



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Sistematización de la información de una red de distribución de agua
potable para la determinación del riesgo sísmico

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Cieza Mata, Renato Jean Pierre
ORCID: 0009-0007-7173-5943

Tovar Huarca, Edgar Samir
ORCID: 0009-0008-4678-8856

ASESOR

Estrada Mendoza, Miguel Luis
ORCID: 0000-0002-8646-3852

Lima, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos de los autores

Tovar Huarca, Edgar Samir

DNI: 61421542

Cieza Mata, Renato Jean Pierre

DNI: 73305657

Datos de asesor

Estrada Mendoza, Miguel Luis

DNI: 10493289

Datos del jurado

JURADO 1

Donayre Cordova, Oscar Eduardo

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-4778-3789

JURADO 2

Sueldo Mesones, Jaime Pio

DNI: 43703437

ORCID: 0000-0003-3760-8370

JURADO 3

Valencia Gutierrez, Andres Avelino

DNI: 07065758

ORCID: 0000-0002-8873-189X

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

osotros, Edgar Samir Tovar Huarca, con código de estudiante N°201711091, con DNI N°61421542, con domicilio en Mz. O lt. 1 Coop. Miguel Grau, distrito Santa Anita, provincia y departamento de Lima, y Renato Jean Pierre Cieza Mata, con código de estudiante N°201711117, con DNI N°73305657, con domicilio en Av. Tupac Amaru 7641, distrito Comas, provincia y departamento de Lima, en nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

La presente tesis titulada: “Sistematización de la información de una red de distribución de agua potable para la determinación del riesgo sísmico” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Miguel Luis Estrada Mendoza, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc.; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 19% de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumimos responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

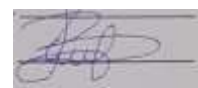
Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 23 de octubre de 2023



.. Edgar Samir Tovar Huarca
DNI N°61421542



Renato Jean Pierre Cieza Mata
DNI N°201711117

INFORME DE ORIGINALIDAD–TURNITIN


Sistematización de la información de una red de distribución de agua potable para la determinación del riesgo sísmico

INFORME DE ORIGINALIDAD

19% INDICE DE SIMILITUD	18% FUENTES DE INTERNET	5% PUBLICACIONES	6% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	docplayer.es Fuente de Internet	1%
6	www.acoplasticos.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.igp.gob.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	1%
9	www.munisurco.gob.pe Fuente de Internet	


Dra. Vargas Chang Esther Joni

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por haberme dado una familia maravillosa, quienes fueron una inspiración para mí, por sus ejemplos de humildad y sacrificio; enseñándome principios y valores. A todos ellos le dedico el presente trabajo. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

Edgar Samir Tovar Huarca

Esta tesis va dedicado a mis padres por haberme enseñado valores y perseverancia durante mi vida, gracias a su apoyo y amor incondicional puedo decir que todos mis logros son gracias a ellos.

Renato Jean Pierre Cieza Mata

AGRADECIMIENTO

Le damos gracias a Dios por permitirnos llegar a estas estancias de nuestra vida como profesionales, agradecemos a nuestros padres por su motivación y ayuda incondicional. Le damos gracias a nuestra alma mater y a todos nuestros docentes durante nuestra vida académica.

Edgar Samir Tovar Huarca
Renato Jean Pierre Cieza Mata

ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD–TURNITIN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción del Problema.....	2
1.2 Formulación Operacional del Problema.....	5
1.2.1. Problema general	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.3. Importancia y justificación del estudio	5
1.3.1 Importancia	5
1.3.2. Justificación del estudio.....	5
1.4. Delimitación del estudio.....	5
1.4.1 Delimitación temática	5
1.4.2 Delimitación Espacial	6
1.4.3 Delimitación temporal:	6
1.5. Objetivos de la Investigación	6
1.5.1. Objetivo general:	6
1.5.2. Objetivos específicos:	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1 Marco Histórico	8
2.2. Investigaciones relacionadas con el Tema.....	10
2.2.1. Investigaciones Nacionales.....	10
2.2.2 Investigaciones Internacionales:	13
2.3. Estructura Teórica y Científica que sustenta el Estudio.....	16

2.3.1.	Variable independiente: Riesgos de rupturas de tuberías en caso de sismo:	16
2.3.1.1.	Red de distribución de agua.....	17
2.3.1.2.	Daños de rupturas por tuberías	17
2.3.2.	Variable dependiente: Riesgo por rupturas:	17
2.3.2.1.	Riesgo de red	17
2.3.2.2.	Soluciones preventivas	17
2.4.	Parámetros de Vulnerabilidad Sísmica.....	17
2.4.1.	Barenberg (1988)	20
2.4.2.	Isoyama (2000)	21
2.4.3.	America Lifelines Alliance (ALA - 2001).....	23
2.4.4.	Maruyama y Yamazaki (2010)	24
2.4.5.	O'Rourke & Jeon (1999 y 2005)	26
2.5.	Redes de Agua.....	29
2.5.1.	Material de Tubería.....	29
2.5.1.1.	Tuberías de Poli cloruro de Vinilo (PVC)	29
2.5.1.2.	Tuberías de Asbesto Cemento (AC)	30
2.5.1.3.	Tubería de acero Reforzado (AR)	31
2.5.1.4.	Tubería de Canal Cerrado (CAN).....	32
2.5.1.5.	Tubería de Concreto Pretensado (CP)	33
2.5.1.6.	Tubería de Hierro Dúctil (HD)	34
2.5.1.7.	Tubería de Hierro Fundido (FOFO)	35
2.5.1.8.	Tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD).....	36
2.5.2.	Tipos de Redes.....	37
2.5.2.1.	Red de Tuberías Principales	37
2.5.2.2.	Red de Tuberías Secundarias	39
2.5.3.	Uniones Anti Sísmicas.....	40
2.6.	Cálculo de Daños en Tuberías por Sismos	48
2.6.1.	Datos Principalmente Evaluados	49
2.6.2.	Cálculo de aceleraciones y velocidades máximas	53
2.6.3.	Daños por sísmicos en tuberías (Reparaciones/kilómetro).....	54
2.6.4.	Análisis de Daños por Sismos (Reparaciones/Kilómetro).....	82
2.6.5.	Censo	90
2.6.6.	Propuesta para la reducción del daño en tuberías de agua.....	93
2.7.	Definición de Términos Básicos	94

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	95
3.1. Hipótesis	95
3.1.1. Hipótesis general.....	95
3.1.2. Hipótesis específica	95
3.2. Variables	95
3.2.1. V1: Variable independiente: riesgos de rupturas de tuberías, en caso de sismo ..	95
3.2.2. V2: Variable dependiente: medidas de prevención	95
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	96
4.1. Tipo, método y Diseño de la Investigación	96
4.1.1. Tipo de estudio	96
4.1.2. Método de investigación.....	96
4.1.3. Diseño de la investigación	96
4.2. Población y Muestra.....	97
4.2.1. Población:	97
4.2.2. Muestra:	97
4.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	97
4.4. Descripción de Procedimientos de Análisis de Datos	97
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	99
5.1. Presentación de Resultados.....	99
5.2. Discusión de resultados	100
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES.....	102
REFERENCIAS.....	103
ANEXOS	108
Anexo A: Matriz de operacionalización	108
Anexo B: Matriz de Consistencia	109
Anexo C: Mapa de Microzonificación Sísmica, Zona de Aceleraciones y Zonificación de Santa Anita.	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Funciones de Vulnerabilidad de tuberías de agua	19
Tabla 2 Valores de corrección según Isoyama	23
Tabla 3 Factor de corrección K1.....	24
Tabla 4 Parámetros de curva de fragilidad determinados por análisis de regresión no lineal	26
Tabla 5 Tabla de datos de Tuberías Principales	38
Tabla 6 Tabla de datos de Tuberías Secundarias	39
Tabla 7 Accesorios de la Tubería GX.....	41
Tabla 8 Datos de los Accesorios de Materiales	44
Tabla 9 Unión de tuberías con deflexión máxima de la junta	48
Tabla 10 Descripción de tuberías PVC y AC de agua potable de Santa Anita.....	50
Tabla 11 Funciones usadas para el Distrito Santa Anita	52
Tabla 12 Aceleraciones máximas – Santa Anita	53
Tabla 13 Velocidades Máximas – Santa Anita.....	54
Tabla 14 Reparaciones por kilómetro en Santa Anita – Mapa de Microzonificación	72
Tabla 15 Reparaciones por kilómetro en Santa Anita – Sismo de 1966.....	73
Tabla 16 Reparaciones/ kilómetro para tuberías de PVC	75
Tabla 17 Reparaciones/ kilómetro para tuberías de AC	76
Tabla 18 Reparaciones/ kilómetro para tuberías de CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEAD.....	78
Tabla 19 Reparaciones/ kilómetro para tuberías de PVC	80
Tabla 20 Reparaciones/ kilómetro para tuberías de AC	81
Tabla 21 Reparaciones/ kilómetro para tuberías de CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEAD.....	82
Tabla 22 Datos considerados para la formulación de los Cuadros de Santa Anita	84
Tabla 23 Número de Personas por Zona para PVC	91
Tabla 24 ,Cantidad de Litros para PVC	91
Tabla 25 Cantidad de Cisternas para PVC.....	91
Tabla 26 Presupuesto de Abastecimiento de Agua para PVC	91
Tabla 27 Número de Personas por Zona para AC	92
Tabla 28 Cantidad de Litros para AC	92
Tabla 29 Cantidad de Cisternas para AC.....	92
Tabla 30 Presupuesto de Abastecimiento de Agua para AC	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vista de Tareas de reposición de tuberías: el sismo generó un total de daños en los sistemas de agua potable y saneamiento por S/. 84 millones	3
Figura 2 Vista de sistemas de agua potable y saneamiento colapsados.....	4
Figura 3 Vista de la zona de la ciudad de Lima.....	6
Figura 4 Función de vulnerabilidad de Barenberg.....	21
Figura 5 Función de fragilidad Maruyama y Yamazaki (2010), para tuberías de hierro fundido (CIP) y tuberías de PVC	26
Figura 6 Función de vulnerabilidad O'Rourke & Jeon (2005).....	28
Figura 7 Tuberías de Poli cloruro de Vinilo (PVC).....	30
Figura 8 Tuberías de Asbesto Cemento(AC).....	31
Figura 9 Tubería de Acero Reforzado (AR)	32
Figura 10 Tubería de Canal Cerrado (CAN)	33
Figura 11 Tubería de Concreto Pretensado (CP)	34
Figura 12 Tubería de Hierro Dúctil (HD).....	35
Figura 13 Tubería de Fierro Fundido (FOFO).....	36
Figura 14 Tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD).....	37
Figura 15 Imagen de Redes de Tuberías Principales	38
Figura 16 Imagen de Redes de Tuberías Secundaria	39
Figura 17 Datos de la Junta GX.....	42
Figura 18 Datos de la Tubería de Revestimiento.....	42
Figura 19 Datos de los Accesorios	42
Figura 20 Datos de P-Enlace	43
Figura 21 Datos de G-Enlace.....	43
Figura 22 Símbolos de la unión GX	44
Figura 23 Posición del anillo de bloqueo.....	45
Figura 24 Reposicionamiento del anillo de bloqueo	45
Figura 25 Posición de marcado de la junta de goma	46
Figura 26 Instalación de junta de goma	46
Figura 27 Posición de la junta de goma.....	47
Figura 28 Aplicación de lubricante.....	47
Figura 29 Alineación del casquillo y la espiga	48
Figura 30 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Santa Anita ..	56

Figura 31 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Isoyama PVC - Mapa de Microzonificación	57
Figura 32 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Isoyama AC - Mapa de Microzonificación.....	58
Figura 33 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Maruyama y Yamazaki - Mapa de Microzonificación.....	59
Figura 34 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para ALA PVC - Mapa de Microzonificación.....	60
Figura 35 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para ALA AC - Mapa de Microzonificación.....	61
Figura 36 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para O`Rourke y Jean - Mapa de Microzonificación	62
Figura 37 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Barenberg - Mapa de Microzonificación.....	63
Figura 38 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Isoyama PVC – Sismo de 1996	64
Figura 39 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Isoyama AC – Sismo de 1996.....	65
Figura 40 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Maruyama y Yamazaki – Sismo de 1996.....	66
Figura 41 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para ALA PVC – Sismo de 1996	67
Figura 42 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para ALA AC – Sismo de 1996	68
Figura 43 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para O`Rourke y Jeon – Sismo de 1996.....	69
Figura 44 Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Barenberg – Sismo de 1996	70
Figura 45 Reparaciones/ kilómetro para tuberías de PVC – Zona I.....	74
Figura 46 Reparaciones/ kilómetro para tuberías de PVC – Zona II.....	74
Figura 47 Reparaciones/ kilómetro para tuberías de AC – Zona I	75
Figura 48 Reparaciones/ kilómetro para tuberías de AC – Zona II.....	76
Figura 49 Reparaciones/ kilómetro para tuberías de CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEAD – Zona I.....	77

Figura 50 Reparaciones/ kilómetro para tuberías de CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEAD – Zona II.....	77
Figura 51 Reparaciones para tuberías de PVC – Zona I.....	79
Figura 52 Reparaciones para tuberías de PVC – Zona II	79
Figura 53 Reparaciones para tuberías de AC - Zona I.....	80
Figura 54 Reparaciones para tuberías de AC – Zona II.....	81
Figura 55 Reparaciones para tuberías de CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEAD.....	82
Figura 56 Mapa de Microzonificación Sísmica.....	110
Figura 57 Zona de Aceleraciones	111
Figura 58 Zonificación de Santa Anita	112

RESUMEN

El Perú es un país altamente sísmico ya que integramos el cinturón de fuego del Pacífico y estamos propensos a actividades sísmicas constantes, la predicción e identificación de los daños graves en las líneas de tuberías de aguas principales ocasionado por un terremoto, puede determinar pérdidas económicas y sociales, como los ocurridos en el terremoto de Lima y Callao en 1966.

La presente tesis busca determinar los daños producidos por un terremoto de alta intensidad, expresado por una función empírica (denominada fragilidad y funciones de fragilidad en este documento) que relaciona la tasa de reparación con los parámetros del movimiento del suelo, como la velocidad máxima del suelo (PGV) y la deformación máxima del suelo (PGD).

Para ello, se analiza las tuberías primarias y secundarias para determinar los daños que causan y los peligros a los que están expuestas, ya sea por deformaciones permanentes del suelo (DTS) como deslizamientos, licuefacción y sedimentación, o por deformaciones transitorias del suelo (DTS) se refiere a la propagación de ondas superficiales.

Después, se analizaron las funciones empíricas que revelaron diferencias significativas en la información considerada por cada método, lo que se refleja en diferentes grados de mitigación para los mismos parámetros del suelo.

Las plantillas generadas describen las funciones de las características y la información analizada durante la creación para identificar cada función que mejor represente el análisis en el área especificada.

Se realiza una aplicación de uso de las plantillas creadas en el distrito de Santa Anita, así como el análisis de los resultados. Finalmente, se representan las conclusiones y recomendaciones para el uso de las plantillas, uniones antisísmicas, la estimación de daños en las tuberías de agua y el abastecimiento de agua en el sector en caso de ruptura de las tuberías de agua.

Palabras claves: tuberías de aguas principales, velocidad máxima del suelo, deformación máxima del suelo, deformación máxima del suelo, deformaciones permanentes del suelo.

ABSTRACT

Peru is a highly seismic country since we are part of the Pacific Ring of Fire and are prone to constant seismic activities. The prediction and identification of serious damage to main water pipeline lines caused by an earthquake can determine economic losses and social, such as those that occurred in the Lima and Callao earthquake in 1966.

This thesis seeks to determine the damage caused by a high intensity earthquake, expressed by an empirical function (called fragility and fragility functions in this document) that relates the repair rate to the parameters of the ground movement, such as the maximum velocity of the soil (PGV) and the maximum soil deformation (PGD).

To do this, the primary and secondary pipes are analyzed to determine the damage they cause and the dangers to which they are exposed, either due to permanent soil deformations (DTS) such as landslides, liquefaction and sedimentation, or due to transient soil deformations (DTS) refers to the propagation of surface waves.

Afterwards, analysis of the empirical functions revealed significant differences in the information considered by each method, which is reflected in different degrees of mitigation for the same soil parameters.

The generated templates describe the feature functions and information analyzed during creation to identify each feature that best represents the analysis in the specified area.

An application of the use of the templates created in the Santa Anita district is carried out, as well as the analysis of the results. Finally, the conclusions and recommendations for the use of templates, anti-seismic joints, the estimation of damage to water pipes and the water supply in the sector in case of water pipe rupture are represented.

Keywords: main water pipes, maximum soil velocity, maximum soil deformation, maximum soil deformation, permanent soil deformations.

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se realizó en el distrito de Santa Anita, ya que nos encontramos en el cinturón de fuego del pacífico, y Lima es una de las provincias con más sismos ocurridos en los últimos años además nos encontramos al costado del mar por lo tanto estamos propensos a un tsunami. Por ello, Lima esta propenso a rupturas de tuberías de agua en ciertas zonas de cada distrito.

La finalidad de esta tesis es proponer soluciones ante un inminente sismo de gran magnitud, por lo que se propone colocar uniones antisísmicas y calcular un presupuesto para abastecer de agua potable en las zonas donde habrá mayor daño en las tuberías de agua, ya que puede originar pedidas económicas y sociales.

En el capítulo I, se detalla el planteamiento del problema sobre los daños por los sismos ocurridos en Perú mostrando los objetivos. El área de trabajo, la importancia de esta propuesta, la justificación y la limitación de esta investigación.

En el capítulo II, se presentan unos breves conceptos académicos nacionales e internacionales para el inicio del marco teórico, en donde se detallan los conceptos relacionados con este estudio, brindando soporte al estudio.

En el capítulo III, se elabora una estructura de la hipótesis general y las secundarias, indicando la problemática, las variables dependientes e independientes de la investigación.

En el capítulo IV, se produce la metodología en la investigación escogida, designando el tipo y nivel, análisis de la investigación, muestra, tipos y criterios de confiabilidad.

En el capítulo V, se hará la presentación de las tuberías analizadas en distintos estudios dando como resultado los daños ocasionados a las tuberías en cada estudio.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema

El Perú es un país altamente sísmico debido a que se encuentra ubicado en el cinturón de Fuego del Pacífico donde la principal fuente del sismo es la interacción de la Placa de Nazca y la Placa Suramericana, la cual a lo largo de los años ha generado una cierta cantidad de sismos de gran magnitud en la cual se han generado daños a la estructura, accidentes y muertes. (CISMID; 2010).

La ciudad de Lima es altamente sísmica, siendo en gran medida afectada su población por los constantes sismos. Viéndose afectado las redes de agua por medio de los sismos ocasionando fisuras que al pasar del tiempo se transforman en rajaduras que podrían ocasionar el desabastecimiento de agua potable y la pérdida de drenaje de las aguas grises.

Se busca el análisis del comportamiento sísmico de las tuberías (primarias y secundarias), para poder identificándose los daños que se generan y las amenazas a la que están sometidas por las ondas sísmicas, ya sean deformaciones permanentes del suelo (DPS) como los asentamientos, deslizamientos y licuación, o las deformaciones transitorias del suelo (DTS) referidas a la propagación de las ondas superficiales.

Aunque no existen métodos científicamente aceptados para predecir terremotos, se reconoce que algunas áreas tienen una fuerte tendencia sísmica; la cual está ubicada en el Anillo de Fuego del Pacífico, sustenta el 80% de los terremotos y la actividad volcánica de la Tierra. La historia de nuestro país muestra que las zonas costeras son propensas a sufrir terremotos; la ciudad de Lima ha sufrido devastadores terremotos e inundaciones. Estos antecedentes recomiendan utilizar componentes de gestión de riesgos en proyectos públicos y privados, fortalecer la preparación para reducir y eliminar peligros y desarrollar una cultura de seguridad. (Nelson y Zavala, 2008)

El 15 de agosto de 2007, un terremoto de magnitud 7,9 sacudió la región sur de la costa central del Perú, afectando los sistemas de agua potable y saneamiento en ciudades del sur de Lima, y la superficie afectada alcanzó un monto de S/. 77,34 millones (Impacto económico del terremoto de 2007 en el sector de agua potable y saneamiento en cuatro provincias del Perú, mayo 2011).

En la Figura 1, nos denotara los daños ocurridos en el terremoto de 2007.

Figura 1

Vista de Tareas de reposición de tuberías: el sismo generó un total de daños en los sistemas de agua potable y saneamiento por S/. 84 millones



Nota. Gestión de Riesgo de Desastres en Agua Potable y Saneamiento (2011)

En el borde occidental del Perú, el proceso de convergencia de la placa de Nazca (oceánica) se está desarrollando bajo la placa Sudamericana (continental) a un ritmo promedio de 7 a 8 cm por año, responsable de la geodinámica y topografía actual de todo el territorio peruano. Este proceso produce terremotos de diferentes tamaños y orígenes ubicados a diferentes profundidades, todo debido a la fricción entre las dos placas (oceánica y continental), la deformación de la corteza poco profunda y la deformación interna de la placa oceánica debajo de las montañas. Los terremotos en el Perú ocurren de manera continua en el tiempo, y el Instituto Geofísico del Perú reporta un promedio de 150 a 200 sismos por año sentidos por la población, con una intensidad mínima de II-III (MM) y una magnitud ML mayor o igual a 4.0. (Tavera, 2020)

Los lineamientos para la Evaluación de Riesgos de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Doméstico mencionan que es muy importante mantener en buen estado el sistema de abastecimiento de agua porque puede mejorar la calidad de vida de los grupos beneficiarios, pero si está mal instalados y operados, con un mantenimiento insuficiente, incluso si no ocurre un desastre, ya son frágiles y tendrán un efecto desencadenante si surge un peligro (CENEPRED, 2018).

En la Figura 2, nos denotará los sistemas de agua potable y saneamiento colapsadas.

Figura 2

Vista de sistemas de agua potable y saneamiento colapsados.



Nota. Gestión de Riesgo de Desastres en Agua Potable y Saneamiento (2011)

Describir la vulnerabilidad de los sistemas hídricos a los terremotos; mencionan que los deslizamientos de tierra inducidos por terremotos y la erosión del suelo en fuentes de agua pueden aumentar la turbidez y detener la captación de agua. Por otro lado, las plantas de tratamiento están sujetas a una sedimentación no uniforme y a una mayor presión lateral; De manera similar, la licuefacción puede hacer que las estructuras subterráneas que transportan agua floten o se hundan, y la licuefacción puede mitigarse reteniendo agua en tanques. Las juntas de dilatación también pueden ser causadas por daños por impacto entre dos estructuras o por el movimiento constante entre estructuras adyacentes, pero no conectadas o insuficientemente conectadas. Debe haber flexibilidad entre dichas estructuras. Las tuberías enterradas son susceptibles de sufrir daños al entrar en contacto con las estructuras, especialmente cuando se produce un asentamiento desigual. Este es un problema importante cuando los pilotes y tuberías de soporte estructural están directamente enterrados. Para garantizar flexibilidad en el punto de contacto, se recomienda utilizar conectores flexibles dobles en serie o juntas flexibles patentadas. Los movimientos sísmicos del suelo en los edificios se amplifican; cuanto más alto es el edificio, más cargas sísmicas está expuesto. Los cilindros de cloro pueden volcarse y dañar los tubos de conexión; se recomienda sujetarlas desde arriba y desde abajo. Los daños a las tuberías durante los terremotos a menudo afectan a todo el sistema de agua, provocando que los depósitos exploten y tengan fugas. (Ballantyne ,2013)

1.2 Formulación Operacional del Problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera identificar los riesgos de rupturas de tuberías, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cómo identificar los riesgos de rupturas de tuberías PVC, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas?
- ¿Cómo identificar los riesgos de rupturas de tuberías AC, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas?

1.3. Importancia y justificación del estudio

1.3.1 Importancia

La importancia de nuestro trabajo se basa en el tema socioeconómico, lo cual, en medio de un movimiento telúrico de alta magnitud, las tuberías más propensas a sufrir daños con uniones antisísmicas logran prever las rupturas de las mismas, lo cual permite el flujo de abastecimiento en las viviendas, y por el lado económico reduce los daños y a su vez minimizando realizar trabajos de reparaciones millonarios.

1.3.2. Justificación del estudio

En este estudio se determinará de qué manera las tuberías de las redes de agua potable sufren daños por las ondas sísmicas por medio del programa Arcgis, pudiéndose verificar la veracidad del comportamiento de las tuberías por medio del uso de cuadros comparativos de diferentes niveles de sismos y tipos de tuberías. Buscando prevenir un desabastecimiento de agua a causa de las rupturas de las tuberías proporcionando seguridad de una necesidad primaria para la población.

1.4. Delimitación del estudio

El presente proyecto se limita en las siguientes dimensiones:

1.4.1 Delimitación temática

En el presente análisis se quiere profundizar la aplicación de uniones antisísmicas en las redes de agua de la ciudad de Lima, en Santa Anita. La investigación se centra en los daños causados por los sismos en las redes de agua.

1.4.2 Delimitación Espacial

El presente estudio se realizará sobre la aplicación de uniones antisísmicas la cual trabajaremos en la ciudad de Lima, en Santa Anita.

En la Figura 3, nos dará la vista de la zona de Santa Anita.

Figura 3

Vista de la zona de la ciudad de Lima



Nota. Google Maps

1.4.3 Delimitación temporal:

El análisis se desarrollará en los meses de junio a noviembre del 2023. Realizaremos el modelamiento sísmico con el programa ARCGIS para obtener una mejora a la respuesta de las tuberías con los datos obtenidos y mediante fórmulas, el mejor uso de la incorporación de las uniones anti sísmicas.

1.5. Objetivos de la Investigación

1.5.1. Objetivo general:

Identificar los riesgos de rupturas de tuberías, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas.

1.5.2. Objetivos específicos:

- Identificar los riesgos de rupturas de tuberías PVC, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas.
- Identificar los riesgos de rupturas de tuberías AC, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Histórico

Desde un punto de vista geofísico, la estructura interna de la tierra consiste en el núcleo, el manto interno, externo y la corteza, que se puede dividir en continentes u océanos. El núcleo está hecho de material de hierro que puede soportar temperaturas superiores a 5000°C; por lo tanto, todas las rocas a su alrededor están en estado líquido y semilíquido, enfriándose en placas a medida que salen del núcleo y se acercan a la superficie. Este proceso continuo mueve las placas en diferentes direcciones, provocando en algunos casos colisiones y/o separación de la unión; es decir, continentes entre sí, océanos con respecto a otro mar o cuerpo de agua. En el caso de Perú, las placas de Nazca y Sudamericana chocaron de frente, empujando la primera placa debajo de la otra, provocando un proceso conocido como subducción. Este proceso avanza a un ritmo de 7 a 8 cm por año, lo que resulta en el levantamiento de los Andes a un ritmo promedio de 4 mm/año a lo largo del tiempo, deformándose para crear grietas o fallas geológicas. En este caso se presenta otro agente erosivo, como el agua de lluvia, y juntos forman valles, quebradas y cañones. (Tavera, 2020)

Se analizaron modelos de sismicidad y deformación de la corteza para evaluar posibles escenarios de grandes terremotos a lo largo del margen occidental del Perú; además de los aportes científicos de diversos autores a la predicción de grandes terremotos. El análisis espacial de los sismos mostró la reducción de las zonas costeras en las regiones de Lima-Callao, Moquegua y Tacna, lo que indica que estas áreas están acumulando tensiones que serán liberadas por eventos sísmicos de gran escala. Asimismo, la distribución espacial de las zonas de ruptura en grandes sismos indica la presencia de lagunas sísmicas en Lima, Moquegua, la costa de Tacna y en todo el norte del Perú. Estos resultados son consistentes con la detección de rugosidad en la misma región utilizando métodos estadísticos y una base de datos homogénea. (Tavera, 2020)

Asimismo, el análisis y evaluación de los datos del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) permitió determinar si existen zonas de máximo acoplamiento sísmico (ZMAS) en la superficie de fricción entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana, y comparar su ubicación con aquellas sin acoplamiento sísmico. Estas áreas corresponden a sismicidad, brecha sísmica y rugosidad. La ZMAS, ubicada frente a la zona de Lima y

Callao, tiene 460 x 150 kilómetros cuadrados y producirá un sismo M8.8; Un área de 150 x 100 kilómetros cuadrados frente a la región Ica-Arequipa produciría un sismo M7.9 frente a la zona Moquegua-Tacna de 210 x 130 kilómetros cuadrados. producir un terremoto de magnitud M8. 2. Un sismo de M8.8 en Lima Metropolitana y Callao provocaría un temblor de tierra de más de 500 cm/s². (Tavera,2020)

A nivel internacional, como en Perú, los movimientos sísmicos han causado daños considerables. Quizás la razón más importante sea el desarrollo no planificado y descontrolado de las ciudades ubicadas en zonas de alto riesgo sísmico, ocupando áreas conocidas como áreas de no construcción y causando enormes pérdidas humanas, materiales y económicas en caso de riesgo de terremotos y tsunamis. Según el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), hay un promedio de 18 terremotos que miden entre 7 y 7,9 en la escala de Richter cada año, en comparación con un terremoto que mide más de 8. Este promedio no ha cambiado, pero el daño ha aumentado durante tiempo. Estas pérdidas incluyen muertes, daños significativos a la propiedad y miles de personas sin hogar. (Melgar y Mendoza, 2015)

En este punto, debemos recordar que la región costera central de nuestro país, donde se ubica la provincia de Lima, está libre de sismos y alberga alrededor de un tercio de la población de nuestro país, y gran parte del crecimiento de la Ciudad es no planificado y tiene su origen de los asentamientos periféricos. La llegada de migrantes rurales a los arenales, a los cañones al pie de los Andes, aumentó los problemas de planificación urbana de Lima y, por ende, la vulnerabilidad física. (Melgar y Mendoza, 2015)

Por otro lado, en Japón un país altamente sísmico ha desarrollado un accesorio llamado unión antisísmico, esta unión antisísmica tiene un jebe que bloquea la salida de la tubería, si este desplazamiento genera un desvío de estas tuberías, esta protuberancia es detenida por este anillo, en el otro caso en vez de que sea jalada sino empujada la tubería en la parte inferior están viendo que la tubería se detiene unos cuantos centímetros hacia la derecha, debido a este mecanismo las tuberías no se separan. Por ello, luego de haber instalado este mecanismo de unión antisísmico se pudo notar la diferencia, ya que luego de esos grandes desplazamientos las tuberías de agua se mantuvieron intactas sin generar pérdidas económicas, ni desabastecimiento de agua a las poblaciones afectadas por el sismo.

2.2. Investigaciones relacionadas con el Tema

2.2.1. Investigaciones Nacionales

Jiménez, Moggiano, Yauri y Calvo (1966) define que:

La Universidad Nacional Mayor de San Marcos, realizó una investigación sobre “Fuente sísmica del terremoto de Huacho-Perú 1966 de 8.1 Mw a partir de inversión de registros mareo gráficos”, el objetivo fue analizar y procesar tres señales mareo mediante un proceso de inversión. Se utilizó el método de mínimos cuadrados no negativos para comparar las señales analógicas con las señales de observación y el resultado. La conclusión fue la distribución de fuentes obtenida en este estudio muestra una fuerte concentración de asperezas en la parte sur de la geometría de la falla frente a la ciudad de Huacho, que es el área con mayor liberación de energía sísmica, consistente con reportes de eventos macro sísmicos. La intensidad de la ciudad es de VIII a IX MM. La solución al problema de inversión no es única porque el conjunto de valores de dislocación que proporciona la mejor correlación entre los datos observados y simulados se elige del método de mínimos cuadrados no negativos. La amplitud máxima de la deformación sísmica inicial de este modelo es de 1.47 m. El desplazamiento máximo es de 4.7 m, el cual se ubica en la parte sur de la zona de falla, específicamente frente a la ciudad de Huacho. Se deben utilizar registros gráficos de vértigo adicionales para optimizar los resultados de la inversión, pero las estaciones Talara y Matarani no registraron cantidades significativas de este evento. Además, es importante que los acimuts de las estaciones gráficas de mareas estén bien distribuidos alrededor de la zona de transgresión.

Huarachi y Huarachi (2019) define que:

La Universidad Privada de Tacna, realizó una investigación sobre “Procedimientos para la evaluación del riesgo en el sistema de abastecimiento de agua potable en el distrito de Ciudad Nueva, Departamento de Tacna”, el objetivo fue desarrollar procedimientos adecuados para determinar los parámetros de evaluación de riesgos de las redes de distribución de agua potable en relación con fenómenos naturales en el territorio de Ciudad Nueva. Los métodos utilizados se combinarán con el diseño experimental. Con base en los resultados obtenidos se obtendrán procedimientos adecuados que permitirán

determinar parámetros de evaluación de riesgos para redes de distribución de agua potable de la zona de la Ciudad Nueva frente a los elementos naturales. La conclusión fue que luego de determinar el procedimiento adecuado para la evaluación de riesgos de la red de agua potable en la nueva ciudad, se determina que los parámetros mencionados para la evaluación de fenómenos naturales serán: fenómenos naturales; Se deben determinar los factores determinantes, incluida la topografía del suelo. se puede mencionar el tipo de suelo y el uso actual y los desencadenantes (hidrometeorológicos, geológicos y antrópicos) ya que se puede analizar si contribuye al reflejo de los fenómenos naturales. Segundo: el parámetro de evaluación de la vulnerabilidad, utilizando tres factores (exposición, vulnerabilidad y resiliencia), puede determinar el grado de exposición ambiental, las fortalezas y debilidades humanas y la resiliencia; la vulnerabilidad considera cuatro dimensiones (física, económica, ambiental y social) que determinan la medida en que las personas, las actividades económicas, los recursos naturales y la infraestructura física están expuestas a la amenaza o amenazas. El sistema de agua potable de Xinjiang tiene una clasificación de riesgo sísmico de 0,2347, que es un nivel de riesgo alto, y una clasificación de riesgo de deslizamientos de tierra de 0,150, que es un nivel de riesgo alto. Las vulnerabilidades se encontraron en 0.311, identificadas como altas. El producto de la amenaza y la vulnerabilidad da un riesgo de terremoto de 0,073, que se interpreta como un nivel muy alto, y un riesgo de deslizamiento de tierra de 0,047, que se interpreta como un nivel alto.

Paz Max (2018) define que:

La Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, realizó una investigación sobre “Análisis de vulnerabilidad sísmica de redes de distribución de agua potable para prevenir el desabastecimiento del Sector VI del Distrito de Huacho – 2018”, el objetivo fue estudiar la vulnerabilidad sísmica de la Red de distribución de agua potable para atender la escasez en el sector VI del distrito de Huacho – 2018. Las conclusiones de la investigación fueron la vulnerabilidad sísmica de la red de distribución de agua potable y se intentará sugerir medidas preventivas para abordar la escasez en el sector VI Distrito de Huacho - 2018. El estudio concluye que la vulnerabilidad se está convirtiendo en un área importante de investigación porque afecta directamente los resultados de los daños causados por los terremotos y las evaluaciones de vulnerabilidad, y es

parte, de la mayor parte de la utilización de recursos. Si estos recursos se utilizaran de manera más consistente, habría más recursos disponibles para el uso de diferentes estrategias de reducción de riesgos y los tomadores de decisiones podrían basar sus decisiones con un mayor grado de precisión. También se explora la importancia de los métodos de recopilación de datos de edificios existentes y potenciales. El 35,71% de las tuberías de la red de distribución de agua del sector VI del distrito de Huacho son de fibrocemento y el 64,29% de PVC. En terremotos de magnitud VII, el 100.00% de los tramos de las tuberías de las redes de distribución de agua potable del Sector VI del distrito de Huacho sufrirían 01 rotura. En sismos de magnitud VIII, el 3.57% de los tramos de las tuberías de las redes de distribución de agua potable del Sector VI del distrito de Huacho sufrirían 03 roturas; el 23.21% sufrirían 02 roturas y el 73.21% sufriría 01 rotura. En terremotos de magnitud IX, en las redes de distribución de agua potable del Sector VI del distrito de Huacho; el mayor número de roturas que se evidenciaría sería de 20 que se reflejarían en el 1.79%, seguidos de otro 1.79% con 17 roturas y un 5.36% con 13 roturas; además el mayor porcentaje es de 16.07% con 03 roturas por tramo de tuberías, seguido del 14.29% con 05 roturas por tramo y otro 14.29% con 02 roturas por kilómetro. En sismos de intensidad X, en las redes de distribución de agua potable del Sector VI del distrito de Huacho, el menor número de roturas que sufriría uno de los tramos es de 07 y el mayor número de roturas sería de 146.

Colquicocha Luis (2019) define que:

La Universidad Cesar Vallejo, realizó una investigación sobre “El fenómeno niño costero del año 2017 en la infraestructura de los servicios agua y saneamiento, Catacaos – Piura”, el objetivo fue utilizar métodos de entrevista para describir los hechos del 2017 con la imagen actual de los niños costeños en la infraestructura de servicios de salud en el distrito de Katakos, provincia de Piura. De los resultados obtenidos, todos los encuestados (Martínez, Espinoza, Chunga, Yamunaque, Cruz, Jiménez, Espinoza y Rodríguez) indicaron que sus vidas se vieron efectivamente afectadas por la infraestructura del servicio de saneamiento como buzones, colectores de aguas residuales y conexiones domiciliarias. En general, este porcentaje se aplica al 100% de los encuestados. La conclusión fue que, utilizando la técnica de la entrevista y el análisis de la literatura, es claro que en 2017 el fenómeno de los niños costeños se ha visto

afectado en la infraestructura de abastecimiento de agua (interrupción de las conexiones domiciliarias y la red de distribución) y las instalaciones de saneamiento. Municipio de Piura Catacaos (recoge daños a redes, buzones, acometidas domiciliarias y plantas de tratamiento de aguas servidas).

Breno y Juárez (2022) define que:

La Universidad César Vallejo, realizó una investigación sobre “Modelo de planes de atención de emergencia de redes de agua potable y alcantarillado frente a fenómenos naturales para la aplicación en entidades prestadoras de servicio - EPS”, el objetivo fue desarrollar un modelo de planificación de situaciones de emergencia para el uso de la red de agua potable y alcantarillado en la unidad estructural de la prestadora de servicios. Da la oportunidad de hacer frente a las consecuencias de los desastres naturales. Los métodos utilizados se utilizarán en conjunto con el diseño experimental. Con base en los resultados obtenidos, se aplicará a la unidad Prestadora de Servicios - EPS el Modelo de Planificación de Atención de Emergencias para redes de agua potable y alcantarillado para la superación de las consecuencias de los desastres naturales. La conclusión fue que el área de Xi'an Cheng, donde se encuentran los embalses y estaciones de bombeo 6, 10 y 14, tiene un alto nivel de riesgo de terremotos, inundaciones y desplazamientos masivos. Asimismo, las partes altas de la red Alto de la Alianza tienen un riesgo muy alto de inundación, y la estación de bombeo EB-2 Gregorio Albarracín Lanchipa tiene un riesgo muy alto de terremotos e inundaciones. Al considerar el nivel de riesgo, se pueden desarrollar planes de emergencia y contingencia que prioricen la organización, el apoyo logístico, la implementación, el inventario y la coordinación con otras unidades en las áreas anteriores. Los procedimientos que utiliza la EPS para el tratamiento de agua potable y alcantarillado son los mismos para todos los peligros, es decir, se realizan cerrando el paso del agua. Al aplicar la planificación de emergencias y socorro, primero es necesario identificar los fenómenos naturales, identificar la infraestructura hidrotécnica que puede verse afectada debido a las debilidades conocidas y luego reaccionar en función de los eventos identificados.

2.2.2 Investigaciones Internacionales:

Cedeño Jorge (2018) define que:

La Universidad Andrés Bello, realizó una investigación sobre “Daños históricos y variables de vulnerabilidad frente a tsunamis: infraestructura de aguas servidas en Chile”, el objetivo fue elaborar una herramienta que pueda ser aplicable a cualquier infraestructura de aguas servidas en Chile, específicamente localizadas en localidades costeras donde se pueda analizar visualmente y cuantificar la infraestructura que está en las zonas de inundación e identificar geográficamente los sistemas/elementos más críticos. . La conclusión fue que, en base a lo analizado, las acciones que más se destacaron en eventos de tsunami que provocaron obstrucciones por sedimento u objetos en el sistema de recolección y que pueden ser replicados para Iquique u otras localidades costeras, son primero priorizar la limpieza y desobstrucción de colectores principales, seguido por los colectores secundarios y finalizar con cámaras de inspección y uniones domiciliarias. En caso de daño en las PEAS implementar tableros eléctricos de emergencia y bombas alternativas, utilizar camiones limpia fosas y destructores para las cámaras y pozos e implementar bypass dirigidos a cuerpos de agua cuando no existe otra solución. Cuando el agua salada ingresa a las PTAS, circularla través del mismo sistema para posteriormente agregar nuevas bacterias y nutrientes para recrear el licor mezclado y restablecer el sistema. De igual forma, las PTAS se pueden hacer funcionar mediante generadores y bombas portátiles.

Tuco Lourdes (2021) define que:

La Universidad Mayor de San Simón, realizó una investigación sobre “Análisis sobre la aplicación de las herramientas de resiliencia climática de los proyectos de agua y saneamiento”, el objetivo fue analizar el uso de herramientas de resiliencia (herramientas integradas de gestión de riesgos y cambio climático, análisis de riesgos) para ayudar a determinar el nivel de riesgo de cambio climático que enfrentan los proyectos de agua y saneamiento. La conclusión fue el análisis de riesgo de desastres en proyectos de agua potable y saneamiento se entiende como un conjunto de actividades y procedimientos que identifican amenazas o peligros y analizan las vulnerabilidades de los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento con el fin de evaluar riesgos (posibilidad de daño) y recomendar medidas preventivas (estructurales y no estructurales) y/o medidas de mitigación (medidas para reducir el impacto de los desastres).

Didier, Esposito, Broccardo, y Stojadinovic (2018) se define:

Se realizó una investigación sobre “La resiliencia sísmica de una red de distribución de agua”, el objetivo fue señalar que las instalaciones puntuales (por ejemplo, plantas de tratamiento de agua, depósitos de agua, estaciones de bombeo) y especialmente las tuberías de las redes de distribución y suministro de agua son frágiles a los daños durante los eventos sísmicos tener en cuenta que ciertas instalaciones (por ejemplo, plantas de tratamiento de agua, tanques de agua, estaciones de bombeo), especialmente tuberías en las redes de distribución y suministro, son propensas a sufrir daños durante eventos sísmicos. La resiliencia ante desastres de los sistemas de suministro y distribución de agua se puede evaluar en el sistema ReCoDeS. El marco tiene en cuenta varios componentes, incluido el volumen de servicios proporcionados por los sistemas de infraestructura civil y la demanda pública de sus servicios. La conclusión fue que no se puede atender toda la demanda del servicio, se observa una baja resistencia a nivel de nodo. El modelo propuesto se puede utilizar para simular los efectos sobre los sistemas de agua en condiciones de terremoto. Sin embargo, parece que los escenarios considerados tendrán un impacto valioso en la resiliencia del sistema hídrico del valle de Katmandú. Los operadores de sistemas y las partes interesadas pueden utilizar los siguientes métodos para evaluar la resiliencia de sus sistemas al considerar diversos escenarios de desastre.

Tabesh y Moshtaghi (2019) define que:

Se realizó una investigación sobre “El análisis de riesgos y gestión de redes de distribución de agua debido a un probable terremoto”, se basa en el modelo de ondas sísmicas del terremoto de Northridge de 1994, se realizó un análisis hidráulico para calcular el tiempo de reparación con base en el método de simulación de cabeza. Además, también se introduce el índice de influencia de la presión nodal durante el proceso de reparación. La Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) aplicó este modelo a una parte de la red de suministro de agua de Teherán para evaluar la funcionalidad del modelo propuesto. Dado que no existen condiciones de daños específicas para Irán, algunas de las condiciones de daños disponibles se aplicaron a partes de la red de suministro de agua de Teherán y los resultados mostraron que la condición de HAZUS (Washington, DC, Departamento de Seguridad Nacional y Respuesta a Emergencias, FEMA, Mitigation Division, Nueva York, 2003), se predijo que

causaría más daños. Se definieron dos escenarios de mitigación para evaluar la respuesta del sistema de agua a los impactos del terremoto, incluida la reducción de la demanda y el uso de pozos. Los resultados muestran que una reducción del 20% en la demanda reduce el riesgo, por lo que la reducción máxima se calcula utilizando el coeficiente de daño de O'Rourke y Jeon (el riesgo disminuye de $1,01 \times 10^{-5}$ a $8,26 \times 10^{-6}$). Pero usar pozos después de los terremotos puede ser más efectivo para disminuir el riesgo después del terremoto. La conclusión fue que del estudio de caso muestran que el modelo se puede aplicar a todas las ciudades con catálogos de terremotos y modelos de redes de distribución de agua para mostrar el número de fallas y fugas de tuberías, la relación de riesgo de cada tasa de reparación y el índice de estrés para escenarios de terremotos.

Matus (2023) define que:

La Universidad Andrés Bello, realizó una investigación sobre “Propuesta de lineamientos para planes de continuidad operacional ante desastres por afectaciones de origen sísmico en sector de agua potable de Chile”, el objetivo fue proponer lineamientos aplicables al sector de servicio de agua potable urbano concesionado en Chile utilizable ante amenazas de origen sísmico. La conclusión fue en base a lo analizado utilizar cañerías de materiales más flexibles como lo es el HDPE, ya que al tener mayor flexibilidad presenta menores fallas al momento de vivir algún evento de origen sísmico. Otra de sus ventajas es que su vida útil mucho mayor en comparación a las cañerías de agua potable rígidas como lo son las de cemento, PVC y fierro fundido, lo que permitiría realizar revisiones periódicas y no trabajos de cambio o reparación producto de quiebres o separación de cañerías. Finalmente se ha logrado concretar los objetivos, creando una propuesta de lineamientos para Planes de Continuidad Operacional para los servicios de agua potable de Chile, en donde se estudió la situación internacional y nacional en lo que respecta a estos planes.

2.3. Estructura Teórica y Científica que sustenta el Estudio

2.3.1. Variable independiente: Riesgos de rupturas de tuberías en caso de sismo:

Los riesgos de rupturas de tuberías en caso de sismo para las tuberías principales y secundarias en Santa Anita.

2.3.1.1. Red de distribución de agua

Redes de tuberías que transportan el agua potable de la planta de tratamiento a las viviendas.

2.3.1.2. Daños de rupturas por tuberías

Rajaduras o Roturas causados por diferentes medios, centrándonos en rupturas causadas por movimiento sísmicos.

2.3.2. Variable dependiente: Riesgo por rupturas:

Peligros del desabastecimiento de la población por daños causados por las ondas sísmicas.

2.3.2.1. Riesgo de red

Fallas o Riesgos que están presentes por el tipo de tubería o diseño de red.

2.3.2.2. Soluciones preventivas

Formas de prevenir o reducir los daños causados por las ondas sísmicas en las tuberías.

2.4. Parámetros de Vulnerabilidad Sísmica

La función de vulnerabilidad se crea a partir de un conjunto de daños causados durante diversos eventos sísmicos, los cuales están relacionados con las mediciones de resistencia del terreno registradas durante dichos eventos. Se actualiza constantemente, ya que cada nuevo evento aporta nuevos datos, que en algunos casos difieren significativamente de la relación existente.

En base a los datos de daños causados por terremotos en las tuberías de agua potable se estiman utilizando funciones de fragilidad y vulnerabilidad. El primero en correlacionarse es el grado de daño (número de reparaciones por unidad de longitud de tubería) con el grado de excitación ambiental como velocidad máxima del suelo, aceleración máxima del suelo, etc. Mientras que el segundo mide la probabilidad de consecuencias. No pocas condiciones adversas son afectadas por el grado de estímulos ambientales. Las funciones de vulnerabilidad son más útiles para estimar el número de reparaciones y/o roturas en redes de ductos sujetas a temblores de tierra (paso de olas), deslizamientos de tierra y licuefacción. Sin embargo, en las intersecciones de fallas, la función de vulnerabilidad es más útil, ya que el interés aquí es la probabilidad de que la tubería requiera reparación en el lugar donde cruza la falla, dependiendo del desplazamiento de la falla y posiblemente del ángulo en el que la tubería cruza la falla. (Porter, 2016).

Se debe tener en cuenta los deslizamientos de tierra se pueden definir como el movimiento del suelo provocado por vibraciones sísmicas y pueden ocurrir de diferentes formas: deslizamientos, caídas, demoliciones y flujos. En el caso de la licuefacción, provoca desplazamientos laterales, ya que los suelos saturados sueltos e incoherentes pierden su resistencia al corte debido a la vibración, es decir, se licuan. El desplazamiento lateral se produce tanto en sentido horizontal como vertical, siendo este último el menor. En cuanto al hundimiento, puede ser causado por compactación de arena seca, consolidación de arcilla o consolidación de suelo líquido. (Santillan,2011)

Al comparar las fallas del suelo (es decir, pequeños deslizamientos de tierra, grietas y suelo húmedo), la tasa de fallas de la tubería es aproximadamente ocho veces mayor que la falla por propagación de ondas. La tasa de falla de la tubería en el área donde ocurre la licuefacción es de aproximadamente 12 veces la tasa de error de propagación de ondas.

El desempeño de las tuberías depende del tipo de tubería y de la deformación del suelo causada por eventos sísmicos y, con ello podemos verificar la vulnerabilidad a los terremotos. Un aspecto importante que se debe tomar en cuenta es la corrosión en las tuberías, el cual puede reducir su resistencia de las mismas ante los efectos de los desplazamientos transitorios de suelos por diferentes factores externos.

También se debe tener en cuenta que para los tipos de ondas que afectan a las tuberías enterradas, las ondas superficiales son más destructivas que las ondas corporales, lo que puede provocar mayores deformaciones y más daños a las tuberías. La recopilación de información puede distinguir e identificar los mecanismos de falla causados por el comportamiento sísmico de las tuberías, y determina el comportamiento del sistema de tuberías siendo un factor muy importante para determinar la fragilidad y la función de vulnerabilidad. (O'Rourke y Liu, 2012)

Debemos tener en cuenta que las funciones de vulnerabilidad y fragilidad existentes fueron creadas en base a la recopilación de información de daños en tuberías ante diferentes eventos sísmicos. Además, se considerará el proceso de análisis de tuberías enterradas para determinar qué parámetros afectan el comportamiento sísmico de las tuberías.

Este capítulo analiza los parámetros utilizados en la creación de función de vulnerabilidad para distinguir similitudes y/o diferencias en cada enfoque de los diferentes autores.

Con los datos proporcionados por diferentes autores, se hallaron diferentes funciones de vulnerabilidad de las tuberías ante los sismos; teniendo esto en cuenta determinaron que tipos de fórmulas para desplazamientos transitorios para el cálculo de vulnerabilidad de las tuberías que concuerdan con los datos recopilados para esta tesis, obteniendo así la Tabla 1.

Tabla 1

Funciones de Vulnerabilidad de tuberías de agua

AUTO	FUNCIÓN DE VULNERABILIDAD	AÑO
Barenberg	$RR = 0.0071 \times PGV - 0.0658$	1988
Isoyama	$RR = B_p B_d B_g B_l R_o$ $R_o = 3.11 \times 10^{-3} \times (PGV - 15)^{1.3}$	2000
America Lifelines Alliance	$RR (0.3048) = K_1 \times 0.00187 \times PGV \times 2.54$	2001
Maruyama y Yamazaki	$R(v) = (C \Phi((\ln v - \lambda)/\zeta))$	2010
O'Rourke & Jeon	$\ln(RR) = 2.26 \times \ln(PGD) - 11.01$	2014

Nota. Elaboración propia

Donde:

RR: Tasa de reparación por kilómetro

Ro: Representa la tasa de reparación estándar en fallas/ kilómetro

PGV: Velocidad en cm/s

Bp: Factores de corrección por material de tubería

Bd: Factores de corrección por diámetro de tubería

Bg: Factores de corrección por topografía de suelo

Bl: Factores de corrección por licuación de suelo

K1: Factor de corrección

V: Velocidad cm/s

$\Phi(x)$: función de distribución acumulada de la distribución normal estándar

λ , ζ y C: Constantes determinadas por el análisis de regresión simple que fueron determinadas anterior mente por Maruyama y Yamazaki y se observan en la Figura 4.

Seguidamente, se describen cada uno parámetros considerados por diferentes autores con un pequeño resumen de la data aplicada.

2.4.1. Barenberg (1988)

Barenberg en 1988, consideró la información de tasa de daños de los terremotos de Puget Sound (1965), Santa Rosa (1969) brindada por O'Rourke (1985) y las tasas de daño producto del terremoto de San Fernando (1971) desarrollado por Iseberg en 1978.

Los puntos de rotura o daños de tuberías consideradas por Barenberg, algunos casos con su respectiva data son los siguientes. El terremoto de Puget Sound (1965), tuvo una magnitud $M_w=6.7$. El epicentro se ubicó a una profundidad de 64.7 km, y se ubicó a aproximadamente a 2.8 km del noreste de Tacoma. Adicionalmente el mecanismo de falla, es falla inversa y los tipos de suelos ubicados en la zona cercana al epicentro, son material arcilloso y arena gruesa. En octubre de 1969 la ciudad de Santa Rosa, fue sacudida por dos terremotos, de magnitudes $M_L= 5.6$ y 5.7 y profundidades focales de 9.6 km y 10.4 km, respectivamente. El tipo de suelo que predomina en la ciudad de Santa Rosa es arcilla y arena gruesa. El sismo de San Fernando ocurrido en 1971, tuvo una magnitud $M_w= 6.5$, epicentro a 10 km del noreste de Sylmar, una profundidad de 12 km y el mecanismo de falla fue oblicuo. El tipo de suelo que se pudo ubicar en las zonas cercanas al epicentro son arcilla, arena limosa y arcilla limosa. Siendo las tasas de daños están determinadas para las tuberías de distribución y transmisión de agua.

Barenberg consideró la velocidad pico horizontal como parámetro de intensidad sísmica, usado para representar la relación con las tasas de daños.

La función de vulnerabilidad planteada por Barenberg, se expresa como:

$$RR = 0.0071PGV - 0.0658 \quad (1)$$

Dónde:

RR: Tasa de daño expresado en reparaciones por kilómetro

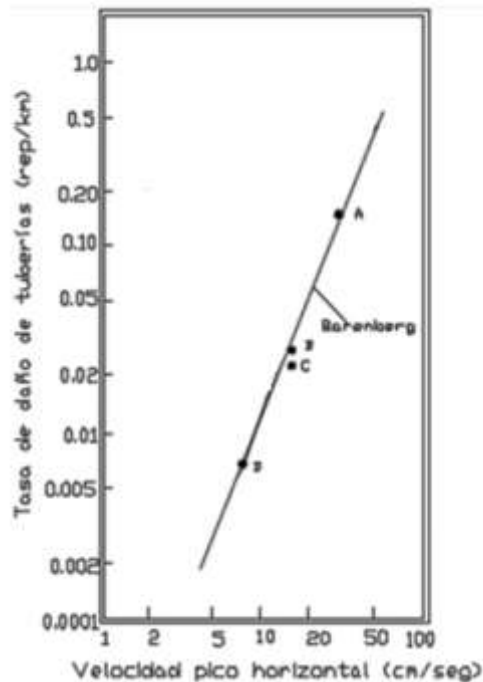
PGV: Velocidad horizontal máxima expresado en cm/s.

A continuación, se puede observar la Figura 4 que representa la función de vulnerabilidad de las tuberías en Barenberg.

En la Figura 4, se denotará la función de vulnerabilidad de Barenberg.

Figura 4

Función de vulnerabilidad de Barenberg



Nota. Barenberg (1988)

2.4.2. Isoyama (2000)

Isoyama en el año 2000 llevó a cabo un análisis detallado de los datos del terremoto de 1995 en el sur de Hyogo (Kobe), que dejó alrededor de 1 millón de hogares sin agua después del terremoto, y sólo el 70% se recuperó en tres semanas. El terremoto se produjo a las 05:36 a 20 kilómetros de la ciudad de Kobe, tuvo una magnitud de $M_w = 6.9$, a una profundidad hipocentral de 14.3 km y el mecanismo de ruptura fue deslizamiento en comparación con movimiento vertical relativamente más grande asociado con fallas inversas del terremoto de Northridge. (NIST, 1996). La función de vulnerabilidad se propone considerando la aceleración máxima del suelo (PGA) y la velocidad máxima del suelo (PGV), pero en este artículo solo se considera la PGV. El PGV considerado es la velocidad máxima horizontal sobre el suelo.

Para la investigación de Isoyama se usaron como datos para la función de vulnerabilidad la base a la información topográfica de las hojas de mapas de Ashiya y Nishinomiya preparadas por el Geographical Survey Institute. También zonas de licuación en función al grado de licuación, estas se dividieron en: "sin" (0%) y "con" (50 o 100%) licuación. Las tuberías analizadas por Isoyama incluyen a las tuberías de

acero fundido (CI), hierro dúctil (DI), policloruro de vinilo (PVC), acero (S) y otros que incluyen asbesto cemento (AC) y tuberías no identificadas, las cuales se clasificaron en cuatro clases de diámetros de tubería: 75 mm (3''), 100 a 150 mm (4'' a 6'') y 200 a 400 mm (8'' a 16''). Con respecto a los accesorios, estos no fueron considerados.

En función a los datos mostrados por Isoyama (200) anteriormente, se creó las siguientes funciones de vulnerabilidad

$$RR = B_p B_d B_g B_l R_o(PGV) \quad (2)$$

$$R_o = 3.11 \times 10^{(-3)} \times (PGV - 15)^{(1.3)} \dots \dots \text{para tuberías PVC y AC} \quad (3)$$

Donde:

RR: Tasa de reparación por kilómetro

R_o: Representa la tasa de reparación estándar en fallas/ kilómetro

PGV: Velocidad en cm/s

B_p: Factores de corrección por material de tubería

B_d: Factores de corrección por diámetro de tubería

B_g: Factores de corrección por topografía de suelo

B_l: Factores de corrección por licuación de suelo

Para tipos de tubería de PVC Y AC, las ecuaciones (3) se utilizan combinando factores de corrección para el material de la tubería

Continuando con los valores determinados por los sismos estudiados anteriormente por Isoyama se pueden observar en la Tabla 2 los factores de corrección B_p, B_d, B_g, y B_l.

Tabla 2*Valores de corrección según Isoyama*

Tipo de tubería, (B _p)		Diámetro de tubería mm, (B _d)		Topografía del suelo, B _g		Licuación, B _L	
DI	0.3	75 (2 1/2")	1.6	Colina	1.1	No hay licuación	1.0
CI	1.0	100-150 (4" a 6")	1.0	Terraza	1.5	Licuación parcial	2.0
PVC	1.0	200-400 (8" a 16")	0.8	Valle estrecho	3.2	Licuación total	2.4
Acero	(0.3)	500 (20")	(0.5)	Llanura aluvial	1		
AC	(1.2)			Planicie aluvial rígida	0.4		

Nota. Proyecto Systemic Seismic Vulnerability and Risk Analysis for Buildings, Lifeline Networks and Infrastructures Safety Gain (SYNER-G). “Fragility functions for gas and oil system networks”, Tesalónica, 2010

2.4.3. America Lifelines Alliance (ALA - 2001)

America Lifelines Alliance (ALA) en el año 2001, consideró, para las funciones de vulnerabilidad, una compilación de varios estudios anteriores, que incluyen un total de 18 terremotos. Dicha información se llevó a un proceso de ajuste y de selección de datos con un proyectó 83 puntos, dejando 81 puntos de datos de 12 terremotos.

En el estudio America Lifelines Alliance (ALA) se tenía un sistema de distribución en su mayoría pequeñas, pero posiblemente algunas de diámetro grande. Los tipos de tuberías que se tuvieron en consideración fueron los de hierro dúctil (DI), hierro fundido (CI), Asbesto cemento (AC), Acero (s), Tubería de concreto (CP). Con tamaños referido al diámetro LG son grande (> 12 pulgadas) y SM que son pequeño (<= 12 pulgadas)

America Lifelines Alliance (ALA) con el intervalo de diámetros y en la evaluación de tuberías que componen el sistema de distribución de agua. Se creó las siguientes funciones de vulnerabilidad como se muestra en la Tabla 3.

$$RR (0.3048) = K1 \times 0.00187 \times PGV \times 2.54 \quad (4)$$

Dónde:

RR: Reparaciones por Kilómetro de tubería

PGV: Velocidad horizontal máxima en cm/segundo

K1: Factor de corrección

Tabla 3

Factor de corrección K1

MATERIAL DE TUBERÍA	TIPO DE JUNTA	SUELO	DIÁMETRO	K1
Hierro fundido	Cemento	Todos	Pequeño	1
Hierro fundido	Cemento	Corrosivo	Pequeño	1.4
Hierro fundido	Cemento	No corrosivo	Pequeño	0.7
Hierro fundido	Junta de goma	Todos	Pequeño	0.8
Acero soldado	Arco soldado	Todos	Pequeño	0.6
Acero soldado	Arco soldado	Corrosivo	Pequeño	0.9
Acero soldado	Arco soldado	No corrosivo	Pequeño	0.3
Acero soldado	Arco soldado	Todos	Grande	0.15
Acero soldado	Junta de goma	Todos	Pequeño	0.7
Acero soldado	Atornillado	Todos	Pequeño	1.3
Acero soldado	Remachado	Todos	Pequeño	1.3
Asbesto cemento	Junta de goma	Todos	Pequeño	0.5
Asbesto cemento	Cemento	Todos	Pequeño	1
Concreto	Arco soldado	Todos	Grande	0.7
Concreto	Cemento	Todos	Grande	1
Concreto	Junta de goma	Todos	Grande	0.8
PVC	Junta de goma	Todos	Pequeño	0.5
Hierro ductil	Junta de goma	Todos	Pequeño	0.5

Nota. America Lifelines Alliance 2021

Se debe tener en cuenta que los diámetros que son pequeños están de 12'' a menos y los grandes son de 12'' a más para tuberías.

2.4.4. Maruyama y Yamazaki (2010)

Maruyama y Yamazaki en el año 2010 estuvo trabajando en la construcción de una nueva curva de vulnerabilidad para algunas prefecturas que ocurrieron en Japón. Maruyama y Yamazaki utilizaron datos de observación de terremotos que ocurrieron en la nueva era, tales como: terremoto de Niigata Chudai (2004), Península de Noto (2007), terremoto de Niigata Chudai (2007) y algunas observaciones del terremoto de Kobe de 1995. El parámetro considerado por Mayurama y Yamzaki es la velocidad pico máxima horizontal (PGV) en cm/s.

La Asociación de suministros de agua del Japón, registró los daños en 5 distritos: Monzen, Wajima, Shika, Anmizú y Nanao, los cuales fueron tomados para la estimación de la función de fragilidad. (Japan Water Works Association 2007, Noto Península)

Los datos que Maruyama y Yamazaki que tomaron en cuenta fueron afectados por la licuefacción de suelo. Tomaron datos del Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar de Japón (2004) y la Asociación Japonesa de Gestión del Agua (JWWA 2007) dando la información del número de fallas en las tuberías de agua en cada ciudad.

Maruyama y Yamazaki (2010) trabajaron con las proporciones de daños de las municipalidades en el terremoto de Niigata Chuetsu 2004, las municipalidades de Monzen, Shika, Anamizu, Wajima y Nanao; en el terremoto de 2007 en la Noto península, y de los municipios de Kashiwazaki, Izumozaki, Nagaoka, Joetsu y Kariwa en el terremoto de Niigata Chuetsu-oki 2007 para construir la curva de fragilidad. Las tuberías que se vieron en el estudio de Maruyama y Yamazaki fueron de hierro dúctil teniendo un diámetro de 75 mm a 400 mm (3" a 16"), las tuberías de hierro fundido tienen diámetros de 65 mm a 250 mm (2.5" a 10") y las tuberías de PVC tienen diámetros de 40 a 150 mm (1.5" a 6"). Las cuales fueron las tuberías principales usadas como data en este estudio.

A continuación, con la data de sismo anteriormente mencionada de Maruyama y Yamazaki nos muestra la función de fragilidad recomendada para los tipos de tubería mencionados, expresada en la siguiente formula:

$$R(v) = (C \Phi((\ln v - \lambda) / \zeta)) \quad (5)$$

Donde:

V: Velocidad cm/s

$\Phi(x)$: función de distribución acumulada de la distribución normal estándar

λ , ζ y C: Constantes determinadas por el análisis de regresión simple que fueron determinadas anteriormente por Maruyama y Yamazaki y se observan en la Tabla 4.

En la Tabla 4, se puede observar los valores predeterminados por el estudio de Maruyama y Yamazaki para las constantes de análisis de regresión simple.

Tabla 4

Parámetros de curva de fragilidad determinados por análisis de regresión no lineal

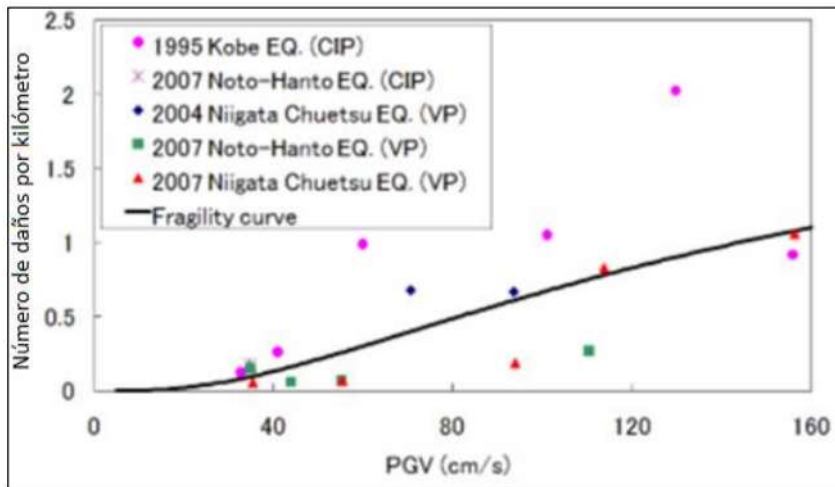
MATERIAL DE TUBERÍA	ζ	λ	C
Hierro fundido y PVC	0.860	5.00	2.06
Hierro dúctil	0.864	6.04	4.99

Nota. Maruyama y Yamazaki (2010)

A continuación, se pueden observar en la Figura 5, el cuadro de Numero de Daños por Kilómetros x PGV, que se obtuvo con la data de daños por Kilómetro de Maruyama y Yamazaki para la función de fragilidad de las tuberías de Hierro fundido (CIP) Y tubería de PVC.

Figura 5

Función de fragilidad Maruyama y Yamazaki (2010), para tuberías de hierro fundido (CIP) y tuberías de PVC



Nota. Maruyama y Yamazaki (2010)

2.4.5 O'Rourke e & Jeon (1999 y 2005)

T. O'Rourke y Jeon en 1999 y en el 2005, analizaron el sistema de conducción de agua en Los Ángeles Departamento of Water and Power a causa del sismo de Northridge en 1994 como base de datos. En el distrito donde aconteció el sismo se tomaron los datos para hallar la relación de vulnerabilidad, en lo cual se registraron daños en 16 carreteras, 800 líneas de suministro de agua y 230 líneas de suministro de agua.

En el estudio T. O'Rourke & Jeon se consideró únicamente tuberías de hierro fundido en 1999, y tuberías de hierro dúctil (DI), tuberías de acero con juntas soldadas de acero (WSJ Steel) y tuberías de fibrocemento (AC) en 2005, con líneas principales mayores a 24" de diámetro y tuberías de distribución menores a 24".

T. O'Rourke y Jeon en el 2005, compararon la relación entre la tasa de incidencia (IC) de lesiones en tuberías de hierro fundido y el PGV calculado de diferentes maneras como PGV media geométrica, PGV máximo y PGV máximo vectorial. Sus resultados mostraron que el PGV máximo, calculado como el valor máximo registrado, se correlacionaba mejor con los daños a las tuberías.

La relación de vulnerabilidad se puede ver en la siguiente fórmula.

$$\ln(RR) = 2.26 \times \ln(PGV) - 11.01 \quad (6)$$

Dónde:

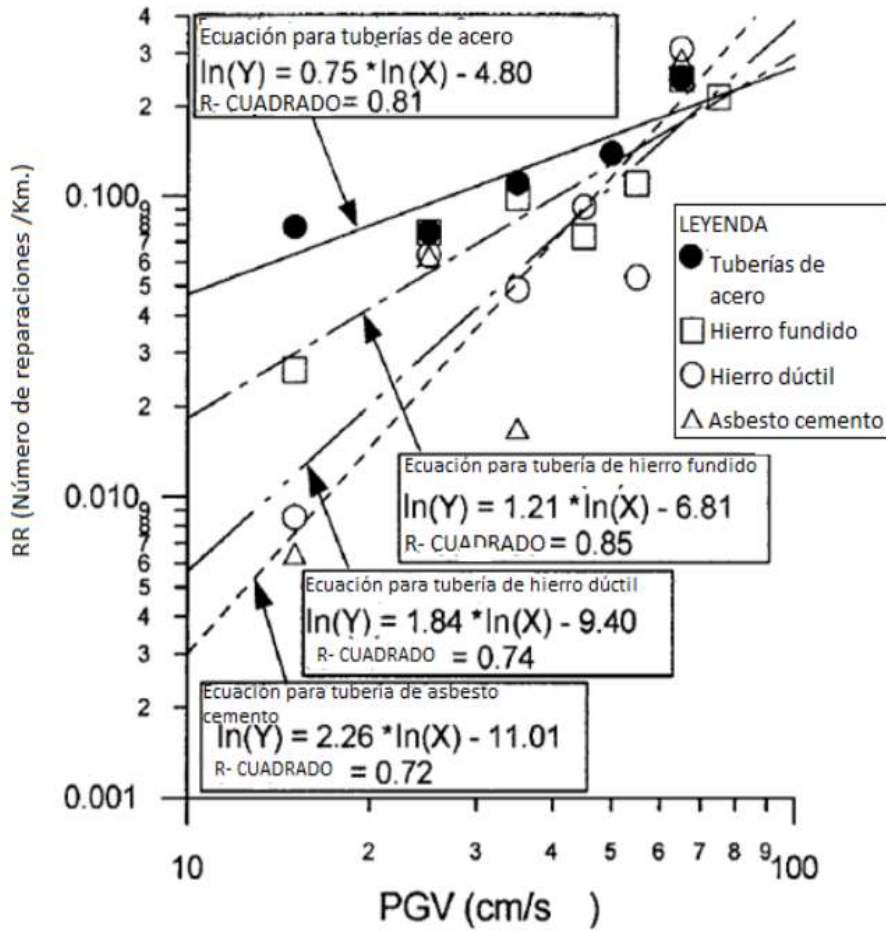
RR: Representa el número de reparaciones por kilómetro

PGV: Velocidad máxima del terreno en cm/s.

O'Rourke & Jeon con los datos Obtenidos del sismo de Northridge en 1994 se obtuvieron las funciones de fragilidad del hierro fundido, también se consideraron las funciones de fragilidad del hierro dúctil (DI), del acero con uniones soldadas de acero (WSJ Steel) y de las tuberías de Asbesto Cemento (AC), como se muestra en la figura 6.

Figura 6

Función de vulnerabilidad O'Rourke & Jeon (2005)



Nota. Jeon y O'Rourke (2005)

Un dato importante que se muestra en la Figura 6, la regresión muestra que la tubería de acero PGV en particular tiene la tasa de daño más alta. Este resultado puede parecer sorprendente a primera vista, ya que los tubos de acero son mucho más flexibles que los tubos de CI y AC. Sin embargo, las tuberías de distribución de acero están diseñadas para soportar las presiones de agua más altas, se instalan en áreas con pendientes relativamente pronunciadas propensas a hundimientos y son susceptibles a la corrosión, lo que se ha demostrado que exagera su tasa de fallas. Terremotos anteriores, como el de Loma Prieta en 1989, registraron tasas de reparación de tuberías de acero relativamente altas. (Jeon y O'Rourke, 2005).

2.5 Redes de Agua

La Planta de Tratamiento de Agua-La Atarjea es la principal fuente de purificación de agua para nuestra zona de estudio. Es una estación de tratamiento de agua potable situada en el distrito limeño de El Agustino, abastece de agua potable a la ciudad de Lima desde su creación en 1956. La producción de agua potable depende del caudal del río Rímac.

Su tratamiento consiste en purificar el agua para que esta sea potable, es decir, apta para el consumo humano. El sistema cuenta con varios dispositivos para este fin, como por ejemplo desarenadores, estanques reguladores, decantadores, pozos filtradores y reservorios. En condiciones óptimas la producción máxima de la planta abastece seis millones de habitantes aproximadamente.

Las líneas de conducción desde el canal de Santa Anita hacia la planta de tratamiento La Atarjea son principalmente de tuberías de PVC y Asbesto Cemento en su mayoría.

2.5.1. Material de Tubería

Las tuberías son conductos que cumplen la función de transportar agua u otros líquidos. Se fabrican en diversos materiales en función de consideraciones técnicas y económicas. En este caso nos centraremos en los tipos de tuberías que se ubican en nuestra zona de estudio.

2.5.1.1. Tuberías de Poli cloruro de Vinilo (PVC)

El policloruro de vinilo, comúnmente denominado PVC es un material obtenido de la polimerización del monómero cloruro de vinilo, que a su vez ha sido obtenido del gas etileno, y cloro. Es ligero, químicamente inerte y completamente inocuo. Resistente al fuego y a la intemperie, es impermeable y aislante (térmico, eléctrico, acústico), de elevada transparencia, protege los alimentos, es económico, fácil de transformar y totalmente reciclable. El PVC es un material termoplástico, es decir, que bajo la acción del calor se reblandece, y puede así moldearse fácilmente; al enfriarse recupera la consistencia inicial y conserva la nueva forma. (Corradine, 2014)

Los diámetros obtenidos de las tuberías de PVC de Santa Anita para Tuberías Primarias son 350'' y 400''; y para Tuberías Secundarias son 37.5'', 50'', 63'', 75'', 90'', 100'', 110'', 150'', 160'', 200'', 250'', 300'' y 315''. Cuenta con una longitud para Tuberías Primarias de 1984.0 m y para Tuberías Secundarias de 84.053,26 m.

El PVC está cada vez más presente en aplicaciones industriales y en nuestra vida cotidiana porque:

- Tiene excelente resistencia mecánica al impacto o al aplastamiento
- Tiene bajo peso (1.4 g/cm³) lo que facilita su porte y aplicación
- Es fácil para convertir y usar en muy diferentes formas.
- Es fuerte y durable.
- A prueba de agua y resistente a la acción de productos químicos y a la corrosión.
- Resistente al ataque de insectos, bacterias, hongos y roedores.
- Muy buen aislante acústico, térmico y eléctrico. Además, es auto extingible y no propaga el fuego.
- De consumo relativamente bajo de energía en su fabricación, transformación y uso, y de larga vida en servicio. Esto hace que proporcione una excelente relación costo-beneficio en términos económicos y medioambientales.
- Es un material innovador, que posibilita a los diseñadores mejorar productos y crear nuevos.
- De costo competitivo, permitiendo la producción de artículos de buena calidad a precios razonables.

(Acoplásticos, 2022)

Figura 7

Tuberías de Poli cloruro de Vinilo (PVC)



Nota. Instituto Nacional de Cáncer USA (2015)

2.5.1.2. Tuberías de Asbesto Cemento (AC)

Las tuberías de asbesto cemento son tuberías fabricadas con una mezcla de cemento y asbesto, un mineral que se utilizó ampliamente en la construcción durante la primera mitad del siglo XX debido a sus propiedades de resistencia al fuego y a los productos

químicos. Las tuberías de asbesto cemento se utilizaron principalmente para el transporte de agua potable y aguas residuales. Los tubos asbesto cemento están hechos de una mezcla de cemento hidráulico inorgánico, agua y fibras de asbesto crisólito. El crisólito es un tipo de asbesto que se utilizó comúnmente en la fabricación de productos de asbesto, como tuberías y materiales de construcción. Las fibras de asbesto se agregan al cemento para aumentar la resistencia y durabilidad del material. El cemento hidráulico inorgánico es resistente a la humedad, lo que lo hace ideal para su uso en tuberías de agua y sistemas de alcantarillado. (RetiradaAmianto, 2020)

Los diámetros obtenidos de las tuberías de Asbesto Cemento de Santa Anita para Tuberías Primarias son 350'' y 400''; y para Tuberías Secundarias son 75'', 90'', 100'', 110'', 150'', 160'', 200'', 250'' y 300''. Cuenta con una longitud para Tuberías Primarias de 439.31 m y para Tuberías Secundarias de 126.933,44 m.

Las tuberías de asbesto con cemento son utilizadas en redes de acueductos debido a su capacidad para resistir la corrosión y el desgaste por el flujo constante de agua. Además, su superficie interna lisa evita la acumulación de sedimentos y depósitos minerales, lo que ayuda a mantener un flujo constante de agua. (RetiradaAmianto, 2020)

Figura 8

Tuberías de Asbesto Cemento (AC)



Nota. EMAPA (2021)

2.5.1.3. Tubería de cero Reforzado (AR)

Se trata de tuberías reforzadas con malla de acero para soportar mejor el líquido transportado. Cuentan con un módulo de elasticidad del acero es aproximadamente 200 veces mayor que el de los tubos de PE. Las características de configuración del

esqueleto de malla de acero permiten que el producto mantenga una flexibilidad razonable en la dirección axial y haga que la tubería sea rígida y flexible. (SIGECO, 2023)

Los diámetros obtenidos de las tuberías de Acero Reforzado de Santa Anita para Tuberías Primarias son 200'', 300'' y 1800''. Cuenta con una longitud para Tuberías Primarias de 2.371,90 m.

VENTAJAS

- Menor espesor, por tanto, menor peso
- Resiste mayor presión de trabajo
- Menor costo por metro
- Menor costo de mano de obra
- Menor peso de la máquina de soldar
- Menor tiempo de soldadura
- Excelente para instalaciones en altura
- Menor costo de combustible

(SIGECO, 2023)

En la figura 9, se mostrará las tuberías de Acero Reforzado.

Figura 9

Tubería de Acero Reforzado (AR)



Nota. SIGECO (2023)

2.5.1.4. Tubería de Canal Cerrado (CAN)

La medición del flujo en canales cerrados se realiza normalmente entre unidades del sistema de pretratamiento y en estaciones de rebombeo donde los líquidos o pulpas se

bombear bajo presión. También en salidas sumergidas. El flujo en canales cerrados usualmente se mide con un dispositivo insertado en la tubería. Ejemplos de dispositivos de medición de flujo en canales cerrados son el medidor Venturi y el medidor electromagnético de flujo. (Aguamarket, 2021)

El diámetro obtenido de las tuberías de Canal Cerrado de Santa Anita para Tuberías Primarias es de 1000''. Cuenta con una longitud para Tuberías Primarias de 260,26 m.

Ventajas:

- Son más livianas que las de (HF).
- Poco susceptibles a daños durante el proceso de construcción.

(Aguamarket, 2021)

En la figura 10, se mostrará las tuberías de Canal Cerrado.

Figura 10

Tubería de Canal Cerrado (CAN)



Nota. Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (2018)

2.5.1.5. Tubería de Concreto Pretensado (CP)

Una tubería de Concreto pretensado, a veces llamada tubería Bona, consta de varias capas de diferentes materiales. El cilindro principal está hecho de hormigón, seguido de un cilindro de acero. La siguiente capa consta de cables de acero pretensados que crean una presión uniforme. Están incrustados en una capa de mortero que representa el material exterior de la tubería. La estructura compleja y la composición de múltiples materiales presentan desafíos para cualquier técnica de medición de flujo. (FLEXIM, 2023)

Los diámetros obtenidos de las tuberías de Concreto Pretensado de Santa Anita para Tuberías Primarias son 900'' y 1400''. Cuenta con una longitud para Tuberías Primarias de 2.172,43 m.

Ventajas:

- Son más livianas que las de (HF).
- Poco susceptibles a daños durante el proceso de construcción.
- Tiene una vida de servicio muy larga.
- Posee un rango amplio de resistencias.
- Se puede llevar un adecuado control de calidad.
- Es menos susceptible a problemas de compactación.

(FLEXIM, 2023)

En la Figura 11, se mostrará las tuberías de Concreto Pretensado.

Figura 11

Tubería de Concreto Pretensado (CP)



Nota. Comisión Nacional del agua (2020)

2.5.1.6. Tubería de Hierro Dúctil (HD)

Este tipo de tubería tiene algunas ventajas sobre el hierro fundido. El hierro dúctil se utiliza para la fabricación de tuberías que deban resistir altas presiones. (Vargas, 2017)

El diámetro obtenido de las tuberías de Hierro Dúctil de Santa Anita para Tuberías Primarias es de 1800''; y para Tuberías Secundarias son 100'', 150'', 160'', 200'', 250'', 300'' y 315''. Cuenta con una longitud para Tuberías Primarias de 435,28 m. y para Tuberías Secundarias de 3.862,19 m.

Ventajas:

- Son más livianas que las de (HF).
- Generalmente tienen revestimiento interno de mortero.
- Resistencia a la corrosión sin necesidad de protección.
- Posee alta capacidad de absorción de vibraciones.
- Tiene relativa fragilidad.

(Vargas, 2017)

En la Figura 12, se mostrará las tuberías de Hierro Dúctil.

Figura 12

Tubería de Hierro Dúctil (HD)



Nota. Grupo hidráulica (2023)

2.5.1.7. Tubería de Fierro Fundido (FOFO)

Las tuberías y conexiones de fierro fundido (también conocidas como hierro gris, o hierro fundido) se caracterizan por ser utilizadas principalmente en edificios de altura considerable y grandes instalaciones como hospitales o centros comerciales; concretamente en la aplicación de desagüe, desechos y ventilación, para sistemas sanitarios o para aguas pluviales. (Construex, 2023)

El diámetro obtenido de las tuberías de Fierro Fundido de Santa Anita para Tuberías Secundarias es de 200". Cuenta con una longitud para para Tuberías Secundarias de 40.51 m.

Debido a su composición química alta en carbono, el Fierro Fundido ofrece grandes ventajas al ser instalado como lo son: larga vida útil, versatilidad, bajo costo de Instalación, resistencia a la abrasión, fuerza y rigidez, funcionamiento silencioso, no propaga incendios, alta resistencia a la corrosión, bajo coeficiente de expansión y contracción, entre muchas otras. (Construex, 2023)

En la Figura 13, se mostrará las tuberías de Fierro Fundido.

Figura 13

Tubería de Fierro Fundido (FOFO)



Nota. Construtec (2019)

2.5.1.8. Tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD)

Las tuberías de PEAD tienen una gran demanda por parte de empresas especializadas en el diseño y construcción de redes conductoras. No en vano: los resultados que ofrecen en términos de costo, vida útil y funcionalidad son los motivos por los que este tipo de tuberías se ha popularizado en los últimos años. El polietileno de alta densidad es uno de los plásticos más valorados por la industria por sus muchos beneficios y aplicaciones. (Geosai, 2023)

El diámetro obtenido de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad de Santa Anita para Tuberías Secundarias son 63'', 90'', 110'', 160'', 200'', 250'' y 315''. Cuenta con una longitud para Tuberías Secundarias de 6.847,74 m.

Ventajas:

- Durabilidad
- Resistencia
- Flexibilidad
- Ligereza
- Estabilidad térmica
- Minimización de las pérdidas
- Principales inconvenientes

(Geosai, 2023)

En la Figura 14, se mostrará las tuberías de Polietileno de Alta Densidad.

Figura 14

Tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD)



Nota. ELINSUBCA (2012)

2.5.2. Tipos de Redes

Las tuberías de Santa Anita se reparten en 2 tipos redes, red de tuberías principales y red de tuberías secundarias.

2.5.2.1. Red de Tuberías Principales

Las tuberías principales cuentan con diferentes tipos de tubería de PVC, AC, AR, CAN, CP Y HD; las cuales se pueden observar en la Tabla 5 con diferentes datos a tomar en

cuenta. En la columna de Contador de Material las tuberías que sobresalen por su uso son las tuberías de PVC con 30 y la tubería de AC con 15.

Tabla 5

Tabla de datos de Tuberías Principales

Nº	MATERIAL	CONTEO DE MATERIAL	LONGITUD MINIMA	LONGITUD MAXIMA	LONGITUD PROMEDIO	SUMA DE LONGITUDES	PORCENTAJE
1	CAN	1	260,27	260,27	260,27	260,26	3,40%
2	HD	5	4,40	322,40	87,10	435,28	5,68%
3	AC	15	0,25	105,90	29,30	439,31	5,73%
4	PVC	30	0,11	351,80	66,14	1.984,00	25,89%
5	CP	9	2,21	989,81	241,39	2.172,43	28,35%
6	AR	14	0,36	977,31	169,42	2.371,90	30,95%

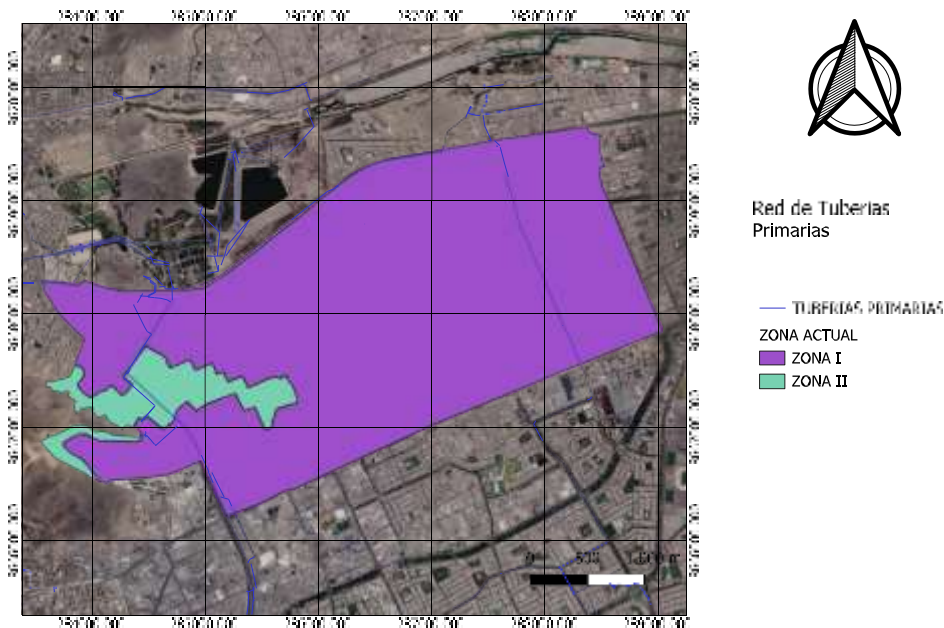
Nota. Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro anterior los porcentajes de los tubos no varían en gran cantidad, pero si en el Conteo de Material. Aunque se observa que porcentajes similares en general las tuberías más importantes y que se están tomando en cuenta son AC Y PVC, teniéndose como principales datos la tubería de PVC con 25.89% y tubería Asbesto Cemento con 5.73% para las tuberías principales.

En la Figura 15, se puede observarse la distribución de las tuberías principales en el área de estudio de Santa Anita.

Figura 15

Imagen de Redes de Tuberías Principales



Nota. Elaboración propia

2.5.2.2. Red de Tuberías Secundarias

Las tuberías secundarias cuentan con diferentes tipos de tubería de PVC, AC HD, FOFO Y PEAD; las cuales se pueden observar en la Tabla 6 con diferentes datos a tomar en cuenta. En la columna de Contador de Material las tuberías que sobresalen por mayor cantidad su uso son las tuberías de PVC con 2438 y la tubería de AC con 2990.

Tabla 6

Tabla de datos de Tuberías Secundarias

N°	MATERIAL	CONTEO DE MATERIAL	LONGITUD MINIMA	LONGITUD MAXIMA	LONGITUD PROMEDIO	SUMA DE LONGITUDES	PORCENTAJE
1	FOFO	1	40,51	40,51	40,51	40,51	0,02%
2	HD	120	0,51	470,24	32,19	3.862,19	1,74%
3	PEAD	221	0,30	907,60	30,99	6.847,74	3,09%
4	PVC	2438	0,08	515,46	34,48	84.053,26	37,91%
5	AC	2990	0,13	423,32	42,46	126.933,44	57,25%

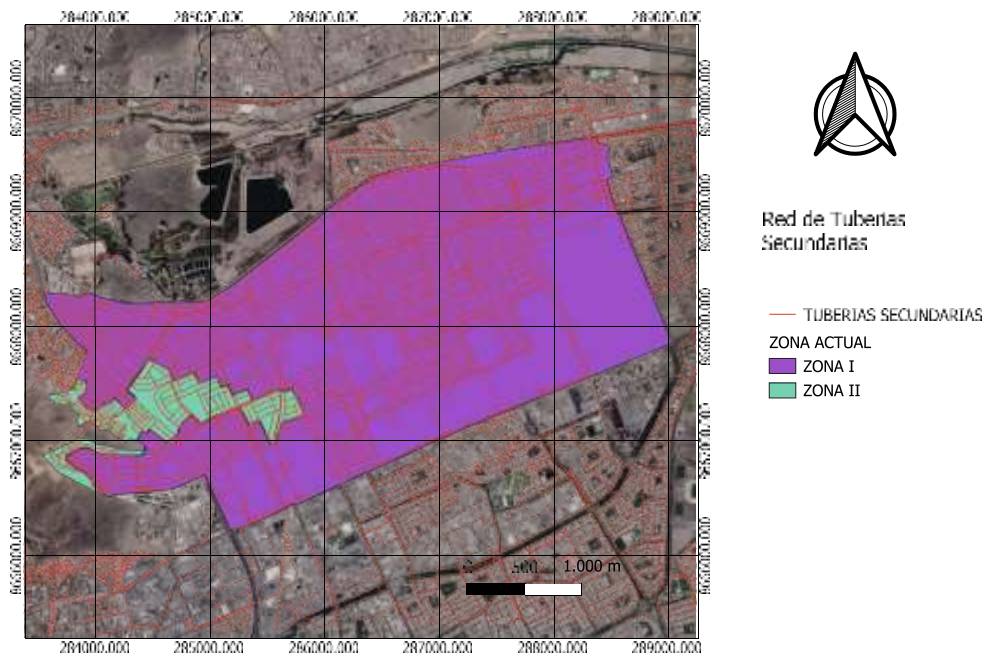
Nota. Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro anterior los porcentajes de los tubos de FOFO, HD Y PEAD no se tomaron en cuenta debido a que son mínimos; teniéndose como principales datos la tubería de PVC con 37.91% y tubería Asbesto Cemento con 57.25% las principales materias.

En la Figura 16, puede observarse la distribución de las tuberías secundarias en el área de estudio de Santa Anita.

Figura 16

Imagen de Redes de Tuberías Secundaria



Nota. Elaboración propia

2.5.3. Uniones Anti Sísmicas

El sistema de unión contra sismos, tienen una parte que introducen de la tubería además tienen un jebe que bloquea la salida de la tubería; si un desplazamiento genera un desvío de estas tuberías, esta protuberancia es detenida por este anillo, en el otro caso en vez de que sea jalada sino empujada en la tubería en la parte inferior. Esto genera que la tubería se detenga unos cuantos centímetros hacia la derecha, debido a este mecanismo las tuberías no se separan.

Son implementadas principalmente para que a pesar de que hay un gran desplazamiento debido a sismos estas tuberías no sufran daños, esto es el mecanismo de las tuberías de agua con un sistema de unión contra sismos.

2.5.3.1. Generalidades

1. Accesorios de Tubería GX

En la Tabla 7, se mostrará los accesorios de la tubería GX.

Tabla 7*Accesorios de la Tubería GX*

Diámetro nominal (Tamaño de la tubería)	3in. a 16in. (denominado también DN3” a DN16”)
Accesorios	<p>Conector en T con espiga y ramal</p> <p>Reductor de espiga, reductor de espiga y casquillo</p> <p>Codo de espiga (90°, 45°, 22-1/2°, 11-1/4°, 5-5/8°)</p> <p>Doble curvatura (45°, 22-1/2°)</p> <p>Conector en T con espiga y ramal con brida</p> <p>Conector en T con espiga y rama bridada para uso enterrado poco profundo (DN3” a DN10”)</p> <p>Conector en T con espiga y ramal con brida en espiral</p> <p>Tes invertidas de doble nivel con derivación (DN12” y 16”)</p> <p>Collar (mangas de unión mecánica)</p> <p>Tubo corto de doble casquillo</p> <p>Desplazamiento de la espiga del zócalo (H = 11,8 pulg. y 17,7 pulg.) (DN3” a DN12”)</p> <p>Tapa (tapa de extremo mecánica)</p>
Pieza de conexión para tubo cortado	<p>P-Link (para tubería) (DN3” a DN12”)</p> <p>G-Link (para accesorios) (DN3” a DN10”)</p>

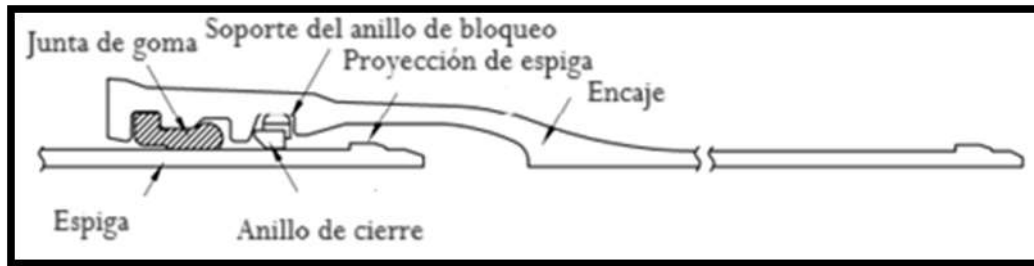
Nota. Kubota (2020)

2. Junta GX

En la Figura 17, se mostrará los datos de la junta GX.

Figura 17

Datos de la Junta GX



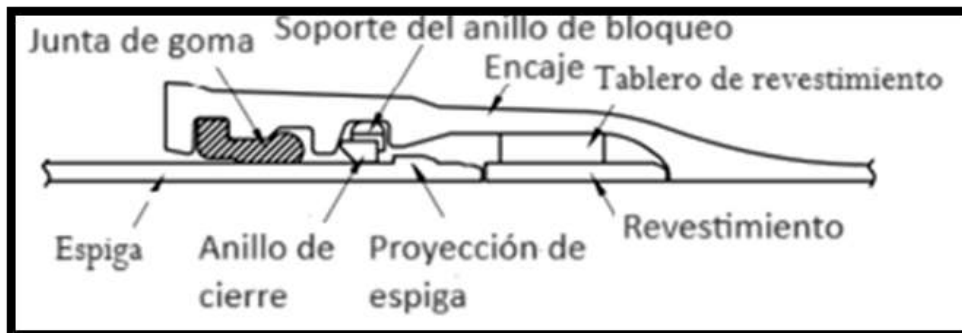
Nota. Kubota (2020)

3. Tubería con Revestimiento

En la Figura 18, se mostrará los Datos de la Tubería de Revestimiento.

Figura 18

Datos de la Tubería de Revestimiento



Nota. Kubota (2020)

4. Accesorios

En la Figura 19, se mostrará los Datos de los Accesorios.

Figura 19

Datos de los Accesorios



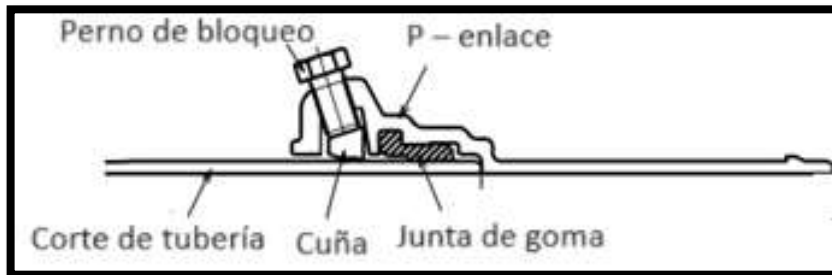
Nota. Kubota (2020)

5. P-Enlace (DN3” a DN12”)

En la Figura, 20 se mostrará los Datos de P-Enlace.

Figura 20

Datos de P-Enlace



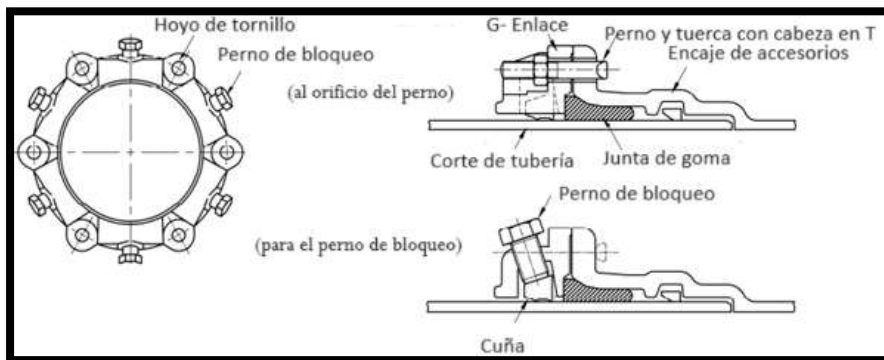
Nota. Kubota (2020)

6. G-Enlace (DN3” a DN10”)

En la Figura, 21 se mostrará los Datos de G-Enlace.

Figura 21

Datos de G-Enlace



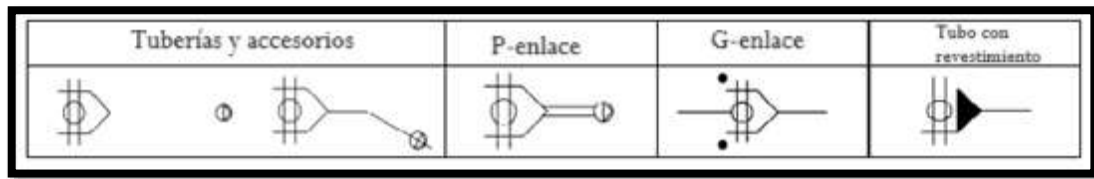
Nota. Kubota (2020)

7. Símbolo de la unión GX

En la Figura 22, se mostrará los Símbolos de la unión GX.

Figura 22

Símbolos de la unión GX



Nota. Kubota (2020)

8. Accesorios de Materiales

En la Tabla 8, se mostrará los Datos de los Accesorios de Materiales.

Tabla 8

Datos de los Accesorios de Materiales

Descripción	Material
Junta de goma	cauchos de butadieno-estireno
Anillo de cierre	Fundición dúctil
Soporte del anillo de bloqueo	polipropileno
Revestimiento	Fundición dúctil
Tablero de revestimiento	resina de poliamida
Prensaestopas para accesorios	Fundición dúctil
Pernos en T y tuercas para accesorios	Acero inoxidable
P-Enlace	Fundición dúctil
G-Enlace	Fundición dúctil
Perno de Bloqueo para P-enlace y G-enlace	Acero inoxidable
Cuñas para P-Enlace y G-Enlace	Fundición dúctil
Tope para anillo de bloqueo de accesorios	Resina ABS

Nota. (Kubota, 2020)

9. Procedimiento de unión:

Ensamble la Unión GX se debe hacer estrictamente de acuerdo con las instrucciones de uso. Para asegurar las juntas después del montaje, se recomienda utilizar la Mesa de control de juntas para comprobar el estado de las juntas.

Pasos para el Montaje para la Unión de Tuberías

1. Limpieza del casquillo por dentro y fuera del grifo

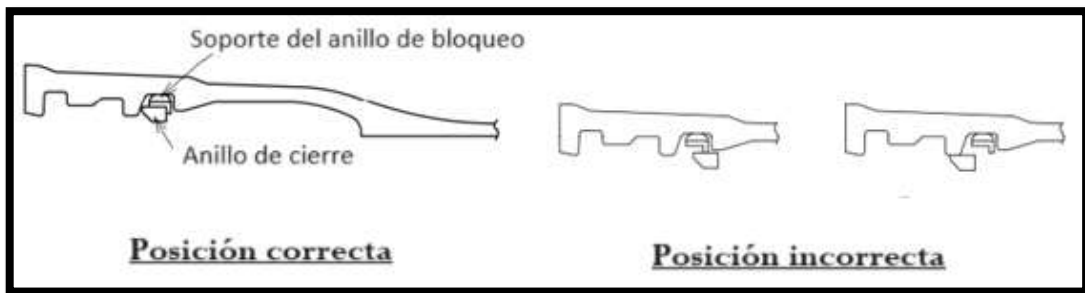
Retire todos los materiales extraños como arena, barro, grava y pintura depositada.

2. Confirmación del anillo de bloqueo

Cuando se entrega el tubo, el anillo de bloqueo y el soporte del anillo de bloqueo están instalados en el casquillo. Confirme que estén en la posición correcta mediante control visual y manual como se muestra en la Figura 23.

Figura 23

Posición del anillo de bloqueo



Nota. Kubota (2020)

Si el anillo de bloqueo no está en la posición correcta, vuelva a colocarlo con unos alicates especiales e instálelo nuevamente como se muestra en la Figura 24.

Figura 24

Reposicionamiento del anillo de bloqueo



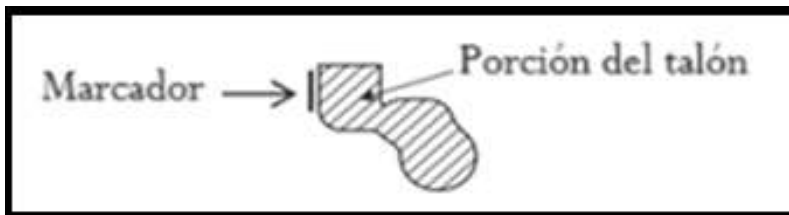
Nota. Kubota (2020)

3. Instalación de junta de goma

Confirmar que la junta de goma a utilizar sea para tubería GX. El diámetro nominal y la letra "GX" están marcados en la parte del talón de la junta de goma como se muestra en la Figura 25.

Figura 25

Posición de marcado de la junta de goma

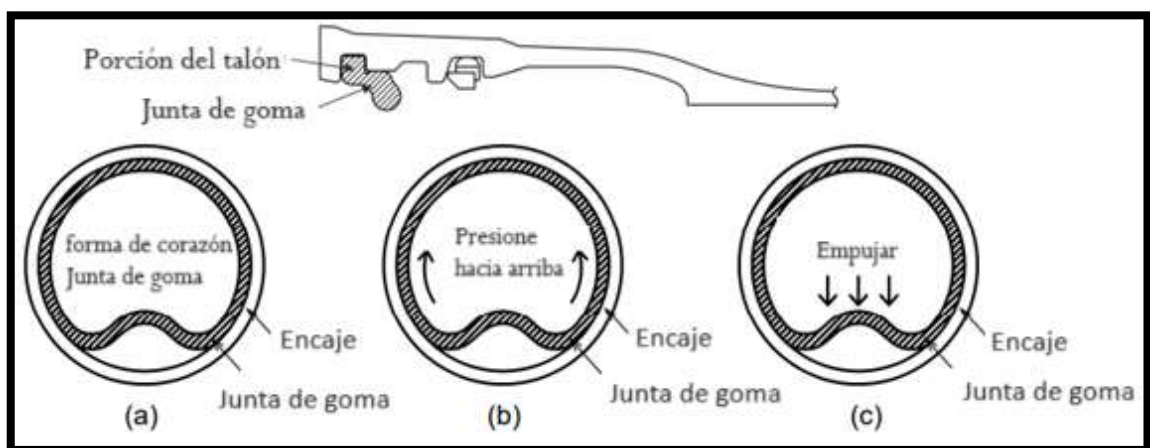


Nota. Kubota (2020)

Limpié la junta de goma, luego darle forma de corazón y colóquela en la ranura del casquillo hacia adentro de modo que la parte del talón mire hacia el extremo del encaje. Presione la junta de goma hacia arriba, luego empuje la parte inferior de la junta de goma dentro de la ranura del zócalo en el interior como se muestra en la Figura 26.

Figura 26

Instalación de junta de goma

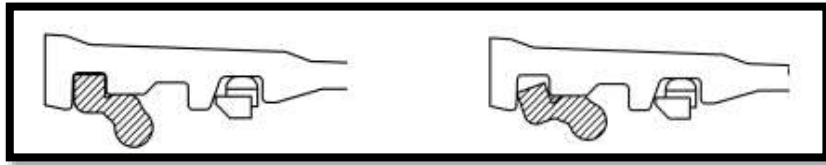


Nota. Kubota (2020)

Apisone ligeramente la junta de goma con un martillo de plástico alrededor del casquillo y luego confirma manualmente que la junta de goma quede correctamente asentada como se muestra en la Figura 27.

Figura 27

Posición de la junta de goma



Posición incorrecta

Posición incorrecta

Nota. Kubota (2020)

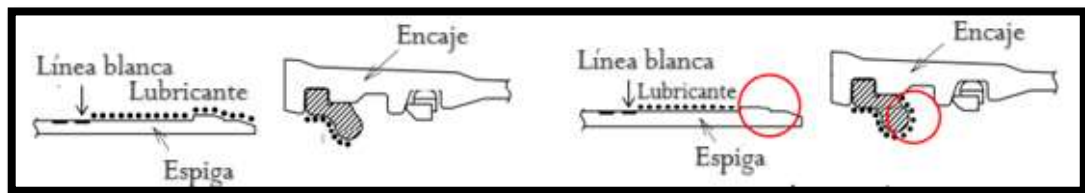
4. Lubricación

Aplique lubricante a la espiga desde el extremo de la espiga hasta la línea blanca y también a la empaquetadura de goma. No aplique el lubricante al interior del casquillo ni a toda la superficie de la junta de goma. Esto puede provocar que la junta de goma se desplace durante el trabajo de unión de tuberías. En la Figura 28, se mostrará la aplicación de lubricante.

Nota. Utilice el lubricante para tuberías de hierro dúctil. Nunca use aceite o grasa.

Figura 28

Aplicación de lubricante



Correcto

Incorrecto

Nota. Kubota (2020)

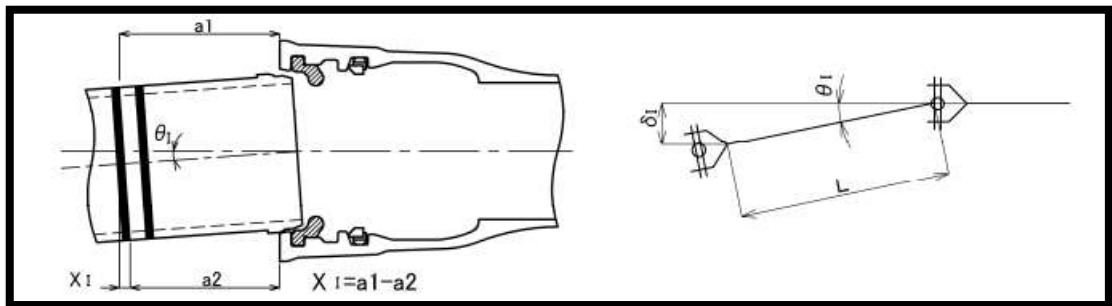
5. Unión de tuberías

Levante el tubo y luego alinee la espiga y el casquillo. Asegúrese de que la desviación de la espiga del tubo del grifo hasta el tubo de toma no supera los 2°. Deflexión de la unión que excede los 2°, puede provocar el desplazamiento de la junta de goma y del

anillo de bloqueo. En el caso de tubería con revestimiento, alinear las tuberías en línea recta sin deflexión. En la Figura 29, se mostrará la Alineación del casquillo y la espiga.

Figura 29

Alineación del casquillo y la espiga



Nota. Kubota (2020)

En la Tabla 9, se mostrará Unión de tuberías con deflexión máxima de la junta.

Tabla 9

Unión de tuberías con deflexión máxima de la junta

Diámetro	Deflexión máxima permitida θ_1 (°)	Diferencia máxima $X_1 (=a_1 - a_2)$ (pulg.)	Desplazamiento máximo permitido δ_1 (pulg.)
3"	2	0.12	5.5 (L = 13.12 pies)
4"	2	0.16	5.5 (L = 13.12 pies)
6"	2	0.24	6.9 (L = 16.40 pies)
8"	2	0.31	6.9 (L = 16.40 pies)
10"	2	0.35	6.9 (L = 16.40 pies)
12"	2	0.43	8.3 (L = 19.68 pies)
16"	2	0.59	8.3 (L = 19.68 pies)

Nota. Kubota (2020)

2.6. Cálculo de Daños en Tuberías por Sismos

Debido a la gran cantidad de función de vulnerabilidades y fragilidad sísmica, la plantilla resultante ayuda a determinar qué método de diferentes autores podemos

utilizar para evaluar rupturas o reparaciones en sistemas de tuberías de agua potable expuestos a eventos sísmicos.

Los autores (Maruyama, Yamazaki, Barenberg, America Lifelines Alliance, O'Rourke & Jeon) utilizaron una variedad de datos para hallar la vulnerabilidad sísmica, para estimar los daños causados por eventos sísmicos. La fórmula para cada función tiene en cuenta diferentes eventos sísmicos, así como diferentes propiedades de la tubería (diámetro y material).

El desempeño de la tubería depende del tipo de tubería y de la deformación del terreno causada por eventos sísmicos (DTS y DPS). Los DTS son causados por desplazamientos provocados por la propagación de ondas sísmicas, mientras que los DPS son causados por eventos como deslizamientos de tierra, licuefacción y asentamientos desiguales.

2.6.1. Datos Principalmente Evaluados

Con la información recopilada y analizada que se puede observar en los capítulos anteriores, se identifica lo siguiente datos principales:

- Los datos aplicados de aceleraciones máximas que estamos usando son del Mapa de Microzonificación y el Sismo de 1966
- En función a lo indicado en el punto 2.5.2.1. Red de Tuberías Principales y 2.5.2.2. Red de Tuberías Secundarias, las tuberías que se están tomando principalmente son de AC y PVC por su mayor porcentaje a comparación de las demás.
- Los tipos de suelos que se están tomando en cuenta son Zona I siendo una zona de afloramiento de roca con diferentes grados de fracturación y depósitos de gravas de compacidad media a densa y Zona II siendo un depósito de arenas de compacidad media a densa y depósitos de arcillas de consistencia media a dura con Afloramiento de roca con diferentes grados de fracturación, con peligro geológico medio.
- Las tuberías CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEAD que son mínimas como anteriormente se explicó, las estamos tomando en conjunto para poder observar si tiene un daño visible para tomarse en cuenta.
- Con las características anteriores identificadas y las funciones de vulnerabilidad para DTS, se propuso que para las tuberías de asbesto cemento (AC) los planteamientos que puede ser usados son; Isoyama (2000), ALA (2001) y T. O'Rourke & Jeon (1999 y 2005). En el caso de las tuberías de PVC, las funciones que pueden ser usadas son Isoyama (2000), ALA (2001) y Mar uyama y Yamzaki (2010). Y por último para los

demás tipos de tuberías que no tienen un gran porcentaje (CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEAD) se aplicara la fórmula de Barenberg, ya que no depende del tipo de tubería como los demás autores como se observa en la Tabla 11.

- Los diámetros de las tuberías son variables más el rango de las tuberías de AC son de 3 a 16”, y el de PVC de 1.5 a 16”- En la tabla 10, se puede observar mejor la distribución de los tipos de tuberías con su respectivo diámetro y longitud total.4

En la Tabla 10, se mostrará la descripción de tuberías PVC y AC de agua potable de Santa Anita.

Tabla 10

Descripción de tuberías PVC y AC de agua potable de Santa Anita

MATERIAL DE TUBERÍA	DIÁMETRO (")	LONGITUD (KM)
Asbesto Cemento(AC)	3	0.944
	3.6	0.029
	4	191.230
	4.4	0.003
	6	82.666
	6.4	0.008
	8	24.471
	10	4.962
	12	1.659
	14	0.853
Policloruro de Vinilo (PVC)	16	0.349
	1.5	1.577
	2	0.045
	2.52	0.438
	3	2.880
	3.6	4.600
	4	0.000
	4.4	104.308
	6	0.124
	6.4	38.755
	8	3.924
	10	3.472
	12	0.113
	12.6	0.484
14	0.153	
16	1.196	

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 11, se puede observar mejor la distribución de los tipos de autores que con su respectiva función de vulnerabilidad, para los 2 tipos de tuberías que estamos aplicando.

Tabla 11

Funciones usadas para el Distrito Santa Anita

TUBERÍA	AUTO	FUNCIÓN CON FACTORES	DIÁMETRO	FACTORES	FUNCIÓN A USAR
PVC	Isoyama	$RR = B_p B_d B_g B_l R_o$ $R_o = 3.11 \times 10^{(-3)} \times (PGV - 15)^{(1.3)}$	8 a 16''	$B_p=1, B_l=1, B_g=1, B_d=0.8$	$RR = 2.488 \times 10^{(-3)} \times (PGV - 15)^{(1.3)}$
			4 a 6''	$B_p=1, B_l=1, B_g=1, B_d=1$	$RR = 3.11 \times 10^{(-3)} \times (PGV - 15)^{(1.3)}$
			3''	$B_p=1, B_l=1, B_g=1, B_d=1.6$	$RR = 4.976 \times 10^{(-3)} \times (PGV - 15)^{(1.3)}$
	America Lifelines Alliance	$RR = K_1 \times 0.00187 \times PGV$	$\leq 12''$	$K_1 = 0.5$	$RR = x \times PGV$
Maruyama y Yamazaki	$R(v) = (C \phi ((\ln v - \lambda)/\zeta))$	$\leq 10''$	$\zeta=0.86, \lambda=5, C=2.06$	$R(v) = (C \phi ((\ln v - \lambda)/\zeta))$	
AC	Isoyama	$RR = B_p B_d B_g B_l R_o$ $R_o = 3.11 \times 10^{(-3)} \times (PGV - 15)^{(1.3)}$	8 a 16''	$B_p=1.2, B_l=1, B_g=1, B_d=0.8$	$RR = 2.986 \times 10^{(-3)} \times (PGV - 15)^{(1.3)}$
			4 a 6''	$B_p=1.2, B_l=1, B_g=1, B_d=1$	$RR = 3.732 \times 10^{(-3)} \times (PGV - 15)^{(1.3)}$
			3''	$B_p=1.2, B_l=1, B_g=1, B_d=1.6$	$RR = 5.971 \times 10^{(-3)} \times (PGV - 15)^{(1.3)}$
	America Lifelines Alliance	$RR (0.3048) = K_1 \times 0.00187 \times PGV \times 2.54$	$\leq 12''$	$K_1 = 1$	$RR = K_1 \times 0.00187 \times PGV$
	O'Rourke & Jeon	$LN(RR) = 2.26 \times LN(PGD) - 11.01$	$<24''$	Sin factor	$LN(Y) = 2.26 \times LN(X) - 11.01$
AR,CAN,CP,HD, FOFO Y PEAD	Barenberg	$RR = 0.0071 \times PGV - 0.0658$	Sin Diámetro	Sin factor	$RR = 0.0071 \times PGV - 0.0658$

Nota. Elaboración propia

2.6.2 Cálculo de aceleraciones y velocidades máximas

Un punto importante fue obtener la aceleración horizontal máximo esperada para el suelo; se utilizará como dato el valor de aceleración máxima del Mapa de Microzonificación de Santa Anita con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años (periodo de retorno 475 años) expresada en la Norma Técnica de Edificación E. 030 Diseño Sismo resistente. Se utilizará también como dato el valor de aceleración máxima se registra en el Sismo de 1966 octubre 17.

Los valores de aceleración máxima proyectada para las diferentes zonas mostradas son el Mapa de Microzonificación (Anexo 3) y el Sismo de 1966, se obtienen multiplicando los parámetros del suelo propuestos en la Norma E030, por las aceleraciones máximas de la Tabla 12.

Tabla 12

Aceleraciones máximas – Santa Anita

ZONA	ACELERACIÓN MÁXIMA
MAPA DE MICROZONIFICACIÓN	
Zona I	465.57 cm/s ²
Zona II	488.85 cm/s ²
SISMOS 1966	
Zona I	784.56 cm/s ²
Zona II	882.63 cm/s ²

Nota. Elaboración propia

Se debe tener en cuenta que debido a que el sismo de 1966 sucedió en una zona de riesgo sísmico bajo, y para tener una mejor visión de cómo afectaría nuestra área de estudio, se le aumentó para la zona I un 100% y para la zona II se aumentó un 125% a las aceleraciones.

Velocidad Máxima:

Debido a que la función de vulnerabilidad requiere el uso de las velocidades máximas del suelo, estas se determinan mediante la relación matemática presentada en el artículo técnico titulado “Correlación entre la aceleración y velocidad máxima del suelo: Aplicación en el análisis del peligro sísmico”, (James, Reinoso, Ordaz y Arredondo, 2009).

La relación es la siguiente:

$$\ln V_{\text{máx}} = -1.8349 + 1.1146 \ln A_{\text{máx}} + 0.4043 \ln T_s \quad (7)$$

Dónde:

$A_{\text{máx}}$: Aceleración máxima (m/s²)

$V_{\text{máx}}$: Velocidad máxima (m/s)

T_s : Periodo del suelo para sismos de tipo subducción (t-1)

Los datos que se usaron para la aplicación de esta fórmula fueron los del Mapa de Microzonificación de Santa Anita y el sismo del 17 de octubre de 1966.

Los valores obtenidos de cada zona son mostrados en el mapa de velocidades máximas.

Se puede observar un resumen en la Tabla 13.

Tabla 13

Velocidades Máximas – Santa Anita

ZONA	VELOCIDAD MÁXIMA
MAPA DE MICROZONIFICACIÓN	
Zona I	78.404 cm/s
Zona II	90.62 cm/s
SISMOS 1966	
Zona I	140.33 cm/s
Zona II	175 cm/s

Nota. Elaboración propia

Se debe tener en cuenta que como las Aceleraciones del sismo de 1996 le hemos aumentado porcentualmente sus datos de las Velocidades serán afectados, la velocidad va a variar porcentualmente.

2.6.3. Daños por sísmicos en tuberías (Reparaciones/kilómetro)

Para evaluar las reparaciones por kilómetro la tubería se debe tener en cuenta las funciones expresadas en la Tabla 11.

Debemos tomar en cuenta también las diferentes velocidades máximas en cada zona, se presenta el cálculo de reparaciones para las velocidades del Mapa de Microzonificación Máximas (Zona I = 78.404 cm/s y Zona II = 90.62 cm/s) y las velocidades del Sismo de 1966 (Zona I = 140.33 cm/s y Zona II = 175 cm/s) por separado.

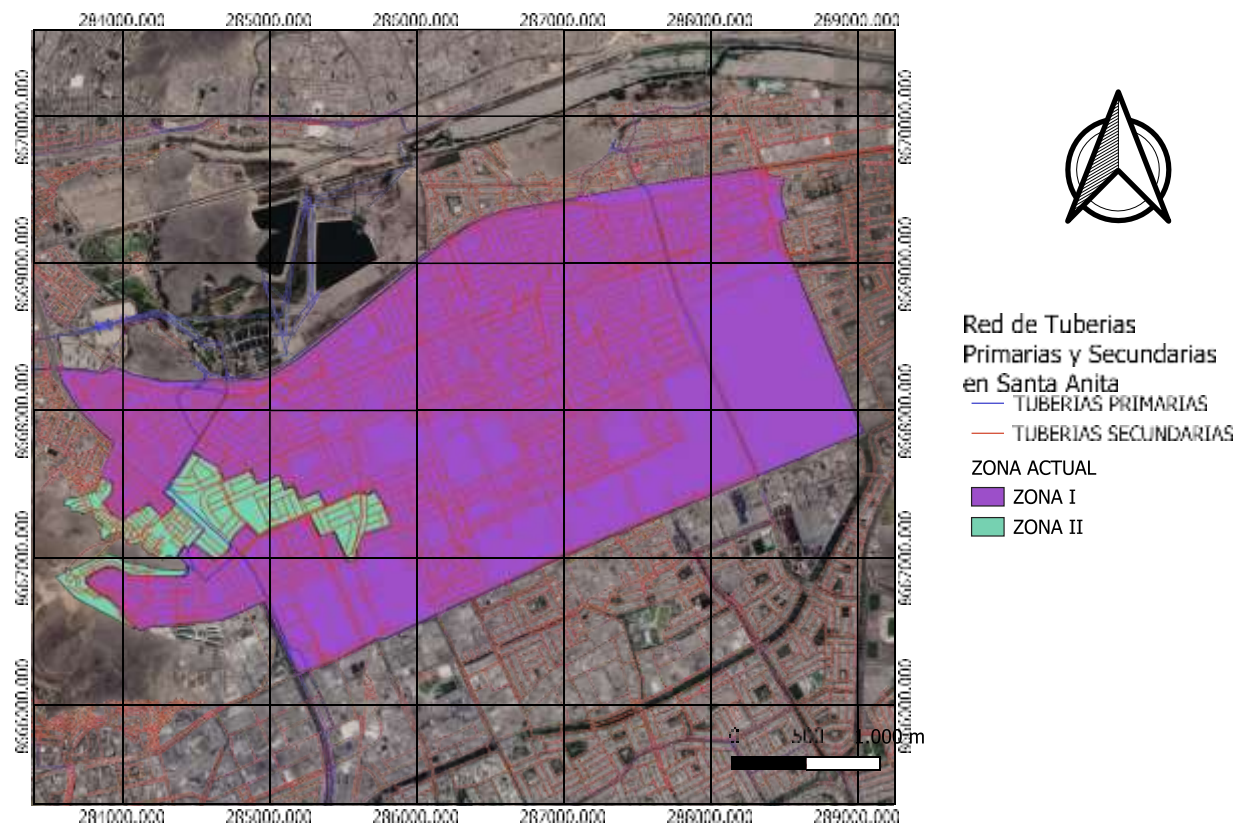
El distrito cuenta con la siguiente zonificación respecto a las tuberías, siendo las de color rojo las tuberías primarias y las de color azul las tuberías secundarias que pasan

alrededor del distrito llegando hacia las viviendas como se puede observar en la Figura 30.

Continuamente se mostrarán las redes de tuberías principales y secundarias siendo afectadas por el mapa de microzonificación y el sismo de 1966 mostrada por diferentes autores con su respectiva leyenda de la gravedad de daños ocasionados por las ondas sísmicas en las Figuras 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 y 44.

Figura 30

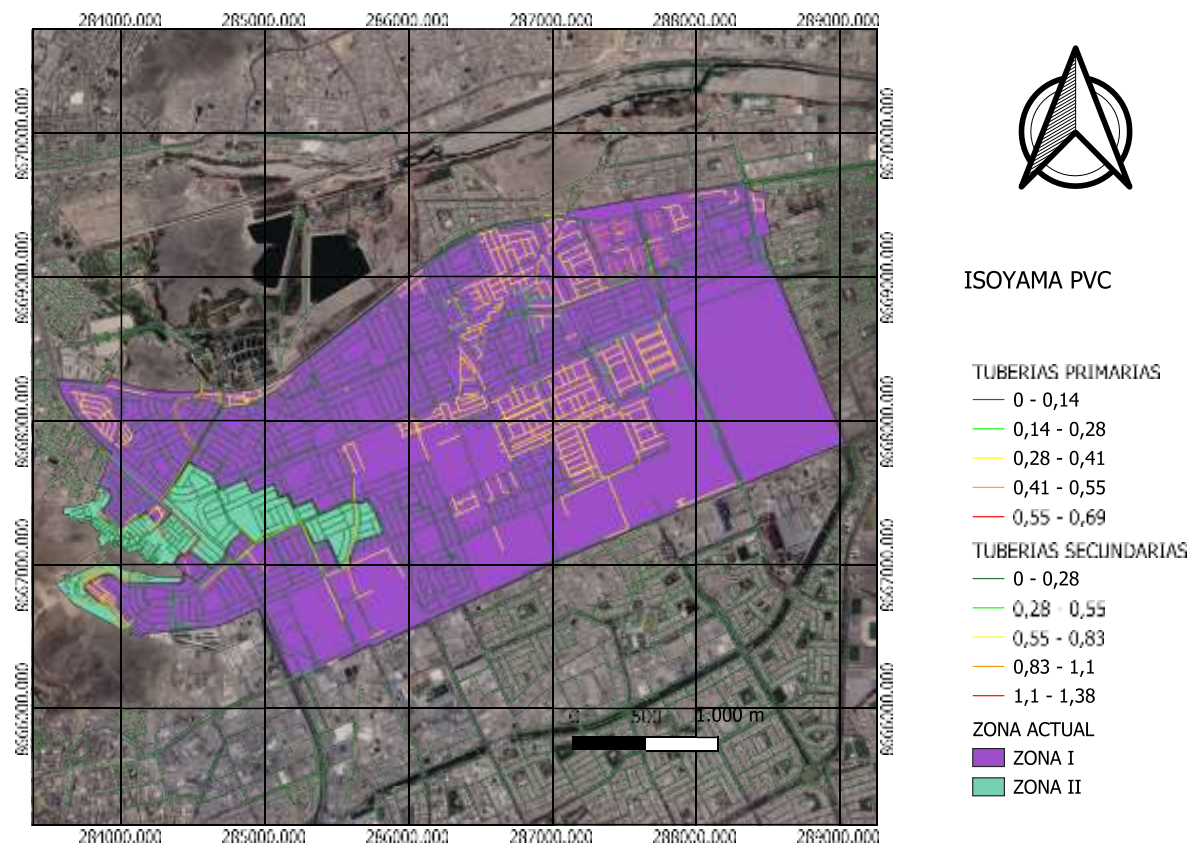
Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Santa Anita



Nota. Elaboración propia.

Figura 31

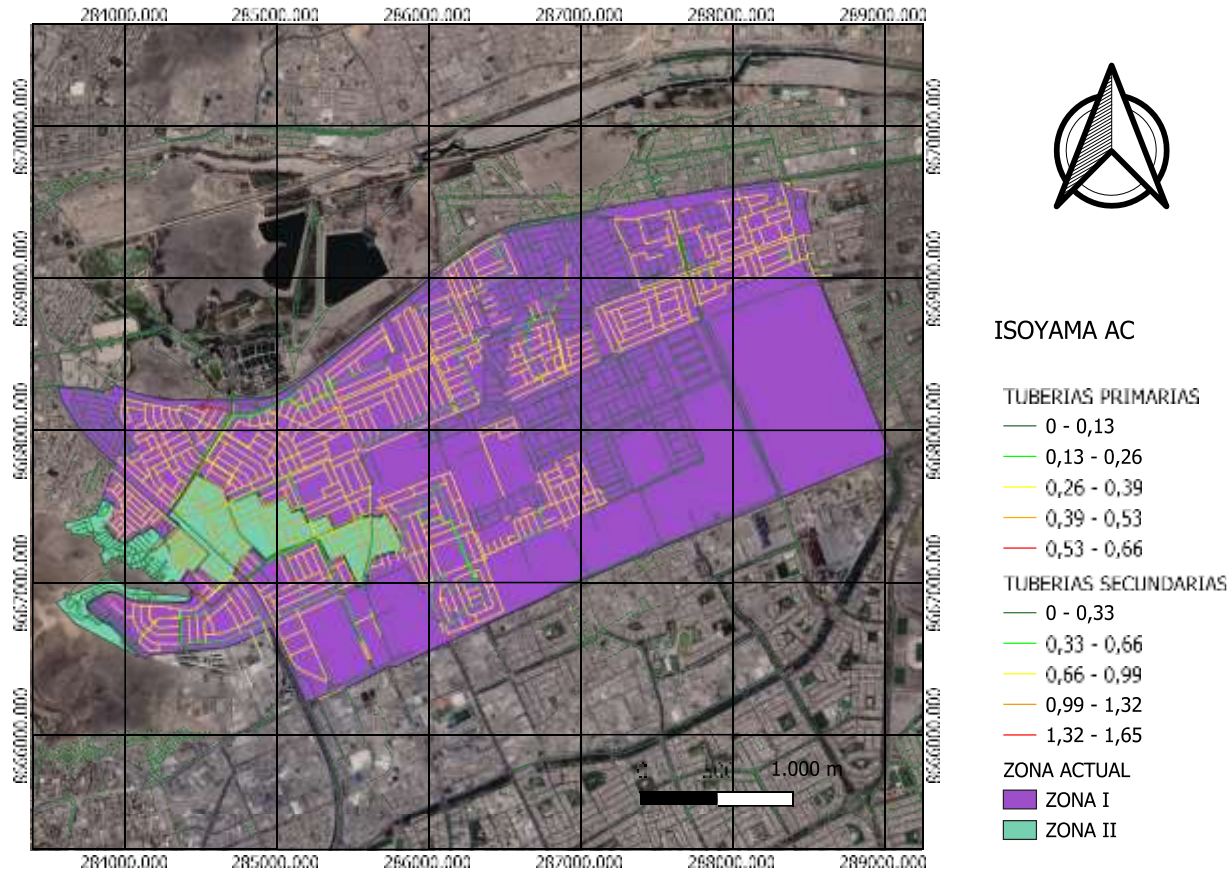
Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Isoyama PVC - Mapa de Microzonificación



Nota. Elaboración Propia

Figura 32

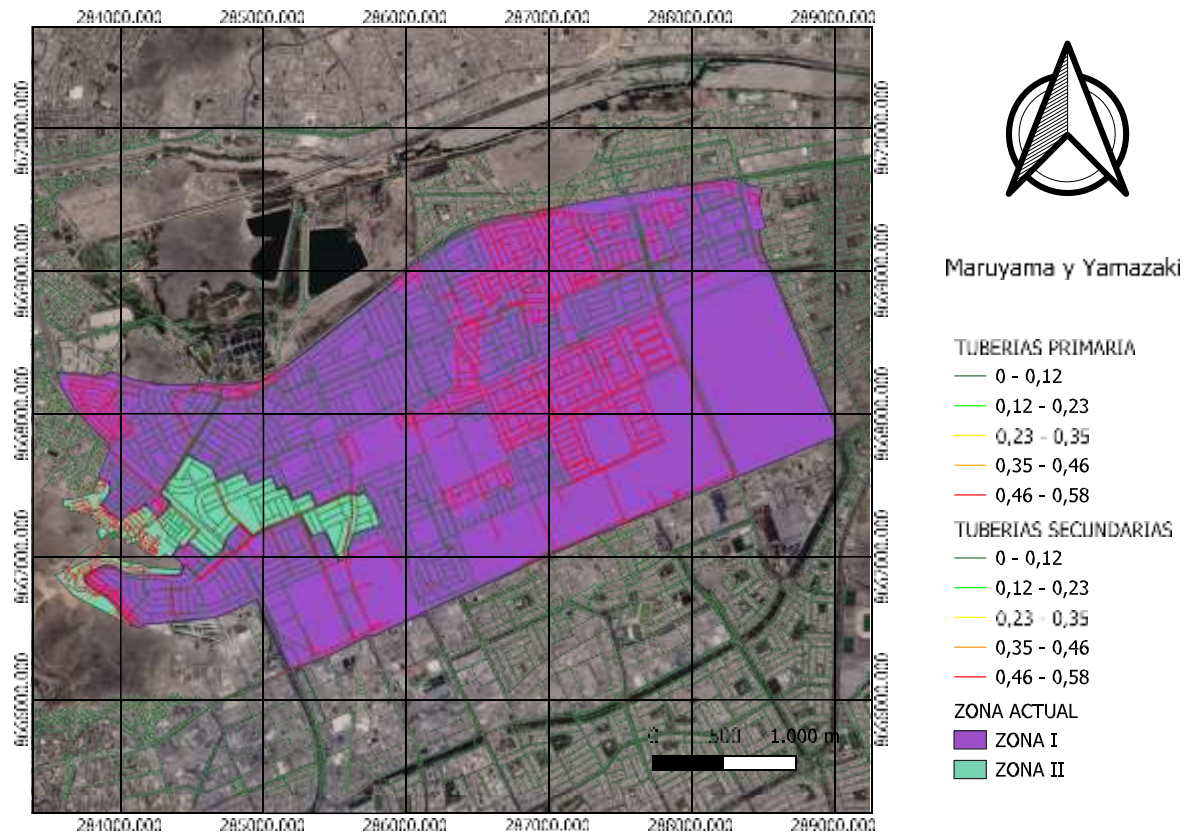
Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Isoyama AC - Mapa de Microzonificación



Nota. Elaboración Propia.

Figura 33

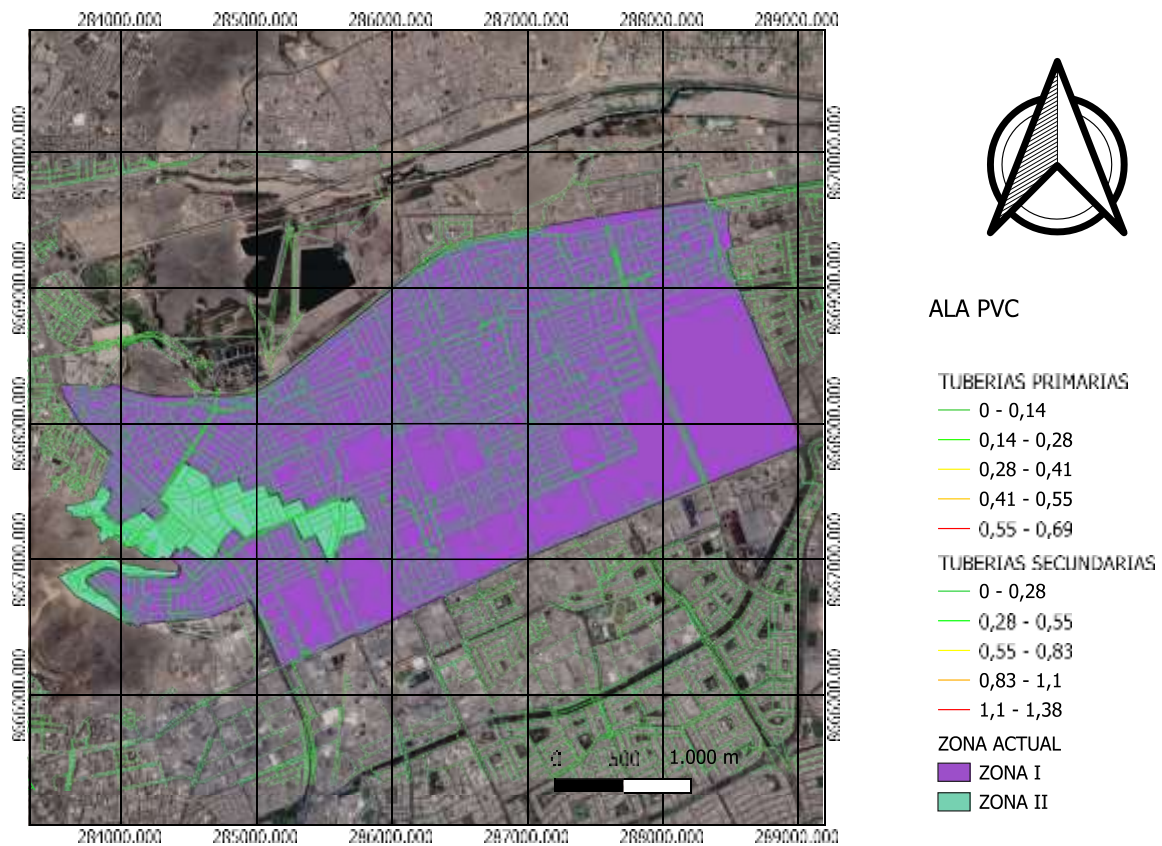
Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Maruyama y Yamazaki - Mapa de Microzonificación.



Nota. Elaboración Propia

Figura 34

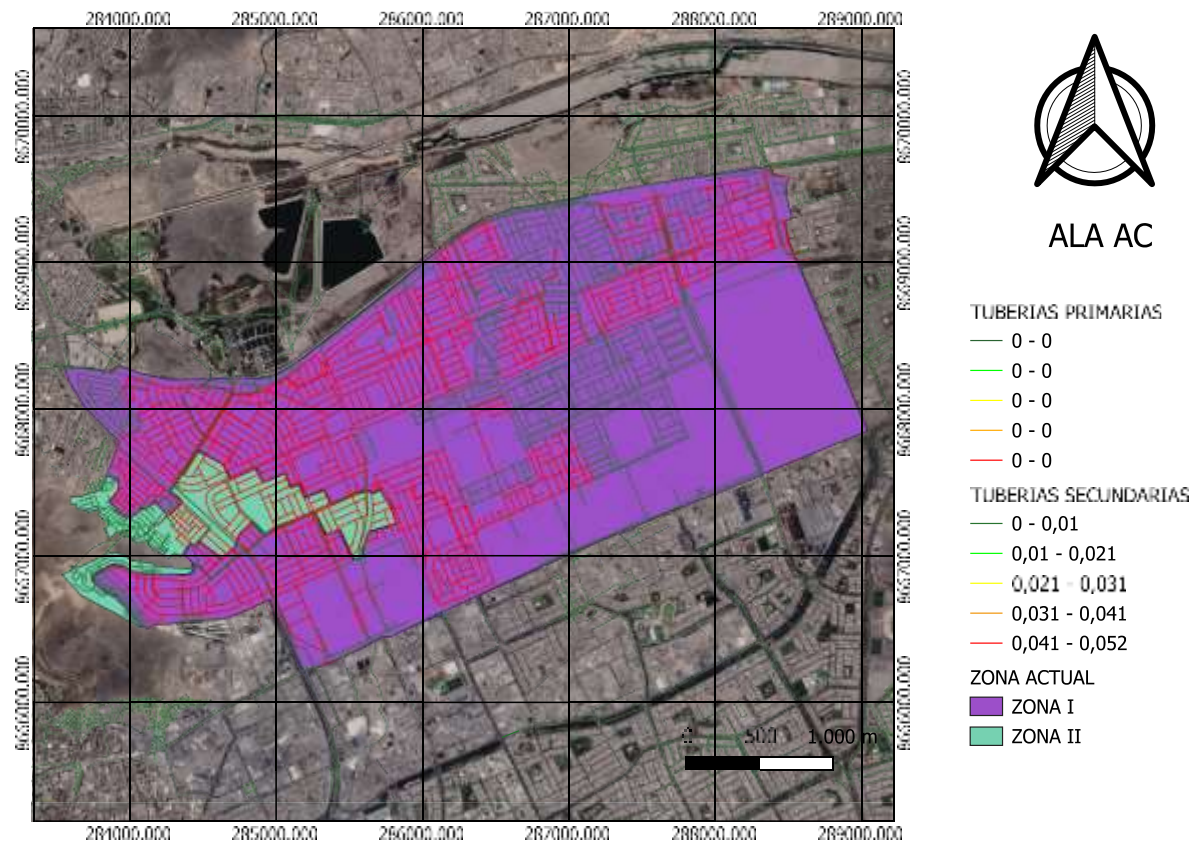
Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para ALA PVC - Mapa de Microzonificación



Nota. Elaboración Propia

Figura 35

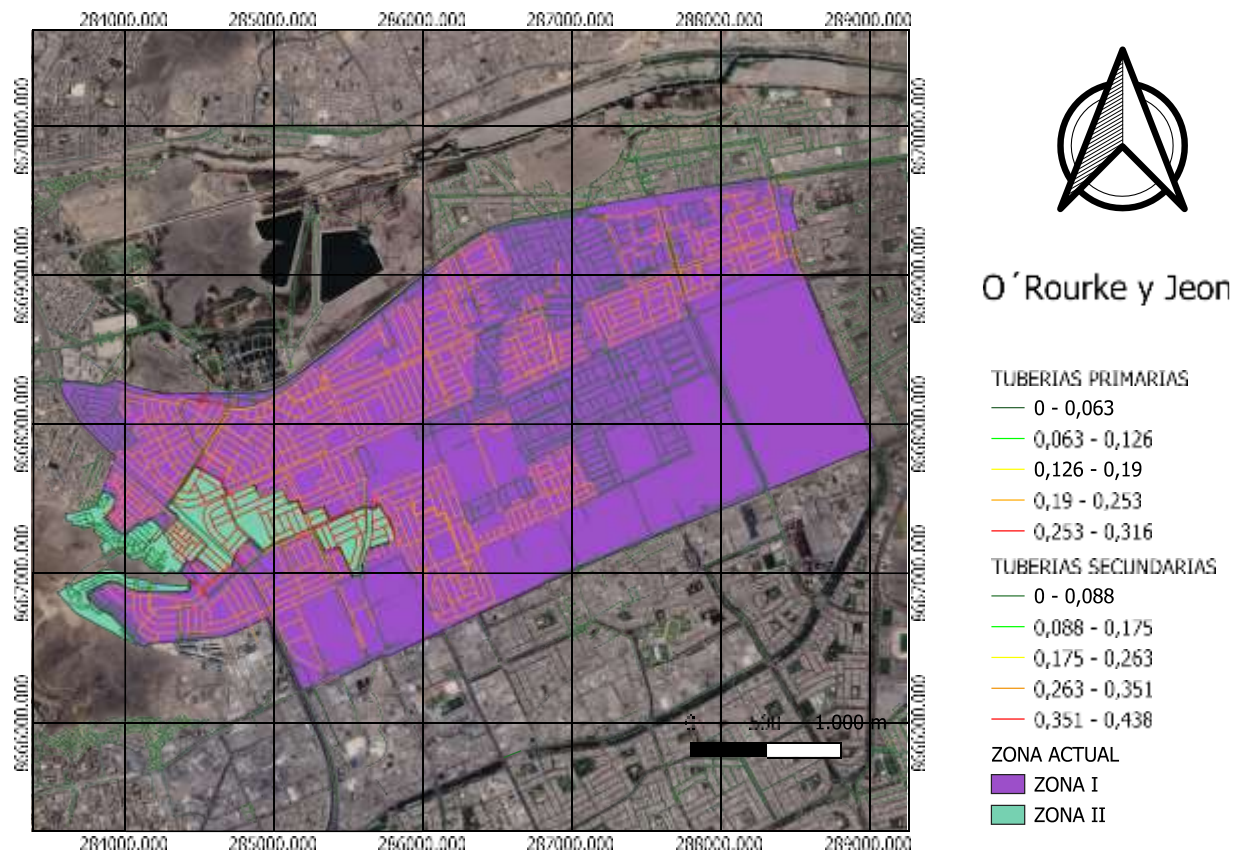
Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para ALA AC - Mapa de Microzonificación



Nota. Elaboración Propia

Figura 36

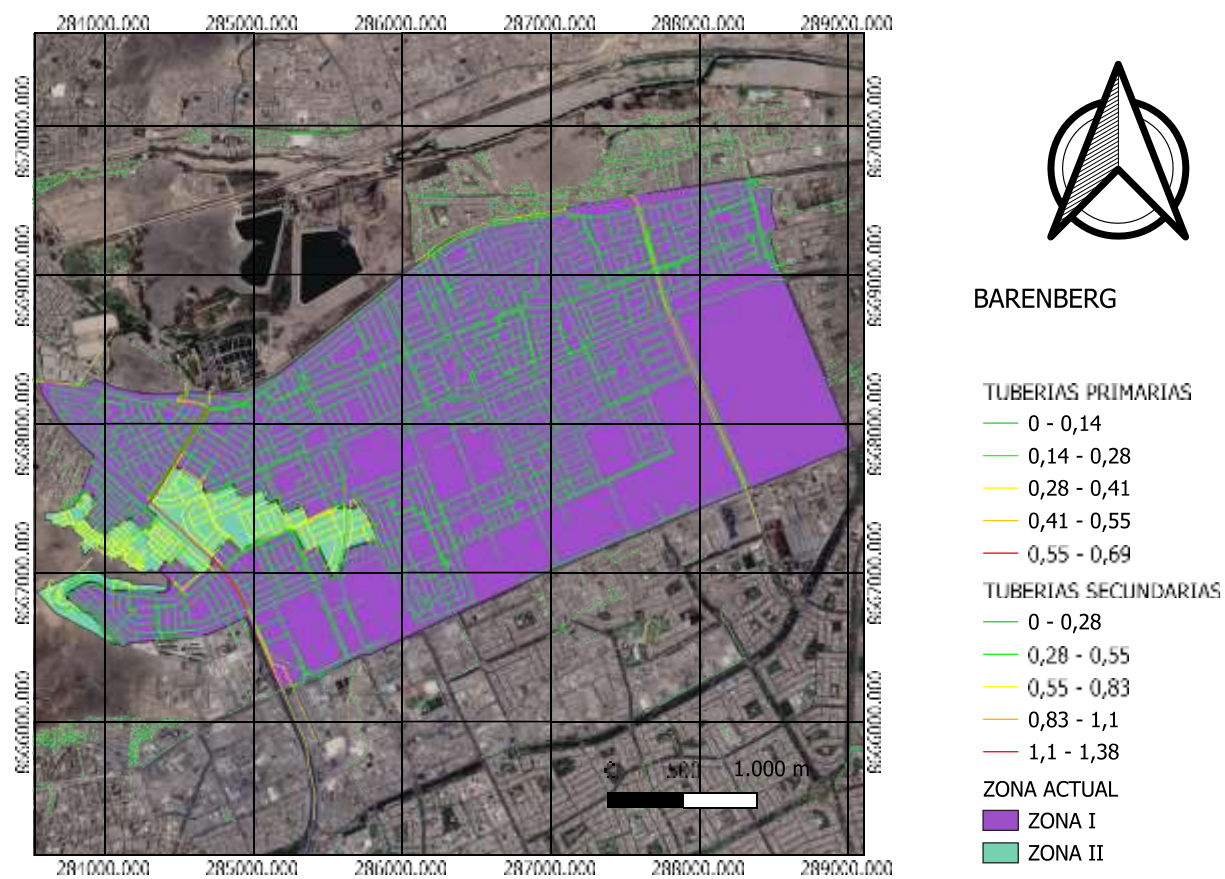
Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para O`Rourke y Jeon - Mapa de Microzonificación



Nota. Elaboración Propia

Figura 37

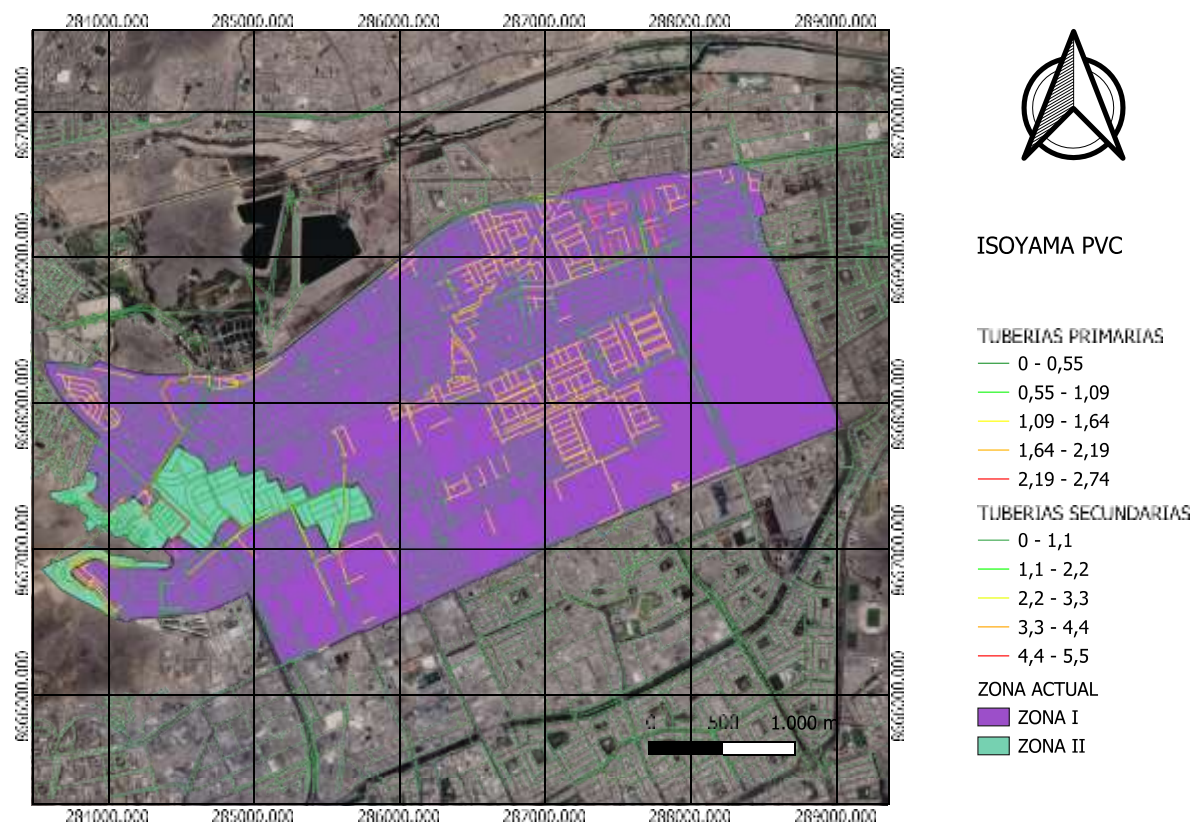
Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Barenberg - Mapa de Microzonificación



Nota. Elaboración Propia

Figura 38

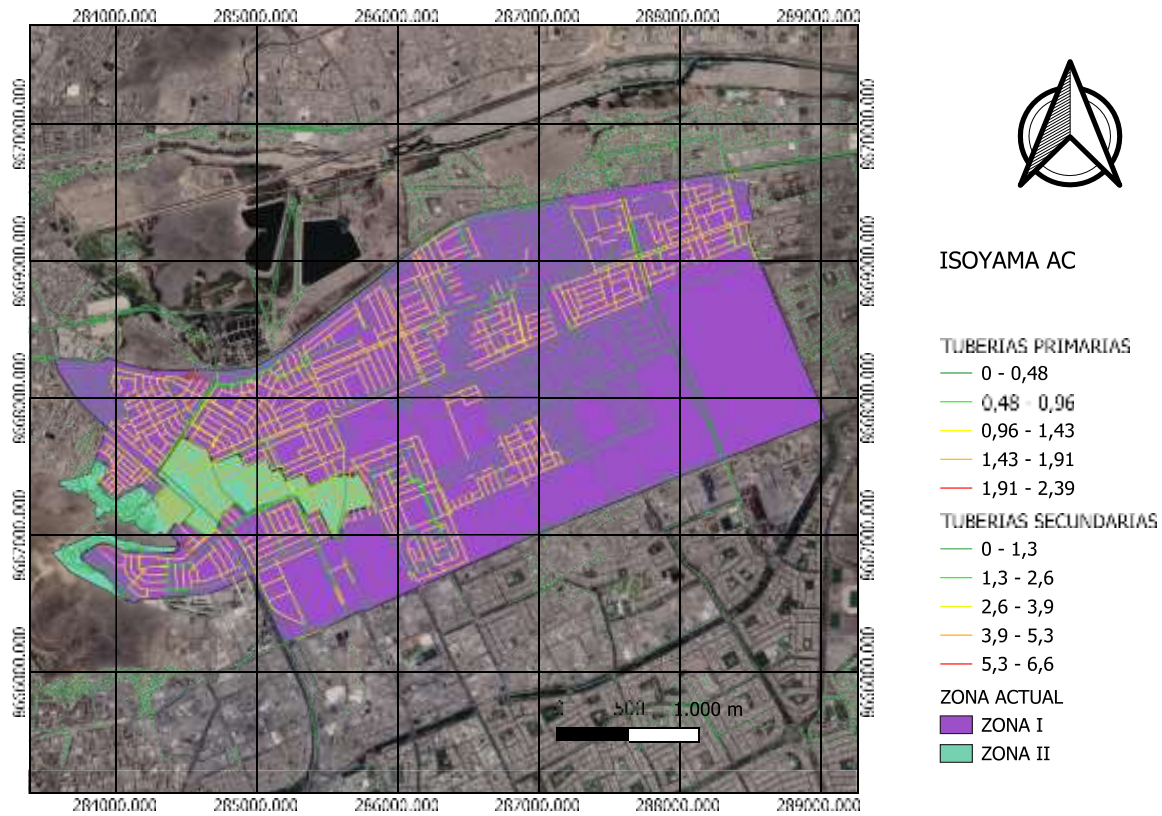
Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Isoyama PVC – Sismo de 1996



Nota. Elaboración Propia

Figura 39

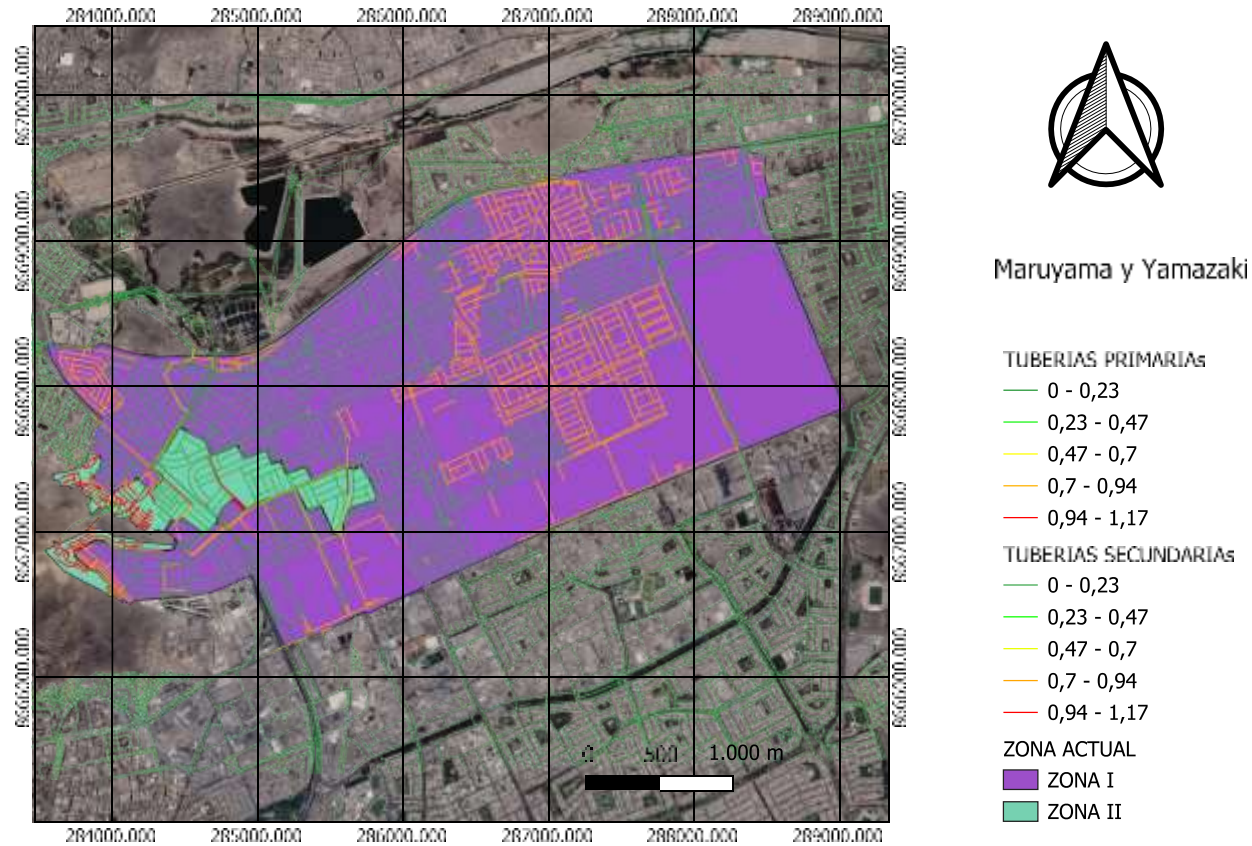
Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Isoyama AC – Sismo de 1996



Nota. Elaboración Propia

Figura 40

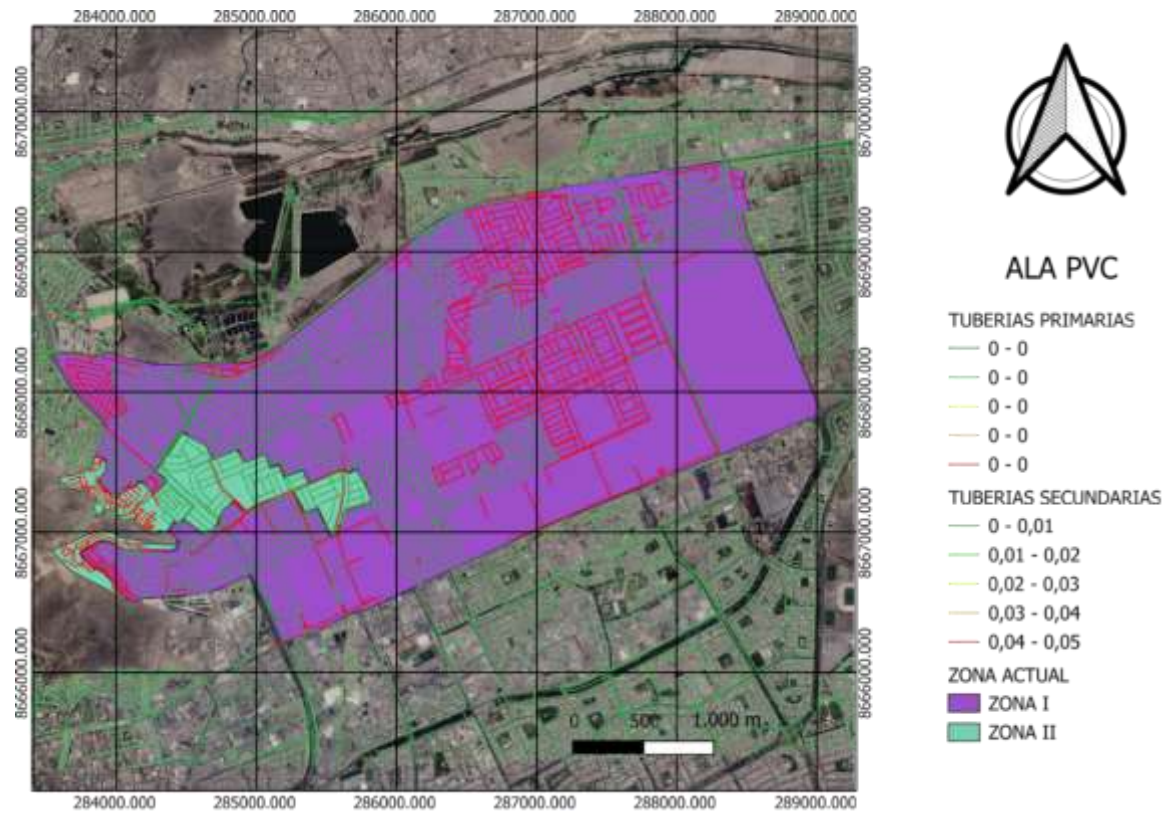
Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Maruyama y Yamazaki – Sismo de 1996



Nota. Elaboración Propia

Figura 41

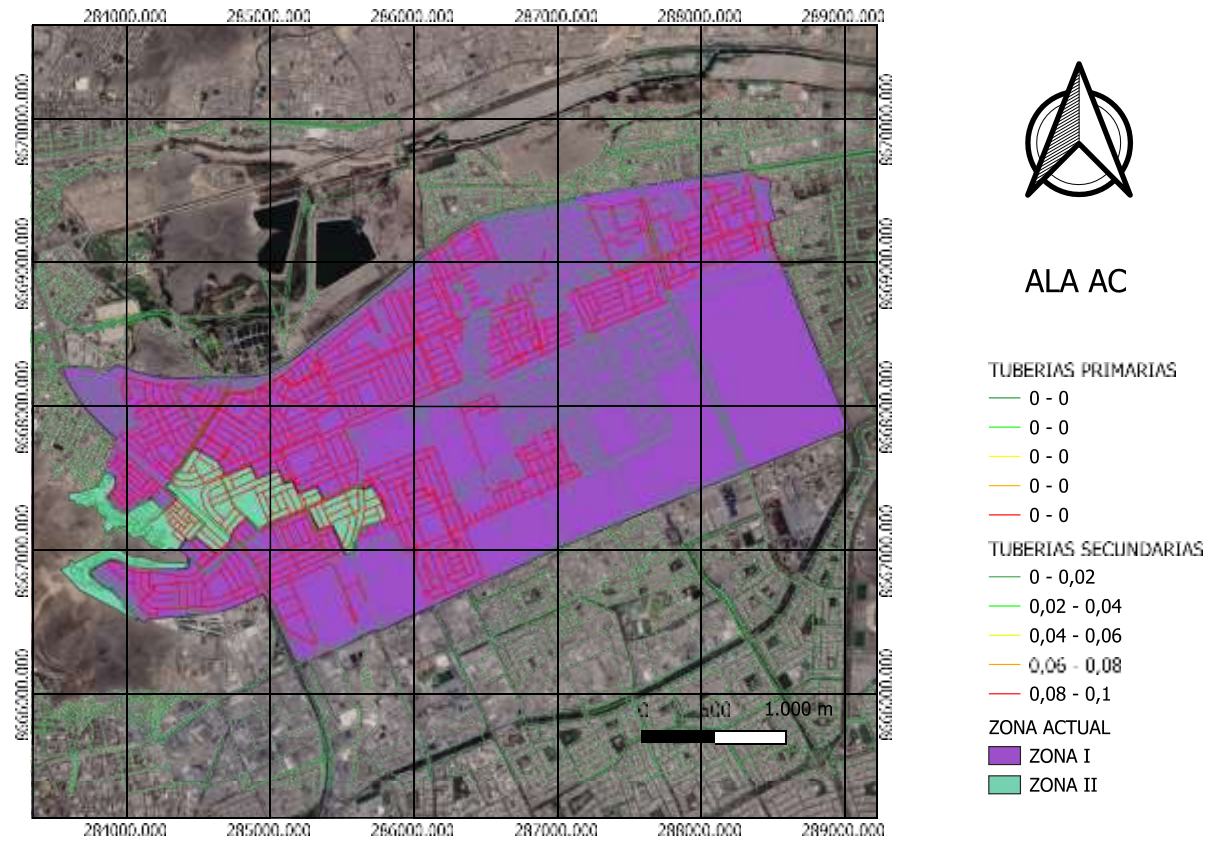
Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para ALA PVC – Sismo de 1996



Nota. Elaboración Propia

Figura 42

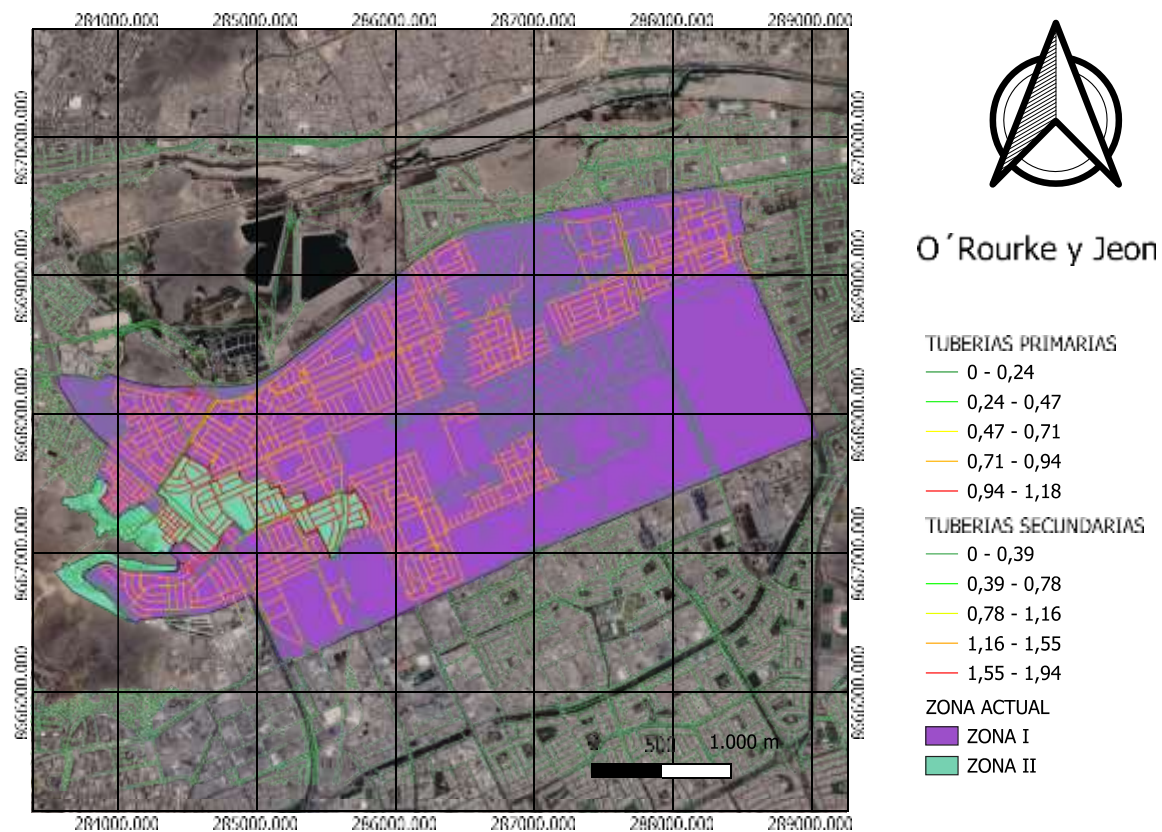
Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para ALA AC – Sismo de 1996



Nota. Elaboración Propia

Figura 43

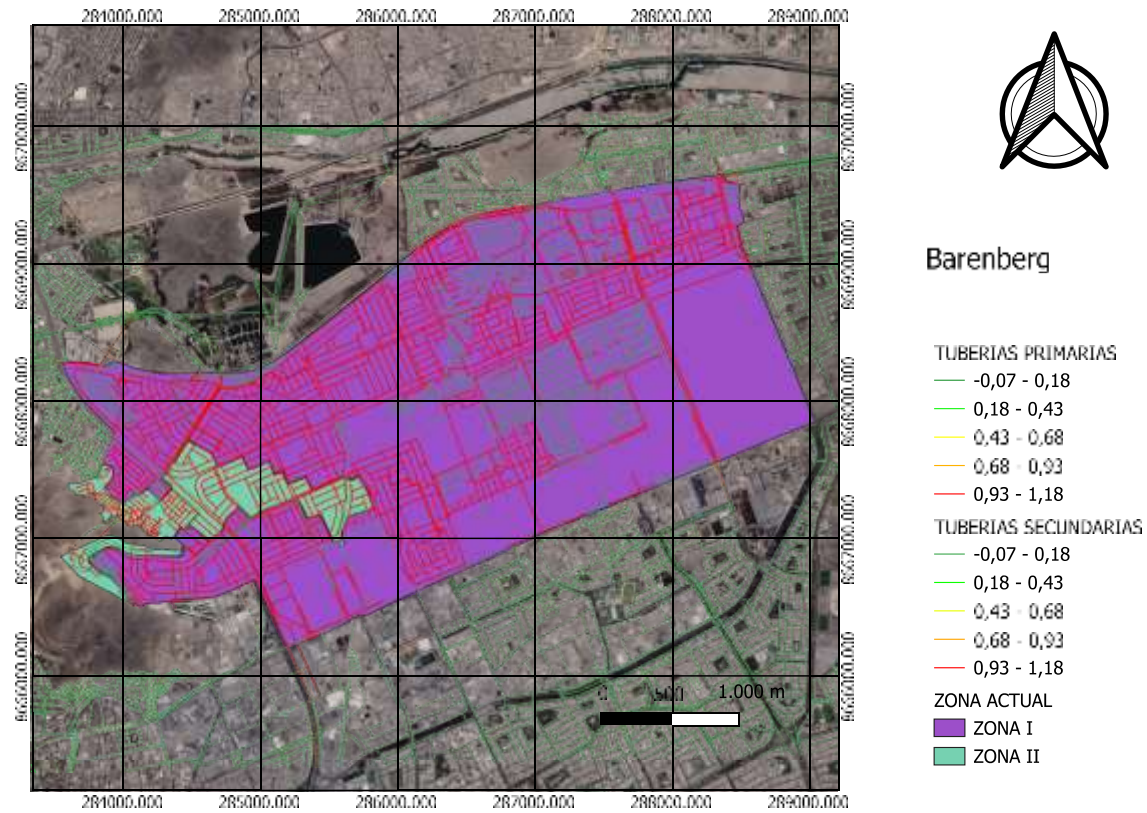
Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para O'Rourke y Jeon – Sismo de 1996



Nota. Elaboración Propia

Figura 44

Sistema de redes de agua potable primarias y secundaria para Barenberg – Sismo de 1996



Nota. Elaboración Propia

En la Tabla 14, se da las reparaciones por kilómetro para el Mapa de Microzonificación teniendo los valores de reparaciones bajos y la Tabla 15, se da las reparaciones por kilómetro para el Sismo de 1966 teniendo los valores de reparaciones altos que se mostrará en la Tabla 15.

Los resultados obtenidos por cada método se muestran en la siguiente Tabla 16, 17 y 18, dándonos una idea de la reparación por kilómetro que se obtuvo de menor a mayor grado en las tuberías que se pueden mostrar en las Figuras 45, 46, 47, 48, 49 y 50.

- La Figura 45 y 46 es para las tuberías de PVC, las tasas de reparaciones obtenidas con el planteamiento de Maruyama y Yamazaki son casi de 21 a 23 veces el valor obtenido por ALA, y los valores de planteamiento de Isoyama son de casi 1 a 5 veces el Maruyama y Yamazaki. Pudiendo deducir los daños más graves están en el planteamiento de Isoyama independientemente si es Zona I o Zona II.
- La Figura 47 y 48 es para las tuberías de AC, las tasas de reparaciones obtenidas con el planteamiento de T. O'Rourke y Jean son casi de 7 a 15 veces el valor obtenido por ALA, y los valores de planteamiento de Isoyama son de casi 2 a 4 veces el T. O'Rourke y Jean. Pudiendo deducir los daños más graves están en el planteamiento de Isoyama independientemente si es Zona I o Zona II.
- La Figura 49 y 50 es para las tuberías de CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEA, aunque su porcentaje es mínimo a comparación del porcentaje total de tuberías nos podemos dar una idea de los daños que reciben siendo mínimos a comparación de los otros métodos como se observa.

Tabla 14

Reparaciones por kilómetro en Santa Anita – Mapa de Microzonificación

REPRESENTACION DE REP/KM	BARENBERG	PVC (REPARACIONES/KM)			AC (REPARACIONES/KM)		
		ALA	ISOYAMA	MARUYAMA Y YAMAZAKI	ALA	ISOYAMA	T.O'ROURKE Y JEON
		0.022					
		0.025					
					0.044		
					0.051		
							0.316
							0.438
				0.47			
	0.4909						
	0.491						
			0.547(4''-6'')				
			0.547(8''-16'')				
			0.548(8''-16'')				
	0.5776						
	0.578						
				0.58			
						0.657(8''-16'')	
						0.657(8''-16'')	
			0.684(4''-6'')				
			0.688(8''-16'')				
			0.689(8''-16'')				
						0.826(4''-6'')	
						0.826(8''-16'')	
			0.86(4''-6'')				
						1.033(4''-6'')	
			1.095(3'')				
						1.314(3'')	
						1.314(4''-6'')	
			1.377(3'')				
						1.653(3'')	

Nota. Elaboración propia

Se debe tomar en cuenta que el color celeste representa la zona I (V= 78.404 cm/s) y el color crema representa la zona II (V= 90.62 cm/s)

Tabla 15

Reparaciones por kilómetro en Santa Anita – Sismo de 1966

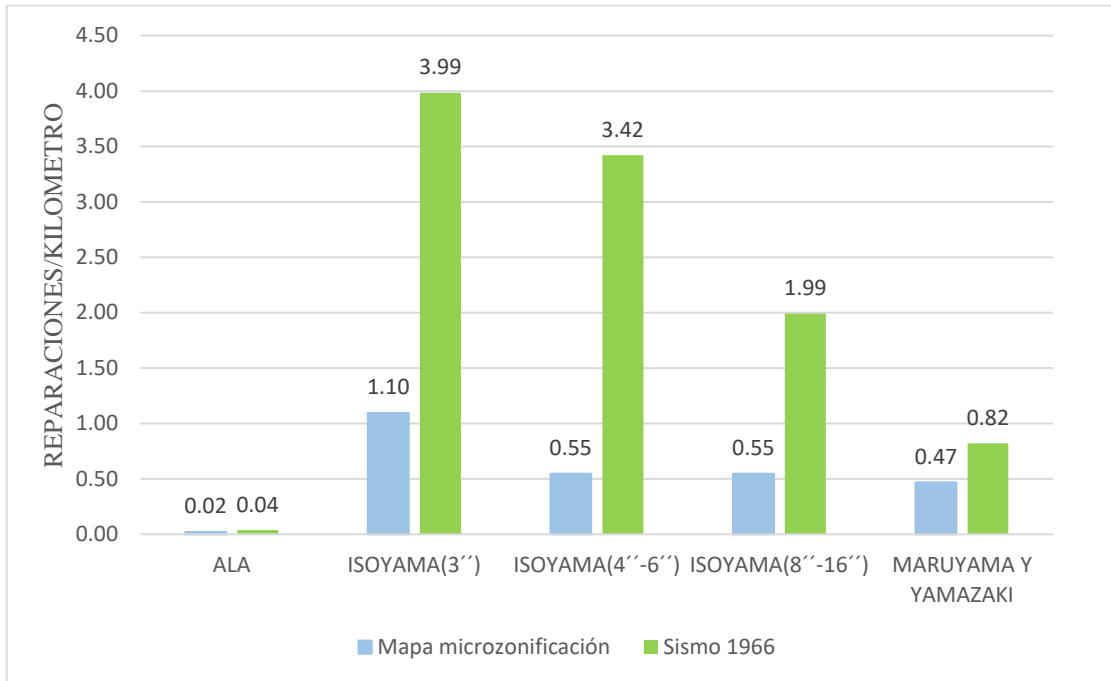
REPRESENTACION DE REP/KM	BARENBERG	PVC (REPARACIONES/KM)			AC (REPARACIONES/KM)		
		ALA	ISOYAMA	MARUYAMA Y YAMAZAKI	ALA	ISOYAMA	T.O'ROURKE Y JEON
		0.0399					
		0.0498					
					0.079		
				0.82			
	0.93						
					0.099		
				1.17			
	1.176						
							1.177
							1.939
			1.992 (8''-16'')				
			1.992 (8''-16'')				
						2.390 (8''-16'')	
			2.490 (4''-6'')				
			2.737 (8''-16'')				
						2.988 (4''-6'')	
						3.284 (8''-16'')	
			3.421 (4''-6'')				
			3.985 (3'')				
						4.105 (4''-6'')	
						4.782 (3'')	
			5.474 (3'')				
						6.569 (3'')	

Nota. Elaboración propia

Se debe tomar en cuenta que el color celeste representa la zona I (V= 140.33 cm/s) y el color crema representa la zona II (V= 175 cm/s)

Figura 45

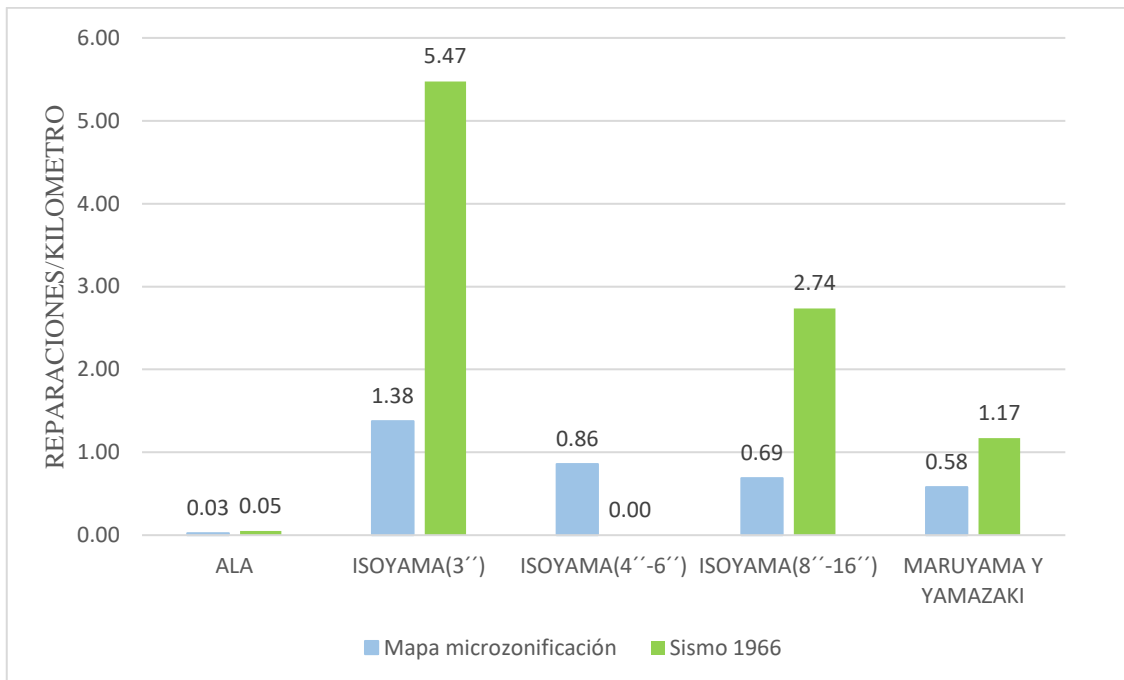
Reparaciones/ kilómetro para tuberías de PVC – Zona I



Nota. Elaboración propia

Figura 46

Reparaciones/ kilómetro para tuberías de PVC – Zona II



Nota. Elaboración propia

Tabla 16*Reparaciones/ kilómetro para tuberías de PVC*

PVC			
ZONA	Autor	Mapa microzonificación	Sismo 1966
ZONA I	ALA	0.02	0.04
	ISOYAMA(3'')	1.10	3.99
	ISOYAMA(4''-6'')	0.55	3.42
	ISOYAMA(8''-16'')	0.55	1.99
	MARUYAMA Y YAMAZAKI	0.47	0.82
ZONA II	ALA	0.03	0.05
	ISOYAMA(3'')	1.38	5.47
	ISOYAMA(4''-6'')	0.86	0.00
	ISOYAMA(8''-16'')	0.69	2.74
	MARUYAMA Y YAMAZAKI	0.58	1.17

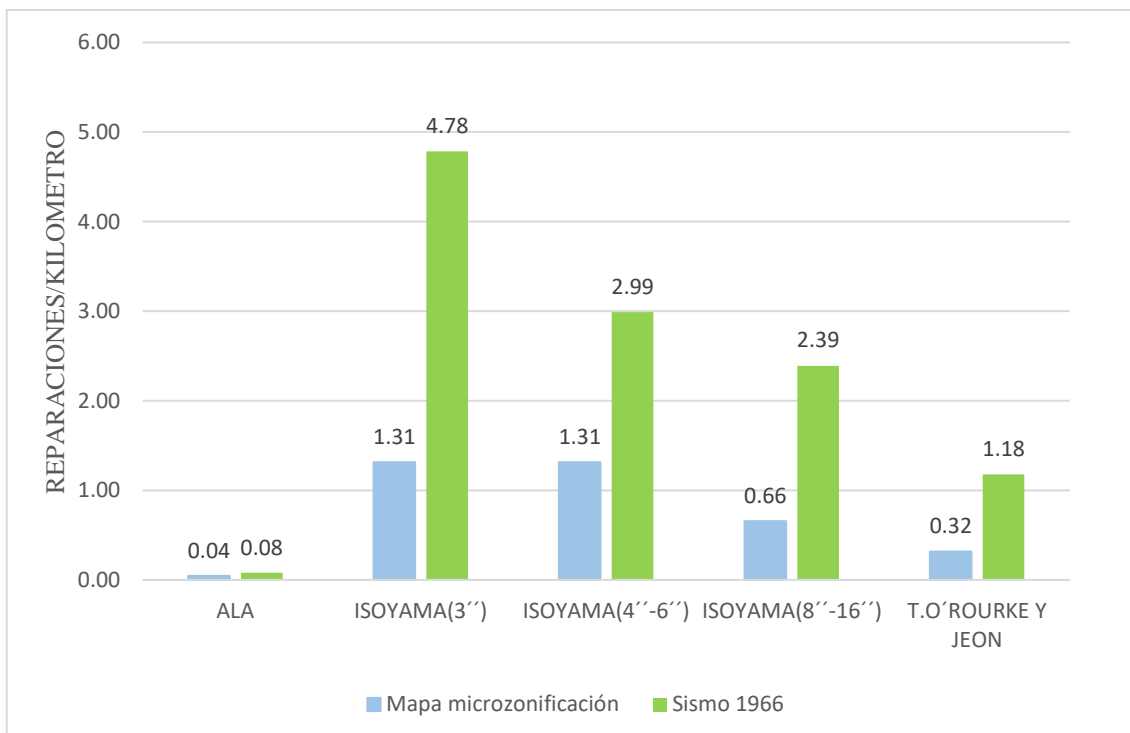
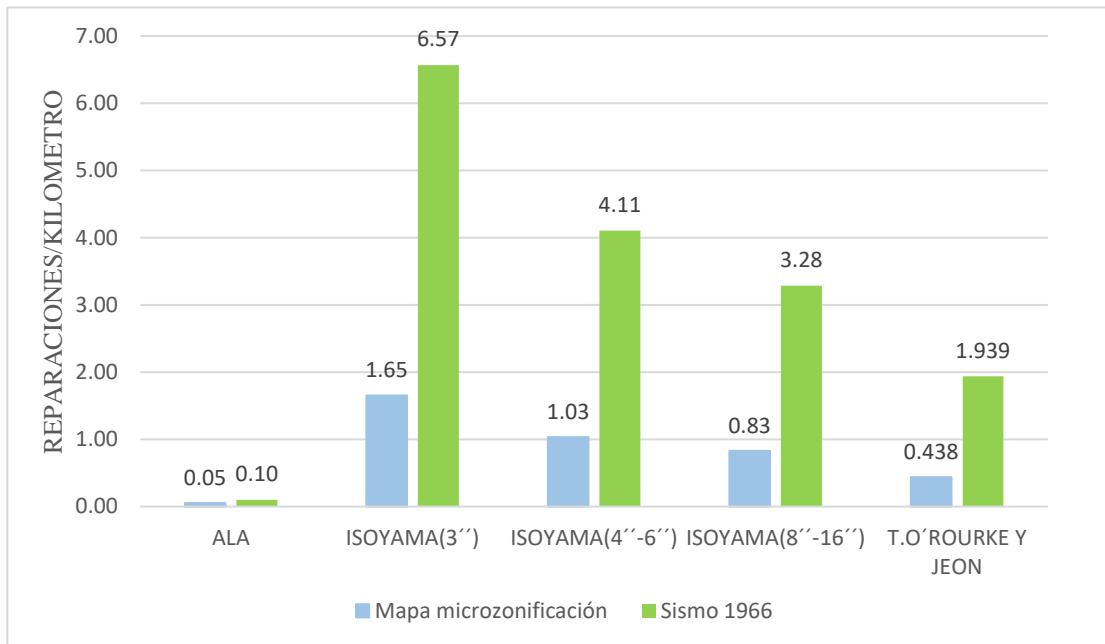
Nota. Elaboración propia**Figura 47***Reparaciones/ kilómetro para tuberías de AC – Zona I**Nota.* Elaboración propia

Figura 48

Reparaciones/ kilómetro para tuberías de AC – Zona II



Nota. Elaboración propia

Tabla 17

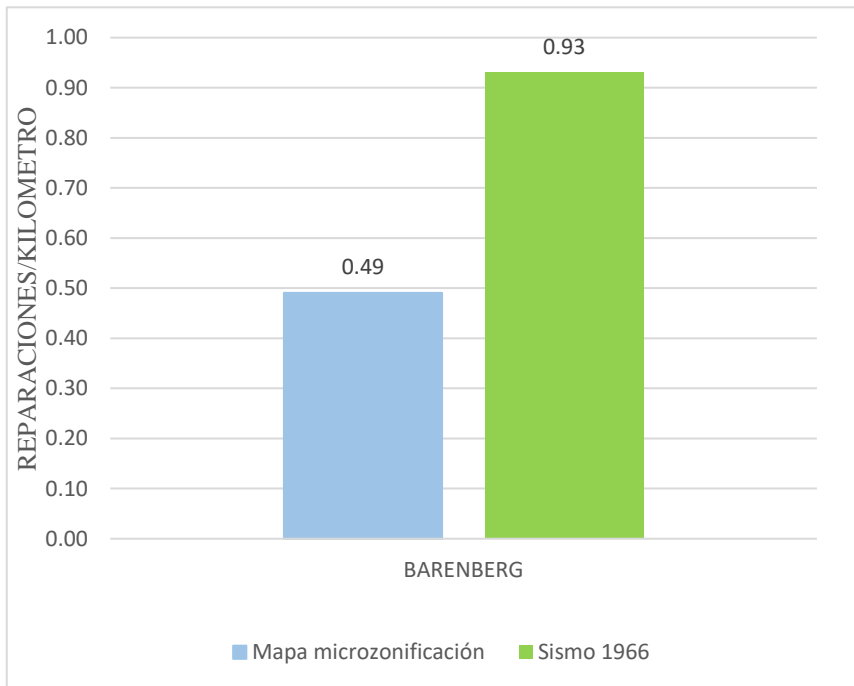
Reparaciones/ kilómetro para tuberías de AC

AC			
ZONA	Autor	Mapa microzonificación	Sismo 1966
ZONA I	ALA	0.04	0.08
	ISOYAMA(3'')	1.31	4.78
	ISOYAMA(4''-6'')	1.31	2.99
	ISOYAMA(8''-16'')	0.66	2.39
	T.O'ROURKE Y JEON	0.32	1.18
ZONA II	ALA	0.05	0.10
	ISOYAMA(3'')	1.65	6.57
	ISOYAMA(4''-6'')	1.03	4.11
	ISOYAMA(8''-16'')	0.83	3.28
	T.O'ROURKE Y JEON	0.438	1.939

Nota. Elaboración propia

Figura 49

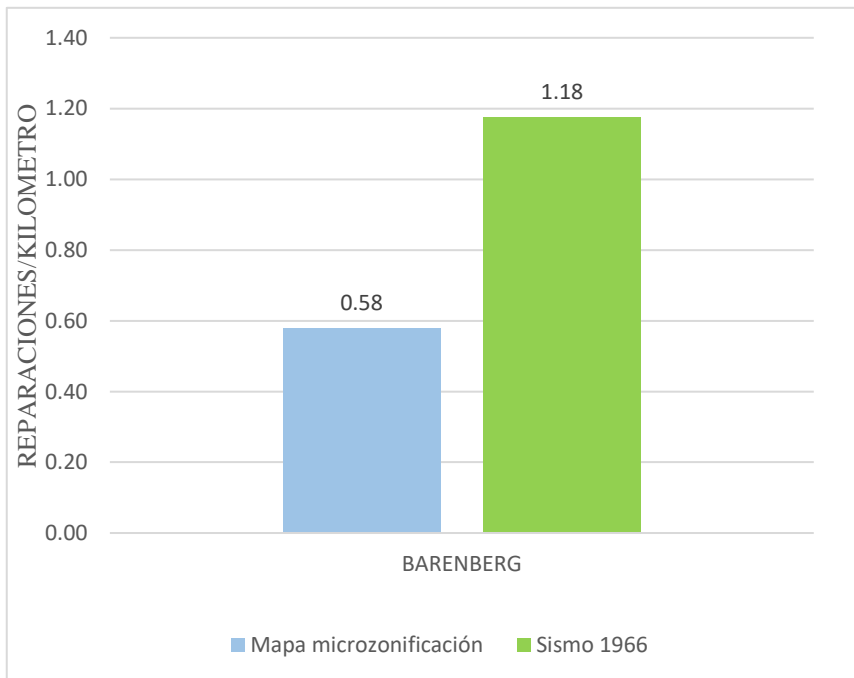
Reparaciones/ kilómetro para tuberías de CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEAD–Zona I



Nota. Elaboración propia

Figura 50

Reparaciones/ kilómetro para tuberías de CAN, HD, CP, AR, FOFOYPEAD– Zona II



II

Nota. Elaboración propia

Tabla 18*Reparaciones/ kilómetro para tuberías de CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEAD*

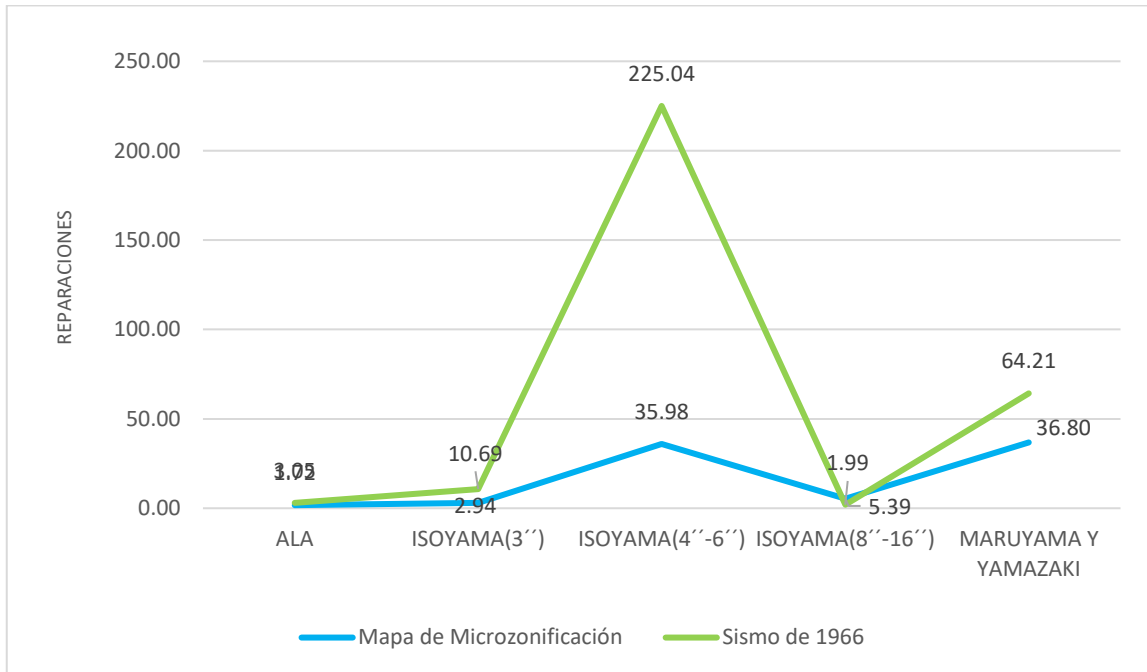
CAN,HD,CP,AR,FOFO Y PEAD			
ZONA	Autor	Mapa microzonificación	Sismo 1966
ZONA I	BARENBERG	0.49	0.93
ZONA II	BARENBERG	0.58	1.18

Nota. Elaboración propia

- La Figura 51 y 52 es para las tuberías de PVC, las tasas de reparaciones obtenidas con los planteamientos de Isoyama, Maruyama y Yamazaki y T. O'Rourke como se muestra en las Figura con variedad de datos. Pudiéndose deducir que los daños más graves en la Zona I están en el planteamiento de Isoyama en el diámetro de 3'' con 225.037 Km en el Sismo de 1966 (Figura 51) y los daños más graves en la Zona II están en el planteamiento de Maruyama y Yamazaki en el diámetro de 3'' con 12.641 Km en el Sismo de 1966 (Figura 52), siendo la Zona I con las reparaciones más graves.
- La Figura 53 y 54 es para las tuberías de AC, las tasas de reparaciones obtenidas con los planteamientos de Isoyama, Maruyama y Yamazaki y ALA como se muestra en las Figura con variedad de datos. Pudiéndose deducir que los daños más graves en la Zona I están en el planteamiento de Isoyama en el diámetro de 4'' a 6'' con 299.657 Km en el sismo de 1966 (Figura 53) y los daños más graves en la Zona II están en el planteamiento de Isoyama en el diámetro de 4'' a 6'' con 52.844 Km en el Sismo de 1966 (Figura 54), siendo la Zona I con las reparaciones más graves.
- La Figura 55 es para las tuberías de CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEA, se está tomando en cuenta para poder darnos una idea de los daños que reciben siendo mínimos a comparación de los otros métodos como se observa en la figura, siendo la Zona II con las reparaciones más graves.
- En la tabla 19 se denotará las reparaciones/ kilómetro para tuberías de PVC y en la tabla 20 se mostrará las reparaciones/ kilómetro para tuberías de AC.

Figura 51

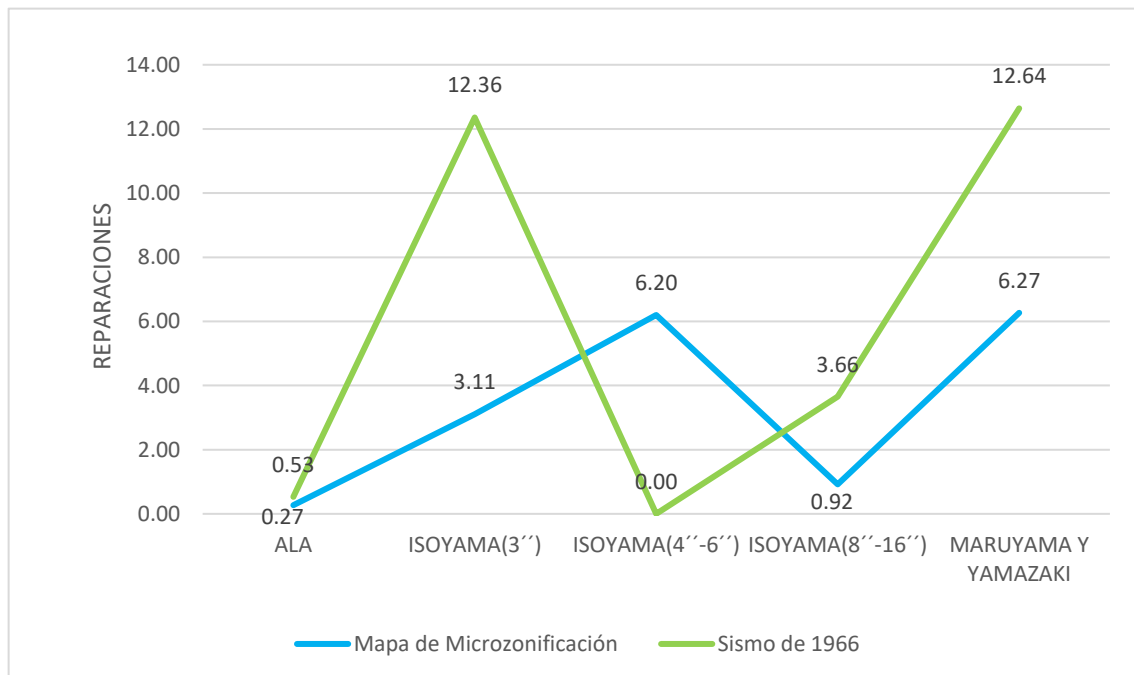
Reparaciones para tuberías de PVC – Zona I



Nota. Elaboración propia

Figura 52

Reparaciones para tuberías de PVC – Zona II



Nota. Elaboración propia

Tabla 19*Reparaciones/ kilómetro para tuberías de PVC*

PVC			
ZONA	Autor	Mapa microzonificación	Sismo 1966
ZONA I	ALA	1.72	3.05
	ISOYAMA(3'')	2.94	10.69
	ISOYAMA(4''-6'')	35.98	225.04
	ISOYAMA(8''-16'')	5.39	1.99
	MARUYAMA	36.80	64.21
ZONA II	ALA	0.27	0.53
	ISOYAMA(3'')	3.11	12.36
	ISOYAMA(4''-6'')	6.20	0.00
	ISOYAMA(8''-16'')	0.92	3.66
	MARUYAMA	6.27	12.64

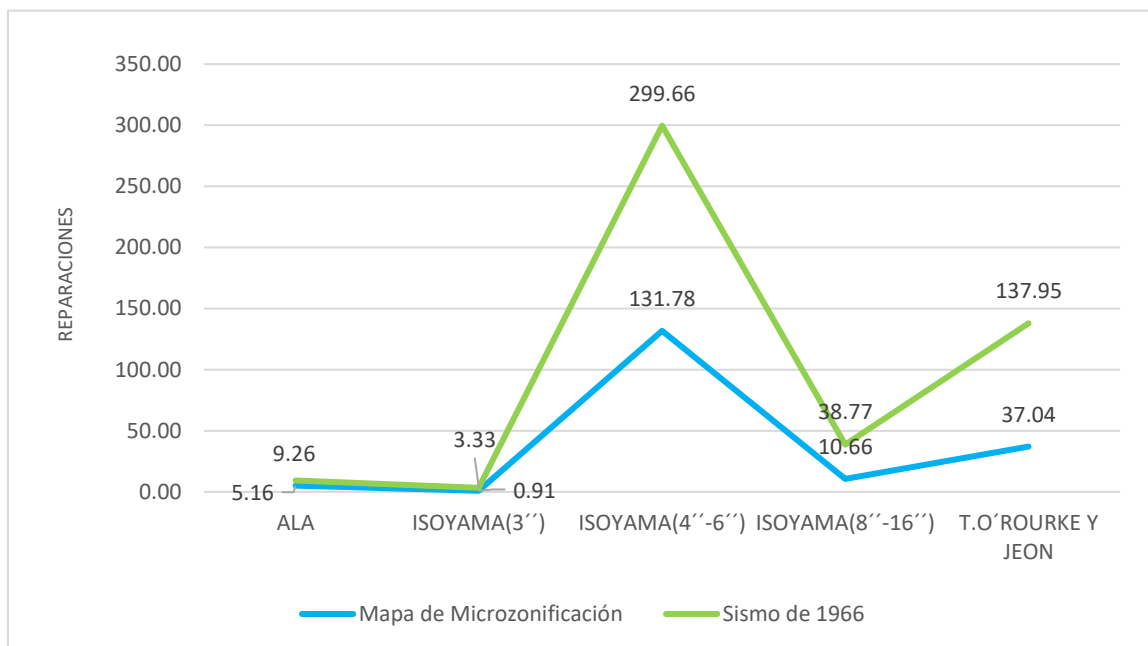
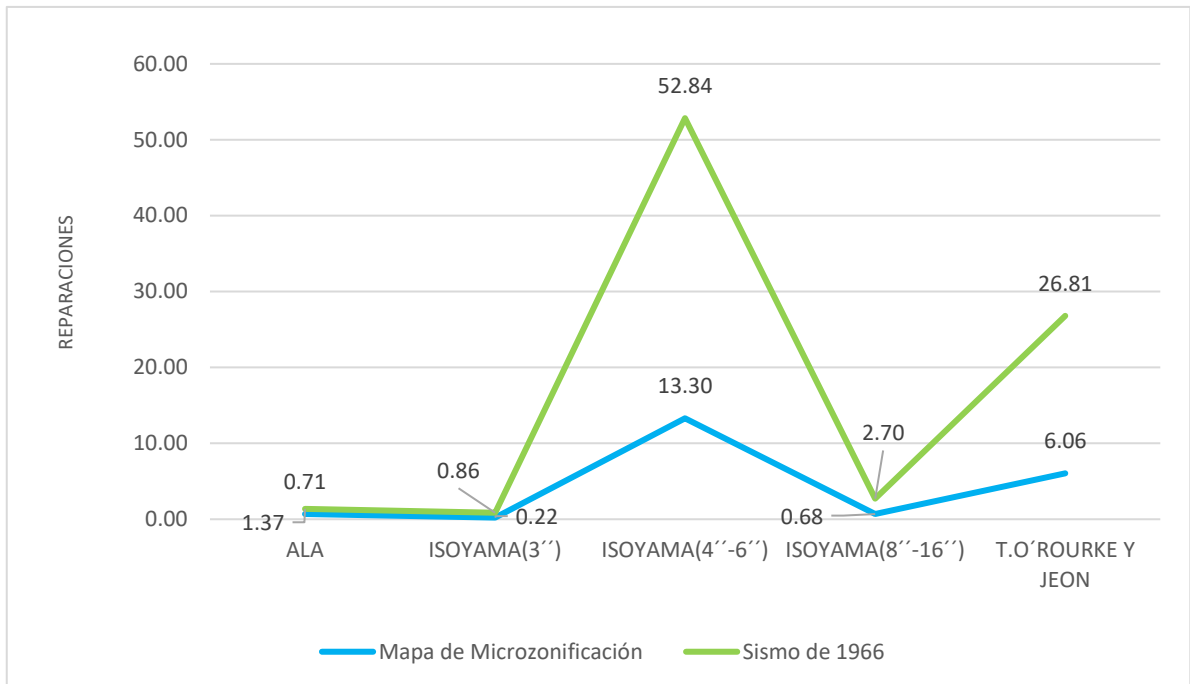
Nota. Elaboración propia**Figura 53***Reparaciones para tuberías de AC - Zona I**Nota.* Elaboración propia

Figura 54

Reparaciones para tuberías de AC – Zona II



Nota. Elaboración propia

Tabla 20

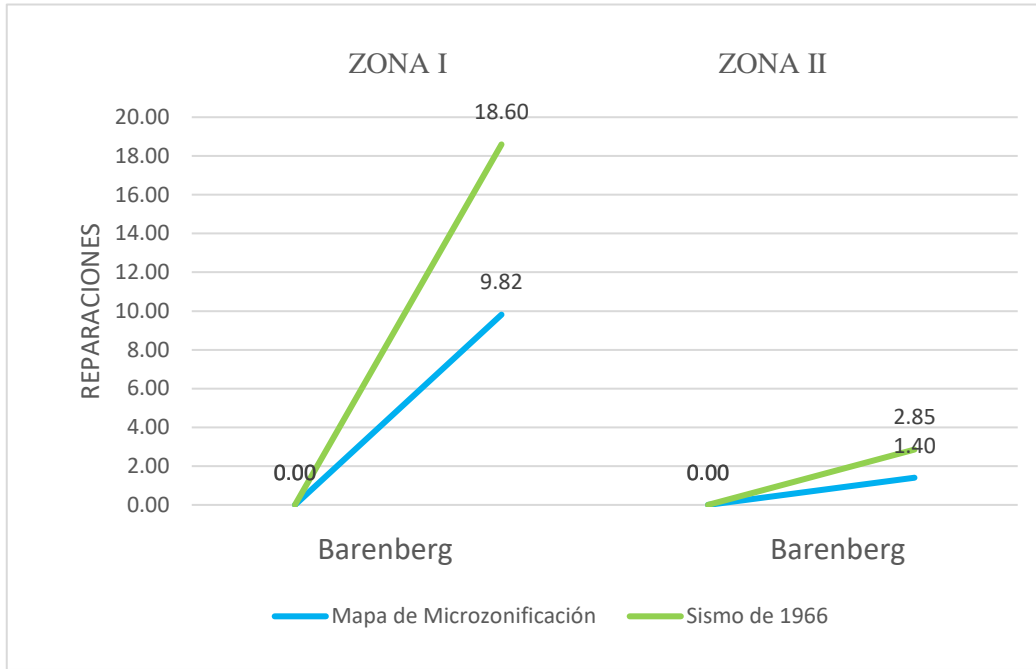
Reparaciones/ kilómetro para tuberías de AC

		AC	
ZONA	Autor	Mapa microzonificación	Sismo 1966
ZONA I	ALA	5.16	9.26
	ISOYAMA(3'')	0.91	3.33
	ISOYAMA(4''-6'')	131.78	299.66
	ISOYAMA(8''-16'')	10.66	38.77
	T.O'ROURKE	37.04	137.95
ZONA II	ALA	0.71	1.37
	ISOYAMA(3'')	0.22	0.86
	ISOYAMA(4''-6'')	13.30	52.84
	ISOYAMA(8''-16'')	0.68	2.70
	T.O'ROURKE	6.06	26.81

Nota. Elaboración propia

Figura 55

Reparaciones para tuberías de CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEAD



Nota. Elaboración propia

Tabla 21

Reparaciones/ kilómetro para tuberías de CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEAD

CAN,HD,CP,AR,FOFO Y PEAD			
ZONA	Autor	Mapa microzonificación	Sismo 1966
ZONA I	BARENBERG	9.82	18.60
ZONA II	BARENBERG	1.40	2.85

Nota. Elaboración propia

2.6.4. Análisis de Daños por Sismos (Reparaciones/Kilometro)

Se puede observar que los resultados de las diferentes tablas anteriores son muy diferentes. Se analizaron las propiedades de cada cuadro comparativo para determinar la causa del cambio.

Se recurre a la plantilla de DTS para observar las características de cada planteamiento, la cual se resume en la tabla 22. De esta forma se identifica que las variaciones más notables de cada planteamiento son los valores de Reparaciones/Kilómetro y el tipo de función, siendo el orden de la tasa de reparaciones de mayor a menor.

Como se puede observar en la tabla 22, los valores de las tasas (reparaciones/kilometro) de Isoyama son mayores debido a que en la formulación de las funciones se consideran diferentes diámetros dándonos datos más exactos y además la Zona II es Depósitos de arenas de compacidad media a densa y depósitos siendo por esto mismo la más vulnerable de las 2 zonas que se están tomando en cuenta, por lo cual aumento los valores de las tasas hasta 6.377 reparaciones/kilometro. En los cuatro planteamientos restantes, podemos identificar que la tasa de menor daño es 0.0733 reparaciones por kilómetro siendo del planteamiento de ALA del Mapa de Microzonificación y que la tasa de mayor daño es 1.8502 reparaciones por kilómetro siendo del planteamiento de T. O'Rourke y Jeon del Sismo de 1966.

Tabla 22*Datos considerados para la formulación de los Cuadros de Santa Anita*

PLANTEAMIENTO	TIPO DE TUBERÍA	FUNCIÓN DE VULNERABILIDA	MATERIAL	REPARACIÓN / KILOMETRO	DIÁMETRO	ZONA
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS PRIMERIAS	ISOYAMA	PVC	0.689	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	2
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS PRIMERIAS	ISOYAMA	PVC	0.548	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS PRIMERIAS	MARUYAMA Y YAMAZAKI	PVC	0.58	≤ 10''	2
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS PRIMERIAS	MARUYAMA Y YAMAZAKI	PVC	0.47	≤ 10''	1
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS PRIMERIAS	ISOYAMA	AC	0.657	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS PRIMERIAS	T.O'ROURKE Y JEON	AC	0.316	<24''	1
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS PRIMERIAS	BARENBERG	CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEA	0.578	TODO	2
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS PRIMERIAS	BARENBERG	CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEA	0.491	TODO	1
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	PVC	1.377	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	2
MAPA	TUBERÍAS	ISOYAMA	PVC	1.095	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1

MICROZONIFICACIÓN	SECUNDARIAS					
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	PVC	0.86	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	2
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	PVC	0.688	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	2
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	PVC	0.684	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	2
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	PVC	0.547	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	PVC	0.547	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	MARUYAMA Y YAMAZAKI	PVC	0.58	≤ 10''	2
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	MARUYAMA Y YAMAZAKI	PVC	0.47	≤ 10''	1
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ALA	PVC	0.025826	≤ 12''	2
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ALA	PVC	0.022344	≤ 12''	1
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	AC	1.653	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	2
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	AC	1.314	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	AC	1.033	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	2
MAPA	TUBERÍAS	ISOYAMA	AC	0.826	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	2

MICROZONIFICACIÓN	SECUNDARIAS					
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	AC	0.821	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	AC	0.657	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ALA	AC	0.051651	≤ 12''	2
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ALA	AC	0.044688	≤ 12''	1
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	T.O'Rourke Y JEON	AC	0.4383	<24''	2
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	T.O'Rourke Y JEON	AC	0.316	<24''	1
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	BARENBERG	CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEA	0.5776	TODO	2
MAPA MICROZONIFICACIÓN	TUBERÍAS SECUNDARIAS	BARENBERG	CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEA	0.4909	TODO	1
SISMO DE 1966	TUBERÍAS PRIMARIAS	ISOYAMA	PVC	2.737143	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	2
SISMO DE 1967	TUBERÍAS PRIMARIAS	ISOYAMA	PVC	1.992568	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
SISMO DE 1968	TUBERÍAS PRIMARIAS	MARUYAMA Y YAMAZAKI	PVC	1.17	≤ 10''	2
SISMO DE 1969	TUBERÍAS		PVC	0.82	≤ 10''	1

	PRIMERIAS					
SISMO DE 1970	TUBERÍAS PRIMERIAS	ISOYAM	AC	2.390868	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
SISMO DE 1971	TUBERÍAS PRIMERIAS	T.O'ROURKE Y JEON	AC	1.177545	<24''	1
SISMO DE 1972	TUBERÍAS PRIMERIAS	BARENBERG	CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEA	1.1767	TODO	2
SISMO DE 1973	TUBERÍAS PRIMERIAS	BARENBERG	CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEA	0.930543	TODO	1
SISMO DE 1974	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	PVC	5.474287	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	2
SISMO DE 1975	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	PVC	3.985136	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
SISMO DE 1976	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	PVC	3.421429	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
SISMO DE 1977	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	PVC	2.737143	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	2
SISMO DE 1978	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	PVC	2.49071	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
SISMO DE 1979	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	PVC	1.992568	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
SISMO DE 1980	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ALA	PVC	0.0498729	≤ 12''	2
SISMO DE 1981	TUBERÍAS	ALA	PVC	0.0399923	≤ 12''	1

	SECUNDARIAS					
SISMO DE 1982	TUBERÍAS SECUNDARIAS	MARUYAMA Y YAMAZAKI	PVC	1.17	≤ 10''	2
SISMO DE 1983	TUBERÍAS SECUNDARIAS	MARUYAMA Y YAMAZAKI	PVC	0.82	≤ 10''	1
SISMO DE 1984	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	AC	6.56929	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	2
SISMO DE 1985	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	AC	4.7822703	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
SISMO DE 1986	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	AC	4.10571	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	2
SISMO DE 1987	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	AC	3.284279	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	2
SISMO DE 1988	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	AC	2.98885	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
SISMO DE 1989	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ISOYAMA	AC	2.390868	3'', 4'' a 6'' y 8'' a 16''	1
SISMO DE 1990	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ALA	AC	0.0997458	≤ 12''	2
SISMO DE 1991	TUBERÍAS SECUNDARIAS	ALA	AC	0.0799847	≤ 12''	1
SISMO DE 1992	TUBERÍAS SECUNDARIAS	T.O'ROURKE Y JEON	AC	1.9394711	<24''	2
SISMO DE 1993	TUBERÍAS SECUNDARIAS	T.O'ROURKE Y JEON	AC	1.177545	<24''	1
SISMO DE 1994	TUBERÍAS	BARENBERG	CAN, HD, CP,	1.1767	TODO	2

	SECUNDARIAS		AR, FOFO Y PEA			
SISMO DE 1995	TUBERÍAS SECUNDARIAS	BARENBERG	CAN, HD, CP, AR, FOFO Y PEA	0.93054	TODO	1

Nota. Elaboración propia

Se muestra que el comportamiento de todas las funciones mencionadas con sus respectivos datos en la Tabla 22 de tuberías de Santa Anita, pudiendo observar una gran variación en el planteamiento de Isoyama a comparación de los planteamientos de ALA, Maruyama y Yamazaki, T O'Rourke y Jean y Barenberg, independientemente el tipo de diámetro o la zona que sea. Pudiendo observar que el planteamiento de Isoyama tiene el valor más alto en las reparaciones por kilómetro de 6.569 para AC.

Con los datos de la Tabla 22 podemos entender que en los cuatro planteamientos (ALA, Maruyama y Yamazaki, T O'Rourke y Jean y Barenberg), podemos identificar que la tasa de mayor daño para el planteamiento de ALA es 0.0997 reparaciones por kilómetro del Sismo de 1966, la tasa de mayor daño para el planteamiento de Maruyama y Yamazaki es 1.17 reparaciones por kilómetro del Sismo de 1966, la tasa de mayor daño para el planteamiento de T O'Rourke y Jean es 1.9394 reparaciones por kilómetro del Sismo de 1966 y la tasa de mayor daño para el planteamiento de Barenberg es 1.1767 reparaciones por kilómetro del Sismo de 1966. El planteamiento de Isoyama como se pudo observar en la Tabla 22 tiene el valor más alto en reparaciones por kilómetro sienta 6.569 en el Sismo de 1966 para AC.

Debido a los diferentes datos al definir que función se debe usar en el área del proyecto, se eligió la función que mayores reparaciones que tenga en todos los planteamientos, para la cual se pudo observar en las Reparaciones por kilómetro en Santa Anita (Tabla 14 y 15), Reparaciones/ kilómetro para tuberías (Figura 45, 46, 47, 48, 49 y 50) y Reparaciones para tuberías (Figura 51, 52, 53, 54 y 55).

Con todos estos datos presentes podemos entender que el planteamiento que nos permite tener los daños más críticos que podrían suceder en Santa Anita y además nos permite tener una visión de daños por diámetros (3'',4''- 6'' y 8''- 16'') es el planteamiento de Isoyama. Pudiendo tener una visión más clara de cómo serian afectadas las redes de agua potable y así mismo la población; por ello realizo la aplicación del Censo.

2.6.5. Censo

Como se mencionó anteriormente, se está tomando como planteamiento de Isoyama por su especificación en diámetro y mayor magnitud en daños en las tuberías (PVC y AC), pudiendo tener una mayor exactitud en las zonas donde habrá un mayor desabastecimiento de agua en casos de sismos de gran magnitud.

Para tuberías PVC:

Se puede observar seguidamente como se calculan la Cantidad de Litros por Hora para tuberías de PVC en las Tablas 23, 24 ,25 y 26.

Tabla 23*Número de Personas por Zona para PVC*

N° DE PERSONAS POR ZONA	
N° MANZANAS	446
PROMEDIO POR MANZANA	200
TOTAL DE PERSONAS	89200

Nota. Elaboración propia**Tabla 24***Cantidad de Litros para PVC*

CANTIDAD DE LITROS	
LITROS EN CASO DE EMERGENCIA	5
N° TOTAL DE PERSONAS	89200
TOTAL DE LITROS	446000

Nota. Elaboración propia**Tabla 25***Cantidad de Cisternas para PVC*

CANTIDAD DE CISTERNAS	
TOTAL DE LITROS	446000
LITROS POR CISTERNA(9000GL)	34065
TOTAL DE CISTERNAS	14

Nota. Elaboración propia**Tabla 26***Presupuesto de Abastecimiento de Agua para PVC*

PRESUPUESTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	
TOTAL DE CISTERNAS	14
PRECIO POR CISTERNA	850
PRESUPUESTO TOTAL POR DÍA EN SOLES	11900.00

Nota. Elaboración propia

Se recomienda tener puntos de acopio en las mayores zonas afectadas como:

- Coop. Virgen de las Nieves

- AA.HH. los perales
- AA.HH. Huáscar
- Coop. Las Flores
- Coop. las Vegas

Para tuberías AC:

Se puede observar seguidamente como se calculan la Cantidad de Litros por Hora para tuberías de AC en las Tablas 27, 28, 29 y 30.

Tabla 27

Número de Personas por Zona para AC

N° DE PERSONAS POR ZONA	
N° MANZANAS	746
PROMEDIO POR MANZANA	200
TOTAL DE PERSONAS	149200

Nota. Elaboración propia

Tabla 28

Cantidad de Litros para AC

CANTIDAD DE LITROS	
LITROS EN CASO DE EMERGENCIA	5
N° TOTAL DE PERSONAS	149200
TOTAL DE LITROS	746000

Nota. Elaboración propia

Tabla 29

Cantidad de Cisternas para AC

CANTIDAD DE CISTERNAS	
TOTAL DE LITROS	746000
LITROS POR CISTERNA	34065
TOTAL DE CISTERNAS	22

Nota. Elaboración propia

Tabla 30

Presupuesto de Abastecimiento de Agua para AC

PRESUPUESTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	
TOTAL DE CISTERNAS	22
PRECIO POR CISTERNA	850
PRESUPUESTO TOTAL POR DÍA EN SOLES	18700.00

Nota. Elaboración propia

Se recomienda tener puntos de acopio en las mayores zonas afectadas como:

- AA.HH. Manuel Correa
- Urb. Los Ficus
- Coop. Universal
- Coop. Las chancas
- Coop. Miguel Grau
- Coop. Andahuaylas
- Urb. La Portada de Ceres
- Urb. Sol de Santa Anita
- Urb. Santa Anita
- Urb. Las flores de Santa Anita
- Urb. Santa Aurelia
- Coop. San Carlos

Este presupuesto se da con finalidad de dar solución ante el desabastecimiento de agua potable a la población mientras los entes encargados de la reparación de las tuberías trabajan.

2.6.6. Propuesta para la reducción del daño en tuberías de agua

Con el censo anteriormente mostrado en las tablas N°23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30, gran cantidad de la población de Santa Anita sería afectada por un sismo de gran magnitud, concluyendo que se deberían tomar medidas preventivas en las zonas más críticas.

Una solución viable a largo plazo sería la aplicación de uniones antisísmicas, los principales puntos que se deben tomar en cuenta son, se requieren ser importadas ya que son una nueva innovación utilizadas en países como Japón y USA. También requieren

una capacitación para la colocación y mantenimiento de las mismas. Por otro lado, tienen un costo elevado, pero a largo plazo y como medida de prevención ante la ruptura de las tuberías compensa su valor. Se ha demostrado en varios casos de terremoto y otros desastres naturales en otro país, que las uniones antisísmicas cumplen su desempeño con total normalidad.

Con toda la información mostrada es factible la aplicación de uniones anti sísmicas para prevenir las rupturas de las tuberías de agua, debido a que si llegaran a sufrir daños considerables se estaría gastando una inversión para el abastecimiento de agua como se muestra en las tablas N°23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30, sin agregar los costos de personal para reparar tuberías, material, maquinaria, etc.

2.7. Definición de Términos Básicos

- Uniones anti sísmicas: Tienen un jebe que bloquea la salida de la tubería, si este desplazamiento genera un desvío de estas tuberías, esta protuberancia es detenida por este anillo, en el otro caso en vez de que sea jalada sino empujada la tubería en la parte inferior están viendo que la tubería se detiene unos cuantos centímetros hacia la derecha, debido a este mecanismo las tuberías no se separan.
- DPS: Desplazamientos Transitorio de Suelo, siendo asociadas directamente a la propagación de las ondas sísmicas
- DTS: Desplazamiento Permanente de Suelo, es causado principalmente por eventos como licuefacción del suelo, asentamientos desiguales y deslizamientos de tierra.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis general*

Por medio de identificar los riesgos de rupturas de tuberías, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas.

3.1.2. *Hipótesis específica*

- Mediante la identificación de los riesgos de rupturas de tuberías PVC, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas.
- Mediante la identificación los riesgos de rupturas de tuberías AC, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas.

3.2. Variables

En el ANEXO 2 se puede observar nuestra matriz de operacionalización de Variables.

3.2.1. *V1: Variable independiente: riesgos de rupturas de tuberías, en caso de sismo*

La necesidad de investigar el riesgo sísmico con métodos para evaluar la calidad del sistema de canales estructurales (vulnerabilidad sísmica), con el objetivo de lograr escenarios con posible daño en las tuberías a través de eventos sísmicos y poder identificar áreas de alto riesgo cuando se identifica por primera vez para tomar medidas adecuadas para su reducción. (Ortiz, 2023)

3.2.2. *V2: Variable dependiente: medidas de prevención*

Las medidas de prevención para la preparación ante desastres permiten a las autoridades actuar de manera rápida y eficaz cuando ocurre una emergencia. Además, facilita el rescate, socorro y rehabilitación con los recursos locales disponibles. Si no son suficientes, los recursos se identifican en los niveles regional y nacional y finalmente en el nivel internacional. (Organización Panamericana de la Salud, 1998)

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo, método y Diseño de la Investigación

4.1.1. Tipo de estudio

El tipo de investigación es Correlacional, Descriptivo y Explicativa. Los estudios de correlación explican qué tan relacionadas están las dos variables en estudio. Con este método, podemos comprender qué le sucede a una variable cuando cambia otra variable, como los planos de Microzonificación, planos de redes de agua potable. (Lifeder, 2022)

La investigación descriptiva se refiere al diseño de la investigación, creación de preguntas y análisis de datos que se llevarán a cabo sobre el tema. (QuestionPro, 2023)

Explicativo por que demostrar el problema que tienen las redes de agua potable ante un cierto sismo de alta magnitud, un defecto común es la ruptura de las tuberías antes estas ondas sísmicas. (OPS, 2020)

4.1.2. Método de investigación

Investigación deductiva es una estrategia de razonamiento utilizada para poder deducir conclusiones lógicas, tomando como base una serie de principios o premisas como censo, planos de catastro, plano de microzonificación, plano de red de agua potable entre otro, llegando a la conclusión la cual es dependiente de las premisas mencionadas. (TiposInvestigación, 2023)

4.1.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es cuasi experimental, transversal y prospectivo. La investigación cuasiexperimental es un tipo de investigación que tiene como objetivo establecer relaciones de causa y efecto entre variables, pero no sigue estándares de diseño puramente experimentales. (QuestionPro, 2023)

Cuasi experimental ya que tomando la variable independiente Red de Distribución de Agua Potable y modificándola se da a notar como la variable dependiente se ve afectada por Riesgo por Sismo “Los diseños cuasi experimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes”. (Hernández, 2014).

Los estudios transversales se definen como estudios observacionales que analizan datos sobre variables recopiladas durante un período de tiempo para una muestra de población o subgrupo predeterminado. Transversal pues mide las características de las variables en distintos parámetros de tuberías que son afectas por sismos. (QuestionPro, 2023)

Finalmente, Prospectivo ya que la información es recopilada de cada entidad respectiva y referente a los criterios del investigador pasadas se aplican para los fines mismos fines, pero en una zona de investigación diferente. (LISAInstitute, 2023)

4.1.3.1. Nivel de la investigación

La investigación descriptiva es un tipo de investigación cuantitativa que analiza las características de grupos o fenómenos sin comprender sus relaciones, debido a que en base a la información de la zona de estudios proporcionada por su respectiva entidad se determinaron los datos y las características del mismo como plano de zonificación, censo, plano de redes de agua potable, entre otros. (Rus, 2021)

4.2. Población y Muestra

4.2.1. Población:

La población de esta investigación se centra en la ciudad de Lima, en el distrito de Santa Anita para las de redes de agua potable.

4.2.2. Muestra:

Se determina como muestra todas las tuberías de agua potables que se encuentren en el área de Santa Anita, Lima. También se incluyen aceleraciones de sismos y tipo de suelo de la zona.

4.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de datos en esta investigación, se van a utilizar los datos obtenidos respectivamente de su entidad respectiva como: el censo, planos de catastro, plano de microzonificación, etc. Con los cuales mediante el programa ArcGIS obtendremos datos de cómo son afectadas las tuberías y finalmente hacer cuadros comparativos con el programa Microsoft Excel.

4.4. Descripción de Procedimientos de Análisis de Datos

El procedimiento realizado en campo fue de recolección de datos. Se tomaron las aceleraciones sísmicas a las que fue sometida el área de estudio y una aceleración mayor probable. Se analizaron las redes de agua potable como sería afectadas si fueran sometidas a estas aceleraciones mediante el programa ArcGIS, dándonos las zonas que son más afectadas las tuberías. Para la sistematización y comparación de los datos se

utilizó el software como Excel para realizar un análisis cuantitativo dándonos una comparativa clara de cómo son afectadas las diversas tuberías.

Finalmente se generó dos propuestas para una mejor respuesta sísmica, la primera de remplazar cualquier tipo de tubería de asbesto cemento por tuberías de PVC que son más recomendadas actualmente, y la segunda propuesta es que en las zonas más vulnerables aplicar uniones anti sísmicas para reforzar ciertas áreas.

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de Resultados

Se detalla los riesgos de ruptura de tuberías de PVC comenzamos la recopilación de datos obtenidas el distrito Santa Anita se toma en cuenta los 8 tipos de tuberías siendo una de las principales de PVC con 37% de longitudes total, con diámetros de tuberías que varían entre 1.5 a 16". El área de estudio se encuentra dividido en 2 tipos de zona, para el plano de microzonificación sísmica con aceleraciones para la zona I de 465.57 cm/s^2 y la zona II de 488.85 cm/s^2 , mediante las aceleraciones se obtuvo los valores de Velocidad sísmica para la zona I siendo 78.404 cm/s^2 y para la zona II siendo 90.62 cm/s^2 . Mediante la recopilación de los datos obtenidos, se obtiene que para las velocidades del plano de Microzonificación presenta reparaciones por kilómetro (aplicándose las fórmulas de Ala, Isoyama y Maruyama; dándonos el mayor valor de reparaciones por kilómetro en Isoyama en la zona I con 1.095 RR/K para tubos de 3" y zona II con 1.377 RR/K para tubos de 3") y para el Sismo de 1966 presenta reparaciones por kilómetro (aplicándose las fórmulas de Ala, Isoyama y Maruyama; dándonos el mayor valor de reparaciones por kilómetro en Isoyama en la zona I con 3.985 RR/K para tubos de 3" y zona II con 5.474 RR/K para tubos de 3"). Se tomo en cuenta las reparaciones por kilómetro ocasionadas por los daños en las tuberías para poder determinar las áreas que serían más afectadas; pudiendo concluir que la población afectada es de un 11.15% necesitando un abastecimiento de 18 cisternas por día con un volumen de 446 000 L (con un gasto de 11 900 soles diario). Proponiendo como una solución más factible la aplicación de Uniones Anti Sísmicas debido a la disipación de las ondas sísmicas durante un terremoto para prevenir el desabastecimiento de agua potable para la población y un gasto diario de 11 900 soles diarios.

Se detalla los riesgos de ruptura de tuberías AC comenzamos la recopilación de datos obtenidas el distrito de Santa Anita se toma en cuenta los 8 tipos de tuberías siendo uno de los principales AC con 55% de longitudes total, con diámetros de tuberías que varían entre 3 a 16". El área de estudio se encuentra dividido en 2 tipos de zona, para el plano de microzonificación sísmica con aceleraciones de para la zona I de 465.57 cm/s^2 y la zona II de 488.85 cm/s^2 , mediante las aceleraciones se obtuvo los valores de Velocidad sísmica para la zona I siendo 78.404 cm/s^2 y para la zona II siendo 90.62 cm/s^2 . Mediante la recopilación de los datos obtenidos, se obtiene que para las velocidades del plano de Microzonificación presenta reparaciones por kilómetro (aplicándose las

fórmulas de Ala, Isoyama y T.O'Rourke; dándonos el mayor valor de reparaciones por kilómetro en Isoyama en la zona I con 1.314 RR/K para tubos de 4" a 6" y zona II con 1.653 RR/K para tubos de 3") y para el Sismo de 1966 presenta reparaciones por kilómetro (aplicándose las fórmulas de Ala, Isoyama y T.O'Rourke; dándonos el mayor valor de reparaciones por kilómetro en Isoyama en la zona I con 4.782 RR/K para tubos de 3" y zona II con 6.569 RR/K para tubos de 3"). Se tomo en cuenta las reparaciones por kilómetro ocasionadas por los daños en las tuberías para poder determinar las áreas que serían más afectadas; pudiendo concluir la población afectada es de un 88.5% necesitando un abastecimiento de 31 cisternas por día con un volumen de 746 000 L (con un gasto de 18 700 soles diario). Proponiendo como una solución más factible la aplicación de Uniones Anti Sísmicas debido a la disipación de las ondas sísmicas durante un terremoto para prevenir el desabastecimiento de agua potable para la población y un gasto diario de 18 700 soles diarios

5.2 Discusión de resultados

Los mayores valores de reparaciones por kilómetros para las tuberías de PVC, en el plano de Microzonificación por medio de los cálculos obtenemos el mayor valor de reparaciones por kilómetro para las fórmulas de Isoyama en la zona I con 1.095 RR/K y zona II con 1.377 RR/K. Para un posible sismo que podría suceder como el Sismo de 1966 presenta el mayor valor de reparaciones por kilómetro para las fórmulas de Isoyama en la zona I con 3.985 RR/K y zona II con 5.474 RR/K. Haciéndose la comparación de reparaciones por kilómetros en la zona de estudio aplicándose las formulaciones respectivas podemos observar un aumento en la Zona I de 2.89 en RR/K y zona II de 4.097 RR/K, dándonos una situación grave por el aumento de RR/K en las tuberías de PVC.

Los mayores valores de reparaciones por kilómetros para las tuberías de AC, en el plano de Microzonificación por medio de los cálculos obtenemos el mayor valor de reparaciones por kilómetro para las fórmulas de Isoyama en la zona I con 1.314 RR/K y zona II con 1.653 RR/K. Para un posible sismo que podría suceder como el Sismo de 1966 presenta el mayor valor de reparaciones por kilómetro para las fórmulas de Isoyama en la zona I con 4.782 RR/K y zona II con 6.569 RR/K. Haciéndose la comparación de reparaciones por kilómetros en la zona de estudio aplicándose las formulaciones respectivas podemos observar un aumento en la Zona I de 3.468 en RR/K y zona II de 4.916 RR/K, dándonos una situación grave por el aumento de RR/K en las tuberías de PVC.

CONCLUSIONES

En la presente investigación se identificó los riesgos de ruptura de las redes de distribución del distrito de Santa Anita teniendo como principales afectados las tuberías de PVC, pudiéndose observar un variación en reparaciones por kilómetro en el plano de Microzonificación y el Sismo de 1966 aumentando en la Zona I de 2.89 en RR/K y zona II de 4.097 RR/K ante esta situación la propuesta seria el abastecimiento de 14 cisternas con un gasto de 11 900 soles diario o la ampliación de uniones anti sísmicas para evitar un gasto a largo plazo.

En la presente investigación se identificó los riesgos de ruptura de las redes de distribución del distrito de Santa Anita teniendo como principales afectados las tuberías de AC, pudiéndose observar un variación en reparaciones por kilómetro en el plano de Microzonificación y el Sismo de 1966 aumentando en la Zona I de 3.468 en RR/K y zona II de 4.916 RR/K ante esta situación la propuesta seria el abastecimiento de 22 cisternas con un gasto de 18 700 soles diario o la ampliación de uniones anti sísmicas para evitar un gasto a largo plazo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda cambiar todas las tuberías anteriormente mencionadas a PVC por los grandes beneficios que ofrecen, además según NTP 399.002:2015 tubos de policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U) para la conducción de fluidos a presión las tuberías deben ser de PVC.

Deben tenerse muy en cuenta que las plantillas mostradas deben usarse como referencia para estimar el valor de reparaciones por kilómetro, debido a que cada sismo y zona tienen diferentes características.

Con las ecuaciones de los diferentes autores, datos, figuras y cuadros comparativos mostrados se puede tener una idea de los daños de sismos futuros y qué acciones se pueden tomar en caso de desabastecimiento de agua o para un futuro estudio se pueden tomar en cuenta los factores de los diferentes autores mencionados en la tesis

Para tener una mejor certeza de los daños que se podrían dar por futuros sismos se recomienda hacer una comparación con futuros daños ocasionados en la zona de Santa Anita con la función de Isoyama por su mejor especificación de reparaciones por kilómetro como ya se mencionó, para poder tener una mejor precisión en daños de tuberías en el Perú.

Aunque los resultados no nos permiten tener con exactitud la ubicación donde las tuberías necesitan reparaciones, nos permite tener una idea de las zonas que están más críticas y poder prevenir tener un promedio del desabastecimiento aproximado que sufrirá la población; para poder tomar medidas de prevención en las zonas más críticas como la aplicación de las Uniones Antisísmicas.

REFERENCIAS

- America Lifelines Alliance (ALA). (2001). SEISMIC fragility formulations for water systems
- Acoplásticos. (2022). *PVC*. Recuperado el 12 de 09 del 2023 de, <https://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-pre/opm-bus-pref/37-opc-fag-pre5>
- Aquamarket. (2021). *Canales cerrados, medición*. Recuperado el 16 de 09 del 2023 de, <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=4112>
- Arroyo. (2019). *Recuento de la sismicidad en Costa Rica durante el 2019*. Recuperado el 15 de 09 del 2023 de, <https://www.redalyc.org/journal/454/45466248007/#:~:text=Resumen%3A%20Durante%20el%202019%2C%20la,%2C0%20y%206%2C6>
- Artesanías de Colombia. (2014). *Fomento a la actividad productiva artesanal del departamento de Cundinamarca*. Recuperado el 10 de 09 del 2023 de, <https://cendar-repositorio.metabiblioteca.org/bitstream/001/3619/1/INST-D%202014.%20347.pdf>
- Comstruex. (2023). *Tubería de fierro fundido – Monterrey*. Recuperado el 17 de 09 del 2023 de, https://construex.com.mx/exhibidores/tubos_monterrey/producto/tuberia_de_fierro_fundido_monterrey
- Comisión nacional del agua. (2020). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Recuperado el 20 de 08 de 2023. <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/sgapds-1-15-libro20.pdf>
- Constutec. (2023). *Gama completa de tuberías, accesorios y válvulas de fierro fundido dúctil para canalización de agua*. Recuperado el 20 de 08 de 2023. https://condukmin.com/wp-content/uploads/2019/09/af_catalogo-construtec_cml_2019_web_unapag.pdf
- Chandú (2019) Evaluación del riesgo del sistema de abastecimiento de agua potable frente a fenómenos naturales en la ciudad de Tacna.
- Fernández, G.A. (2021). Diseño de una metodología general para la identificación de elementos críticos en redes de distribución de agua potable.
- FLEXIM. (2023). *Monitoreo de caudal en tubos de concreto pretensado*. Recuperado el 17 de 09 del 2023 de,

- <https://www.flexim.com/es/agua-y-aguas-residuales/medicion-en-red/monitoreo-de-caudal-en-tubos-de-concreto-pretensado-pccp>
- Geosai. (2023). *Tubería PEAD*. Recuperado el 17 de 09 del 2023 de, <https://geosai.com/es/tuberia-pead/>
- Gestión de Riesgo de Desastres en Agua Potable y Saneamiento. (2011). *Impacto económico del terremoto de 2007 en el sector de agua potable y saneamiento en cuatro provincias del Perú*. Recuperado el 20 de 09 del 2023 de, <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1853/doc1853>
- Instituto Geológico del Perú. (2023). *Escenario de sismo y tsunami en el borde occidental de la Región Central del Perú*. Recuperado el 20 de 08 de 2023. <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/6813/escenario%20sismo%20y%20tsunami%20borde%20occidental%20region%20central%20del%20peru%202014.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Isoyama, Ishida, Yune and Shirozu. (2010). "SEISMIC damage estimation procedure for water supply pipelines", 12th world conference on earthquake engineering, Auckland, New Zealand.
- Hidalgo. (2019). El fenómeno niño costero del año 2017 en la infraestructura de los servicios agua y saneamiento, Catacaos – Piura.
- Jeon and Sang. (2013). Seismic behavior of buried pipelines constructed by design criteria and construction specifications of both Korea and the us Corea.
- Juárez delgado, b.a. (2022) modelo de planes de atención de emergencia de redes de agua potable y alcantarillado frente a fenómenos naturales para la aplicación en entidades prestadoras de servicio – EPS.
- Instituto nacional del cáncer. (2015). *El cloruro vinílico se usa principalmente para producir policloruro de vinilo (PVC), una sustancia que se usa en productos como las tuberías*. Recuperado el 20 de 08 de 2023. <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/cloruro-vinilico>.
- Kubota. (2023). *Procedimiento de montaje de la junta GX*. Recuperado el 20 de 08 de 2023. https://www.kubota.com/products/ironpipe/tech_info/pdf/assembling_manual/gx-type_joint.pdf.
- Lifeder. (2022). *Investigación Correlacional*. Recuperado el 20 de 08 de 2023 de, <https://www.lifeder.com/investigacion-correlacional/>

- LISAInstitute. (2023). Qué es la Prospectiva y el Análisis Prospectivo: cómo pronosticar el futuro. Recuperado el 20 de 08 de 2023 de,
<https://www.lisainstitute.com/blogs/blog/prospectiva-y-analisis-prospectivo>
- Marrique(2018) Efectos Co-sísmicos (movimientos en masa y deformaciones superficiales) y daños a la infraestructura asociados al sismo del 14 enero 2018.
- Maruyama, Yoshihisa, Yamazaki and Fumio. (2010). Construction of fragility curve for water distribution pipes based on damage datasets from recent earthquakes in Japan.
- Medina. (2021). Daños históricos y variables de vulnerabilidad frente a tsunami: infraestructura de aguas.
- Nelson y Zavala. (2008). Terremotos en el litoral central del Perú: ¿podría ser lima el escenario de un futuro desastre?
- O’rourke, Thomas, Jeon, Toprak, Cubrinovski, Hughes, Ballegooy and Bouziou. (2014) Earthquake response of underground pipeline networks in Christchurch.
- Organización panamericana de la salud. (1998). *El agua en situaciones de emergencia*. Recuperado el 17 de 09 de 2023 de,
<file:///C:/Users/SAMIR/Downloads/WtrEmrgS.pdf>.
- Ortiz. (2023). Importancia de la relación suelo – tubería en el riesgo sísmico y su evaluación.
- Paz. (2018). Análisis de vulnerabilidad sísmica de redes de distribución de agua potable para prevenir el desabastecimiento del Sector VI del distrito de Huacho.
- QuestionPro. (2023). *¿Qué es la investigación descriptiva?* Recuperado el 18 de 09 de 2023 de,
<https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-descriptiva/>
- QuestionPro. (2023). *¿Qué es la investigación cuasi experimental?* Recuperado el 18 de 09 de 2023 de,
<https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-cuasi-experimental/>
- QuestionPro. (2023). *¿Qué es un estudio transversal?* . Recuperado el 18 de 09 de 2023 de,

- <https://www.questionpro.com/blog/es/estudio-transversal/#:~:text=El%20estudio%20transversal%20se%20define,transversal%20y%20estudio%20de%20prevalencia>.
- Rus. (2021). *Investigación descriptiva*. Recuperado el 18 de 09 de 2023 de, <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-descriptiva.html>
- RetiradaAmianto. (2020). *Tuberías de asbesto cemento*. Recuperado el 14 de 09 del 2023 de, <https://retirada-amianto.com/tuberias-cemento-característica-uso/#:~:text=Las%20tuber%C3%ADas%20de%20asbesto%20con%20cemento%20son%20utilizadas%20en%20redes,un%20flujo%20constante%20de%20agua>.
- OPS. (2020). Investigación explicativa - Qué es, definición y concepto. Recuperado el 17 de 09 de 2023 de, https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10484:educacion-inocuidad-alimentos-clasificacion-de-investigacion&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0
- SIGECO. (2023). *Tubos de acero inoxidable*. Recuperado el 16 de 09 del 2023 de, <https://www.sigeco.com.pe/venta-tuberia-hdpe-mineria.php>
- Tavera. (2020). Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde occidental del Perú.
- Tesalónica. (2010). Proyecto Systemic Seismic Vulnerability and Risk Analysis for Buildings, Lifeline Networks and Infrastructures Safety Gain (SYNER-G). “Fragility functions for gas and oil system networks”
- TiposInvestigacion. (2023). *Investigación Deductiva – Características, Tipos y Ejemplos*. Recuperado el 16 de 09 del 2023 de, <https://tiposinvestigacion.com/investigacion-deductiva/>.
- Tuco. (2020). Análisis sobre la aplicación de las herramientas de resiliencia climática de los proyectos de agua y saneamiento.
- Universidad de Alicante. (2015). *Unidad de registro sísmico - peligrosidad sísmica*. Recuperado el 17 de 08 de 2023 de, <https://web.ua.es/es/urs/peligrosidad/peligrosidad-sismica.html>
- Vargas. (2017). *Optimización de tubería de concreto pretensado con cilindro de acero diámetro 1220 mm (48”), a 3.75 mpa (37.5 kg/cm2)*. [Tesis que para obtener el

grado de maestro en ingeniera mecánica]. Repositorio del Instituto Tecnológico de Pachuca. https://itp.itpachuca.edu.mx/pdf/repositorio_tesis/95200391.pdf

ANEXOS

Anexo A: Matriz de operacionalización

OBJETIVO	VARIABLES PRINCIPALES	
	X: VARIABLE INDEPENDIENTE	Y: VARIABLE DEPENDIENTE
Identificar los riesgos de rupturas de tuberías, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas.	X: Riesgos de rupturas de tuberías, en caso de sismo	Y: Medidas de prevención
	DIMENSIONES DE X	DIMENSIONES Y
	X1: Red de distribución de agua	Y1: Parámetros sísmicos
	X2: Daños por rupturas de tuberías	Y2: Soluciones preventivas
	INDICADORES DE X	INDICADORES DE Y
	x: Tuberías PVC y AC	y: Herramientas informáticas
	X1: Cantidad de tuberías	Y1: Aceleración sísmica
	X1: Tipos de tuberías	Y1: Periodo de retorno
	X2: Áreas afectadas	Y2: Cantidad de cisternas
	X2: Tuberías dañadas	Y2: Uniones antisísmicas

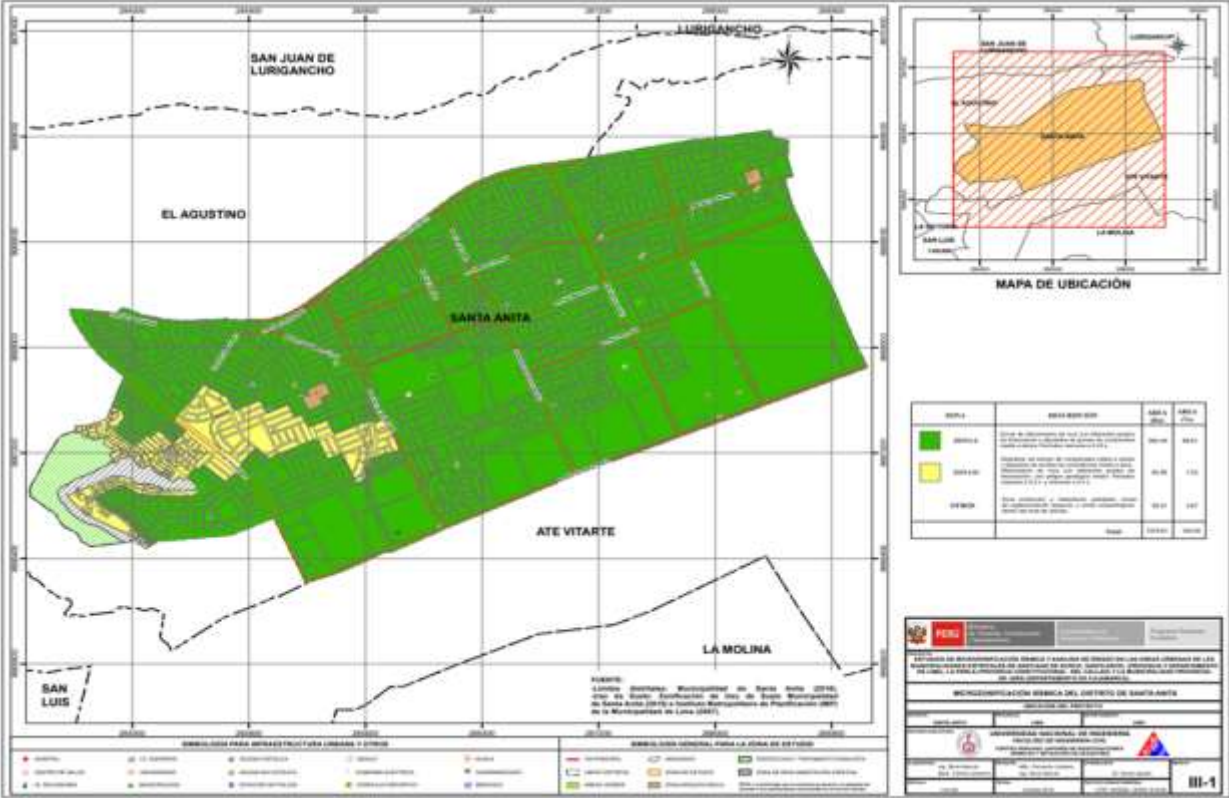
Anexo B: Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TEMA: "SISTEMATIZACION DE LA INFORMACION DE UNA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE PARA LA DETERMINACION DEL RIESGO SISMICO"					
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA
¿De qué manera identificar los riesgos de rupturas de tuberías, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas?	Identificar los riesgos por rupturas en una red de distribución de agua potable, en caso de sismos, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas.	Por medio de identificar los riesgos de rupturas de tuberías, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas.	Riesgos de rupturas de tuberías en caso de sismo	Mapa de Microzonificación Máximas, Programa Arcgis	El tipo de investigación es correlacional, Descriptivo y Explicativo
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA
¿Cómo identificar los riesgos de rupturas de tuberías PVC, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas?	Identificar los riesgos de rupturas de tuberías PVC, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas.	Mediante la identificación de los riesgos de rupturas de tuberías PVC, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas.	Medidas de prevención	Tablas y Figuras en Excel, Plano de red de tuberías y Programa Arcgis	El nivel de la investigación es deductiva
¿Cómo identificar los riesgos de rupturas de tuberías AC, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas?	Identificar los riesgos de rupturas de tuberías AC, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas.	Mediante la identificación los riesgos de rupturas de tuberías AC, en caso de sismo, en una red de distribución de agua potable, a fin de proponer medidas de prevención a través de herramientas informáticas.			El diseño de la investigación es casi experimental, transversal y prospectivo

Anexo C: Mapa de Microzonificación Sísmica, Zona de Aceleraciones y Zonificación de Santa Anita.

Figura 56

Mapa de Microzonificación Sísmica



Nota. Elaboración propia

Figura 58

Zonificación de Santa Anita



Nota. Elaboración propia