	58
TABLA 7: DENSIDAD RELATIVA DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	63
TABLA 8: DENSIDAD DEL SUELO.....	63
TABLA 9: RELACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO Y ÁNGULO DE FRICCIÓN	64
TABLA 10: MATRIZ DE PONDERACIÓN DE VULNERABILIDAD PARA AMENAZA A DESLIZAMIENTOS	
TABLA 11: RANGO DE PONDERACIÓN.....	71
TABLA 12: NIVEL DE VULNERABILIDAD	72
TABLA 13: ZONAS INESTABLES DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE	77
TABLA 14: MATRIZ PROGRAMAS DE LAS NACIONES UNIDAS (PNUD)	85
TABLA 15: MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGOS	93
TABLA 16: COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.....	104

II. TEMA

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GUARANDA EP-EMAPAG, EN LA PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR EN EL PERÍODO NOVIEMBRE 2022- FEBRERO 2023

III. RESUMEN

El proyecto de investigación denominado “Análisis de susceptibilidad a deslizamientos en la línea de conducción de agua de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda EP-EMAPAG, en la parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia Bolívar en el período 2022- 2023”; se basó en metodologías cualitativas, cuantitativas, transversal, su diseño mixto, descriptivo y de campo, el cual tiene como objetivo analizar la susceptibilidad a deslizamientos en la línea de conducción de agua.

Además, fue de gran importancia la utilización de la metodología en función de la ley Morth Coulomb, que se basa en el modelo digital SHALSTAB, cabe recalcar que se debe tener algunos factores como la textura y densidad real del suelo en donde se obtuvo la inestabilidad crónica, esto hace que se convierta en un riesgo para la población beneficiaria del líquido vital.

Posteriormente para caracterizar el nivel de vulnerabilidad se aplicó la metodología del Programa de Naciones Unidas (PNUD), así mismo se obtuvo el resultado de riesgo alto corroborando la información inicial.

Finalmente, se diseñó medidas de reducción de riesgos con el fin de mantener informada a la empresa y así las autoridades puedan tomar decisiones basándose en los principios del desarrollo sostenible, y estas sean acertadas, por lo tanto, minimizar las afectaciones y daños en la línea de conducción del sistema de agua potable para la ciudad de Guaranda y de esta manera evitar cortes, racionamientos, y contaminación en general.

Palabras clave: Mohr Colulomb, Nivel de vulnerabilidad, Shaltab.

IV. ABSTRACT

The research project called "Analysis of susceptibility to landslides in the water pipeline of the Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda EP-EMAPAG, in the Guanujo parish, Guaranda canton, Bolivar province in the period 2022- 2023"; was based on qualitative, quantitative, cross-sectional methodologies, its mixed, descriptive and field design, which aims to analyze the susceptibility to landslides in the water pipeline.

In addition, it was of great importance the use of the methodology based on the Morth Coulomb law, which is based on the SHALSTAB digital model, it should be emphasized that some factors must be taken into account such as the texture and real density of the soil where the chronic instability was obtained, this makes it become a risk for the population benefiting from the vital liquid.

Subsequently, in order to characterize the level of vulnerability, the methodology of the United Nations Program (UNDP) was applied and the result of high risk was obtained, corroborating the initial information.

Finally, risk reduction measures were designed in order to keep the company informed so that the authorities can make decisions based on the principles of sustainable development, and these are correct, thus minimizing the impact and damage to the pipeline of the drinking water system for the city of Guaranda and thus avoid cuts, rationing, and contamination in general.

Key words: Mohr Colulomb, Vulnerability level, Shaltab.

V. INTRODUCCIÓN

Los movimientos de tierra de intensidad moderada y alta se consideran de alto riesgo, encontramos que los deslizamientos de tierra son causados por cambios en el equilibrio natural de las pendientes, pueden ocurrir durante lluvias torrenciales o después de sequías, terremotos o erupciones volcánicas. Los deslizamientos ocurren cuando el agua se acumula rápidamente en la tierra, lo que resulta en una acumulación repentina de rocas, suelo y escombros saturados de agua, es más probable que ocurran deslizamientos de tierra en áreas empinadas donde la vegetación ha sido destruida por incendios forestales o cambios topográficos provocados por el hombre, especialmente durante o después de las lluvias. (Casaverde, 2016)

En varias provincias de la Sierra Centro del país se disparó las alarmas frente a los primeros eventos peligrosos provocados por la temporada invernal que, de acuerdo a los informes presentados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, pronostica más lluvias de intensidad en los meses de enero a mayo.

Las infraestructuras básicas no han estado exentas de verse afectadas por la amenaza de deslizamientos, en este caso, por la presencia continua de precipitaciones en la última temporada se ha convertido en una amenaza latente en la línea de conducción de agua potable para la ciudad de Guaranda, ya que se ha notado una sobresaturación del suelo originando deslizamientos de diferentes dimensiones, que han sido evidenciados; pues las tuberías han sufrido daños.

En tal sentido la presente investigación procura determinar zonas inestables en la línea de conducción de agua potable, utilizando la metodología en función de la Ley Mohr-Coulomb, que se desarrolla mediante el modelo SHALSTAB, en donde se analiza y caracteriza los factores de riesgos que estarían influyendo para generar zonas inestables y susceptibles a deslizarse, específicamente con base al *relieve* y al *tipo de suelo* por donde pasa la tubería y las captaciones.

Posteriormente se evaluará la vulnerabilidad del sistema, en función de los parámetros del PNUD a la cual también se le ha aplicado una adaptación de nuevos factores técnicos

y cuantitativos que afinarán los resultados de vulnerabilidad de la tubería ante la amenaza de deslizamientos.

Finalmente se pretende plantear medidas de Reducción de Riesgos frente a deslizamientos con el fin de que las autoridades puedan minimizar las afectaciones y daños en la línea de conducción del sistema de agua potable para la ciudad de Guaranda y de esta manera evitar cortes, racionamientos, y contaminación en general.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los deslizamientos de tierra son eventos que constituyen una de las principales amenazas para el territorio, son limitados en área, pero con un nivel de frecuencia elevada.

El acceso al agua en la ciudad de Guaranda está estrechamente ligado a 48 captaciones de agua principalmente en la parte norte de la ciudad de Guaranda, (páramo del arenal) y a una línea de conducción de 39.30 kilómetros, las cuales se han visto en constante problemática debido a los daños que se presentan por los deslizamientos, principalmente en la época de lluvias.

La (Fundación Ayuda en Acción, 2017) manifiesta que el agua es indispensable para la vida, lo es para producir los alimentos que comemos, para garantizarnos una higiene básica y para el consumo humano directo. No obstante, se estima que 663 millones de personas viven sin agua potable en el mundo, y esto genera problemas tremendos, sobre todo, en las regiones más deprimidas del mundo. El derecho humano al agua es indispensable para vivir dignamente y es condición previa para la realización de otros derechos humanos. Es por eso que el agua debe tratarse fundamentalmente como un bien social y cultural, y no sólo como un bien económico.

Mediante información obtenida de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, se han presentado cuatro registros de deslizamientos en la línea de conducción de agua, que está comprendida desde las captaciones que se encuentran ubicadas en el Arenal y llegan hasta la planta de tratamiento de agua potable de la EP-EMAPAG en la parroquia Guanujo, sector Chaquishca, el primero se suscitó la tarde del 01 de enero del 2023 en el sector denominado “Ciénego”, el siguiente deslizamiento se suscitó la mañana del 12 de abril de 2022 en la captación Pachala, además el 26 de mayo de 2021 un fuerte aguacero causo problemas en la línea de conducción de agua potable en la captación “Lozán 3”, finalmente el ultimo deslizamiento se produjo el 13 de marzo

de 2019 en la captación de “Toroguañuna”; en la última temporada de lluvias ocurridas en la provincia Bolívar, sobre todo en la parte norte de la ciudad, se ha notado una sobresaturación de suelo originando grietas de diferentes dimensiones; personal operativo de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado EMAPAG, ha observado efectos derivados de dicha sobresaturación, deslizamientos en la misma.

La ausencia de estudios técnicos sobre deslizamientos, ha hecho que la empresa no disponga de una solución eficiente cuando ocurran habiendo cortes en el líquido vital y la ciudadanía sea la afectada.

Por esta razón surge la necesidad de un estudio enfocado en el reforzamiento de las medidas de reducción de riesgos con la finalidad de que la Empresa Municipal esté informada y sepa cómo actuar en caso de ocurrencia; cabe recalcar que existen informes mas no estudios técnicos que valide información necesaria para minimizar efectos adversos, por tal motivo se ha visto la necesidad de implementar dicho estudio, con el fin de visibilizar zonas susceptibles a deslizamientos.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el nivel de susceptibilidad a deslizamientos en la línea de conducción de agua de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda EP-EMAPAG, en la parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia Bolívar?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

Analizar la susceptibilidad a deslizamientos en la línea de conducción de agua de la EP-EMAPAG en la parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia Bolívar.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar zonas inestables frente a deslizamientos en la línea de conducción de agua, desde las captaciones hasta la planta de tratamiento de agua potable de la EP-EMAPAG.

- Caracterizar la vulnerabilidad física que existe en la línea de conducción de agua, desde las captaciones hasta la planta de tratamiento de agua potable de la EP-EMAPAG.
- Proponer medidas de Reducción de Riesgos para minimizar efectos secundarios que producen los deslizamientos.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto de investigación se desarrolla debido a la presencia de deslizamientos en la línea de conducción de agua, que va desde las captaciones que se encuentran ubicadas en el Arenal y llegan hasta la planta de tratamiento en Chaquishca; además de la presencia de distintas grietas con afloramientos de agua, convirtiéndose en riesgo potencial para la línea de conducción, se indica que no existe estudios de riesgo que permitan minimizar posibles daños en la zona.

El presente estudio se realizará con el fin de conocer como interactúan los factores de riesgo en el deslizamiento además de implementarse estudios técnicos para comprender las causas del porque se desestabiliza el talud; con esto a su vez se genera información que aporte al ordenamiento territorial.

Razón por la cual se ha considerado necesario desarrollar el presente estudio denominado “Análisis de susceptibilidad a deslizamientos en la línea de conducción de agua de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda EP-EMAPAG, en la parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia Bolívar”, que tiene por objetivo evaluar las condiciones de vulnerabilidad y establecer estrategias de reducción de riesgos ante deslizamientos, lo que permite de manera directa la toma de decisiones acertadas para precautelar la continuidad del servicio de agua potable, permitiendo colocar la tubería por zonas seguras para evitar cuantiosos daños en la línea de conducción de agua, puesto a que cuentan con niveles estándares en el caudal que abastece a dicha planta, por lo tanto se pretende alcanzar un nivel eficaz en el servicio, pues no habrá disminución ni suspensión de agua potable y la ciudadanía guarandeña tendrá una agua de calidad apta para el consumo humano.

Por otra parte, la Universidad Estatal de Bolívar será beneficiada indirectamente, pues el uso y aplicación de nuevas metodologías será un aporte fundamental para desarrollar análisis de susceptibilidad a eventos adversos, tecnologías baratas para el desarrollo y aplicación de una metodología innovadora, viable y efectiva y así combinar aplicaciones tecnológicas en el estudio de campo.

Esta investigación es viable, porque se cuenta con el apoyo de las autoridades y el personal de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado- Guaranda, con la ejecución de dicho Proyecto de Integración Curricular tendrá beneficiarios directos e indirectos; pues los recursos con los que contamos para la realización del mismo forjan beneficios como la prevención, en caso de la ocurrencia de un evento adverso.

Por tal razón es de gran importancia identificar factores de riesgo que influyen en el deslizamiento, se obtendrá datos precisos de las zonas de la línea de conducción, que estará expuesta a deslizamientos, habiendo sectores considerados como *crónicamente inestables* tomando en cuenta variables importantes como el tipo de suelo y la pendiente.

1.5 LIMITACIONES

Dentro de las limitaciones consideradas para el desarrollo del trabajo se consideró:

- Demora de la EMAPA-G en brindar información necesaria para el avance del proyecto.
- Escasez de estudios técnicos en la línea de conducción de agua potable.
- En la zona norte de la ciudad de Guaranda no se cuenta con planes de prevención.

CAPÍTULO II:

2 MARCO TEÓRICO

2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Guaranda cuenta con un servicio de agua potable a gravedad, abastecido por aguas subterráneas, que afloran en distintos sitios del sector denominado El Arenal ubicada al Noreste de la ciudad, en las estribaciones del Chimborazo en una franja de 15 km de largo por 4 a 6 km de ancho. El sistema fue construido por el Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública, en el año de 1959. En 1968, 1982 surgieron ampliaciones a este sistema base que fueron construidas por el IEOS y en 1993 por el Municipio de la ciudad de Guaranda. (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, 2021)

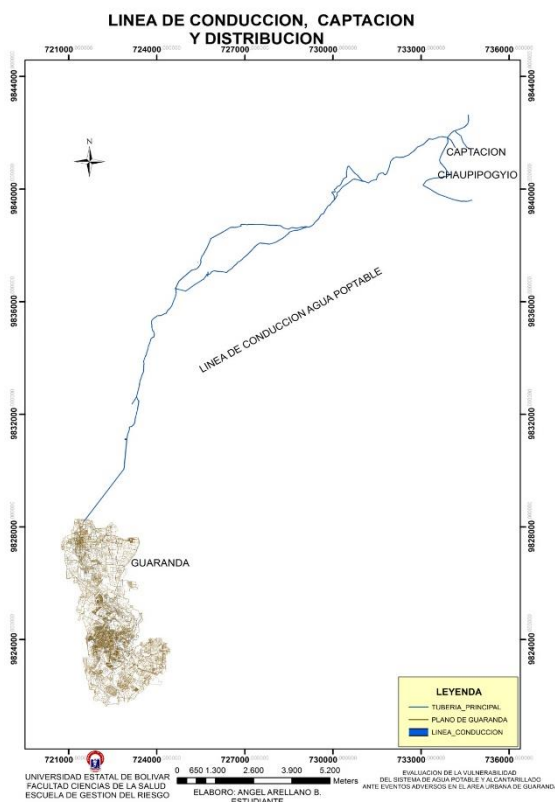


Ilustración 1: Línea de conducción de agua potable

Fuente: Departamento de Gestión de Riesgos

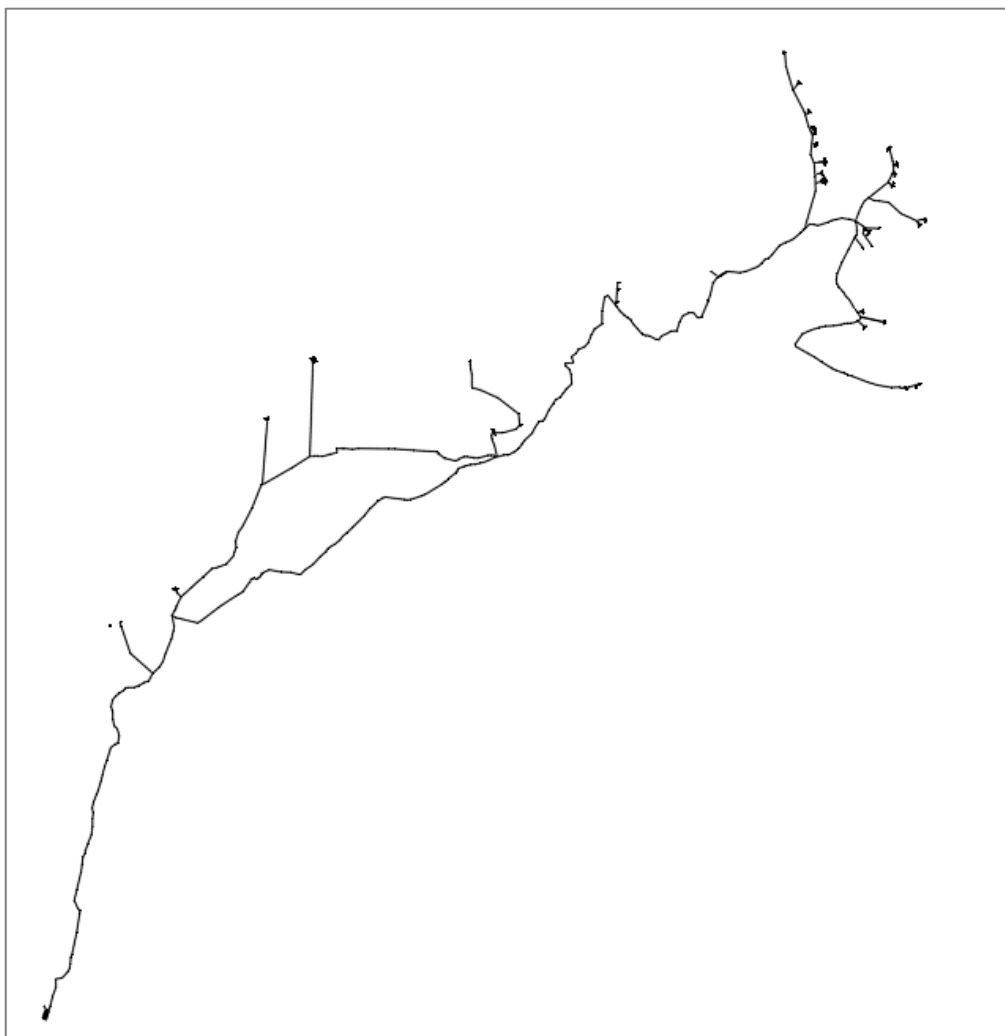


Ilustración 2: Captaciones

Fuente: EPMAPA-G

En forma general los materiales encontrados en la zona de estudio corresponden a **suelos arenosos** con matriz de **limos** en la parte alta y **arenas** con matriz de gravas y aluviales, de color variado entre café claro y oscuro hasta gris de plasticidad alta y no plásticos y humedad media. Además, está formado por pendientes de hasta treinta grados y quebradas de variable altura, que corresponden a deslaves y relieves naturales. La rasante de los accesos se define de acuerdo a la sinuosidad del terreno. (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, 2021)

Dirección: Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira
Guaranda – Ecuador
Teléfono: (593) 3220 6059
www.ueb.edu.ec

El suelo del sector está condicionado por el desnivel encontrado en cada perforación, la capacidad admisible se obtiene con el número de golpes con los ensayos de penetración estándar, el mismo que se tomará en cuenta para el cálculo de esfuerzo y el nivel de desplante de las estructuras para lo cual se recomienda lo siguiente.

- ✓ La cimentación directa y continua sobre un mejoramiento de 0.20m de espesor.
- ✓ La capacidad de carga admisible del suelo de carga 12.0 t/m²
- ✓ La profundidad de cimentación –1.80m. considerando 0.00 el nivel de la boca del pozo.

La línea de conducción se inicia en el sector de El Arenal, en donde existen tres grandes ramales que conducen las aguas desde los cajones recolectores de las captaciones, hasta una línea de conducción principal que inicia en el tanque Recolector GPS 3 que lleva las aguas desde El Arenal hasta la planta de tratamiento de Chaquishca.

Las conducciones están formadas por líneas de tubería de AC, en su gran mayoría y de PVC en los tramos nuevos. Se entiende que la tubería de AC debe ser reemplazada porque ha cumplido su vida útil. (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, 2021)

TIPOS DE SUELO

Algunos tipos de suelo que predomina en el área de estudio se refiere a (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, 2021):

- Se sitúa al suroeste del volcán Chimborazo donde colinda con los paisajes de páramo cerca de los 3200 msnm y con el valle del río Chimbo, es una cuenca deprimida con superficies planas relieves colinares moderados con pendientes que varían entre 25 y 50%, sobre rellenos volcánico- sedimentarios y piroclásticos de tipo interandino con cobertura piroclástica continua. Suelos *húmicos* pardo negruzcos, franco-arcillosos, profundos. Una parte de la ciudad de Guaranda se localiza sobre esta unidad geomorfológica.
- En la línea de conducción que se encuentran en el sector “El Arenal” predomina el suelo tipo *andosoles* desaturados rejuvenecidos pardos y más negros en las altitudes más elevadas, relieves diversificados sobre volcánicos antiguos tipo

lavas básicas e intercalaciones volcánico sedimentarias; este suelo es característico de los depósitos de deslizamientos y coluviones antiguos.

- Se estima que el suelo que es comprendido en el km19.2, en el verano la producción de polvo se intensifica y es especialmente crítica en las áreas de captación y ciertos tramos de la conducción, por las condiciones propias del suelo, donde predominan formaciones de *suelo fino y arena*, en las capas superficiales descubiertas, las cuales en estado seco son propensas a volatilizarse por el paso de vehículos o por la acción del viento.
- Los suelos predominantes son los *arenosos*, que se localizan principalmente sobre las partes planas y onduladas; la textura varía de finos a gruesos, profundos, con menos del 1 % de materia orgánica en el horizonte superior, pH neutro (7), por lo que han sido clasificados como UDORTHENT.

2.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del proyecto se considera estudios similares que se detallan a continuación:

- ✚ Mediante el proyecto de investigación denominado “Evaluación de la vulnerabilidad física del sistema de agua potable y alcantarillado ante eventos adversos en el área urbana de Guaranda periodo febrero 2012 a Febrero 2013”, se ha logrado determinar la vulnerabilidad física en el sistema de agua potable y alcantarillado ante amenazas naturales que permita el establecimiento de estrategias de reducción de riesgos además de elaborar una propuesta de fortalecimiento institucional de la EMAPA-G, como medida de reducción de riesgos y preparación ante posibles eventos adversos para los sistemas de agua potable y alcantarillado de la ciudad. (Arellano, 2012-2013)
- ✚ El trabajo realizado por (Santacruz, 2018), tuvo como objetivo principal analizar la vulnerabilidad físico funcional del Sistema de Agua Potable de Guaracapas ante deslizamientos en la parroquia de Angochagua, cantón Ibarra, en donde se realizó un estudio que permitió contar con las capacidades de la empresa para

reducir los riesgos y responder a emergencias y/o eventos adversos y asegurar la continuidad del servicio de agua potable con estándares de calidad, que posteriormente fueron calificadas y ponderadas hasta la obtención del nivel de vulnerabilidad final de cada uno de los componentes del sistema.

- ✚ Según (Pachacama & Cevallos, 2012), tuvo como objetivo principal determinar parámetros de calificación para un Análisis Multicriterio de los estudios de líneas de conducción, obras de captación, túneles y vías del proyecto en donde el análisis contempla la captación y el aprovechamiento de los ríos que nacen en las vertientes orientales de la Cordillera Real, además del análisis de vulnerabilidad física de un asentamiento humano o una ciudad, es necesario entender los procesos de daños debido a fenómenos naturales.
- ✚ Para (Becerra, 2016) en el trabajo titulado Análisis de Susceptibilidad y Peligrosidad por deslizamientos de tierra, en las microcuencas Yantzaza y Pitá, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG)”, teniendo como objetivo principal el análisis de la susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos del área de estudio, utilizando Sistemas de Información Geográfica nos manifiesta que los terrenos inestables se originan cuando en las pendientes naturales decrece la capacidad para resistir las fuerzas de gravedad, las cuales entran en fase de desequilibrio a causa de las modificaciones geométricas del relieve, originadas por factores como la disminución de la cohesión interna, la presión del agua, etc. Pueden moverse de forma lenta, rápida y extremadamente rápida, según la topografía, el tamaño de la masa del suelo o roca afectada, el modo de falla y la acción del agua.
- ✚ Mediante las investigaciones descritas anteriormente, logramos obtener estudios bases para elaborar el presente proyecto de investigación, de esta manera analizar y proporcionar diferentes criterios al estudio planteado. Según (Pachacama & Cevallos, 2012), mencionan que en la investigación se ha relacionado un análisis multicriterio de las líneas de conducción del agua, que en nuestra investigación nos ayudará de tal manera que se caracterizará la vulnerabilidad que existe en la

línea de conducción de agua, desde las captaciones hasta la planta de tratamiento de agua potable.

- ✚ Mediante el trabajo realizado por (Santacruz, 2018), relacionamos con el presente proyecto porque según el tercer objetivo que fue planteado se fomentará las medidas de reducción de riesgos respondiendo a emergencias o eventos adversos para asegurar el funcionamiento del servicio de agua potable con estándares de calidad que servirán a la ciudadanía guarandeña.
- ✚ Con el estudio realizado por (Becerra, 2016) se ha determinado un análisis de susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos, con dicho estudio base se logrará utilizar sistemas de Información Geográfica para determinar zonas inestables en la línea de conducción de agua. Cabe mencionar que el abastecimiento de agua potable supone la captación del agua y su conducción hasta el punto en el que se consume en condiciones aptas, para que el agua sea apta para el consumo no solo tiene que cumplir requisitos de tipo sanitario, sino también requisitos relativos a la calidad.
- ✚ Mediante un estudio realizado por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado manifiesta que es de gran importancia realizar la factibilidad y diseños definitivos del proyecto de agua potable para la ciudad de Guaranda. (CORPCONSUL CIA. LTDA., 2010)”

Los tramos que se describen a continuación son los que presentan problemas de funcionamiento, el resto no presenta dificultades hidráulicas, sin embargo, las tuberías de AC deberán ser reemplazadas por PVC.

Ramal Toro Guañuna – GPS 3

- Los tramos “Toro1”, “Toro2” y “Toro Guañuna 3” funcionan sobre un canal no revestido. Se recomienda instalar tubería de PVC para mejorar la conducción del agua y preservar su calidad, adicionalmente se evitará la pérdida por infiltración. Se debe construir cajones recolectores en los empates de las conducciones.
- Desde el “Recolector 2” hasta el “Empate Cond-C9” se tienen dos tramos de conducción, el primero es un canal abierto sin revestimiento, el mismo que debe

ser reemplazado por tubería de PVC. El segundo tramo es de tubería de PVC de 200 mm de 60 m de longitud que se reduce a 110 mm hasta empatar con la conducción que viene de la captación 9, en una longitud de 1.470 m. Este último tramo de 110 mm, es crítico ya que la línea piezométrica para el caudal captado de 6,88 l/s se encuentra por debajo del perfil de la tubería, lo que ocasiona problemas de funcionamiento, por lo que debe ser rediseñado a fin de obtener condiciones hidráulicas adecuadas hasta el empate citado.

- El tramo comprendido entre “Empate Cond-C10” y “Empate Cond-C8” es de tubería de AC de 4” de diámetro, la evaluación hidráulica demuestra que debe ser rediseñado y la tubería cambiada a PVC.
- El tramo comprendido entre “Empate Cond-C8” y “Tanque Pachala” es de tubería de AC de 4” de diámetro, la evaluación realizada demuestra que su diámetro es insuficiente, por lo que debe ser rediseñado y cambiada la tubería a PVC.

Ramal Yunguilla - Recolector “GPS3”

- Comprende los ramales de conducción que recogen las aguas de las captaciones de las fuentes Yunguilla 1a, 1b, 2, 3, 4, 5, 6, y 7, hasta el tanque Recolector GPS 3. Los tramos son de tubería de AC de diámetros comprendidos entre 2 y 4”, el funcionamiento hidráulico es adecuado en todos ellos, sin embargo, se recomienda el cambio a tubería de PVC.

Ramal Coandes

- Comprende los tramos de conducción desde las ocho fuentes Pique (Culebrillas), denominadas Coandes (por la empresa constructora), las tuberías son de PVC y su funcionamiento hidráulico es adecuado. Empata con la conducción principal en el tanque Recolector No. 5.
- Conducción principal El Arenal – P. T. Chaquishca
- La conducción inicia en el tanque Recolector GPS 3, recibiendo las aguas de las captaciones Coandes en el tanque recolector No. 5, que constituye el tercer gran ramal de la zona de El Arenal.

- El tramo comprendido entre “Recolector GPS 3” y “Recolector 5” es de tubería de AC 8” de diámetro, de la evaluación se desprende que hidráulicamente no tiene un funcionamiento adecuado. Se recomienda rediseñar el tramo y cambiar a tubería de PVC.
- El tramo comprendido entre el “Recolector 5” y el “TRP-2” de 995 m de longitud es de AC de 8” de diámetro, no tiene problemas de funcionamiento hidráulico. Cabe señalar que este tramo cuenta con 4 válvulas de aire y 1 de desagüe, la válvula de aire No. 2 está instalada en una depresión, por tanto, no cumple con su función existiendo pérdidas de agua en ese punto.
- El tramo comprendido entre “TRP-3” y “TRP-4” de 1.119 m de longitud es de tubería de AC de 8” de diámetro. No tiene problemas hidráulicos hasta la segunda válvula de desagüe instalada. A partir de este punto la línea piezométrica se encuentra por debajo de perfil de la tubería. El tramo no admitiría un incremento de caudal.
- El tramo comprendido entre “TPR-4” y “TPR-5” de 168,91 m de longitud es de tubería de AC de 8” de diámetro, lo que le permite conducir el caudal acumulado hasta este punto que es de 40,76 l/s. No admitiría el incremento de caudal.
- El tramo entre “TPR-5” y “Bifurcación” de 45 m de longitud es de tubería de AC de 8” de diámetro, no tiene problemas hidráulicos.
- A partir de este punto se ha construido una derivación donde se captan las fuentes de Lozán que son incorporadas a la conducción principal, sin embargo, se continúa utilizando la conducción antigua que atraviesa la quebrada del mismo nombre formando un sifón, donde con frecuencia colapsa la tubería por la alta presión que se acumula en el fondo.
- La tubería de AC ha superado su vida útil (30 años), si se considera que el presente proyecto tiene un horizonte de 25 años, estas tuberías llegarían a tener 60 años de funcionamiento al final del periodo de diseño si no son reemplazadas, por lo que se recomienda sustituirlas por nuevas tuberías de PVC.

Según la (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, 2021) nos manifiesta que han existido daños en la línea de conducción de agua potable:

- ✚ Según la (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, 2021), manifiesta que el 17 de noviembre de 2022 se suscitó daños en la línea de conducción de agua, que está comprendida desde el Arenal hasta la Planta de Tratamiento de Agua Potable en Chaquishca, además de un estiaje en las captaciones, situación por la cual se registran niveles bajos en el caudal que abastece a la planta ocasionando disminución y suspensión del servicio en algunos sectores de la zona centro norte de la ciudad.

La captación de los caudales está en las zonas altas al noreste del cantón, sector el Arenal en las vertientes de Chagpoyos (Chaupipogyo), en la carta topográfica del IGM mediante adjudicación. Estas vertientes constituyen el nacimiento del río Chaupipogyo, que en su trayecto recibe importantes aportes, hasta llegar a formar el río Corazón. A la altura de la población del mismo nombre, se registra un caudal de estiaje del orden de los 75 l/s. Durante los recorridos de campo, se pudo constatar un caudal permanente a pesar de la utilización del recurso en toda la cuenca.

En la vertiente se estima un caudal de 43 l/s, con el 70% de confiabilidad; sin embargo, a 500 m del primer uso del agua, se afora un caudal de 123,93 l/s.

Los datos de la vertiente son:

Latitud:	9833525
Longitud:	17736039
Altitud:	4.193 msnm
Caudal:	42,91 l/s

Tabla 1: Coordenadas de la vertiente

Fuente: Historia de las estructuras de captación y pretratamiento

No.	FUENTE	NOMBRE	SECTOR
1 y 2		Toro Guañuna	El Arenal
1 a		El Arenal	El Arenal
1 b		El Arenal	El Arenal
2		El Arenal	El Arenal
3		El Arenal	El Arenal
4		El Arenal	El Arenal
5		El Arenal	El Arenal
6 y 7		El Arenal	El Arenal
Fuentes Pachala		Pachala	El Arenal
8		El Arenal	El Arenal
9		El Arenal	El Arenal
10 a		El Arenal	El Arenal
10 b		El Arenal	El Arenal
Fuentes Toribio		El Arenal	El Arenal
1		Coandes	El Arenal
2		Coandes	El Arenal
3		Coandes	El Arenal
4		Coandes	El Arenal
5		Coandes	El Arenal
6		Coandes	El Arenal
7		Coandes	El Arenal
8		Coandes	El Arenal
1		Lozán	Lozán
2		Lozán	Lozán
3		Lozán	Lozán
s/n		Guacacyacu	Larcapamba
s/n			Larcapamba
1		Pangua 1	Pangua
2		Pangua 2	Pangua
1		San Isidro	San Isidro
1		Sinche Chico	Sinche Chico

Tabla 2: Historia de las estructuras de captación y pretratamiento

Fuente: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado

El Arenal

Las primeras captaciones se construyeron en 1967 en El Arenal con drenes de tuberías de AC, de las cuales no fue posible determinar su estado actual. Sin embargo, se debe considerar que han transcurrido 56 años desde su construcción, por lo que las tuberías de AC han cumplido con su vida útil (20 a 30 años). En referencia a los drenes, éstos deberían estar constituidos por grava graduada a fin de formar un filtro alrededor del tubo.

Coandes

Con base en el estudio de CIDES, en el año de 1993 se construye el proyecto denominado Coandes, el cual incorpora nuevas captaciones, las mismas que cuentan con drenes con tubería de PVC perforada.

Toro Guañuna

Las fuentes de Toro Guañuna no cuentan con estructura de captación, los afloramientos se conducen por un canal abierto de 1,8 Km de longitud, sin revestimiento, hasta empatar con la tubería de conducción, siendo muy vulnerable por cuanto existe pastoreo en los alrededores. Por otro lado, y dado que el canal no es revestido, existe el riesgo de que se infiltre parte del caudal conducido.

Finalmente cabe señalar que los sistemas antes citados no disponen de estructuras de pretratamiento como prefiltros u otras. Sus tanques recolectores no cuentan con válvulas de control, de salida y desagüe ni la correspondiente cámara de válvulas, careciendo la mayoría de un desborde.

✚ Como es de conocimiento en el año 2007 se realizó el estudio del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado por parte de CORPCONSUL Cía. Ltda. Entre el año 2012 y 2013 fue construido el plan maestro con algunas modificaciones en la conducción y captaciones ya que se ha mantenido un tramo de la línea antigua en la conducción.

Ante esta observación la Dirección Técnica de la Empresa ha realizado la actualización de planos, con captaciones y coordenadas de las instaladas

actualmente así también de la evaluación hidráulica de la red. (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, 2021)

Datos de la fuente:			Coordenadas WGS-1984 UTM Zona 17S			Tipo de fuente:
Nro .	Nombre de la fuente:	Caudal (l/s)	X	Y	Z	Subterránea
			(m)	(m)	(m.s.n.m.)	
1	COANDES 1	2.59	9840978	732544	4170	X
2	COANDES 2	4.25	9840176	732875	4098	X
3	COANDES 3	0.8	9839923	732920	4084	X
4	COANDES 4	0.17	9839896	732949	4079	X
5	COANDES 5	0.53	9839884	732951	4079	X
6	COANDES 6	1.63	9839871	732948	4084	X
7	COANDES 7	4.31	9839718	732966	4070	X
8	COANDES 8	0.89	9839489	733082	4070	X
9	COANDES 9	0.78	9839488	733075	4065	X
10	COANDES 10	0.5	9839332	733034	4052	X
11	COANDES 11	1.06	9839226	733043	4048	X
12	COANDES 12	0.58	9839254	733070	4057	X
13	COANDES 13	0.11	9839227	733077	4055	X

Datos de la fuente:			Coordenadas WGS-1984 UTM Zona 17S			Tipo de fuente:
Nro	Nombre de la fuente:	Caudal (l/s)	X	Y	Z	Subterránea
			(m)	(m)	(m.s.n.m.)	
14	EL CIENEGO	3.38	9840561	732730	4109	X
15	CHIMBORAZO 1	7.45	9839655	733962	4179	X
16	CHIMBORAZO 2	0.88	9839467	734050	4132	X
17	CHIMBORAZO 3	4	9839438	734052	4131	X
18	CHIMBORAZO 4	1.57	9839321	734006	4121	X
19	CHIMBORAZO 5	2.12	9839175	734001	4124	X
20	CHIMBORAZO 6	1.77	9838709	734424	4125	X
21	CHIMBORAZO 7	8.39	9838635	734353	4117	X
22	CAPTACION 8	1.59	9837460	733579	4115	X
23	CAPTACION 9	2.85	9837258	733614	4122	X
24	CAPTACION 10	3.71	9837320	733873	4140	X
25	PACHALA	2.17	9838334	733594	4083	X
26	CORRALPAMBA 1	3.25	9838367	733712	4092	X
27	CORRALPAMBA 2	3.25	9838584	733805	4112	X

Datos de la fuente:			Coordenadas WGS-1984 UTM Zona 17S			Tipo de fuente:
Nro .	Nombre de la fuente:	Caudal (l/s)	X	Y	Z	Subterránea
			(m)	(m)	(m.s.n.m.)	
28	TORIBIO	3.46	9838542	733684	4088	X
29	TOROGUAÑUNA 1	2.62	9836471	734330	4168	X
30	TOROGUAÑUNA 2	3	9836467	734303	4167	X
31	TOROGUAÑUNA 3	1.35	9836439	734173	4150	X
32	TAMBUCO 1	1	9836795	728282	3879	X
33	TAMBUCO 2	2	9835923	728966	3806	X
34	GUACARYACU 1	3.12	9835829	728591	3720	X
35	GUACARYACU 2	3.12	9835845	728587	3724	X
36	LOZAN 1	1.5	9837850	730292	3830	X
37	LOZAN 2	1.6	9837761	730283	3776	X
38	LOZAN 3	2	9837589	730267	3762	X
39	PANGUA 1	2.5	9536812	726130	3628	X
40	PANGUA 2	2.52	9836809	726148	36291	X

Datos de la fuente:			Coordenadas WGS-1984 UTM Zona 17S			Tipo de fuente:
Nro.	Nombre de la fuente:	Caudal (l/s)	X	Y	Z	Subterránea
			(m)	(m)	(m.s.n.m.)	
41	PANGUA 3	2.27	9836802	726152	3630	X
42	PANGUA 4	2	9836793	726164	3627	X
43	CHAUPIYACU	2.24	9835995	725534	3551	X
44	PAPAUCO 1	2.26	9833702	724280	3378	X
45	PAPAUCO 2	1.58	9833706	724290	3372	X
46	PAPAUCO 3	2.3	9833695	724295	3379	X
47	EL SINCHE 1	1	9833247	723533	3332	X
48	EL SINCHE 2	1	9833204	733415	3359	X

Tabla 3: Captaciones

Fuente: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda EP-EMAPAG

REGISTROS DE DESLIZAMIENTOS

1. La tarde del 01 de enero del 2023, se produjo un deslizamiento de tierra en el sector denominado “Ciénego” que está ubicada mediante las coordenadas geográficas de latitud 732699 y longitud 9840523 el evento se suscitó por la época invernal en el trayecto de la línea de conducción de agua. Personal técnico de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda acudieron al sector para realizar el levantamiento de información oficial, en la que se detalla las necesidades primordiales y algunas recomendaciones, en donde la tubería de la línea de conducción de agua se ve comprometida. Esta información técnica permite que las autoridades, de acuerdo a sus competencias atiendan el evento adverso.



Ilustración 3: “Ciénego”

Fuente: Moncayo P & Núñez A

2. Personal técnico operativo que monitorea la línea de conducción de agua potable y sus captaciones anuncio la mañana de este 12 de abril de 2022, que se registró un deslizamiento de tierra en la captación Pachala, que está ubicada mediante las coordenadas geográficas de latitud 733594 y longitud 9838334.

La entidad anuncio de lo ocurrido a las 10h40 am mediante un informe al director de planificación, según la entidad el deslizamiento de tierra provoco el colapso de la tubería que conduce el agua potable, lo que impide que llegue hasta la captación del tanque, por lo que otras fuentes abastecen el líquido vital hacia la ciudad de Guaranda, pues las fuertes lluvias provocan dicho evento.



Ilustración 4: Captación "Pachala"

Fuente: Moncayo P & Núñez A

3. Luego de 14 días de lluvias fuertes en la zona norte de la ciudad de Guaranda, el día 26 de mayo de 2021, un fuerte aguacero causo problemas en la línea de conducción de agua potable en la captación "Lozán 3", con coordenadas geográficas de latitud 730267 y longitud 9837589. La acumulación de agua proveniente del canal de riego que beneficia a las comunidades aledañas al sector incidió en un deslizamiento de tierra. Los deslaves forman parte de los riesgos naturales con lo que convive la empresa en época invernal, sin embargo, por la saturación de agua en el talud hace que el evento sea recurrente.



Ilustración 5: Captación "Lozán 3"

Fuente: Moncayo P & Núñez A

4. Un deslizamiento de tierra se disolvió en la línea de conducción de agua, luego de la lluvia torrencial que cayó partir de las 9:00 am del día miércoles 13 de marzo de 2019, en la captación de "Toroguañuna", con coordenadas geográficas de latitud 734330 y longitud 9836471. Carlos Narváez, director técnico operativo

Dirección: Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira
Guaranda – Ecuador
Teléfono: (593) 3220 6059
www.ueb.edu.ec

señalo que la emergencia se produjo por la saturación de agua de un talud, que hizo que un flujo de tierra y ramas se deslizara obstaculizando y bloqueando el líquido vital. Según el personal operativo estos deslizamientos se han dado desde que inició la época invernal, sin embargo, aseguran que hoy fue mucho más fuerte.



Ilustración 6: Captación "Toroguañuna"

Figura: Moncayo P & Núñez A

2.3 BASES TEÓRICAS

2.3.1 Sistema de conducción del agua

Para una explotación familiar, el sistema de abastecimiento de agua es tanto una infraestructura como un contrato de gestión, operación y mantenimiento firmado por los usuarios del sistema para garantizar la accesibilidad por agua.

2.3.1.1 Componentes del sistema de conducción del agua

Los componentes de la infraestructura de un sistema de abastecimiento de agua son:

- Captación
- Conducción
- Almacenamiento
- Distribución
- Saneamiento

Captación

El primer paso es conseguir desde la naturaleza el volumen de agua requerido para abastecer tanto las necesidades de consumo humano como las que generen las actividades antrópicas que necesiten agua para llevarse a cabo (industrial, comercial, turística, etc.).

Tratamiento

Una vez captada el agua bruta es necesario tratarla para que sea adecuada para el consumo humano, es decir, conseguir convertir el agua bruta o cruda en agua potable.

Almacenamiento

Una vez que se ha tratado y potabilizado el agua, se transporta hasta depósitos urbanos conectados con la red de abastecimiento. Su objetivo es doble: por un lado, asegurar un suministro de agua potable continuo bajo parámetros controlados, y por otro asegurar la disponibilidad de agua a futuro aprovechando los momentos en los que exista un excedente que sobrepase las necesidades actuales de abastecimiento.

Para ello se utilizan depósitos distribuidos en distintos puntos estratégicos, a partir de los cuales se realiza el suministro, ya sea mediante instalaciones de bombeo, o gracias a la ayuda de la gravedad, por estar localizados en puntos elevados del terreno.

Distribución

La distribución del agua potable se divide con arreglo a dos escalas de redes:

- Red en alta
- Red en baja

La red en alta se encarga de la abducción y distribución del agua desde las plantas potabilizadoras, primero hasta la entrada de las poblaciones mediante una red conformada por tuberías de gran diámetro (800-1600 mm) y después creando una red de distribución que acaba en cada punto de suministro, a través de tuberías de diámetro medio (450-800 mm).

Una vez el agua llega a los puntos de suministro, la red en baja es la encargada de distribuir el agua hasta cada domicilio mediante tuberías de menor diámetro.

Saneamiento

Una vez que se ha hecho uso del agua distribuida, es necesario recoger correctamente la que ha sido desechada. Entonces es cuando entra en juego la red de saneamiento, formada por tuberías y canalizaciones encargadas de recoger y transportar el agua sobrante y desechos (aguas residuales) desde cada domicilio hasta las plantas de depuración.

2.3.1.2 Abastecimiento del agua

El abastecimiento del agua potable constituye un servicio público que los Estados deben proveer de manera obligatoria a los individuos, ya que el acceso al recurso es una necesidad colectiva, dicho abasto no ha podido ser enteramente satisfecha por muchos gobiernos, actualmente atravesamos por la llamada crisis mundial del agua, debido a que gran parte de los recursos hídricos del planeta se encuentran sometidos a altos niveles de contaminación. (Tello, 2019)

2.3.1.3 ¿Qué procedimiento hace posible que dispongas de agua en tu hogar?

Para captar el agua se utilizan diversos métodos como los pozos o los embalses, entre otros. Una vez que el agua se ha almacenado, llega el momento de hacerla potable, para lo que será necesario un tratamiento que dependerá de la calidad inicial del agua. Cuando el agua ha sido tratada se suele almacenar en tanques para que pueda ser repartida a través de la red de distribución, que está compuesta de estaciones bombeo, tuberías principales, secundarias, y válvulas. (Fundación OXFAM INTERMÓN, 2020)

2.3.1.4 ¿Por qué hay que tratar el agua?

Para que el agua que consumes en tu hogar sea considerada apta, no puede contener componentes cuya cuantía o densidad pongan en peligro tu salud. Numerosas actividades del ser humano generan residuos (las aguas grises de las urbes, los plaguicidas de la agricultura, los purines de la ganadería, etc.) que pueden filtrarse hacia reservas de agua subterránea como los acuíferos. Cuando el agua entra en contacto con estas sustancias se

contamina, de modo que presenta elementos que pueden ser dañinos para tu salud. Las fuentes de agua superficiales también pueden verse influenciadas por la contaminación, como, por ejemplo, los vertidos de la actividad industrial. Como resultado, el agua puede presentar contaminación (Fundación OXFAM INTERMÓN , 2020):

- **Química:** Si hay sustancias químicas tales como las derivadas de productos anti plagas o fertilizantes, entre otros.
- **Biológica:** Si hay microorganismos como, por ejemplo, bacterias o parásitos.

2.3.1.5 ¿Cómo se potabiliza el agua?

Una vez que el agua ha sido recogida, pasa a ser tratada. Es el sistema que hará que sea apta para que puedas consumirla en tu hogar y sea segura para la salud de tu familia. El proceso de tratamiento del agua consta de diversas etapas. (Fundación OXFAM INTERMÓN , 2020)

- Retención de los componentes de gran tamaño (flotantes, o de fondo o arrastrados) presentes en el agua.
- Retención de los componentes en suspensión de finas dimensiones.
- Eliminación de la turbidez del agua: Cuando el agua no está límpida y presenta color, se dice que está turbia. Para suprimir esa opacidad se somete a floculación. Para ello se añaden sustancias que facilitan que los pequeños elementos se agrupen formando otros mayores y se puedan separar.
- Filtración del agua: Es el proceso que permite acabar con los elementos que provocan su aspecto turbio.
- Desinfección del agua: Es el paso que hace posible que desaparezcan los microorganismos patógenos presentes en el líquido, para lo que normalmente se emplean compuestos que contienen cloro.

2.3.2 Deslizamientos

Geológicamente la ciudad de Guaranda se localiza sobre la formación geológica que lleva su nombre, ésta se trata de una secuencia de sedimentos esencialmente tobáceos de origen andesítico y en menor cantidad flujos andesíticos, también se tiene la presencia de

secuencias lacustres, lahares y piroclastos. Rocas, el suelo y la vegetación ruedan rápida o lentamente cuesta abajo porque el suelo no es lo suficientemente firme. Ocurren principalmente durante la temporada de lluvias o durante actividades sísmicas. Estos deslizamientos de tierra se hicieron más frecuentes y cobraron muchas vidas. Ahora, como las ciudades están creciendo desproporcionadamente, se hace cada vez más necesario construir sus viviendas y edificios con el riesgo de derrumbes. Cabe destacar que este tipo de procesos se da principalmente en topografías muy abruptas y regiones con características geológicas determinadas (Stralher, 2019). Al realizar un esquema de la dinámica de los deslizamientos se reconocen una serie de partes características de estos procesos (Suárez, 2017) observada en la figura N°2, definidas a continuación:

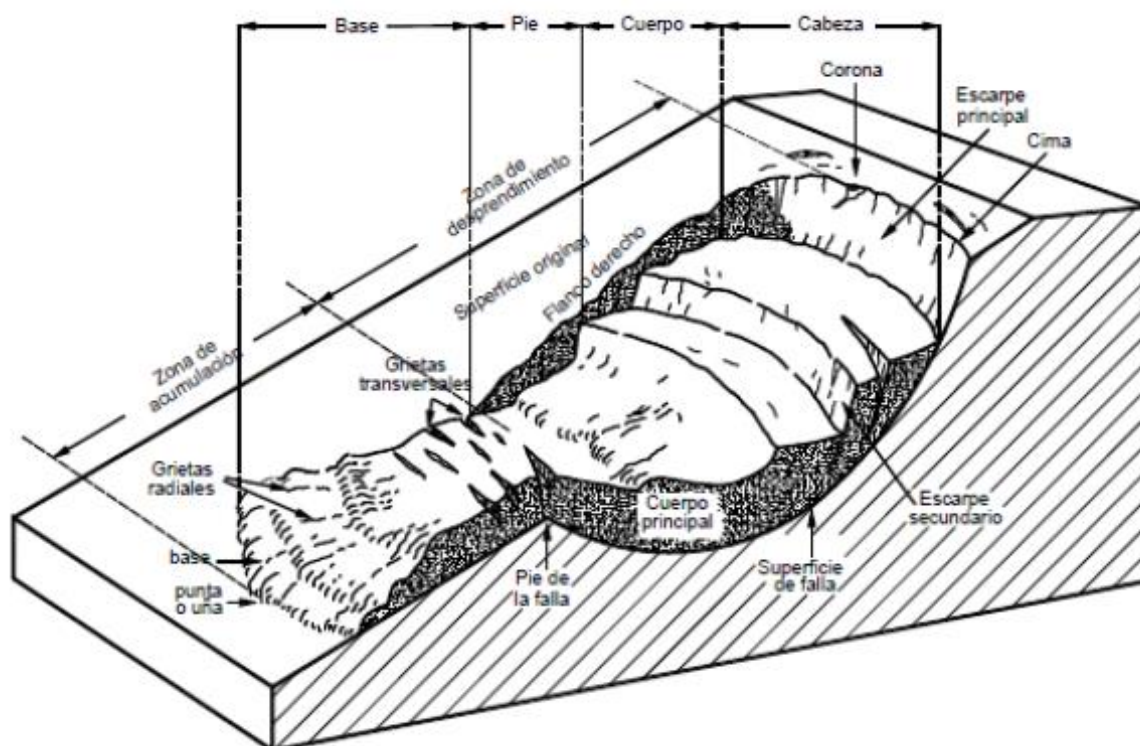


Ilustración 7: Partes de un deslizamiento

Fuente: Suarez 2017

2.3.2.1 Tipos de deslizamientos

Tipo de movimiento		Tipo de material		
		Roca	Suelo	
			De grano grueso	De grado fino
Caídas		Caída de roca	Caída de detritos	Caída de suelos
Basculamiento		Basculamiento de roca	Basculamiento de detritos	Basculamiento de suelos
Deslizamientos	Rotacionales	Deslizamiento rotacional de rocas	Deslizamiento rotacional de detritos	Deslizamiento rotacional de suelos
	Traslacionales	Deslizamiento traslacional de rocas	Deslizamiento traslacional de detritos	Deslizamiento traslacional de suelos
Separaciones laterales		Separación lateral en roca	Separación lateral de detritos	Separación lateral en suelo
Flujos		Flujo en rocas	Flujo de detritos	Flujo de suelos
Complejos		Combinación de dos o más rocas		

Tabla 4: Tipos de Deslizamientos

Fuente: Sánchez P

2.3.2.2 ¿Por qué se producen y qué daños provocan?

Casi siempre son provocados por la acción del ser humano, aunque la naturaleza también pone su parte. Entre las principales causas pueden citarse:

- La deforestación de las faldas de los cerros o montañas.
- Las formas de sembrar en las montañas no son las más adecuadas (sembrar a favor de la pendiente).
- La construcción de muchas casas o comunidades en las faldas de las montañas.
- Las lluvias fuertes que duran varios días.
- Los cortes que se hacen en las faldas de las montañas para construir carreteras, caminos o viviendas.

2.3.2.3 ¿Cuándo hay mayor peligro de deslizamientos?

Sólo con estudios específicos de los expertos en el tema, como los geólogos, se puede determinar la potencialidad por deslizamiento de una zona determinada y establecer cuáles medidas deben tomarse para evitar o reducir que el fenómeno ocurra. Sin embargo, sabemos que en las temporadas invernales el peligro aumenta.

2.3.2.4 Fenómenos de geodinámica externa

En el proyecto se observa los siguientes tipos de deslizamientos de tierras:

- Caída o desplomes, asociados a pendientes fuertes, escarpes y cornisas de rocas fracturadas, se localiza en la parte alta de la cuenca del río Guaranda.
- Deslizamientos traslacionales, consiste en el movimiento de capas del suelo suprayacentes a rocas volcánicas competentes (resistentes), estos deslizamientos se localizan en la parte alta de la cuenca se observa una serie de deslizamientos activos de origen natural y antrópicos (se ha roto el precario estado de equilibrio de los taludes).
- Flujos lentos, se manifiesta como desplazamientos muy lentos de la parte superficial del terreno, el fenómeno puede pasar inadvertido por la pequeña

velocidad con que se manifiesta; los barrios altos de la ciudad de Guaranda evidencian este tipo de desplazamiento.

- Flujo de lodos, consiste en el movimiento muy rápido de masa de suelo con agua y aire, hace 15 años se produjo una avalancha en el barrio Fausto Basantes, según los moradores del lugar se produjeron 2 muertos y el origen fue la ruptura del tanque de agua.
- Hundimiento, asociado a procesos de erosión interna que generan procesos complejos de remoción en masa, en el sector de la Plaza Roja hace algunos años se produjo un fenómeno de este tipo.

2.3.3 Reducción del Riesgo de Desastres

La reducción del riesgo de desastres (RRD) busca reducir los daños ocasionados por las amenazas naturales, a través de una ética de prevención.

Los desastres son la causa de una amenaza natural. Su gravedad depende de las consecuencias de la amenaza para la sociedad y el medio ambiente. A su vez, la magnitud de las consecuencias depende de las decisiones que tomemos tanto para nuestra vida como para nuestro entorno.

2.3.3.1 Subprocesos para la Reducción del Riesgo

I. Intervención Prospectiva

Se trata de prevenir nuevas situaciones de riesgo impidiendo que los elementos expuestos sean vulnerables o que lleguen a estar expuestos ante posibles eventos desastrosos. Se realiza primordialmente a través de la planificación ambiental sostenible, el ordenamiento territorial, la planificación sectorial, la regulación y las especificaciones técnicas, los estudios de prefactibilidad y diseño adecuados, entre otras acciones.

II. Intervención Correctiva

Proceso cuyo objetivo es reducir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación, en el sentido de disminuir o reducir las condiciones de amenaza cuando sea posible y la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

Líneas de acción de Intervención Correctiva

- a. Intervención ante la vulnerabilidad
- b. Intervención ante la amenaza
- c. Banco de proyectos en reducción del riesgo
- d. Programa de Gestión Integral del Riesgo

III. Protección Financiera

Se promueve la incorporación de instrumentos financieros de Retención o Transferencia del Riesgo. Entre los cuales se encuentran los seguros, uno de los mecanismos más difundidos que ofrece el mercado para transferir el riesgo; también existen otros mecanismos como los bonos para catástrofes y los derivados climáticos.

Líneas de acción de protección financiera

- a. Asesoría técnica
- b. Aseguramiento de bienes

IV. Gestión Sectorial y Comunitaria (Carácter Transversal)

Esta línea promueve la incorporación de medidas de reducción del riesgo, el uso de lineamientos y estándares, y el desarrollo de políticas de regulación técnica en los ámbitos público, privado y comunitario, a través de esquemas de planificación sectorial, organización social y vida cotidiana.

Líneas de acción de gestión sectorial

- a. Generación de insumos para la promover la reducción del riesgo
- b. Promoción de la intervención correctiva y prospectiva del riesgo a nivel nacional y territorial.

2.3.4 Fallas geológicas

La falla geológica de carácter regional Pallatanga-Pujilí con dirección norte-sur se localiza al oriente de la ciudad de Guaranda a una distancia de 12 km y una paralela

separada 2 km, un ramal de la misma se localiza al occidente de la mencionada ciudad a una distancia de 20 km ésta es destral y tiene una dirección preferencial NE-SW.

Se ha identificado las siguientes fallas de carácter local:

- Al norte de la ciudad de Guaranda a una distancia de 6 km, paralela al cauce de la quebrada Pailococha se determina una falla con un rumbo preferencial S65°E.
- Al sur de la ciudad de Guaranda a unos 20 km, se ha identificado una falla con dirección preferencial norte-sur que atraviesa por las cercanías de la ciudad de Chillanes.

NORMA TÉCNICA ECUATORIA INEN 3083

Tal como lo muestra la (Norma Técnica Ecuatoriana INEN 3083, 2017), las líneas de conducción y redes de distribución en servicios privados son los tubos y accesorios que conducen agua sometidos a presión o por gravedad. Metodologías e instrumentos para medir la susceptibilidad a deslizamientos.

Recordemos que dado que la circulación del agua en las tuberías se produce por la presión a la que está sometida no es necesario abastecerlos con rampas mediante depósito de reserva o bombeo directo. Sin embargo, se debe avanzar algún gradiente para alcanzar los puntos altos mínimos y máximos desde los cuales los sedimentos y el aire que se haya podido acumular en él.

No obstante, la pendiente total de la tubería se compara con la pendiente del terreno natural para reducir la cantidad de trabajo de excavación, que es uno de los elementos de costo más importantes; tal como lo menciona (Orellana, 2017) la profundidad de la tubería debe ser colocada a 0.80m dentro del terreno.

2.3.4.1 Modelo de deslizamiento en función de la Ley de Mohr-Coulomb

Según (Camacho Tauta & Ruiz Blanco, 2009) el modelo constitutivo Mohr-Coulomb es considerado como una aproximación de primer orden al comportamiento no lineal del suelo. Se trata de un modelo elastoplástico perfecto (isotrópico) desarrollado a partir de la composición de la ley de Hooke y la forma generalizada del criterio de falla Mohr-

Coulomb. Puede simular el comportamiento de suelos granulares sueltos o finos normalmente consolidados y se debe tener en cuenta que no representa el comportamiento elastoplástico progresivo, sino que es un modelo elástico y luego plástico perfecto. Su formulación involucra dos elementos generales: la elasticidad perfecta y la plasticidad asociada al desarrollo de deformaciones plásticas o irreversibles. Para evaluar si la plasticidad ocurre o no en un análisis específico, el modelo Mohr-Coulomb involucra un conjunto de funciones de fluencia f (yield functions) que definen el límite entre el comportamiento elástico y plástico del material. La representación gráfica de las funciones (cono hexagonal) en el espacio de los esfuerzos principales constituye un contorno o superficie de fluencia fija, de esta manera, para diversos estados de esfuerzos representados dentro de la superficie, el comportamiento es puramente elástico, y todas las deformaciones son reversibles. Cuando los esfuerzos igualan o superan la frontera definida por esta superficie, se presentan deformaciones tanto elásticas como plásticas.

Este criterio de fluencia es una extensión de la ley de fricción de Coulomb para un estado general de esfuerzos, y es definido a partir de seis funciones formuladas en términos de esfuerzos principales. (Camacho Tauta & Ruiz Blanco, 2009)

2.3.4.2 Sistemas de Información Geográfica

Es una herramienta desarrollada por la empresa estadounidense ESRI (Software de representación cartográfica SIG), se ha creado con el fin de representar datos georreferenciados, analizar las características y patrones de distribución de esos datos y generar informes con los resultados de dichos análisis. Es un programa diseñado de forma modular, permitiendo añadir, según las necesidades de análisis. ArcView posee su propio lenguaje de programación Avenue, un lenguaje orientado a objetos y eventos, que permite personalizar la herramienta a todos los niveles, desde el básico a la programación más avanzada. (EcuRed, 2017)

A través de la herramienta ArcView, se desarrollará instrumentos que logren la elaboración de un mapa en donde se plasmará cada una de las captaciones a lo largo de la extensión de la línea de conducción de agua con el fin de determinar las zonas expuestas a deslizamientos.

2.3.4.3 Modelo de estabilidad en talud “SHALSTAB”

El riesgo de deslizamientos superficiales expresa las pérdidas o daños causados por la ocurrencia de este fenómeno y depende de la magnitud, relacionada con su probabilidad de ocurrencia, y su efecto en los elementos expuestos, determinado por su grado de vulnerabilidad. El modelo físico **SHALSTAB** para el análisis de la amenaza y otros modelos de fácil implementación para calcular la vulnerabilidad física, esta metodología representa una herramienta que puede ser útil en planes de ordenamiento territorial y gestión del riesgo de movimientos en masa. (Marín, Marín , Mattos , & Alvaro, 2020)

2.3.4.4 Matriz Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

A través de medidas de gestión del riesgo de desastres, el objetivo del PNUD es contribuir a la reducción del riesgo de desastres, con la orientación estratégica del Marco de Acción de Hyogo (MAH) y sus cinco áreas prioritarias, tres de las cuales se abordan en el nuevo Plan Estratégico del PNUD 2014-2017 (Changing with the World).

En dicho plan, una de sus tres áreas de trabajo priorizadas es la relativa a la construcción de la resiliencia, que contempla particularmente la gestión del riesgo de desastres en los aspectos de prevención, preparación, respuesta y recuperación. Como respuesta a los retos, PNUD trabaja fundamentalmente en las siguientes áreas de la gestión del riesgo de desastres (ÁREA DE PREVENCIÓN DE CRISIS Y RECUPERACIÓN , 2013):

- **Prevención:** La gestión del riesgo de desastres y su transversalización
- **Recuperación:** Preparación, planificación e implementación
- **Género:** Incorporación del enfoque de género en la gestión del riesgo de desastres

2.4 MARCO LEGAL

- *Artículo 1 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, lo siguiente: “Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley. El agua el recurso natural más*

preciado, el agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria”.

- *En el artículo 318 de la Constitución de la República del Ecuador de 2008, se establece que “el agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua”.*
- *La Constitución de la República de 2008, en el artículo 12 prescribe que: “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”.*
- *Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.*

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

- 1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.*
- 2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.*
- 3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.*

4. Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.
 5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.
 6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.
 7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo.
- Art. 390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad.

2.5 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS (GLOSARIO)

COLUVIÓN: Es un aluvión constituido por los granos más finos del limo y de la arena, transportados a corta distancia por la arroyada difusa. La formación de coluviones es característica de los terrenos llanos de vegetación abierta. (Salgado, 2013)

COSTE: El coste indica la cantidad de dinero que una empresa dedica a la creación o producción de bienes o servicios. (Sumup, 2019)

ESTIAJE: El estiaje es el nivel de caudal mínimo que alcanza un río o laguna en algunas épocas del año, debido principalmente a la sequía. (Loarca, Balañá, & Montufar)

EVENTO ADVERSO: Un evento adverso se puede definir como el fenómeno que produce cambios desfavorables en las personas, la economía, los sistemas sociales o el medio ambiente; puede ser de origen natural, generado por la actividad humana o de

origen mixto y puede causar una emergencia o un desastre. En una emergencia, las acciones de respuesta se pueden manejar con los recursos disponibles localmente; en cambio, un desastre supera la capacidad de respuesta de la comunidad afectada. (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2020)

LÍNEA DE CONDUCCIÓN: En un sistema por gravedad, es la tubería que transporta el agua desde el punto de captación hasta el reservorio. Cuando la fuente es agua superficial, dentro de su longitud se ubica la planta de tratamiento. (Ministerio de Salud-apoyo Fondo de Contravalor, 2017)

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Trabajos que se realizan para reparar daños que no se han podido evitar con el mantenimiento preventivo. (Ministerio de Salud-apoyo Fondo de Contravalor, 2017)

MANTENIMIENTO DE EMERGENCIA: Es aquel que se realiza cuando los sistemas o equipos han sufrido daños por causa imprevista y requieren solución rápida para poner parcialmente operativo el sistema. (Ministerio de Salud-apoyo Fondo de Contravalor, 2017)

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Consiste en una serie de acciones de conservación que se realiza con una frecuencia determinada en las instalaciones y equipos para evitar, en lo posible, que se produzcan daños que pueden ser de difícil y costosa reparación. (Ministerio de Salud-apoyo Fondo de Contravalor, 2017)

MANTENIMIENTO: Es el conjunto de acciones que se realizan con la finalidad de prevenir o corregir daños que se producen en las instalaciones de un sistema de abastecimiento de agua. (Ministerio de Salud-apoyo Fondo de Contravalor, 2017)

MITIGACIÓN: Es el conjunto de acciones dirigidas a reducir los efectos generados por la presentación de un evento. Busca implementar acciones que disminuyan la magnitud del evento y, por ende, disminuir al máximo los daños. Algunas de sus actividades son la instrumentación y la investigación de fenómenos potencialmente peligrosos, la identificación de zonas de riesgo, la identificación de los elementos en peligro, la elaboración de normas sobre el manejo de los recursos naturales, la confección de códigos

de construcción y la implementación de medidas para reforzar las estructuras y mejorar la protección de los bienes. (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2020)

OPERACIÓN: Es el conjunto de acciones adecuadas y oportunas que se efectúan para que todas las partes del sistema funcionen en forma continua y eficiente según las especificaciones de diseño. (Ministerio de Salud-apoyo Fondo de Contravalor, 2017)

OPERADOR: Es la persona calificada y responsable de la operación y mantenimiento de las instalaciones del sistema de agua potable. (Ministerio de Salud-apoyo Fondo de Contravalor, 2017)

PELIGROSIDAD: Es la representación de la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural destructivo. (UNESCO, 1971)

ROCAS ÍGNEAS: Las rocas ígneas o magmáticas son aquellas que se forman cuando el magma se enfría y se solidifica. (Arellano, 2012-2013)

SATURACIÓN: Se refiere al contenido de agua del suelo cuando prácticamente todos los espacios están llenos de agua. (Estudio de Calidad de Aguas, 2011)

SUELO HÚMICO: se refiere a los compuestos orgánicos que no aparecen bajo la forma de residuos frescos a parcialmente descompuestos. (humus)

SUSCEPTIBILIDAD: Es el grado de fragilidad interna de un sujeto, objeto o sistema para enfrentar una amenaza y recibir un posible impacto debido a la ocurrencia de un evento peligroso. (CIIFEN, 2021)

UDORTHENTS: Son entisoles típicos de zonas templadas y húmedas con régimen de humedad údico, son suelos ácidos o neutros, pero algunos pueden contener cantidades variables de materiales calcáreos. Se pueden encontrar sobre cualquier tipo de fisiografía, pendiente o material originario con cierta tendencia a presentarse en laderas de pendientes fuertes y moderada. (CIIFEN, 2021)

VULNERABILIDAD: Determina los diferentes niveles de preparación, resiliencia y capacidades con las que cuenta un individuo ante la ocurrencia de un desastre. (Corporación OSSO & LA RED , 2009)

2.6 DEFINICIÓN Y SISTEMA DE VARIABLE

2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Susceptibilidad a deslizamientos

2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Afectaciones en la línea de conducción de agua

2.7 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente: Susceptibilidad a deslizamientos

Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Escala	Instrumento
			Cualitativa/ Cuantitativa	
La susceptibilidad es la	Tipo de suelo	Textura del suelo	Arena Arcilla Limos Granito Rocas metamórficas	Ley de Morth Coulomb
	Densidad real del suelo	Se representa en kg/m ³	Arenoso 1600-2000 kg/m ³	Método de picnómetro

probabilidad de la ocurrencia de un deslizamiento de tierra potencialmente dañino en una determinada área.			Arcilloso 1460-1650 kg/m ³ Orgánico 250 kg/m ³	
	Pendiente	Ángulo	Pendiente <8° Pendiente entre 8° a 16° Pendiente entre 16° a 35° Pendiente >35°	Modelo Digital de Elevación
	Angulo de fricción	Esfuerzo de ruptura de un material	Arena muy suelta <30 Suelta 30-32 Arcilla 25 Limos 15-20 Granito 40-45 Rocas metamórficas 25-35	Ley de Morth Coulomb

Tabla 5: Variable independiente

Fuente: Moncayo & Núñez

Variable dependiente:

Afectaciones en la línea de conducción de agua

Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Escala	Instrumento
			Cualitativa/ Cuantitativa	
	Zonas estables, inestables	Estabilidad, inestabilidad de pendientes	Arena Arcilla Limos Granito Rocas metamórficas	Ley de Morth Coulomb
	Tipos	Traslacional	Arenoso 1600-2000 kg/m ³ Arcilloso 1460-1650 kg/m ³ Orgánico 250 kg/m ³	Método de picnómetro
	Pendiente	Ángulo	Pendiente <8° Pendiente entre 8° a 16° Pendiente entre 16° a 35°	Modelo Digital de Elevación

La línea de conducción es la parte del sistema que transporta el agua desde el sitio de la captación, ya sea por medio de bombeo y/o rebombeo, ó a gravedad, hasta un tanque de regulación			Pendiente >35°	
	Ángulo de fricción	Esfuerzo de ruptura de un material	Arena muy suelta <30 Suelta 30-32 Arcilla 25 Limos 15-20 Granito 40-45 Rocas metamórficas 25-35	Ley de Morth Coulomb
	Sistema estructural	Tipología	Asbesto PVC Mixta metálica/hormigón	
	Año de construcción	Diseño de defensa contra la amenaza	Entre 1981-1990 Entre 1991-2000 Entre 2001-2010 Entre 2011-2022	

	Estado de conservación	Grado de deterioro	Bueno Aceptable Regular Malo	Matriz de las Naciones Unidas (PNUD)
	Características del suelo de la línea de conducción	Tipo de terreno	Firme -seco Inundable Ciénega Húmedo-relleno	
	Topografía del sitio	Sitio de construcción	A nivel del terreno plano Bajo nivel de calzada Sobre nivel de calzada Escarpe positivo o negativo	
	Forma de construcción	Presencia de irregularidades	Regular Irregular Irregularidad severa	

	Calidad de la tubería	Tipo de material	Bueno Malo Regular
	Tipo de topografía	Características que presenta la superficie o el relieve de un terreno	Llano Ondulado Fuertemente ondulado Colinado Fuertemente socavado Montañoso
	Dimensión de la tubería	Tamaño o extensión	110 200
	Mantenimiento de la tubería	Conservación	Trimestral Semestral Anual Nunca
	Tipo de suelo	Conjunto de propiedades	Arena Arcilla Limo
	Profundidad de la tubería	Distancia	50cm 25cm

			10cm Expuesta	
	Frecuencia	Número de veces	Anual Cada 5 años Igual o mayor a 10 años	
	Nivel de exposición a la amenaza por zona	Probabilidad de ocurrencia	Alta Media Baja	

Tabla 6: Variable Dependiente

Fuente: Moncayo & Núñez

CAPÍTULO 3

MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo muestra las secciones relacionadas a la susceptibilidad a deslizamientos en la línea de conducción de agua, mediante muestreo e investigación bibliográfica, cartográfica y estadística para la recopilación de datos, estrategias y así analizar e interpretar la información; todos ellos se enfocaron en definir la metodología utilizada para obtener datos que nos permitan resolver el problema descrito en el estudio.

2.8 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Según manifiesta (Valderrama, 2017) el nivel de una investigación se refiere al grado de conocimiento que posee el investigador en relación con el problema, hecho o fenómeno a estudiar. De igual modo cada nivel de investigación emplea estrategias adecuadas para llevar a cabo el desarrollo de la investigación.

Tal como lo manifiesta (Ramírez & Gonzales, 2008) en el estudio transversal el investigador realiza estudios con la misma variable y se realiza una sola vez, mientras que, en la investigación longitudinal, un investigador lleva a cabo un estudio utilizando diferentes variables a lo largo de un período de tiempo y recopila datos basados en dichos estudios.

- Por ello según el estudio realizado podemos determinar que se trata de un **estudio transversal**, pues es apropiado cuando la investigación se centra en analizar la variable en un momento determinado, es decir, que, gracias al estudio implementado en la ciudad de Guaranda en la línea de conducción de agua potable, existen zonas de riesgo a deslizamientos y lo analizamos en ese momento (tiempo), no necesitamos hacer evaluaciones posteriores.

2.9 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Mixto: El presente trabajo se enmarcó en un diseño de investigación **tipo mixto**. De acuerdo con (Lerma, 2016), la investigación mixta implica combinar los enfoques

cualitativo y cuantitativo en un mismo estudio. Sobre un estudio cuantitativo que nos ofrezca unos resultados llamativos en alguna de sus variables y que afecte a una determinada franja de población, se puede utilizar posteriormente un estudio cualitativo en esa franja poblacional para comprender mejor el fenómeno.

- La presente investigación recopila análisis cualitativos y cuantitativos. Pues el análisis cualitativo se obtiene mediante la información otorgada por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado EMAPA-G y el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guaranda además de la información visual, experimental recogida en campo. El análisis cuantitativo hace referencia a los datos (coordenadas geográficas) constatados durante la visita al lugar de estudio.

Descriptivo: Como dice (Teodoro, 2013) “La investigación descriptiva, comprende la colección de datos para probar hipótesis o responder a preguntas concernientes a la situación corriente de los sujetos del estudio. Un estudio descriptivo determina e informa los modos de ser de los objetos.”

- Así, se logró recopilar datos e información necesaria para el análisis mediante el mapa de susceptibilidad a deslizamientos identificando zonas de mayor o menor riesgo, siendo una herramienta de análisis esencial que, entre otros usos, permite prevenir situaciones futuras de riesgo adecuando la gestión del territorio a las condiciones restrictivas para su ocupación, pues la variable tipo de suelo se mantiene, de tal manera no existe manipulación entre variables.

Investigación de campo: Se refiere a la recopilación de datos nuevos de fuentes primarias para un propósito específico. Es un método de recolección de datos cualitativos encaminado a comprender, observar e interactuar con las personas en su entorno natural. (Anónimo, 2017)

- Utilizamos la metodología de campo, ya que se basa en la toma de muestras para el análisis del suelo y posteriormente realizar un mapa de susceptibilidad a deslizamientos. Además de realizar la visita in situ para verificar las variables a medir en la matriz metodológica “Programa de las Naciones Unidas para el

Desarrollo (PNUD)”, para brindar una respuesta efectiva y eficaz al objetivo N°2 propuesto con anterioridad.

2.10 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

OBJETIVO 1:

Para el desarrollo de este objetivo fue necesario obtener análisis del laboratorio del suelo, en donde se vio reflejado el tipo y la densidad real del mismo, datos necesarios para empezar a trabajar con SHALSTAB además de buscar cartografía del Modelo Digital de Elevación (MDE), tipo ráster que serán descargadas en la página *ALASKA FACILITY DEL SENSOR ALOS PASAR*, de tal manera se da inicio a trabajar; y así obtener la susceptibilidad a deslizamientos en la línea de conducción de agua.

Objetivo 2:

Para el desarrollo del siguiente objetivo que es caracterizar la vulnerabilidad física que existe en la línea de conducción de agua, desde las captaciones hasta la planta de tratamiento de agua potable de la EP-EMAPAG, se diseñará y validará la matriz de los elementos que mayor incidencia tiene para la ocurrencia de deslizamientos, a través de la salida a campo se obtuvo una mejor visualización de las variables a considerar.

Objetivo 3:

Para complementar el proyecto de investigación se han elaborado medidas de reducción de riesgos para minimizar los efectos secundarios ante la ocurrencia de deslizamientos.

2.11 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos (Estadístico utilizado)

Objetivo Específico N°1: Determinar zonas inestables en la línea de conducción de agua, desde las captaciones hasta la planta de tratamiento de agua potable de la EP-EMAPAG.

Para el caso de la evaluación de la susceptibilidad ante movimientos en masa, se recurre al modelo SHALSTAB desarrollado en la Universidad de California en Berkley liderado

por (Montgomery & Dietrich, 1994) desarrollaron el modelo SHALSTAB con base SIG que trabaja con unidades de celdas ráster. El modelo considera una ladera infinita con un estrato estable de bajo espesor. El estado límite se evalúa con la ley de Mohr-Coulomb. Se asume como despreciable la cohesión del suelo o se la compensa con un mayor valor de ángulo de fricción interna. El modelo entrega como resultado el grado de saturación interna (h/z) necesario para desestabilizar la ladera.

$$\frac{h}{z} = \frac{\rho_s}{\rho} \left(1 - \frac{\tan \theta}{\tan \phi} \right)$$

En donde:

h = Altura del nivel freático sobre la superficie de deslizamiento

z = Profundidad del suelo

ρ_s = Densidad del suelo

ρ = Densidad del agua

$\tan \theta$ = Pendiente de la ladera

ϕ = Ángulo de fricción interna

Densidad relativa del ángulo de fricción interna

DENSIDAD RELATIVA DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA

ARENA	Arcilla	Limos	Granito	Rocas metamórficas
MUY SUELTA <30	25	15-20	40-45	25-35
SUELTA 30-32				
MEDIA 32-35				
DENSA 35-38				
MUY DENSA >38				

Fuente: Morth Coulomb

Tabla 7: Densidad relativa del ángulo de fricción interna

Densidad del suelo

DENSIDAD DEL SUELO

ARENOSO	Arcilloso	Orgánico
1600-2000 KG/M ³	1460-1650 kg/m ³	250 kg/m ³

Tabla 8: Densidad del suelo

Fuente: Morth Coulomb

Esta fórmula permite definir dos estados límites. Cuando h/z es negativo la ladera resulta inestable para cualquier grado de saturación y viene llamada “incondicionalmente inestable”.

En cambio, cuando h/z es mayor que uno se llama “incondicionalmente estable” porque aún en caso de saturación la ladera es estable. Para definir las situaciones intermedias es necesario agregar el modelo hidrológico. Se debe entender la resistencia al corte de un suelo para poder analizar problemas de estabilidad de suelos tales como capacidad de soporte, estabilidad de taludes y empuje de tierras sobre estructuras de contención.

Se asume como despreciable la cohesión del suelo o se la compensa con un mayor valor de ángulo de fricción interna. El modelo entrega como resultado el grado de saturación interna (h/z) necesario para desestabilizar la ladera.

Relación de la resistencia al corte no drenado y ángulo de fricción

RELACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO Y ÁNGULO DE FRICCIÓN

ARENAS		Limos o arcillas			
NSPT	¶	Densidad relativa	Nspt	Su (kg/cm ²)	Consistencia
			<2	0-0.12	Muy blanda
0-4	<30	Muy suelta	2-4	0.12-0.25	Blanda
4-10	30-32	Suelta	4-8	0.25-0.5	Media
10-30	32-35	Media	8-15	0.5-1	Firme
30-50	35-38	Densa	15-30	1-2	Muy firme
>50	>38	Muy densa	>30	>2	Duro

Tabla 9: Relación de la resistencia al corte no drenado y ángulo de fricción

PENDIENTE

Es el grado de inclinación del terreno respecto a la horizontal, cuando la pendiente es alta o fuerte presenta mayor susceptibilidad o inestabilidad a movimientos en masa,

La pendiente nos permite identificar suelos irregulares y accidentados con porcentajes de inclinación considerables del terreno, es necesaria para que ocurran movimientos gravitacionales afectando el desarrollo del perfil, la profundidad del suelo e influyendo en la capacidad de resistencia y cohesión de los mismos. La pendiente se expresa en porcentaje.

La pendiente está en el rango entre 15 y 45% y está compuesta principalmente por materiales limosos inorgánicos de alta plasticidad y en algunos sectores por materiales coluviales de pie de monte.

ÁNGULO DE FRICCIÓN

El ángulo de fricción interna en el suelo representa el parámetro más importante en la evaluación de la resistencia al corte, lo cual permite evaluar sus capacidades portantes última y admisible, es una propiedad de los materiales granulares el cual tiene una interpretación física sencilla, al estar relacionado con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un conjunto de dicho material granular. En un material granuloso cualquiera, el ángulo de reposo está determinado por la fricción, la cohesión y la forma de las partículas; por ello, en un material sin cohesión y donde las partículas son muy pequeñas en relación con el tamaño del conjunto, el ángulo de reposo coincide con el ángulo de rozamiento interno (Bustabad, 2014). Es especialmente importante en mecánica de suelos para determinar tanto la capacidad portante como la resistencia al deslizamiento de un terreno arenoso.

DENSIDAD REAL

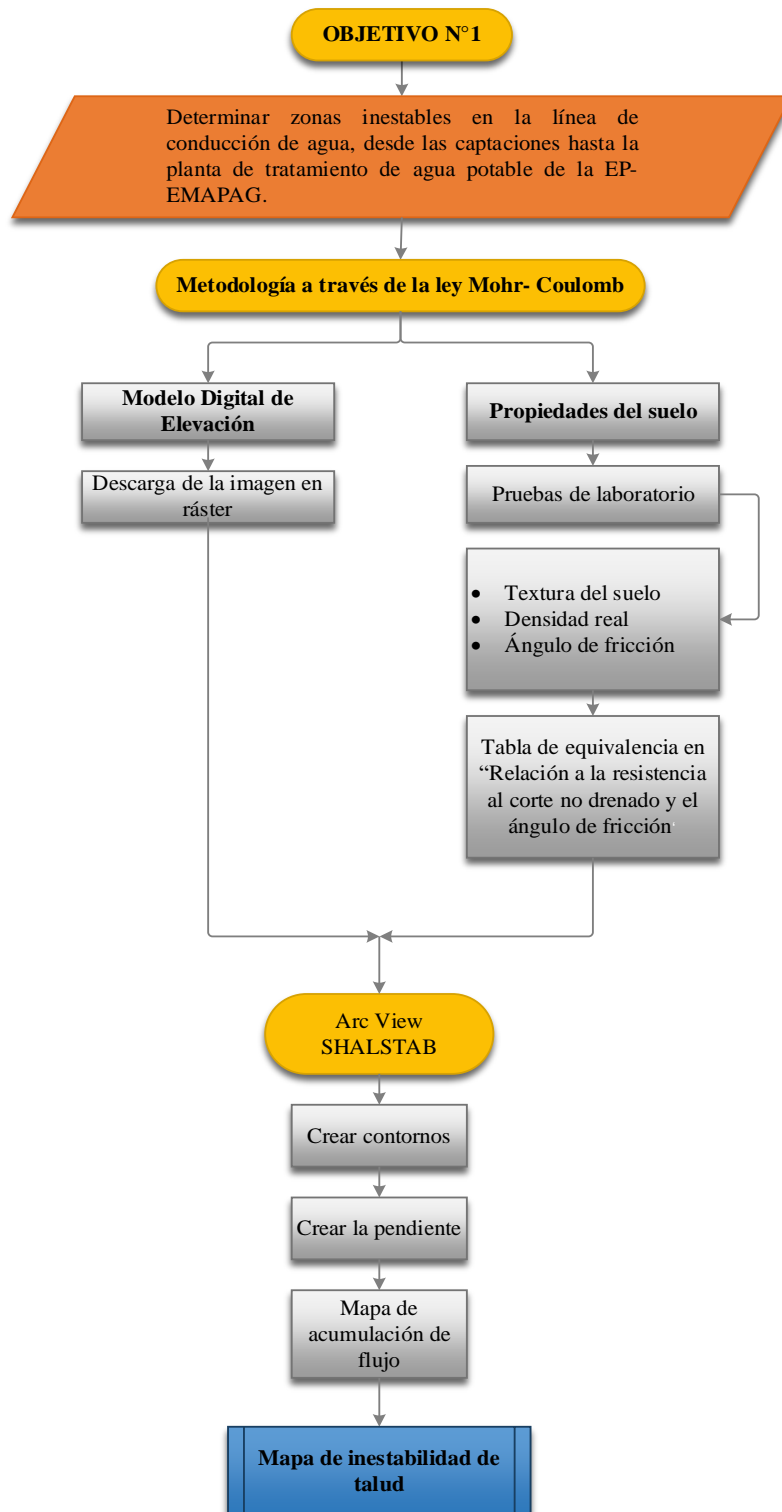
Se refiere a la densidad de la totalidad de las partículas del suelo. Se expresa como la relación entre la masa de partículas sólidas y el volumen del sólido, excluyendo, por lo tanto, los espacios porosos.

Las unidades más comunes de expresión son g cm^3 y mg m^3 .

Su valor se relaciona con la porosidad y densidad aparente. Es poco variable y en suelos minerales oscila alrededor de $2,65 \text{ g.cm}^3$ (es la densidad del cuarzo). Al aumentar el contenido de materia orgánica se reduce la densidad real de los suelos.

Para la determinación de la densidad real debe conocerse la masa de suelo y el volumen del mismo. La primera es determinada por pesada; el volumen real es un valor más complicado de establecer pues debe eliminarse totalmente el aire del suelo. La determinación es a través de la psicometría, el procedimiento significa la aplicación del

principio de Arquímedes, es decir, determina que volumen de agua desplazan los sólidos al ser sumergidos.



Elaborado por: Moncayo & Núñez

Ilustración 8: Objetivo 1

Objetivo Especifico N°2: Caracterizar la vulnerabilidad que existe en la línea de conducción de agua, desde las captaciones hasta la planta de tratamiento de agua potable de la EP-EMAPAG.

Mediante la información recolectada en la visita a campo, matriz existente desarrollada por el “Programa de las Naciones Unidas (PNUD)” y según la opinión de expertos, se procede a ingresar datos en la hoja de cálculo que nos permite identificar variables considerables frente al deslizamiento.

La metodología planteada en el desarrollo del trabajo corresponde a la propuesta por la SNR- PNUD (2012), en la visita a campo también se consideró algunas variables que han sido implementadas a dicha matriz.

Para obtener el índice de vulnerabilidad física se multiplica el *valor del indicador* por el *peso de ponderación* que da como resultado el *máximo*, la sumatoria de los valores máximos dan como producto final el *índice*, cada una con indicadores, a las cuales se califican en:

Alto	10
Medio	5
Bajo	1

**MATRIZ DE PONDERACIÓN DE VULNERABILIDAD PARA AMENAZA A
DESLIZAMIENTOS**

**ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA AMENAZA A
DESLIZAMIENTO**

VARIABLES	VALORES POSIBLES DEL INDICADOR	PERCEPCIÓN	VALOR MÁXIMO
Sistema estructural	10	53.33	100
	5		
	1		
Año de construcción	10	50	
	5		
	1		
Estado de conservación	10	43.33	
	5		
	1		
Características del suelo de la edificación	10	43.33	
	5		
	1		
Topografía del sitio	10	56.66	
	5		
	1		
Forma de construcción	10	53.33	
	5		
	1		
Calidad de la tubería	10	40	
	5		
	1		
Tipo de topografía	10	100	
	5		
	1		

Dimensión de la tubería	10	36.66
	5	
	1	
Mantenimiento de la tubería	10	43.33
	5	
	1	
Tipo de suelo	10	70
	5	
	1	
Profundidad de la tubería	10	86.66
	5	
	1	
Frecuencia	10	40
	5	
	1	
Nivel de exposición a la amenaza por zona	10	43.33
	5	
	1	

Fuente: IMoncayo & Núñez

Tabla 10: MATRIZ DE PONDERACIÓN DE VULNERABILIDAD PARA AMENAZA A DESLIZAMIENTOS

Considerando el nivel de vulnerabilidad física se presenta el *valor máximo 100*; para ello se tomó en cuenta los posibles valores de la ponderación del indicador, sirviéndose la percepción visual, criterio de expertos técnicos, informes previos en la empresa y la visita de campo realizada en la zona de estudio.

Nivel de vulnerabilidad	Rango de ponderación
Física	Porcentaje
Bajo	De 0- 33
Medio	De 34- 66
Alto	De 67 -100

Tabla 11: Rango de ponderación

Dependiendo de las diferentes características de la tubería, luego se realiza la sumatoria de los valores y se determina el *nivel de vulnerabilidad*.

Variable	Descripción de la variable	Indicadores considerables
Sistema estructural	Describe la tipología estructural predominante de la línea de conducción de agua	Asbesto PVC Mixta metálica/ hormigón
Año de construcción	Permite tener una idea de la posible aplicación de criterios de diseño de defensa contra la amenaza	Entre 1981-1990 Entre 1991- 2000 Entre 2001- 2010 Entre 2011- 2022
Estado de conservación	El grado de deterioro influye en la vulnerabilidad de la tubería	Bueno Aceptable Regular Malo
Características del suelo de la edificación	El tipo de terreno influye en las características de la vulnerabilidad física	Firme -seco Inundable Ciénega Húmedo- relleno
Topografía del sitio	La topografía del sitio de construcción indica posibles debilidades frente a la amenaza	A nivel del terreno plano Bajo nivel de calzada Sobre nivel de calzada Escarpe positivo o negativo

Forma de construcción	La presencia de irregularidades en la tubería genera vulnerabilidades	Regular
		Irregular
		Irregularidad severa
Calidad de la tubería	Se suele elaborar con materiales muy diversos	Bueno
		Malo
		Regular
Tipo de topografía	Conjunto de características que presenta la superficie o el relieve de un terreno	Llano
		Ondulado
		Fuertemente ondulado
		Colinado
		Fuertemente socavado
		Montañoso
Dimensión de la tubería	Tamaño o extensión en una o varias magnitudes por las cuales ocupa mayor o menor espacio	110
		200
Mantenimiento de la tubería	Conservación en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación	Trimestral
		Semestral
		Anual
		Nunca
Tipo de suelo	Conjunto de propiedades bien definidas formando un tipo de suelo distintivo	Arena
		Arcilla
		Limo
Profundidad de la tubería	Distancia entre el fondo y el punto tomado como referencia	50cm
		25cm
		10cm
		Expuesta
Frecuencia	Número de veces que sucede el evento adverso.	Anual
		Cada 5 años
		Igual o mayor a 10 años
Nivel de exposición a la amenaza por zona	Es la probabilidad de ocurrencia de un evento.	Alta
		Media
		Baja

Tabla 12: Nivel de vulnerabilidad

Objetivo Especifico N°3: Proponer medidas de Reducción de Riesgos para afrontar deslizamientos.

Gracias al objetivo 1 y 2, tenemos resultado los factores que influyen en la ocurrencia a deslizamientos; de tal manera es posible diseñar medidas de reducción de riesgos para minimizar daños.

CAPITULO IV

RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

RESULTADOS SEGÚN EL PRIMER OBJETIVO

Determinar zonas inestables en la línea de conducción de agua, desde las captaciones hasta la planta de tratamiento de agua potable de la EP-EMAPAG.

Para alcanzar el objetivo uno, se inició con reuniones con funcionarios de la Empresa Municipal de Agua Potable y el Municipio de Guaranda para recolectar información bibliográfica que facilitó información sobre la *textura del suelo* y la *densidad real* del mismo, datos necesarios para poder trabajar en el modelo SHALSTAB; mediante la obtención de dichos datos se determinó el *ángulo de fricción*, dato precedido en el laboratorio de análisis del suelo “WIDCAF”

- Se procede a descargar el Modelo Digital de Elevación (MDE), de la página web “Alaska Satellite Facility” que pertenece a la NASA.

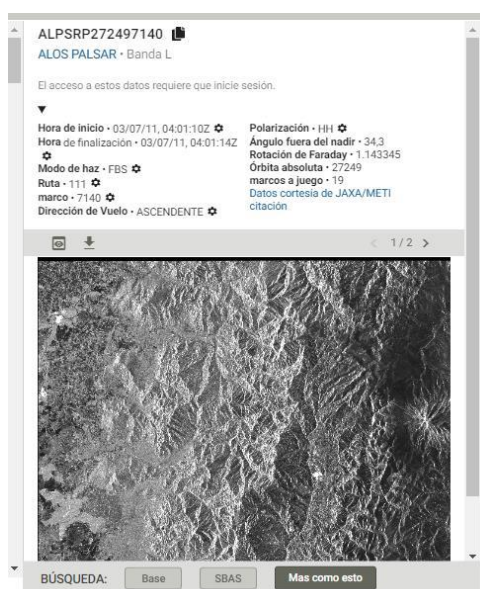


Ilustración 9: Modelo Digital de Terreno (MDT)

- Para trabajar dividimos en dos áreas de estudio, la primera que le denominamos “Grava” y “Limos”, por el tipo de suelo.

GRAVA

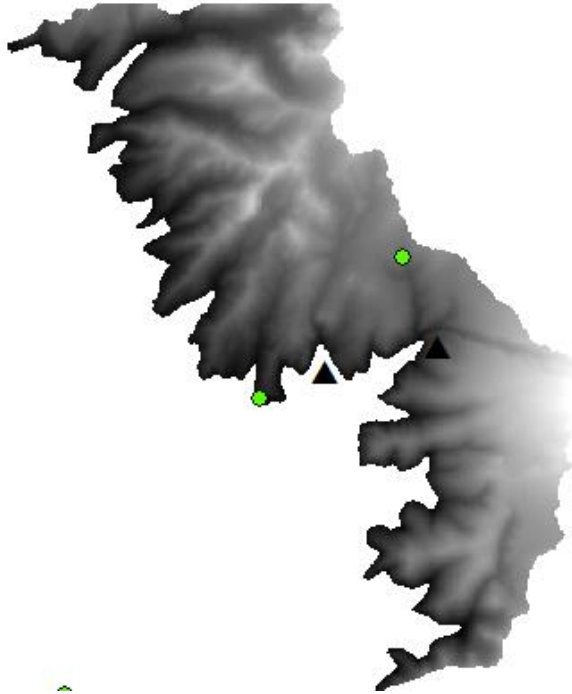


Ilustración 10: Grava

LIMO

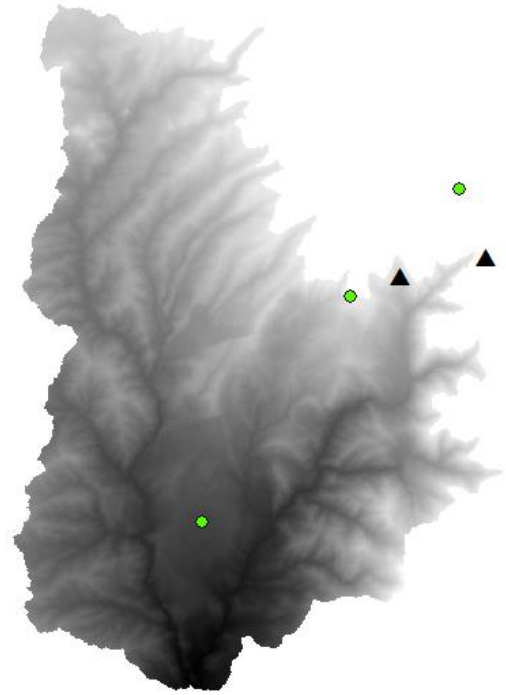


Ilustración 11: Limo

- Al elegir la herramienta Shalspecial da como resultado las curvas de nivel.

GRAVA

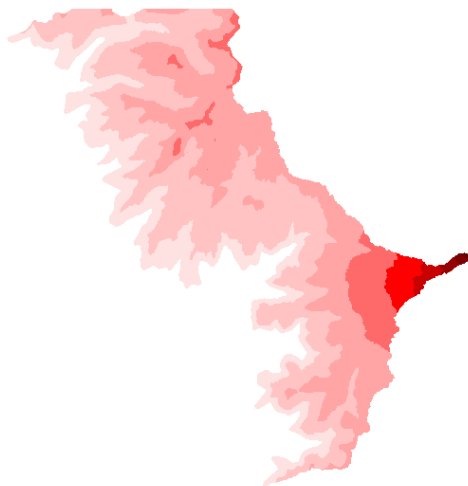


Ilustración 12: Curvas de nivel "Grava"

LIMO

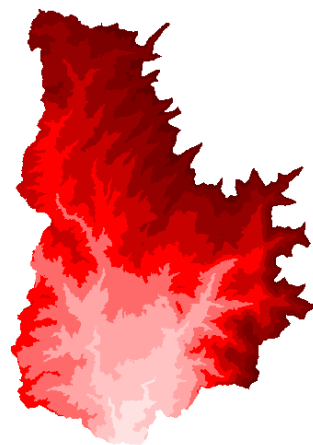


Ilustración 13: Curvas de nivel "Limo"

- Utilizamos la herramienta Shaltopo, obteniendo el mapa de pendientes.

GRAVA

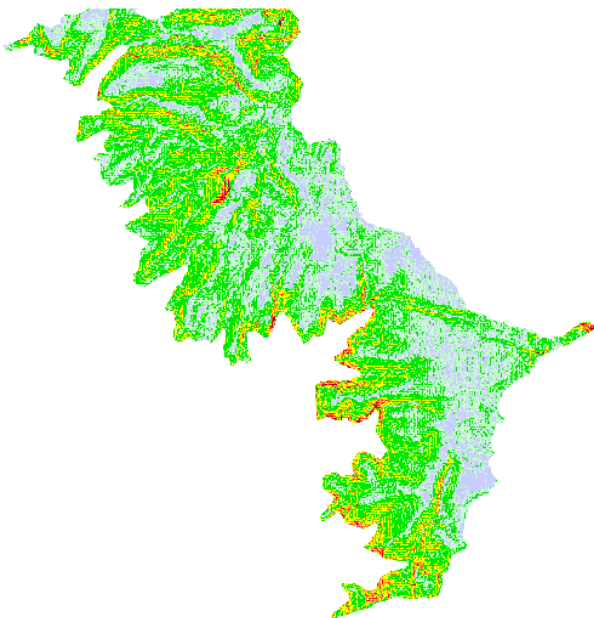


Ilustración 14: Mapa de pendiente "Grava"

LIMO

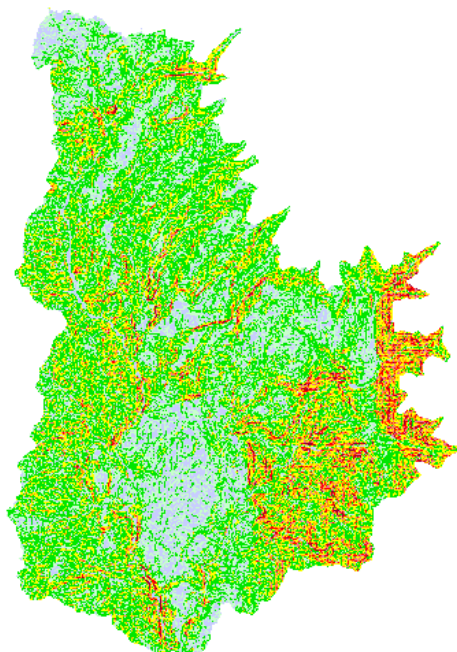


Ilustración 15: Mapa de pendiente "Limo"

- Donde se obtuvo el área de contribución.

GRAVA

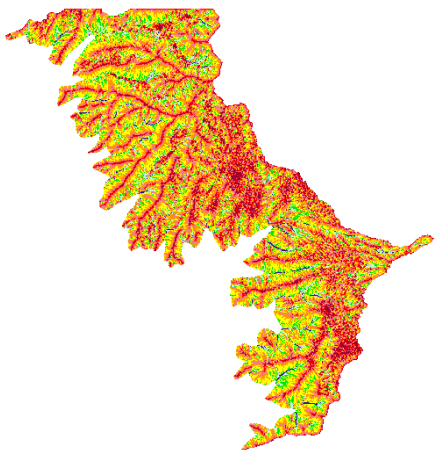


Ilustración 16: Área de Contribución "Grava"

LIMO

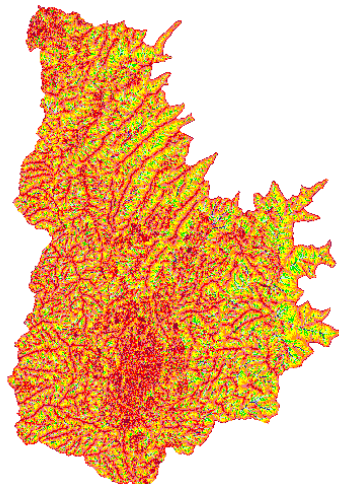


Ilustración 17: Área de Contribución "Limo"

- Además, utilizamos la herramienta Shalstab en donde se obtiene el q/T de la línea de conducción de agua, en donde se presenta las zonas inestables y estables.

GRAVA

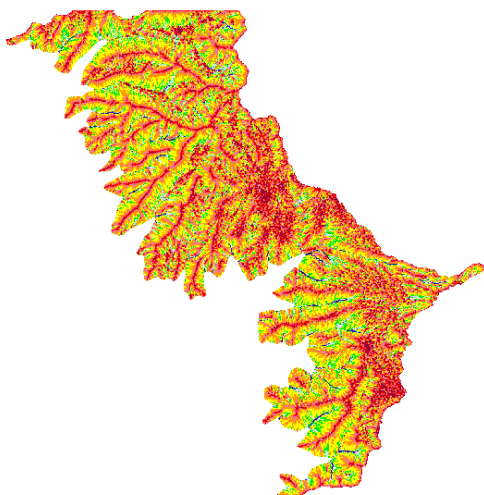


Ilustración 19: q/T "Grava"

LIMO

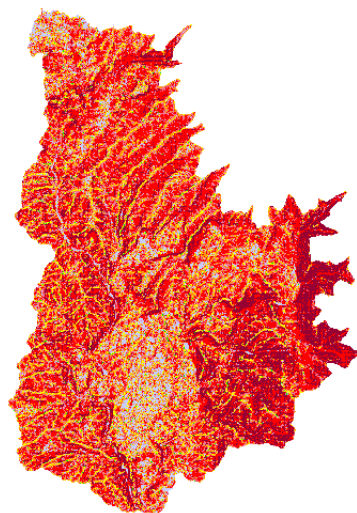


Ilustración 18: q/T "Limo"

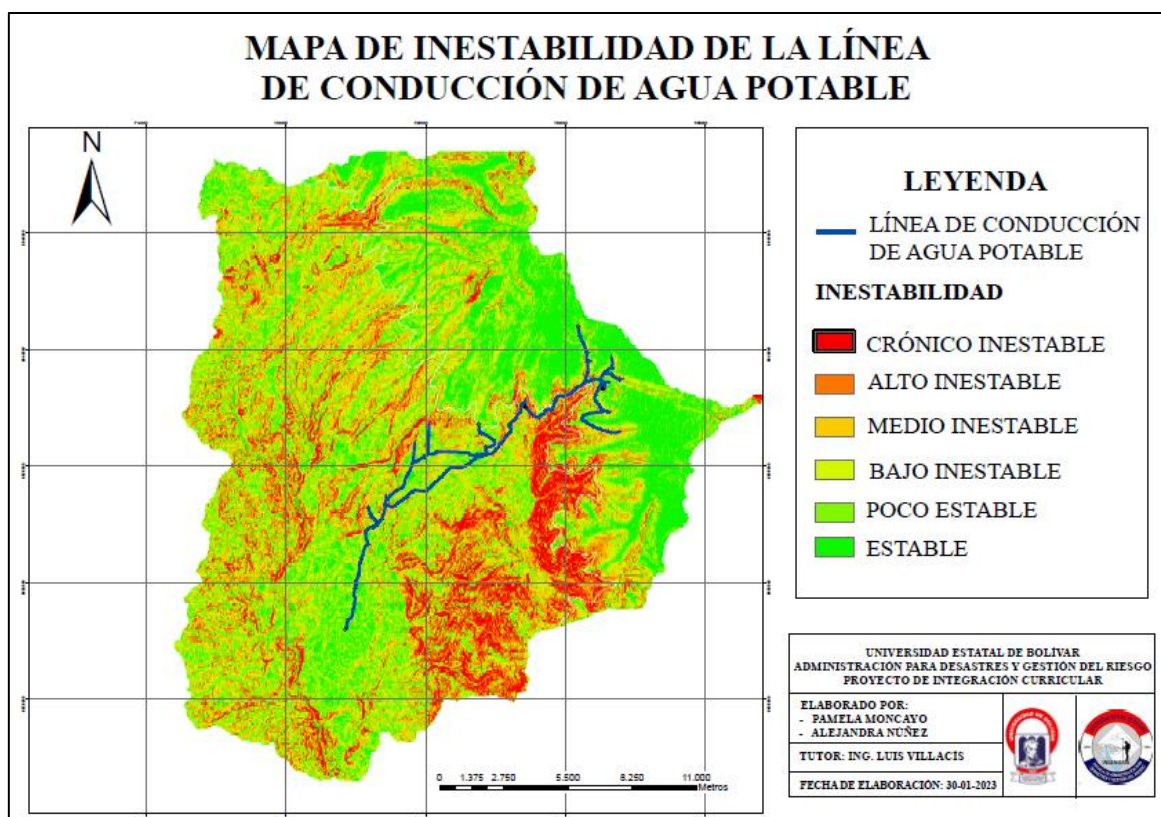
TABLA N°10: ZONAS INESTABLES DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE

ZONAS INESTABLES	LONGITUD KM	%
Crónico inestable	16.2 km	41.22
Alto inestable	8.30 km	21.12
Medio inestable	6 km	15
Bajo inestable	3.8 km	9.66
Poco estable	3 km	7.63
Estable	2 km	5.10
TOTAL, KM	39.30 km	100%

Tabla 13: Zonas inestables de la línea de conducción de agua potable

Según los mapas obtenidos mediante Shalstab, existen algunos kilómetros en la línea de conducción de agua potable que se han comprometido con la vulnerabilidad, por ende, se convierte en zonas inestables para el asentamiento de la misma, como se puede observar en la Tabla N°10 se presentan las zonas crónicamente inestables que presenta la línea de conducción de agua potable, en donde se han detallado 22 puntos críticos en 39.30km que comprende.

Los factores que interviene en los diferentes deslizamientos en el trayecto de la línea de conducción de agua potable son: textura, densidad real y el ángulo de fricción. Según la longitud de afectación mayoritariamente predomina las zonas “crónicas inestables” representadas en 16.2 km; mientras que en la zona “alto inestable” corresponde a 8.3.km, además la zona “medio inestable” está comprendida por 6 km; por otro lado, la zona “bajo inestable” es de 3.8km, la zona “poco estable” comprende 3km, y solo la “estabilidad” de la línea de conducción de agua potable está comprendida por 2km.



Fuente: Moncayo & Núñez

Ilustración 20: Mapa de Inestabilidad

RESULTADOS SEGÚN EL SEGUNDO OBJETIVO

Caracterizar la vulnerabilidad que existe en la línea de conducción de agua, desde las captaciones hasta la planta de tratamiento de agua potable de la EP-EMAPAG.

Matriz Programas de las Naciones Unidas (PNUD)

Variable de vulnerabilidad	Descripción de la variable	Indicadores considerables	Valores posibles de ponderación del indicador	Percepción		Ponderación	Máximo
Sistema estructural	Describe la tipología estructural predominante de la línea de conducción de agua	Asbesto	10	70,00	Alto	0,08	8
		PVC	10				
		Mixta metálica/ hormigón	1				
Año de construcción	Permite tener una idea de la posible aplicación de criterios de diseño de defensa contra la amenaza	Entre 1981-1990	N/A	66,67	Alto	0,07	7
		Entre 1991- 2000	N/A				
		Entre 2001- 2010	10				
		Entre 2011- 2022	10				

Estado de conservación	El grado de deterioro influye en la vulnerabilidad de la tubería	Bueno	10	73,33	Alto	0,08	8
		Aceptable	10				
		Regular	1				
		Malo	1				
Características del suelo de la línea de conducción	El tipo de terreno influye en las características de la vulnerabilidad física	Firme -seco	10	56,67	Medio	0,05	5
		Inundable	1				
		Ciénega	5				
		Húmedo- relleno	1				
Topografía del sitio		A nivel del terreno plano	1	86,67	Alto	0,09	9

	La topografía del sitio de construcción indica posibles debilidades frente a la amenaza	Bajo nivel de calzada	5				
		Sobre nivel de calzada	10				
		Escarpe positivo o negativo	10				
Forma de construcción	La presencia de irregularidades en la tubería genera vulnerabilidades	Regular	10	70,00	Alto	0,08	8
		Irregular	10				
		Irregularidad severa	1				
Calidad de la tubería	Se suele elaborar con materiales muy diversos	Bueno	10	40,00	Medio	0,06	6
		Malo	1				
		Regular	1				

Tipo de topografía	Conjunto de características que presenta la superficie o el relieve de un terreno	Llano	N/A	100,00	Alto	0,1	10
		Ondulado	5				
		Fuertemente ondulado	5				
		Colinado	10				
		Fuertemente socavado	N/A				
		Montañoso	10				
Dimensión de la tubería	Tamaño o extensión en una o varias magnitudes por las cuales ocupa mayor o menor espacio	110	5	50,00	Medio	0,06	6
		200	10				
		Trimestral	1	43,33	Medio	0,04	4

Mantenimiento de la tubería	Conservación en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación	Semestral	10				
		Anual	1				
		Nunca	1				
Tipo de suelo	Conjunto de propiedades bien definidas formando un tipo de suelo distintivo	Arena	10	70,00	Alto	0,08	8
		Arcilla	1				
		Limo	10				
Profundidad de la tubería	Distancia entre el fondo y el punto tomado como referencia	50cm	10	86,67	Alto	0,09	9
		25cm	1				
		10cm	5				
		Expuesta	10				
Frecuencia		Anual	10	53,33	Medio	0,06	6

	Número de veces que sucede el evento adverso.	Cada 5 años	5				
		Igual o mayor a 10 años	1				
Nivel de exposición a la amenaza por zona	Es la probabilidad de ocurrencia de un evento.	Alta	10	53,33	Medio	0,06	6
		Media	5				
		Baja	1				
TOTAL:					ALTO	1	100

Tabla 14: Matriz Programas de las Naciones Unidas (PNUD)

Fuente: Moncayo & Núñez

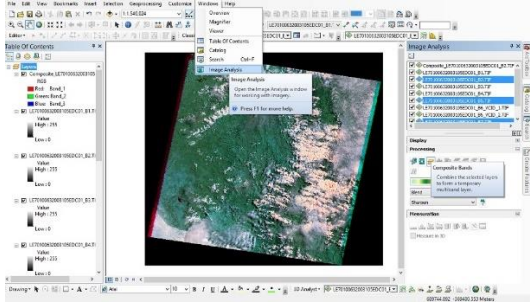
Análisis e interpretación:



Las variables presentadas en la matriz son consideradas gracias a los elementos expuestos que hacen que la línea de conducción de agua potable sea vulnerable, considerando el *sistema estructural* ya que describe la tipología del material con el que está fabricada la tubería, el *año de construcción* que nos orienta en relación al tiempo vigente que predomina en la tubería observando el *estado de conservación* y así verificar el *grado de deterioro* de la misma, tomando en cuenta el lugar en donde se posesiona la línea de conducción si está a nivel, bajo o sobre el suelo tomando en cuenta la pendiente. Además, se considera la *calidad, dimensión, mantenimiento y la profundidad de la tubería* en relación al suelo; cabe recalcar que los eventos se presentan mayoritariamente una vez al año en época invernal que está comprendida entre los meses de enero hasta el mes de mayo, así el *nivel de exposición* frente a la amenaza aumenta gradualmente.


RESULTADOS SEGÚN EL TERCER OBJETIVO:


Proponer medidas de reducción de riesgos para afrontar deslizamientos.


Los deslizamientos son parte de los procesos geodinámicos y/o hidrometeorológicos que sufre el planeta Tierra.


MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGOS						
PROBLEMA	CAUSA	MEDIDAS	SECTOR	ILUSTRACIÓN	RESPONSABLE	PRESUPUESTO
No se cuenta con un monitoreo periódico en la línea de conducción de agua potable.	Bajo presupuesto.	Análisis de imágenes satelitales, recolectando nuevas muestras de suelo en sitios de mayor peligrosidad.	Línea de conducción de agua potable.			\$100


<p>No se cuenta con un cronograma para realizar visitas a campo.</p>	<p>Falta de coordinación.</p>	<p>Análisis semestrales mediante visitas a campo para identificar problemas y solucionarlos.</p>	<p>Línea de conducción de agua potable.</p>			<p>\$100</p>
<p>No se cuenta con un plan de reducción de riesgos (RRR).</p>	<p>Bajo presupuesto.</p>	<p>Estabilización de taludes para compactar el suelo de forma estática y así aumentar su densidad, resistencia, disminuir su</p>	<p>“Lozán 3”</p>		<p>Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado</p>	<p>\$470</p>

		porosidad y permeabilidad.				
No se cuenta con un plan de reducción de riesgos (RRR).	Bajo presupuesto.	Realizar cunetas de coronación, es decir, un canal longitudinal que estará ubicado a ambos lados de la carretera o, en su defecto, a un solo lado, con el objeto	“Toroguañuna”			\$300

		de captar, conducir y evacuar en forma adecuada el agua lluvia.				
No se cuenta con un plan de reducción de riesgos (RRR).	Bajo presupuesto.	Construir drenajes a través de taludes con el fin de estabilizar deslizamientos profundos.	“Ciénego”			\$350

<p>No se cuenta con un plan de reducción de riesgos (RRR).</p>	<p>Bajo presupuesto.</p>	<p>Construir una nueva variante en sitios crónicamente inestables con el fin de mantener la línea de conducción de agua potable fuera de riesgo en caso de presentarse eventos adversos y así el líquido vital no se vea</p>	<p>“Lozán 3” “Pachala”</p>			<p>\$709</p>
--	--------------------------	--	--------------------------------	---	--	--------------

		afectado para la población beneficiaria.				
No se cuenta con un cronograma para realizar visitas a campo.	Falta de coordinación.	Monitoreo constante de la línea de conducción de agua principalmente en época invernal.	Línea de conducción de agua potable			\$70

<p>No se cuenta con un cronograma.</p>	<p>Falta de coordinación. Bajo presupuesto.</p>	<p>Brindar capacitaciones al personal operativo que visita periódicamente la línea de conducción de agua potable.</p>	<p>Personal técnico operativo</p>			<p>\$200</p>
--	---	---	-----------------------------------	---	--	--------------

Fuente: Moncayo & Núñez

Tabla 15: Medidas de reducción de riesgos

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

CONCLUSIONES:

- Se logró determinar veintidós zonas inestables en la línea de conducción que está comprendida desde las captaciones hasta la planta de tratamiento de agua potable de la EP-EMAPAG, pues la zona de estudio corresponde a *suelos arenosos* con matriz de *limos* en la parte alta y *arenas* con matriz de gravas y aluviales, conociendo que es una cuenca deprimida con superficies planas relieves colinares moderados con pendientes que varían entre 25 y 50%, las cuales se encuentran ubicadas sobre rellenos volcánico- sedimentarios y piroclásticos de tipo interandino con cobertura piroclástica continua; teniendo como consecuencia un aumento en las condiciones de inestabilidad del suelo.
- Se logró caracterizar la vulnerabilidad tomando en cuenta las variables más importantes que han sido relevantes para considerar la misma, por ello se considera el año de construcción que hace once años han sido reemplazadas por PVC; además se toma en cuenta la calidad de la tubería, el mantenimiento que el personal operativo realiza y la profundidad de la misma en relación al suelo; de tal manera se comprobó que la vulnerabilidad que existe en la línea de conducción de agua corresponde a “*vulnerabilidad alta*”.
- Se diseñaron medidas de reducción de riesgos con el fin de mantener informada a las autoridades de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda para que puedan tomar decisiones competentes en los cuatro sitios críticos específicos que se ha detallado, de tal manera se minimice las afectaciones y daños en la línea de conducción.

De tal manera, dichas medidas están vinculadas a la realidad del territorio e implican la construcción de obras tales como: Estabilización de taludes, cunetas de coronación para la evacuación adecuada de agua lluvia y evitar la permeabilidad en el terreno además de la construcción de drenajes evitando que se atraviese por el talud.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios técnicos y topográficos, por parte de la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado Guaranda, en el área de estudio para conocer las características físicas y geológicas del suelo otorgando nuevos datos en relación al ángulo de fricción y densidad del suelo, con el fin de monitorear e identificar si son las mismas o existen nuevas zonas de inestabilidad que deben ser atendidas con el mayor tiempo posible y con ayuda del personal técnico corroborar información in situ, de tal manera se evitará cuantiosos daños relevantes para la empresa.
- Reemplazo de las tuberías de asbesto cemento por PVC en su totalidad, pues estas tienen vida útil de más de 100 años ya que son prácticamente inmunes a la corrosión y no se oxidan o reaccionan químicamente con los líquidos que transportan, de tal manera se pretende disminuir la vulnerabilidad, pues se consideró a esta variable dentro del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo como una de las más críticas por lo que se ha resumido “vulnerabilidad alta”, cabe recalcar que la línea de conducción en algunos sectores se encuentra a la intemperie por lo que con PVC se otorgará mayor resistencia a la misma.
- Durante el trayecto que comprende la línea de conducción de agua potable se recomienda analizar imágenes satelitales para monitorear periódicamente la misma, haciendo énfasis en nuevos resultados con muestras recolectadas recientemente que haya arrojado el laboratorio de suelos; además en “Lozán 3” en sectores críticos específicos la estabilización de taludes para compactar el suelo y tener resistencia en el mismo; mientras que en “Toroguañuna” realizar cunetas de coronación para que el agua lluvia evacue adecuadamente; en “Ciénego” se debe construir drenajes con el fin de estabilizar deslizamientos que han ocurrido anteriormente; finalmente en “Lozán 3” y “Pachala” la construcción de una nueva variante pues son los sectores más vulnerables que han sido identificados.

ANEXOS:

TRABAJO EN CAMPO:

Coordenadas geográficas de la línea de conducción de agua potable

COORDENADAS GEOGRÁFICAS LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE	
Latitud	Longitud
732544	9840971
732549	9840901
732549	9840892
732616	9840595
732646	9840484
732672	9840487
732721	9840548
732658	9840450
732720	9840333
732796	9840181
732818	9840123
732845	9840151

**Dirección: Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira
Guaranda – Ecuador
Teléfono: (593) 3220 6059
www.ueb.edu.ec**

732872	9840171
732820	9840105
732882	9839922
732923	9839931
732906	9839878
732924	9839878
732955	9839904
732953	9839890
732957	9839867
732919	9839835
732908	9839737
732959	9839735
732892	9839597
732937	9839471
733010	9839487
733079	9839504
733042	9839982
733078	9839971

732946	9839369
732952	9839310
733026	9839328
732958	9839196
732998	9839214
732994	9839230
733060	9839250
733028	9839221
733005	9839195
733083	9839226
732957	9839097
732850	9838723
732813	9838585
732884	9838652
732982	9838633
733152	9838687
733502	9838697
733626	9838968

733684	9839013
733941	9839216
734012	9839164
734015	9839354
734017	9839436
734061	9839437
734056	9839472
734005	9839506
733940	9839654
733684	9839013
733762	9838965
733944	9838947
734116	9838785
734330	9838690
734392	9838711
734433	9838709
733513	9838694
733616	9838596

733810	9838599
733674	9838547
733603	9838506
733709	9838351
733502	9838688
733486	9838463
733608	9838319
733244	9837936
733336	9837738
733573	9837396
733581	9837453
733570	9837388
733886	9837314
733554	9837355
733627	9837252
733265	9837282
732779	9837149
732678	9837010

733130	9836737
734087	9836439
734322	9836467
731707	9837987
731389	9837374
730628	9837136
730259	9837583
730280	9837847
730144	9837679
730100	9837656
730068	9837468
730066	9837293
729962	9837226
729878	9837039
729651	9836845
729669	9836766
729271	9835987
728518	9835440

727993	9835208
727476	9834918
725982	9833903
725557	9833961
725375	9833838
725310	9833836
725195	9833662
724589	9833243
724242	9833349
724362	9833596
724295	9833691
724793	9833986
725110	9834268
725445	9835111
726473	9835605
726111	9835500
726147	9836762
725463	9835115

725532	9835996
725465	9835122
725529	9835988
725135	9834467
725109	9834270
714794	9833986
724360	9833592
724293	9833694
724243	9833351
724192	9832924
723980	9832564
723680	9832827
723537	9833241
723925	9832458
723725	9832367
723612	9832358
723446	9832212
723418	9832114

723462	9831843
723508	9831545
723406	9830735
723159	9830066
723035	9829483
722912	9829344
722993	9828557
722852	9828440
722754	9828418
722669	9828316
722575	9828012

Tabla 16: Coordenadas geográficas de la línea de conducción de agua potable

Fuente: Moncayo & Núñez

PUNTOS CRÓNICAMENTE INESTABLES:

N°	ESTE	OESTE
1	724307	9833633
2	724733	9833934
3	724907	9834009
4	726793	9835596
5	728879	9835557
6	729334	9836087
7	729852	9837002
8	730062	9837484
9	730258	9837526
10	730468	9837300
11	730573	9837189
12	730891	9837126
13	731127	9837316
14	731851	9837985
15	731995	9838001
16	732244	9838132

17	732848	9838627
18	733611	9838313
19	733224	9838709
20	733516	9838739
21	734005	9838886
22	733450	9836573

IDENTIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTOS A LO LARGO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA

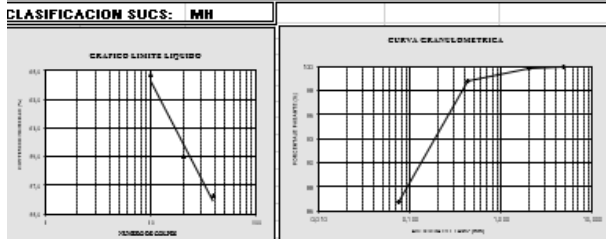


Ilustración 21: IDENTIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTOS A LO LARGO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA

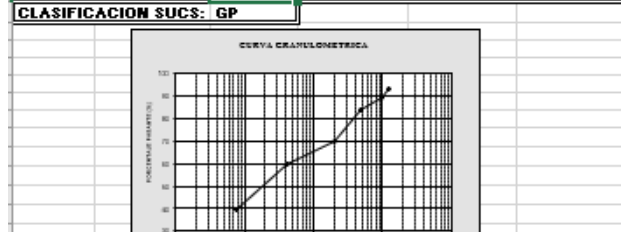
LABORATORIO DE SUELOS

LIMITE LIQUIDO					
NORMA: ASTM D 423 ASHTO T89 ASHTO T90					
CAPSULA No.	No. GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	% HUMEDAD
67	39	23,17	17,08	6,27	56,34
54	20	24,18	17,52	6,24	53,04
57	10	27,12	18,30	6,20	64,72
LIMITE PLASTICO					
NORMA: ASTM D 424 ASHTO T89 ASHTO T90					
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	LIMITE PLASTICO (%)
1	89	17,14	15,20	3,52	34,15
2	11	13,85	11,74	5,51	33,87
HUMEDAD NATURAL					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216					
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	38	102,77	35,03	23,60	10,84
2	36	104,15	36,06	23,65	11,17
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	11,00	%	LP =	34,01	%
LL =	58,60	%	IP =	24,59	%

No. GOLPE	LOG	HUMEDAD	HUMEDAD
No. GOLPE	ENSAYO	ORREGIDO	
39	1,5911	56,337	55,858
20	1,3010	53,043	53,382
10	1,0000	64,724	64,263
25	1,3979		58,6043



GRANULOMETRIA					
NORMA: ASTM D 421 ASTM D 422					PESO INICIA
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
1/2	12,250	3,03	6,3	6,3	93,1
3/8	3,500	4,65	3,5	10,4	89,6
4	4,750	7,93	6,0	16,4	83,6
10	2,000	17,30	13,6	30,0	70,0
40	0,425	13,42	10,2	40,2	59,8
200	0,075	26,46	20,1	60,2	39,8
PASA 200		52,38	39,8	100,0	0,0
TOTAL		131,77			
HUMEDAD NATURAL					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216					
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	19	85,61	78,62	24,64	12,35
2	32	87,66	79,51	24,68	14,86
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	13,31	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%



BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Anónimo. (2017). Investigación de campo. *QuestionPro*, 8-9.

ÁREA DE PREVENCIÓN DE CRISIS Y RECUPERACIÓN . (2013). *Centro Regional del PNUD para América Latina y el Caribe en Panamá*, 4-12.

Arellano, A. (2012-2013). Evaluación de la vulnerabilidad física del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado ante eventos adversos en el área urbana de Guaranda. . *Proyecto de investigación previa a la obtención del título de INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DE RIESGOS*, 18-24.

Becerra, A. F. (2016). ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD Y PELIGROSIDAD POR DESLIZAMIENTOS DE TIERRA, EN LAS MICROCUENCAS YANTZAZA Y PITÁ, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)". *Tesis de grado previa a la obtención del título de ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.*, 17-36.

Bustabad, R. (Jueves de Septiembre de 2014). *Ángulo de fricción, cohesión y corte*. Recuperado el 16 de Enero de 2023, de https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81ngulo_de_rozamiento_interno

Camacho Tauta, J., & Ruiz Blanco, E. (2009). DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA LOS MODELOS ELASTOPLÁSTICOS MOHR-COULOMB Y HARDENING SOIL EN SUELOS ARCILLOSOS. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 7-11.

Casaverde, M. (11 de Abril de 2016). *Clasificación de Desastres basado en la clasificación de UNESCO*. Recuperado el 15 de Febrero de 2022, de Clasificación de Desastres: <http://bvpad.indec.gov.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319-contenido.pdf>

Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades. (2018). Desastres naturales y tiempo severo. *Salvamos vidas, protegemos gente*, 1.

Dirección: Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira
Guaranda – Ecuador
Teléfono: (593) 3220 6059
www.ueb.edu.ec

CIIFEN. (06 de Enero de 2021). *Construyendo resiliencia climática para el desarrollo sostenible*. Recuperado el 15 de Febrero de 2022, de Construyendo resiliencia climática para el desarrollo sostenible: http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=84

CORPCONSUL CIA. LTDA. (2010). *ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE GUARANDA*. Guaranda.

Corporación OSSO & LA RED . (2009). *Guía metodológica Versión*. Lima.

Cruz, M. D. (2014). Reparación, rehabilitación y renovación de redes. *Tuberías de conducción de agua potable y residual*, 11-13.

EcuRed. (2017). Metodología ArcView. *EcuRed*, 4-11.

Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado. (2021). *Línea de conducción de Agua*. Guaranda.

Estudio de Calidad de Aguas. (2011). Calidad de Agua. *Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado*, 4-10.

Fundación Ayuda en Acción. (2017). La importancia del agua para el desarrollo de las regiones más deprimidas. *Ayuda en Acción*, 3-5.

Fundación OXFAM INTERMÓN . (2020). La importancia del abastecimiento de agua. *OXFAM* , 2-6.

Gestión Integral de Riesgos de Desastres del Mercado Común del Sur. (17 de Diciembre de 2017). *Glosario Básico- MERCOSUR*. Recuperado el 15 de Febrero de 2022, de Gestión Integral de Riesgos de Desastres del Mercado Común del Sur: https://www.rmagir-mercosur.org/index.php/download_file/view_inline/182

Lerma, H. (2016). *Metodología de la investigación: Propuesta, anteproyecto y proyecto*. Colombia: Bogotá: ECOE Ediciones.

- Loarca, O., Balaña, P., & Montufar, J. (s.f.). Análisis hidrométrico espacial de la cuenca “El Coyolate” en la época de estiaje. *Hidrometereología*.
- M.Das, B. (2013). *Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica*. Col. Cruz Manca, Santa Fe (México): Ediciones OVA.
- Marín, R., Marín, L., Mattos, Y., & Alvaro, J. (2020). *Análisis y evaluación del riesgo de deslizamientos superficiales en un terreno montañoso tropical: implementación de modelos físicos simples*. Scientia.
- Ministerio de Salud-apoyo Fondo de Contravalor. (2017). Manual de Operaciones y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable y Letrinas. *Ministerio de Salud-apoyo Fondo de Contravalor*, 9-14.
- Narváez, C. (2010). *INFORME DE MECANICA DE SUELOS PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE GUARANDA, PROVINCIA DE BOLIVAR*. Guaranda.
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 3083. (2017). Norma Técnica Ecuatoriana. *Norma Técnica Ecuatoriana*, 4-9.
- Orellana, J. (2017). *Ingeniería Sanitaria- Profundidad de la tubería*. Imbabura: Universidad Técnica del Norte.
- Pachacama, L. F., & Cevallos, M. F. (2012). "Análisis de riesgo, vulnerabilidad de los estudios de la segunda etapa del proyecto de agua potable ríos orientales ramal Quijos- Papallacta- Paluguillo" . *Ingeniería Civil*, 24-39.
- (2012-2013). *Plan Maestro de Agua Potable*. Guaranda.
- Ramírez, R., & Gonzales, M. (2008). Diseños de investigación. *Investigación científica*, 14-16.
- Río, R. d. (2023). Qué son los procesos contrutivos? *Ferrovial- STEM*, 3-5.

- Salgado, M. (2013). Ajuste a los parámetros de resistencia de depósitos de coluviones mediante correlaciones entre ensayos de laboratorio, exploración geotécnica y retrocálculo. *Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito*, 10-14.
- Santacruz, W. D. (2018). ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICO FUNCIONAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE GUARACZAPAS ANTE DESLIZAMIENTOS, PARROQUIA DE ANGOCHAGUA, CANTÓN IBARRA”. *TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES*, 43-76.
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (05 de Febrero de 2020). *Biblioteca Virtual SNGRE*. Recuperado el 15 de Febrero de 2022, de Gobierno del Encuentro:
https://biblioteca.gestionderiesgos.gob.ec:8443/search?query=evento+adverso&query_type=boolean&record_types%5B%5D=Item&record_types%5B%5D=File&record_types%5B%5D=Collection
- Stralher, A. (2019). Comportamiento de deslizamientos. *Geografía física*, 9-11.
- Suárez, J. (2017). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. *Zonas Tropicales*, 12-16.
- Sumup. (2019). Costes, tipos de costes. *Debitoor*, 6.
- Tello, L. (2019). El acceso al agua potable, ¿un derecho humano? *Instituto de Investigaciones Jurídicas*, 7-9.
- Teodoro, E. N. (2013). Investigación básica. *Tipos de Investigación*, 6-8.
- UNESCO. (1971).
- Valderrama, S. (2017). *Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica*. San Marcos.