



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,  
PARA A OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.  
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

**1. Datos del Autor:**

Apellidos y Nombres: BAYONA ANTÚNEZ REMO CRISANTO

Código de alumno: 2007.1315.9.AR

Teléfono: 943913411

Correo electrónico: remobayona@yahoo.com

DNI o Extranjería: 31680721

**2. Modalidad de trabajo de investigación:**

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

**3. Título profesional o grado académico:**

Bachiller

Título

Segunda especialidad

Licenciado

Magister

Doctor

**4. Título del trabajo de investigación:**

INFLUENCIA DEL CAMBIO DE TUBERÍAS EN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE HUARAZ

**5. Facultad de: .....**

**6. Escuela, Carrera o Programa:** Maestría en Ciencias e Ingeniería con Mención en Gestión de Riesgos y Cambio Climático

**7. Asesor:**

Apellidos y Nombres: TINOCO MEYHUAY TITO MONER

Teléfono: 944426060

Correo electrónico: ttinoco2409@hotmail.com

DN.I o Extranjería: 31648615

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

**Firma:** ..... 

**D.N.I.:**

**FECHA:**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”**

---

**ESCUELA DE POSTGRADO**

**INFLUENCIA DEL CAMBIO DE TUBERÍAS EN LA  
VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SISTEMA DE AGUA  
POTABLE DE LA CIUDAD DE HUARAZ**

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

**REMO CRISANTO BAYONA ANTÚNEZ**

Asesor: **Mag. TITO MONER TINOCO MEYHUAY**

**Huaraz - Ancash - Perú**

**2018**

N° de Registro T0664

## MIEMBROS DEL JURADO

*Magíster* Javier Cotos Vera

Presidente

---

*Magíster* Amancio Salazar Garay

Secretario

---

*Magíster* Tito Moner Tinoco Meyhuay

Vocal

---

**ASESOR**

*Magíster* Tito Moner Tinoco Meyhuay

## **AGRADECIMIENTO**

- Quiero agradecer a la Empresa Prestadora de Servicios Chavín por su valiosa colaboración para el desarrollo de esta investigación, especialmente a su gerente, el Ingeniero Julio Coral Jamanca. Mi agradecimiento también a Miguel Ángel Rincón, Alex Cochachin, Héctor Ita y otros, quienes me brindaron un importante apoyo.
- Un agradecimiento especial a mi asesor, el Msc Tito Tinoco Meyhuay por su importante participación y apoyo constante, durante la realización de la presente investigación.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
Resumen	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivos.....	2
Objetivo general .....	2
Objetivos específicos .....	2
1.2. Hipótesis .....	2
1.3. Variables.....	3
II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Bases Teóricas .....	13
2.3. Definición de Términos .....	25
III. METODOLOGÍA .....	27
3.1. Tipo y Diseño de la Investigación .....	27
3.2. Plan de Recolección de la Información .....	27
Población .....	27
Muestra .....	27
3.3. Instrumentos de recolección de la información .....	27
3.4. Plan de Procesamiento y análisis estadístico de la información .....	28

IV. RESULTADOS .....	34
V. DISCUSIÓN .....	40
VI. CONCLUSIONES .....	41
VII. RECOMENDACIONES .....	42
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
ANEXO	

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	4
Tabla 2 Materiales más usados en las tuberías de agua, normas aplicables y su vulnerabilidad frente a la deformación del suelo.....	8
Tabla 3 Factores de zona .....	18
Tabla 4 Factor de amenaza por tipo de perfil de suelo (FTPS).....	19
Tabla 5 Factor de amenaza por licuefacción potencial (FLPS).....	20
Tabla 6 Factor de amenaza por deformación permanente del suelo (FDPS) .....	21
Tabla 7 Índices básicos de daño (IBD) por sismos, en tuberías de hierro fundido (HF).....	22
Tabla 8 Factores de corrección por tipo de material (FCM) .....	23
Tabla 9 Tabla de codificación de tuberías .....	29
Tabla 10 Longitudes según el tipo de tubería y el tipo de suelo (Red de distribución existente).....	34
Tabla 11 Longitudes de tuberías según su tipo y el FAS (Red de distribución existente).....	35
Tabla 12 Longitudes según el tipo de tubería y el tipo de suelo (Red de distribución proyectada).....	35
Tabla 13 Longitudes de tuberías según su tipo y el FAS (Red de distribución proyectada).....	35
Tabla 14 Cálculo del número de fallas en la red de distribución existente .....	37
Tabla 15 Cálculo del número de fallas en la red de distribución proyectada.....	37

Tabla 16 Presupuesto de reparación de la red de distribución existente .....	38
Tabla 17 Presupuesto de reparación de la red de distribución proyectada.....	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Zonificación sísmica del Perú Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.....	18
Figura 2 Abrazadera metálica para unión o reparación de tubos Fuente: Traxto S. A. ....	25

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia.....	46
Anexo 2 Escala de intensidad Mercalli Modificada (resumida).....	47
Anexo 3 Escala MMA – 01.....	49
Anexo 4 Costos unitarios para reparación de daños.....	52
Anexo 5 Metrados para reparación de la red de distribución existente.....	57
Anexo 6 Metrados para reparación de la red de distribución proyectada.....	59

## RESUMEN

La presente investigación, según su fin es aplicada, de nivel descriptivo. La comparación de poblaciones es de corte longitudinal.

El objetivo de la investigación fue analizar la influencia del cambio de tuberías en la vulnerabilidad sísmica de la red de agua potable de la ciudad de Huaraz. Se supuso un sismo de intensidad IX en la escala de Mercalli en la ciudad de Huaraz. Se estimó el número de roturas en la red de distribución del distrito de Huaraz antes y después del cambio de tuberías.

Se utilizó una metodología desarrollada por la Organización Panamericana de la Salud, basada en el caso del terremoto de Puerto Limón del año 1991. Se estimó el número de roturas en la red en función de las características del suelo y las características de las tuberías. Se estimaron y compararon los presupuestos de reparación antes y después del cambio de tuberías.

Se determinó que ante la ocurrencia de un evento sísmico de intensidad IX en la escala de Mercalli, se hubieran producido 977 roturas en la red antigua, mientras que en la red nueva se producirían 576 roturas. Como consecuencia del sismo se necesitaría un monto de 1091749.62 nuevos soles para poner operativa la red antigua, mientras que para reparar la red nueva se necesitaría invertir 642784.76 soles., lo cual significa un ahorro de 448964.86 soles.

**Palabras clave:** Sismo, red de distribución, rotura, vulnerabilidad sísmica

## **ABSTRACT**

The present investigation, according to its purpose is applied, of descriptive level. The comparison of populations is of longitudinal cut.

The objective of the research was to analyze the influence of the change of pipes in the seismic vulnerability of the drinking water network of the Huaraz city. An earthquake of intensity IX on the Mercalli scale was assumed in the city of Huaraz. The number of breaks in the distribution network of the Huaraz district was estimated before and after the pipeline change. A methodology developed by the Pan American Health Organization was used, based on the case of the 1991 Puerto Limón earthquake. The number of breaks in the network was estimated according to the characteristics of the soil and the characteristics of the pipes. The repair budgets were estimated and compared before and after the pipeline change.

In a seismic event of intensity IX in the scale of Mercalli, there would have been 977 breaks in the old network, while in the new network there would be 576 breaks. As a result of the earthquake would require an amount of 1091749.62 soles to put the old network operative, while to repair the new network would need to invest 642784.76 soles, which means a saving of 448964.86 soles.

**Key words:** earthquake, water network, breaks, vulnerability

## I. INTRODUCCIÓN

El Perú se encuentra dentro del círculo de fuego del Pacífico, la zona de mayor actividad sísmica del mundo. El departamento de Ancash ha sido castigado varias veces por fuertes sismos, siendo el más recordado el del 31 de Mayo de 1970, que afectó gravemente a la ciudad de Huaraz.

Los servicios básicos, y entre ellos el de agua potable son afectados por los sismos fuertes, debiendo ser repuestos lo más pronto posible. Para esto es importante que las empresas que prestan los servicios de agua potable estén preparadas.

La presente investigación se desarrolló en el distrito de Huaraz y determinó el efecto del cambio de tuberías, en la vulnerabilidad sísmica de la red de distribución. Se observó una disminución considerable de las roturas que se producirían ante un sismo de intensidad IX en la escala modificada de Mercalli, debido al cambio de tuberías que se está llevando a cabo en la ciudad de Huaraz. En consecuencia, el costo de la reparación sería considerablemente menor.

El análisis de la vulnerabilidad de la red de distribución antes y después del cambio de tuberías se desarrolló mediante una metodología para estimar en forma aproximada, el número esperado de roturas en tuberías afectadas por movimientos sísmicos, presentada por la Organización Panamericana de la Salud y basada en el Estudio de Caso del Terremoto del Limón, Costa Rica, 1991.

Los resultados de la investigación muestran la importancia del cambio oportuno de tuberías desde el punto de vista de la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable, y podrían tomarse en cuenta en los planes de contingencia.

## **1.1. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar la influencia del cambio de tuberías en la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable de la ciudad de Huaraz.

### **Objetivos específicos**

- Estimar el número de roturas que se producirían en la red de distribución de agua potable del distrito de Huaraz y los costos de reparación, ante un sismo de intensidad IX en la escala modificada de Mercalli, antes del cambio de tuberías.
- Estimar el número de roturas que se producirían en la red de distribución de agua potable del distrito de Huaraz y los costos de reparación, ante un sismo de intensidad IX en la escala modificada de Mercalli, después del cambio de tuberías.
- Comparar el número de roturas producidas y el costo de reparación de las tuberías, antes y después del cambio de tuberías de la red de distribución del distrito de Huaraz.

## **1.2. Hipótesis**

La vulnerabilidad sísmica de la red de distribución del sistema de agua potable de la ciudad de Huaraz disminuirá considerablemente con el cambio de tuberías.

### **1.3. Variables**

La variable dependiente es la vulnerabilidad sísmica (número de roturas en la red de distribución del distrito de Huaraz).

Las variables independientes son: el Índice Básico de Daño Corregido (IBDC) y la longitud de tubería.

Tabla 1: *Operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Vulnerabilidad sísmica (número de roturas).	Cantidad de roturas que se producirían en la red de distribución del distrito de Huaraz, ante un sismo de intensidad IX.			Metodología de la Organización Panamericana de la Salud.
Índice Básico de Daño Corregido.	Número de fallas en una tubería, calculado en base al Factor de Amenaza Sísmica y a la intensidad del sismo, corregido mediante factores de corrección.	Factor de amenaza sísmica	-Factor de amenaza por tipo de perfil de suelo. -Factor de amenaza por licuefacción potencial. -Factor de amenaza por deformación permanente del suelo.	-Microzonificación sísmica. -Microzonificación sísmica. -Microzonificación sísmica y mapa de pendientes.
		Intensidad del sismo.	Intensidad en la escala de Mercalli	-Antecedentes sísmicos de la zona
		Factores de corrección	-Factor de corrección por material. -Factor de corrección por diámetro. -Factor de corrección por antigüedad (estado).	Tablas y recomendaciones de la Organización Panamericana de la Salud.
Longitud de tubería.	Longitud de una tubería de características dadas (material, diámetro, antigüedad) dentro de ciertos rangos de FAS.	-Características de la tubería -Factor de amenaza sísmica	Codificación de las tuberías	Planos de la red y tabla de codificación propuesta por el tesista

Fuente: Elaboración propia

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (s.f.):

La propuesta, contenida gráficamente en la Lámina N° 29, contempla la existencia de las siguientes cinco zonas: ZONA I: Constituye la mejor zona. Sector aluvional compuesto por trozos de roca de diversos tamaños en una matriz de grava limosa o arena bien graduada. Napa freática por debajo de los 6 m. Variaciones topográficas poco importantes. No existe la posibilidad de asentamientos ni la presencia de grietas. No se espera amplificación sísmica. La capacidad portante varía de 2 a 2.5 Kg./cm<sup>2</sup>. El período del suelo varía de 0.15 a 0.20 seg. ZONA II: Zona conformada por gravas y arena poco densa de diversa graduación. Napa freática por debajo de los 3 m. Topografía con pendiente ligeramente pronunciada. No existe la posibilidad de asentamiento ni presencia de grietas. Posible ocurrencia de amplificación sísmica. Capacidad portante entre 1 y 2 Kg./cm<sup>2</sup>. ZONA III: Zona conformada por gravas y arenas sueltas de distinta graduación, en una matriz de arena limo-arcillosa. Nivel de la napa freática profunda. Topografía con pendiente pronunciada del orden de 15%. Se esperan asentamientos y amplificaciones sísmicas. Capacidad portante entre 1 y 2 Kg./cm<sup>2</sup>. El período del suelo varía de 0.30 a 0.35 seg. ZONA IV: Características similares a los de la zona III, con probabilidad de daños sísmicos mayores. Se esperan asentamientos, presencia de grietas y amplificación sísmica. Capacidad portante recomendable:

1.5 Kg./cm<sup>2</sup> . El período del suelo varía de 0.35 a 0.40 seg. ZONA V: Esta zona presenta las condiciones más desfavorables. Está conformada por una capa de material de escombros hasta profundidades de 1.20 m. Luego por sucesivas capas de arcilla limosa o arena arcillosa blandas y poco consolidadas. Napa freática superficial, entre 0.65 y 1.90 m. Variaciones topográficas poco importantes. Se esperan asentamientos, agrietamientos y amplificación sísmica. Capacidad portante recomendable menor a 1 Kg./cm<sup>2</sup> . El período promedio del suelo es de 0.30 seg.

Pag. (90-91)

Según la Organización Panamericana de la Salud (2004):

Dado los efectos tan negativos que diferentes fenómenos pueden producir sobre los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento - tales como ruptura de las tuberías de aducción y distribución, la alta contaminación de manantiales o la afectación a plantas de tratamiento- los procesos de mitigación y prevención son de gran importancia. Además, se ha demostrado que siempre es más económico invertir en la prevención que el desembolso posterior a los desastres en tareas 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. En cambio, si se hubiesen ejecutado las oportunas medidas de mitigación previamente al desastre, éstas hubiesen sido del orden de los US\$ 5 millones, sin contar con la innecesaria exposición de la población a correr riesgos sanitarios. Pag. (205)

Según indican Guzmán, Bravo, Villalobos Felipe, y Montalva (s.f.) en el Estudio preliminar de roturas de tuberías de agua potable en el Gran Concepción:

Es posible establecer valores promedios de 0.4, 0.3, 0.2 y 0.1 fallas/km en Concepción para tuberías de asbesto cemento, fierro fundido, PVC y acero, respectivamente. Estos valores aumentan a 0.8 y 0.7 en asbesto cemento y fierro fundido en Talcahuano y Hualpén. Sin embargo, al determinar el número de fallas/km por cuartel se llega a valores de 1 hasta 32 fallas/km. Las tuberías de aguas potable rígidas de asbesto cemento, PVC y fierro fundido se vieron, en ese orden, seriamente afectadas por roturas. En cambio, no se registró ninguna falla en tuberías flexibles de HDPE. Se registraron más fallas en suelos de arena fina y limosa proveniente de depósitos eólicos y coluviales, seguidos por depósitos fluviales del Bío Bío y Andalién. También se concluye que las tuberías enterradas en suelos saturados o de alta humedad sufrieron más daño de acuerdo a los datos registrados en sectores aledaños al mar, ríos y lagunas. Se recomienda incorporar en futuros estudios los efectos de la densidad relativa y del peso unitario compactado de los suelos que rodean a la tubería, además del posible efecto de la pendiente de la tubería y del terreno sobre ella. El promedio total no necesariamente refleja situaciones de concentración de fallas y por ello puede inducir a minimizar el problema.

Según la Organización Panamericana de la Salud (2003):

Tabla 2

*Materiales más usados en las tuberías de agua, normas aplicables y su vulnerabilidad frente a la deformación del suelo*

Tipo de material y diámetro	Norma AWWA	Tipo de unión
<b>Vulnerabilidad baja</b>		
Hierro dúctil	Series C1xx <sup>†</sup>	Campana y espiga con empaque de caucho, fija
Poliétileno	C906	Fundida
Acero	Series C2xx	Soldada con arco voltaico
Acero	Sin designación	Remachada
Acero	Series C2xx	Campana y espiga con empaque de caucho, fija
<b>Vulnerabilidad baja a media</b>		
Cilindro de concreto	C300, C3003	Campana y espiga, fija
Hierro dúctil	Series C1xx <sup>*</sup>	Campana y espiga con empaque de caucho, suelta
Policloruro de vinilo	C900, C905	Campana y espiga, fija
<b>Vulnerabilidad media</b>		
Asbesto-cemento > 8 pulgadas (203 mm) de diámetro	Series C4xx <sup>*</sup>	Acoplada
Hierro fundido > 8 pulgadas (203 mm) de diámetro	Sin designación	Campana y espiga con empaque de caucho
Policloruro de vinilo	C900, C905	Campana y espiga, suelta
Acero	Series C2xx	Campana y espiga con empaque de caucho, suelta
<b>Vulnerabilidad media a alta</b>		
Asbesto-cemento > 8 pulgadas (203 mm) de diámetro	Series C4xx	Vulnerabilidad media a alta
Hierro fundido > 8 pulgadas (203 mm) de diámetro	Sin designación	Acoplada
Cilindro de concreto	C300, C303	Campana y espiga con empaque de caucho
Acero	Sin designación	Campana y espiga, suelta
		Soldada con gas
<b>Vulnerabilidad alta</b>		
Hierro fundido	Sin designación	Campana y espiga, galvanizada o de mortero

Fuente: Organización Panamericana de la Salud

Según Morales (1994):

Existen 3 fuentes de abastecimiento (500 L/s) para la ciudad de Limón y sus alrededores (fig. 1), Río Blanco, Moín y la principal que es la de La Bomba (70%), donde existe una toma de agua del río Banano y una planta de tratamiento, además de una batería de pozos. De La Bomba salen dos acueductos hacia la ciudad de Limón, el más nuevo de 15 km de longitud y 500 mm de diámetro, con recubrimiento externo e interno de concreto, cuya reparación llevó 2,5 meses. El más viejo y angosto (300 mm) de hierro fundido, con una longitud de 17 km, sigue la ruta del ferrocarril, y el más nuevo (500 mm) de concreto sigue aproximadamente la carretera vieja. Ambos sufrieron rupturas múltiples en su trayecto, 120 daños en el nuevo de concreto y 50 en el viejo de hierro fundido (el acueducto de Mohín hacia Limón con 12 km de longitud y de 30 mm de diámetro y de hierro dúctil, tuvo unos 25 daños y fue el primero en rehabilitarse). En la red de distribución se presentaron alrededor de 470 daños, sobre todo en las tuberías de asbesto-cemento, lo cual dejó a la ciudad con racionamiento de agua por cerca de tres meses.

Según el Proyecto Ciudades Sostenibles (s.f.):

En Huaraz se identifican siete tipos de suelo en función de sus características geotécnicas, de acuerdo a la descripción siguiente:

## ZONA I -SUELO TIPO I

Corresponde al sector aluvional que comprende básicamente la zona por donde discurre el río Quilcay, específicamente el área aproximada que abarcó el gran aluvión del 13 de diciembre de 1941, área de influencia de los ríos Parias y Auqui.

Está compuesto por rocas de diversos tamaños, llegando a superar los 3.00 mts de diámetro, el cual está rodeado de una matriz de grava mediana a grande con arena arcillosa-limosa, bien graduado, formando rellenos aluvionales.

El nivel freático superior a los 6 mts de profundidad, representando suelos de alta capacidad portante, superior a los 2.50 kgs/cm<sup>2</sup> , incrementándose en forma alta a mayor profundidad y de baja amplificación sísmica. Representa el mejor suelo adecuado para estructuras altas del punto de vista sísmico, pero potencialmente vulnerable a aluviones y avalanchas, esto lo podemos observar en el panel de vistas fotográficas del sector aluvional.

Comprende por la zona sur de Huaraz con la Av. Raimondi, hacia el norte, parcialmente la Av. Centenario, Av. Manco Cápac, Av. Libertadores.

## ZONA II-SUELOS II

Se ubica en su mayor parte en la zona que corresponde al sector Centenario, que corresponde a zona de suelos con alto contenido aluvional, restos de los generados en la zona del cono aluvional del río Quilcay. Suelos consolidados y compactos, de baja amplificación sísmica, como demostró los bajos daños en edificaciones y viviendas en el sismo de 31 de mayo de 1970.

Representa suelos conformados por fragmentos angulosos o cantos rodados de diversos tamaños, que superan los 50 cms de diámetro, rodeado de una matriz de limo-arcillos arenoso. Capacidad portante muy superior a los 2.00 kgs/cm<sup>2</sup>. Suelos consolidados con nivel freático bastante profundo.

### ZONA III-SUELOS III

Grava areno limosa bien graduada de origen aluvial y/o fluvial, de compacidad media sobre terrenos de pendiente variable entre 15° a 30°, con media a regular capacidad portante (1.00 Kg/cm<sup>2</sup> a 2.00 Kg/cm<sup>2</sup>),

El suelo se caracteriza por estar conformado por fragmentos angulosos a sub-angulosos (cantos rodados) de diversos tamaños, de baja plasticidad.

Nivel freático muy profundo y topografías variables y de pendiente. En su mayor parte corresponde a suelos consolidados.

### ZONA IV-SUELO IV

Sector de suelos compuesto por capa de material de escombros (resto del sismo de 1970), luego sucesiva capas de arcilla limosa o arenas arcillosas medianamente consolidadas, nivel freático superior a los 2.50 mts, debe tenerse presente que el actual control del río Tajamar, factor influyente en la variación del nivel freático en la zona urbana antigua de la Ciudad de Huaraz ,ha generado la profundización del nivel freático, verificado en las calicatas ,C-11,C-10,C-4,C-3, ejecutado recientemente por INDECI (Noviembre 2003)

No se descarta analizar el efecto interacción suelo-estructura.

## ZONA V-SUELO TIPO V

Zona cercana a la ribera del río Santa, en su encuentro con llegada del río Quilcay y parcialmente la Av. 27 de Noviembre y la Av. Confraternidad Oeste.

Corresponde a suelos del tipo fluvial. conformado por gravas de canto rodado con matriz de suelo arenoso con ligero porcentaje de limos, que conforman terrazas fluviales de reciente formación, muchos de ellos formado después del sismo del 31 de mayo de 1970.

De baja plasticidad, que determina posibilidades de sufrir asentamientos significativos y amplificación sísmica, especialmente los rellenos formulados posterior al sismo de 1970. Téngase presente que en evaluaciones realizadas antes de 1995, existía afloramiento de agua superficial, especialmente en la zona del sector Huarupampa, los rellenos han profundizado el nivel freático (ver calicata c-9-restauracion.)

La capacidad portante varía entre 1.00 a 1.5 kgs/cm<sup>2</sup>, debiéndose tener presente en construcciones altas el efecto interacción suelo-estructura.

En la fecha en esta zona se presenta la formación de diversas urbanizaciones, con edificaciones que varían entre 2 a 4 pisos, no habiéndose previamente formulado un ordenamiento urbano, sus calles estrechas lo demuestra.

## ZONA VI-SUELO VI

Suelo de características físicas similares a suelo II, pero representado por rellenos – terrenos de suelos fluviales, cantos rodados con matriz de reciente/o en proceso de formación, consecuencia del proceso urbano desordenado, básicamente invasiones, como representa los A.H. 8 de Marzo(cerca al cruce del Río Seco y Río Santa, y A.H. Río Santa).

Suelos no plásticos, pero con un gran potencial de asentamiento y amplificaciones sísmicas altas.

En cierta forma suelos de reciente formación.

## ZONA VII-SUELO VII

Representa suelos de condiciones bastantes desfavorables, compuesto por ligera capa de material de relleno, luego sucesivas capas de arcilla limosa o arenas arcillosas poco consolidadas, saturadas a poca profundidad, nivel freático inferior a 1.50mts. En época de lluvias y efecto del río Tajamar sube el nivel freático.

Alta posibilidad de potencial de licuefacción y amplificación sísmica, valores significativos de asentamiento, grietas, como se presentó en el sismo del 31 de mayo de 1970.

## **2.2. Bases Teóricas**

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (2009):

“Peligro es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente dañino, para un periodo específico y una localidad o

zona conocidas. Se identifica, en la mayoría de los casos, con el apoyo de la ciencia y tecnología.”

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (2009):

“Vulnerabilidad es el grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser: física, social, económica, cultural, institucional y otros.”

Según el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (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 de los desplazamientos resultantes, regidos además por la resistencia de los materiales rocosos de la corteza terrestre, bien sea en zonas de interacción de placas tectónicas, como dentro de ellas. Pag. (34)

Según Kuroiwa (2005):

La magnitud es una medida indirecta de la cantidad total de energía que se libera, por medio de las ondas sísmicas, durante el evento sísmico, la que puede estimarse de las amplitudes de las ondas sísmicas registradas en los sismógrafos, que son instrumentos muy sensibles especialmente diseñados para este fin, que generalmente se colocan sobre suelo rocoso. Los sismógrafos registran los sismos que ocurren en todo el mundo. Con los registros, llamados sismogramas, de varias

estaciones, es posible determinar el epicentro, la profundidad focal y calcular la magnitud del sismo. El Dr. Charles Richter, desaparecido profesor del Instituto Tecnológico de California – CALTECH, desarrolló en 1958 una metodología sencilla, de carácter empírico, para determinar el tamaño de los sismos. Esta metodología fue creada a partir de los registros de sismógrafos estándar, que instaló en California, EUA.

La escala de magnitud más conocida es precisamente la propuesta por Richter, que se expresa en números arábigos, con aproximaciones hasta los décimos. Por ejemplo, el sismo de Ancash del 31 de mayo de 1970, fue de magnitud 7,8.

Según Kuroiwa (2005):

La intensidad o escala de observaciones es la medida o estimación empírica de la vibración o sacudimiento del suelo, a través de cómo el hombre percibe las vibraciones sísmicas en el ambiente en que vive, el grado de daños que causan en las construcciones y los efectos que tienen sobre la naturaleza.

La Mercalli Modificada, usada en las Américas y la MSK, usada en Europa, son las dos escalas más conocidas.

Sin embargo, ninguna de estas escalas es adecuada para la costa occidental de América del Sur, debido a que las construcciones a las que se refieren corresponden a edificaciones construidas en California a fines de los años 50 y en la Europa de los 60, época en que entraron en vigencia dichas escalas.

La geografía del oeste de Sudamérica, cuya característica más conspicua son los Andes, con elevadas montañas, es también diferente al entorno topográfico al que responden estas escalas.

Por estas razones, un grupo de egresados de la CISMID FIC/UNI y el autor desarrollaron entre 1989 y 1992 una nueva escala aplicable a los países de la costa occidental de Sudamérica, la “MMA-92” la Escala Mercalli Modificada para los Países Andinos, cuya primera propuesta se terminó de elaborar en 1992.

Según Keller y Blodgett (2007):

Las características de un sismo de intensidad IX en la escala de Mercalli modificada son: “Daños considerables en estructuras especialmente diseñadas; estructuras de armazón bien diseñadas distorsionadas; muy grave en edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios son levantados de los cimientos. El suelo se agrieta de manera evidente. Se rompen las tuberías subterráneas.” Pag. (38)

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (s.f.):

La experiencia de impactos del pasado ha permitido conocer sus consecuencias en los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, siendo posible de alguna manera predecir su impacto y por ende prepararse para hacerles frente, lo que se puede hacer en tres instancias: primero, en la fase de diseño mediante el diseño de estructuras alejadas de los riesgos y resistentes al impacto de las amenazas usuales de la zona; segundo, a través de la implementación de medidas de mitigación

dirigidas a mejorar la resistencia de las estructuras débiles o críticas; y tercero, mediante el establecimiento de medidas a ser implementadas como fuentes alternas luego del impacto.

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016):

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 1. La zonificación propuesta 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

A cada zona se le asigna un factor  $Z$  según se indica en la tabla 2. Este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno, con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.



Figura 1. Zonificación sísmica del Perú  
Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (2016)

Tabla 3  
Factores de zona

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
3	0,40
2	0,30
1	0,15

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (2016)

Según la Organización Panamericana de la Salud (1998):

El Factor de amenaza por tipo de perfil de suelo (FTPS) se determina de acuerdo a la tabla 4.

Tabla 4  
*Factor de amenaza por tipo de perfil de suelo (FTPS)*

Denominación	Descripción	FTPS
Rocoso	Estratos rocosos o suelos muy consolidados, con velocidades de propagación de ondas de corte en exceso a 750 m/seg.	1,0
Firme	Estratos de suelos bien consolidados, o blandos con espesor menor a 5 metros.	1,5
Blando	Estratos de suelos blandos con espesores en exceso de 10 metros.	2,0

Fuente: Organización Panamericana de la Salud (1998)

Según la Organización Panamericana de la Salud (1998):

El Factor de amenaza por licuefacción potencial (FLPS) se determina de acuerdo a la tabla 5.

Tabla 5  
*Factor de amenaza por licuefacción potencial (FLPS)*

Denominación	Descripción	FLPS
Baja	Suelos bien consolidados y con alta capacidad de drenaje, estratos subyacentes sin contenido de arenas apreciable.	1,0
Moderada	Suelos con moderada capacidad de drenaje, estratos subyacentes con contenido de arenas moderado.	1,5
Alta	Suelos mal drenados, niveles freáticos altos, estratos subyacentes con alto contenido de arenas, zonas deltaicas de ríos y depósitos aluviales.	2,0

Fuente: Organización Panamericana de la Salud (1998)

Según la Organización Panamericana de la Salud (1998):

El Factor de amenaza por deformación permanente del suelo (FDPS) se determina de acuerdo a la tabla 6.

Tabla 6  
*Factor de amenaza por deformación permanente del suelo (FDPS)*

Denominación	Descripción	FDPS
Baja	Suelos bien consolidados, terrenos con pendientes bajas, rellenos bien compactados, áreas alejadas de cauces de ríos o fallas geológicas.	1,0
Moderada	Suelos consolidados, terrenos con pendientes menores al 25%, rellenos compactados, áreas cercanas a cruces de ríos o fallas geológicas.	1,5
Alta	Suelos mal consolidados, terrenos con pendientes superiores al 25%, áreas ubicadas muy cerca o dentro de cauces de ríos o fallas geológicas.	2,0

Fuente: Organización Panamericana de la Salud (1998)

Según la Organización Panamericana de la Salud (1998):

El factor de amenaza sísmica (FAS) del área es caracterizada por el producto:

$$(FAS) = (FTPS) \times (FLPS) \times (FDPS)$$

Valores de (FAS) inferiores a 2 se consideran de baja amenaza sísmica; entre 2 y 4 amenaza sísmica moderada; iguales o mayores que 4, amenaza sísmica alta.

Según la Organización Panamericana de la Salud (1998):

Para el cálculo de la vulnerabilidad sísmica se siguen los siguientes pasos:

- Seleccionar el Índice Básico de Daño según la Tabla 7.

Tabla 7

*Índices básicos de daño (IBD) por sismos, en tuberías de hierro fundido (HF)*

Intensidad de Mercalli	Índice Básico de Daño (IBD)	
	FAS $\leq$ 2	FAS > 2
VI	0,0015	0,01
VII	0,015	0,09
VIII	0,15	0,55
IX	0,35	4,00
X	0,75	30,0

Fuente: Organización Panamericana de la Salud (1998)

- En caso de que la tubería no sea de hierro fundido (HF), se recomienda emplear los factores de corrección que se dan en la Tabla 8.

Tabla 8  
Factores de corrección por tipo de material (FCM)

Material	FCM
Acero Dúctil (AD) 0,25	0,25
Hierro Fundido (HF)	1,00
Cloruro de Polivinilo (PVC)	1,50
Asbesto Cemento (AC)	2,60
Concreto Reforzado (CR)	2,60

Fuente: Organización Panamericana de la Salud (1998)

Según la Organización Panamericana de la Salud (1998):

Los factores de corrección por tipo de material pueden ser afectados por el estado general de la tubería y/o los años de servicio, a juicio del profesional responsable de la evaluación. Para tuberías viejas o en mal estado los valores de la Tabla 7 pueden incrementarse hasta en un 50%; si su estado es considerado regular este porcentaje no tiene por qué sobrepasar el 25%; y para tuberías en buen estado no es necesario modificar los valores de la Tabla 7.

Las estadísticas de daños también revelan que las tuberías de menor diámetro tienden a ser más vulnerables. Así, para tuberías con diámetros menores o iguales a 75 mm., puede aplicarse un factor de aumento de hasta 50%; diámetros entre 75 mm. y 200 mm. se puede incrementar hasta un 25%; y para tuberías con diámetros en exceso a 200 mm. no es preciso incrementar los valores dados.

Según la Organización Panamericana de la Salud (1998):

La metodología para el cálculo del número de fallas por kilómetro, se ilustra con un ejemplo.

Este consiste en una tubería de concreto reforzado (CR), relativamente nueva y en buenas condiciones, de 500 mm. de diámetro, ubicada en un área donde se esperan sismos con Intensidades de Mercalli Grado IX; su longitud total es de 15,5 Km., la cual se puede dividir en los siguientes tres tramos con arreglo a la Sección A3.2 de este Anexo:

Tramo 1: 1,8 Km. de longitud en áreas de baja amenaza sísmica ( $FAS \leq 2$ ).

Tramo 2: 12,7 Km. de longitud en áreas de amenaza sísmica moderada ( $FAS > 2$ ).

Tramo 3: 1,0 Km. de longitud en áreas de alta amenaza sísmica ( $FAS > 2$ )

El total de fallas esperadas es igual a:

$$1,8 \times 0,35 \times 2,60 + 12,7 \times 4,0 \times 2,60 + 1,0 \times 4,0 \times 2,60 = 144 \text{ fallas/Km}$$

Obsérvese que si esta tubería hubiese sido de acero dúctil (AD), el número de fallas por kilómetro se reduce a:  $144 \times (0,25/2,60)=14$ ; es decir diez veces menor.

Según Traxto SA (s.f.):

Las abrazaderas para unión y reparación de conducciones son aptas incluso para desviaciones y desalineaciones angulares. Estas abrazaderas metálicas son fácilmente instalables, por lo que resultan sencillas las tareas de montar y desmontar, permitiendo un ahorro en gastos y tiempo de trabajo.

Se pueden utilizar para reparar tuberías de materiales muy diversos como PVC, poliéster, fibrocemento, fundición, polietileno, acero...

Gracias a su gran anchura de cierre eficaz, permite reparar tuberías con sólo una herramienta de mano y la labor de uno o dos operarios, en función del diámetro de abrazadera. Las abrazaderas metálicas para tubos pueden trabajar sobre superficies irregulares o ásperas uniendo tuberías con separaciones de hasta 200 mm.



*Figura 2 Abrazadera metálica para unión o reparación de tubos  
Fuente: Traxto S. A.*

### **2.3. Definición de Términos**

Agua Potable. - Agua que cumple con ciertas normas de calidad fisicoquímica y microbiológica, que la hace apta para el consumo humano.

Espesor del suelo. - distancia vertical entre la superficie del suelo y la roca madre.

Licuefacción. - Pérdida temporal de resistencia del suelo de grano fino, originada por un sismo.

Nivel freático.- Nivel de la superficie libre del agua subterránea.

Pendiente del terreno.- Es la inclinación del terreno respecto a un plano horizontal.

Red de distribución. - Sistema de tuberías que permite distribuir el agua potable a los usuarios.

Red de distribución existente. - Red de distribución que se tenía en la zona de estudio antes de que se iniciara la ejecución de la obra de cambio de tuberías.

Red de distribución proyectada. - Red de distribución considerada en el expediente técnico para la zona de estudio.

Sistema de abastecimiento de agua potable. - Conjunto de tuberías y estructuras que permiten la captación, conducción, tratamiento y distribución de agua potable a una determinada población.

Suelo consolidado. - Suelo que ha reducido su volumen por acción de una carga o drenaje de agua de los poros.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y Diseño de la Investigación**

El tipo de investigación es aplicada, ya que se basa en la aplicación de la teoría (metodología de la Organización Panamericana de la Salud) en la solución de un problema (determinación de la vulnerabilidad de la red, antes y después del cambio; y su comparación). El diseño es no experimental, longitudinal.

#### **3.2. Plan de Recolección de la Información**

##### **Población**

La población está representada por las tuberías de la red de distribución de la ciudad de Huaraz.

##### **Muestra**

La muestra está constituida por las tuberías de la red de distribución del distrito de Huaraz, ubicadas dentro de la zona que abarca la microzonificación sísmica de la Municipalidad Provincial de Huaraz.

#### **3.3. Instrumentos de recolección de la información**

Los datos sobre las características de los suelos de la zona de estudio se obtuvieron del plano de microzonificación sísmica del plan de desarrollo urbano 2012 – 2022 de la Municipalidad Provincial de Huaraz. En el plano se muestran datos sobre el

tipo de suelo, profundidad del suelo, nivel de la napa freática, características geomecánicas del suelo, etc.

Los datos correspondientes a las tuberías de la red de distribución del distrito de Huaraz, que se encuentran dentro de la zona de estudio, fueron obtenidos de planos proporcionados por la EPS Chavín: plano de la red de distribución existente, plano de las redes primarias proyectadas y plano de las redes secundarias proyectadas. En los planos se muestran las tuberías y se indican los materiales y los diámetros de las mismas.

Se hizo uso también, de un modelo de elevación digital (DEM) del MINAM.

#### **3.4. Plan de Procesamiento y análisis estadístico de la información**

Para la presente investigación se restringió el área de estudio al área delimitada por los ríos Quillcay, Seco y Santa, donde existen datos de microzonificación sísmica. Esta zona se muestra en la lámina 01.

En el plano de la red de distribución existente, lámina 02, obtenida de la información proporcionada por la Empresa Prestadora de Servicios Chavín (EPS Chavín), y en los planos de la red primaria proyectada y el de las redes secundarias proyectadas, se encontraron tuberías de diferentes materiales y diámetros.

Se procedió a realizar la codificación de las tuberías de acuerdo a los materiales y diámetros. Se le asignó el código 1 a las tuberías de diámetro menor o igual a 3

pulgadas, el código 2 a las tuberías cuyo diámetro es mayor que 3 pero menor o igual a 8 pulgadas, y el código 3 a las tuberías con diámetros superiores a 8 pulgadas. A las tuberías de policloruro de vinilo se le codificó como PVC, a las tuberías de asbesto cemento como AC, a las de fierro fundido como FF y a las de Polietileno de alta densidad como HDP.

Considerando esto, las tuberías quedaron codificadas como se muestra en la tabla 9.

*Tabla 9*

*Tabla de codificación de tuberías*

Material	$D \leq 3''$	$3'' < D \leq 8''$	$D > 8''$
Policloruro de vinilo	PVC1	PVC2	PVC3
Asbesto-cemento	AC1	AC2	AC3
Fierro fundido	FF1	FF2	FF3
Polietileno de alta densidad	HDP1	HDP2	HDP3

Fuente: Elaboración propia

Los planos de las redes primarias proyectadas y redes secundarias proyectadas, proporcionados por la EPS Chavín, elaborados en AutoCad, se juntaron en uno

solo, la lámina 03, denominada red de distribución proyectada. De esta manera quedaron dos planos con información sobre las tuberías: el plano de la red de distribución existente y el plano de la red de distribución proyectada. En los dos planos se modificaron los nombres de las capas de las tuberías, denominándolas en concordancia con la tabla 9 de codificación de tuberías. Ambos planos fueron exportados al ArcGis, limitándonos a la zona del distrito de Huaraz entre los ríos Santa, Quillcay y seco, donde se cuentan con datos de microzonificación sísmica y recortándose lo demás. Los planos se adjuntan a la investigación (Láminas 02 y 03).

Usando un modelo de elevación digital (DEM) del MINAM se elaboró un mapa de pendientes para la zona de estudio, con ayuda del ArcGis (lámina 04). El plano de microzonificación sísmica de la Municipalidad Provincial de Huaraz se exportó del Autocad al ArcGis, obteniéndose la lámina 05 (Microzonificación sísmica) para la zona de estudio.

La zona de investigación se subdividió de acuerdo al valor del factor de amenaza por tipo de perfil de suelo (FTPS), tomando como base para esto la tabla 4 y la lámina 05. De esta manera se obtuvo la lámina 06 (Factor de amenaza por tipo de perfil de suelo).

La zona de investigación se subdividió de acuerdo al valor del factor de amenaza por licuefacción potencial (FLPS), tomando como base para esto la tabla 5 y la lámina 05. De esta manera se obtuvo la lámina 07 (Factor de amenaza por licuefacción potencial).

Tomando en cuenta la tabla 6 y las láminas 04 y 05, se subdividió la zona de estudio de acuerdo al valor del factor de amenaza por deformación permanente del suelo (FDPS). Se obtuvo de esta manera la lámina 08 (Factor de amenaza por deformación permanente del suelo).

Con ayuda del ArcGis se unieron las tres láminas anteriores (06, 07 y 08) para obtener la lámina del producto de los factores de amenaza, o sea la lámina del factor de amenaza sísmica (FAS). El factor de amenaza sísmica (FAS) se muestra dos veces, una en combinación con la red de distribución existente (lámina 09) y otra en combinación con la red de distribución proyectada (lámina 10). En ambas láminas se resaltan dos zonas: una zona donde  $FAS \leq 2$ , correspondiente a amenaza sísmica baja; y otra zona donde  $FAS > 2$ , correspondiente a amenaza sísmica media y alta.

De la tabla 7, para un sismo de intensidad IX en la escala de Mercalli se tomaron dos valores del índice básico de daños (IBD) por sismos, en tuberías de hierro fundido. El primer valor,  $IBD = 0.35$  corresponde a las zonas en las que  $FAS \leq 2$ ; el segundo valor,  $IBD = 4.00$  corresponde a las zonas en las que  $FAS > 2$ .

Los valores de IBD determinados de la tabla 7 indican la cantidad de roturas esperadas por kilómetro de tubería, en el caso de que la tubería fuera de hierro fundido en buen estado y de diámetro superior a 8 pulgadas.

Tanto para las tuberías de la red de distribución existente como para las tuberías de la red de distribución proyectada, se procedió a corregir los valores del IBD, multiplicándolos por tres factores: el factor de corrección por tipo de tubería, el

factor de corrección por diámetro y el factor de corrección por antigüedad de la tubería.

La corrección por tipo de tubería se determinó de la tabla 8, ubicada en la pag. 23. En la tabla no aparece el valor del factor de corrección correspondiente a tuberías de polietileno de alta densidad; dicho valor fue asumido por el tesista, igual a 1.2, debido a que existe evidencia que el polietileno es mucho más resistente a las deformaciones del suelo que el PVC.

El factor de corrección por diámetro se consideró 1.5 para diámetros menores o iguales a 3", 1.25 para tuberías mayores a 3" pero menores o iguales a 8". Las tuberías mayores a 8" no requirieron de corrección. Esto se realizó en concordancia con las recomendaciones de la OPS, expuestas en las páginas 23y 24.

El factor de corrección por antigüedad se aplicó de la siguiente manera: 1.5 para tuberías en mal estado y 1.25 para tuberías en estado regular. Las tuberías en buen estado no requirieron corrección. Esto se realizó en concordancia con las recomendaciones de la OPS, expuestas en la pag. 23. En la red de distribución existente todas las tuberías de asbesto cemento están en mal estado, las de fierro fundido se consideró en estado regular, mientras que para las tuberías de PVC se consideró lo siguiente: El 30% se encontraron en estado bueno, 50% en estado regular y 20% en estado malo. En la red de distribución proyectada todas las tuberías se encontraron en buen estado.

Los productos de los IBD por los tres factores antes mencionados nos proporcionó los valores de los IBD corregidos, que en otras palabras expresan la cantidad de roturas esperadas por kilómetro de tubería.

Cada valor de IBD corregido se multiplicó por la longitud de tubería correspondiente para obtener el número de roturas o de fallas en toda la longitud de la tubería con las características dadas (material, diámetro y antigüedad). La suma de las fallas o roturas de todos los tipos de tuberías nos representa el total de roturas esperadas en la zona de estudio.

Los resultados del cálculo del número de roturas para las redes de distribución existente y proyectada se muestran en las tablas 14 y 15 en el capítulo de resultados.

En base a los costos unitarios del anexo 4 y a los metrados calculados en los anexos 5 y 6 se obtuvieron los presupuestos de reparación de las roturas presentadas en la red de distribución existente y en la proyectada, ante un sismo de intensidad IX en la escala de Mercalli.

Se realizó luego la comparación de los números de roturas y los presupuestos de reparación para las dos redes de distribución.

#### IV. RESULTADOS

El análisis realizado con ayuda del ArcGis nos proporciona los datos que se encuentran en las tablas 10, 11, 12 y 13.

La tabla 10 nos muestra las longitudes correspondientes a los diferentes tipos de tubería y tipos de suelo, mientras que la tabla 11 muestra las longitudes correspondientes a los diferentes tipos de tubería, y a los valores del factor de amenaza sísmica (FAS). Ambas tablas corresponden a la red de distribución existente.

La tabla 12 nos muestra las longitudes correspondientes a los diferentes tipos de tubería y tipos de suelo, mientras que la tabla 13 muestra las longitudes correspondientes a los diferentes tipos de tubería, y a los valores del factor de amenaza sísmica (FAS). Ambas tablas corresponden a la red de distribución proyectada.

*Tabla 10*

*Longitudes, en metros, según el tipo de tubería y el tipo de suelo (Red de distribución existente)*

TIPO DE TUBERÍA	TIPO DE SUELO					TOTAL
	IB	IIB	IIIB	IVB	VB	
AC2	4590.68	7240.40	3927.80	1596.60	13085.08	30440.56
AC3	0.00	436.09	0.00	0.00	633.66	1069.75
FF2	290.15	130.55	0.00	0.00	376.24	796.94
PVC1	7193.74	4209.82	3436.01	443.18	6528.52	21811.27
PVC2	9689.73	4970.87	5253.95	2716.66	8415.24	31046.45
PVC3	5745.51	2493.17	1848.71	768.68	4347.74	15203.81
<b>TOTAL</b>	<b>27509.81</b>	<b>19480.90</b>	<b>14466.47</b>	<b>5525.12</b>	<b>33386.48</b>	<b>100368.78</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

*Longitudes, en metros, de tuberías según su tipo y el FAS (Red de distribución existente)*

<b>TIPO DE TUBERÍA</b>	<b>FAS &lt; 2</b>	<b>FAS ≥ 2</b>	<b>TOTAL</b>
<b>AC2</b>	4590.68	25849.88	30440.56
<b>AC3</b>	0	1069.75	1069.75
<b>FF2</b>	290.15	506.79	796.94
<b>PVC1</b>	7193.74	14617.52	21811.26
<b>PVC2</b>	9689.73	21356.73	31046.46
<b>PVC3</b>	5745.51	9458.29	15203.8
<b>TOTAL</b>	27509.81	72858.96	100368.77

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

*Longitudes, en metros, según el tipo de tubería y el tipo de suelo (Red de distribución proyectada)*

<b>TIPO DE TUBERÍA</b>	<b>TIPO DE SUELO</b>					<b>TOTAL</b>
	<b>IB</b>	<b>IIB</b>	<b>IIIB</b>	<b>IVB</b>	<b>VB</b>	
<b>HDP2</b>	2260.56	1819.64	1642.67	393.13	2683.89	8799.89
<b>HDP3</b>	1166.16	715.63	761.83	194.52	1886.51	4724.65
<b>PVC1</b>	5397.25	4531.5	2393.55	114.87	6033.41	18470.58
<b>PVC2</b>	11963.09	12557.71	10766.75	4742.16	23827.4	63857.11
<b>TOTAL</b>	20787.06	19624.48	15564.8	5444.68	34431.21	95852.23

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

*Longitudes, en metros, de tuberías según su tipo y el FAS (Red de distribución proyectada)*

<b>TIPO DE TUBERÍA</b>	<b>FAS &lt; 2</b>	<b>FAS ≥ 2</b>	<b>TOTAL</b>
<b>HDP2</b>	2260.56	6539.33	8799.89
<b>HDP3</b>	1166.16	3558.49	4724.65
<b>PVC1</b>	5397.25	13073.33	18470.58
<b>PVC2</b>	11963.09	51894.02	63857.11
<b>TOTAL</b>	20787.06	75065.17	95852.23

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 14 y 15 se muestran los resultados de los cálculos realizados para determinar el número de roturas ante un sismo de intensidad IX en las redes de distribución existente y proyectada.

Se puede observar que en la primera columna se le ha agregado una letra a los códigos de las tuberías. Esa letra indica el estado: B bueno, R regular y M malo.

IBD es el índice básico de daños, obtenido de la tabla 7 en función de la intensidad del sismo y del FAS. El IBD representa el número esperado de roturas para una tubería nueva de fierro fundido de diámetro grande.

Los factores de corrección del FAS son: FCM (factor de corrección por material), obtenidos de la tabla 8; FCD (factor de corrección por diámetro), tomado de las recomendaciones de la metodología aplicada; y FCA (factor de corrección por antigüedad), tomado de las recomendaciones de la metodología aplicada, de acuerdo al estado de la tubería.

Los IBD corregidos son el producto de los IBD por los factores de corrección y representan el número de roturas por kilómetro. Se encuentra en dos columnas bajo la denominación “Fallas por Km” para  $FAS \leq 2$  y  $FAS > 2$ .

El número de fallas para  $FAS \leq 2$ ,  $FAS > 2$  y totales, para cada tipo de tubería, se encuentran en las tres últimas columnas. En la parte inferior de la última columna se tiene el número total de roturas o fallas de toda la zona en estudio.

En las tablas 16 y 17 se tienen los presupuestos de reparación de las roturas ocasionadas por un sismo de intensidad IX en las redes de distribución existente y proyectada.

Tabla 14

*Cálculo del número de fallas en la red de distribución existente*

TIPO DE TUBERÍA	IBD		LONGITUD (m)		FACTORES DE CORRECCIÓN			FALLAS POR KM		NÚMERO DE FALLAS		
	FAS<2	FAS≥2	FAS<2	FAS≥2	FCM	FCD	FCA	FAS <2	FAS ≥ 2	FAS<2	FAS≥2	TOTAL
AC2-M	0.35	4.00	4590.68	25849.88	2.60	1.25	1.50	1.71	19.50	8	504	512
AC3-M	0.35	4.00	0.00	1069.75	2.60	1.00	1.50	1.37	15.60	0	17	17
FF2-R	0.35	4.00	290.15	506.79	1.00	1.25	1.25	0.55	6.25	0	3	3
PVC1-B	0.35	4.00	2158.12	4385.26	1.50	1.50	1.00	0.79	9.00	2	39	41
PVC1-R	0.35	4.00	3596.87	7308.76	1.50	1.50	1.25	0.98	11.25	4	82	86
PVC1-M	0.35	4.00	1438.75	2923.50	1.50	1.50	1.50	1.18	13.50	2	39	41
PVC2-B	0.35	4.00	2906.92	6407.02	1.50	1.25	1.00	0.66	7.50	2	48	50
PVC2-R	0.35	4.00	4844.87	10678.37	1.50	1.25	1.25	0.82	9.38	4	100	104
PVC2-M	0.35	4.00	1937.95	4271.35	1.50	1.25	1.50	0.98	11.25	2	48	50
PVC3-B	0.35	4.00	1723.65	2837.49	1.50	1.00	1.00	0.53	6.00	1	17	18
PVC3-R	0.35	4.00	2872.76	4729.15	1.50	1.00	1.25	0.66	7.50	2	35	37
PVC3-M	0.35	4.00	1149.10	1891.66	1.50	1.00	1.50	0.79	9.00	1	17	18
<b>TOTAL</b>										28	949	977

Fuente: elaboración propia

IBD= índice básico de daño

FAS= factor de amenaza sísmica

FCM, FCD, FCA= factores de corrección del IBD, por material, diámetro y antigüedad (estado)

Tabla 15

*Cálculo del número de fallas en la red de distribución proyectada*

TIPO DE TUBERÍA	IBD		LONGITUD (m)		FACTORES DE CORRECCIÓN			FALLAS POR KM		NÚMERO DE FALLAS		
	FAS<2	FAS≥2	FAS<2	FAS≥2	FCM	FCD	FCA	FAS<2	FAS ≥ 2	FAS<2	FAS≥2	TOTAL
HDP2-B	0.35	4	2260.56	6539.33	1.20	1.25	1.00	0.53	6	1	39	40
HDP3-B	0.35	4	1166.16	3558.49	1.20	1.00	1.00	0.42	4.8	0	17	17
PVC1-B	0.35	4	5397.25	13073.33	1.50	1.50	1.00	0.79	9	4	118	122
PVC2-B	0.35	4	11963.09	51894.02	1.50	1.25	1.00	0.66	7.5	8	389	397
<b>TOTAL</b>										13	563	576

Fuente: elaboración propia

IBD= índice básico de daño

FAS= factor de amenaza sísmica

FCM, FCD, FCA= factores de corrección por material, diámetro y antigüedad (estado)

Tabla 16

Presupuesto de reparación de la red de distribución existente

<b>PARTIDA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>PARCIAL</b>
<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>15703.06</b>
Almacén 20 m <sup>2</sup>	Global			800.00
Limpieza inicial	Global			7000.00
Trazo y replanteo	m	2931.00	2.70	7903.06
<b>DEMOLICIÓN Y MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				<b>323525.88</b>
Corte de pavimento rígido 15 cm	m	6839.00	11.88	81281.06
Demolición de pavimento rígido con equipo	m <sup>2</sup>	1465.50	30.83	45185.16
Excavación en terreno normal 0.5m x 1.0 m	m <sup>3</sup>	1465.50	57.63	84460.87
Relleno y compactación	m <sup>3</sup>	1758.60	38.09	66982.05
Refine y nivelación de zanja	m	2931.00	2.88	8454.88
Eliminación de desmonte d= 10 km	m <sup>3</sup>	219.83	155.40	34161.86
Limpieza final	Global			3000.00
<b>TRABAJOS DE REPARACIÓN</b>				<b>422259.75</b>
Reparación de rotura d ≤ 75 mm	und.	168.00	279.14	46895.13
Reparación de rotura 75 mm < d ≤ 200 mm	und.	719.00	314.73	226290.01
Reparación de rotura d > 200 mm	und.	90.00	522.18	46996.52
Reposición de pavimento rígido	m <sup>3</sup>	219.83	396.12	87078.09
Prueba hidráulica	Global	1.00	15000.00	15000.00
<b>FLETE</b>				<b>10000.00</b>
Flete terrestre	Global	1.00	10000.00	10000.00
<b>SEGURIDAD</b>				<b>6000.00</b>
Equipos de protección personal	Global	1.00	4000.00	4000.00
Materiales de seguridad de obra	Global	1.00	2000.00	2000.00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>777488.69</b>
<b>GASTOS GENERALES (12%)</b>				<b>93298.64</b>
<b>UTILIDADES (7%)</b>				<b>54424.21</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>925211.55</b>
<b>IGV</b>				<b>166538.08</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>1091749.62</b>

Fuente: elaboración propia

Tabla 17

Presupuesto de reparación de la red de distribución proyectada

<b>PARTIDA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>PARCIAL</b>
<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>12459.33</b>
Almacén 20 m <sup>2</sup>	Global			800.00
Limpieza inicial	Global			7000.00
Trazo y replanteo	m	1728.00	2.70	4659.33
<b>DEMOLICIÓN Y MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				<b>191968.74</b>
Corte de pavimento	m	4032.00	11.88	47920.05
Demolición de pavimento rígido con equipo	m <sup>2</sup>	864.00	30.83	26639.36
Excavación en terreno normal 0.5m x 1.0 m	m <sup>3</sup>	864.00	57.63	49794.74
Relleno y compactación	m <sup>3</sup>	1036.80	38.09	39489.93
Refine y nivelación de zanja	m	1728.00	2.88	4984.66
Eliminación de desmonte d= 1 km	m <sup>3</sup>	129.60	155.40	20140.00
Limpieza final	Global			3000.00
<b>TRABAJOS DE REPARACIÓN</b>				<b>241804.99</b>
Reparación de rotura d ≤ 75 mm	und.	122.00	279.14	34054.80
Reparación de rotura 75 mm < d ≤ 200 mm	und.	437.00	314.73	137536.49
Reparación de rotura d > 200 mm	und.	17.00	522.18	8877.12
Reposición de pavimento rígido	m <sup>3</sup>	129.60	396.12	51336.58
Prueba hidráulica	Global	1.00	10000.00	10000.00
<b>FLETE</b>				<b>6000.00</b>
Flete terrestre	Global	1.00	6000.00	6000.00
<b>SEGURIDAD</b>				<b>5500.00</b>
Equipos de protección personal	Global	1.00	4000.00	4000.00
Materiales de seguridad de obra	Global	1.00	1500.00	1500.00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>457733.06</b>
<b>GASTOS GENERALES (12%)</b>				<b>54927.97</b>
<b>UTILIDADES (7%)</b>				<b>32041.31</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>544702.34</b>
<b>IGV</b>				<b>98046.42</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>642748.76</b>

Fuente: elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

De la tabla 14 se puede observar que para la zona con FAS  $< 2$  y para tuberías en mal estado con diámetros entre 3 y 8", el número de fallas por kilómetro para asbesto cemento es 1.71, mientras que para PVC es 0.98. En el caso de diámetros superiores a 8", el número de fallas por kilómetro para asbesto cemento es 1.37, mientras que para PVC es 0.79. Esto nos muestra mayor cantidad de fallas en asbesto cemento que en PVC.

En la misma tabla se puede observar que la cantidad de fallas por kilómetro en fierro fundido en estado regular, con diámetros entre 3 y 8", dentro de la zona de FAS $< 2$ , es 0.55. Bajo las mismas condiciones, para PVC se tiene 0.82. Esto muestra que las tuberías de PVC tienen mayor cantidad de fallas que el hierro fundido.

De la tabla 15 podemos observar que para la zona con FAS $< 2$ , para tuberías en buen estado con diámetros entre 3 y 8", el número de fallas por kilómetro para PVC es de 0.66, mientras que para HDPE (Polietileno de alta densidad) es 0.53. Esto indica que las tuberías de PVC tienen mayor cantidad de fallas que las de HDPE.

Todos los datos anteriores indicados, corroboran lo obtenido en el estudio preliminar de roturas de tuberías de agua potable en el Gran Concepción.

Al analizar la influencia conjunta del suelo y las características de las tuberías (material, diámetro y estado), de las tablas 14 y 15 podemos observar lo siguiente:

Para tubería de asbesto cemento en mal estado, de diámetro entre 3 y 8 pulgadas, en suelo con FAS  $\geq 2$ , se presentarán 19.5 fallas por kilómetro. En el caso de una tubería en buen estado de polietileno de alta densidad, de diámetro superior a 8 pulgadas, en un suelo con FAS  $< 2$ , se presentarán 0.42 fallas por kilómetro.

## VI. CONCLUSIONES

1. El número de roturas o fallas esperadas en la red de distribución existente, ante un sismo de intensidad IX en la escala de Mercalli, es de 977. Se necesita un monto de 1091749.62 nuevos soles para su reposición.
2. El número de roturas o fallas esperadas en la red de distribución proyectada, ante un sismo de intensidad IX en la escala de Mercalli, es de 576. Se necesita un monto de 642784.76 nuevos soles para su reposición.
3. Como consecuencia del cambio de tuberías la cantidad de roturas, en la zona en estudio, disminuiría en 41.04% (401 fallas o roturas), mientras que el monto de reparación se reduciría en 41.12% (448964.84 nuevos soles).
4. La vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable de la ciudad de Huaraz disminuirá considerablemente con el cambio de tuberías.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda ampliar el estudio a toda la ciudad de Huaraz, completando previamente el estudio de microzonificación sísmica, para ser tomados en cuenta en el plan de contingencia ante sismos de la EPS Chavín.
2. Se deben realizar estudios de este tipo en otras ciudades que tengan estudios de microzonificación sísmica.
3. Se deben analizar los sismos futuros con el fin de afinar los valores de los índices básicos de daño de los diversos materiales, en especial el del polietileno de alta densidad.
4. Se deben tomar en cuenta estudios de este tipo en el diseño de nuevas redes de distribución, procurando que las tuberías de mayor importancia pasen por zonas con valores de FAS  $< 2$ .

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CENEPRED. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales*. Lima: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA, . (s.f.). *Ambiente Ecológico*. Obtenido de Guías para la Elaboración del Análisis de Vulnerabilidad de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario: <http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/073-08-2000/073-cepis.html>
- GUZMÁN, A., BRAVO, R., VILLALOBOS FELIPE, & MONTALVA, G. (s.f.). *Estudio preliminar de roturas de tuberías de agua potable en el Gran Concepción*. Obtenido de [https://scholar.google.com.pe/scholar?start=10&q=rotura+de+tuberias&hl=es&as\\_sdt=0,5](https://scholar.google.com.pe/scholar?start=10&q=rotura+de+tuberias&hl=es&as_sdt=0,5)
- INDECI, & PNUD. (s.f.). *Plan de prevención ante desastres: usos del suelo y medidas de mitigación*. Obtenido de [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_Ancash/ancash/huaraz.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Ancash/ancash/huaraz.pdf)
- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL. (2009). *Manual de conocimientos básicos para comités de Defensa Civil y oficinas de Defensa Civil*. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil.
- KELLER, E., & BLODGETT, R. (2007). *Riesgos naturales*. Madrid: Prentice Hall.
- KUROIWA, J. (2005). *Reducción de desastres*. Lima: Asociación Editorial Bruño.

- MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (24 de Enero de 2016). "*Diario oficial del bicentenario El Peruano*". Obtenido de Decreto Supremo N°003-2016-Vivienda: elperuano.pe
- MORALES, L. D. (1994). "*Daños Causados por el Terremoto de Limón: pérdidas y medidas de mitigación*". Revista Geológica de América Central, 205.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, . (1998). "*Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*". Washington: Organización Panamericana de la Salud.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2003). "*Reducción del daño sísmico : Guía para las empresas de agua*". Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2004). "*Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento: Guía para una respuesta eficaz*". Washington D. C.: Organización Panamericana de la Salud.
- PROYECTO CIUDADES SOSTENIBLES. (s.f.). "*Mapa de peligros de la ciudad de Huaraz y sus áreas de expansión*". Obtenido de [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_Ancash/ancash/huaraz\\_m p.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Ancash/ancash/huaraz_m p.pdf)

## **Anexo**

## Anexo 1: Matriz de consistencia

Influencia del cambio de tuberías en la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable de Huaraz							
Formulación	Objetivos	Hipótesis	Variables	Tipos de Variable	Técnicas de recolección de datos		
	General		Variable dependiente		Técnica/instrumentos:		Fuentes
¿Cómo influirá el cambio de tuberías en la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable de Huaraz?	Evaluar la influencia del cambio de tuberías en la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable de la ciudad de Huaraz.	El cambio de tuberías influirá favorablemente en la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable de Huaraz.	Vulnerabilidad sísmica (número de roturas)	Cuantitativa	Estimación del número de roturas	Metodología de la Organización Panamericana de la Salud	Primaria: Expediente técnico e informes mensuales de la ejecución.
	Específicos		Variables independientes				
	Estimar el número de roturas que se producirían en la red de distribución de agua potable del distrito de Huaraz y los costos de reparación, ante un sismo de intensidad IX en la escala modificada de Mercalli, antes del cambio de tuberías.		Índice básico de daño corregido.	Cuantitativa	Cálculo del número de roturas por kilómetro, para un sismo de intensidad IX y tuberías de diferentes materiales, diámetros y antigüedad.	Tablas para el cálculo del factor de amenaza sísmica y el índice básico de daño. Tablas y recomendaciones para factores de corrección	Primarias: Plano de microzonificación sísmica de la Municipalidad Provincial de Huaraz. Modelo de elevación digital del MINAM.
Estimar el número de roturas que se producirían en la red de distribución de agua potable del distrito de Huaraz y los costos de reparación, ante un sismo de intensidad IX en la escala modificada de Mercalli, después del cambio de tuberías.							
Comparar el número de roturas producidas y el costo de reparación de las tuberías, antes y después del cambio de tuberías de la red de distribución del distrito de Huaraz.			Longitud de tubería	Cuantitativa	Generación de plano de factor de amenaza sísmica con red de distribución	Uso de ArcGis	Planos de la red de distribución de la EPS Chavín.

## Anexo 2: Escala de intensidad Mercalli Modificada (resumida)

Intensidad	Efectos
I	Percibido por muy poca gente
II	Sentido sólo por pocas personas en reposo, especialmente en pisos superiores de los edificios. Los objetos colgados con delicadeza pueden oscilar.
III	Se siente bastante en el interior, sobre todo en pisos superiores de los edificios, pero muchas personas no lo reconocen como un terremoto. Los coches parados pueden balancearse ligeramente. La vibración se siente como el paso de un camión.
IV	Durante el día muchas personas lo sienten en el interior; en el exterior, pocos. De noche algunos se despiertan. Platos, ventanas y puertas se agitan; las paredes crujen; la sensación es como un vehículo pesado que golpea el edificio; los coches parados se balancean apreciablemente.
V	Lo siente casi todo el mundo; muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas, y cosas por el estilo, se rompen; algunos casos de yeso agrietado; los objetos inestables se vuelcan; a veces se nota la alteración de árboles, postes y otros objetos altos. Los relojes de péndulo se pueden parar.
VI	Percibido por todas las personas; muchos se asustan y corren al exterior. Algunos muebles pesados se mueven; algunos casos de yeso caído o chimeneas dañadas. El daño es leve.
VII	Todo el mundo corre al exterior. El daño es despreciable en edificios con buen diseño y construcción; de ligero a moderado en estructuras ordinarias de buena construcción; considerable en estructuras de construcción deficiente o mal diseñadas; algunas chimeneas se rompen. Lo notan las personas que van conduciendo.
VIII	Daño leve en estructuras especialmente diseñadas; considerable en edificios comunes sólidos con derrumbamiento parcial; grave en estructuras de construcción deficiente; paredes de paneles arrancadas de los marcos; caídas de chimeneas, mercancías apiladas en fábricas, columnas, monumentos, paredes; muebles pesados volcados; arena y barro expulsado en pequeñas cantidades; cambios en el agua de pozo; dificulta la conducción.
IX	Daños considerables en estructuras especialmente diseñadas; estructuras de almacén bien diseñadas distorsionadas; muy grave en edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios son levantados de los cimientos. El suelo se agrieta de manera evidente. Se rompen las tuberías subterráneas.

X	Algunas estructuras de madera bien construidas se destruyen; la mayor parte de estructuras de mampostería y armazones con cimientos quedan destruidas; el suelo severamente agrietado. Los raíles se doblan. Desprendimientos de tierra considerables en las riberas de los ríos y laderas empinadas. Desplazamiento de arena y lodo. El agua salpica en las orillas.
XI	Pocas estructuras de mampostería, si queda alguna se mantienen en pie. Los puentes quedan destruidos. Se forman grandes grietas en el suelo. Las tuberías enterradas quedan fuera de servicio. Se producen socavones y desprendimientos de tierra en suelos blandos. Los raíles de tren se doblan.
XII	El daño es total. Se ven ondas en la superficie del suelo. Líneas de visión y nivel distorsionadas. Los objetos son lanzados al aire.

Fuente: Keller y Blodgett (2007)

### **Anexo 3: Escala MMA – 01**

- I No sentido por personas, pero registrado por sismógrafos sensibles.
- II Sentido por personas en descanso, en pisos altos de edificaciones.
- III Sentido levemente en el exterior, como el paso de un pequeño camión. Objetos colgantes oscilan.
- IV Ruidoso como el paso de un camión pesado. Las vajillas, ventanas y puertas vibran y se mueven.
- V Sentido claramente en el exterior de edificaciones. Las personas se despiertan. Pequeños objetos encima de los muebles se desplazan y pueden caer. Las puertas y ventanas abiertas oscilan. Se presentan pequeños deslizamientos de tierra en terrenos muy inclinados, y piedras sueltas se desprenden.
- VI Sentido por todos. Personas asustadas huyen hacia el exterior. Los muebles ligeros se mueven.  
  
Se producen fisuras en las esquinas de las construcciones de adobe, tapial y piedras unidas con barro (las fisuras tienen menos de 2 mm de espesor, las grietas, un espesor mayor). Se pueden producir deslizamientos de cierta magnitud en suelos sueltos de terrenos de gran pendiente.
- VII Difícil mantenerse de pie. Percibido por personas manejando vehículos, los muebles altos pueden volcarse y romperse.  
  
Se producen grietas en las esquinas y en la parte central de las construcciones de adobe, tapial y piedras unidas con barro.

Pequeñas fisuras en las esquinas de las construcciones de albañilería con techos ligeros y flexibles. Desprendimiento de polvo y pequeños trozos de tarrajeo en construcciones de quincha o bahareque. Fisuras en forma de X en columnas cortas desfavorablemente ubicadas dentro de las edificaciones de concreto reforzado. Fisuras y grietas en muros de relleno de albañilería en edificios de concreto reforzado flexible. Numerosos deslizamientos en terrenos empinados y suelos sueltos, caída de piedras sueltas ubicadas en pendientes (llamadas galgadas en el Perú).

#### VIII Susto y pánico aún en las personas que se encuentren conduciendo vehículos.

Muebles pesados pueden volcarse.

Colapso parcial de construcciones de adobe, tapial y piedras unidas con mortero débil

Daños importantes, incluyendo colapso parcial de edificaciones de albañilería sin columnas y baja densidad de muros. Fisuras en muros de edificaciones de albañilería reforzada y baja densidad de muros.

Desprendimiento considerable del tarrajeo o lapelo en construcciones de albañilería. Fallas en edificios por fuerzas cortantes que se concentran en columnas, vigas cortas y otros puntos críticos. Grietas importantes y generalizadas en muros de relleno de los pisos bajos de edificios flexibles.

Algunos edificios de concreto reforzado con defectos estructurales graves pueden colapsar parcialmente. Se producen importantes y numerosos deslizamientos en zonas montañosas interrumpiendo vías de transporte y canales de riego. Se produce licuación en suelos arenosos sueltos y saturados de agua.

- IX Pánico generalizado; hasta animales se asustan y “gritan”.
- Daño total en edificios de adobe, tapial y piedras unidas con mortero y barro.
- Desprendimiento de gran parte del tarrajeo en construcciones de quincha, pudiendo quedar ligeramente inclinadas.
- Daños graves, colapso parcial o falla total de edificios de concreto reforzado con uno o más defectos estructurales, como columna corta, excentricidad, debilidad en una de las direcciones, o sin separación adecuada del edificio vecino, grandes deslizamientos de tierra, aun en terrenos con pendiente moderada. Licuación generalizada en suelos arenosos sueltos y saturados.
- X Destrucción generalizada de edificios; sólo las edificaciones sismorresistentes concebidas conceptualmente de manera adecuada y diseñada con normas modernas permanecen con daños menores, sin amenazar a sus ocupantes.
- Se observan grietas en el terreno. El agua se sale de sus cauces en canales, ríos y lagos. La arena y el barro se desplazan horizontalmente aun en terrenos planos.
- XI Verdadera catástrofe. Daños severos aun en edificaciones sismorresistentes.
- Daños notables en el terreno, debido a grandes fisuras y grietas. Derrumbes de considerables volúmenes de suelo. Las líneas férreas sufren graves distorsiones.
- XII La intensidad es tan alta que se produce cambios en el paisaje, con grandes desplazamientos horizontales y verticales.
- Graves daños o destrucción de todas las construcciones situadas bajo o sobre el nivel del suelo.

Fuente: Kuroiwa (2005)

#### Anexo 4: Costos unitarios para reparación de daños

**PARTIDA** Trazo y replanteo  
**RENDIMIENTO** 210 m/día  
**COSTO UNITARIO** 2.70

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>					<b>0.18</b>
Capataz	h-h	0.1	0.0004762	27.54	0.01
Operario	h-h	1	0.0047619	20.12	0.10
Peón	h-h	1	0.0047619	14.40	0.07
<b>Materiales</b>					<b>1.75</b>
Yeso en bolsas de 20 kg	bls		0.5	3.50	1.75
<b>Equipos y herramientas</b>					<b>0.77</b>
Estación total	h-m	1	0.0380952	20.00	0.76
Herramientas complementarias	% M O		5		0.01

**PARTIDA** Corte de pavimento rígido 15 cm  
**RENDIMIENTO** 120 m/día  
**COSTO UNITARIO** 11.88

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>					<b>2.48</b>
Capataz	h-h	0.1	0.0066667	27.54	0.18
Operario	h-h	1	0.0666667	20.12	1.34
Peón	h-h	1	0.0666667	14.40	0.96
<b>Equipos y herramientas</b>					<b>9.40</b>
Máquina cortadora 12HP	h-m	1	0.0666667	140.00	9.33
Herramientas complementarias	h-m	% M O	5		0.07

**PARTIDA** Demolición de pavimento rígido con equipo  
**RENDIMIENTO** 50 m<sup>2</sup>/día  
**COSTO UNITARIO** 30.83

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>					<b>8.03</b>
Capataz	h-h	0.1	0.0160	27.54	0.44
Operario	h-h	2	0.3200	20.12	6.44
Peón	h-h	0.5	0.0800	14.40	1.15
<b>Equipos y herramientas</b>					<b>22.80</b>
Compresora diesel 80-90 HP	h-m	1	0.1600	100.00	16.00
Martillo neumático 25-29 kg sin punta	h-m	1	0.1600	40.00	6.40
Herramientas complementarias	% M O		5		0.40

**PARTIDA** Excavación en terreno normal 0.5m x 1m  
**RENDIMIENTO** 2.5 m<sup>3</sup>/día  
**COSTO UNITARIO** 57.63

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>					<b>54.89</b>
Capataz	h-h	0.1	0.3200	27.54	8.81
Peón	h-h	1	3.2000	14.40	46.08
<b>Equipos y herramientas</b>					<b>2.74</b>
Herramientas complementarias	h-m	% M O	5.0000		2.74

**PARTIDA** Relleno y compactación  
**RENDIMIENTO** 20 m/día  
**COSTO UNITARIO** 38.09

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>					<b>20.67</b>
Capataz	h-h	0.1	0.0400	27.54	1.10
Operario	h-h	1	0.4000	20.12	8.05
Peón	h-h	2	0.8000	14.40	11.52
<b>Materiales</b>					<b>0.06</b>
Agua	m <sup>3</sup>		0.0230	2.40	0.06
<b>Equipos y herramientas</b>					<b>11.03</b>
Plancha compactadora 7 HP	h-m	1	0.4000	25.00	10.00
Herramientas complementarias	% M O		5.0000		1.03

**Subpartidas**

**6.33**

Arena gruesa (provisión y colocación)	m <sup>3</sup>		0.0470	60	2.82
Tierra zarandeada (provisión y colocación)	m <sup>3</sup>		0.1710	20.5	3.51

**PARTIDA** Refine y nivelación de zanja  
**RENDIMIENTO** 50 m/día  
**COSTO UNITARIO** 2.88

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>					<b>2.74</b>
Capataz	h-h	0.1	0.0160	27.54	0.44
Peón	h-h	1	0.1600	14.40	2.30
<b>Equipos y herramientas</b>					<b>0.14</b>
Herramientas complementarias	h-m	% M O	5.0000		0.14

**PARTIDA** Eliminación de desmonte d= 10km  
**RENDIMIENTO** 100 m<sup>3</sup>/día  
**COSTO UNITARIO** 155.40

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>					<b>7.81</b>
Capataz	h-h	0.1	0.0080	27.54	0.22
Operador de equipo pesado	h-h	4	0.3200	20.12	6.44
Peón	h-h	1	0.0800	14.40	1.15
<b>Equipos y herramientas</b>					<b>147.59</b>
Volquete 4x2 210-280 HP 6 m <sup>3</sup>	h-m	3	0.2400	180.00	129.60
Cargador sobre llanta 80-95 HP 1.5-1.75 Yd <sup>3</sup>	h-m	1	0.0800	220.00	17.60
Herramientas complementarias	% M O		5.0000		0.39

**PARTIDA** Reparación de rotura d ≤ 75 mm  
**RENDIMIENTO** 8 und/día  
**COSTO UNITARIO** 279.14

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>					<b>37.27</b>
Capataz	h-h	0.1	0.1000	27.54	2.75
Operario	h-h	1	1.0000	20.12	20.12
Peón	h-h	1	1.0000	14.40	14.40
<b>Materiales</b>					<b>240.00</b>
Abrazadera de reparación d ≤ 75 mm	und		1.0000	230.00	240
<b>Equipos y herramientas</b>					<b>1.86</b>
Herramientas complementarias	% M O		5.0000		1.86





**PARTIDA Reposición de pavimento rígido con equipo**

<b>Total</b>	219.83 m <sup>3</sup>		
<b>Número</b>	L	b	h
977	3	0.5	0.15

**PARTIDA Eliminación de desmote**

<b>Total</b>	219.83 m <sup>3</sup>		
<b>Número</b>	L	b	h
977	3	0.5	0.15

**PARTIDA Demolición de pavimento rígido con equipo**

<b>Total</b>	1465.5 m <sup>2</sup>	
<b>Número</b>	L	b
977	3	0.5

**PARTIDA Relleno y compactación**

<b>Total</b>	1758.6 m <sup>3</sup>			
<b>Número</b>	L	b	h	k
977	3	0.5	1	1.2

## Anexo 6: Metrados para reparación de la red de distribución proyectada

### PARTIDA Trazo y replanteo

<b>Total</b>	1728 m	
<b>Número</b>	<b>L</b>	
576	3	

### PARTIDA Corte de pavimento

<b>Total</b>	4032 m	
<b>Número</b>	<b>L</b>	
576	7	

### PARTIDA Excavación en terreno normal 0.5m x 1.0 m

<b>Total</b>	864 m <sup>3</sup>		
<b>Número</b>	<b>L</b>	<b>b</b>	<b>h</b>
576	3	0.5	1

### PARTIDA Reposición de pavimento rígido

<b>Total</b>	129.6 m <sup>3</sup>		
<b>Número</b>	<b>L</b>	<b>b</b>	<b>h</b>
576	3	0.5	0.15

### PARTIDA Eliminación de desmonte

<b>Total</b>	129.6 m <sup>3</sup>		
<b>Número</b>	<b>L</b>	<b>b</b>	<b>h</b>
576	3	0.5	0.15

### PARTIDA Demolición de pavimento rígido con equipo

<b>Total</b>	864 m <sup>2</sup>	
<b>Número</b>	<b>L</b>	<b>b</b>
576	3	0.5

**PARTIDA Relleno y compactación**

<b>Total</b>	1036.8 m <sup>3</sup>			
<b>Número</b>	L	b	h	k
576	3	0.5	1	1.2

# DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

221600

222400

223200

224000



## DEPARTAMENTO DE ANCASH

PROVINCIA DE  
HUARAZ



## PROVINCIA DE HUARAZ

DISTRITO DE  
HUARAZ



ZONA DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO  
ESCUELA DE POSTGRADO

TESIS: INFLUENCIA DEL CAMBIO DE TUBERÍAS EN LA  
VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SISTEMA DE AGUA  
POTABLE DE LA CIUDAD DE HUARAZ



UBICACIÓN:  
DISTRITO: HUARAZ      PROVINCIA: HUARAZ      DEPARTAMENTO: ANCASH

PLANO: MAPA DE UBICACIÓN      LAMINA: 01

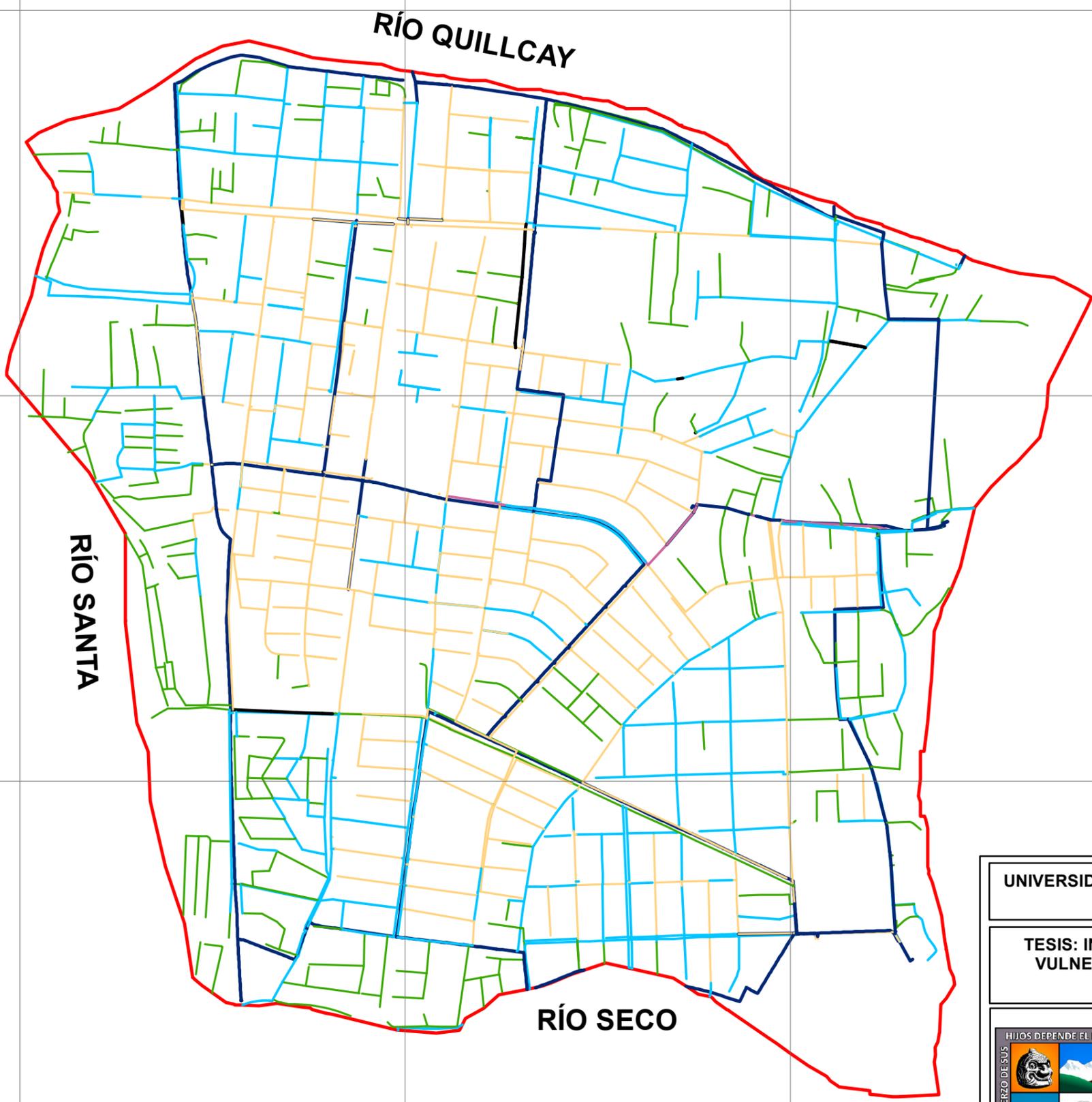
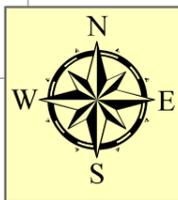
ELABORADO: BACH. BAYONA ANTÚNEZ REMO CRISANTO

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FECHA: JUN 2018      ESCALA: 1: 12000

220800 221600 222400 223200 224000

8946400  
8945600  
8944800  
8944000



**Leyenda**

**CLASES DE TUBERIA**

- AC2
- AC3
- FF2
- PVC1
- PVC2
- PVC3



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO  
ESCUELA DE POSTGRADO

TESIS: INFLUENCIA DEL CAMBIO DE TUBERÍAS EN LA  
VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SISTEMA DE AGUA  
POTABLE DE LA CIUDAD DE HUARAZ



UBICACIÓN:	PROVINCIA:	DEPARTAMENTO:
DISTRITO: HUARAZ	HUARAZ	ANCASH

PLANO:	LAMINA:
RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE	<b>02</b>

ELABORADO: ING. BAYONA ANTÚNEZ REMO CRISANTO

FUENTE: EPS CHAVIN

FECHA: JUN 2018	ESCALA: 1: 10000
-----------------	------------------

220800 221600 222400 223200 224000

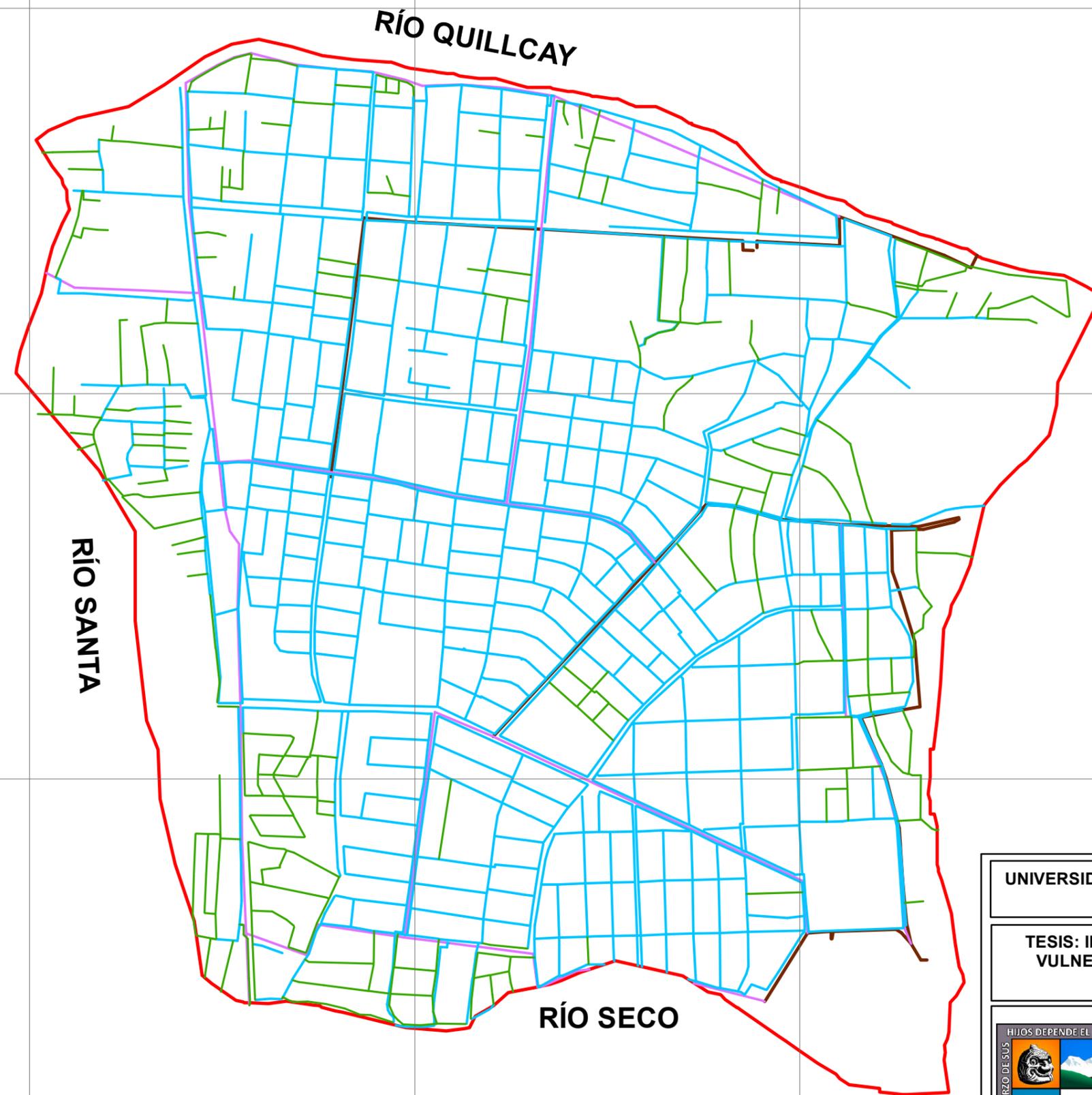
8946400  
8945600  
8944800  
8944000



220800 221600 222400 223200 224000

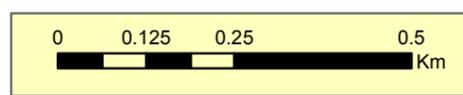
8946400  
8945600  
8944800  
8944000

8946400  
8945600  
8944800  
8944000



**Leyenda**  
**CLASES DE TUBERIA**

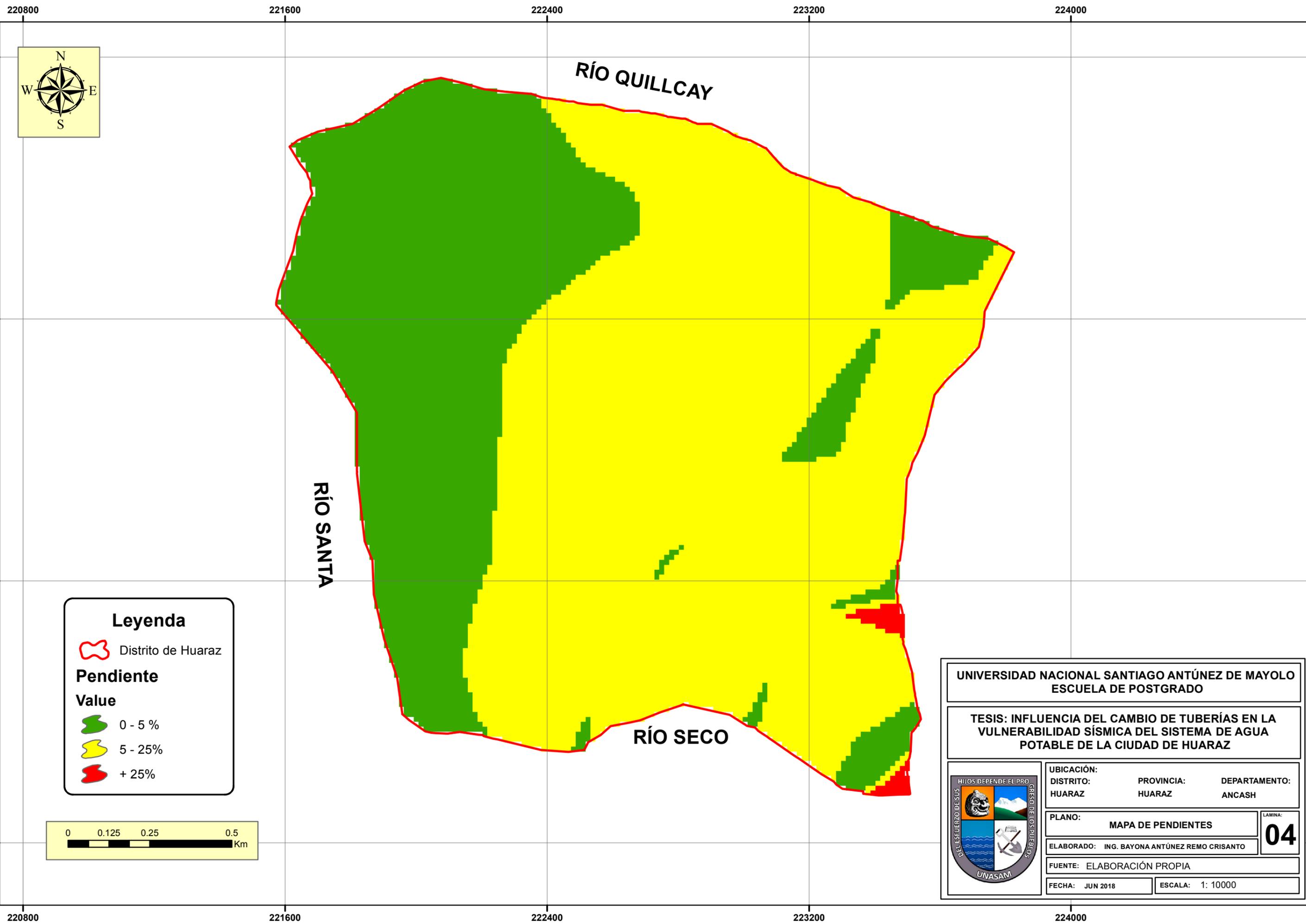
- PVC1
- PVC2
- hdpe2
- hdpe3



**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**

**TESIS: INFLUENCIA DEL CAMBIO DE TUBERÍAS EN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE HUARAZ**

UBICACIÓN:	DISTRITO:	PROVINCIA:	DEPARTAMENTO:
	HUARAZ	HUARAZ	ANCASH
PLANO:	RED DE DISTRIBUCIÓN PROYECTADA		LAMINA:
			<b>03</b>
ELABORADO:	ING. BAYONA ANTÚNEZ REMO CRISANTO		
FUENTE:	EPS CHAVIN		
FECHA:	JUN 2018	ESCALA:	1: 10000



**Leyenda**

Distrito de Huaraz

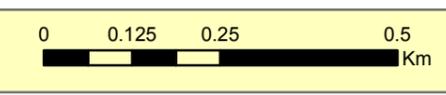
**Pendiente**

**Value**

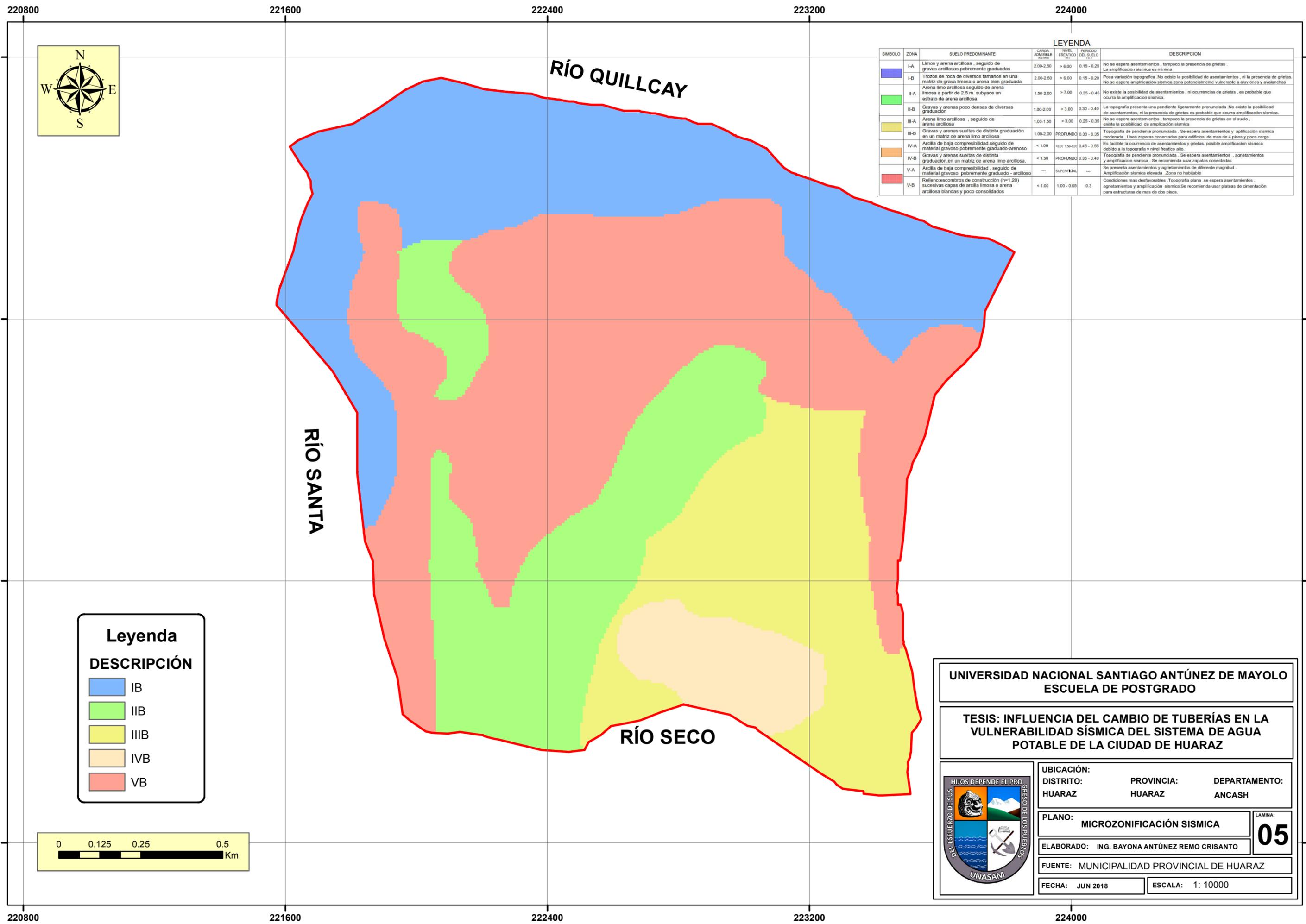
0 - 5 %

5 - 25%

+ 25%



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO ESCUELA DE POSTGRADO</b>			
<b>TESIS: INFLUENCIA DEL CAMBIO DE TUBERÍAS EN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE HUARAZ</b>			
	UBICACIÓN:		
	DISTRITO: HUARAZ	PROVINCIA: HUARAZ	DEPARTAMENTO: ANCASH
	PLANO: MAPA DE PENDIENTES	LÁMINA: <b>04</b>	
	ELABORADO: ING. BAYONA ANTÚNEZ REMO CRISANTO		
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA			
FECHA: JUN 2018	ESCALA: 1: 10000		



**LEYENDA**

SÍMBOLO	ZONA	SUELO PREDOMINANTE	CARGA ADMISIBLE (kg/cm <sup>2</sup> )	NIVEL FREÁTICO (m)	PERIODO DEL SUELO (s)	DESCRIPCIÓN
■	I-A	Limos y arena arcillosa, seguido de gravas arcillosas pobremente graduadas	2.00-2.50	> 6.00	0.15 - 0.20	No se espera asentamientos, tampoco la presencia de grietas. La amplificación sísmica es mínima.
■	I-B	Trozos de roca de diversos tamaños en una matriz de grava limosa o arena bien graduada	2.00-2.50	> 6.00	0.15 - 0.20	Poca variación topográfica. No existe la posibilidad de asentamientos, ni la presencia de grietas. No se espera amplificación sísmica. Zona potencialmente vulnerable a aluviones y avalanchas.
■	II-A	Arena limo arcillosa seguido de arena limosa a partir de 2.5 m, subyace un estrato de arena arcillosa	1.50-2.00	> 7.00	0.35 - 0.45	No existe la posibilidad de asentamientos, ni ocurrencias de grietas, es probable que ocurra la amplificación sísmica.
■	II-B	Gravas y arenas poco densas de diversas graduación	1.00-2.00	> 3.00	0.30 - 0.40	La topografía presenta una pendiente ligeramente pronunciada. No existe la posibilidad de asentamientos, ni la presencia de grietas es probable que ocurra amplificación sísmica.
■	III-A	Arena limo arcillosa, seguido de arena arcillosa	1.00-1.50	> 3.00	0.25 - 0.35	No se espera asentamientos, tampoco la presencia de grietas en el suelo, existe la posibilidad de amplificación sísmica.
■	III-B	Gravas y arenas sueltas de distinta graduación en un matriz de arena limo arcillosa	1.00-2.00	PROFUNDO	0.30 - 0.35	Topografía de pendiente pronunciada. Se espera asentamientos y amplificación sísmica moderada. Usar zapatas conectadas para edificios de más de 4 pisos y poca carga.
■	IV-A	Arcilla de baja compresibilidad, seguido de material gravoso pobremente graduado-arenoso	< 1.00	< 3.00	0.45 - 0.55	Es factible la ocurrencia de asentamientos y grietas, posible amplificación sísmica debido a la topografía y nivel freático alto.
■	IV-B	Gravas y arenas sueltas de distinta graduación, en un matriz de arena limo arcillosa.	< 1.50	PROFUNDO	0.35 - 0.40	Topografía de pendiente pronunciada. Se espera asentamientos, agrietamientos y amplificación sísmica. Se recomienda usar zapatas conectadas.
■	V-A	Arcilla de baja compresibilidad, seguido de material gravoso pobremente graduado - arcilloso	---	SUPERFICIAL	---	Se presenta asentamientos y agrietamientos de diferente magnitud. Amplificación sísmica elevada. Zona no habitable.
■	V-B	Relleno/escombros de construcción (h=1.20) sucesivas capas de arcilla limosa o arena arcillosa blandas y poco consolidados	< 1.00	1.00 - 0.65	0.3	Condiciones más desfavorables. Topografía plana. se espera asentamientos, agrietamientos y amplificación sísmica. Se recomienda usar plateas de cimentación para estructuras de más de dos pisos.

**Leyenda**

**DESCRIPCIÓN**

■	IB
■	IIB
■	IIIB
■	IVB
■	VB

**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**

**TESIS: INFLUENCIA DEL CAMBIO DE TUBERÍAS EN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE HUARAZ**

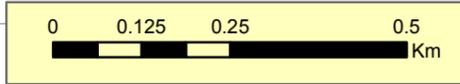
**UBICACIÓN:**  
**DISTRITO:** HUARAZ      **PROVINCIA:** HUARAZ      **DEPARTAMENTO:** ANCASH

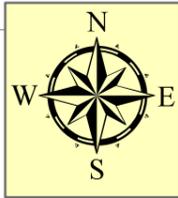
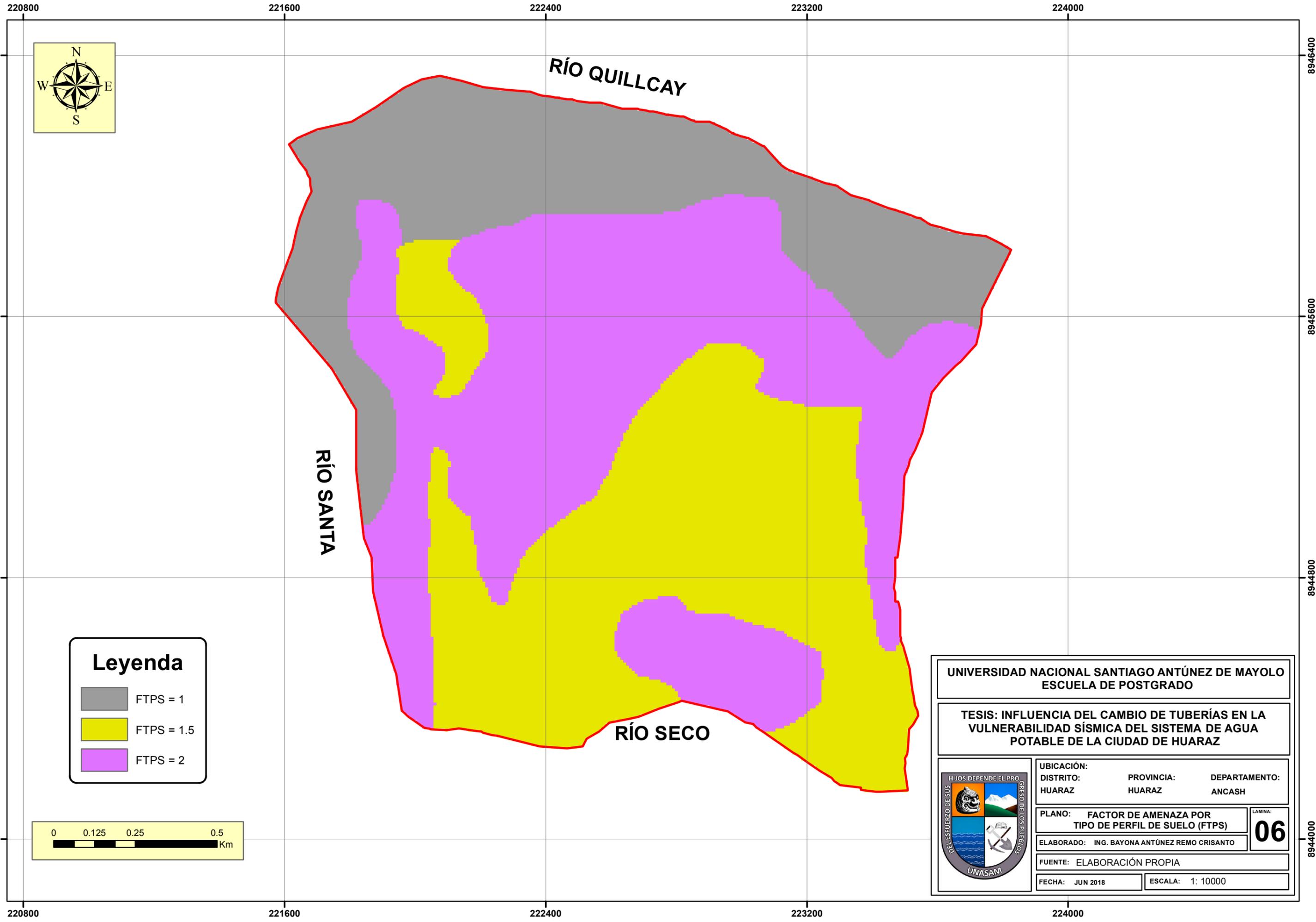
**PLANO:** MICROZONIFICACIÓN SISMICA      **LAMINA:** 05

**ELABORADO:** ING. BAYONA ANTÚNEZ REMO CRISANTO

**FUENTE:** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUARAZ

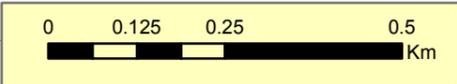
**FECHA:** JUN 2018      **ESCALA:** 1: 10000



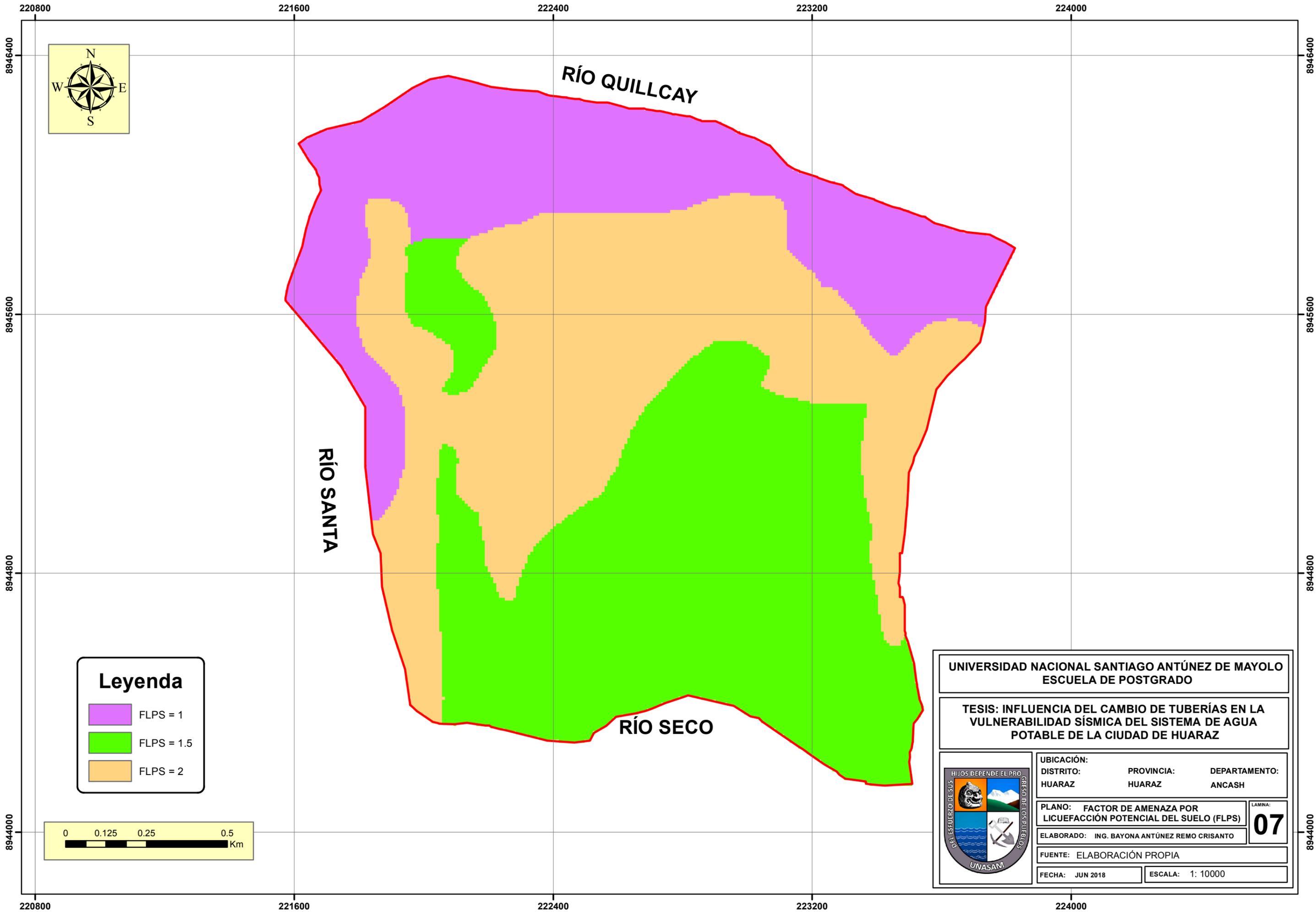


**Leyenda**

- FTPS = 1
- FTPS = 1.5
- FTPS = 2

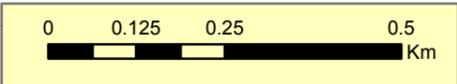


<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO ESCUELA DE POSTGRADO</b>		
<b>TESIS: INFLUENCIA DEL CAMBIO DE TUBERÍAS EN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE HUARAZ</b>		
	UBICACIÓN: DISTRITO: HUARAZ	DEPARTAMENTO: ANCASH
PLANO: <b>FACTOR DE AMENAZA POR TIPO DE PERFIL DE SUELO (FTPS)</b>		LAMINA: <b>06</b>
ELABORADO: ING. BAYONA ANTÚNEZ REMO CRISANTO		
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA		
FECHA: JUN 2018	ESCALA: 1: 10000	

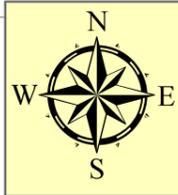
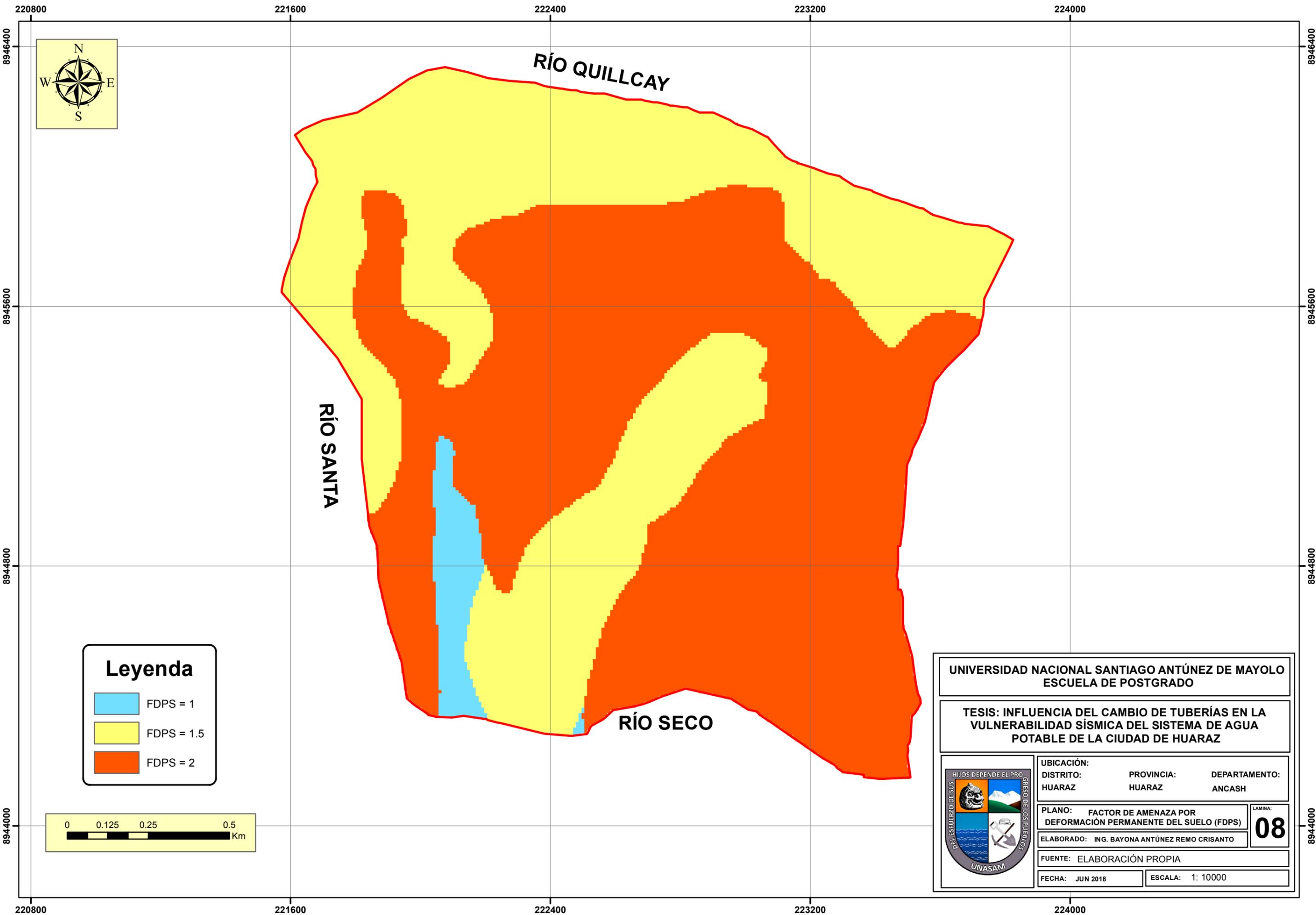


**Leyenda**

- FLPS = 1
- FLPS = 1.5
- FLPS = 2



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO</b> ESCUOLA DE POSTGRADO			
<b>TESIS: INFLUENCIA DEL CAMBIO DE TUBERÍAS EN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE HUARAZ</b>			
	UBICACIÓN:		
	DISTRITO:	PROVINCIA:	DEPARTAMENTO:
	HUARAZ	HUARAZ	ANCASH
	PLANO:	FACTOR DE AMENAZA POR LICUEFACCIÓN POTENCIAL DEL SUELO (FLPS)	LAMINA:
			<b>07</b>
ELABORADO: ING. BAYONA ANTÚNEZ REMO CRISANTO			
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA			
FECHA: JUN 2018	ESCALA: 1: 10000		



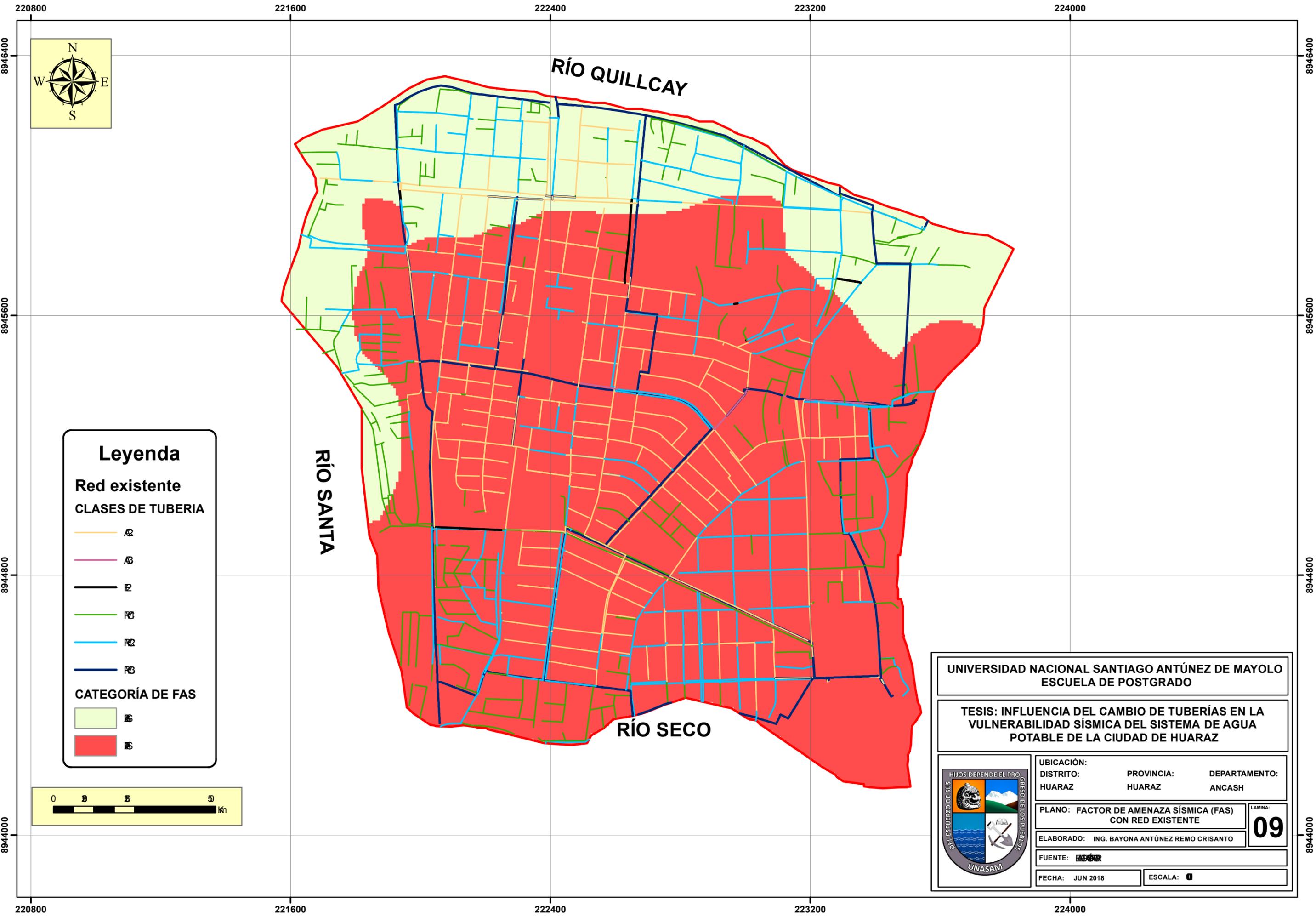
**Leyenda**

- FDPS = 1
- FDPS = 1.5
- FDPS = 2



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO ESCUELA DE POSTGRADO</b>		
<b>TESIS: INFLUENCIA DEL CAMBIO DE TUBERÍAS EN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE HUARAZ</b>		
	UBICACIÓN:	
	DISTRITO:	PROVINCIA: DEPARTAMENTO:
	HUARAZ	HUARAZ ANCASH
	PLANO:	FACOR DE AMENAZA POR DEFORMACIÓN PERMANENTE DEL SUELO (FDPS)
	ELABORADO:	ING. BAYONA ANTÚNEZ REMO CRISANTO
	FUENTE:	ELABORACIÓN PROPIA
	FECHA:	JUN 2018
	ESCALA:	1: 10000

LAMINA:  
**08**



**Leyenda**

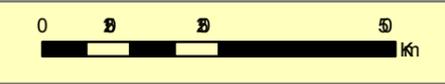
**Red existente**

**CLASES DE TUBERIA**

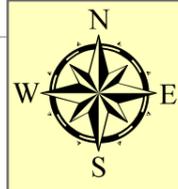
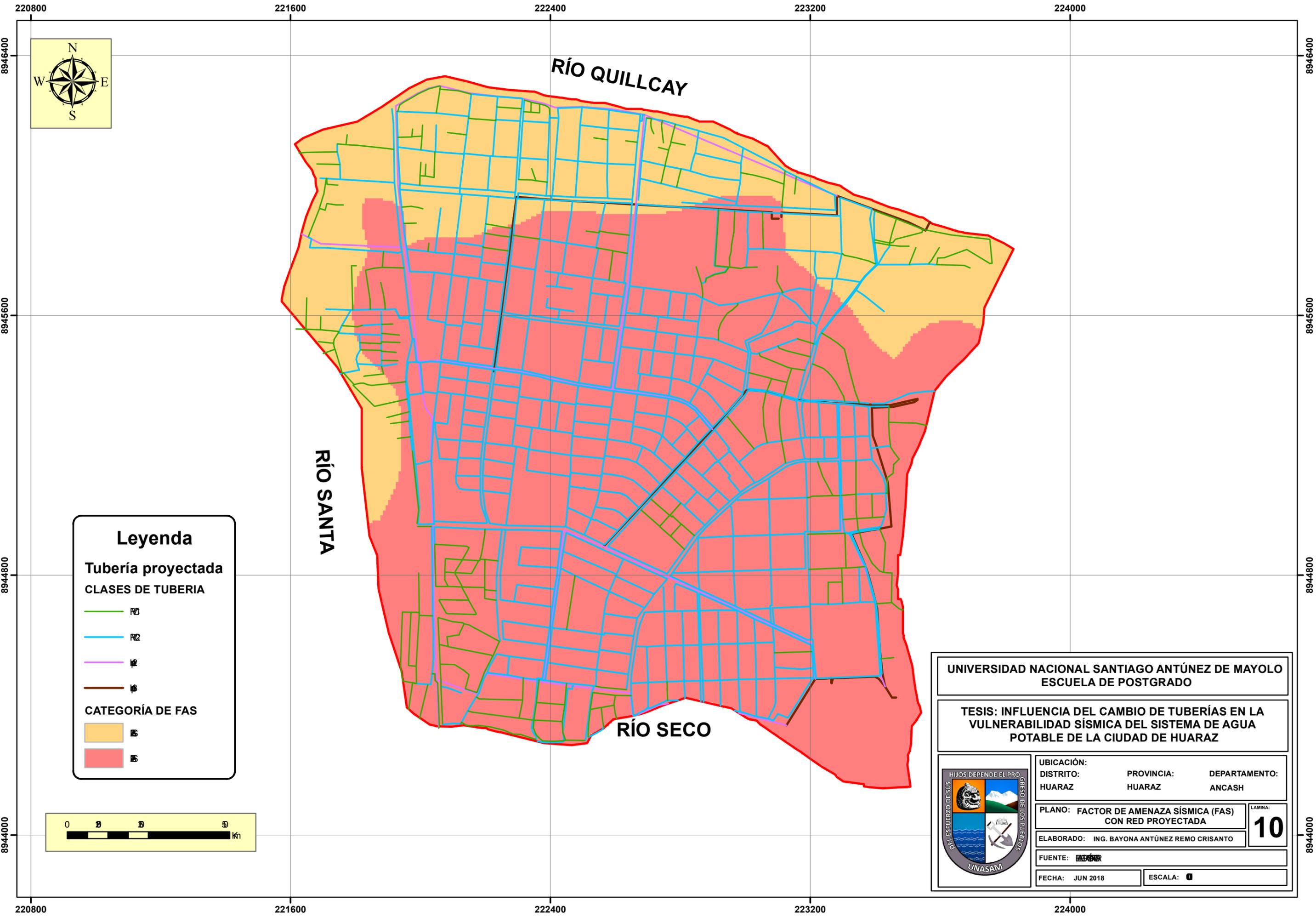
-  A2
-  A3
-  B
-  P1
-  P2
-  P3

**CATEGORÍA DE FAS**

-  B1
-  B2



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO ESCUELA DE POSTGRADO</b>		
<b>TESIS: INFLUENCIA DEL CAMBIO DE TUBERÍAS EN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE HUARAZ</b>		
 UBICACIÓN: DISTRITO: HUARAZ      PROVINCIA: HUARAZ      DEPARTAMENTO: ANCASH		
PLANO: FACTOR DE AMENAZA SÍSMICA (FAS) CON RED EXISTENTE		LAMINA: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">09</div>
ELABORADO: ING. BAYONA ANTÚNEZ REMO CRISANTO FUENTE: <del>IGEP</del>		
FECHA: JUN 2018		ESCALA: 1:



**Leyenda**

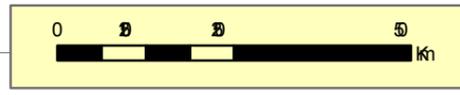
**Tubería proyectada**

**CLASES DE TUBERIA**

- 12"
- 12"
- 12"
- 12"

**CATEGORÍA DE FAS**

- B
- B



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO ESCUELA DE POSTGRADO</b>		
<b>TESIS: INFLUENCIA DEL CAMBIO DE TUBERÍAS EN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE HUARAZ</b>		
	<b>UBICACIÓN:</b> <b>DISTRITO:</b> HUARAZ <b>PROVINCIA:</b> HUARAZ <b>DEPARTAMENTO:</b> ANCASH	<b>LAMINA:</b> <b>10</b>
<b>PLANO:</b> FACTOR DE AMENAZA SÍSMICA (FAS) CON RED PROYECTADA		
<b>ELABORADO:</b> ING. BAYONA ANTÚNEZ REMO CRISANTO		
<b>FUENTE:</b> <del>IGEP</del>		
<b>FECHA:</b> JUN 2018	<b>ESCALA:</b> 1:10000	