



UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”

ESCUELA DE POSTGRADO

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR SISMO DE LA INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE YUNGAY - 2018

Tesis para optar el grado
de Maestro en Ciencias e Ingeniería
Mención: Gestión de Riesgos y Cambio Climático

ROGER AUGUSTO MENDOZA ARANIBAR

Asesor: **Dr. MARCO ANTONIO SILVA LINDO**

Huaraz – Ancash – Perú

2023

Nº. Registro: **T0925**





UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
ESCUELA DE POSTGRADO

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los miembros del Jurado de Sustentación de Tesis, que suscriben, reunidos en acto público en el Auditorio de la Escuela de Postgrado, de la Universidad Nacional "Santiago Antúñez de Mayolo" para calificar la Tesis presentada por el:

Bachiller : **ROGER AUGUSTO MENDOZA ARANIBAR**

Título : **"DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR SISMO DE LA INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE YUNGAY - 2018"**

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones finales, la declaramos:

APROBADO, con el calificativo de Distintos (16)

De conformidad al Reglamento General a la Escuela de Postgrado y al Reglamento de Normas y Procedimientos para optar los Grados Académicos de Maestro y Doctor, queda en condición de ser aprobado por el Consejo de la Escuela de Postgrado y recibir el Grado Académico de Maestro en **CIENCIAS E INGENIERÍA** con Mención en **GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO**, a otorgarse por el Honorable Consejo Universitario de la UNASAM.

Huaraz, 21 de octubre del 2022

Dr. Prudencio Celso Hidalgo Camarena
PRESIDENTE

Mag. Esteban Pedro Reyes Roque
SECRETARIO

Dr. Reynaldo Melquiades Reyes Roque
VOCAL

Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM
ANEXO 1
INFORME DE SIMILITUD.

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

Presentado por:

con DNI N°:

para optar el Grado de Maestro en:

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11 ° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de : de similitud.

Evaluación y acciones del reporte de similitud para trabajos de investigación, tesis posgrado, textos, libros, revistas, artículos científicos, material de enseñanza y otros (Art. 11, inc 2 y 3)

Porcentaje	Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda
Del 1 al 20%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	
Del 21 al 30%	Devolver al autor para las correcciones y se presente nuevamente el trabajo en evaluación.	
Mayores al 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes; sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de **Asesor responsable**, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz,



FIRMA

Apellidos y Nombres: _____

DNI N°: _____

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

T033_42790597_M.pdf

AUTOR

Roger Aranibar

RECUENTO DE PALABRAS

33379 Words

RECUENTO DE CARACTERES

175776 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

161 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

8.0MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 25, 2023 10:59 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 25, 2023 11:03 PM GMT-5**● 15% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Bloques de texto excluidos manualmente

MIEMBROS DEL JURADO

Doctor Prudencio Celso Hidalgo Camarena *Presidente*



Magister Esteban Pedro Reyes Roque *Secretario*



Doctor Reynaldo Melquiades Reyes Roque *Vocal*



ASESOR

Doctor Marco Antonio Silva Lindo



AGRADECIMIENTO

- A Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.
- Un agradecimiento especial a mí asesor, el Dr. Marco Antonio Silva Lindo por su importante participación y apoyo constante durante la realización de la presente investigación.
- Finalmente quiero agradecer esta tesis a mi esposa Estephany, por apoyarme cuando más la necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

A mis padres Augusto y Cecilia quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

ÍNDICE

	Página
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo I	
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	6
1.2. Objetivos.....	9
1.3. Justificación.....	10
1.4. Delimitación.....	11
Capítulo II	
MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Antecedentes de investigación.....	13
2.2. Bases teóricas.....	17
2.3. Definición de términos.....	58
2.4. Hipótesis.....	60
2.5. Variables.....	60
Capítulo III	
METODOLOGÍA.....	62
3.1. Tipo de Investigación.....	62

3.2. Diseño de investigación.....	62
3.3. Población y muestra	66
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	67
3.5. Plan de procesamiento y análisis estadístico de datos.....	69
Capítulo IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	89
4.1. Presentación de Resultados	89
4.2. Prueba de hipótesis	111
4.3. Discusión	111
Recomendaciones.....	122
Referencias bibliográficas	123
Anexos	126

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Escala de intensidad de Mercalli Modificada.	27
Tabla 2. Factores de Zona “Z”.	30
Tabla 3. Matriz de Saaty.	36
Tabla 4. Precipitaciones pluviales año 2,014 en la zona de Yungay.	49
Tabla 5. Registro histórico de temperatura en la zona de Yungay.....	49
Tabla 6. Operacionalización de Variables.....	60
Tabla 7. Parámetros de evaluación y descriptores del Fenómeno de sismo.	71
Tabla 8. Factores desencadenantes y sus descriptores del peligro de sismo.....	72
Tabla 9. Factores condicionantes y descriptores del peligro de sismo.....	73
Tabla 10. Niveles de peligro de sismo.	74
Tabla 11. Estratificación del nivel de peligro de sismo.	75
Tabla 12. Matriz de parámetros de vulnerabilidad para los componentes de la infraestructura del servicio de agua potable.....	77
Tabla 13. Parámetros y descriptores de la vulnerabilidad sísmica en la dimensión física por el factor exposición.	78
Tabla 14. Parámetros y descriptores de la vulnerabilidad sísmica en la dimensión física por el factor fragilidad.	78
Tabla 15. Parámetros y descriptores de la vulnerabilidad sísmica en la dimensión física por el factor resiliencia.	79
Tabla 16. Parámetros y descriptores de la vulnerabilidad sísmica en la dimensión social por el factor exposición.	80
Tabla 17. Parámetros y descriptores de la vulnerabilidad sísmica en la dimensión social por el factor fragilidad.	81

Tabla 18. Parámetros y descriptores de la vulnerabilidad sísmica en la dimensión social por el factor resiliencia.	81
Tabla 19. Niveles de la vulnerabilidad.....	84
Tabla 20. Estratificación de la vulnerabilidad.....	84
Tabla 21. Rangos para los niveles de riesgo.	86
Tabla 22. Estratificación del riesgo.....	87
Tabla 23. Matriz de riesgo.....	88
Tabla 24. Características de la infraestructura del sistema de agua potable de Yungay, 2018.	91
Tabla 25. Selección del descriptor para el Factor desencadenante del peligro de sismo.	97
Tabla 26. Selección del descriptor para el Factor condicionante del peligro de sismo.	99
Tabla 27. Terremotos en el Perú 1921 – 2001.	100
Tabla 28. Zonificación sísmica para la provincia de Yungay.	104
Tabla 29. Selección de descriptores de los parámetros de evaluación del Fenómeno de sismo.....	105
Tabla 30. Valores de vulnerabilidad sísmica de los componentes del sistema de agua potable.	108
Tabla 31. Valores del riesgo sísmico de los componentes del sistema de agua potable.....	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Zonas sísmicas del Perú. Fuente: (MVCS, 2018).....	30
Figura 2. Desastres registrados en el Perú 1970-2003. Fuente: Chuquisengo, 2007.....	31
Figura 3. Desastres ocurridos a nivel provincial en Ancash 1970-2003.....	¡Error!
Marcador no definido.	
Figura 4. Macro localización de la provincia de Yungay	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5. Micro localización de la ciudad de Yungay.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6. Vista parcial de la plaza principal del distrito de Yungay.....	¡Error!
Marcador no definido.	
Figura 7. División Política de la Provincia de Yungay.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 8. Red hidrográfica del distrito de Yungay.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 9. Distribución poblacional y conectividad del distrito de Yungay.	56
Figura 10. Esquema simplificado del sistema de agua potable de la ciudad de Yungay.....	90
Figura 11. Vista parcial del río Llanganuco.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12. Captación en el río Llanganuco.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 13. Canal de conducción desde la captación hasta el desarenador...;	¡Error!
Marcador no definido.	

Figura 14. Línea de conducción con tubería PVC de 8”..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 15. Reservorio circular apoyado de 1000 m3. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 16. Tubería antigua de cemento de asbesto. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 17. Tubería de PVC instalada inadecuadamente. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 18. Mapa litológico Estructural de la zona de Yungay.. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 19. Mapa Geotécnico de Yungay. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 20. Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas – Perú.
..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 21. Aporte de los parámetros a la vulnerabilidad del sistema de agua potable..... 114

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Determinación del Riesgo por Sismo de la Infraestructura de Servicios de Agua Potable de la Ciudad de Yungay-2018.	127
Anexo 2: Ficha Técnica A1.	128
Anexo 3: Ficha Técnica A2.	129
Anexo 4: Ficha Técnica A3.	131
Anexo 5: Ficha Técnica A4.	134
Anexo 6: Ficha Técnica A5.	137
Anexo 7: Ficha Técnica A6.	139
Anexo 8: Parámetros y Factores de Peligro por Sismo.	141
Anexo 9: Matriz de Vulnerabilidad.	144

Anexo 10: Cálculo de Vulnerabilidad.	145
Anexo 11: Cálculo de Riesgo.	146



RESUMEN

El Callejón de Huaylas en el Perú es una zona expuesta a peligros naturales, particularmente a los sismos, en donde los sistemas de agua potable de sus ciudades constituyen servicios esenciales que implican condiciones vulnerables a desastres por la naturaleza de su emplazamiento, también por las condiciones del subsuelo, además de las fallas en el diseño y construcción de sus edificaciones; además de una falta de resiliencia de sus habitantes. Por estos motivos, se consideró a la ciudad de Yungay para este Estudio de Caso, para determinar el nivel del riesgo por sismo de su infraestructura de servicios de agua potable.

La investigación constituyó uno de diseño cualitativo no experimental y transversal, examinando el fenómeno en su situación en el año 2018 en la zona de la ciudad de Yungay. La muestra estuvo conformada por su infraestructura de servicios de agua potable, poniéndose énfasis en el análisis de cada uno de sus componentes. Para la determinación del riesgo se calculó el nivel de peligro sísmico y se estimó la vulnerabilidad de cada uno de los componentes y del sistema en su totalidad, de la interrelación de ambos se obtuvo el nivel de riesgo de la infraestructura de los servicios de agua potable de la ciudad de Yungay.

Se determinó que el peligro sísmico en la zona de Yungay en el Perú, en el año 2018, califica como Peligro Muy Alto con un valor de 0.270; el valor estimado para la vulnerabilidad de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay ante los sismos, en ese año, es igual a 0.185, que corresponde a una Vulnerabilidad Alta y el riesgo ante sismos es igual 0.050 y califica como Riesgo Alto.

Palabras Clave: Riesgo, Riesgo Sísmico, Servicios Agua Potable.

ABSTRACT

The Callejón de Huaylas in Peru is an area exposed to natural hazards, particularly to earthquakes, where the potable water systems of their cities, which constitute essential services, are vulnerable to disasters due to the characteristics of their location, due to subsoil conditions, associated with flaws in its design and construction, in addition to a lack of resilience of its inhabitants. For such reasons, the city of Yungay was taken as a Case Study, to determine the level of earthquake risk of its potable water services infrastructure.

It was a non-experimental and transversal qualitative design research, analyzing the phenomenon in its situation in 2018 in the area of the city of Yungay. The sample consisted of its infrastructure of potable water services, although emphasis was placed on the analysis of each of its components. For the determination of the risk, the level of seismic hazard was calculated and the vulnerability of each of the components and the system as a whole was estimated, from the interrelation of both the level of seismic risk of the potable water services infrastructure city of Yungay was obtained.

It was determined that the seismic danger in the Yungay area in Peru, in 2018, qualifies as a Very High Danger with a value of 0.270; the estimated value for the vulnerability of the infrastructure of drinking water services of the city of Yungay to the earthquakes, in that year, is equal to 0.185, which corresponds to a High Vulnerability and the risk before earthquakes is equal to 0.050 and qualifies as Risk Tall.

Keywords: Risk, Seismic Risk, Potable Water Services.

INTRODUCCIÓN

En el “Taller de Reducción de Vulnerabilidad en Sistemas de Agua Potable – Plan de Acción 2005-2015” en el marco de la Conferencia Mundial sobre “Reducción de Desastres” realizado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (Kobe-Japón, 2005), se confeccionó un plan de operación, donde se recomendaba que en las zonas que de alguna manera presentan peligros naturales, se efectuó el análisis y gestión del riesgo en los servicios de agua potable, de tal manera que se pueda evitar alguna situación de riesgo en dichos sistemas, lo que haría imposible determinar la Meta de Desarrollo del Milenio relacionado al sector saneamiento. En efecto, se pretende añadir en las obras de desarrollo del sector agua potable el gestionamiento de riesgos de desastres con el objeto de garantizar la sostenibilidad del servicio antes referido.

Asegurar el acceso de agua segura, con calidad y cantidad suficientes para el consumo y el mantenimiento de la higiene, y proveer instalaciones de saneamiento adecuadas durante situaciones de emergencia es parte de esta responsabilidad, y por lo tanto el administrador y los sistemas que administra deben estar en la capacidad de responder ante estas circunstancias y reducir los posibles efectos de la suspensión y deterioro de los servicios. La disponibilidad de agua segura y condiciones mínimas de saneamiento son fundamentales para proteger la salud de las personas, en especial en situaciones de emergencias y desastres. En ese sentido, el correcto funcionamiento de los sistemas del líquido elemento y saneamiento y la capacidad de respuesta ante el impacto de los peligros es determinante para proteger y recuperar la salud de la población y controlar los riesgos ambientales que pueden



derivar en brotes epidémicos y que afectan la salud de la población más que el fenómeno mismo.

Que los sistemas de agua potable sigan prestando servicios debe entenderse como una intervención en salud pública y representa una situación de alta primacía en la agenda de las autoridades políticas y sanitarias.

Durante la emergencia, los servicios de agua potable y saneamiento son especialmente importantes para asegurar la atención médica a las víctimas, son imprescindibles para las actividades de búsqueda y rescate, son vitales para el consumo humano, para la atención a la población albergada, para la extinción de incendios durante terremotos, para la limpieza de instalaciones esenciales como hospitales, escuelas y otras, y porque su interrupción tiene efectos adversos sobre el bienestar, la calidad de vida y desarrollo de la población.

En torno al impacto de los peligros naturales en los sistemas de agua potable y sus componentes, es muy recurrente señalar su variedad y esto estriba principalmente a la dimensión, extensión y localización del fenómeno natural, así mismo se debe analizar la fragilidad del sistema y aquellos elementos que lo componen, ya sea desde el punto de vista físico como operativo, de administración y de organización. En consecuencia, el impacto de las amenazas se considera directo en torno a los componentes físicos del sistema, e indirecto cuando estén dirigidas a poner en peligro cuestiones organizativas, administrativas y la capacidad operativa del mismo.

La provincia de Yungay y la zona del callejón de Huaylas, constituyen territorios expuestos a los movimientos sísmicos por su cercanía las denominadas

“placas de Nazca” y “Sudamericana” ubicadas en el océano Pacífico, que ya desató episodios catastróficos como el terremoto del 31 de mayo de 1970 y que trajo como secuela el deslizamiento de una masa glaciaria del Nevado Huascarán que produjo un aluvión que terminó sepultando a las ciudades de Yungay y Ranrahirca.

La vulnerabilidad y fragilidad a los que están expuestos los sistemas de agua potable pueden deberse a condiciones físicas, organizativas y operativas, y siempre están correlacionadas a las características estructurales, los recursos con los que se cuenta para el manejo del sistema, las capacitaciones permanentes de personal a cargo, la metodología operativa, el esquema administrativo, y como es lógico se debe observar la forma de organización y las peculiaridades del ente u organismo que los agrupa.

Los daños físicos en los sistemas de servicios básicos, la desorganización, la interrupción de los servicios, los menoscabos económicos y otras situaciones de impacto que son generados por algún fenómeno natural catastrófico, forman un contexto de una amenaza real para el progreso y la salud de los ciudadanos de insuficientes recursos.

El análisis de vulnerabilidad tiene por finalidad reconocer y determinar las falencias en torno a los componentes de un sistema frente a una amenaza natural, percibiendo un doble objetivo: (i) constituir las medidas de mitigación ineludibles para la corrección de dichas debilidades, y (ii) plantear mecanismos de emergencia para considerar una respuesta propicia cuando el impacto de la amenaza llegue a producirse.

El propósito final consiste en determinar –teniendo en consideración la base de una infraestructura de agua potable– los riesgos que afrontan estos sistemas ante la inminencia de desastres naturales como los sismos. Teniendo en cuenta dicha experiencias se debe verificar ciertas predisposiciones que se advierten en el contexto nacional sobre un escenario de detrimento en la infraestructura de agua potable y su relación con el fenómeno de sismo que genera desastres. Así mismo, formular planteamientos que aporten a la toma de mecanismos de prevención que puedan hacer frente a los riesgos de desastres, bajo la orientación del desarrollo sostenible.

La presente investigación contiene cuatro capítulos, el primero trata sobre el planteamiento del problema y la correspondiente formulación, los objetivos perseguidos en el estudio, la justificación de la investigación y su delimitación temporal y espacial.

El segundo capítulo se refiere al marco teórico, con referencia a los antecedentes sobre la investigación, las bases teóricas que sustentan el estudio referidas al Riesgo, el peligro por sismos y características de sistemas de abastecimiento de agua potable, además de la definición de términos y el planteamiento de la hipótesis con la operacionalización de las variables.

Dentro del tercer capítulo se efectúa el planteamiento metodológico, cuya finalidad está dirigida a explicar el plan de investigación por la cual ha sido ejecutado el trabajo y que compone una referencia para vislumbrar los pormenores y conclusiones de la investigación presentada. Asimismo, se debe tener en consideración la motivación que llevó a la elección de la investigación, así como la

no consideración real de los riesgos naturales en la construcción de este tipo de infraestructura social lo cual le confiere una alta vulnerabilidad.

El capítulo cuarto está referido a la aplicación de la metodología y explicación de los resultados arribados en la secuela investigativa. Por ende, se diseña la caracterización del peligro sísmico en la zona de estudio, estimando la vulnerabilidad al peligro sísmico de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay, cuya interrelación de ambos resultados nos orienta a determinar de manera final el riesgo por sismo de la infraestructura.

Finalmente se muestran las conclusiones arribadas en la investigación y las recomendaciones para los que administran el servicio de agua potable.

El tesista.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento y formulación del problema

Descripción de la realidad problemática

En la afirmación de conocimiento general sobre que “el agua es vida” se puede deducir de manera lógica que este líquido elemento posee el carácter fundamental y que está orientada al origen de toda la problemática humana, principalmente a la sobrevivencia del ser humano. Entonces se puede señalar que este elemento constituye un derecho fundamental que incluso se encuentra en un peldaño mayor a comparación a otros derechos tales como la educación, el trabajo, o la salud, incluso prioritariamente a lo que implique avances y perfeccionamiento de la vida humana.

El agua en todas sus condiciones y estados implica una necesidad básica de la vida, no obstante, no hay énfasis sobre la pertinencia en torno a la infraestructura que canalizan este líquido elementos destinado a los seres humanos, menos aun cuando existe una situación de vulnerabilidad de dichos sistemas. Esto incide fundamentalmente en los hechos causados por los sismos que tiene como consecuencia desastres que pueden afectar la continuidad del servicio de agua potable, generando costos sociales y económicos irreparables. En tal sentido, implica una situación de interés el análisis de aquellas relaciones existentes entre los riesgos por sismo y la infraestructura de agua principalmente por sus efectos en el desarrollo de las localidades.

Por un lado, el fenómeno de los sismos, tiene como incidencia en gran parte del Perú, ya que se encuentra ubicado sobre las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, desarrollándose en este país grandes montañas andinas muy propensas a temblores. Dicho fenómeno siempre afecta al caudal del sistema hidrográfico, creando una expectativa de insuficiencia del agua, con efectos catastróficos en el futuro, generando además limitaciones en las fuentes de suministro para sistemas de agua potable de las localidades.

Por otro lado, el agua como “fuente de vida” también puede establecerse como una amenaza, ello ocurre fundamentalmente cuando se dan diversas variaciones climáticas originadas por altas precipitaciones que se dan en su mayoría en la sierra y la selva del país. Estas condiciones provocan catástrofes por huaycos, deslizamientos, inundaciones, que afectan de diversa manera la infraestructura económica y social del territorio, y particularmente a la infraestructura de agua potable.

La infraestructura de servicios de agua potable de las poblaciones asentadas en la zona sierra del Perú, en particular en la zona llamada Callejón de Huaylas en el departamento de Ancash, tienen como característica común que se abastecen de manantiales o ríos nacientes de quebradas, funcionando fundamentalmente por gravedad, y que cuentan con elementos como una captación, línea de conducción construida en las laderas de los cerros y que atraviesa quebradas, con reservorio de almacenamiento en zonas elevadas y redes de distribución que atraviesan ríos y otros accidentes. Esta variedad de elementos o componentes de los sistemas de agua potable, por un lado, estructuras de concreto armado de diverso tamaño, y por otro

lado componentes lineales como tuberías de PVC de diverso diámetro, construidos o asentados en terrenos de características muy variadas, las convierten en sistemas difíciles de evaluar y de diagnosticar. La metodología de análisis de riesgos es muy variada, y aunque el CENEPRED en el Perú ha emitido algunas guías para su tratamiento, estas no son conocidas o no están suficientemente desarrolladas, de ahí que sea necesario bosquejar una metodología a detalle aplicable a sistemas de agua potable característicos de la zona sierra del país. En ese sentido el sistema de agua potable de la ciudad de Yungay puede servir como un caso de estudio.

En el año 1970 debido al movimiento sísmico del 31 de mayo, se produjo un deslizamiento de masas de hielo debido al desprendimiento del nevado Huascarán ocasionó un aluvión que sepultó la ciudad de Yungay y parte del distrito de Ranrahirca, colapsando la infraestructura pública de estas ciudades, tal fue el sistema de agua potable que en aquel entonces sufrió el desabastecimiento debido a que fue arrasada la infraestructura como: la captación, línea de conducción, reservorios, línea de aducción y redes de distribución; es por ello que se debe tener todas las medidas de análisis de riesgos para garantizar su buen funcionamiento y operatividad ante la ocurrencia de peligros naturales catastróficos.

La nueva ciudad de Yungay se ubica en las faldas del Cerro Atma, la misma que también se encuentra propensa al azote de la naturaleza por el fenómeno de sismo, debido a su accidentado relieve geográfico. Asimismo, gran parte de la infraestructura del sistema de agua potable data desde el año 1950, y la cual después del terremoto de 1970 tan solo recibió un mejoramiento y ampliación de sus elementos, edificándose sobre terrenos agrestes que no guardarían seguridad ante

un movimiento sísmico, lo que hasta ahora es una incógnita pues carece de un estudio de análisis de riesgos. La determinación del riesgo ante sismos es una acción necesaria porque permitiría realizar una medición del grado de peligrosidad que amenaza al territorio, además de conocer la fragilidad de la infraestructura de agua potable, permitiendo identificar los elementos críticos y los probables daños, para que finalmente puedan establecerse las medidas de prevención necesarias ante la eventualidad de un sismo catastrófico.

Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de riesgo por sismo de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay en el año 2018?

1.2. Objetivos

Objetivo general

Determinar el nivel del riesgo por sismo de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay en el año 2018.

Objetivos específicos

- a) Caracterizar el peligro sísmico en la zona de influencia de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay.
- b) Determinar la vulnerabilidad al peligro de sismo, de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad Yungay en el año 2018.
- c) Relacionar el peligro sísmico con la vulnerabilidad de la infraestructura del sistema de agua potable en el año 2018.

1.3. Justificación

La investigación diseña un procedimiento para el análisis del riesgo que puede ser incorporado en los proyectos de inversión pública, lo que acrecentaría la confianza de las inversiones de la infraestructura de agua potable dentro de nuestro país, significando un aporte a la reducción de vulnerabilidades debido al fenómeno de sismo, beneficiando al gobierno central, regional y local en el tema de cambios, ya que los proyectos ejecutados prestarían garantías en su vida útil.

Los reportes resultantes de la investigación adquieren especial importancia porque constituyen una herramienta útil para identificar actividades y acciones y para adoptar medidas estructurales y no estructurales con el objeto de prevenir la generación de nuevos riesgos o reducir los riesgos existentes en el sistema de agua potable de la ciudad de Yungay.

La investigación se torna de gran trascendencia debido a que dentro del territorio peruano en su mayoría se encuentra asiduamente expuesto a diversos fenómenos y peligros de tendencia natural; incidiendo particularmente al fenómeno de sismo, cuya circunstancia representa un constante peligro para las colectividades sociales. En consecuencia, dichas situaciones y contextos implican un especial interés, ya que estos sectores brindan servicios básicos como la provisión de agua para consumo humano deben contener esa esencialidad para su prestación y que reviste una importancia vital para mejorar el nivel de vida de la población. De esta forma se evitaría diversas situaciones patológicas y de propagación de enfermedades gastrointestinales ocasionadas por el consumo de agua no tratada.

Con la información de esta investigación, el gobierno a través del Ministerio de Economía y Finanzas estarían optimizando o reduciendo costos de inversión, ya que los proyectos al contar con el estudio de análisis de riesgos prestarían garantías de durabilidad, y no llevarían a reinversiones por deficientes proyectos.

1.4. Delimitación

La investigación contribuye con datos relevantes sobre el peligro sísmico y la vulnerabilidad de la infraestructura de agua potable de la ciudad de Yungay, de la provincia del mismo nombre, Región Ancash, Perú.

En torno al período, estuvo delimitado fundamentalmente a los hechos, fenómenos e individuos durante el año 2018; donde las conclusiones sobre peligro, vulnerabilidad y riesgo son admitidas, teniendo en consideración la trascendencia de las personas en base a sus valoraciones y la vulnerabilidad cuyas características involucran un dinamismo y variabilidad producidas por el transcurrir del tiempo.

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se contó con el apoyo de la Municipalidad Provincial de Yungay a través de su Área Técnica Municipal de Servicio de Saneamiento, con la facilitación de información sobre el sistema de agua potable existente en el año 2018.

El tema de la vulnerabilidad se puede relacionar a diversos aspectos como “la exposición, fragilidad y resiliencia; y cada uno de estos ha sido valorado de desde cuatro dimensiones: físico, social, económica y ambiental” (CENEPRED, 2018). Por tal razón, y tomando en consideración aquella disponibilidad de datos pertinentes, la presente investigación se circunscribe al análisis de la vulnerabilidad

en sus dimensiones “física” y “social” teniendo en consideración aquellos factores sobre “exposición”, “fragilidad” y “resiliencia”.

Durante los trabajos de campo fue dificultoso el reconocimiento de los puntos de repartimiento del sistema de agua potable en la ciudad de Yungay, ya que la mayoría de estas datan del año 1970, y a la vez, no se cuenta con planos de todo el sistema.

En la ejecución de encuestas durante la toma de datos del proyecto de investigación, se realizó con la participación masiva de la población beneficiaria de este servicio.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

- Pachacama y Cevallos (2012) desarrollaron el análisis de riesgo para un estudio de proyecto de agua potable en el territorio de Ríos Orientales en la región nororiental de la República del Ecuador, a través de la elaboración de mapas, investigaciones de campo y compilación de la información existente, con la propuesta de un análisis multicriterio que permita seleccionar la mejor alternativa a través de consideraciones económicas, ambientales y viabilidad técnica del proyecto. Determinan que el nivel de peligro sísmico es alto, lo que es inherente a su ubicación; la vulnerabilidad tiene un alto grado por las tuberías que atraviesan zonas con malas condiciones geotécnicas; y el riesgo está catalogado de grado alto.
- Bautista (2017) en su tesis de maestría plantea un método para apreciar el suministro de agua potable que suministran las “redes de tuberías” de repartición a los habitantes de una población considerando aquellas condiciones de roturas y fallas en las conexiones que poseen los conductos de una “red de tuberías”, como resultado de un sismo. Asimismo, se efectuó el análisis de algunas “fallas físicas parciales” encontradas en las tuberías (fugas) y las totales cuya presencia se da cuando los conductos acarrearán una desconexión con otros conductos de la red, ocasionada por los movimientos del suelo durante los sismos.

- Zambrano (2009) evaluó el nivel de deterioros en los sistemas de agua potable por efecto de desastres naturales del tipo sísmico y define una serie de medidas de mitigación que abarcan diferentes actividades que comprenden acciones estructurales y organizativas funcionales.
- Pineda y Ordaz (2002) en un artículo presentado en la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Estructuras describen el efecto de los sismos sobre las estructuras que funcionan bajo tierra, considerando las tuberías de conducción de agua potable como líneas vitales. Presentan la red primaria de distribución de agua potable del Distrito Federal y comparan su vulnerabilidad con otros sistemas de distribución de agua, tomando como base los daños registrados en el sismo del 19 de septiembre de 1985. En el análisis emplean relaciones de vulnerabilidad sísmica propuestas por otros autores, que asocian el daño con la velocidad pico horizontal del suelo. Los resultados muestran que la red primaria de repartimiento de agua potable del Distrito Federal es en promedio, 2.7 veces más vulnerable que otras redes de distribución de agua del mundo.
- Rodríguez (2011) plantea un marco metodológico para el estudio del riesgo sísmico en líneas vitales de cualquier tipología, tales como redes de acueducto, alcantarillado, eléctricas, de gas e hidrocarburos, de telecomunicaciones, tanques, puentes y vías. Para su aplicación diseñó e implementó una base de datos geográfica, y se desarrolló el software “Riesgo Sísmico en Líneas Vitales - RSLV” utilizando Java con ArcGis Engine y Arc Objects. Presenta un caso de estudio del riesgo sísmico para

las líneas vitales de la ciudad de Bogotá especialmente sobre las redes de acueducto y alcantarillado. La amenaza sísmica corresponde a los escenarios con periodos de retorno de 50, 100, 200, 475 y 1000 años con información de aceleración, velocidad y desplazamiento pico del terreno, PGA, PGV y PGD respectivamente, para todas las fuentes sismogénicas integradas (fallas cercanas, intermedias y lejanas). Se analizó principalmente el efecto, sobre las líneas vitales, del “movimiento del terreno o ground shaking” por el paso de la onda sísmica; los efectos de “falla del terreno o ground failure” no fueron analizados por no disponer de datos de amenaza sísmica relacionados con licuefacción (asentamientos y desprendimientos laterales). Para el estudio de vulnerabilidad se analizaron diversas propuestas y la valoración global del riesgo se realizó teniendo en cuenta factores físicos, culturales, sociales y económicos, combinando los factores a través del método de evaluación multicriterio, con combinación lineal de pesos.

- El terremoto registrado en la ciudad de México en septiembre de 1985 de magnitud 8.1 grados, demostró el riesgo que sufre la infraestructura hidráulica ante un evento de este tipo. Durante este sismo se dejó de abastecer 7.6 m³/s en redes primarias y secundarias del sistema de agua potable; “hubo escasez de agua como consecuencia de varias averías en el Acueducto Sur Oriente con 28 fracturas, se presentaron 167 fugas en la red primaria y 7229 en la red secundaria” (SEMARNAT, 2016).

- En el sismo del 15 de agosto del 2007, con 7.9 de magnitud según la escala de Momento y VI-IX según la escala de Mercalli, que tuvo como epicentro a 40 km al oeste de Chincha y 150 km al sur oeste de Lima, con hipocentro a 39 km de profundidad, los daños observados en el sistema de agua y desagüe estuvieron constituidos por: corte del servicio del agua superficial captada por canales y aumento de la turbiedad por destrucción de los mismos. Aumento de turbiedad en el agua sub superficial conducida por corredores filtrantes por ingreso de agua contaminada. Asimismo, el agua subterránea cuya captación se da por pozos mostró un detrimento de la calidad ya que ingresó arena al agua que fue consecuencia directa de la aceleración del suelo. De igual manera, respecto a la estructura tuvo un menoscabo en su verticalidad. En relación a línea de conducción, ocurrió que diversos puntos de la tubería sufrieron el rompimiento correspondiente que fue producto de la desproporción del suelo, debido a desplazamientos horizontal y vertical. En aquellos lugares con suelo blando saturado tuvo más perjuicios, debido a la licuación del suelo. Los daños presentados incidieron principalmente en la unión entre tuberías por esfuerzos de compresión. A consecuencia del mismo se dio la rotura de las campanas de las tuberías especialmente en las tuberías de asbesto cemento y concreto reforzado, en el tanque de reserva y almacenamiento de tipo apoyados no se mostraron daños. Así mismo, sufrieron daños los reservorios elevados en las uniones entre las columnas y vigas. Dichas uniones tuvieron un desprendimiento del concreto de revestimiento y se dejó al descubierto el acero. En lo

correspondiente a las redes de distribución, se observó el deterioro en las tuberías de concreto reforzado, hierro fundido, asbesto cemento y aisladamente en tubería de PVC. Los daños observados incidieron principalmente en las uniones y cuerpo del tubo, cuya situación es el sometimiento a compresión y desplazamiento resultado de la aceleración del suelo. Finalmente, respecto a las conexiones domiciliarias, los desperfectos se dieron primordialmente en los empalmes entre tuberías y con los accesorios; dichas conexiones se efectuaron mediante pegamentos que con el sismo se desengancharon. (Alcantara, 2013)

- La Organización Panamericana de la Salud (2004), plantea que constantemente que es eficaz económicamente invertir en la prevención de desastres que realizar el desembolso de modo ulterior a los desastres, fundamentalmente en actividades de rehabilitación. Así lo demuestra el Estudio de Caso: Terremoto del 22 de abril de 1991, Limón, Costa Rica, en el que se concluyó que: “Los costos de respuesta y rehabilitación ascendieron a los US\$ 9 millones; sin embargo, si se hubiesen ejecutado medidas oportunas mitigar previamente desastres naturales, estas se hubieran ahorrado aproximadamente US\$ 5 millones, dejando de lado innecesarias exposiciones de la población en riesgos sanitarios” OPS (2004).

2.2. Bases teóricas

El peligro, vulnerabilidad y riesgo

El riesgo

En torno al riesgo se emplea la siguiente fórmula, cuya síntesis está delimitada en la siguiente expresión:

$$\text{RIESGO} = \text{PELIGRO} \times \text{VULNERABILIDAD}$$

Donde, el peligro y la vulnerabilidad son situaciones que constituyen una amenaza que derivan en un determinado riesgo. En consecuencia, simplemente se puede referir a cierto riesgo cuando el conveniente escenario ha sido evaluado en función del peligro y la vulnerabilidad, que puede enunciarse de modo probabilístico. Por ende, se razona que “la apreciación del riesgo en aquellos casos concernientes con la elaboración de un proyecto de desarrollo deben estar correlacionados de manera proporcional con los factores de seguridad a la inversión de un proyecto” (INDECI, 2006).

En base a lo argumentado, toda situación que implique un riesgo exterioriza diversas particularidades, entre las que se destaca: es “dinámico” y “cambiante”, ya que implica una circunstancia diferenciada debido a que no aqueja igual a los múltiples actores de una población (Javier, 2001). En la normatividad nacional el término “riesgo de desastre” posee una definición en torno a aquella probabilidad en la que una determinada localidad y sus medios de vida puedan ser agraviados

por los daños y pérdidas que son consecuencia directa de su estado de vulnerabilidad y el impacto de un peligro (PCM, 2011).

En la construcción de un modelo de gestión de riesgo se debe observar y analizar aquella información o datos mínimos que puedan permitir el cálculo calcular de un eventual riesgo o asumirlo en pocas palabras, asimismo anunciar aquellas reservas (“financieras”, “sociales”, “psicológicas”, “emocionales”, etc.) que van a reconocer su conservación de modo adecuado, atendiendo así aquella contingencia de futuros impactos en algún tiempo.

Enfoques del riesgo

Dentro de la composición del presente cuerpo teórico sobre riesgo, desastres y vulnerabilidad, es conveniente la incorporación de aquellos aportes de las ciencias naturales, ciencias sociales y ciencias aplicadas, los cuales generan una diversidad de enfoques que intervienen contundentemente en las estructuras y estrategias para la gestión y estudio de los riesgos (Salinas & Ventura, 2010). A continuación, se efectuará un extracto breve de los mismos.

Desde el enfoque de las ciencias naturales, se puede señalar que la investigación del riesgo se alimentó de los mismos en cuanto se considera de manera concreta a los desastres como equivalentes a diversos sucesos “físicos extremos” designados como desastres naturales, donde “se evalúa su dimensión en función la “severidad”, “frecuencia” e “intensidad” del evento físico realizado” (Lavell & Fonseca, 1996). Así mismo, debemos centrarnos en el estudio de procesos “geológicos”, “climatológicos”, “hidrológicos”, así como otros procesos físicos que pueden fomentar alguna amenaza de tendencia natural. Dentro de este

enfoque se puede hacer referencia de manera concreta lo relativo a la “responsabilidad social” o “responsabilidad política” respecto a riesgos. En consecuencia, los desastres constituyen la producción de ineludibles situaciones y condiciones que las fuerzas de la naturaleza inciden y que obstaculizan procesos sociales, políticos y económicos de modo normal.

Desde el enfoque de las ciencias aplicadas, se debe observar que los fenómenos solo producen daños si acontecen en territorios habitados. Entonces, acorde al influjo de la ciencia aplicada, como la ingeniería, de modo que dentro de la presente investigación ha tenido un impacto resaltante. Ahora bien, realizando un análisis de los desastres, estos constituyen “eventos no esperados”, cuya circunstancia dan como resultado aquellas alteraciones agudas a elementos expuestos. De este modo se introduce la noción de vulnerabilidad, ya que dichos eventos son catalogados como “extremos” y pueden ser catalizadores de situaciones que dan la condición de vulnerable a un desastre cuando ello acontece (Cardona, 1992).

En tal sentido, el mencionado enfoque centra su estudio en determinar los impactos y efectos acerca de los eventos afines con las amenazas y no sobre el evento mismo, de tal forma que se considera a las amenazas como aquellas situaciones que pueden causar desastres; mientras que el concepto de vulnerabilidad es utilizado para exponer propiamente los daños, pérdidas y otros efectos que pueden acaecer (Cardona, 1992). En consecuencia, la noción de la “gestión de riesgos” está encaminada a diseñar aquellas “medidas estructurales” para aminorar posibles pérdidas que pueden ser causadas por acontecimientos extremos y de tal

forma conseguir que la sociedad pueda vivir segura. Asimismo, el mencionado enfoque tiene como objetivo reconocer la presencia de la “responsabilidad social” y “políticas” cuya consecuencia inmediata es prevenir y evitar pérdidas, sin embargo, no se consigue concretar las causas que suscitan la vulnerabilidad y aquel rol principal respecto a ella que tiene la organización social.

Según el enfoque de las ciencias sociales, se debe destacar que los desastres pueden darse a causas humanas y no simplemente a causas naturales y que las sociedades y comunidades se encuentran expuestas a diversas amenazas que desde luego no son homogéneas, vale decir que existe una diferenciación en los grupos sociales donde se realizan las gestiones sobre los riesgos que afronta, esto con incidencia a su capacidad de “resistencia” y “recuperación”; por tanto, la vulnerabilidad constituye aquella cuestión de carácter o aspecto social, que no solo puede esta reducida al grado de pérdida que pueda sufrir un grupo o grupos que puedan estar expuestos a un peligro, sino que debe depender de la discernimiento social sobre la vulnerabilidad que la aqueja, por ende, su fundamento está delimitado por situaciones subjetivas correlacionadas a condiciones materiales de coexistencia de diversos grupos humanos. (Salinas & Ventura, 2010)

Acorde a este modelo de escenarios de riesgo, los procedimientos de carácter social y natural, intervienen tanto en la vulnerabilidad como en las amenazas. Las amenazas en su generalidad corresponden a situaciones socio naturales, así como a la probabilidad de peligrosidad de sismos, cuya incidencia está arraigada a patrones de injerencia humana que pueden alterar directamente algunas particularidades de las amenazas. Por otra parte, la interacción de las placas tectónicas puede

considerarse como un evento natural, las vibraciones diferenciadas en el terreno que incitan yacerían no sólo por factores, como la topografía y la geología, sino también por la usanza de la tierra, componente que es socialmente y no naturalmente determinado.

El peligro

El peligro, “es la probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos” (PCM, 2011). Se espera que los peligros se puedan caracterizar y evaluar con la ayuda de la tecnología y la ciencia.

Los fenómenos naturales “se convierten en peligros debido al crecimiento acelerado de la población, a la ausencia de procesos adecuados de planificación de la urbanización y uso de los territorios y en general por la irracionalidad imperante en los modelos de desarrollo” (Almaguer & Pierra, 2009). Muchos de los eventos naturales “han incrementado su magnitud, intensidad, recurrencia y su potencial destructivo, como consecuencia de las actividades de personas y empresas, las cuales realizan un uso no sostenible de los recursos naturales, desestabilizan el medio natural, geológico y climático y producen contaminación ambiental contribuyendo al Cambio Climático” (Zilbert & Romero, 2012).

Para la evaluación de los peligros, es preciso conocer la naturaleza de su origen, en qué parte ocurren, cuál es la forma de su comportamiento, determinar sus características, su probabilidad y frecuencia de ocurrencia, sus niveles de magnitud e intensidad y el impacto que producen en la población. En la evaluación de peligros

es muy importante la ubicación y el área que abarcan para poder analizar los elementos que están expuestos en dicha área de afectación.

“En otros países se utiliza el término de amenaza, para referirse al mismo concepto, sin embargo, se entiende por Amenaza como peligro inminente, o peligro latente” (Cardona, 2001). “Es importante destacar que toda amenaza es construida socialmente, pues la transformación de un potencial evento físico en una amenaza solamente es posible si un componente de la sociedad está sujeto a posibles daños o pérdidas” (Lavell, 1996).

Desastre natural

El desastre puede definirse como una interrupción severa en el funcionamiento de una comunidad ocasionada por un peligro o amenaza, sea de origen natural o inducido por la actividad de las personas, y que ocasiona pérdidas de vidas humanas, además de pérdidas de bienes materiales, daños a los medios o sistemas de producción, al ambiente natural y a los bienes culturales. La comunidad que resulta afectada no puede responder o reponerse adecuadamente con sus propios medios al desastre, siendo necesaria la ayuda externa (INDECI, 2006). “El desastre natural es causado por un peligro natural, generado por un fenómeno natural; mientras que desastre antrópico es el causado por un peligro tecnológico y es generado por la actividad humana” (INDECI, 2006)

Los desastres generan nuevas y diferentes amenazas a través de un proceso de encadenamiento de riesgos y desastres. “Un peligro inicial genera impactos destructivos en un sistema vulnerable y éste, a su vez, se convierte en amenaza sobre otro sistema y así sucesivamente. A mayor vulnerabilidad, mayor posibilidad

de generar condiciones de reacción en cadena” (Vargas, 2001:14 citado en Javier, 2001).

La vulnerabilidad

Pueden encontrarse diversas definiciones de vulnerabilidad, algunas son de carácter general y otras solo son aplicables a contextos bastante específicos.

“Las principales aplicaciones del concepto de vulnerabilidad en que aparece la temática medioambiental surgen vinculadas principalmente a la ocurrencia de desastres naturales” (Javier, 2001). “La vulnerabilidad se define como la probabilidad de que, debido a la intensidad de un evento externo y a la fragilidad de los elementos expuestos, ocurran daños en la economía, la vida humana y el ambiente” (Zapata, 2000:4, citado en Javier 2001); para el BID (2015) “vulnerabilidad es una condición de susceptibilidad a shocks externos que pueden amenazar vidas humanas y sistemas de vida, recursos naturales, propiedades e infraestructura, productividad económica y prosperidad de una región”.

La normativa peruana define la Vulnerabilidad “como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza” (PCM, 2011). Es la facilidad como un elemento, sea vivienda, infraestructura o actividad productiva, pueda sufrir daños. Además, la vulnerabilidad puede considerarse como la inclinación de un elemento a sufrir daños en caso de ocurrencia de fenómenos destructores y/o a generar condiciones que favorezcan su ocurrencia o que agraven sus efectos.

Vulnerabilidad es el conjunto de condiciones ambientales, sociales,

políticas, económicas y educativas que hacen que una comunidad pueda estar más o menos expuesta a un fenómeno que provoque desastre, ya sea por las condiciones inseguras que existen o por su capacidad para recuperarse ante tales desastres. La vulnerabilidad de una comunidad es dinámica, va cambiando con los cambios de la población, el aumento en la construcción de viviendas, y diversas infraestructuras. La vulnerabilidad se puede expresar en términos de probabilidad, en porcentaje de 0 a 100, también puede ser definida por cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto (INDECI, 2006). “Para su análisis, la vulnerabilidad debe promover la identificación y caracterización de los elementos que se encuentran expuestos, en una determinada área geográfica y a los efectos desfavorables de un peligro adverso” (INDECI, 2006).

La vulnerabilidad ante sismos, es una propiedad intrínseca de la estructura, es una característica de su comportamiento ante la acción de un movimiento sísmico, que responde a una ley de causa-efecto, donde la causa es el movimiento sísmico y el efecto es el daño en la estructura (Giraldo & Mendez, 2006). “Una estructura puede ser vulnerable pero no estar en riesgo, a menos que se encuentre en un sitio con una cierta peligrosidad sísmica. Por ende, se puede decir que la vulnerabilidad sísmica de una estructura es la capacidad de sus elementos estructurales para resistir un terremoto” (Giraldo & Mendez, 2006). La definición de la naturaleza y alcance de un estudio de vulnerabilidad sísmica estará condicionado al tipo de daño que se pretende evaluar y el nivel de peligro existente.

Sismicidad en la zona de estudio

Definición de sismos

Según el CENEPRED (2014) “los sismos se definen como un proceso paulatino, progresivo y constante de liberación súbita de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos de las deformaciones y desplazamientos resultantes regidos por la presencia de los materiales rocosos de la corteza terrestre”. Una parte de la energía liberada por el sismo lo hace en forma de ondas sísmicas y otra parte se transforma en calor, debido a la fricción en el plano de la falla. El efecto inmediato es la transición de la energía mecánica liberada con la vibración del suelo cerca al foco y su difusión mediante ondas sísmicas de diversos tipos.

Parámetros sísmicos

Son aquellos que caracterizan el sismo.

A) Magnitud

Por magnitud se puede representar aquella “energía liberada en el hipocentro, cuyo valor es único para un sismo en particular y no se relaciona con el lugar de ubicación de un punto geográfico” (CENEPRED, 2017). La escala de medición más utilizada es la de momento sísmico.

B) Intensidad sísmica

Se trata de una medida cualitativa de los efectos causados por el sismo en las personas, viviendas, infraestructura y en la naturaleza. “A diferencia de la magnitud, la intensidad originada por un sismo puede variar en distintos

puntos geográficos, mientras más cerca esté el epicentro los efectos serán mayores” (CENEPRED, 2017).

La escala de intensidad para sismos más utilizada es la escala de Mercalli Modificada, que se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 1

Escala de intensidad de Mercalli Modificada.

GRADOS	DESCRIPCIÓN
I	No se siente, excepto por algunos en circunstancias especiales y favorables. Se observa únicamente por medio de instrumentos sísmicos.
II	Sentido por pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los objetos suspendidos pueden oscilar.
III	Sentido por muchas personas principalmente en los interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, muchas personas no lo asocian con un temblor. Los vehículos de motor, estacionados, pueden moverse ligeramente. Vibración como la originada por el paso de un vehículo pesado. La duración puede ser estimada.
IV	Sentido por muchas personas en los interiores, en los exteriores por pocos. En la noche, algunos despiertan. Vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Sensación como de un vehículo pesado chocando contra un edificio, los automóviles oscilan en forma notable.
V	Sentido casi por todos; muchos despiertan. Algunas piezas de vajilla, vidrios de ventanas, etcétera, se rompen; algunos casos grietas en los recubrimientos; caen objetos inestables Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen relojes de péndulo.
VI	Sentido por todos; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio; pocos ejemplos de caída de aplacados o daño en chimeneas. Daños ligeros.
VII	Advertido por todos. La gente huye al exterior. Daños sin importancia en edificios de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas; daños considerables en las débiles o mal proyectadas; rotura de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.
VIII	Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Caída de chimeneas, pilas de productos en los almacenes de las fábricas, columnas, monumentos y muros. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel del agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que guían vehículos motorizados.
IX	Daño considerable en las estructuras de diseño bueno; estructuras bien diseñadas se inclinan por daños en la cimentación; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen.
X	Destrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos

	en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.
XI	Casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.
XII	Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel (ríos, lagos y mares). Objetos lanzados en el aire hacia arriba.

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017).

Sismicidad en el Perú

La ubicación del territorio del Perú, según el contexto geotectónico mundial, en el llamado “Cinturón de Fuego Circumpacífico”, le confiere una alta actividad sísmica, lo que se refleja en los múltiples eventos catastróficos ocurridos en su historia. “La mayor actividad tectónica en el mundo se concentra a lo largo de los bordes de las placas, liberando el borde continental del Perú el 14% de la energía sísmica del planeta. Su región centro norte, donde se encuentra la ciudad de Huaraz, es también una zona marcadamente sísmica” (INDECI, 2006).

La actividad sísmica en el Perú es intensa y su “origen está relacionado con las condiciones tectónicas regionales y locales, y con las condiciones locales de los suelos, que determinan la aceleración y la severidad de sacudimiento, y que a su vez van a tener notable influencia sobre las estructuras” (Salinas & Ventura, 2010),

En el Perú existen dos grandes regiones sismogénicas:

- a) La zona de subducción de placas tectónicas, que es generada por la interacción de las placas Sudamericana (continental) y la de Nazca (submarina), las cuales interactúan generando fricciones. Esta zona es la principal causante de los mayores terremotos registrados en el Perú.

Esta zona abarca toda la franja costera y litoral del océano Pacífico, donde repercuten los movimientos que se producen en la profundidad.

- b) Fallas geológicas activas. Los sismos producidos por estas fallas son frecuentemente de menor magnitud, pero al activarse muy cerca de la superficie, alcanzan un gran poder destructor que se refleja en la fuerza del sacudimiento y en la intensidad registrada en las estructuras. Las zonas sismogénicas continentales se tratan de segmentos que corren paralelos a la Cordillera de los Andes. En el país tenemos hasta tres segmentos.

En la zona de Ancash se tiene a la falla de la Cordillera Blanca de tipo normal, con buzamiento al Suroeste. El ramal Norte de esta falla, recibe el nombre de falla de Quiches. (CENEPRED, 2017)

Zonificación

El territorio del Perú se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura 1. “La zonificación se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica” (MVCS, 2018).

A cada zona del país se le asigna un factor Z, ver Tabla 2, “que se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad” (MVCS, 2018).

Figura 1

Zonas sísmicas del Perú



Nota: Grafico extraído de (MVCS, 2018).

Tabla 2

Factores de Zona "Z"

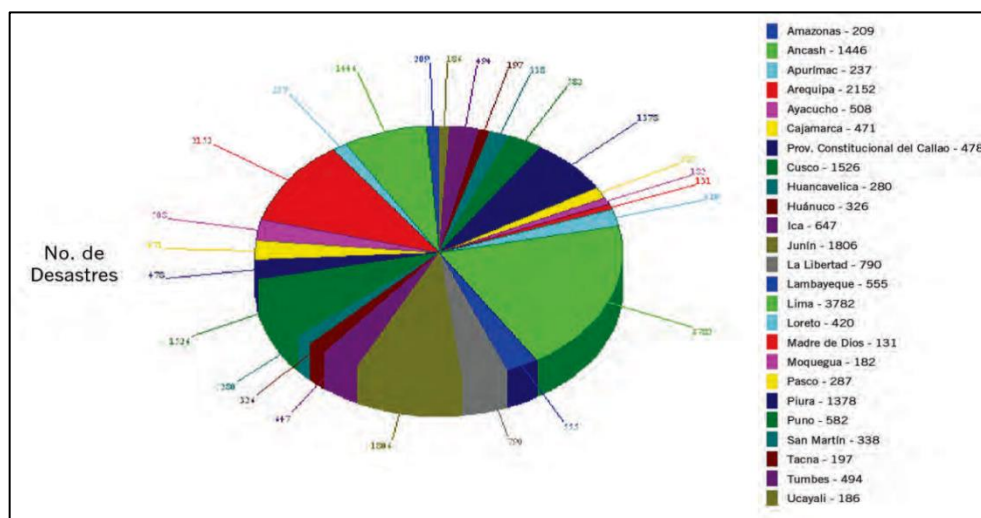
Factores de Zona	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Nota: Tabla extraída de (MVCS, 2018).

Ancash es una región expuesta a los peligros naturales y con características que la hacen vulnerable (Chuquisengo, 2007). La figura 2 nos ilustra que, a nivel del Perú, las regiones de Lima y Ancash son las que registran el mayor número de desastres. Y en Ancash, como se puede apreciar de la figura 3, una de las provincias más afectadas por los desastres es la de Yungay, amenazada principalmente por sismos.

Figura 2

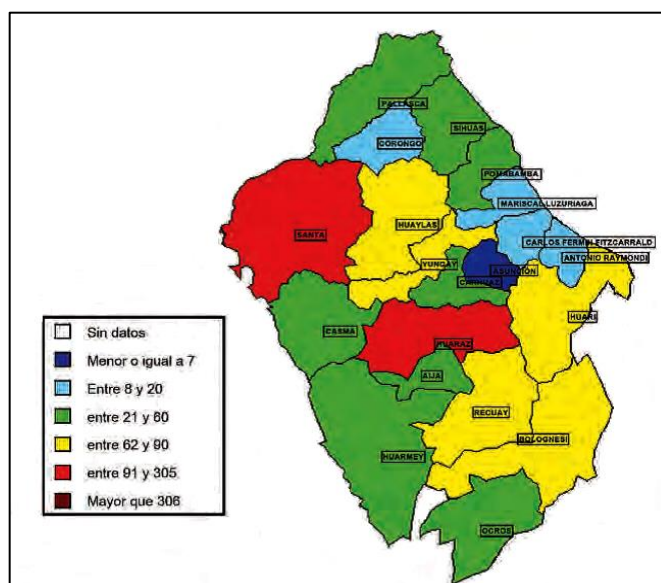
Desastres registrados en el Perú 1970-2003



Nota: Grafico extraído de Chuquisengo (2007).

Figura 3

Desastres ocurridos a nivel provincial en Ancash 1970-2003.



Nota: Desinventar – Soluciones Prácticas-ITDG, citado en Chuquisengo (2007).

Se considera que Yungay ha sido una de las ciudades más afectadas en el país por sismos destructivos, recordándose el del 31 de mayo de 1970, de magnitud 7.6 a 7.8, habiendo sido prácticamente destruida la ciudad por el alud desatado a consecuencia de éste, con el colapso de la infraestructura de la ciudad y la paralización de las diversas actividades económicas durante un tiempo prolongado. (Chuquisengo, 2007)

Al considerar que la ciudad de Yungay se ubica en una zona de alta sismicidad, con la presencia de los nevados de la Cordillera de los Andes que la expone a diversos riesgos, se ha visto por conveniente enfocar el presente estudio en el peligro de sismo que podría afectar a los servicios de agua potable, cuyo pronóstico en el tiempo es impredecible.

Caracterización del peligro por sismo

Evaluar el peligro es estimar o valorar la ocurrencia de un fenómeno con base en el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de sucesos en el tiempo y ámbito geográfico determinado (CENEPRED, 2017). El principal objetivo es predecir o pronosticar el comportamiento del sismo potencialmente dañino o, en su defecto, tener una idea de la probabilidad de ocurrencia de dicho fenómeno (CENEPRED, 2018).

El cálculo de los niveles del peligro consiste en relacionar los niveles del parámetro de evaluación y la susceptibilidad (CENEPRED, 2019).

Se realiza una recopilación y el análisis de información disponible: como estudios publicados por entidades científicas o técnicas competentes, del área geográfica para el fenómeno natural estudiado.

Parámetros de evaluación

Los parámetros generales o de evaluación describen al fenómeno en evaluación. El peligro por sismo puede ser caracterizado por los siguientes parámetros: magnitud, intensidad, aceleración máxima del suelo, entre otros. El peso ponderado para cada parámetro es un valor que debe ser calculado mediante el proceso de análisis jerárquico. (CENEPRED, 2018)

Susceptibilidad del territorio

Está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico. Depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno. (CENEPRED, 2018)

Factores desencadenantes

Son factores que desencadenan eventos o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico.

Para el caso de sismos en la zona de Yungay el factor desencadenante predominante es la interacción de placas tectónicas, por ubicarse todo el país en la zona de influencia del encuentro de las placas de Nazca y la Sudamericana, donde la primera subduce a la segunda.

Factores condicionantes

Son factores propios del ámbito geográfico de estudio, que contribuyen de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno, así como su distribución espacial. Algunos de estos factores pueden ser la litología, geología, geomorfología y estratigrafía. (CENEPRED, 2018)

En el caso de sismos estos factores pueden referirse al tipo de suelo, hipocentro y distancia al epicentro. Estos factores externos a las características del sismo pueden influir en el valor de la aceleración que se puede registrar en una zona por la llegada de las ondas sísmicas.

El factor de mayor incidencia es la variación de los diversos materiales que se pueden encontrar en la superficie, ya que, “dadas sus diferencias de densidad, compactación y saturación de agua, se comportan de diferente manera frente a la vibración inducida por las ondas sísmicas lo que se conoce como Efecto de Sitio” (CENEPRED, 2018).

Análisis jerárquico de Saaty

La utilización de la matriz de Saaty sirve para efectuar diversas ponderaciones de parámetros y descriptores de evaluación, factores condicionantes y factores desencadenantes, así como para las diversas dimensiones de la vulnerabilidad de cada uno de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable. (CENEPRED, 2018)

Este método fue bosquejado por el matemático Thomas L. Saaty, y que fue diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, a través de la construcción de un modelo jerárquico que les permite a los actores que toman las decisiones, estructurar el problema de forma visual. Esta metodología combina por un lado lo objetivo, lo tangible y lo racional de la ciencia clásica, por otro lado con lo subjetivo, intangible y emocional del comportamiento humano. De este modo, se puede realizar un tratamiento objetivo de lo subjetivo. El punto medular del Proceso de Análisis Jerárquico es el proceso de asignar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados. (CENEPRED, 2018)

Tabla 3.*Matriz de Saaty*

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacente, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Nota: Grafico extraído de (CENEPRED, 2018)

El peso de importancia de un parámetro único es igual a la unidad (1). Cuando se trata de establecer los pesos de dos parámetros, se realiza la comparación del nivel de importancia de manera directa. Para establecer los pesos de 3 parámetros o más, se debe realizar el proceso de análisis jerárquico.

Análisis de vulnerabilidad por sismo

La vulnerabilidad es la condición de debilidad o fragilidad de una comunidad o un activo económico social frente a una o más amenazas y la posibilidad de sufrir

daños y pérdidas cuando ellas ocurran (CENEPRED, 2017). En el Perú, la vulnerabilidad está asociada a factores como los procesos de urbanización de las ciudades, los cambios de demografía, las tendencias en la ocupación del territorio, la comunicación y el nivel de pobreza de la población. También se relacionan con las condiciones inseguras sobre la ubicación y características de las edificaciones, infraestructura y servicios varios. (CENEPRED, 2017)

Los factores de vulnerabilidad son (CENEPRED, 2018):

- a) Exposición, se refiere a identificar y cuantificar los elementos expuestos ubicados en zonas que son susceptibles al impacto de un peligro. “La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles” (CENEPRED, 2018).
- b) Fragilidad, que se refiere a las “condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada en las condiciones físicas de una estructura, comunidad o sociedad y es de origen interno” (CENEPRED, 2018).
- c) “Resiliencia, referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población” (CENEPRED, 2018).

El análisis de los factores de la vulnerabilidad se realiza hasta en cuatro dimensiones (CENEPRED, 2018):

- a) “Dimensión Física, relacionada a las condiciones físicas de la infraestructura y de ubicación de la comunidad, centro poblado, o aquellas zonas donde se encuentra instalada infraestructura del sector, que puede sufrir los efectos por la acción del peligro” (CENEPRED, 2018).
- b) Dimensión Social, que se relaciona con el conjunto de “comportamientos, creencias, formas de organización, y manera de actuar de la población de una comunidad o un centro poblado, o aquellas personas que se encuentran en las entidades del sector, que pueden sufrir los efectos por acción del peligro” (CENEPRED, 2018).
- c) Dimensión Económica, que se relaciona con “la ausencia o poca disponibilidad de recursos económicos que tienen los miembros de una comunidad, un centro poblado, o aquellas entidades del sector, tiene que ver con la mala utilización de los recursos disponibles para una correcta gestión del riesgo” (CENEPRED, 2018).
- d) Dimensión Ambiental, que se relaciona con la forma “cómo una comunidad, un centro poblado o aquellas entidades del sector, utilizan de forma no sostenible los elementos de su entorno, con lo cual debilita la capacidad de los ecosistemas, en el cual puede sufrir los efectos por acción del peligro” (CENEPRED, 2018).

En cada una de las dimensiones se identifican los parámetros a evaluar para los factores de exposición, fragilidad y resiliencia. Si en algún caso no existe información relevante para evaluar alguna de estas dimensiones, se puede obviar esa dimensión.

Análisis de vulnerabilidad de sistemas de abastecimiento de agua potable

Este análisis permite determinar el nivel de exposición y predisposición a daños y pérdidas de los componentes de un sistema de agua potable ante el peligro de sismo. Este análisis se hace por componente.

Un sistema de abastecimiento de agua potable tiene los siguientes componentes: captación, conducción, reservorio, red de distribución y conexión domiciliaria.

Los estudios de vulnerabilidad deben considerar no sólo el impacto que los fenómenos naturales pueden tener sobre los componentes del sistema de agua potable, sino también el impacto que el sistema puede generar por una falta o inadecuada operación y mantenimiento, pudiendo ocasionar daño al ambiente y a la población. (CENEPRED, 2018)

Parámetros de vulnerabilidad

Entre los parámetros que suelen considerarse para el análisis de vulnerabilidad se aprecia: Estado de conservación, estado del suelo, nivel de pendiente, mantenimiento, obras de protección, nivel de organización, exposición o ubicación.

Otros parámetros son según el CENEPRED (2018):

- Ubicación de fuentes de agua y manantiales.
- Tipo de suelo en el cual está instalado el sistema.
- Estado de la captación y redes de distribución.
- Mantenimiento de cada componente del sistema.
- Nivel de acceso a los elementos del sistema de agua.
- Disponibilidad de protección de la infraestructura.
- Grado de organización y participación de la población en el mantenimiento y operación del sistema.
- Existencia de almacén de materiales.
- Identificación de la organización: sector, gobierno regional o gobierno local implicado.
- Identificación y descripción del sistema: caudales, niveles, presiones y calidad del servicio.
- Identificación de los aspectos operativos del sistema (capacidad de los componentes, demanda, déficit o superávit).
- Identificación y descripción de los aspectos administrativos y capacidad de respuesta de la empresa.
- Determinación de la demanda mínima de la población de los puntos considerados críticos para el abastecimiento, durante y después del impacto del peligro.

- Capacidad: capacidad de diseño y la capacidad de operación actual de los componentes.
- Antigüedad de los componentes.

El abastecimiento de agua potable es esencial para el funcionamiento de las ciudades. Su disfuncionamiento puede poner en crisis a la urbe y su interrupción pone en peligro a sus habitantes y a la operación de la ciudad. El sistema de agua potable tiene estrecha interdependencia con todos los elementos esenciales de una ciudad. En el caso del abastecimiento de agua potable, dicha interdependencia es particularmente compleja. La vulnerabilidad se observa al interior del sistema, así como se extiende al exterior y a otros sistemas. (Salinas & Ventura, 2010)

- **Vulnerabilidad lineal.** Consiste en que la pérdida de un elemento aguas arriba ocasiona la pérdida del sistema aguas más abajo porque se transmite la crisis.
- **Vulnerabilidad transversal.** La pérdida del sistema genera problemas en otros elementos o sistemas de los que depende el funcionamiento urbano (salud, educación, producción urbana, servicios), esta disfuncionalidad altera al sistema de abastecimiento.

Sistemas de abastecimiento de agua potable

Los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario son esenciales para mantener las condiciones de salud y de bienestar de las poblaciones y cumplen una misión especial en el desarrollo. En situaciones de emergencia o desastre, estos servicios son un recurso vital para permitir la recuperación de la normalidad. La

ocurrencia de un fenómeno natural puede ocasionar problemas como la contaminación de las aguas, la ruptura de tuberías o estructuras, la escasez del agua e incluso puede llevar al colapso del sistema.

Considerando los efectos negativos que los diversos fenómenos pueden producir sobre los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento, tales como la alta contaminación de manantiales, la afectación a plantas de tratamiento, ruptura de tuberías de aducción y distribución, falla de estructuras hidráulicas, los procesos de mitigación y prevención son de suma importancia. Además, está demostrado que es más económico invertir en la prevención, pues el desembolso es mayor en la rehabilitación (OPS, 2004). “El mejor momento para actuar es en las fases iniciales del ciclo de los desastres, cuando con medidas de prevención y mitigación se pueden reforzar los sistemas y evitar o reducir daños, pérdidas humanas y materiales, reduciendo la vulnerabilidad del sistema y atenuando el impacto de la amenaza” (OMS, 1998).

Para aclarar esta versión es necesario considerar que cuanto mejor y más seguro se desee un sistema ya sea de agua potable o de alcantarillado, mayor será su costo. De modo similar ocurre en general con el desarrollo del País, en cuyo caso la Gestión del Riesgo presupone un costo, pero posibilita dar sustento al desarrollo social, económico y territorial (Manzur, 2002).

Los sistemas de agua potable pueden operar a gravedad, bombeo o pueden ser mixtos. En un sistema a gravedad el agua circula desde la captación hasta la distribución aprovechando el desnivel natural del terreno. Un sistema por bombeo requiere de equipo electromecánico. Un sistema mixto requiere tanto de equipo

electromecánico como del desnivel natural del terreno para lograr la circulación del agua. (OPS, 1998)

El servicio de agua potable está integrado “por un sistema de producción que comprende: captación, almacenamiento y conducción de agua cruda, tratamiento y conducción de agua tratada; y por un sistema de distribución, que comprende almacenamiento, redes de distribución y dispositivos de entrega al usuario” (CENEPRED, 2018). El sistema de abastecimiento de agua potable es el conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinaria y equipos utilizados para la captación, almacenamiento y conducción de agua cruda; y para el tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución de agua potable (CENEPRED, 2018).

El sistema de agua potable se compone generalmente de captación, línea de conducción, tratamiento de la potabilización, regularización, línea de alimentación, y red de distribución.

Captación: Es una estructura que permite captar el agua de la fuente. “La captación puede ser de vertiente, de río, subterránea o de acueducto, con estructuras de tipo muro, tanque, azud, con pozos, o con derivación de un acueducto principal” (OPS, 1998)

Desarenador: “Componente, destinado a la remoción de arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación; es decir sirve separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitar se produzcan depósitos en las obras de conducción” (OPS, 2005)

Conducción: “Se denomina obras de conducción a las estructuras y elementos que sirven para transportar el agua desde la captación hasta al reservorio o planta de tratamiento” (MVCS, 2006)

Tratamiento: Consiste en la “remoción por métodos naturales o artificiales de todas las materias objetables presentes en el agua, para alcanzar las metas especificadas en las normas de calidad de agua para consumo humano” (MVCS, 2006)

Reservorio: Tiene como objetivo almacenar agua para consumo humano y suministrarla a las redes de distribución, con las presiones de servicio necesarias y en cantidad suficiente que permita compensar las variaciones de la demanda. “Asimismo, deberán contar con un volumen adicional para suministro en casos de emergencia como incendio, suspensión temporal de la fuente de abastecimiento y/o paralización parcial de la planta de tratamiento” (MVCS, 2006)

Distribución: “Consta de tuberías de distribución, tanques repartidores, pasos de quebrada o río, conexiones domiciliarias con o sin medidores y puede tener sistemas electromecánicos de impulsión” (OPS, 1998)

Características del área de estudio

Descripción general del distrito de Yungay

La ciudad de Yungay establecida para el Estudio de Caso, es capital de la provincia y del distrito del mismo nombre, del departamento de Ancash. Su creación como ciudad data del 28 de octubre del año 1,904. Se ubica en la parte

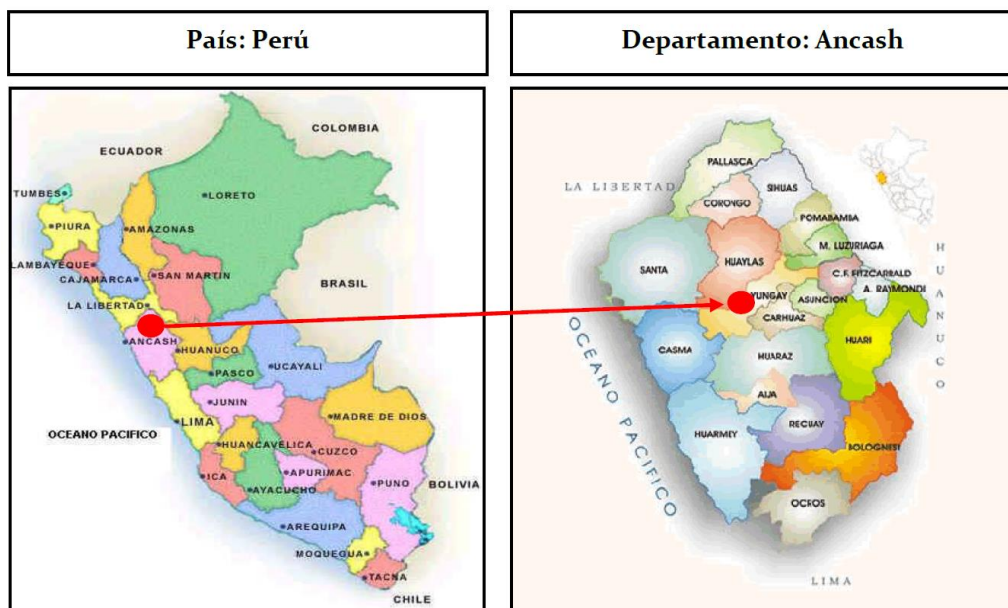
media de la Región Ancash, en el llamado Callejón de Huaylas, a 2,495 m.s.n.m, entre las coordenadas UTM 18T Este 198310 y Norte 8988552. La superficie territorial de la provincia de Yungay es de 136,148.00 km².

Se encuentra entre los 444 y 468 km al norte de la ciudad de Lima, las vías de acceso terrestre son tres:

- Carretera Pativilca –Huaraz –Caraz (vía asfaltada)
- Carretera Casma –Huaraz –Yungay (Vía asfaltada)
- Carretera Chimbote –Huallanca –Caraz -Huaraz (vía afirmada y asfaltada).

Figura 4

Macro localización de la provincia de Yungay

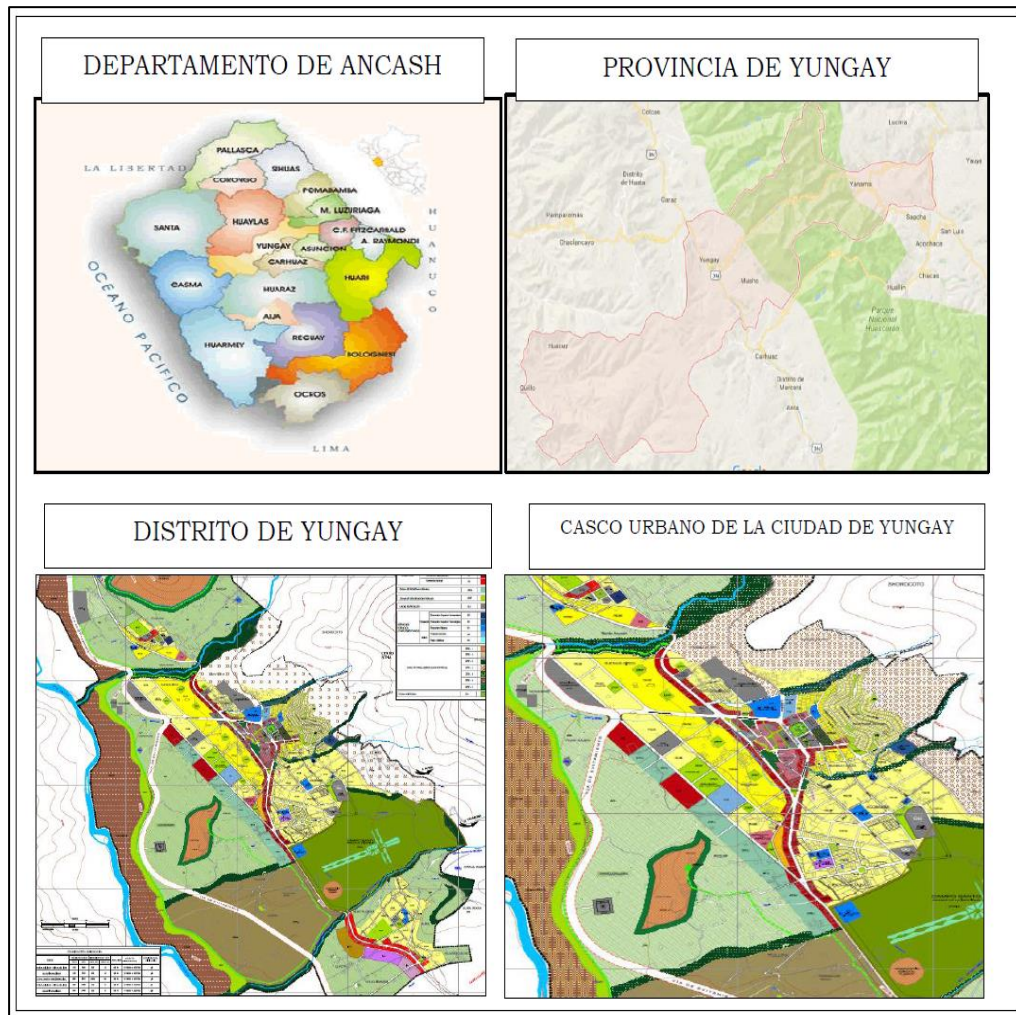


Nota: Grafico extraído del Plan de Acondicionamiento Territorial de Yungay. Municipalidad Provincial de Yungay (2018).

La provincia de Yungay limita por el norte con las provincias de Huaylas y la de Santa, por el sur, con las provincias de Carhuaz, Huaraz y Asunción, por el este, con las provincias de Mariscal Luzuriaga y Carlos Fermín Fitzcarrald y por el Oeste con la provincia de Casma.

Figura 5

Micro localización de la ciudad de Yungay



Nota: Grafico extraído del Plan de Acondicionamiento Territorial de Yungay. Municipalidad Provincial de Yungay (2018).

Figura 6

Vista parcial de la plaza principal del distrito de Yungay



Condiciones climáticas de la zona

La provincia de Yungay presenta un clima de tipo templado y seco, con altas temperaturas diarias que descienden ligeramente durante las noches; abundantes precipitaciones estacionales que coinciden con el verano austral y un largo periodo con precipitaciones escasas que comprenden los meses de mayo a noviembre.

El clima de la ciudad de Yungay es variado, corresponde a una zona donde en época de verano la temperatura promedio se da entre 23.9°C a 5.5°C y con presión barométrica de 729.2 hpa., con un régimen de lluvia de enero a marzo. La precipitación pluvial anual es de 850 a 1100 milímetros.

El mayor riesgo ambiental en la zona es el ocasionado por las precipitaciones pluviales y sus consecuencias en el territorio.

Ocurren lluvias fuertes entre los meses de diciembre a marzo, muy variables e intensas, en la temporada de lluvia se producen deslizamientos y derrumbes de taludes de terrenos empinados que obstruyen el tránsito terrestre y además dañan infraestructuras de riego y sistemas del servicio de agua potable. Con sólo el hecho de conocer información sobre la precipitación promedio y del relieve y características del suelo se puede deducir la vulnerabilidad del territorio y de la infraestructura ubicada en lugares de alta susceptibilidad.

Entre los meses de mayo a noviembre hay la presencia de material particulado suspendido en el aire en forma de polvo, así como arena, que contaminan el ambiente.

Es conocido que la ciudad de Yungay se ha edificado sobre un suelo semi rocoso con presencia de arcilla generalmente, y presenta inestabilidad ante los movimientos sísmicos con temblores constantes debido a que en varias zonas presenta fallas geológicas.

Factores climáticos

a) Altitud

La zona de estudio altitudinalmente, se encuentran entre los 2,200 a 2,700 msnm.

b) Precipitación

La mayor concentración de lluvias se presenta durante los meses de noviembre a marzo con una precipitación pluvial de 851.3 mm/año, Año 2014, y un período de sequía de abril a octubre.

En la parte alta las precipitaciones son fuertes, siendo lo normal según los datos, de 1,100 mm o menos al año. En la siguiente tabla se muestra el comportamiento de este factor durante el año 2,014.

De la tabla 4 se deduce: Precipitación pluvial anual máxima (marzo 2014) es 181.1 mm/mes; y la precipitación pluvial mínima (julio-agosto 2,014) es de 0.00 mm/mes.

Tabla 4

Precipitaciones pluviales año 2,014 en la zona de Yungay

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL (mm/año)
132.8	150.4	181.1	55.1	45.9	10.4	0.0	0.0	27.1	23.3	56.2	169	851.3

Nota: Tabla extraída de la página web de SENAMHI.

c) Temperatura

De acuerdo con los informes climáticos, la temperatura fluctúa entre 5.5 °C a 23.9 °C, con un promedio anual de 15.7 °C. En la siguiente tabla se muestran las temperaturas variables registradas.

Tabla 5

Registro histórico de temperatura en la zona de Yungay

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	16.5	16.5	16.5	16	15.1	14.8	14.6	14.6	15.4	15.8	16.1	16.3
Temperatura min. (°C)	9.9	10.3	10	9.2	7.7	6.1	5.5	5.5	6.9	8.2	8.8	9.1
Temperatura máx. (°C)	23.1	22.7	23	22.9	22.6	23.5	23.7	23.7	23.9	23.4	23.5	23.6
Temperatura media (°F)	61.7	61.7	61.7	60.8	59.2	58.6	58.3	58.3	59.7	60.4	61.0	61.3
Temperatura min. (°F)	49.8	50.5	50.0	48.6	45.9	43.0	41.9	41.9	44.4	46.8	47.8	48.4
Temperatura máx. (°F)	73.6	72.9	73.4	73.2	72.7	74.3	74.7	74.7	75.0	74.1	74.3	74.5

Nota: Grafico extraído de la página web: <https://www.google.com.pe>.

d) Humedad relativa.

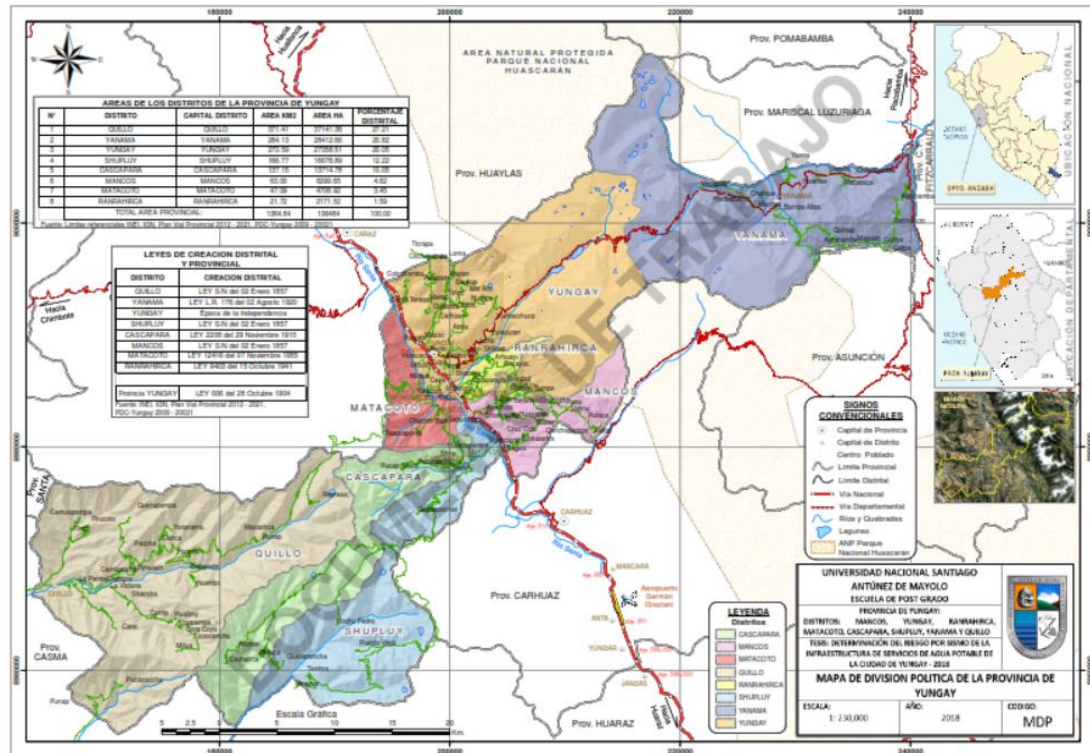
La humedad mínima promedio es de 73%, humedad máxima de 79% y humedad media anual de 76%. (Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). Para el año 2015.

De los datos reportados, se observa que la temperatura y precipitación pluvial en Yungay va disminuyendo progresivamente, esto se debe, a la deforestación que se realiza en el ámbito, sumado a los cambios climáticos.

Caracterización económica y social de la ciudad de Yungay

Figura 7

División Política de la Provincia de Yungay.



Nota: Grafico extraído del Plan de Acondicionamiento Territorial de Yungay. Municipalidad Provincial de Yungay (2018).

La configuración urbana de la ciudad de Yungay es del tipo damero con manzanas rectangulares y calles suficientemente amplias, la superficie es relativamente accidentada, la pendiente natural del terreno es de sur a norte de 6% de magnitud en promedio. Su área urbana actual es de 136,148.00 km², la población de la zona urbana se ha calculado en 9,234 habitantes al año 2017, esto hace una densidad promedio de 4,99 hab/familia, que caracteriza una tasa de crecimiento de 1.04%, que lo determina como una ciudad en proceso de consolidación, con una densidad media baja (Fuente: INEI). En el casco urbano, las viviendas en un 65% tienen paredes de adobe, solo en el centro alrededor de la

plaza de armas las construcciones recientes son predominantemente de material noble. En todos los casos se presentan techos inclinados que manifiestan la ocurrencia de altas precipitaciones pluviales.

Economía

La actividad económica se despliega en la agricultura y la ganadería principalmente, son mayores los cultivos de choclo, verduras, tubérculos y rocoto; mientras que referente a la ganadería predomina la crianza de vacunos, porcinos, aves y cuyes. La comercialización de productos es de carácter provincial y nacional con las ciudades de Huaraz, Chimbote, Trujillo y Lima. En cuanto a la industria, esta se asocia a la extracción de minerales, madera y su proceso de aserrado y carpintería, y por otro lado existen procesamiento de los productos agropecuarios como el queso.

Equipamiento y servicios públicos

El equipamiento educativo de la ciudad se desarrolla desde la educación inicial hasta la educación superior, tal como el Instituto Pedagógico de Formación Docente y la Escuela Técnica de la PNP, siendo el número de centros educativos 85, tanto nacionales como privados (Fuente: MINEDU-escale 2018).

En cuanto a la salud su equipamiento se traduce en un Hospital del MINSA y de ESSALUD y algunos centros de salud con una capacidad total de 45 camas para hospitalización.

En cuanto a los servicios públicos, Yungay cuenta con energía eléctrica, internet, teléfono, Televisión cable, agua potable y saneamiento. Los servicios de transporte son permanentes contando para ello con un pequeño terminal terrestre.

Principales zonas de vida que comprende el distrito de Yungay

a) Parque Nacional Huascarán

El Parque Nacional Huascarán (PNH) está localizado en la zona este del distrito de Yungay ocupando parte de las provincias de Huaylas, Yungay, Carhuaz, Huaraz, Recuay, Bolognesi, Huari, Asunción, Mariscal Luzuriaga y Pomabamba en el departamento de Ancash, y tiene una extensión de 340,000 hectáreas. El PNH es uno de los más emblemáticos del país, puesto que protege una de las zonas con la mayor diversidad biológica y cultural que tiene el Perú.

b) Recursos hidrológicos

c) Cuenca hidrográfica del río Santa

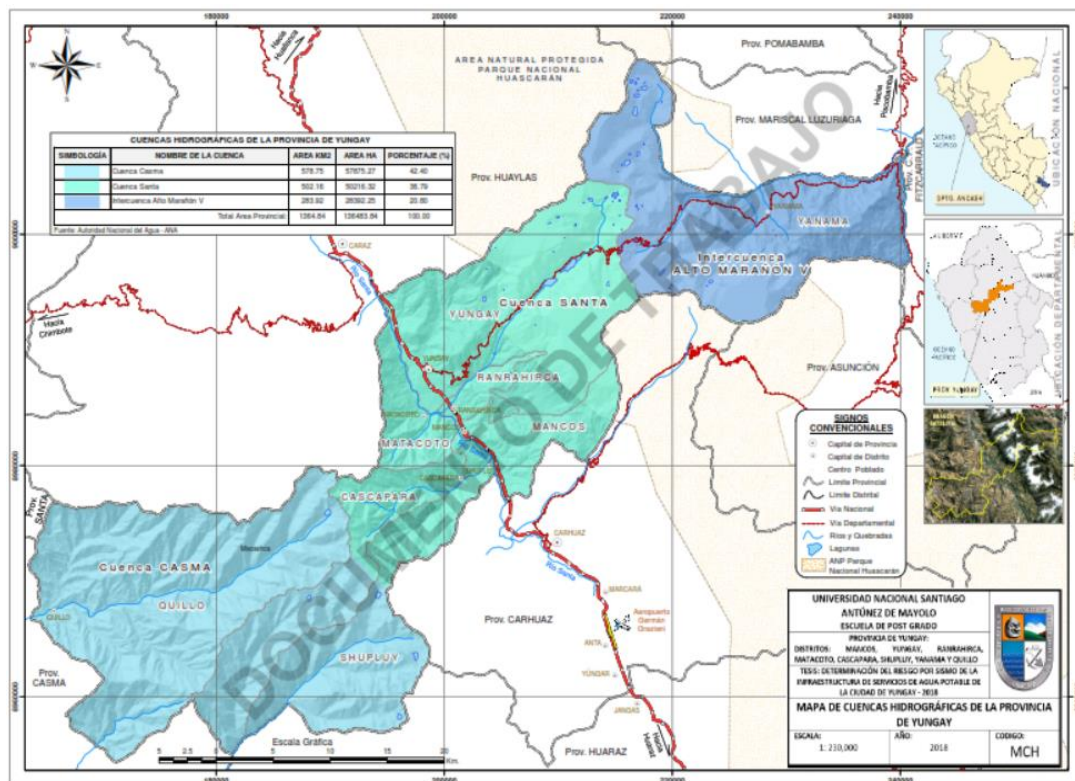
El Río Santa tiene su origen en la Laguna Aguash ($9^{\circ}56'40''S$, $77^{\circ}11'44'' O$) la cual se halla ubicada en el extremo sudeste del Callejón de Huaylas, a una altura aproximada de 5.000 msnm. Esta laguna a su vez vuelca sus aguas a través del Río Tuco a la laguna Conococha ($10^{\circ}07'42'' S$, $77^{\circ}16'59''O$) y discurre en dirección sudeste-noroeste, hasta aproximadamente la confluencia del río Manta, a partir del cual cambia su curso hacia el Oeste, para luego desembocar al Océano Pacífico.

El río Santa atraviesa las más importantes ciudades como: Catac, Recuay, Huaraz, Carhuaz, Yungay, Caraz, Sucre, Yuramarca, Chuquicara, Tanguche y Santa. En su recorrido el río Santa describe el denominado Callejón de Huaylas, conformado por la Cordillera Blanca, llamada así por estar cubierta por nieve y glaciares perpetuos, y que corre paralela a la selva peruana y por la Cordillera Negra, que corre paralela a la costa del Océano Pacífico.

En la Figura 8, se observa las principales microcuencas que conforman la cuenca del río Santa en la Provincia de Yungay.

Figura 8

Red hidrográfica del distrito de Yungay



Nota: Grafico extraído del Plan de Acondicionamiento Territorial de Yungay. Municipalidad Provincial de Yungay (2018).

El mapa de cuencas hidrográficas muestra el relieve del suelo y determinan las caídas del agua desde la parte más alta hasta la parte baja de la cuenca del Santa, donde el suelo es casi plano y donde está localizado la ciudad de Yungay (ver recuadro verde en la parte este y oeste del Distrito)

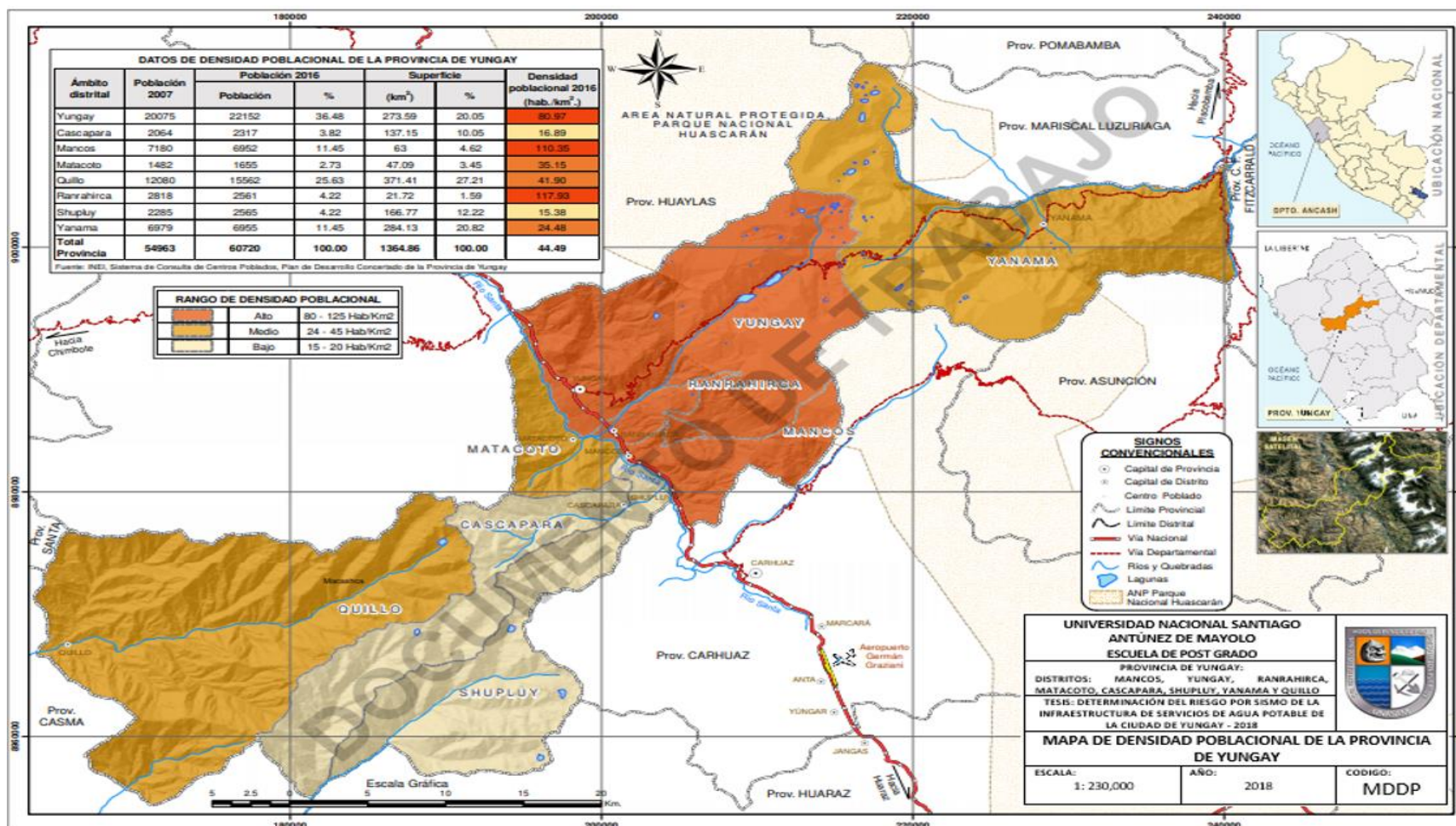
d) Red vial del distrito

Las vías de la localidad de Yungay han sido construidas en terrenos con pendientes moderadas, fueron ejecutadas por la Municipalidad Distrital con el principal objetivo de embellecer la ciudad para la circulación de peatones y vehículos. Asimismo, cuenta con trochas carrozables para la conexión con otras poblaciones, con características inadecuadas como vías de comunicación permanente por su deterioro. Estas requieren un trabajo de rehabilitación y mejoramiento continuo, para contar con vías que permitan un tránsito seguro y más fluido (ver Figura 9).

Mapa del distrito de Yungay mostrando su población en su conjunto, la conectividad vial y la red hidrográfica del distrito.

Figura 9

Distribución poblacional y conectividad del distrito de Yungay



Nota: Grafico extraído del Plan de Acondicionamiento Territorial de Yungay. Municipalidad Provincial de Yungay (2018).

e) **Importancia socioeconómica**

La actividad económica se centra principalmente en la agricultura y la ganadería, prevalecen los cultivos de flores, hortalizas, papa y maíz; y en la ganadería mayormente se realiza la crianza de vacunos, porcinos, aves y la apicultura. En cuanto a la industria, esta se asocia a la extracción de minerales, pero también existe procesamiento industrial de productos agropecuarios como quesos, mantequilla, miel.

La ciudad cuenta con capacidad productiva, con infraestructura y servicios públicos concordante con su nivel poblacional y sus actividades económicas. El sistema de agua potable juega un papel importante para mantener la salud de su población, además del equilibrio funcional de la ciudad y la regularidad de sus relaciones con los centros poblados de su entorno, a los cuales está integrado económicamente. De ahí que es importante evaluar la vulnerabilidad y el riesgo del sistema de agua potable que pueda ser ocasionado tanto por factores externos al sistema como los internos y advertir de sus impactos tanto locales como regionales en un contexto de disfuncionalidad y crisis.

2.3. Definición de términos

- **Desastre.-** Constituye aquella gama de daños y pérdidas, en la salud, medios de sustento, entorno físico, infraestructura, movimiento económico y el medio ambiente, que acontece como resultado del impacto de un peligro o amenaza cuya intensidad concibe graves variaciones en el funcionamiento de las unidades sociales, excediendo la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por la acción humana (PCM, 2011).
- **Exposición.** – Implica aquellas decisiones prácticas que sitúan al ser humano y sus medios de vida en una determinada zona de impacto correspondiente a un peligro. (CENEPRED, 2014)
- **Fragilidad.** – Constituye aquellas situaciones de desventaja o debilidad relativa del individuo y sus medios de vida en torno a la proximidad de un peligro. En general, está referida a las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno. (CENEPRED, 2014)
- **Gestión del riesgo de desastres.** – Constituye un proceso social cuya finalidad está delimitada por la prevención, la disminución y la vigilancia permanente de aquellos factores de riesgo y de desastre que pueden darse en la sociedad, así como la apropiada elaboración y contestación ante escenarios de desastre, teniendo en consideración políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica,

ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible. (CENEPRED, 2014)

- **Peligro.** – Implica una probabilidad de un suceso físico, que potencialmente es perjudicial, pudiendo ser natural o efectuado por acción del individuo, cuya presencia se sitúa en un determinado lugar, con una cierta intensidad, en un determinado tiempo y frecuencia determinados (PCM, 2011).
- **Riesgo.** – Constituye una circunstancia latente que, al no ser transformada o aminorada a través de la intervención humana o por medio de un cambio referida a las condiciones del medio físico-ambiental, advierte un determinado nivel de impacto social y económico en el futuro. (CENEPRED, 2018)
- **Vulnerabilidad.** – Constituye aquella susceptibilidad de la localidad, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de soportar daños por la ejecución de un peligro o amenaza (PCM, 2011)

2.4. Hipótesis

El riesgo por sismo de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay en el año 2018 es alto.

2.5. Variables

Variables independientes

- Nivel de peligro sísmico en el distrito de Yungay.
- Nivel de vulnerabilidad al peligro sísmico de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay.

Variable dependiente

- Nivel de riesgo sísmico de la infraestructura de los servicios de agua potable de la ciudad de Yungay.

Variables intervinientes

- Contexto ambiental global del país.
- Ordenamiento territorial urbano.

Tabla 6. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
Nivel de peligro sísmico en el distrito de Yungay.	Probabilidad de que un sismo, potencialmente dañino, se presente en Yungay, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos	Relación de los parámetros de evaluación del fenómeno sísmico y su susceptibilidad en la zona del distrito de Yungay		A. Parámetros de evaluación: Magnitud, Intensidad, Aceleración máxima del suelo. B. Susceptibilidad: Factor desencadenante: fenómeno geológico. Factor condicionante: Condición del suelo.	Ordinal: muy alto, alto, medio, bajo
Nivel de vulnerabilidad al peligro sísmico de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay.	Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción del peligro sísmico.	Relación de los factores de exposición, fragilidad y resiliencia al peligro sísmico de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay.	Vulnerabilidad Física	A. Tipo de suelo B. Estado de conservación C. Antigüedad D. Pendiente del terreno E. Material de construcción F. Configuración estructural G. Condiciones de la estructura H. Estándares de diseño y construcción I. Material de la tubería J. Obras de protección K. Mantenimiento L. Equipamiento de almacén	Ordinal: muy alta, alta, media, baja
			Vulnerabilidad Social	A. Población servida probablemente afectada B. Nivel de organización C. Población debajo del nivel de pobreza. D. Capacitación en cuidado del agua E. Población aplica conservación del sistema	Ordinal: muy alta, alta, media, baja
Nivel de riesgo de la infraestructura de los servicios de agua potable de la ciudad de Yungay.	Condición latente que, al no ser mitigada a través de la intervención humana o por un cambio en las condiciones del entorno, anuncia un determinado nivel de impacto social y económico hacia el futuro.	Es el producto del nivel de peligro sísmico por el nivel de vulnerabilidad a los sismos de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay.	Riesgo físico	Nivel de riesgo	Ordinal: muy alto, alto, medio, bajo
			Riesgo social	Nivel de riesgo	Ordinal: muy alto, alto, medio, bajo

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

La investigación es predominantemente cualitativa y del tipo descriptivo, no experimental.

Según el enfoque es cualitativo con aspectos cuantitativos porque se acerca a una cuantificación no solo del peligro de sismo, sino también de la vulnerabilidad de cada uno de los componentes del sistema de agua potable de la ciudad de Yungay frente a dicho peligro.

Es descriptivo en la medida que presenta las características o propiedades de los diversos componentes del sistema de agua potable, y sus condiciones de vulnerabilidad y riesgo ante el peligro de sismo.

3.2. Diseño de investigación

Respecto al diseño metodológico que se adoptó estuvo involucrado la combinación de estrategias de corte cuantitativa y cualitativa. Asimismo, no fue experimental y tuvo un carácter transversal que se tradujo en el análisis del fenómeno y las características del sistema de agua potable en su situación en el año 2018.

Del mismo modo, se desarrolló como un “Estudio de Caso” de tipo interpretativo, cuya metodología es aplicable a los diversos sistemas de agua potable ubicados en la zona sierra de nuestro país. En consecuencia, los estudios de casos son aquellas evaluaciones que implican la utilización de procesos de

investigación cuantitativa, cualitativa o mixta, examinan hondamente una unidad para reconocer al planteamiento del problema, para posteriormente comprobar la hipótesis y desplegar el nacimiento de una teoría (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

En el presente trabajo de investigación, el diseño aplicado esta resumido en la siguiente formula representativa:

$$R = f (P * V) \dots\dots\dots (1)$$

$$CA \longleftrightarrow (R) \dots\dots\dots (2)$$

$$OT \langle \implies \rangle (R) \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

R = Grado de riesgo

P = Peligro o Amenaza

V = Vulnerabilidad

CA = Contexto ambiental global

OT = Ordenamiento territorial urbano

CA y OT son variables intervinientes porque son parte del contexto nacional o global y local respectivamente del sistema de agua potable. Son datos de la realidad que no podemos cambiar o modificar de inmediato, pero que condicionan y son condicionados por cualquier infraestructura.

La metodología básica consistió en la aplicación de los criterios del método de la Guía para la evaluación del riesgo en el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario (CENEPRED, 2018), la misma que da libertad para que con el juicio y experiencia de los especialistas se definan los factores y sus

pesos; se consideró además los aportes de la Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel de cantonal (SNGR, 2011), de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos del Ecuador; se realizó un análisis relativo, empleando consideraciones cuya certeza depende de la experiencia del analizador o evaluador, consistente en expresar de manera cuantitativa observaciones subjetivas.

Para el estudio de caso se seleccionó el sistema de agua potable de la ciudad de Yungay por considerarse a su población y su sistema de agua potable permanentemente expuesta a sismos y representativa de las características de los sistemas de este tipo en la zona sierra de nuestro país. No se trata de una investigación exhaustiva del sistema de agua potable en sí, se trata de tentar un recurso metodológico para sopesar las tendencias del impacto del peligro por sismo sobre la infraestructura física de sistemas de agua potable y la capacidad de respuesta de los actores sociales.

El proceso metodológico adoptado en el estudio, diseñado en tres fases, se explica a continuación:

A. PRIMERA FASE: ACTIVIDADES PRELIMINARES

Comprendió la distribución del trabajo, la disposición y elaboración de los instrumentos técnicos para el desarrollo del estudio y el levantamiento de la información existente sobre el contexto regional y urbano, así como su selección y análisis preliminar, para la caracterización urbana de la ciudad de Yungay y de su infraestructura del servicio de agua potable.

B. SEGUNDA FASE: LEVANTAMIENTO DE DATOS

Comprendió el levantamiento de datos a través de los instrumentos técnicos diseñados sobre:

- Características del territorio y sobre los parámetros para la caracterización del peligro de sismos.
- Características de las diversas componentes del sistema de agua potable para la determinación de su vulnerabilidad.

C. TERCERA FASE: DIAGNOSTICO Y PROGNOSIS

Comprendió el análisis central de los elementos que componen el estudio y su correspondiente síntesis. A continuación, se describen los componentes de esta fase.

- a) **EVALUACIÓN DE PELIGROS (P).**- Su objetivo es caracterizar el peligro natural por sismo y el impacto que podría tener sobre los componentes del sistema de agua potable. La evaluación comprende el análisis del impacto generado por acción de los sismos para llegar a elaborar consecuentemente la caracterización del peligro sísmico.
- b) **EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD (V).**- Permite determinar el grado de fortaleza o debilidad de cada componente del sistema de agua potable, permitiendo deducir la afectación o pérdida que podría resultar ante la ocurrencia de un evento

sísmico adverso. Como resultado de esta evaluación se obtiene el nivel de Vulnerabilidad de cada componente, en función de los niveles Muy Alta, Alta, Media y Baja Vulnerabilidad, según sean las características del elemento evaluado.

- c) **ESTIMACIÓN DEL RIESGO (R).**- Corresponde a la evaluación conjunta del peligro sísmico que amenaza al sistema de agua potable de la ciudad de Yungay y la vulnerabilidad de sus diferentes componentes ante él. El Análisis de Riesgo es un estimado de las probabilidades de pérdidas esperadas para un determinado evento natural o antrópico adverso. De esta manera se tiene que: **$R = P \times V$**

La identificación de los componentes Críticos como resultado de la evaluación de riesgos, es útil para estructurar una propuesta de Plan de Prevención, estableciendo criterios para la priorización de los proyectos y acciones concretas orientados a mitigar los efectos del evento negativo.

3.3. Población y muestra

Población

La población estuvo conformada por la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay.

Muestra

La muestra está constituida por la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay.

Constituye una muestra “intencional” debido a que se ha explicitado sobre el conocimiento y razonamiento del individuo que investiga, considerando fundamentalmente aquella necesidad de aptitud respecto al acceso de información y autorización de la Municipalidad Provincial de Yungay para el análisis del sistema de agua potable.

La infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay consta de:

- Captación del río Llanganuco.
- Líneas de Conducción con canal de concreto de 36 m.
- Desarenador.
- Líneas de Conducción con tubería PVC de 8” y 6”, de 20 km.
- Reservorio apoyado de 1000 m3.
- Cisterna de cloración de 180 m3.
- Red de distribución de Agua.
- Conexiones domiciliarias, 1851 unidades.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se aplicaron las técnicas siguientes con los instrumentos que se señalan:

Análisis documental

- Fichas resumen de información del área de influencia: para la búsqueda y registro de información tanto del área de influencia, que es donde se ubica la población afectada como el área donde se ubican los componentes del sistema existente, principalmente a través de internet.
- Se recogió información sobre ubicación, clima, estructura urbana, vías de acceso, salud pública y saneamiento, datos geológicos, geomorfológicos y topográficos, desarrollo socioeconómico, entre otros. Esta información es la necesaria para caracterizar el peligro de sismo en la zona de estudio.

Observación

- Fichas técnicas: para el registro de las características de cada uno de los componentes de la infraestructura de agua potable se estructuró las Fichas Técnicas A: Características físicas de componentes del sistema de agua potable, que se muestra en los anexos, organizado hasta en 12 ítems o parámetros y que recoge información como el sistema estructural, antigüedad, material predominante, configuración, entre otros. Sus resultados, en cada parámetro, se miden en cinco distintas puntuaciones. Con estos datos se procesó la estimación de la vulnerabilidad física de los componentes del sistema.
- Se prepararon cinco fichas A para su aplicación en los siguientes componentes:

- ✓ Ficha técnica A1: Captación, canal de conducción y desarenador.
- ✓ Ficha técnica A2: Línea de conducción y Red de distribución.
- ✓ Ficha técnica A3: Reservorios.
- ✓ Ficha técnica A4: Cisternas.
- ✓ Ficha técnica A5: Conexiones domiciliarias.

Encuesta

Se determinó el empleo del cuestionario B: Aspectos sociales sobre componentes del sistema de agua potable, para obtener información sobre la interacción del poblador con cada una de las componentes de su sistema de agua potable, como población servida, nivel de organización, capacitación, entre otros. El cuestionario B para la encuesta se muestra en los anexos, y está compuesto por cinco ítems, y puede también ser auto administrado.

En relación a la validación de los instrumentos se consideró que estos constituyen instrumentos ya validados por expertos en el tema, pues pertenecen a instituciones nacionales del Perú y del Ecuador.

3.5. Plan de procesamiento y análisis estadístico de datos

Con la información recopilada, se agrupó y estructuró los datos recogidos, se definieron las herramientas digitales para el procesamiento, lo que se realizó con su registro, tabulación y gráfica, descripción de características; para proseguir con la

evaluación, a través de un ordenamiento lógico y sistemático, de los resultados obtenidos. El análisis de los datos se realizó con una crítica previa sobre la información obtenida del trabajo de campo. Se buscó que la información sea completa y que posea la calidad necesaria para ser analizada.

El procesamiento de los datos se realizó sobre los siguientes aspectos:

Caracterización del peligro sísmico

Para la caracterización del peligro sísmico en la zona de estudio, se consideró los procedimientos descritos en el marco teórico y las pautas del método de la Guía para la evaluación del riesgo en el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario, del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED- del Perú. La técnica utilizada es la de análisis de matrices que vincula variables y establece ponderaciones en la relación.

Los pasos para la caracterización del peligro sísmico fueron los siguientes:

- Recopilación y análisis de la información disponible: estudios publicados por entidades técnico científicas competentes, del área geográfica de la ciudad de Yungay y todas las áreas en donde se encuentran dispuestos los componentes del sistema de agua potable.
- Identificación de la característica sísmica de la zona, los efectos que han producido los sismos a lo largo de la historia. Se realiza sobre la base del conocimiento histórico de los impactos debidamente sistematizado.

- Determinación de parámetros de evaluación y descriptores para la caracterización del fenómeno peligro por sismo.

Se ha considerado los parámetros de magnitud, intensidad y aceleración máxima del suelo (CENEPRED, 2017). Se muestra a continuación cada parámetro, con su correspondiente peso ponderado, con cinco descriptores cada uno, calculados mediante el proceso de análisis jerárquico (Ver anexos).

Tabla 7

Parámetros de evaluación y descriptores del Fenómeno de Sismo

PARÁMETRO		MAGNITUD DEL SISMO	PESO PONDERADO	0.283
DESCRIPTORES	PM ₁	Mayor a 8.0: Grandes terremotos	XPM ₁	0.503
	PM ₂	6.0 a 7.9: sismo mayor	XPM ₂	0.260
	PM ₃	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	XPM ₃	0.134
	PM ₄	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	XPM ₄	0.068
	PM ₅	Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado por sismógrafos	XPM ₅	0.035
PARÁMETRO		INTENSIDAD DEL SISMO	PESO PONDERADO	0.643
DESCRIPTORES	PI ₁	XI y XII. Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire.	XPI ₁	0.503
	PI ₂	IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado.	XPI ₂	0.260
	PI ₃	VI, VII y VIII. Sentido por todos, muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.	XPI ₃	0.134
	PI ₄	III, IV y V. Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean.	XPI ₄	0.068
	PI ₅	I y II. Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuantas personas.	XPI ₅	0.035
PARÁMETRO		ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO (PGA EN GALES G)	PESO PONDERADO	0.074
DESCRIPTORES	PA ₁	PGA ≥ 0.45g	XPA ₁	0.503
	PA ₂	0.35g ≤ PGA < 0.45g	XPA ₂	0.260

PA ₃	0.25g ≤ PGA < 0.35g	XPA ₃	0.134
PA ₄	0.10g ≤ PGA < 0.25g	XPA ₄	0.068
PA ₅	PGA < 0.10g	XPA ₅	0.035

Nota: (CENEPRED, 2017) Adaptado de la Norma de diseño sismorresistente E-030. PGA es la aceleración máxima horizontal en suelo rígido, con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. 1 g es igual a 980 cm/s².

Estas matrices darán la información básica para analizar y registrar resultados valorativos sobre el nivel del peligro sísmico en el sistema de agua potable.

Para obtener los resultados del Valor del Fenómeno analizado, se calcula la sumatoria de los productos entre el valor del parámetro y su peso correspondiente.

$$\sum \left[\text{Valor Parámetro } i \text{ (Descriptor)} \right] \times \left[\text{Peso Parámetro } i \right] = \left[\text{Valor del Fenómeno} \right]$$

$$\left[\text{Valor Magnitud} \right] \times \left[\text{Peso Magnitud} \right] + \left[\text{Valor Intensidad} \right] \times \left[\text{Peso Intensidad} \right] + \left[\text{Valor Aceleración} \right] \times \left[\text{Peso Aceleración} \right] = \left[\text{Valor Fenómeno} \right]$$

- Se realiza el análisis de susceptibilidad, con la consideración del factor desencadenante y el factor condicionante.

Se considera como factor desencadenante los fenómenos geológicos.

Tabla 8

Factores desencadenantes y sus descriptores del peligro de sismo.

PARÁMETRO	FENÓMENO GEOLÓGICO		PESO PONDERADO:	1.000
DESCRIPTORES	PG ₁	Colisión de placas tectónicas	XPG ₁	0.503
	PG ₂	Zonas de actividad volcánica	XPG ₂	0.260
	PG ₃	Fallas geológicas	XPG ₃	0.134
	PG ₄	Movimiento en masas	XPG ₄	0.068
	PG ₅	Desprendimiento de grandes bloques (rocas, hielo, etc.)	XPG ₅	0.035

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017)

El valor de factores desencadenantes (FD) se determina de la siguiente forma:

$$\sum \left[\text{Valor Parámetro } i \text{ (Descriptor)} \right] \times \left[\text{Peso Parámetro } i \right] = \left[\text{Valor de Factores Desencadenantes (FD)} \right]$$

$$\left[\text{Valor Geológico} \right] \times \left[\text{Peso Geológico} \right] = \left[\text{Valor de Factores Desencadenantes (FD)} \right]$$

Entre los factores condicionantes se considera la condición del suelo.

Tabla 9

Factores condicionantes y descriptores del peligro de sismo.

PARÁMETRO	CONDICIÓN DEL SUELO		PESO PONDERADO:	1.000
DESCRIPTORES	PC ₁	Rellenos sanitarios	XPC ₁	0.503
	PC ₂	Arena Eólica y/o limo (con agua)	XPC ₂	0.260
	PC ₃	Arena Eólica y/o limo (sin agua)	XPC ₃	0.134
	PC ₄	Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial	XPC ₄	0.068
	PC ₅	Afloramiento rocoso y estratos de grava	XPC ₅	0.035

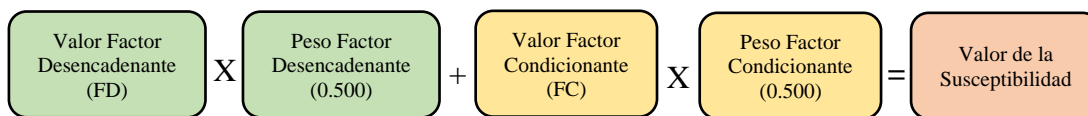
Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017)

El valor de factores condicionantes (FC) se determina de la siguiente forma:

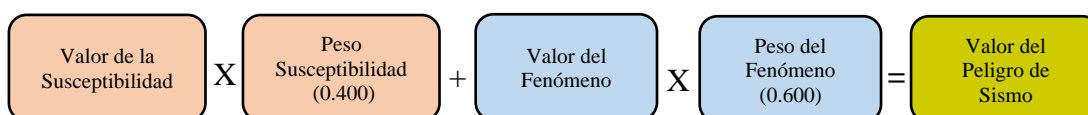
$$\sum \left[\text{Valor Parámetro } i \text{ (Descriptor)} \right] \times \left[\text{Peso Parámetro } i \right] = \left[\text{Valor de Factores Condicionantes (FC)} \right]$$

$$\left[\text{Valor Condición del suelo} \right] \times \left[\text{Peso Condición del suelo} \right] = \left[\text{Valor de Factores Condicionantes (FC)} \right]$$

El valor de la Susceptibilidad se obtiene realizando la suma del producto del valor del Factor Desencadenante y su peso con el valor del Factor Condicionante y su peso respectivo.



- Para obtener el valor de peligro, se debe realizar la suma del producto del valor de la Susceptibilidad y su peso con el valor del fenómeno y su peso respectivo.



- Se define los niveles de peligro y sus respectivos rangos obtenidos a través de un proceso de análisis jerárquico de Saaty, operativizando previamente las ponderaciones de los factores desencadenantes, factores condicionantes y parámetros de evaluación.

Tabla 10

Niveles de peligro de sismo.

NIVELES DE PELIGRO	RANGO (Min < P < Max)	
	Min	Max
Muy alto	0.260 <	≤ 0.503
Alto	0.134 <	≤ 0.260
Medio	0.068 <	≤ 0.134
Bajo	0.035 ≤	≤ 0.068

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017)

Tabla 11*Estratificación del nivel de peligro de sismo*

Rangos	Niveles	Descripción
$0.260 < P \leq 0.503$	Peligro Muy Alto	Terrenos de rellenos sanitarios. Sismo: Mayor a 8.0: Grandes terremotos. Intensidad XI y XII: destrucción total. Aceleración del suelo mayor a 0.45 g.
$0.134 < P \leq 0.260$	Peligro Alto	Terrenos de arena Eólica y/o limo (con agua). Sismo: 6.0 a 7.9: sismo mayor. Intensidad IX y X: Todos los edificios resultan con daños severos. Aceleración del suelo entre 0.35g a 0.45g.
$0.068 < P \leq 0.134$	Peligro Medio	Terrenos de arena Eólica y/o limo (sin agua). Sismo: 4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad. Intensidad VI, VII y VIII: sentido por todos, muebles se desplazan. Aceleración del suelo entre 0.25g a 0.35g
$0.035 \leq P \leq 0.068$	Peligro Bajo	Suelos granulares finos y terrenos de afloramiento rocoso y estratos de grava. Sismo: menor a 4.4: Sentido por mucha gente. Intensidad menor a V, sentido en el interior de viviendas. Aceleración del suelo menor a 0.25g.

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017).

Estimación de la vulnerabilidad al peligro sísmico de la infraestructura de servicios de agua potable

Para la estimación de la vulnerabilidad al peligro sísmico de los componentes de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay, se consideró las pautas de la Guía para la evaluación del riesgo en el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario, del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED- del Perú, considerando además los aportes de la Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel de cantonal (SNGR, 2011), de la Secretaría Nacional de

Gestión de Riesgos del Ecuador. La técnica utilizada fue la de análisis de matrices que vincula variables y establece ponderaciones en la relación.

Dada la extensión del estudio y la escasa información existente, se decidió enfocar el análisis de la vulnerabilidad en las dimensiones física y social. El análisis de vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable ante el peligro sísmico se realizó por componente, siguiendo los pasos siguientes:

- Identificación de los parámetros de cada uno de los factores de la vulnerabilidad, que evidencien la susceptibilidad de la población y estructuras del sector, ante el peligro de sismo, estos parámetros se agrupan en las dimensiones que se consideran en el presente estudio: Física y Social.
- Se consideran para el análisis de vulnerabilidad tres factores: exposición, fragilidad y Resiliencia. En cada uno de estos factores se identifican los parámetros a evaluar en las dimensiones física y social de la vulnerabilidad, para los diversos componentes de la infraestructura del servicio de agua potable de la ciudad de Yungay, que se aprecia en la tabla 12.
- A continuación, se identifican los descriptores de cada uno de los parámetros de los factores de exposición, fragilidad y resiliencia. Se identifican cinco descriptores para hacer posible el establecimiento de los cuatro niveles de vulnerabilidad: bajo, medio, alto y muy alto. Debiendo notar que el peso ponderado varía según la componente analizada.

Tabla 12

Matriz de parámetros de vulnerabilidad para los componentes de la infraestructura del servicio de agua potable

COMPONENTES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE YUNGAY									
DIMENSIONES Y FACTORES	PARÁMETROS DE VULNERABILIDAD	CAPTACIÓN	CANAL DE CONDUCCIÓN	DESARENADOR	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	RESERVORIO 1000 M3	CISTERNA CLORACIÓN 180 M3	RED DISTRIBUCIÓN	CONEXIONES DOMICILIARIAS
FÍSICA									
EXPOSICIÓN	TIPO DE SUELO	X	X	X	X	X	X	X	X
FRAGILIDAD	ESTADO DE CONSERVACIÓN	X	X	X	X	X	X	X	X
	ANTIGÜEDAD	X	X	X	X	X	X	X	X
	PENDIENTE DEL TERRENO	X	X	X	X	X	X	X	
	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	X	X	X		X	X		
	CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL					X			
	CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA					X	X		
	ESTÁNDARES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN					X	X		
	MATERIAL DE LA TUBERÍA					X		X	X
RESILIENCIA	OBRAS DE PROTECCIÓN	X	X	X	X	X	X	X	
	MANTENIMIENTO	X	X	X	X	X	X	X	X
	EQUIPAMIENTO DE ALMACÉN	X	X	X	X	X	X	X	X
SOCIAL									
EXPOSICIÓN	POBLACIÓN SERVIDA PROBABLEMENTE AFECTADA	X	X	X	X	X	X	X	X
FRAGILIDAD	NIVEL DE ORGANIZACIÓN ANTE PELIGRO DE SISMO	X	X	X	X	X	X	X	X
	POBLACIÓN DEBAJO DEL NIVEL DE POBREZA (PP)	X	X	X	X	X	X	X	X
RESILIENCIA	CAPACITACIÓN EN CUIDADO DEL AGUA	X	X	X	X	X	X	X	X
	POBLACIÓN APLICA CONSERVACIÓN DEL SISTEMA	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 13

Parámetros y descriptores de la vulnerabilidad sísmica en la dimensión física por el factor exposición.

PARÁMETRO		TIPO DE SUELO	PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VS ₁	Suelo Tipo V	YVS ₁	0.503
	VS ₂	Suelo Tipo IV	YVS ₂	0.260
	VS ₃	Suelo Tipo III	YVS ₃	0.134
	VS ₄	Suelo Tipo II	YVS ₄	0.068
	VS ₅	Suelo Tipo I	YVS ₅	0.035

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017).

Tabla 14

Parámetros y descriptores de la vulnerabilidad sísmica en la dimensión física por el factor fragilidad

PARÁMETRO		ESTADO DE CONSERVACIÓN	PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VE ₁	Muy malo	YVE ₁	0.503
	VE ₂	Malo	YVE ₂	0.260
	VE ₃	Regular	YVE ₃	0.134
	VE ₄	Bueno	YVE ₄	0.068
	VE ₅	Muy bueno	YVE ₅	0.035
PARÁMETRO		ANTIGÜEDAD	PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VA ₁	Mayor a 40 Años	YVA ₁	0.503
	VA ₂	15 - 40 Años	YVA ₂	0.260
	VA ₃	10 - 15 Años	YVA ₃	0.134
	VA ₄	3 - 10 Años	YVA ₄	0.068
	VA ₅	0 - 3 Años	YVA ₅	0.035
PARÁMETRO		PENDIENTE DEL TERRENO	PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VP ₁	50% < P ≤ 80%	YVP ₁	0.503
	VP ₂	30% < P ≤ 50%	YVP ₂	0.260
	VP ₃	20% < P ≤ 30%	YVP ₃	0.134
	VP ₄	10% < P ≤ 20%	YVP ₄	0.068
	VP ₅	P ≤ 10%	YVP ₅	0.035
PARÁMETRO		MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VC ₁	Mampostería de piedra y ladrillo	YVC ₁	0.503
	VC ₂	Asbesto cemento	YVC ₂	0.260
	VC ₃	Concreto Simple	YVC ₃	0.134

	VC ₄	Concreto Armado	YVC ₄	0.068
	VC ₅	PVC	YVC ₅	0.035
	PARÁMETRO	CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VB ₁	Reservorio elevado soportado con pórtico de concreto armado, menos a 4 columnas	YVB ₁	0.503
	VB ₂	Reservorio elevado soportado con pórtico de concreto armado	YVB ₂	0.260
	VB ₃	Reservorio elevado soportado con fuste de concreto armado	YVB ₃	0.134
	VB ₄	Apoyado	YVB ₄	0.068
	VB ₅	Enterrado	YVB ₅	0.035
	PARÁMETRO	CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA	PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VF ₁	Las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso	YVF ₁	0.503
	VF ₂	Hay deterioro, aunque sin peligro de desplome, acabados e instalaciones con visible desperfecto	YVF ₂	0.260
	VF ₃	Las estructuras no tienen deterioro (en caso de tenerlas no los compromete y es subsanable) acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido a mal uso.	YVF ₃	0.134
	VF ₄	Solo tienen ligeros deterioros en acabados, debido al uso normal	YVF ₄	0.068
	VF ₅	No presenta deterioro alguno	YVF ₅	0.035
	PARÁMETRO	ESTÁNDARES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VD ₁	Visibles defectos en Estructuras	YVD ₁	0.503
	VD ₂	Edificaciones diseñadas antes de 1977	YVD ₂	0.260
	VD ₃	Edificaciones con diseño anterior a Norma E030	YVD ₃	0.134
	VD ₄	Edificaciones con diseño a Norma E030	YVD ₄	0.068
	VD ₅	Edificaciones con diseño posterior a Norma E030	YVD ₅	0.035
	PARÁMETRO	MATERIAL DE LA TUBERÍA	PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VT ₁	Asbesto cemento magnani	YVT ₁	0.503
	VT ₂	Asbesto cemento - Hierro fundido	YVT ₂	0.260
	VT ₃	Acero- Fibra de vidrio	YVT ₃	0.134
	VT ₄	Polietileno - PVC	YVT ₄	0.068
	VT ₅	HDPE	YVT ₅	0.035

Tabla 15

Parámetros y descriptores de la vulnerabilidad sísmica en la dimensión física por el factor resiliencia.

PARÁMETRO		OBRAS DE PROTECCIÓN	PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VO ₁	No cuenta con Obras de protección	YVO ₁	0.503
	VO ₂	Obras de protección deterioradas	YVO ₂	0.260
	VO ₃	Con Obras de protección inconclusas	YVO ₃	0.134
	VO ₄	Con Obras de protección en estado regular	YVO ₄	0.068
	VO ₅	Con Obras de Protección en estado óptimo	YVO ₅	0.035
PARÁMETRO		MANTENIMIENTO	PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VM ₁	Ninguno	YVM ₁	0.503
	VM ₂	Solo correctivo	YVM ₂	0.260
	VM ₃	Preventivo y correctivo con plan de Mitigación y emergencias en implementación.	YVM ₃	0.134
	VM ₄	Preventivo y correctivo según plan de Mitigación y emergencias cumplido parcialmente	YVM ₄	0.068
	VM ₅	Preventivo y correctivo al 100% según plan de Mitigación y emergencias.	YVM ₅	0.035
PARÁMETRO		EQUIPAMIENTO DE ALMACÉN	PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VQ ₁	No cuenta con almacén	YVQ ₁	0.503
	VQ ₂	Almacén cuenta con pocos materiales y no hay equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₂	0.260
	VQ ₃	Almacén cuenta con todos los materiales, pero no hay equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₃	0.134
	VQ ₄	Almacén cuenta con la mayoría de materiales y equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₄	0.068
	VQ ₅	Almacén cuenta con todos los materiales y equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₅	0.035

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017)

Tabla 16

Parámetros y descriptores de la vulnerabilidad sísmica en la dimensión social por el factor exposición

PARÁMETRO		POBLACIÓN SERVIDA PROBABLEMENTE AFECTADA	PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VG ₁	Más del 80% de la población servida	YVG ₁	0.503
	VG ₂	Entre 60 a 80% de la población servida	YVG ₂	0.260
	VG ₃	Entre 10 a 60% de la población servida	YVG ₃	0.134
	VG ₄	Menor al 10% de la población servida	YVG ₄	0.068
	VG ₅	Ninguna	YVG ₅	0.035

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017).

Tabla 17

Parámetros y descriptores de la vulnerabilidad sísmica en la dimensión social por el factor fragilidad

PARÁMETRO	NIVEL DE ORGANIZACIÓN ANTE PELIGRO DE SISMO		PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VN ₁	Nada organizado	YVN ₁	0.503
	VN ₂	Organización en proceso	YVN ₂	0.260
	VN ₃	Poco organizado	YVN ₃	0.134
	VN ₄	Organización promedio	YVN ₄	0.068
	VN ₅	Bien Organizado	YVN ₅	0.035
PARÁMETRO	POBLACIÓN DEBAJO DEL NIVEL DE POBREZA (PP)		PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VH ₁	PP ≥ 40%	YVH ₁	0.503
	VH ₂	30% ≤ PP < 40%	YVH ₂	0.260
	VH ₃	20% ≤ PP < 30%	YVH ₃	0.134
	VH ₄	10% ≤ PP < 20%	YVH ₄	0.068
	VH ₅	PP < 10%	YVH ₅	0.035

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017)

Tabla 18

Parámetros y descriptores de la vulnerabilidad sísmica en la dimensión social por el factor resiliencia

PARÁMETRO	CAPACITACIÓN EN CUIDADO DEL AGUA		PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VJ ₁	La totalidad no recibe ningún tipo de programa de capacitación sobre cuidado del agua	YVJ ₁	0.503
	VJ ₂	Escasa capacitación en temas de cuidado del agua	YVJ ₂	0.260
	VJ ₃	Capacitación con regular frecuencia en temas sobre el cuidado del agua, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	YVJ ₃	0.134
	VJ ₄	Capacitación constante en temas sobre el cuidado del agua, siendo su difusión y cobertura total.	YVJ ₄	0.068
	VJ ₅	Capacitación constante en temas sobre el cuidado del agua, actualizándose y participando en campañas, siendo su difusión y cobertura total.	YVJ ₅	0.035
PARÁMETRO	POBLACIÓN APLICA CONSERVACIÓN DEL SISTEMA		PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	VK ₁	Nunca aplica	YVK ₁	0.503
	VK ₂	Rara vez aplica	YVK ₂	0.260
	VK ₃	Aplica con regularidad	YVK ₃	0.134
	VK ₄	Frecuentemente aplica	YVK ₄	0.068
	VK ₅	Siempre aplica	YVK ₅	0.035

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017).

- Se definen los niveles de importancia para cada parámetro y los descriptores, mediante el proceso del análisis jerárquico, con el fin de establecer los niveles de vulnerabilidad (bajo, medio, alto y muy alto). También, se elabora la matriz de niveles de vulnerabilidad, con sus respectivas descripciones y rangos establecidos.
- Con la información de la exposición, fragilidad y resiliencia, se determina la vulnerabilidad del componente expuesto susceptible del sistema de abastecimiento de agua potable, clasificándose de acuerdo a:
 - Vulnerabilidad Física y
 - Vulnerabilidad Social.

PARA CADA DIMENSIÓN

$$\sum \text{Valor Parámetro } i \text{ (Descriptor)} \times \text{Peso Parámetro } i = \text{Valor Exposición}$$

Factor Exposición

Se obtiene el valor del factor exposición con sus respectivos pesos, de la dimensión Física y de la dimensión Social

$$\sum \text{Valor Parámetro } i \text{ (Descriptor)} \times \text{Peso Parámetro } i = \text{Valor Fragilidad}$$

Factor Fragilidad

Se obtiene el valor del factor fragilidad con sus respectivos pesos, de la dimensión Física y de la dimensión Social

$$\sum \text{Valor Parámetro } i \text{ (Descriptor)} \times \text{Peso Parámetro } i = \text{Valor Resiliencia}$$

Factor Resiliencia

Se obtiene el valor del factor resiliencia con sus respectivos pesos, de la dimensión Física y de la dimensión Social

$$\text{Valor Exposición} \times \text{Peso Exposición} + \text{Valor Fragilidad} \times \text{Peso Fragilidad} + \text{Valor Resiliencia} \times \text{Peso Resiliencia} = \text{Valor de la Dimensión}$$

Una vez realizada la suma de los productos de los factores de la vulnerabilidad con sus respectivos pesos, se obtiene el cálculo del valor de la vulnerabilidad para una Dimensión. Se utiliza el mismo procedimiento para determinar el valor de la vulnerabilidad en las dimensiones Física y Social.

- Con la suma de la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social obtenidas, se obtiene la vulnerabilidad del componente, y a continuación la vulnerabilidad total del sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad.

$$\text{Valor Dimensión Física} \times \text{Peso Dimensión Física} + \text{Valor Dimensión Social} \times \text{Peso Dimensión Social} = \text{Valor Vulnerabilidad}$$

Una vez realizada la suma de los productos de las dimensiones de la vulnerabilidad con sus respectivos pesos, se obtiene el cálculo de la vulnerabilidad.

- Luego se determinan los niveles de vulnerabilidad a partir del análisis de los descriptores evaluados, de mayor a menor. Para la definición de los cuatro niveles de vulnerabilidad, se requiere el análisis de cinco descriptores. Estos cuatro niveles representan los niveles de Vulnerabilidad Muy Alta, Alta, Media y Baja.

Tabla 19

Niveles de la vulnerabilidad

NIVELES DE VULNERABILIDAD	RANGO (Min < V ≤ Max)	
	Min	Max
Muy alta	0.260 <	≤ 0.503
Alta	0.134 <	≤ 0.260
Media	0.068 <	≤ 0.134
Baja	0.035 ≤	≤ 0.068

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017).

- Estratificación de niveles de vulnerabilidad. Se define y describe por cada nivel de Vulnerabilidad de cada parámetro y descriptor de exposición, fragilidad y resiliencia, que fue considerado por cada componente del sistema de abastecimiento de agua potable para el análisis de la vulnerabilidad. Se considera para este estudio la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social.

Tabla 20

Estratificación de la vulnerabilidad

Rangos	Niveles	Descripción
$0.260 < V \leq 0.503$	Vulnerabilidad Muy Alta	Suelo Tipo V. Estado de conservación muy malo. Antigüedad mayor a 40 años. Pendiente del terreno mayor a 50%. Mampostería de piedra y ladrillo. Las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso. Tubería de asbesto cemento. No cuenta con Obras de protección. No tiene mantenimiento. No cuenta con almacén. Se afecta a más del 80% de la población servida y que no está nada organizada. La totalidad no recibe ningún tipo de programa de capacitación sobre cuidado del agua.
$0.134 < V \leq 0.260$	Vulnerabilidad Alta	Suelo Tipo IV. Estado de conservación malo. Antigüedad entre 15 a 40 años. Pendiente del terreno entre 30% a 50%. Asbesto cemento. Hay deterioro, aunque sin peligro de desplome, acabados e instalaciones con visible desperfecto. Tuberías de hierro fundido. Obras de protección deterioradas. Tiene solo mantenimiento correctivo. Almacén cuenta con pocos materiales. Se afecta entre el 60% a 80% de la población servida y que su organización está en proceso. Escasa capacitación en temas de cuidado del agua.
$0.068 < V \leq 0.134$	Vulnerabilidad Media	Suelo Tipo III. Estado de conservación regular. Antigüedad entre 10 a 15 años. Pendiente del terreno entre 20% a 30%. Concreto Simple. Las estructuras no tienen deterioro (en caso de tenerlas no los compromete y es subsanable) acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido a mal uso. Tuberías de acero. Con Obras de protección inconclusas. Mantenimiento preventivo. Almacén tiene materiales, pero no equipos. Tiene plan preventivo y correctivo con plan de Mitigación y emergencias en implementación. Se afecta entre el 10% a 60% de la población servida y que está poco organizada. Capacitación con regular frecuencia en temas sobre el cuidado del agua, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.
$0.035 \leq V \leq 0.068$	Vulnerabilidad Baja	Suelo Tipo II y I. Estado de conservación bueno. Antigüedad menor a 10 años. Pendiente del terreno menor a 20%. Concreto Armado. Solo tienen ligeros deterioros en acabados, debido al uso normal. Tuberías de PVC. Con Obras de Protección en estado óptimo. Tiene plan preventivo y correctivo con plan de Mitigación y emergencias cumplido. Almacén cuenta con materiales y equipos. Se afecta a menos del 10% de la población servida y que está organizada. Capacitación constante en temas sobre el cuidado del agua, actualizándose y participando en campañas, siendo su difusión y cobertura total.

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017).

Riesgo por sismo de la infraestructura de servicio de agua potable

Los niveles de riesgos se obtienen de multiplicar los niveles de peligro con los correspondientes niveles de vulnerabilidad del componente de abastecimiento de agua potable.

La matriz de riesgos se logra al relacionar los niveles de peligro y los niveles de vulnerabilidad.

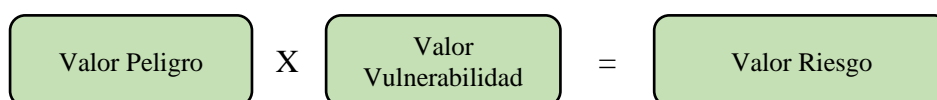


Tabla 21

Rangos para los niveles de riesgo

NIVEL DE RIESGO	RANGO (Min < R ≤ Max)	
	Min	Max
Muy alto	0.068 <	≤ 0.253
Alto	0.018 <	≤ 0.068
Medio	0.005 <	≤ 0.018
Bajo	0.001 ≤	≤ 0.005

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017)

Tabla 22

Estratificación del riesgo

Rangos	Niveles	Descripción
$0.068 < R \leq 0.253$	Riesgo Muy Alto	<p>Terrenos de rellenos sanitarios. Sismo: Mayor a 8.0: Grandes terremotos. Intensidad XI y XII: destrucción total. Aceleración del suelo mayor a 0.45 g. Suelo Tipo V. Estado de conservación muy malo. Antigüedad mayor a 40 años. Pendiente del terreno mayor a 50%. Mampostería de piedra y ladrillo. Las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso. Tubería de asbesto cemento. No cuenta con Obras de protección. No tiene mantenimiento. No cuenta con almacén. Se afecta a más del 80% de la población servida y que no está nada organizada. La totalidad no recibe ningún tipo de programa de capacitación sobre cuidado del agua.</p>
$0.018 < R \leq 0.068$	Riesgo Alto	<p>Terrenos de arena Eólica y/o limo (con agua). Sismo: 6.0 a 7.9: sismo mayor. Intensidad IX y X: Todos los edificios resultan con daños severos. Aceleración del suelo entre 0.35g a 0.45g. Suelo Tipo IV. Estado de conservación malo. Antigüedad entre 15 a 40 años. Pendiente del terreno entre 30% a 50%. Asbesto cemento. Hay deterioro, aunque sin peligro de desplome, acabados e instalaciones con visible desperfecto. Tuberías de hierro fundido. Obras de protección deterioradas. Tiene solo mantenimiento correctivo. Almacén cuenta con pocos materiales. Se afecta entre el 60% a 80% de la población servida y que su organización está en proceso. Escasa capacitación en temas de cuidado del agua.</p>
$0.005 < R \leq 0.018$	Riesgo Medio	<p>Terrenos de arena Eólica y/o limo (sin agua). Sismo: 4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad. Intensidad VI, VII y VIII: sentido por todos, muebles se desplazan. Aceleración del suelo entre 0.25g a 0.35g. Suelo Tipo III. Estado de conservación regular. Antigüedad entre 10 a 15 años. Pendiente del terreno entre 20% a 30%. Concreto Simple. Las estructuras no tienen deterioro (en caso de tenerlas no los compromete y es subsanable) acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido a mal uso. Tuberías de acero. Con Obras de protección inconclusas. Mantenimiento preventivo. Almacén tiene materiales, pero no equipos. Tiene plan preventivo y correctivo con plan de Mitigación y emergencias en implementación. Se afecta entre el 10% a 60% de la población servida y que está poco</p>

	organizada. Capacitación con regular frecuencia en temas sobre el cuidado del agua, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.
$0.001 \leq R \leq 0.005$ Riesgo Bajo	Suelos granulares finos y terrenos de afloramiento rocoso y estratos de grava. Sismo: menor a 4.4: Sentido por mucha gente. Intensidad menor a V, sentido en el interior de viviendas. Aceleración del suelo menor a 0.25g. Suelo Tipo II y I. Estado de conservación bueno. Antigüedad menor a 10 años. Pendiente del terreno menor a 20%. Concreto Armado. Solo tienen ligeros deterioros en acabados, debido al uso normal. Tuberías de PVC. Con Obras de Protección en estado óptimo. Tiene plan preventivo y correctivo con plan de Mitigación y emergencias cumplido. Almacén cuenta con materiales y equipos. Se afecta a menos del 10% de la población servida y que está organizada. Capacitación constante en temas sobre el cuidado del agua, actualizándose y participando en campañas, siendo su difusión y cobertura total.

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017)

Tabla 23

Matriz de riesgo

PMA	0.503	0.034	0.067	0.131	0.253
PA	0.260	0.018	0.035	0.068	0.131
PM	0.134	0.009	0.018	0.035	0.067
PB	0.068	0.005	0.009	0.018	0.034
		0.068	0.134	0.260	0.503
		VB	VM	VA	VMA

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017).

Finalmente se identificó los componentes más vulnerables y críticos del sistema.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de Resultados

Descripción general del sistema de agua potable de Yungay

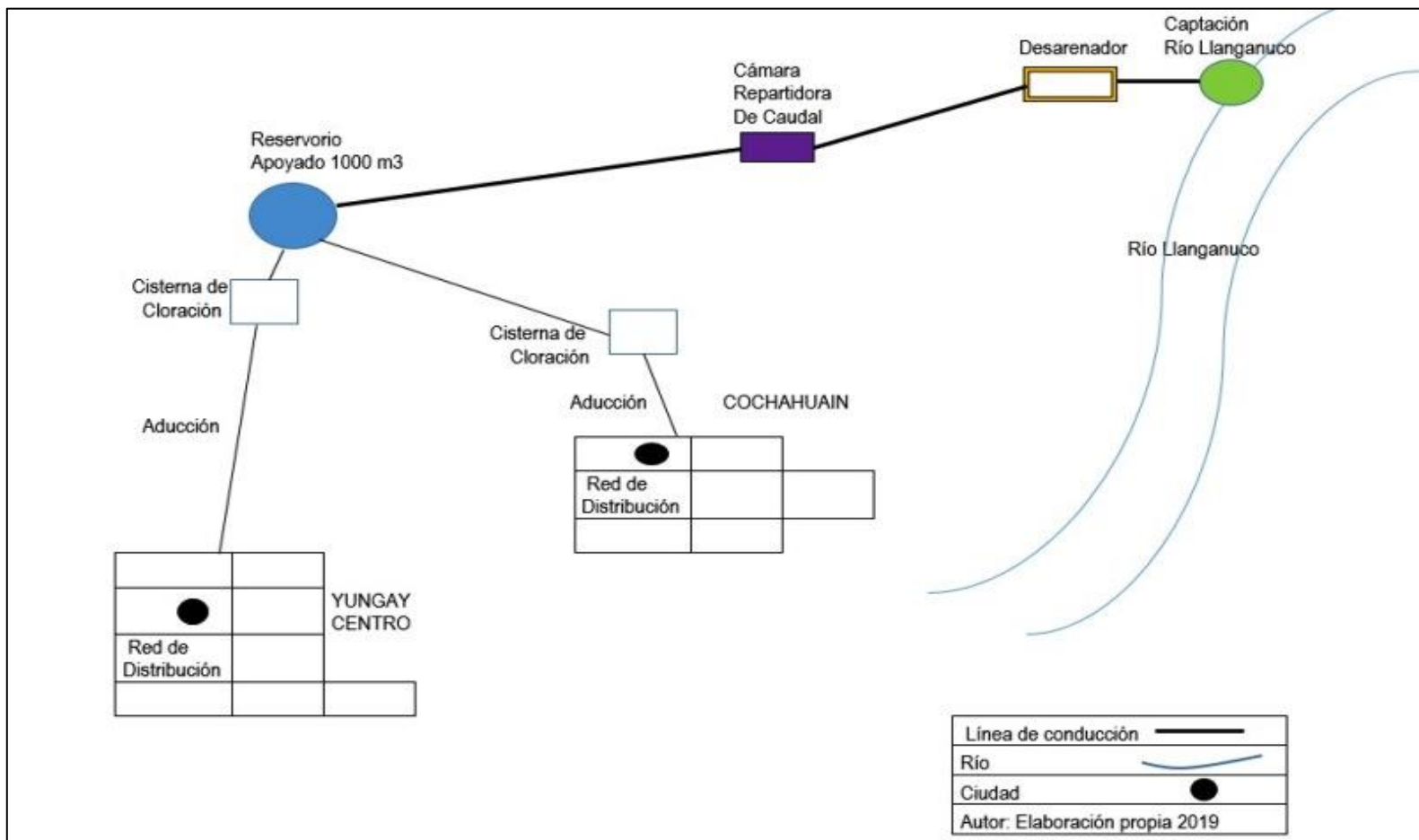
Una descripción del sistema de agua potable de la ciudad de Yungay se muestra en la figura 10. El servicio de agua potable de Yungay está bajo la administración de la Municipalidad Provincial de Yungay, a través de su Área Técnica Municipal (ATM), que es la unidad operativa que se encarga de la operación y mantenimiento del sistema de agua, así como de la facturación y cobranza.

La infraestructura de agua está constituida por una captación superficial en el río Llanganuco o Ranrahirca, ubicado en la Quebrada Llanganuco, el agua se conduce por gravedad mediante un canal de concreto y tubería de 8" hasta una cámara repartidora de caudal, luego es conducido por tuberías de 6" hasta un reservorio de 1000 m³, y posteriormente es derivado a dos casetas de cloración de 180 m³ (Yungay y Cochahuain) para que después ser conducido a la ciudad por la línea de aducción con tuberías de 4" y tuberías de 2" en las redes de distribución. Al inicio de esta línea existe una unidad de tratamiento consistente en un desarenador.

Existen en la actualidad 1,851 conexiones domiciliarias. No cuenta con medidores en las conexiones domiciliarias, pero si está proyectada la medición total con medidores debido al consumo excesivo.

Figura 10

Esquema simplificado del sistema de agua potable de la ciudad de Yungay



A continuación, se describe todos los elementos del sistema en una tabla, con información que permita identificar los riesgos.

Tabla 24

Características de la infraestructura del sistema de agua potable de Yungay, 2018

Descripción del Sistema y sus Componentes

El sistema

El ámbito en estudio es la ciudad de Yungay, que comprende adicionalmente el sector de Cochahuaín. Ambas zonas poblacionales, en cuanto a los servicios de agua potable, hacen uso de la misma fuente de abastecimiento, pero sus sistemas de almacenamiento y distribución son diferentes. El servicio de abastecimiento de agua potable es administrado por el Área Técnica Municipal de la Municipalidad Provincial de Yungay.

Captación

Captación del río Llanganuco, del cual capta 52.60 l/s, mediante una estructura de barrage fijo construida en el ramal derecho del señalado río. La toma se realiza por una ventana rectangular lateral desde la cual se conduce el agua por un canal rectangular de concreto armado hasta la cámara de distribución, y de ahí hacia un desarenador.

La captación río Llanganuco, fue construida en el año de 1972, conjuntamente con la línea de concreto y PVC de 8” y 6”. El desarenador antiguo tiene 47 años. El agua superficial no es tratada apropiadamente dado que sólo funciona un desarenador.

Un aspecto importante de ser mencionado es el riesgo de las aguas del río Llanganuco, en cuanto a su servicio, dado que por donde recorre el sistema, los lugares están expuestos a diferentes peligros, asimismo cuando llueve su turbiedad se eleva a niveles muy altos que son difíciles de tratar y, también, las aguas de escorrentía superficial por la cuenca arrastran una serie de residuos de elementos químicos que se son empleados de una forma indiscriminada por los pobladores para el cultivo de algunos productos agrícolas, hecho que todavía no es controlado por las autoridades de manejo ambiental.

Figura 11

Vista parcial del río Llanganuco



Figura 12

Captación en el río Llanganuco.



Conducción

Líneas de Conducción entre la Captación río Llanganuco – Desarenador.

Conducción de agua cruda. Esta se realiza a través de un canal de concreto armado de 0.40 x 0.50 m de sección, con una longitud de 36 m. Tiene capacidad superior a los 270 l/s, pero aproximadamente capta 52.60 l/s. Este canal se

construyó simultáneamente con la captación y la nueva línea de conducción, hace 47 años. El canal no es tapado y por lo tanto está expuesto a la contaminación que ejercen las lluvias y los derrumbes y deslizamientos que se registran en la zona.

Figura 13

Canal de conducción desde la captación hasta el desarenador.



Conducción

Línea de conducción entre Desarenador – Cámara repartidora de caudal.

La línea de conducción anterior desemboca en el Desarenador. Esta estructura es de forma rectangular. De esta estructura el agua se conduce por una línea de tubería de PVC de 8” hasta una cámara repartidora de caudal, en una longitud aproximada de 5 km.

Figura 14

Línea de conducción con tubería PVC de 8”.



Conducción.

Línea de conducción entre Cámara repartidora de caudal – Reservoirio apoyado de 1000 m³.

Lo conforma una línea con tubería de PVC de 8” y 6” desde la cámara repartidora de caudal hasta el reservorio apoyado de 1000 m³, este es el tramo de mayor longitud, siendo aproximadamente de 20 km.

Esta línea en teoría conduce agua sin tratar hasta el reservorio apoyado. El caudal real que, en promedio, se entrega a la planta es de 45 l/s.

Almacenamiento. Reservoirio apoyado de 1000 m³.

Este reservorio de almacenamiento de concreto armado es apoyado, de sección circular, de 20 m de diámetro interior y tiene un tirante útil de 2.90 m. Su cota de fondo es de 2,490.95 msnm y su volumen total es de 4,245 m³. En alguna oportunidad antes de su rehabilitación, el reservorio ha funcionado con un tirante menor, dado que se presentaban algunas filtraciones en la pared de la cuba. También, se ha detectado que ha sufrido cierto asentamiento diferencial en su cimentación lo cual ha exige una evaluación más detallada y rigurosa de su estructura.

Figura 15

Reservorio circular apoyado de 1000 m³.



Sus instalaciones hidráulicas son las convencionales, es decir, cuenta con tuberías de rebose de 8", limpieza de 8" y de aducción de PVC 6". Las tuberías de aducción no cuentan con ningún sistema de macromedición de caudales, las mismas que son conducidas desde el reservorio hasta dos casetas de cloración ubicadas en la cabecera de la ciudad de Yungay y la otra en el sector de Cochahuain.

Cisternas de Cloración de 180 m³.

Estas cisternas de cloración también son apoyadas, de sección rectangular, de muros de albañilería, sus dimensiones interiores son: 10.00 x 6.00 x 3.00 m.

Su estado de conservación actual es regular y por su conformación estructural presentan un alto grado de vulnerabilidad dado que este tipo de estructura debe ser estable estructuralmente y la albañilería no le proporciona esta estabilidad.

La función de estas dos cisternas es la de almacenar el agua clorada, una de ellas se ubica en la cabecera de la ciudad de Yungay y la otra en la parte alta del sector de Cochahuain, para luego ser conducidos por la línea de aducción.

Distribución

Existen dos sistemas de distribución, la principal que corresponde a la ciudad de Yungay y la otra que abastece al sector de Cochahuain, ambas forman parte de

la administración de la Municipalidad Provincial de Yungay, a través del Área Técnica Municipal (ATM).

La distribución se da desde las cisternas de cloración hasta las redes de distribución con tuberías de cemento de asbesto de 6”.

Red de Distribución de Agua

La red de la ciudad está conformada por tuberías muy antiguas de cemento asbesto y las más recientes de PVC de 4” y 3”.

No existe un Catastro Técnico de las redes, la información se ha obtenido del operador de redes. De dicha información, el número de conexiones de agua, en total, es de 1,851.

Figura 16

Tubería antigua de cemento de asbesto.



Conexiones Domiciliarias

En total existen 1,851 conexiones domiciliarias de agua, la misma que en algunas zonas no se encuentran instaladas correctamente; asimismo, también se presentan conexiones clandestinas que no se ha podido determinar la cantidad exacta.

Figura 17

Tubería de PVC instalada inadecuadamente



Caracterización del peligro

Factor desencadenante

Como factor desencadenante de los sismos se identificó en el Marco Teórico a los fenómenos geológicos, y como indica el CENEPRED (2017), el Perú está sometido a un proceso de subducción, la cual se produce debido a que la placa de Nazca (placa oceánica) se desplaza hacia el este introduciéndose por debajo de la placa sudamericana, que se desplaza hacia el oeste, lo cual causa la presencia y reactivación de fallas geológicas, actividad volcánica y alta sismicidad.

Por esta razón se establece como descriptor la “Colisión de placas tectónicas” del factor desencadenante, que se caracteriza con el valor de 0.503, según la tabla siguiente.

Tabla 25

Selección del descriptor para el Factor desencadenante del peligro de sismo.

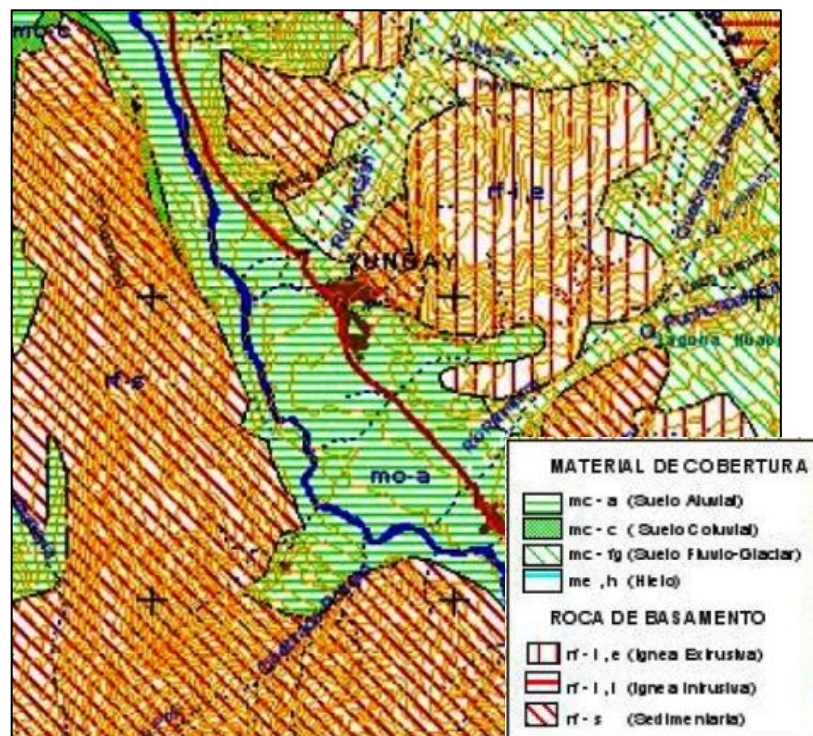
PARÁMETRO	FENÓMENO GEOLÓGICO	PESO PONDERADO:	1.000	
DESCRIPTORES	PG1	Colisión de placas tectónicas	XPG1	0.503
	PG2	Zonas de actividad volcánica	XPG2	0.260
	PG3	Fallas geológicas	XPG3	0.134
	PG4	Movimiento en masas	XPG4	0.068
	PG5	Desprendimiento de grandes bloques (rocas, hielo, etc.)	XPG5	0.035

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017).

Factor condicionante

Entre los factores condicionantes se considera la condición del suelo, que para el caso de la zona del distrito de Yungay (INDECI, 2005) corresponde a suelos granulares.

Figura 18. Mapa litológico Estructural de la zona de Yungay.



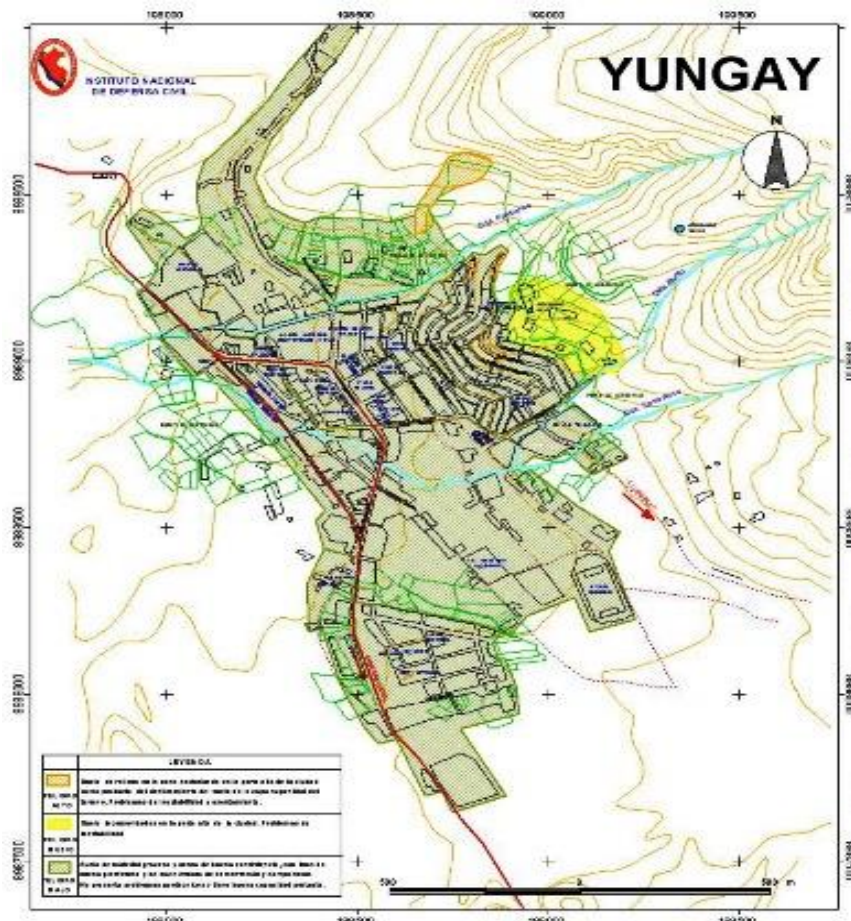
Nota: Grafico extraída de INDECI (2005).

Lo suelos en la zona del distrito de Yungay se caracterizan por constituir rocas de origen ígneo, de naturaleza tufásea y otros sectores de rocas sedimentarias constituidas por cuarcitas y areniscas. En la parte baja y cercana al rio Santa el suelo es de característica aluvial de consistencia areno/arcilloso.

Por estas consideraciones se establece como descriptor de la condición del suelo en la zona de estudio, el de “Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial”, al que se le asigna un valor de 0.068.

Figura 19

Mapa Geotécnico de Yungay



Nota: Grafico extraído de INDECI (2005).

Tabla 26*Selección del descriptor para el Factor condicionante del peligro de sismo*

PARÁMETRO	CONDICIÓN DEL SUELO	PESO PONDERADO:	1.000	
DESCRIPTORES	PC ₁	Rellenos sanitarios	XPC ₁	0.503
	PC ₂	Arena Eólica y/o limo (con agua)	XPC ₂	0.260
	PC ₃	Arena Eólica y/o limo (sin agua)	XPC ₃	0.134
	PC ₄	Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial	XPC ₄	0.068
	PC ₅	Afloramiento rocoso y estratos de grava	XPC ₅	0.035

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017).**Parámetros de evaluación del fenómeno**

Los parámetros evaluados son magnitud del sismo, intensidad y aceleración máxima del suelo (CENEPRED, 2017).

A) Magnitud de sismo

En la tabla siguiente del Centro Nacional de Sismología, se contabilizan los terremotos ocurridos en el Perú los últimos 80 años y que muestra la permanente amenaza de este fenómeno.

Tabla 27*Terremotos en el Perú 1921 – 2001*

FECHA	HORA UTC	LATITUD GMT	LONGITUD GMT	PROFUNDIDAD KM	MAGNITUD INTENSITY RICHTER MAXIMUN
1921/12/18	152935.0	-04.11	-72.04	630.0	7.5
1922/10/11	144950.0	-16.00	-72.50	50.0	7.6
1928/05/14	221446.0	-05.19	-78.34	30.0	6.2
1932/06/25	023141.0	-06.50	-81.50	0.0	6.4
1940/05/24	163357.0	-11.22	-77.79	50.0	6.6
1941/09/18	131409.0	-13.67	-71.96	100.0	7.0
1942/08/24	225027.0	-15.55	-74.74	70.0	6.7
1943/02/16	072835.0	-15.00	-72.00	190.0	6.0
1946/09/30	005940.0	-14.33	-76.66	50.0	6.0
1946/11/10	174253.0	-08.47	-77.86	15.0	6.9
1947/11/01	145853.0	-11.26	-75.09	100.0	6.2

1948/05/11	085541.0	-17.50	-70.25	70.0	7.4
1948/05/28	053616.0	-13.00	-76.50	60.0	6.0
1948/07/20	110217.0	-16.24	-74.24	30.0	6.1
1949/04/25	135459.0	-19.75	-69.00	0.0	6.4
1950/06/07	165234.0	-04.90	-76.74	150.0	6.2
1950/12/09	213848.0	-23.50	-67.50	100.0	7.0
1950/12/10	025042.0	-14.25	-75.75	80.0	7.1
1953/12/12	173125.0	-03.88	-80.45	30.0	6.7
1956/01/08	205413.0	-19.00	-70.00	11.0	6.3
1958/01/15	191429.0	-16.50	-72.00	60.0	7.0
1958/07/26	173709.0	-13.50	-69.50	630.0	6.9
1959/01/26	205850.0	-04.50	-82.50	33.0	6.0
1959/02/07	093654.0	-04.21	-81.11	40.0	6.2
1959/02/11	195705.0	-04.00	-82.50	33.0	6.4
1959/07/19	150610.0	-15.00	-70.50	200.0	7.1
1960/01/13	154034.0	-16.15	-72.14	60.0	6.2
1960/01/15	093024.0	-15.00	-75.00	70.0	6.9
1960/07/04	080207.0	-08.00	-71.00	600.0	6.1
1960/09/24	135833.0	-03.00	-75.90	146.0	6.3
1961/04/27	175214.0	-13.20	-75.10	83.0	6.1
1961/08/19	050949.0	-10.80	-71.00	649.0	6.0
1961/08/31	014839.0	-10.40	-70.70	605.0	6.9
1961/08/31	015708.0	-10.50	-70.70	629.0	7.3
1962/04/18	191437.2	-10.00	-79.00	39.0	6.7
1963/04/13	022057.9	-06.20	-76.50	125.0	6.1
1963/08/15	172505.9	-13.80	-69.30	543.0	7.3
1963/08/29	153031.4	-07.10	-81.60	23.0	7.0
1963/09/17	055435.8	-10.78	-78.27	61.0	6.7
1963/09/24	163016.0	-10.75	-78.24	80.0	6.0
1963/11/03	031012.0	-03.50	-77.80	18.0	6.0
1964/01/26	090935.3	-16.36	-71.62	116.0	6.1
1966/10/17	214157.6	-10.83	-78.65	37.0	6.4
1967/02/15	161112.8	-09.12	-71.30	600.0	6.1
1967/09/03	210732.0	-10.63	-79.68	35.0	6.2
1968/06/19	081334.6	-05.57	-77.13	16.0	6.2
1970/05/31	202331.8	-09.27	-78.84	71.0	6.4
1970/05/31	204552.7	-10.04	-78.48	50.0	6.0
1970/07/31	170806.0	-01.50	-72.54	644.0	6.5
1970/12/10	043439.4	-04.06	-80.66	20.0	6.3
1971/07/27	020246.1	-02.87	-77.32	94.0	6.4
1972/03/20	073348.2	-06.80	-76.80	36.0	6.1
1974/01/05	083351.1	-12.39	-76.29	91.0	6.1
1974/10/03	142134.3	-12.28	-77.54	21.0	6.2
1974/11/09	125954.6	-12.52	-77.59	12.0	6.0
1974/12/05	115732.6	-07.72	-74.41	160.0	6.0
1975/03/18	172125.8	-04.35	-77.02	111.0	6.2
1976/04/09	070850.5	-00.80	-79.58	16.0	6.0
1977/12/31	075317.2	-15.42	-71.71	143.0	6.0
1979/02/16	100854.2	-16.58	-72.57	52.0	6.2
1980/05/26	184143.0	-19.49	-69.28	103.0	6.0
1982/03/28	232451.3	-12.77	-75.98	88.0	6.0
1982/11/19	042714.0	-10.61	-74.69	14.0	6.3
1982/11/19	042714.5	-10.03	-74.04	60.0	6.0
1983/04/12	120754.4	-04.84	-78.09	102.0	6.4
1985/08/21	112627.5	-09.16	-78.88	45.0	6.1

1985/08/21	112621.6	-09.53	-79.32	85.0	6.1
1986/11/23	013921.9	-03.37	-77.41	88.0	6.3
1986/11/23	013948.4	-03.57	-77.64	106.0	6.4
1987/08/13	152307.1	-17.90	-70.95	39.0	6.1
1988/04/12	231955.4	-17.21	-72.25	33.0	6.1
1989/05/05	182840.2	-08.24	-71.41	604.0	6.4
1989/05/05	182839.4	-08.28	-71.38	593.0	6.4
1989/11/29	010015.3	-15.81	-73.24	71.0	6.1
1990/05/30	023437.7	-06.03	-77.26	33.0	6.2
1990/10/17	143013.1	-10.97	-70.78	599.0	6.7
1991/04/04	152322.0	-06.09	-76.91	21.0	6.0
1991/04/04	152320.7	-06.04	-77.13	21.0	6.0
1991/04/05	041945.6	-05.95	-76.90	20.0	6.5
1991/04/05	041949.5	-05.98	-77.09	20.0	6.5
1991/05/24	205052.0	-17.05	-71.03	159.0	6.3
1991/05/24	205055.8	-16.51	-70.70	128.0	6.3
1991/07/06	121945.7	-13.60	-72.40	148.0	6.3
1992/07/13	181127.7	-04.04	-76.64	90.0	6.0
1992/07/13	181134.0	-03.92	-76.63	100.0	6.2
1994/01/10	155329.5	-10.87	-67.24	650.0	6.0
1994/05/10	014909.9	-19.79	-71.00	36.0	6.2
1994/05/10	063905.8	-17.10	-74.13	43.0	6.1
1994/06/09	003307.5	-11.16	-66.92	620.0	7.7
1995/05/ 2	060619.1	-04.78	-77.00	151.0	6.2
1996/02/21	125055.0	-09.85	-80.54	164.0	6.5
1996/02/21	125055.4	-09.83	-80.28	18.0	6.2
1996/11/12	165937.8	-15.31	-76.05	14.0	6.4
1997/10/28	061517.7	-04.33	-76.88	36.0	6.2
1998/04/03	220138.3	-08.00	-74.08	231.0	6.2
1998/10/08	045141.4	-16.23 -	71.86	140.0	6.0
1999/01/25	181858.5	-05.62	-74.48	64.0	6.1
1999/04/03	061717.1	-16.60	-72.82	93.0	6.0
2001/06/23	153314	-16.26	-73.64	89.0	8.4

Nota: Tabla extraída del Centro Nacional de Sismología

Entre los sismos más fuertes y el más informado por su magnitud, y cercano a la zona de estudio, se tiene al terremoto del 31 de mayo de 1970. Este terremoto se sintió en toda la costa peruana y su sierra central, y los efectos más devastadores se dieron lugar en el Callejón de Huaylas, Departamento de Ancash. El terremoto y aluvión, conocido localmente como el terremoto del 70, fue un sismo de magnitud 7,9 en la escala sismológica de magnitud de momento, según el Instituto Geofísico del Perú, y alcanzó una intensidad máxima de grado VIII en la escala de Mercalli Modificada entre

Chimbote, Casma y el Callejón de Huaylas. El terremoto fue seguido de un aluvión que sepultó la ciudad de Yungay y Ranrahirca, el domingo 31 de mayo de 1970, a las 3:23 p.m. Su epicentro fue localizado a 44 kilómetros al suroeste de la ciudad de Chimbote, en el Océano Pacífico, a una profundidad de 64 kilómetros.

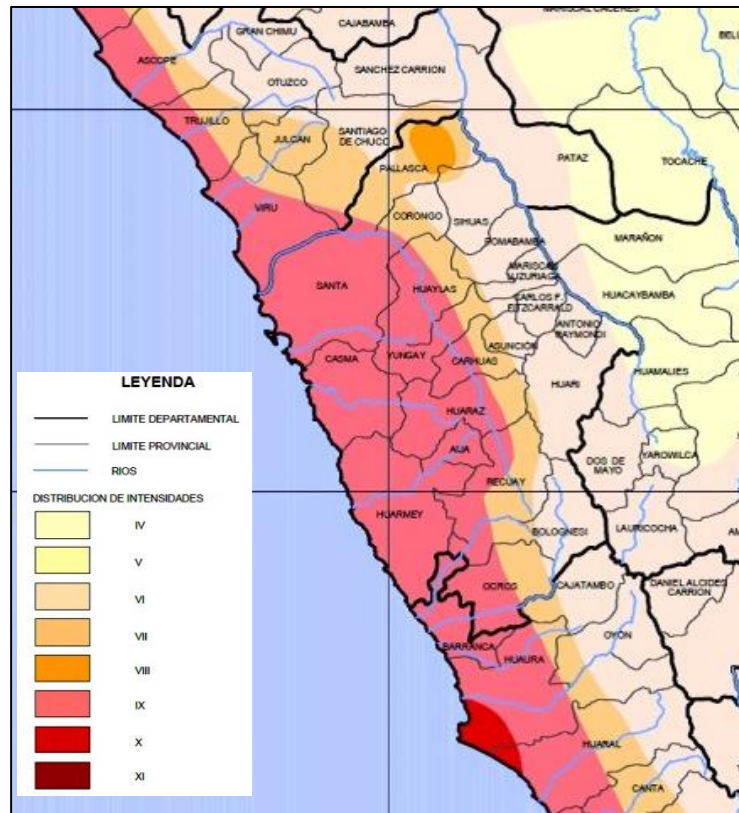
La historia sísmica referida, nos sirve de fundamento para establecer como descriptor para la Magnitud del sismo, el ocurrido el 31 de mayo de 1970 con 7.9 en la escala de magnitud de momento, que corresponde con “6.0 a 7.9: sismo mayor” correspondiéndole un valor de 0.260, en la tabla 29.

B) Intensidad de sismo

En la Figura 20 se aprecia el mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas en la zona de estudio (PCM, 2003). Se puede destacar que la provincia de Yungay registra intensidades de VII y IX (MM).

Figura 20

Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas – Perú



Nota: gráfico extraído de PCM (2003)

Según la historia sísmica referida, se puede establecer como descriptor para la Intensidad del sismo “IX y X (MM): Todos los edificios resultan con daños severos...”, correspondiéndole un valor de 0.260, en la tabla 29.

C) Aceleración máxima del suelo

La provincia de Yungay, distrito de Yungay se ubica en la zona sísmica 3, según la Norma E-30 (MVCS, 2018), como se aprecia en la Tabla 28, correspondiéndole una aceleración del terreno de 0.35g, y calza en el descriptor “0.35g ≤PGA<0.45g” por lo que le corresponde un valor de 0.260 en la tabla 29.

Tabla 28

Zonificación sísmica para la provincia de Yungay.

Región	Provincia	Distrito	Zona Sísmica
Ancash	Yungay	Cascapara	3
		Mancos	3
		Matacoto	3
		Quillo	3
		Ranrahirca	3
		Shupluy	3
		Yanama	3
		Yungay	3

Nota: Tabla extraída de (MVCS, 2018).

Finalmente, los descriptores determinados para los parámetros de magnitud, intensidad y aceleración máxima del suelo se muestran a continuación en la Tabla 29, considerando:

Magnitud del sismo: Entre 6.0 a 7.9: sismo mayor

Intensidad del sismo: Entre IX y X, en la escala de Mercalli.

Aceleración máxima del suelo: $0.35g \leq PGA < 0.45g$.

Tabla 29

Selección de descriptores de los parámetros de evaluación del Fenómeno de sismo

PARÁMETRO		MAGNITUD DEL SISMO	PESO PONDERADO	0.283
DESCRIPTORES	PM ₁	Mayor a 8.0: Grandes terremotos	XPM ₁	0.503
	PM ₂	6.0 a 7.9: sismo mayor	XPM ₂	0.260
	PM ₃	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	XPM ₃	0.134
	PM ₄	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	XPM ₄	0.068
	PM ₅	Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado por sismógrafos	XPM ₅	0.035
PARÁMETRO		INTENSIDAD DEL SISMO	PESO PONDERADO	0.643
DESCRIPTORES	PI ₁	XI y XII. Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire.	XPI ₁	0.503
	PI ₂	IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado.	XPI ₂	0.260
	PI ₃	VI, VII y VIII. Sentido por todos, muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.	XPI ₃	0.134
	PI ₄	III, IV y V. Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean.	XPI ₄	0.068
	PI ₅	I y II. Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuantas personas.	XPI ₅	0.035
PARÁMETRO		ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO (PGA EN GALES G)	PESO PONDERADO	0.074
DESCRIPTORES	PA ₁	PGA ≥ 0.45g	XPA ₁	0.503
	PA ₂	0.35g ≤ PGA < 0.45g	XPA ₂	0.260
	PA ₃	0.25g ≤ PGA < 0.35g	XPA ₃	0.134
	PA ₄	0.10g ≤ PGA < 0.25g	XPA ₄	0.068
	PA ₅	PGA < 0.10g	XPA ₅	0.035

Nota: Tabla extraída de (CENEPRED, 2017) Adaptado de la Norma de diseño sismorresistente E-030. PGA es la aceleración máxima horizontal en suelo rígido, con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. 1 g es igual a 980 cm/s²

Después de analizar la información recopilada para los sismos se tiene el siguiente cálculo:

- ✓ Valor factor desencadenante: $0.503 \times 1.000 = 0.503$
- ✓ Valor factor condicionante: $0.068 \times 1.000 = 0.068$
- ✓ Valor Susceptibilidad: $(0.503 \times 0.500) + (0.068 \times 0.500) = 0.2855$

- ✓ Valor del parámetro de evaluación:

$$(0.260 \times 0.283) + (0.260 \times 0.643) + (0.260 \times 0.074) = 0.260$$

- ✓ Valor del peligro de sismo:

$$(0.2855 \times 0.400) + (0.260 \times 0.600) = 0.270$$

- ✓ El valor de 0.270 se ubica en el rango de $0.260 < P \leq 0.503$ (Peligro Muy Alto), lo que indica que debemos suponer que el peligro de sismo es muy alto en el ámbito de Provincia de Yungay, Distrito de Yungay y por ende en el ámbito del proyecto.

D) Vulnerabilidad del sistema

La estimación realizada de la vulnerabilidad al peligro de sismo, de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad Yungay en el año 2018, se realizó para las dimensiones física y social, considerando los factores de la vulnerabilidad referidos a la exposición, fragilidad y resiliencia, según las características de las estructuras y con el llenado de la información de las tablas 13 a la 18. La vulnerabilidad se obtuvo considerando los valores de las dimensiones física y social, o vulnerabilidad física y vulnerabilidad social.

Se obtiene la vulnerabilidad para cada uno de los componentes del sistema de agua potable, lo que se muestra en la tabla 30. Para la línea de conducción se ha realizado la estimación para 25 tramos, cada uno de un kilómetro de distancia, y lo que se presenta en esta tabla es el promedio de todos estos tramos.

Tabla 30

Valores de vulnerabilidad sísmica de los componentes del sistema de agua potable

	CAPTACIÓN	CANAL DE CONDUCCIÓN	DESARENADOR	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	RESERVORIO 1000 M3	CISTERNA CLORACIÓN 180 M3		RED DISTRIBUCIÓN		CONEXIONES DOMICILIARIAS	
						Yungay	Cochahuain	Yungay	Cochahuain	Yungay	Cochahuain
VULNERABILIDAD FÍSICA	0.226 ALTA	0.234 ALTA	0.212 ALTA	0.269 MUY ALTA	0.108 MEDIA	0.126 MEDIA	0.132 MEDIA	0.218 ALTA	0.257 ALTA	0.164 ALTA	0.236 ALTA
EXPOSICIÓN FÍSICA	0.134 MEDIA	0.134 MEDIA	0.134 MEDIA	0.134 MEDIA	0.134 MEDIA	0.134 MEDIA	0.260 ALTA	0.068 BAJA	0.260 ALTA	0.068 BAJA	0.260 ALTA
FRAGILIDAD FÍSICA	0.193 ALTA	0.210 ALTA	0.166 ALTA	0.202 ALTA	0.085 MEDIA	0.099 MEDIA	0.088 MEDIA	0.164 ALTA	0.193 ALTA	0.131 MEDIA	0.212 ALTA
RESILIENCIA FÍSICA	0.299 MUY ALTA	0.299 MUY ALTA	0.299 MUY ALTA	0.403 MUY ALTA	0.154 ALTA	0.176 ALTA	0.176 ALTA	0.341 MUY ALTA	0.341 MUY ALTA	0.260 ALTA	0.260 ALTA
VULNERABILIDAD SOCIAL	0.267 MUY ALTA	0.144 ALTA	0.144 ALTA	0.205 ALTA	0.144 ALTA	0.122 MEDIA	0.122 MEDIA	0.122 MEDIA	0.122 MEDIA	0.143 ALTA	0.143 ALTA
EXPOSICIÓN SOCIAL	0.503 MUY ALTA	0.134 MEDIA	0.134 MEDIA	0.318 MUY ALTA	0.134 MEDIA	0.068 BAJA	0.068 BAJA	0.068 BAJA	0.068 BAJA	0.068 BAJA	0.068 BAJA
FRAGILIDAD SOCIAL	0.164 ALTA	0.164 ALTA	0.164 ALTA	0.164 ALTA	0.164 ALTA	0.164 ALTA	0.164 ALTA	0.164 ALTA	0.164 ALTA	0.164 ALTA	0.164 ALTA
RESILIENCIA SOCIAL	0.134 MEDIA	0.134 MEDIA	0.134 MEDIA	0.134 MEDIA	0.134 MEDIA	0.134 MEDIA	0.134 MEDIA	0.134 MEDIA	0.134 MEDIA	0.197 ALTA	0.197 ALTA
VALOR DE LA VULNERABILIDAD	0.238 ALTA	0.207 ALTA	0.191 ALTA	0.250 ALTA	0.119 MEDIA	0.125 MEDIA	0.129 MEDIA	0.189 ALTA	0.216 ALTA	0.157 ALTA	0.208 ALTA



Gran parte de los componentes presentan vulnerabilidad alta, a excepción del reservorio y las cisternas de cloración que califican con vulnerabilidad media.

El valor de la vulnerabilidad de la infraestructura del sistema de agua potable de Yungay se obtiene promediando el valor de la vulnerabilidad de sus componentes, obteniéndose un valor igual a 0.185, cantidad que se encuentra en el rango de $0.134 < V \leq 0.260$ (Vulnerabilidad Alta), lo que indica que debemos suponer que la vulnerabilidad sísmica es alta.

E) Riesgo del Sistema

El riesgo al fenómeno de sismo de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad Yungay en el año 2018, se obtuvo relacionando el peligro sísmico con la vulnerabilidad de la infraestructura.

En la tabla 31 se presentan los valores del riesgo sísmico determinado para cada uno de los componentes del sistema de agua potable de la ciudad de Yungay. El riesgo se obtiene considerando los valores de las dimensiones física y social, o riesgo físico y riesgo social.

Todos los componentes del sistema muestran riesgo alto.

El valor del riesgo para el total de la infraestructura se obtiene promediando el valor del riesgo de sus componentes, lo que es igual 0.050, cantidad que se ubica en el rango de $0.018 \leq R < 0.068$ (Riesgo Alto), lo que indica que debemos suponer que el riesgo sísmico es alto.

Tabla 31

Valores del riesgo sísmico de los componentes del sistema de agua potable

	CAPTACIÓN	CANAL DE CONDUCCIÓN	DESARENADOR	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	RESERVORIO 1000 M3	CISTERNA CLORACIÓN 180 M3		RED DISTRIBUCIÓN		CONEXIONES DOMICILIARIAS	
						Yungay	Cochahuain	Yungay	Cochahuain	Yungay	Cochahuain
RIESGO FÍSICO	0.061 ALTO	0.063 ALTO	0.057 ALTO	0.073 MUY ALTO	0.029 ALTO	0.034 ALTO	0.036 ALTO	0.059 ALTO	0.069 MUY ALTO	0.044 ALTO	0.064 ALTO
RIESGO POR EXPOSICIÓN FÍSICA	0.036 ALTO	0.036 ALTO	0.036 ALTO	0.036 ALTO	0.036 ALTO	0.036 ALTO	0.070 MUY ALTO	0.018 MEDIO	0.070 MUY ALTO	0.018 MEDIO	0.070 MUY ALTO
RIESGO POR FRAGILIDAD FÍSICA	0.052 ALTO	0.057 ALTO	0.045 ALTO	0.055 ALTO	0.023 ALTO	0.027 ALTO	0.024 ALTO	0.044 ALTO	0.052 ALTO	0.035 ALTO	0.057 ALTO
RIESGO POR RESILIENCIA FÍSICA	0.081 MUY ALTO	0.081 MUY ALTO	0.081 MUY ALTO	0.109 MUY ALTO	0.042 ALTO	0.048 ALTO	0.048 ALTO	0.092 MUY ALTO	0.092 MUY ALTO	0.070 MUY ALTO	0.070 MUY ALTO
RIESGO SOCIAL	0.072 MUY ALTO	0.039 ALTO	0.039 ALTO	0.056 ALTO	0.039 ALTO	0.033 ALTO	0.033 ALTO	0.033 ALTO	0.033 ALTO	0.039 ALTO	0.039 ALTO
RIESGO POR EXPOSICIÓN SOCIAL	0.136 MUY ALTO	0.036 ALTO	0.036 ALTO	0.086 MUY ALTO	0.036 ALTO	0.018 MEDIO	0.018 MEDIO	0.018 MEDIO	0.018 MEDIO	0.018 MEDIO	0.018 MEDIO
RIESGO POR FRAGILIDAD SOCIAL	0.044 ALTO	0.044 ALTO	0.044 ALTO	0.044 ALTO	0.044 ALTO	0.044 ALTO	0.044 ALTO	0.044 ALTO	0.044 ALTO	0.044 ALTO	0.044 ALTO
RIESGO POR RESILIENCIA SOCIAL	0.036 ALTO	0.036 ALTO	0.036 ALTO	0.036 ALTO	0.036 ALTO	0.036 ALTO	0.036 ALTO	0.036 ALTO	0.036 ALTO	0.053 ALTO	0.053 ALTO
VALOR DEL RIESGO	0.064 ALTO	0.056 ALTO	0.052 ALTO	0.067 ALTO	0.032 ALTO	0.034 ALTO	0.035 ALTO	0.051 ALTO	0.058 ALTO	0.043 ALTO	0.056 ALTO



4.2. Prueba de hipótesis

La hipótesis planteada fue: El riesgo por sismo de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay en el año 2018 es alto.

Esta hipótesis ha sido verificada a partir de los hallazgos del presente estudio, pues considerando el valor obtenido del peligro sísmico igual a 0.270 (Peligro Muy Alto) y el valor estimado de la vulnerabilidad de la infraestructura del sistema de agua potable de Yungay igual a 0.185 (Vulnerabilidad Alta), de la interrelación de ambos, se obtiene el valor del riesgo para el total de la infraestructura, que es igual 0.050, lo que significa que la infraestructura de servicios de agua potable tiene un Riesgo Alto frente a los sismos, con lo que se tiene elementos a favor de la hipótesis planteada.

4.3. Discusión

Peligro sísmico en la zona de estudio

En el estudio se determinó el valor de 0.270 para el peligro, que califica como Peligro Muy Alto, según la escala definida en la tabla 10, lo que indica que el peligro de sismo es muy alto en el ámbito del Distrito de Yungay y por ende en el ámbito del proyecto.

Otros estudios, como el realizado por INDECI (2005), determinan un peligro alto para Yungay en zonas que corresponden a suelos de relleno principalmente en la zona alta de la ciudad, con la posibilidad de producirse asentamientos en la zona y deslizamientos de las partes altas de la ciudad. Las infraestructuras que puedan

ubicarse en estas zonas presentan un peligro potencial. Otros sectores tendrían un peligro menor por estar constituidos por suelos de material gravoso y arena de buena consistencia, con finos de buena plasticidad y de buen estado de cementación, y forman gran parte del área urbana de la ciudad de Yungay. Estos suelos presentan buena presión admisible (capacidad portante) y un adecuado comportamiento geotécnico.

En el Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres de la provincia de Yungay 2018 – 2021 (GPY, 2018), para el análisis del peligro sísmico se tuvo en cuenta los factores condicionantes como la geología, geomorfología e hidrogeología y como factor desencadenante la variable aceleración sísmica. Obtuvieron niveles de peligro sísmico alto en el 21,87% de la provincia de Yungay y peligro medio en el 78.13%. El peligro sísmico alto corresponde a zonas conformadas por suelos de origen cuaternario con presencia de agua y en gran cantidad, así mismo zonas conformadas en su mayoría por formaciones calcáreas y de baja competencia, sumado a ello zonas con altos niveles de aceleración sísmica, calculada en función del dominio de fuentes sismogénicas oceánicas y continentales. El peligro medio corresponde a zonas conformadas por material intrusivo, y sedimentario de buena competencia, sin presencia de agua sumada a ello zonas con altos niveles de aceleraciones sísmicas.

Vulnerabilidad de la infraestructura de agua potable

La vulnerabilidad sísmica de la infraestructura del sistema de agua potable de Yungay es igual a 0.185, calificada como Vulnerabilidad Alta. Se aprecia también que gran parte de los componentes presentan vulnerabilidad alta, a excepción del

reservorio y las cisternas de cloración que califican con vulnerabilidad media. Sin embargo, una revisión detallada de la tabla 30 pone en evidencia que los componentes con los mayores valores de vulnerabilidad son la línea de conducción y la captación con 0.250 y 0.238 respectivamente; razón por la cual pueden considerarse como componentes críticos del sistema.

La vulnerabilidad sísmica de la infraestructura del sistema de agua potable de Yungay, en las dimensiones física y social tiene valores de 0.198 y 0.153 respectivamente, en ambos califica con Vulnerabilidad Alta.

Si se orienta el análisis por la vulnerabilidad física se encuentra que el componente más vulnerable es la línea de conducción con un valor de 0.269 calificado con vulnerabilidad física muy alta. Otros componentes con vulnerabilidad física alta son la Red de distribución Cochahuain, Conexiones Domiciliarias Cochahuain y el canal de conducción, con valores de vulnerabilidad de 0.257, 0.236 y 0.234 respectivamente.

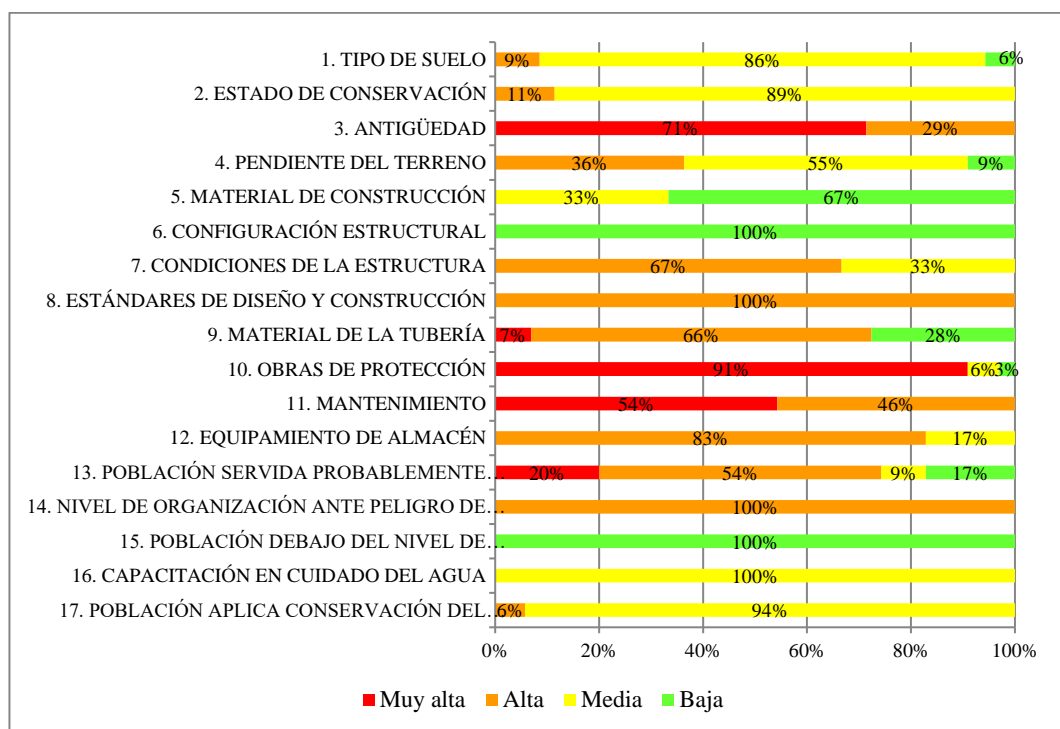
La línea de conducción presenta una vulnerabilidad física muy alta debido a su falta de resiliencia, valorada con 0.403 y su fragilidad alta con un valor de 0.202. Entre los parámetros que contribuyen a esta vulnerabilidad se puede mencionar su antigüedad mayor a 40 años, el material de la tubería de asbesto cemento en muchos tramos, el no contar con obras de protección, la no ejecución del mantenimiento de los elementos y la circunstancia de que el almacén cuenta con pocos materiales y no hay equipos para atender reparaciones de emergencia.

En relación a la vulnerabilidad social, el componente que presenta mayor vulnerabilidad es la captación con 0.267 que significa que su vulnerabilidad social

es muy alta. Otro componente con vulnerabilidad social alta es la línea de conducción con un valor de 0.205. La vulnerabilidad social muy alta de la captación se debe principalmente a su exposición social porque sirve prácticamente a toda la población de la ciudad de Yungay y no se cuenta con una fuente alterna, por lo que su falla dejaría sin abastecimiento de agua potable a toda la localidad.

Figura 21

Aporte de los parámetros a la vulnerabilidad del sistema de agua potable.



En la figura 21 podemos identificar que existe un problema significativo con los parámetros: Obras de protección, Antigüedad y Mantenimiento, pues en el 91%, 71% y 54% de los componentes del sistema han sido calificados con vulnerabilidad muy alta ante sismos, y que de acuerdo a sus cuadros de descriptores se aprecia que corresponden a componentes que no cuentan con obras de protección, que tienen una antigüedad mayor a 40 años y que no cuentan con ningún programa de

mantenimiento. Estos parámetros pueden considerarse como los críticos para todo el sistema y requieren una atención especial, lo que implica que la autoridad local debe orientar sus esfuerzos al reemplazo de buena parte de la infraestructura que supera una vida de 40 años, además de dotarlas con una serie de obras de protección e implementar acciones efectivas de mantenimiento de la infraestructura de los componentes.

La figura 21 también muestra que, dadas las condiciones de vulnerabilidad del sistema de agua potable, otros componentes que la incrementan son: Estándares de diseño y construcción, que son antiguos, y Nivel de organización ante el peligro de sismo, que es muy bajo, ambos calificados con 100% de vulnerabilidad alta. Además, hay otros parámetros que requieren de una atención especial, para enmarcarlos dentro de planes de mitigación, pues la suma de su vulnerabilidad alta y muy alta alcanza valores importantes, los cuales son: Equipamiento del almacén, Población servida que resultaría afectada en caso de desastre, Material de las tuberías y Condiciones de la estructura, con la suma de sus valores iguales a 83%, 74%, 72% y 67% respectivamente.

Según el INDECI (2005) los servicios de abastecimiento de agua en la ciudad de Yungay se encuentran cubiertos por los sistemas de captación y tratamiento, y en caso de ocurrir un terremoto, una avalancha o un aluvión, los efectos esperados en las zonas actualmente coberturadas por los servicios de agua potable se manifestarán en forma proporcional a las intensidades del fenómeno. Analiza los efectos que tendría un terremoto como un factor desencadenante de otros peligros; en el caso de Yungay, la línea matriz de conducción de agua potable desde la planta

de tratamiento al reservorio, cruza totalmente la ruta que necesariamente seguirá cualquier aluvión o alud provocado por algún terremoto, por lo que sin ninguna duda quedará inutilizada, dejando a la mayor parte de la población sin agua durante el período post desastre. La razón por la cual la planta de tratamiento está ubicada al otro lado de la quebrada, es porque la mayor parte de sus instalaciones fueron construidas antes del aluvión de 1970, no resultando muy dañada por encontrarse en terrenos relativamente elevados. El sistema de captación y el desarenador también se encuentra en este lado de la quebrada. El otro sistema, que alimenta al reservorio de 1,000 m³, aunque capta el agua de la misma fuente, lo hace y conduce el agua por la margen derecha de la quebrada, por lo que desde este punto de vista está mejor localizado. Los dos sistemas no están interconectados.

En el Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres de la provincia de Yungay 2018 – 2021, para el análisis de vulnerabilidad social, se definió como unidad de trabajo los distritos, considerando tres variables que permitan definir las condiciones de fragilidad y resiliencia, entre estas tenemos grupo etario, material de construcción y nivel de educación; encontrándose en la ciudad de Yungay una vulnerabilidad social media (GPY, 2018).

El problema del sistema de agua potable en Yungay, es la calidad del agua, la capacidad de abastecimiento de la fuente y la vulnerabilidad por exposición ante amenazas naturales y antrópicas.

La capacidad para satisfacer la demanda no está garantizada en la medida en que se abastece de la fuente superficial del río Llanganuco, con un tratamiento limitado.

Los pobladores están acostumbrados a un consumo de agua excesivo, el nivel de los consumos está por encima del triple de un consumo considerado normal para las características climáticas de Yungay. Esta situación obliga a la Unidad Operativa, que administra el sistema, a suministrar más agua de la fuente de abastecimiento existente, lo cual se logra con mucha dificultad en época de lluvias cuando el agua del río Llanganuco llega excesivamente turbia y ya no se puede clarificar y por tanto se abastece con un racionamiento.

Según funcionarios y técnicos del gobierno local, haciendo un cálculo preliminar de la demanda actual y futura, eliminando el alto nivel de pérdidas de agua por consumo excesivo, se puede afirmar que la fuente de agua del río Llanganuco puede ser suficiente para satisfacer esta demanda. Sin embargo, existe otro manantial en el Parque Nacional Huascarán, que, de ser necesario, puede complementar los posibles déficits futuros.

Es necesaria la disminución progresiva del alto nivel de pérdidas, lo que exige plantear un programa agresivo de micromedición, es decir instalación de medidores, acompañado de un componente de Educación Sanitaria, orientado fundamentalmente a los usuarios para que acepten la micromedición y racionalicen sus consumos de agua.

Riesgo

El riesgo ante el peligro de sismos de la infraestructura del sistema de agua potable de Yungay es igual a 0.050, calificado como Riesgo Alto. Se aprecia que todos los componentes del sistema presentan riesgo alto. Sin embargo, una revisión a mayor detalle de la tabla 31 pone en evidencia que los componentes con los

mayores valores de riesgo son la línea de conducción, la captación y la red de distribución Cochahuain con 0.067, 0.064 y 0.058 respectivamente.

Analizando el riesgo en la dimensión física se encuentra que los componentes en mayor riesgo son la línea de conducción y la red de distribución Cochahuain, con valores de 0.073 y 0.069 respectivamente, calificados con riesgo físico Muy Alto. Otros componentes con riesgo físico Alto son las Conexiones Domiciliarias Cochahuain, el canal de conducción y la captación, con valores de riesgo de 0.064, 0.063 y 0.061 respectivamente.

El análisis del riesgo en su dimensión social, muestra que la Captación es el componente que tiene un riesgo muy alto ante sismos con un valor de 0.072, y que la componente con el mayor valor de riesgo alto es la Línea de conducción con 0.056.

Al obtenerse un peligro muy alto en la zona de estudio, las posibilidades de disminución del riesgo están enfocadas principalmente en la reducción de la vulnerabilidad de sus componentes.

El mapa síntesis de riesgos elaborado por el INDECI (2005) identifica los sectores críticos de la ciudad de Yungay, sobre los cuales se deben dirigir y priorizar las acciones y medidas específicas de mitigación. En Yungay, las zonas de Riesgo Muy Alto y Alto serán las que concentren el mayor esfuerzo de prevención y mitigación en el plan, para mejorar las condiciones de seguridad física de la ciudad en su conjunto.

Son varios los peligros de origen geológico, con diversa intensidad, que pueden afectar a la ciudad de Yungay. Sin embargo, si se asumiera la hipótesis de la ocurrencia de un sismo con la misma intensidad del experimentado en 1970, los efectos podrían ser de desabastecimiento de los servicios básicos por el colapso de los sistemas de agua potable, del desagüe la energía eléctrica, con los consecuentes problemas de salubridad y el incremento de enfermedades infecto-contagiosas, con probabilidad de epidemias y una gran restricción en el uso de los servicios de telefonía fija por daños en el sistema.

Como es de esperarse, aunque toda la ciudad se vería afectada en mayor o menor medida, este escenario de riesgo puede y debe ser plasmado en un mapa de riesgo sísmico, en el que se señalen las áreas en las que se podrían concentrar la mayor cantidad de pérdidas materiales y humanas. Es importante considerar, que en las actuales circunstancias el sismo podría también ocasionar u originar otro tipo de eventos que simultáneamente impacten en la población, como ya sucedió en Yungay en 1970, en este caso sería necesario superponer los mapas de riesgo de todos los eventos de probable ocurrencia simultánea. Además debe considerarse que los terremotos con frecuencia traen una secuela de incendios, explosiones y otros efectos adicionales. (INDECI, 2005)

El escenario de riesgo social de Yungay ante sismo es de riesgo medio según lo encontrado en el Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres de la provincia de Yungay 2018 – 2021 (GPY, 2018).

En otras localidades ubicadas en altitudes similares a la zona de estudio, como el caso de Rios Orientales Ramal Quijos - Papallacta – Paluguillo en la República

del Ecuador, Pachacama y Cevallos (2012) determinaron para su proyecto de agua potable que el nivel de peligro sísmico es alto, la vulnerabilidad tiene un alto grado por las tuberías que atraviesan zonas con malas condiciones geotécnicas y el riesgo es de grado alto, lo que coincide con lo determinado el servicio de agua potable de la ciudad de Yungay.



CONCLUSIONES

1. El peligro sísmico en la zona donde se emplaza la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay, en el año 2018, tiene un valor de 0.270 y es calificado como Peligro Muy Alto.
2. El valor estimado para la vulnerabilidad de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay ante los sismos, en el año 2018, es igual a 0.185, que corresponde a una Vulnerabilidad Alta.
3. La vulnerabilidad sísmica de la infraestructura del sistema de agua potable de Yungay es mayor en la dimensión física que en la dimensión social, con valores de 0.198 y 0.153 respectivamente.
4. El componente con mayor vulnerabilidad física es la línea de conducción, mientras que el componente con mayor vulnerabilidad social es la captación.
5. El riesgo ante sismos de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay, en el año 2018, es igual 0.050 y califica como Riesgo Alto.
6. Los aspectos que más afectan a la vulnerabilidad del sistema de agua potable de Yungay son la antigüedad de sus elementos que superan los 40 años; el material de la tubería de asbesto cemento en muchos tramos; el no contar con obras de protección; la no ejecución del mantenimiento de los elementos; la circunstancia de que el almacén cuenta con pocos materiales y no hay equipos para atender reparaciones de emergencia; y el bajo nivel de organización de la población para enfrentar el peligro sísmico.

RECOMENDACIONES

- 1) Los componentes críticos identificados deben ser sometidos a un análisis más detallado para identificar los puntos que requieren la ejecución de medidas estructurales y no estructurales.
- 2) Por la antigüedad del sistema es necesario programar el reemplazo de las estructuras principales del sistema de agua potable.
- 3) Es importante dotar de fuentes alternas para el abastecimiento de agua a la población y aumentar de este modo la redundancia y resiliencia del sistema.
- 4) La metodología planteada en el estudio es aplicable a sistemas de agua potable de zona sierra que operan a gravedad, como una proyección de la investigación puede analizarse un mecanismo para presentar los niveles del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo en porcentaje en un rango de 0% a 100%., de tal modo que sus resultados se puedan comparar con los obtenidos de otras técnicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcantara, M. (2013). *Evaluación de los Daños Ocasionados en el Sistema de Abastecimiento de Agua Debido al Terremoto del 15 de Agosto de 2007 en la Provincia de Pisco*. Lima.
- Almaguer, C., & Pierra, A. (2009). La gestión del conocimiento para la gestión de los riesgos de desastre desde la perspectiva del desarrollo local en el Municipio de Moa: Un proyecto en desarrollo. *DELOS Revista Desarrollo Local Sostenible*, 2(6).
- Bautista, A. (2017). *Afectación al suministro de agua de las redes de tuberías de distribución ante un sismo*. Tesis de Maestro, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- BID. (2015). *Indicadores de Riesgo de Desastre y de Gestión de Riesgos. Programa para América Latina y el Caribe. Perú*. Lima: BID, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Cardona, O. (1992). *Los Desastres no son naturales*. Bogotá: LA RED.
- Cardona, O. (2001). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo "Una crítica y una revisión necesaria para la Gestión". *International Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice*. Holanda: Disaster Studies of Wageningen University and Research Centre.
- CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión* (Segunda ed.). Lima, Perú: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- CENEPRED. (2017). *Manual para la Evaluación del Riesgo por Sismos*. Lima, Perú: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- CENEPRED. (2018). *Guía para la evaluación del riesgo en el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario*. Lima, Perú: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- CENEPRED. (2018). *Manual para elaborar el informe de evaluación del riesgo originado por fenómenos naturales*. Lima, Perú: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- CENEPRED. (2019). *Manual para la Evaluación del Riesgo originado por Fenómenos Naturales v3.0*. Lima: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Chuisengo, O. (2007). *Gestión de riesgos en Ancash. Experiencias y propuestas*. Lima: Soluciones Prácticas - ITDG.
- Giraldo, J., & Mendez, D. (2006). *Evaluación de vulnerabilidad sísmica en viviendas de mampostería en estratos uno y dos según tipificación de la estructura*. Tesis título de Ingeniero Civil, Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Bogotá D.C.
- GPY. (Octubre de 2018). *Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres Yungay 2018-2021*. Yungay: Gobierno Provincial de Yungay.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta ed.). México D.F.: Mc Graw-Hill.
- INDECI. (2005). *Mapa de peligros, Programa de Prevención y Medidas de Mitigación ante desastres. Ciudades de Yungay y Ranrahirca*. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil.
- INDECI. (2006). *Manual básico para la estimación del riesgo*. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).
- Javier, J. (2001). Vulnerabilidad y Medio Ambiente. *Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía CELADE - División de Población.
- Lavell, A., & Fonseca, e. (1996). *Estado, sociedad y gestión de desastres en América Latina. En busca de un paradigma perdido*. (L. Red, & F. y. Prácticas, Edits.) Lima, Perú: ITDG-PERU.
- Manzur, C. (2002). *Gestión del Riesgo en los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Lima.
- MVCS. (2006). Norma OS.010 Captación y Conducción de agua para consumo humano. *Reglamento Nacional de Edificaciones DS N° 011-2006-VIVIENDA*. Lima, Perú: El Peruano.
- MVCS. (22 de Octubre de 2018). Resolución Ministerial N° 355-2018-VIVIENDA. Modificación Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. *Norma técnica*. Lima, Perú: El Peruano.
- OMS. (1998). *Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*. Washington, EE.UU.: Organización Mundial de la Salud.
- OPS. (1998). *Manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable*. Quito, Ecuador: Organización Panamericana de la Salud.
- OPS. (2004). *Emergencias y Desastres en Sistemas de Agua Potable y Saneamiento: Guía para una respuesta eficaz*. Washington: Organización Panamericana de la Salud.
- OPS. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima: Organización Panamericana de la Salud.
- Pachacama, L., & Cevallos, M. (2012). *Análisis de Riesgo, vulnerabilidad de los estudios de la segunda etapa del proyecto de agua potable Rios Orientales Ramal Quijos - Papallacta - Paluguillo*. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolqui.
- PCM. (2003). Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas - Perú. Lima, Perú: Presidencia del Consejo de Ministros.
- PCM. (26 de mayo de 2011). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo. *Decreto Supremo N° 048-2011-PCM*. Lima, Perú: El Peruano.
- Pineda, O., & Ordaz, M. (2002). Vulnerabilidad Sísmica en la red primaria de distribución de agua potable del Distrito Federal. *XIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural* (págs. 719-729). Puebla: Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C.

- Rodríguez, A. (2011). *Análisis y Evaluación de Riesgo Sísmico en Líneas Vitales. Caso de estudio Bogotá D.C.* Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Maestría en Geomática, Bogotá D.C.
- Salinas, V., & Ventura, M. (2010). *Riesgo y Vulnerabilidad de la Infraestructura de servicios de agua potable y saneamiento: Caso Proyecto Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Oxapampa.* Tesis de Maestro, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Lima.
- Salinas, V., & Ventura, M. (2010). *Riesgo y Vulnerabilidad de la Infraestructura de Servicios de Agua Potable y Saneamiento: Caso Proyecto Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Oxapampa.* Tesis de Maestro, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Económica y Ciencias Sociales, Lima.
- SEMARNAT. (2016). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.* México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SNGR. (2011). *Guía para implementar el Análisis de Vulnerabilidad a nivel cantonal.* Quito, Ecuador: Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos.
- Zambrano, M. (2009). *Plan de mitigación basado en la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba.* Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Centro de Estudios de Posgrado, Ambato.
- Zilbert, L., & Romero, G. (2012). *5 herramientas para la gestión del riesgo de desastres.* Lima: Proyecto DIPECHO.

ANEXOS



Anexo 1: Determinación del Riesgo por Sismo de la Infraestructura de Servicios de Agua Potable de la Ciudad de Yungay-2018.

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR SISMO DE LA INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE YUNGAY - 2018								
Formulación	Objetivos	Hipótesis	Variables	Tipo de Variable	Técnicas de recolección de datos			
¿Cuál es el nivel de riesgo por sismo de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay en el año 2018?	General	El riesgo por sismo de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay en el año 2018 es alto.	Variables independientes	Cualitativa	Técnica/instrumentos:		Fuentes	
	Determinar el nivel del riesgo por sismo de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay en el año 2018.		Nivel de peligro sísmico en el distrito de Yungay		Análisis documental	Ficha resumen: Parámetros de evaluación del peligro sísmico		Primaria: Muestra zona de influencia servicios de agua potable de la ciudad de Yungay
	Específicos		a) Caracterizar el peligro sísmico en la zona de influencia de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay.	Nivel de vulnerabilidad al peligro sísmico de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay	Cualitativa	Observación. Encuesta.	Fichas Técnicas A: Características físicas de componentes A.P. Cuestionario B: Aspectos sociales sobre componentes A.P.	Primaria: Muestra infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay
	b) Determinar la vulnerabilidad al peligro de sismo, de la infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad Yungay en el año 2018.			Variable dependiente				
	c) Relacionar el peligro sísmico con la vulnerabilidad de la infraestructura del sistema de agua potable en el año 2018.			Nivel de riesgo sísmico de la infraestructura de los servicios de agua potable de la ciudad de Yungay	Cualitativa	Análisis documental. Observación. Encuesta.	Fichas Resumen, Fichas Técnicas A, Cuestionario B	Primaria: Muestra infraestructura de servicios de agua potable de la ciudad de Yungay
TRATAMIENTO DE DATOS		ANÁLISIS DE INFORMACIÓN		TIPO DE INVESTIGACIÓN:				
Excel.		Estadística descriptiva		Enfoque: Cualitativo-Cuantitativo; Alcance: Descriptivo				
		Medidas de asociación		Diseño: Investigación no experimental transversal. Estudio de caso.				



Anexo 2: Ficha Técnica A1.



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR SISMO DE LA INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE YUNGAY - 2018

FICHA TÉCNICA A1: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE COMPONENTES SISTEMA DE AGUA POTABLE

Registrado por:.....

Fecha:

N°:

Señale el tipo de componente analizado:

Captación Canal de conducción Desarenador

Señale el descriptor que refleja las características del componente del sistema de agua potable

VULNERABILIDAD FÍSICA

EXPOSICIÓN FÍSICA

PARÁMETRO	TIPO DE SUELO		Marcar
DESCRPTORES	VS ₁	Suelo Tipo V	YVS ₁
	VS ₂	Suelo Tipo IV	YVS ₂
	VS ₃	Suelo Tipo III	YVS ₃
	VS ₄	Suelo Tipo II	YVS ₄
	VS ₅	Suelo Tipo I	YVS ₅

FRAGILIDAD FÍSICA

PARÁMETRO	ESTADO DE CONSERVACIÓN		Marcar
DESCRPTORES	VE ₁	Muy malo	YVE ₁
	VE ₂	Malo	YVE ₂
	VE ₃	Regular	YVE ₃
	VE ₄	Bueno	YVE ₄
	VE ₅	Muy bueno	YVE ₅

PARÁMETRO	ANTIGÜEDAD		Marcar
DESCRPTORES	VA ₁	Mayor a 40 Años	YVA ₁
	VA ₂	15 - 40 Años	YVA ₂
	VA ₃	10 - 15 Años	YVA ₃
	VA ₄	3 - 10 Años	YVA ₄
	VA ₅	0 - 3 Años	YVA ₅

PARÁMETRO	PENDIENTE DEL TERRENO		Marcar
DESCRPTOR ES	VP ₁	50% < P ≤ 80%	YVP ₁
	VP ₂	30% < P ≤ 50%	YVP ₂
	VP ₃	20% < P ≤ 30%	YVP ₃
	VP ₄	10% < P ≤ 20%	YVP ₄

	VP ₅	P ≤ 10%	YVP ₅	
PARÁMETRO		MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN		Marcar
DESCRIPTORES	VC ₁	Mampostería de piedra y ladrillo	YVC ₁	
	VC ₂	Asbesto cemento	YVC ₂	
	VC ₃	Concreto Simple	YVC ₃	
	VC ₄	Concreto Armado	YVC ₄	
	VC ₅	PVC	YVC ₅	

RESILIENCIA FÍSICA

PARÁMETRO		OBRAS DE PROTECCIÓN		Marcar
DESCRIPTORES	VO ₁	No cuenta con Obras de protección	YVO ₁	
	VO ₂	Obras de protección deterioradas	YVO ₂	
	VO ₃	Con Obras de protección inconclusas	YVO ₃	
	VO ₄	Con Obras de protección en estado regular	YVO ₄	
	VO ₅	Con Obras de Protección en estado óptimo	YVO ₅	

PARÁMETRO		MANTENIMIENTO		Marcar
DESCRIPTORES	VM ₁	Ninguno	YVM ₁	
	VM ₂	Solo correctivo	YVM ₂	
	VM ₃	Preventivo y correctivo con plan de Mitigación y emergencias en implementación.	YVM ₃	
	VM ₄	Preventivo y correctivo según plan de Mitigación y emergencias cumplido parcialmente	YVM ₄	
	VM ₅	Preventivo y correctivo al 100% según plan de Mitigación y emergencias.	YVM ₅	

PARÁMETRO		EQUIPAMIENTO DE ALMACÉN		Marcar
DESCRIPTORES	VQ ₁	No cuenta con almacén	YVQ ₁	
	VQ ₂	Almacén cuenta con pocos materiales y no hay equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₂	
	VQ ₃	Almacén cuenta con todos los materiales, pero no hay equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₃	
	VQ ₄	Almacén cuenta con la mayoría de materiales y equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₄	
	VQ ₅	Almacén cuenta con todos los materiales y equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₅	

Anexo 3: Ficha Técnica A2.



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO



DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR SISMO DE LA INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE YUNGAY - 2018

FICHA TÉCNICA A2: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE COMPONENTES SISTEMA DE AGUA POTABLE

Registrado por:..... Fecha: N°:

Señale el tipo de componente analizado:

Línea de Conducción [] Red de Distribución [] Tramo:.....

Señale el descriptor que refleja las características del componente del sistema de agua potable

VULNERABILIDAD FÍSICA

EXPOSICIÓN FÍSICA

PARÁMETRO	TIPO DE SUELO		Marcar
DESCRIPTORES	VS1	Suelo Tipo V	YVS1
	VS2	Suelo Tipo IV	YVS2
	VS3	Suelo Tipo III	YVS3
	VS4	Suelo Tipo II	YVS4
	VS5	Suelo Tipo I	YVS5

FRAGILIDAD FÍSICA

PARÁMETRO	ESTADO DE CONSERVACIÓN		Marcar
DESCRIPTORES	VE1	Muy malo	YVE1
	VE2	Malo	YVE2
	VE3	Regular	YVE3
	VE4	Bueno	YVE4
	VE5	Muy bueno	YVE5

PARÁMETRO	ANTIGÜEDAD		Marcar
DESCRIPTORES	VA1	Mayor a 40 Años	YVA1
	VA2	15 - 40 Años	YVA2
	VA3	10 - 15 Años	YVA3
	VA4	3 - 10 Años	YVA4
	VA5	0 - 3 Años	YVA5

PARÁMETRO	PENDIENTE DEL TERRENO		Marcar
DESCRIPTORES	VP1	$50\% < P \leq 80\%$	YVP1
	VP2	$30\% < P \leq 50\%$	YVP2
	VP3	$20\% < P \leq 30\%$	YVP3
	VP4	$10\% < P \leq 20\%$	YVP4
	VP5	$P \leq 10\%$	YVP5

PARÁMETRO	MATERIAL DE LA TUBERÍA		Marcar

DESCRIPTORES	VT1	Asbesto cemento magnani	YVT1	
	VT2	Asbesto cemento - Hierro fundido	YVT2	
	VT3	Acero- Fibra de vidrio	YVT3	
	VT4	Polietileno - PVC	YVT4	
	VT5	HDPE	YVT5	

RESILIENCIA FÍSICA

PARÁMETRO	OBRAS DE PROTECCIÓN		Marcar	
DESCRIPTORES	VO1	No cuenta con Obras de protección	YVO1	
	VO2	Obras de protección deterioradas	YVO2	
	VO3	Con Obras de protección inconclusas	YVO3	
	VO4	Con Obras de protección en estado regular	YVO4	
	VO5	Con Obras de Protección en estado óptimo	YVO5	

PARÁMETRO	MANTENIMIENTO		Marcar	
DESCRIPTORES	VM1	Ninguno	YVM1	
	VM2	Solo correctivo	YVM2	
	VM3	Preventivo y correctivo con plan de Mitigación y emergencias en implementación.	YVM3	
	VM4	Preventivo y correctivo según plan de Mitigación y emergencias cumplido parcialmente	YVM4	
	VM5	Preventivo y correctivo al 100% según plan de Mitigación y emergencias.	YVM5	

PARÁMETRO	EQUIPAMIENTO DE ALMACÉN		Marcar	
DESCRIPTORES	VQ1	No cuenta con almacén	YVQ1	
	VQ2	Almacén cuenta con pocos materiales y no hay equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ2	
	VQ3	Almacén cuenta con todos los materiales, pero no hay equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ3	
	VQ4	Almacén cuenta con la mayoría de materiales y equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ4	
	VQ5	Almacén cuenta con todos los materiales y equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ5	

Anexo 4: Ficha Técnica A3.



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR SISMO DE LA INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE YUNGAY - 2018



FICHA TÉCNICA A3: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE COMPONENTES SISTEMA DE AGUA POTABLE

Registrado por:.....

Fecha:

N°:

Señale el tipo de componente analizado:

Reservorio:.....

Ubicación:.....

Señale el descriptor que refleja las características del componente del sistema de agua potable

VULNERABILIDAD FÍSICA

EXPOSICIÓN FÍSICA

PARÁMETRO	TIPO DE SUELO		Marcar	
DESCRIPTORES	VS ₁	Suelo Tipo V	YVS ₁	<input type="checkbox"/>
	VS ₂	Suelo Tipo IV	YVS ₂	<input type="checkbox"/>
	VS ₃	Suelo Tipo III	YVS ₃	<input type="checkbox"/>
	VS ₄	Suelo Tipo II	YVS ₄	<input type="checkbox"/>
	VS ₅	Suelo Tipo I	YVS ₅	<input type="checkbox"/>

FRAGILIDAD FÍSICA

PARÁMETRO	ESTADO DE CONSERVACIÓN		Marcar	
DESCRIPTORES	VE ₁	Muy malo	YVE ₁	<input type="checkbox"/>
	VE ₂	Malo	YVE ₂	<input type="checkbox"/>
	VE ₃	Regular	YVE ₃	<input type="checkbox"/>
	VE ₄	Bueno	YVE ₄	<input type="checkbox"/>
	VE ₅	Muy bueno	YVE ₅	<input type="checkbox"/>

PARÁMETRO	ANTIGÜEDAD		Marcar	
DESCRIPTORES	VA ₁	Mayor a 40 Años	YVA ₁	<input type="checkbox"/>
	VA ₂	15 - 40 Años	YVA ₂	<input type="checkbox"/>
	VA ₃	10 - 15 Años	YVA ₃	<input type="checkbox"/>
	VA ₄	3 - 10 Años	YVA ₄	<input type="checkbox"/>
	VA ₅	0 - 3 Años	YVA ₅	<input type="checkbox"/>

PARÁMETRO	PENDIENTE DEL TERRENO		Marcar	
DESCRIPTORES	VP ₁	50% < P ≤ 80%	YVP ₁	<input type="checkbox"/>
	VP ₂	30% < P ≤ 50%	YVP ₂	<input type="checkbox"/>
	VP ₃	20% < P ≤ 30%	YVP ₃	<input type="checkbox"/>
	VP ₄	10% < P ≤ 20%	YVP ₄	<input type="checkbox"/>
	VP ₅	P ≤ 10%	YVP ₅	<input type="checkbox"/>

PARÁMETRO	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN		Marcar	
DESCRIPTORES	VC ₁	Mampostería de piedra y ladrillo	YVC ₁	<input type="checkbox"/>
	VC ₂	Asbesto cemento	YVC ₂	<input type="checkbox"/>
	VC ₃	Concreto Simple	YVC ₃	<input type="checkbox"/>
	VC ₄	Concreto Armado	YVC ₄	<input type="checkbox"/>

	VC ₅	PVC	YVC ₅	
--	-----------------	-----	------------------	--

PARÁMETRO		CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	Marcar	
DESCRIPTORES	VB ₁	Reservorio elevado soportado con pórtico de concreto armado, menos a 4 columnas	YVB ₁	
	VB ₂	Reservorio elevado soportado con pórtico de concreto armado	YVB ₂	
	VB ₃	Reservorio elevado soportado con fuste de concreto armado	YVB ₃	
	VB ₄	Apoyado	YVB ₄	
	VB ₅	Enterrado	YVB ₅	

PARÁMETRO		CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA	Marcar	
DESCRIPTORES	VF ₁	Las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso	YVF ₁	
	VF ₂	Hay deterioro aunque sin peligro de desplome, acabados e instalaciones con visible desperfecto	YVF ₂	
	VF ₃	Las estructuras no tienen deterioro (en caso de tenerlas no los compromete y es subsanable) acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido a mal uso.	YVF ₃	
	VF ₄	Solo tienen ligeros deterioros en acabados, debido al uso normal	YVF ₄	
	VF ₅	No presenta deterioro alguno	YVF ₅	

PARÁMETRO		ESTÁNDARES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	Marcar	
DESCRIPTORES	VD ₁	Visibles defectos en Estructuras	YVD ₁	
	VD ₂	Edificaciones diseñadas antes de 1977	YVD ₂	
	VD ₃	Edificaciones con diseño anterior a Norma E030	YVD ₃	
	VD ₄	Edificaciones con diseño a Norma E030	YVD ₄	
	VD ₅	Edificaciones con diseño posterior a Norma E030	YVD ₅	

RESILIENCIA FÍSICA

PARÁMETRO		OBRAS DE PROTECCIÓN	Marcar	
DESCRIPTORES	VO ₁	No cuenta con Obras de protección	YVO ₁	
	VO ₂	Obras de protección deterioradas	YVO ₂	
	VO ₃	Con Obras de protección inconclusas	YVO ₃	
	VO ₄	Con Obras de protección en estado regular	YVO ₄	
	VO ₅	Con Obras de Protección en estado óptimo	YVO ₅	

PARÁMETRO		MANTENIMIENTO	Marcar	
DESCRIPTORES	VM ₁	Ninguno	YVM ₁	
	VM ₂	Solo correctivo	YVM ₂	
	VM ₃	Preventivo y correctivo con plan de Mitigación y emergencias en implementación.	YVM ₃	
	VM ₄	Preventivo y correctivo según plan de Mitigación y emergencias cumplido parcialmente	YVM ₄	

	VM ₅	Preventivo y correctivo al 100% según plan de Mitigación y emergencias.	YVM ₅	
PARÁMETRO	EQUIPAMIENTO DE ALMACÉN			Marcar
DESCRIPTORES	VQ ₁	No cuenta con almacén	YVQ ₁	
	VQ ₂	Almacén cuenta con pocos materiales y no hay equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₂	
	VQ ₃	Almacén cuenta con todos los materiales, pero no hay equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₃	
	VQ ₄	Almacén cuenta con la mayoría de materiales y equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₄	
	VQ ₅	Almacén cuenta con todos los materiales y equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₅	

Anexo 5: Ficha Técnica A4.



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR SISMO DE LA INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE YUNGAY - 2018

FICHA TÉCNICA A4: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE COMPONENTES SISTEMA DE AGUA POTABLE

Registrado por:.....

Fecha:

N°:



Señale el tipo de componente analizado:

Cisterna:.....

Ubicación:.....

Señale el descriptor que refleja las características del componente del sistema de agua potable

VULNERABILIDAD FÍSICA

EXPOSICIÓN FÍSICA

PARÁMETRO	TIPO DE SUELO		Marcar
DESCRIPTORES	VS ₁	Suelo Tipo V	YVS ₁
	VS ₂	Suelo Tipo IV	YVS ₂
	VS ₃	Suelo Tipo III	YVS ₃
	VS ₄	Suelo Tipo II	YVS ₄
	VS ₅	Suelo Tipo I	YVS ₅

FRAGILIDAD FÍSICA

PARÁMETRO	ESTADO DE CONSERVACIÓN		Marcar
DESCRIPTORES	VE ₁	Muy malo	YVE ₁
	VE ₂	Malo	YVE ₂
	VE ₃	Regular	YVE ₃
	VE ₄	Bueno	YVE ₄
	VE ₅	Muy bueno	YVE ₅

PARÁMETRO	ANTIGÜEDAD		Marcar
DESCRIPTORES	VA ₁	Mayor a 40 Años	YVA ₁
	VA ₂	15 - 40 Años	YVA ₂
	VA ₃	10 - 15 Años	YVA ₃
	VA ₄	3 - 10 Años	YVA ₄
	VA ₅	0 - 3 Años	YVA ₅

PARÁMETRO	PENDIENTE DEL TERRENO		Marcar
DESCRIPTORES	VP ₁	50% < P ≤ 80%	YVP ₁
	VP ₂	30% < P ≤ 50%	YVP ₂
	VP ₃	20% < P ≤ 30%	YVP ₃
	VP ₄	10% < P ≤ 20%	YVP ₄
	VP ₅	P ≤ 10%	YVP ₅

PARÁMETRO	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN		Marcar
DESCRIPTORES	VC ₁	Mampostería de piedra y ladrillo	YVC ₁
	VC ₂	Asbesto cemento	YVC ₂
	VC ₃	Concreto Simple	YVC ₃
	VC ₄	Concreto Armado	YVC ₄
	VC ₅	PVC	YVC ₅

PARÁMETRO	CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA		Marcar
-----------	------------------------------	--	--------

DESCRIPTORES	VF ₁	Las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso	YVF ₁	
	VF ₂	Hay deterioro aunque sin peligro de desplome, acabados e instalaciones con visible desperfecto	YVF ₂	
	VF ₃	Las estructuras no tienen deterioro (en caso de tenerlas no los compromete y es subsanable) acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido a mal uso.	YVF ₃	
	VF ₄	Solo tienen ligeros deterioros en acabados, debido al uso normal	YVF ₄	
	VF ₅	No presenta deterioro alguno	YVF ₅	

PARÁMETRO		ESTÁNDARES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	Marcar	
DESCRIPTORES	VD ₁	Visibles defectos en Estructuras	YVD ₁	
	VD ₂	Edificaciones diseñadas antes de 1977	YVD ₂	
	VD ₃	Edificaciones con diseño anterior a Norma E030	YVD ₃	
	VD ₄	Edificaciones con diseño a Norma E030	YVD ₄	
	VD ₅	Edificaciones con diseño posterior a Norma E030	YVD ₅	

RESILIENCIA FÍSICA

PARÁMETRO		OBRAS DE PROTECCIÓN	Marcar	
DESCRIPTORES	VO ₁	No cuenta con Obras de protección	YVO ₁	
	VO ₂	Obras de protección deterioradas	YVO ₂	
	VO ₃	Con Obras de protección inconclusas	YVO ₃	
	VO ₄	Con Obras de protección en estado regular	YVO ₄	
	VO ₅	Con Obras de Protección en estado óptimo	YVO ₅	

PARÁMETRO		MANTENIMIENTO	Marcar	
DESCRIPTORES	VM ₁	Ninguno	YVM ₁	
	VM ₂	Solo correctivo	YVM ₂	
	VM ₃	Preventivo y correctivo con plan de Mitigación y emergencias en implementación.	YVM ₃	
	VM ₄	Preventivo y correctivo según plan de Mitigación y emergencias cumplido parcialmente	YVM ₄	
	VM ₅	Preventivo y correctivo al 100% según plan de Mitigación y emergencias.	YVM ₅	

PARÁMETRO		EQUIPAMIENTO DE ALMACÉN	Marcar	
DESCRIPTORES	VQ ₁	No cuenta con almacén	YVQ ₁	
	VQ ₂	Almacén cuenta con pocos materiales y no hay equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₂	
	VQ ₃	Almacén cuenta con todos los materiales, pero no hay equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₃	
	VQ ₄	Almacén cuenta con la mayoría de materiales y equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₄	
	VQ ₅	Almacén cuenta con todos los materiales y equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₅	

Anexo 6: Ficha Técnica A5.



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR SISMO DE LA INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE YUNGAY - 2018

FICHA TÉCNICA A5: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE COMPONENTES SISTEMA DE AGUA POTABLE

Registrado por:.....

Fecha:

N°:

Señale el tipo de componente analizado:

Conexiones domiciliarias:.....

Ubicación:.....

Señale el descriptor que refleja las características del componente del sistema de agua potable

VULNERABILIDAD FÍSICA

EXPOSICIÓN FÍSICA



PARÁMETRO	TIPO DE SUELO		Marcar
DESCRIPTORES	VS ₁	Suelo Tipo V	YVS ₁
	VS ₂	Suelo Tipo IV	YVS ₂
	VS ₃	Suelo Tipo III	YVS ₃
	VS ₄	Suelo Tipo II	YVS ₄
	VS ₅	Suelo Tipo I	YVS ₅

FRAGILIDAD FÍSICA

PARÁMETRO	ESTADO DE CONSERVACIÓN		Marcar
DESCRIPTORES	VE ₁	Muy malo	YVE ₁
	VE ₂	Malo	YVE ₂
	VE ₃	Regular	YVE ₃
	VE ₄	Bueno	YVE ₄
	VE ₅	Muy bueno	YVE ₅

PARÁMETRO	ANTIGÜEDAD		Marcar
DESCRIPTORES	VA ₁	Mayor a 40 Años	YVA ₁
	VA ₂	15 - 40 Años	YVA ₂
	VA ₃	10 - 15 Años	YVA ₃
	VA ₄	3 - 10 Años	YVA ₄
	VA ₅	0 - 3 Años	YVA ₅

PARÁMETRO	MATERIAL DE LA TUBERÍA		Marcar
DESCRIPTORES	VT ₁	Asbesto cemento magnani	YVT ₁
	VT ₂	Asbesto cemento - Hierro fundido	YVT ₂
	VT ₃	Acero- Fibra de vidrio	YVT ₃
	VT ₄	Polietileno - PVC	YVT ₄
	VT ₅	HDPE	YVT ₅

RESILIENCIA FÍSICA

PARÁMETRO	MANTENIMIENTO		Marcar
DESCRIPTORES	VM ₁	Ninguno	YVM ₁
	VM ₂	Solo correctivo	YVM ₂
	VM ₃	Preventivo y correctivo con plan de Mitigación y emergencias en implementación.	YVM ₃
	VM ₄	Preventivo y correctivo según plan de Mitigación y emergencias cumplido parcialmente	YVM ₄
	VM ₅	Preventivo y correctivo al 100% según plan de Mitigación y emergencias.	YVM ₅

PARÁMETRO	EQUIPAMIENTO DE ALMACÉN		Marcar
DESCRIPTORES	VQ ₁	No cuenta con almacén	YVQ ₁
	VQ ₂	Almacén cuenta con pocos materiales y no hay equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₂
	VQ ₃	Almacén cuenta con todos los materiales, pero no hay equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₃

	VQ ₄	Almacén cuenta con la mayoría de materiales y equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₄	
	VQ ₅	Almacén cuenta con todos los materiales y equipos para atender reparaciones de emergencia.	YVQ ₅	

Anexo 7: Ficha Técnica A6.



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR SISMO DE LA INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE YUNGAY - 2018

CUESTIONARIO B: ASPECTOS SOCIALES SOBRE COMPONENTES SISTEMA DE AGUA POTABLE

Registrado por:

Fecha:

N°:

Señale el tipo de componente analizado:

Señale el descriptor que refleja las características sobre el componente del sistema de agua potable

VULNERABILIDAD SOCIAL

EXPOSICIÓN SOCIAL

PARÁMETRO		POBLACIÓN SERVIDA PROBABLEMENTE AFECTADA	YVG ₁	Marcar
DE	SC	VG ₁ Más del 80% de la población servida	YVG ₁	

	VG ₂	Entre 60 a 80% de la población servida	YVG ₂	
	VG ₃	Entre 10 a 60% de la población servida	YVG ₃	
	VG ₄	Menor al 10% de la población servida	YVG ₄	
	VG ₅	Ninguna	YVG ₅	

FRAGILIDAD SOCIAL

PARÁMETRO		NIVEL DE ORGANIZACIÓN ANTE PELIGRO DE SISMO	Marcar	
DESCRIPTORES	VN ₁	Nada organizado	YVN ₁	
	VN ₂	Organización en proceso	YVN ₂	
	VN ₃	Poco organizado	YVN ₃	
	VN ₄	Organización promedio	YVN ₄	
	VN ₅	Bien Organizado	YVN ₅	

PARÁMETRO		POBLACIÓN DEBAJO DEL NIVEL DE POBREZA (PP)	Marcar	
DESCRIPTORES	VH ₁	$PP \geq 40\%$	YVH ₁	
	VH ₂	$30\% \leq PP < 40\%$	YVH ₂	
	VH ₃	$20\% \leq PP < 30\%$	YVH ₃	
	VH ₄	$10\% \leq PP < 20\%$	YVH ₄	
	VH ₅	$PP < 10\%$	YVH ₅	

RESILIENCIA SOCIAL

PARÁMETRO		CAPACITACIÓN EN CUIDADO DEL AGUA	Marcar	
DESCRIPTORES	VJ ₁	La totalidad no recibe ningún tipo de programa de capacitación sobre cuidado del agua	YVJ ₁	
	VJ ₂	Escasa capacitación en temas de cuidado del agua	YVJ ₂	
	VJ ₃	Capacitación con regular frecuencia en temas sobre el cuidado del agua, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	YVJ ₃	
	VJ ₄	Capacitación constante en temas sobre el cuidado del agua, siendo su difusión y cobertura total.	YVJ ₄	
	VJ ₅	Capacitación constante en temas sobre el cuidado del agua, actualizándose y participando en campañas, siendo su difusión y cobertura total.	YVJ ₅	

PARÁMETRO		POBLACIÓN APLICA CONSERVACIÓN DEL SISTEMA	Marcar	
DESCRIPTORES	VK ₁	Nunca aplica	YVK ₁	
	VK ₂	Rara vez aplica	YVK ₂	
	VK ₃	Aplica con regularidad	YVK ₃	
	VK ₄	Frecuentemente aplica	YVK ₄	
	VK ₅	Siempre aplica	YVK ₅	

Anexo 8: Parámetros y Factores de Peligro por Sismo.

PARÁMETROS DEL PELIGRO DE SISMO

PARÁMETRO		MAGNITUD DEL SISMO	PESO PONDERADO	0.283	0.283	0.260
DESCRIPTORES	PM ₁	Mayor a 8.0: Grandes terremotos	XPM ₁	0.503		0.074
	PM ₂	6.0 a 7.9: sismo mayor	XPM ₂	0.260	X	0.260
	PM ₃	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	XPM ₃	0.134		0.000
	PM ₄	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	XPM ₄	0.068		0.000
	PM ₅	Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado por sismógrafos	XPM ₅	0.035		0.000
PARÁMETRO		INTENSIDAD DEL SISMO	PESO PONDERADO	0.643	0.643	0.167
DESCRIPTORES	PI ₁	XI y XII. Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire.	XPI ₁	0.503		0.000

	PI ₂	IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado.	XPI ₂	0.260	X	0.260
	PI ₃	VI, VII y VIII. Sentido por todos, muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.	XPI ₃	0.134		0.000
	PI ₄	III, IV y V. Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean.	XPI ₄	0.068		0.000
	PI ₅	I y II. Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuantas personas.	XPI ₅	0.035		0.000

PARÁMETRO		ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO (PGA EN GALES G)	PESO PONDERADO	0.074	0.074	0.019
DESCRIPTORES	PA ₁	PGA ≥ 0.45g	XPA ₁	0.503		0.000
	PA ₂	0.35g ≤ PGA < 0.45g	XPA ₂	0.260	X	0.260
	PA ₃	0.25g ≤ PGA < 0.35g	XPA ₃	0.134		0.000
	PA ₄	0.10g ≤ PGA < 0.25g	XPA ₄	0.068		0.000
	PA ₅	PGA < 0.10g	XPA ₅	0.035		0.000

Adaptado de la Norma de diseño sismorresistente E-030. PGA es la aceleración máxima horizontal en suelo rígido, con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. 1 g es igual a 980 cm/s²

FACTORES CONDICIONANTES DEL PELIGRO DE SISMO						0.500	0.068
PARÁMETRO		CONDICIÓN DEL SUELO	PESO PONDERADO:	1.000	1.000	0.068	
DESCRIPTORES	PC ₁	Rellenos sanitarios	XPC ₁	0.503		0.000	
	PC ₂	Arena Eólica y/o limo (con agua)	XPC ₂	0.260		0.000	
	PC ₃	Arena Eólica y/o limo (sin agua)	XPC ₃	0.134		0.000	
	PC ₄	Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial	XPC ₄	0.068	X	0.068	
	PC ₅	Afloramiento rocoso y estratos de grava	XPC ₅	0.035		0.000	

FACTORES DESENCADENANTES DEL PELIGRO DE SISMO						0.500	0.503
PARÁMETRO		FENÓMENO GEOLÓGICO	PESO PONDERADO:	1.000	1.000	0.503	
DESCRIPTORES	PG ₁	Colisión de placas tectónicas	XPG ₁	0.503	X	0.503	
	PG ₂	Zonas de actividad volcánica	XPG ₂	0.260		0.000	
	PG ₃	Fallas geológicas	XPG ₃	0.134		0.000	
	PG ₄	Movimiento en masas	XPG ₄	0.068		0.000	
	PG ₅	Desprendimiento de grandes bloques (rocas, hielo, etc.)	XPG ₅	0.035		0.000	

**VALOR DE
SUSCEPTIBILIDAD**

0.2855

**VALOR DE
PELIGRO DE
SISMO**

0.2702



Anexo 9: Matriz de Vulnerabilidad.

		COMPONENTES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE YUNGAY							
DIMENSIONES Y FACTORES	PARÁMETROS DE VULNERABILIDAD	CAPTACIÓN	CANAL DE CONDUCCIÓN	DESARENADOR	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	RESERVORIO 1000 M3	CISTERNA CLORACIÓN 180 M3	RED DISTRIBUCIÓN	CONEXIONES DOMICILIARIAS
FÍSICA									
EXPOSICIÓN	TIPO DE SUELO	X	X	X	X	X	X	X	X
FRAGILIDAD	ESTADO DE CONSERVACIÓN	X	X	X	X	X	X	X	X
	ANTIGÜEDAD	X	X	X	X	X	X	X	X
	PENDIENTE DEL TERRENO	X	X	X	X	X	X	X	
	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	X	X	X		X	X		
	CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL					X			
	CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA					X	X		
	ESTÁNDARES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN					X	X		
	MATERIAL DE LA TUBERÍA				X			X	X
RESILIENCIA	OBRAS DE PROTECCIÓN	X	X	X	X	X	X	X	
	MANTENIMIENTO	X	X	X	X	X	X	X	X
	EQUIPAMIENTO DE ALMACÉN	X	X	X	X	X	X	X	X
SOCIAL									
EXPOSICIÓN	POBLACIÓN SERVIDA PROBABLEMENTE AFECTADA	X	X	X	X	X	X	X	X
FRAGILIDAD	NIVEL DE ORGANIZACIÓN ANTE PELIGRO DE SISMO	X	X	X	X	X	X	X	X
	POBLACIÓN DEBAJO DEL NIVEL DE POBREZA (PP)	X	X	X	X	X	X	X	X
RESILIENCIA	CAPACITACIÓN EN CUIDADO DEL AGUA	X	X	X	X	X	X	X	X
	POBLACIÓN APLICA CONSERVACIÓN DEL SISTEMA	X	X	X	X	X	X	X	X

Anexo 10: Cálculo de Vulnerabilidad.

	CAPTACIÓN	CANAL DE CONDUCCIÓN	DESARENADOR	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	RESERVORIO 1000 M3	CISTERNA CLORACIÓN 180 M3		RED DISTRIBUCIÓN		CONEXIONES DOMICILIARIAS	
						Yungay	Cochahuain	Yungay	Cochahuain	Yungay	Cochahuain
VULNERABILIDAD FÍSICA	0.226	0.234	0.212	0.269	0.108	0.126	0.132	0.218	0.257	0.164	0.236
EXPOSICIÓN FÍSICA	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.260	0.068	0.260	0.068	0.260
FRAGILIDAD FÍSICA	0.193	0.210	0.166	0.202	0.085	0.099	0.088	0.164	0.193	0.131	0.212
RESILIENCIA FÍSICA	0.299	0.299	0.299	0.403	0.154	0.176	0.176	0.341	0.341	0.260	0.260
VULNERABILIDAD SOCIAL	0.267	0.144	0.144	0.205	0.144	0.122	0.122	0.122	0.122	0.143	0.143
EXPOSICIÓN SOCIAL	0.503	0.134	0.134	0.318	0.134	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
FRAGILIDAD SOCIAL	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164
RESILIENCIA SOCIAL	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.197	0.197
VALOR DE LA VULNERABILIDAD	0.238	0.207	0.191	0.250	0.119	0.125	0.129	0.189	0.216	0.157	0.208



Anexo 11: Cálculo de Riesgo.

	CAPTACIÓN	CANAL DE CONDUCCIÓN	DESARENADOR	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	RESERVORIO 1000 M3	CISTERNA CLORACIÓN 180 M3		RED DISTRIBUCIÓN		CONEXIONES DOMICILIARIAS	
						Yungay	Cochahuain	Yungay	Cochahuain	Yungay	Cochahuain
RIESGO FISICO	0.061	0.063	0.057	0.073	0.029	0.034	0.036	0.059	0.069	0.044	0.064
RIESGO POR EXPOSICIÓN FÍSICA	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.070	0.018	0.070	0.018	0.070
RIESGO POR FRAGILIDAD FÍSICA	0.052	0.057	0.045	0.055	0.023	0.027	0.024	0.044	0.052	0.035	0.057
RIESGO POR RESILIENCIA FÍSICA	0.081	0.081	0.081	0.109	0.042	0.048	0.048	0.092	0.092	0.070	0.070
RIESGO SOCIAL	0.072	0.039	0.039	0.056	0.039	0.033	0.033	0.033	0.033	0.039	0.039
RIESGO POR EXPOSICIÓN SOCIAL	0.136	0.036	0.036	0.086	0.036	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
RIESGO POR FRAGILIDAD SOCIAL	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044
RIESGO POR RESILIENCIA SOCIAL	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.053	0.053
VALOR DEL RIESGO	0.064	0.056	0.052	0.067	0.032	0.034	0.035	0.051	0.058	0.043	0.056

