



XXXII CONGRESO CENTROAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL -AIDIS-

VIII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

**“AGUA Y SANEAMIENTO, ACCIONES DE PREPARACIÓN FRENTE A EMERGENCIAS Y
DESASTRES DE OCURRENCIA EN LAS AMÉRICAS”**

DAÑOS HISTÓRICOS Y VARIABLES DE VULNERABILIDAD FRENTE A TSUNAMI: INFRAESTRUCTURA DE AGUAS SERVIDAS EN CHILE

Ilse Medina Klapp - Ingeniera Civil

AIDIS DIGERDE

ilsemedinak@gmail.com

Congreso Virtual, Guatemala 16 y 17 de junio 2022

Contenidos

- ▶ Introducción
- ▶ Problemática
- ▶ Objetivos
- ▶ Metodología y alcance
- ▶ Desarrollo de cada objetivo planteado
- ▶ Conclusión
- ▶ ODS



Introducción

De 1570 - 2022 → 32 tsunamis en Chile

En los últimos 12 años han ocurrido cuatro tsunamis importantes.

Esta investigación está → Sistemas de
enfocada al sistema sanitario aguas
servidas

Los impactos de tsunami se han centrado en gran medida en la estimación de víctimas y daños en la construcción, dejando de lado los impactos de estos en la infraestructura crítica.

Terremoto y tsunami del 2010, Dichato.



Fuente: "El caso de ESSBIO y NUEVOSUR, lecciones del 27/F", 2010.



Guatemala
16 y 17 junio 2022
Congreso Virtual

Problemática

- Carentes catastros públicos de daños por tsunami en infraestructura sanitaria en Chile.
- Hay escasas investigaciones de vulnerabilidad en la infraestructura de aguas servidas.



Objetivos

Objetivo General

Cumplir con la Acción Estratégica 1.1.2 del Plan Estratégico Nacional para la reducción del riesgo de desastres en el Sector Sanitario 2020 - 2030 y conocer la vulnerabilidad de la infraestructura de aguas servidas (AS) frente a la variable tsunami en la ciudad de Iquique.



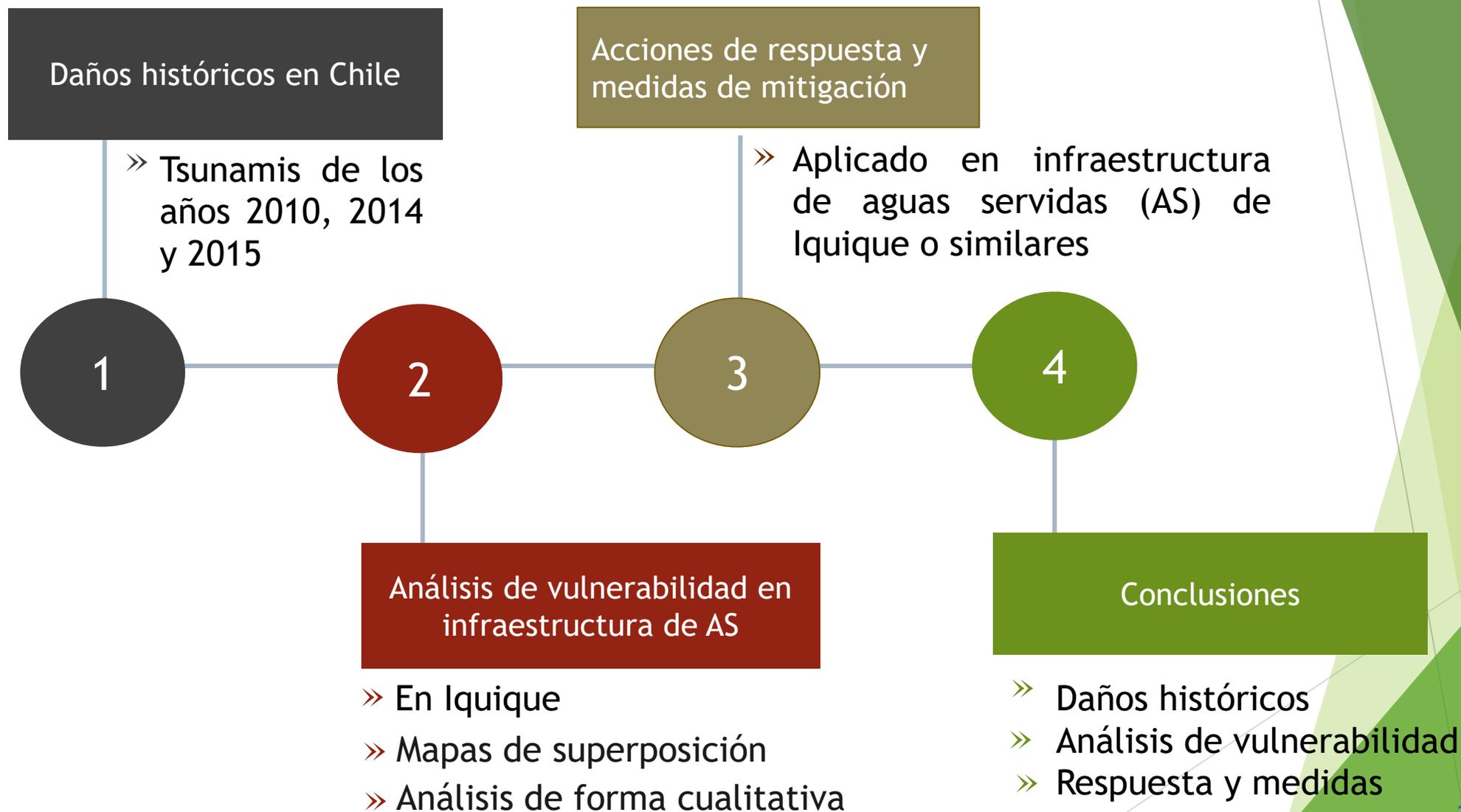
Objetivos

Objetivos específicos

- I. Conocer, documentar y sistematizar la información de daños ocasionados por tsunami en Chile en la infraestructura de AS en los años 2010, 2014 y 2015.
- II. Realizar un análisis de vulnerabilidad en la infraestructura de AS frente a amenaza de tsunami en la ciudad de Iquique con mapas de superposición, entrelazando plano de susceptibilidad de inundación de la Municipalidad de Iquique y la carta de inundación por tsunami (CITSU) de esta misma ciudad elaborada por el SHOA con los diferentes sistemas de la infraestructura de AS de Iquique.
- III. Confeccionar un inventario de acciones de respuesta utilizados en desastres históricos que afectaron el sistema sanitario y medidas de mitigación que se podrían en la infraestructura de AS de Iquique o sistemas similares a este.



Metodología y alcance



Terremoto y tsunami Cauquenes, 27 de febrero 2010

- Magnitud Mw 8.8.
- Las regiones más afectadas fueron desde la región de O'Higgins hasta Biobío.
- Empresas sanitarias Essbio y NuevoSur fueron las más afectadas.
- Profundidad de flujo máxima: 17 metros aproximadamente.



Pretratamiento, Penco, Región del Biobío, Fuente: SISS



PEAS inundada, Constitución, Región del Maule, Fuente: SISS



Terremoto y tsunami Cauquenes, 27 de febrero 2010

Región de O'Higgins, Maule y Biobío



Daños en emisario submarino Penco, Fuente: SISS, 2021.

Región	Localidad	Amenaza	Obra dañada
O'Higgins	Pichilemu	Sin información	Uniones domiciliarias y 1 PTAS
	Curanipe	Tsunami	2 PEAS
Maule	Pelluhue	Tsunami	4 PEAS
	Constitución	Terremoto/Tsunami	4 PEAS
	Constitución	Sin información	1 PTAS
	Concepción	Terremoto/Tsunami	Colectores
Biobío	Talcahuano	Terremoto/Tsunami	Colectores, 12 PEAS y uniones domiciliarias
	Coronel	Sin información	1 PEAS
	Lebu	Terremoto/Tsunami	Emisario submarino y 1 PEAS
	Tomé	Terremoto/Tsunami	1 PEAS y colectores
	Arauco	Terremoto/Tsunami	3 PEAS
	Arauco	Sin información	1 PTAS
	Dichato	Terremoto/Tsunami	1 PEAS y colectores
	Cobquecura	Terremoto/Tsunami	1 PEAS
	Penco	Terremoto/Tsunami	Emisario submarino y pretratamiento

1 Daños históricos

2

3

4

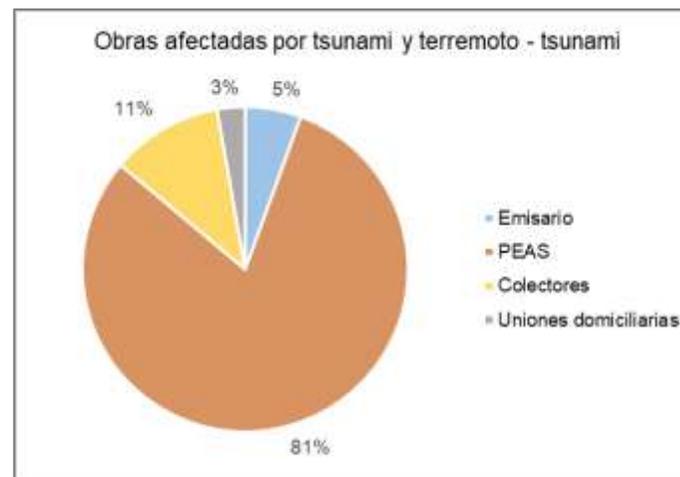
PEAS: Planta Elevadora de aguas servidas
PTAS: Planta de Tratamiento de aguas servidas



Guatemala
16 y 17 junio 2022
Congreso Virtual

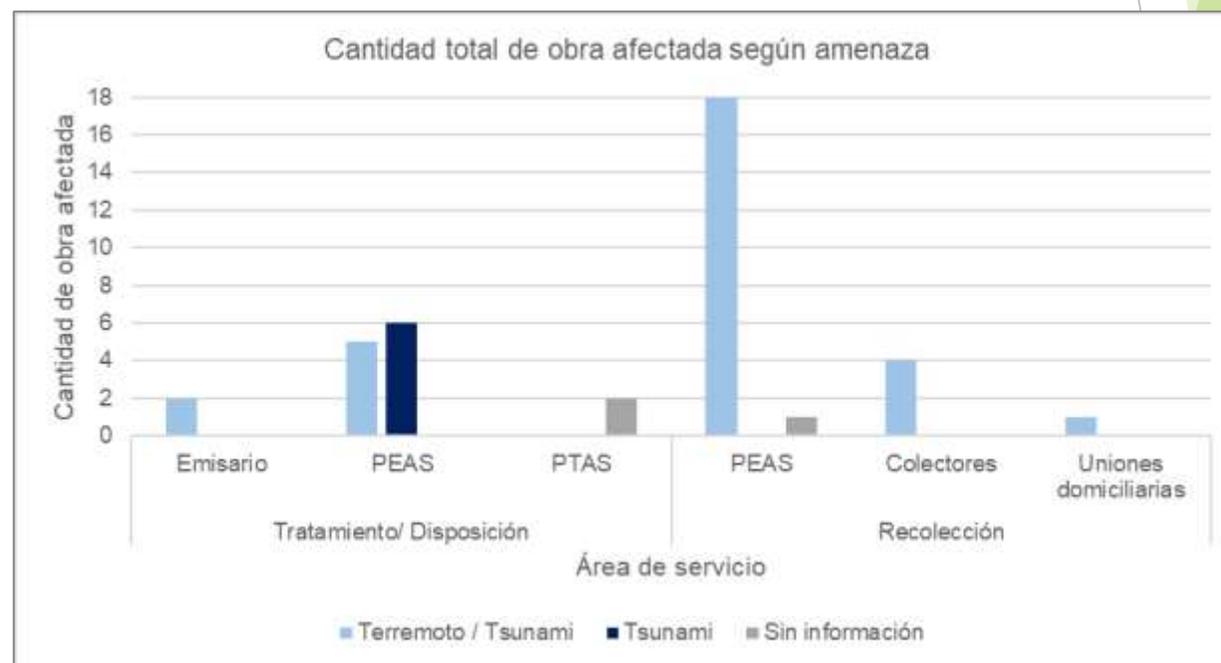
Terremoto y tsunami Cauquenes, 27 de febrero 2010

- La PEAS fueron dañadas en un 77% por terremoto y tsunami, 20% sólo tsunami y un 3% de estas no hay información de cómo fueron dañadas.



Fuente:
Elaboración propia, 2021.

- Respecto a las PTAS, el 91% de las PTAS fue afectada por sólo el terremoto.



Fuente: Elaboración propia, 2021.



Terremoto y tsunami Iquique, 1 de abril 2014

- Magnitud Mw 8.2.
- Afectó a las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta.
- Empresa sanitaria afectada fue Aguas del Altiplano.
- Profundidad de inundación de 1 metro como máximo. ■

Según lo informado por la empresa sanitaria, hubo daños producto del terremoto del 2014, pero no hubo afectaciones por tsunami.



Terremoto y tsunami de Illapel, 16 de septiembre 2015

- Magnitud Mw 8.4
- Afectó a la región de Coquimbo.
- Empresa sanitaria afectada fue Aguas del Valle.
- Profundidad de inundación máxima 6,4 metros.
- La PEAS Borgoño y PEAS Unitaria fueron dañadas por tsunami.
- Los alcantarillados en la zona de inundación fueron bloqueados con limo fino, arena y escombros.



PEAS inundada, Coquimbo, Región de Coquimbo, Fuente: SISS, 2021.



Análisis de vulnerabilidad en infraestructura de AS

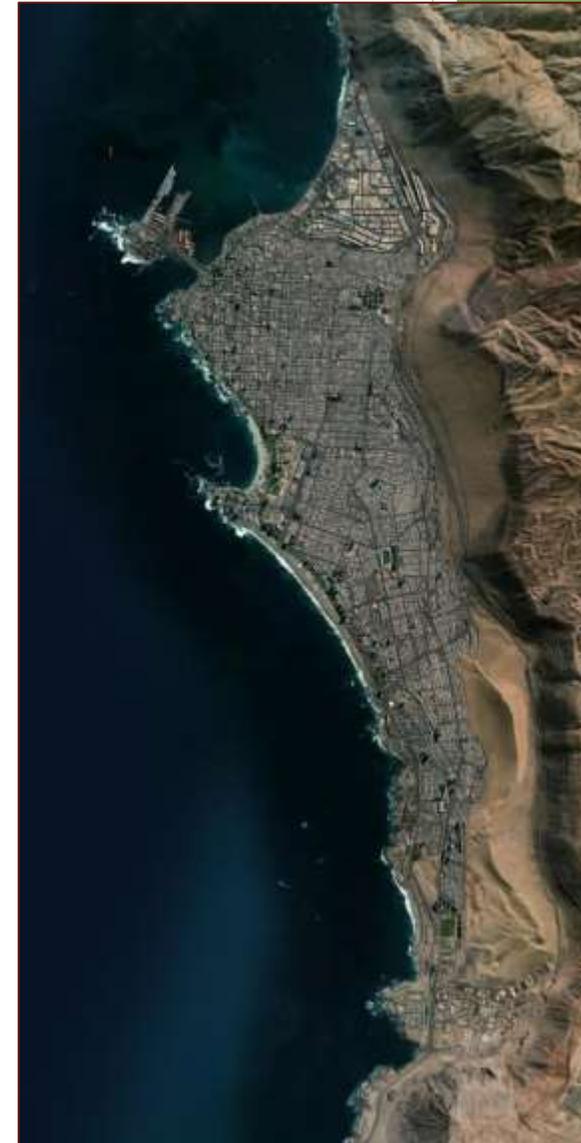
- 1 Se escogió la localidad costera a estudiar, la cual corresponde a Iquique.
- 2 Se establece el Inventario de exposición.
- 3 Se investigaron los planos de inundación por tsunami de esta ciudad.
- 4 Se elaboraron mapas de superposición en la infraestructura de AS frente a la variable tsunami, para posteriormente realizar un análisis de vulnerabilidad.



1 Localidad costera a estudiar: Iquique

Ciudad de Iquique.

Los terremotos de Mw 7.7 Tocopilla y Mw 8.1 Pisagua en 2007 liberaron solo el 20% del déficit de deslizamiento total que se había acumulado en la parte más al sur de la zona de brecha sísmica desde 1877.



Fuente: Tableau Public, 2021



1

2 Análisis de vulnerabilidad

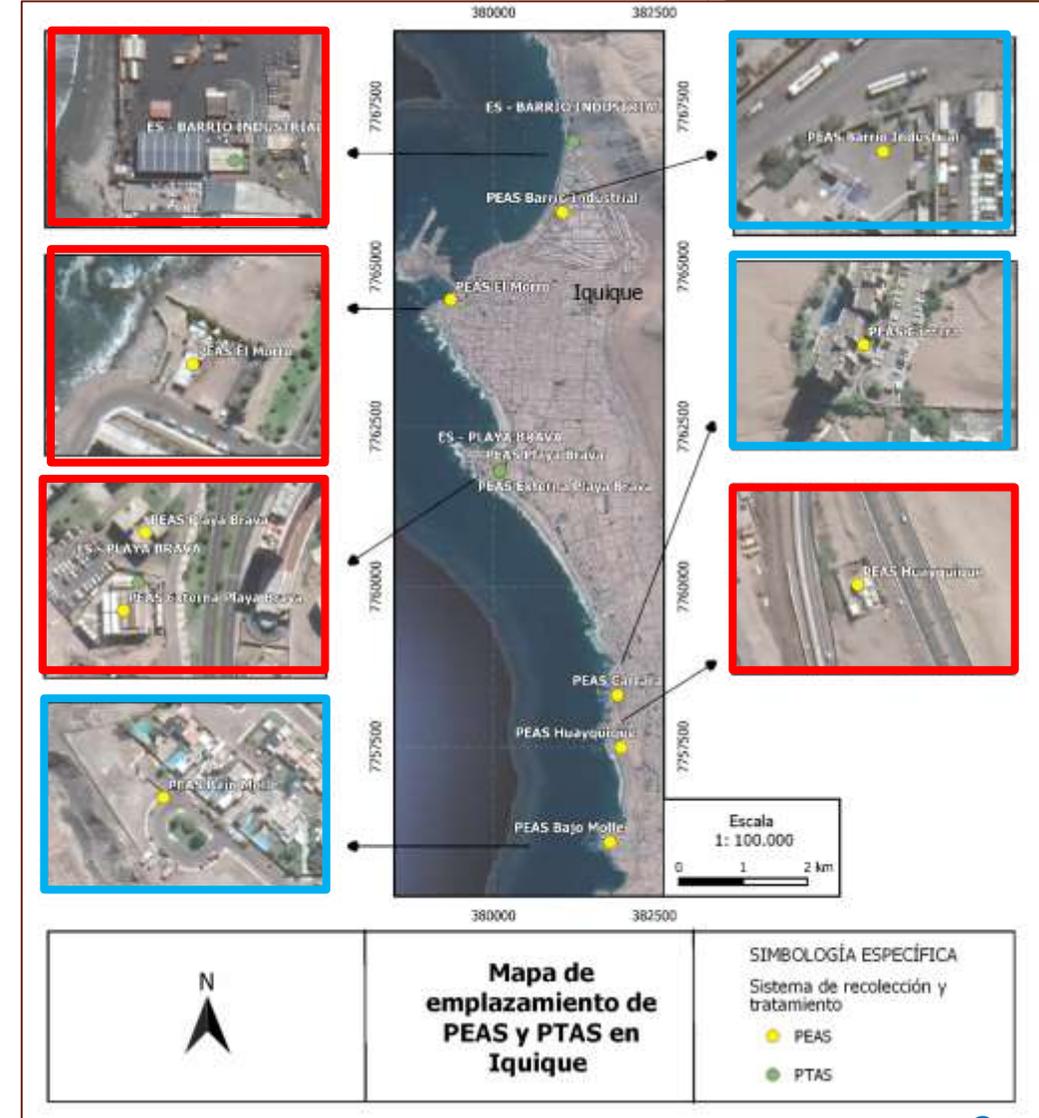
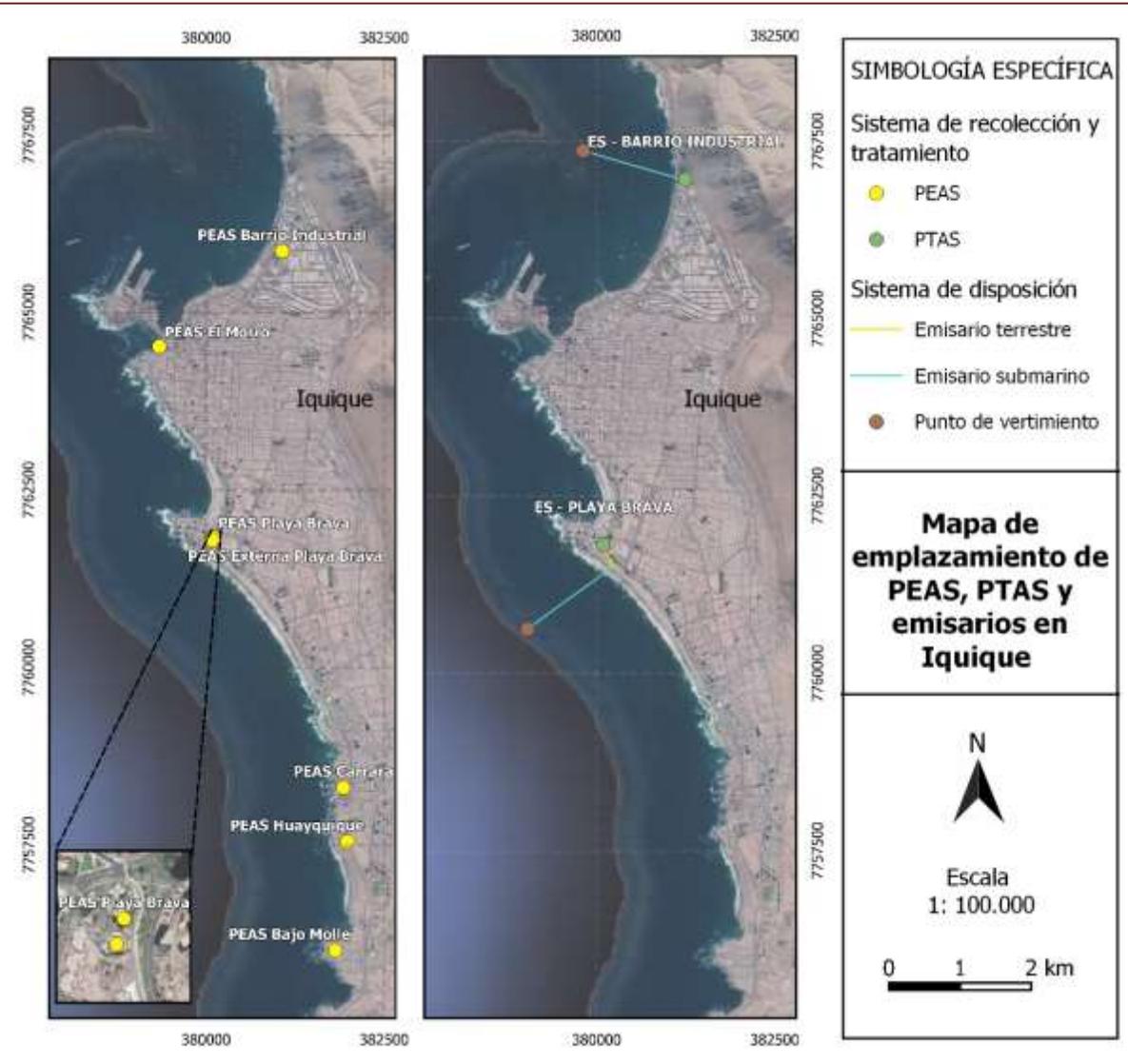
3

4

Guatemala
16 y 17 junio 2022
Congreso Virtual

2 Inventario de Exposición

Nueva Base de Infraestructura sanitaria 2018 - 2019



Fuente: Elaboración propia, 2021.

- 1
- 2 Análisis de vulnerabilidad
- 3
- 4

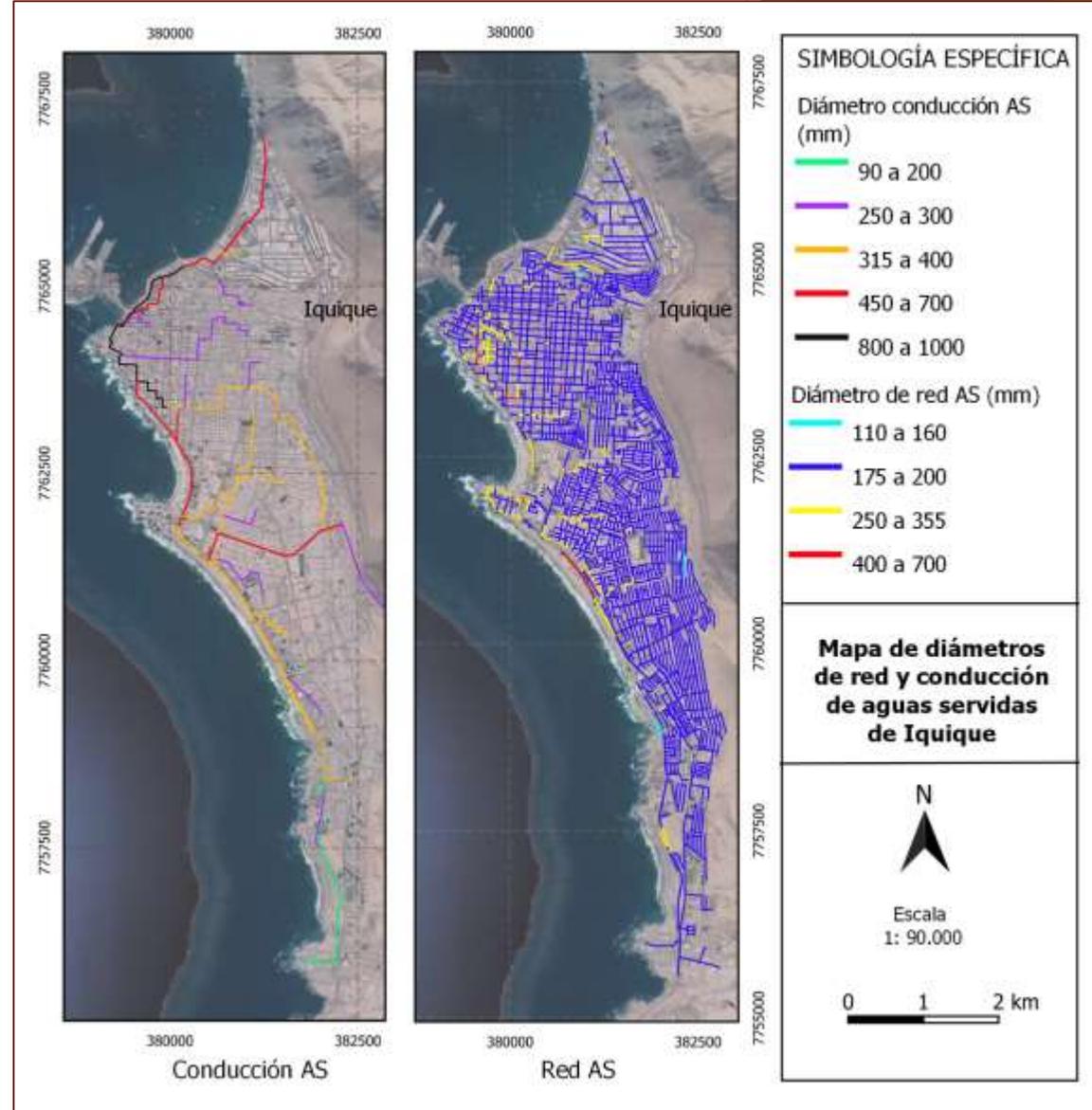
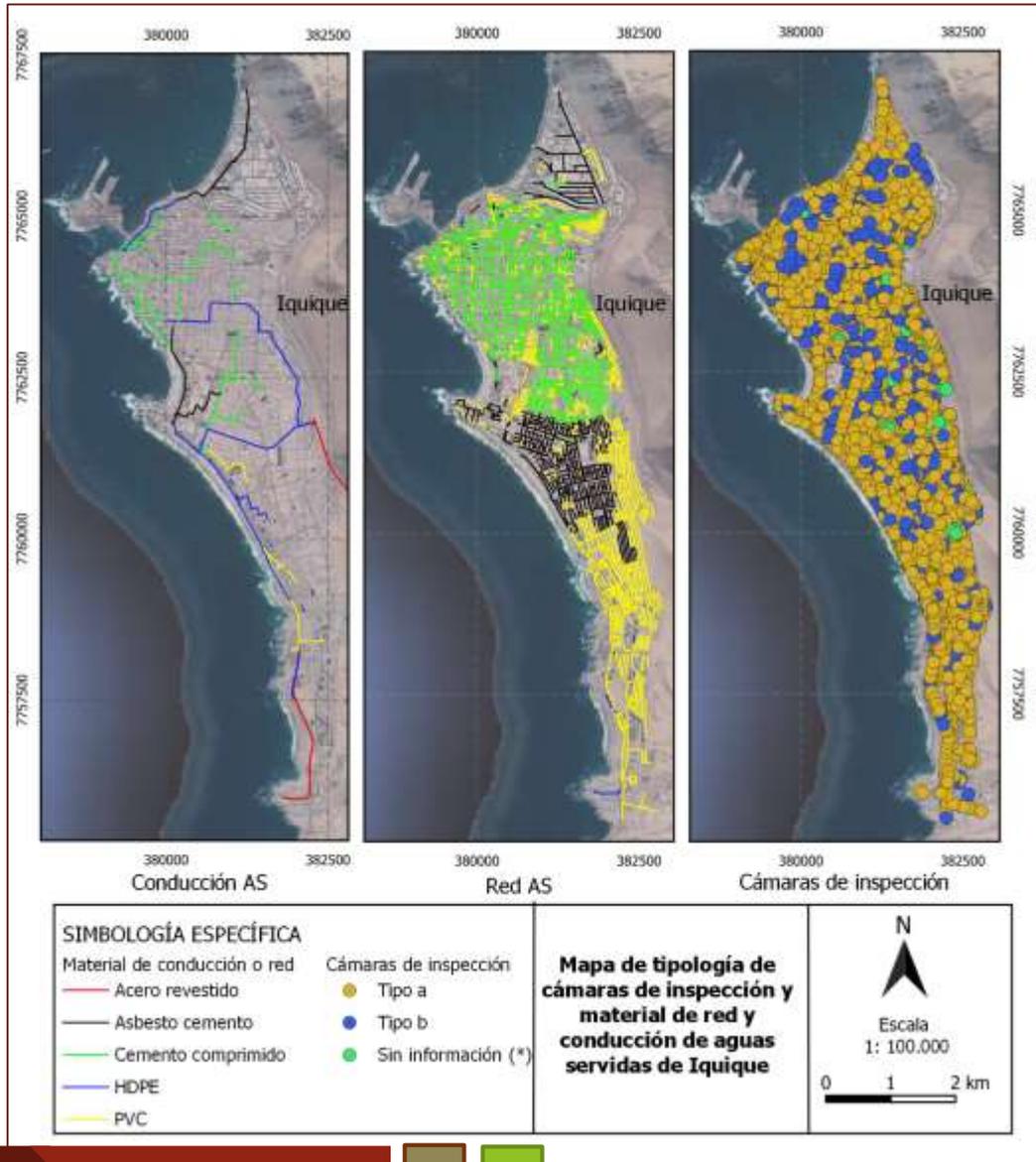
PEAS: Planta Elevadora de aguas servidas
 PTAS: Planta de Tratamiento de aguas servidas

- Recinto abierto
- Edificación cerrada

Guatemala
 16 y 17 junio 2022
 Congreso Virtual

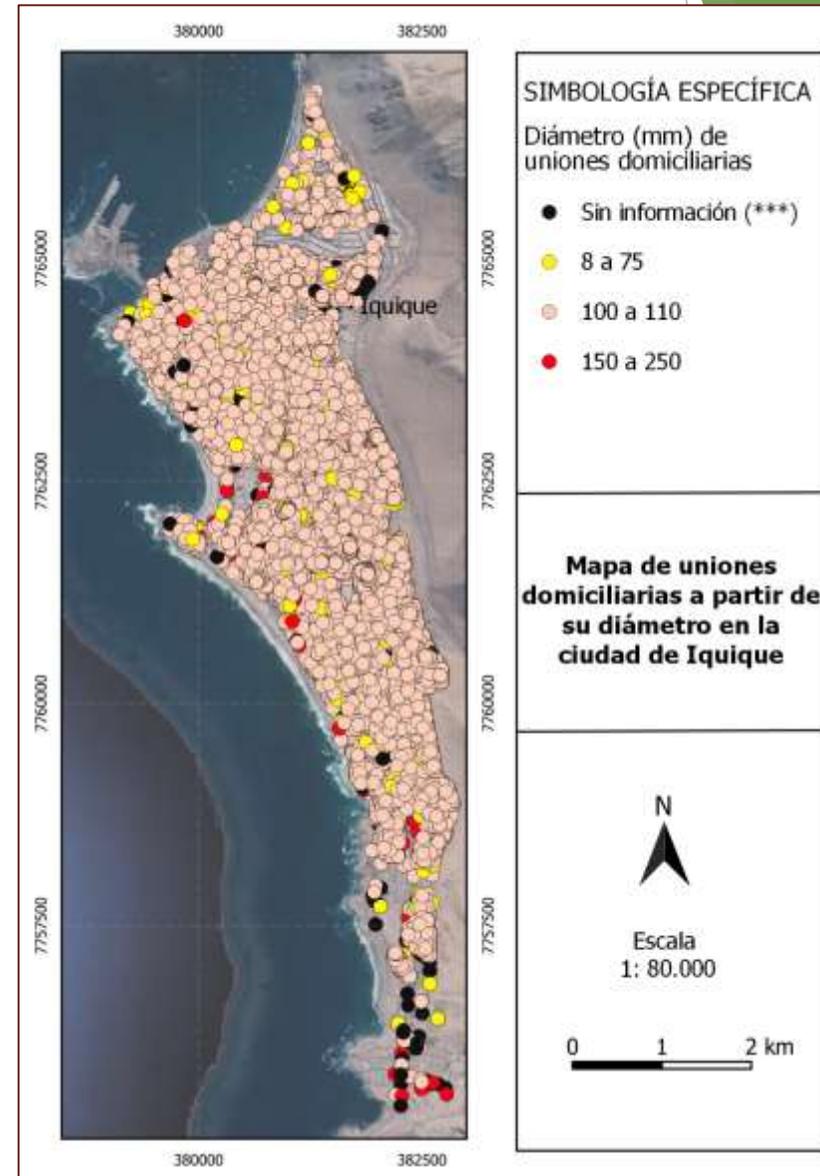
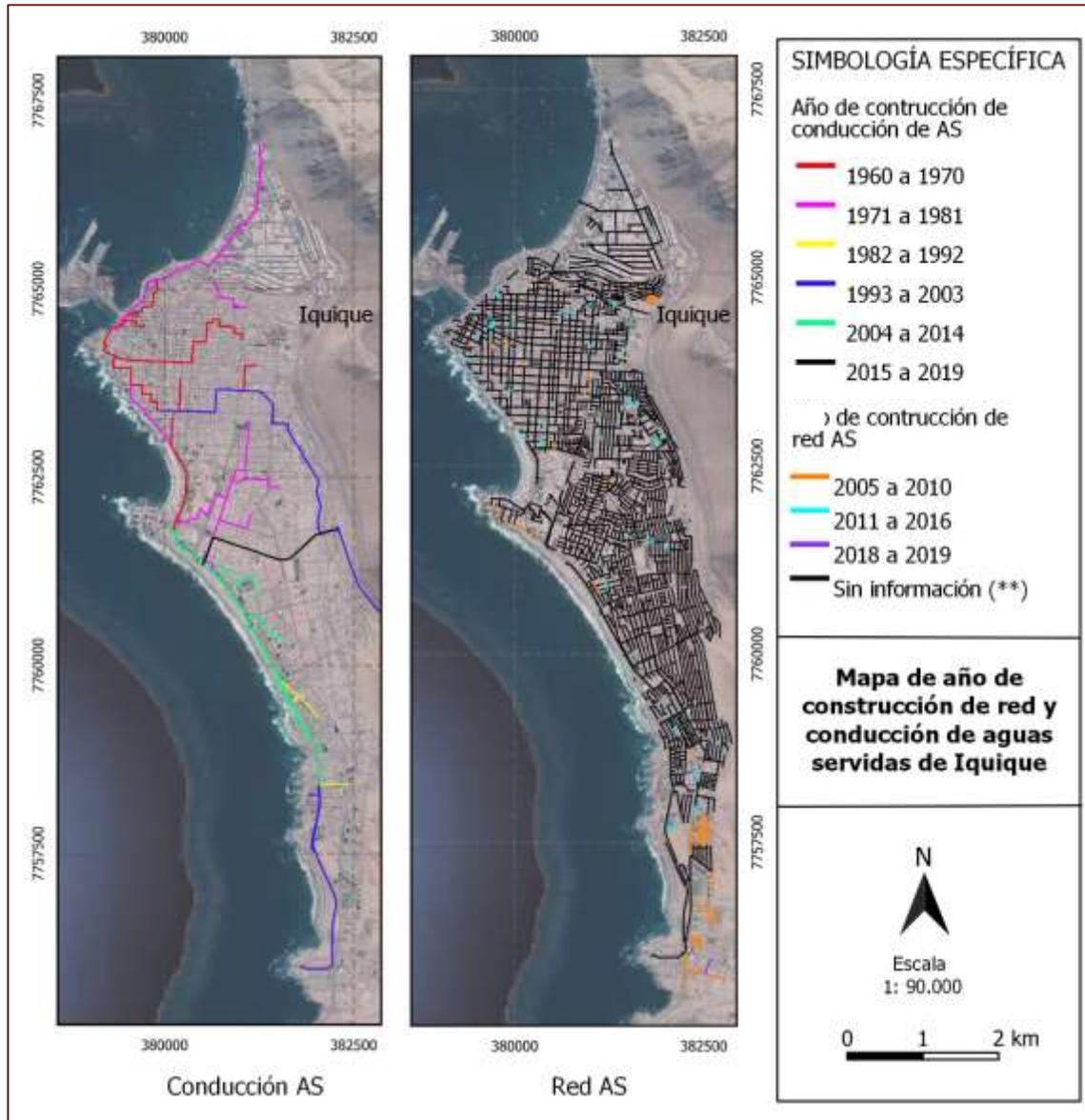
2 Inventario de Exposición

Nueva Base de Infraestructura sanitaria 2018-2019



2 Inventario de Exposición

Nueva Base de Infraestructura sanitaria 2018-2019



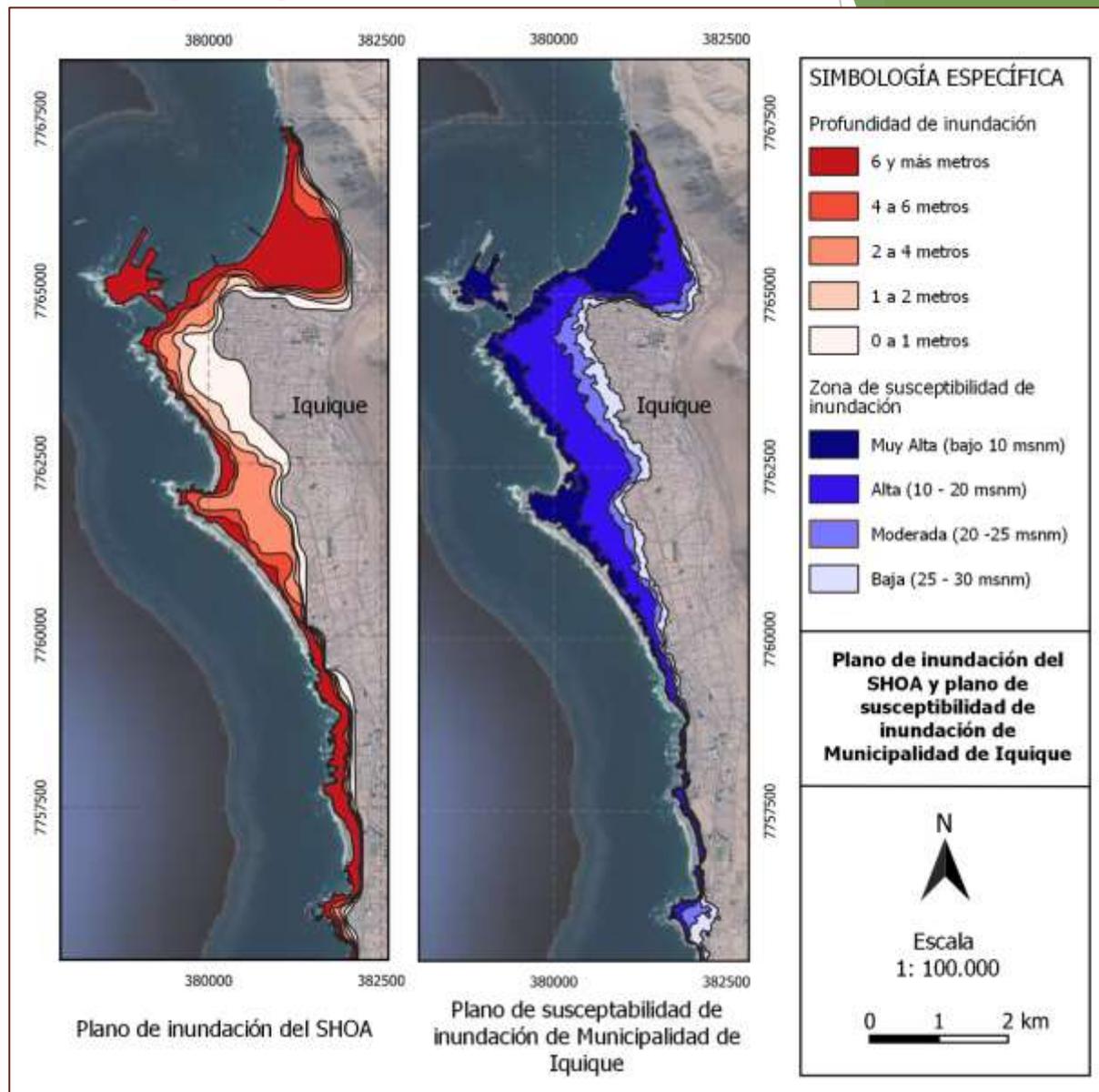
3 Planos de inundación de Iquique

Plano de inundación del SHOA

Obtenido de una modelación numérica proveniente de un evento sísmico extremo conocido o bien de un probable evento extremo válido.

Plano de susceptibilidad de inundación de la Municipalidad

La susceptibilidad de inundación está en función de antecedentes históricos y bibliográficos.



1

2 Análisis de vulnerabilidad

3

4

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Guatemala
16 y 17 junio 2022
Congreso Virtual

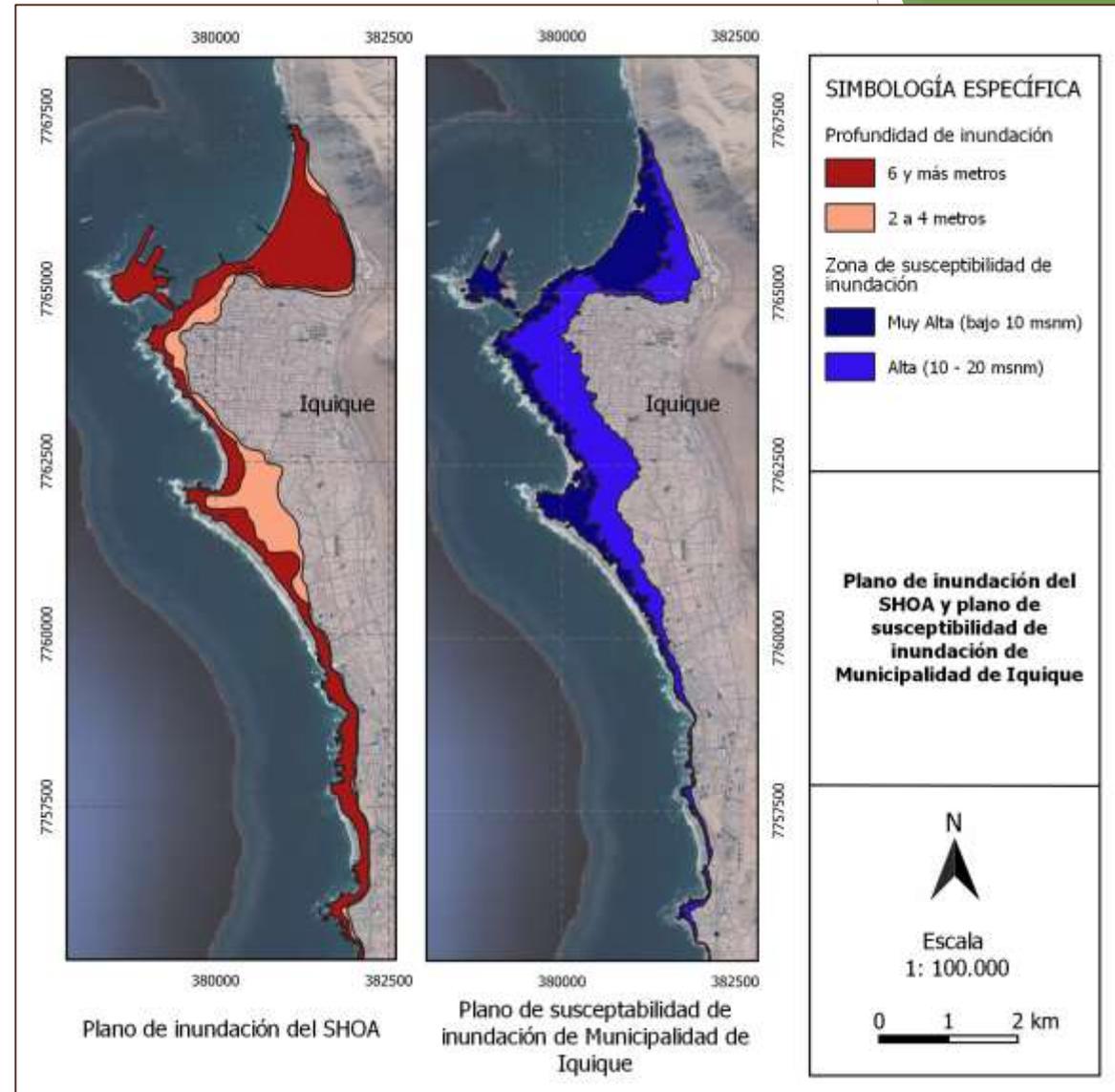
4 Análisis de vulnerabilidad en Infraestructura

Criterios que fueron utilizados:

- **Daño severo:** Profundidades de flujo entre 2 y 4 metros y susceptibilidad de inundación Alta.
- **Devastación total o daño extenso:** Profundidades de flujo entre 4 a 6 metros y más y susceptibilidad de inundación Muy Alta.

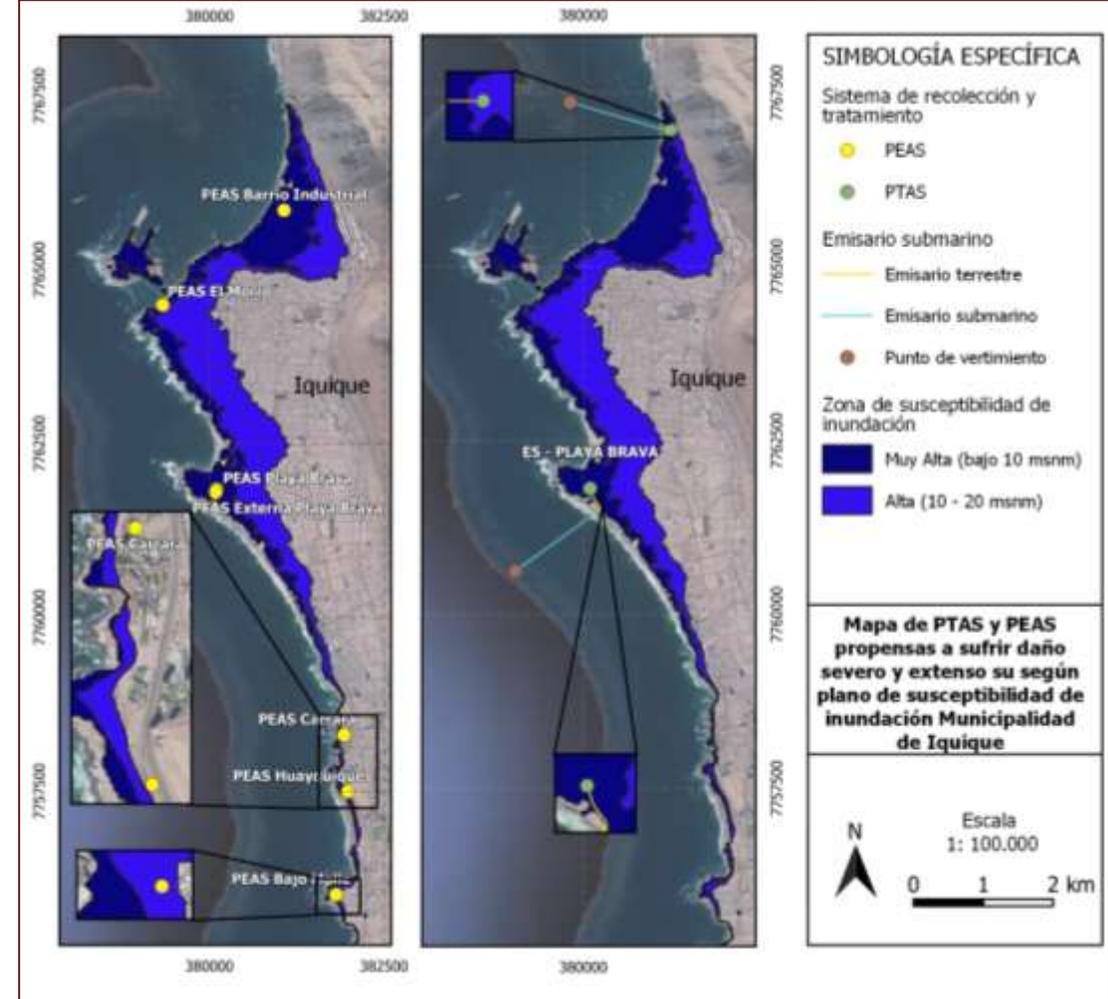
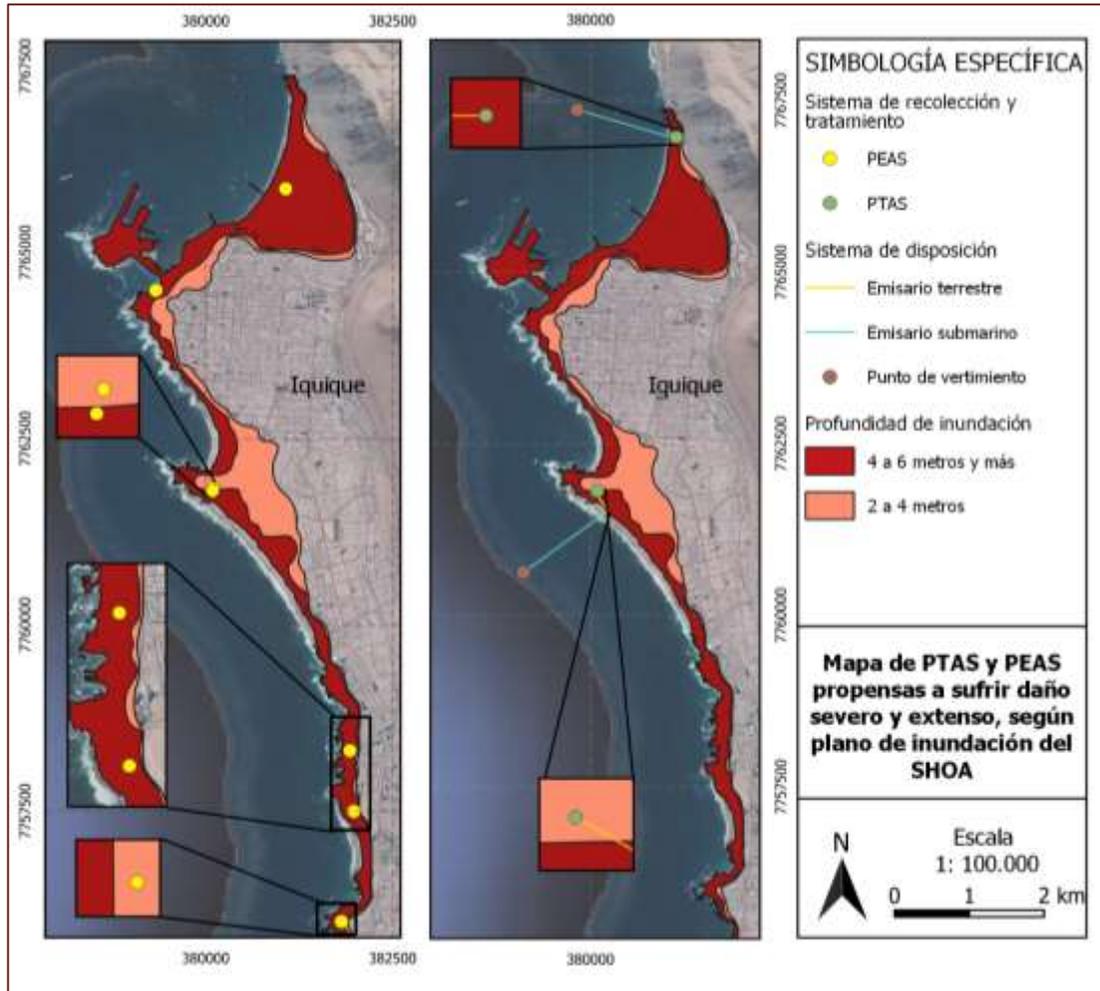


Se considera el análisis de mapa de superposición más desfavorable.



4 Análisis de vulnerabilidad en Infraestructura

4.1 PEAS, PTAS y Emisarios submarinos



1

2 Análisis de vulnerabilidad

3

4

**Daños extensos o totales: El 40% de las PTAS y 26% de las PEAS.
Daño severo: El 4% de las PEAS.**

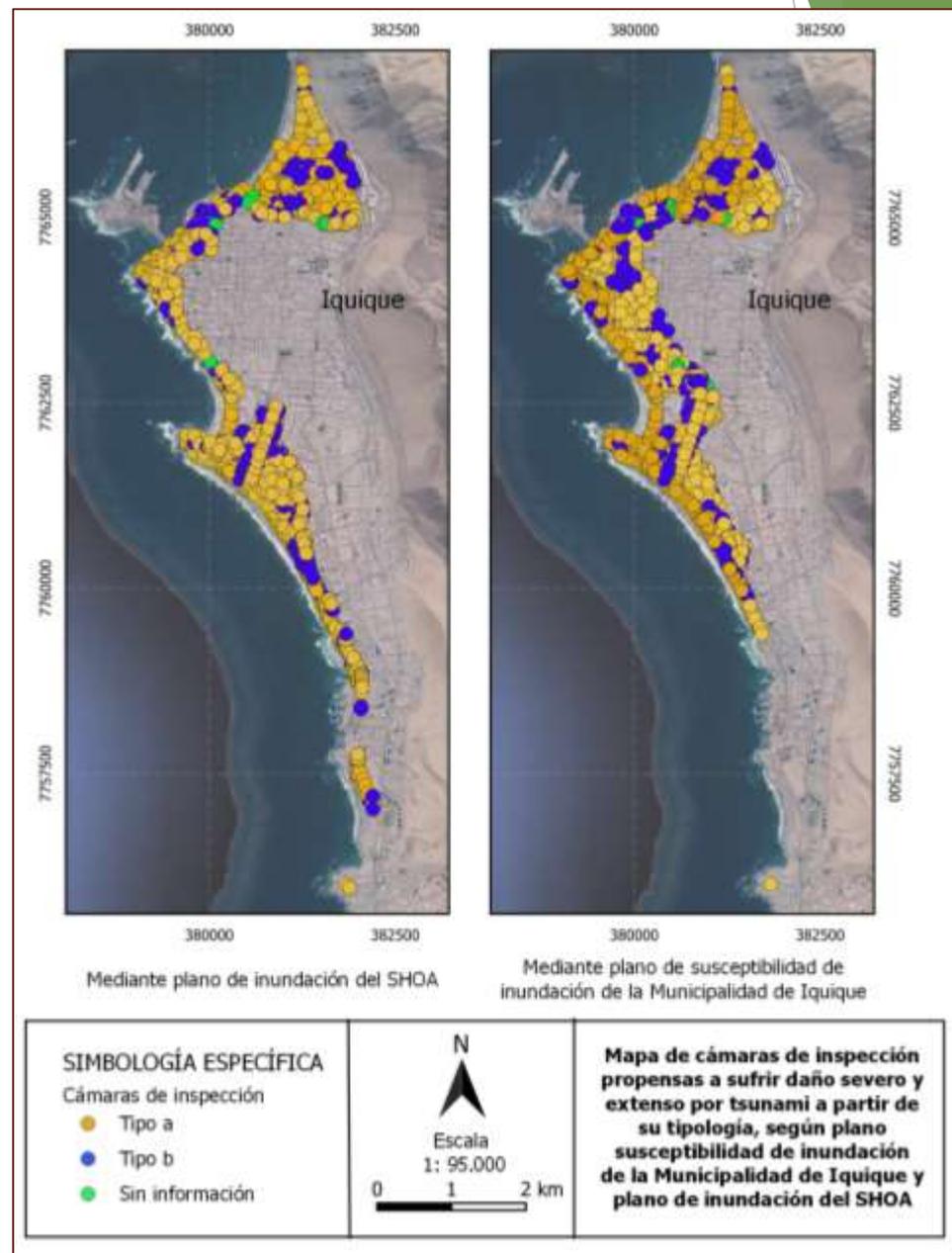
Guatemala
16 y 17 junio 2022
Congreso Virtual

4.2 Cámaras de inspección

La clasificación “tipo a” es la más vulnerable

Daño extenso: 8%

Daño severo: 10%



Fuente:
Elaboración
propia, 2021.

4 Análisis de vulnerabilidad en Infraestructura

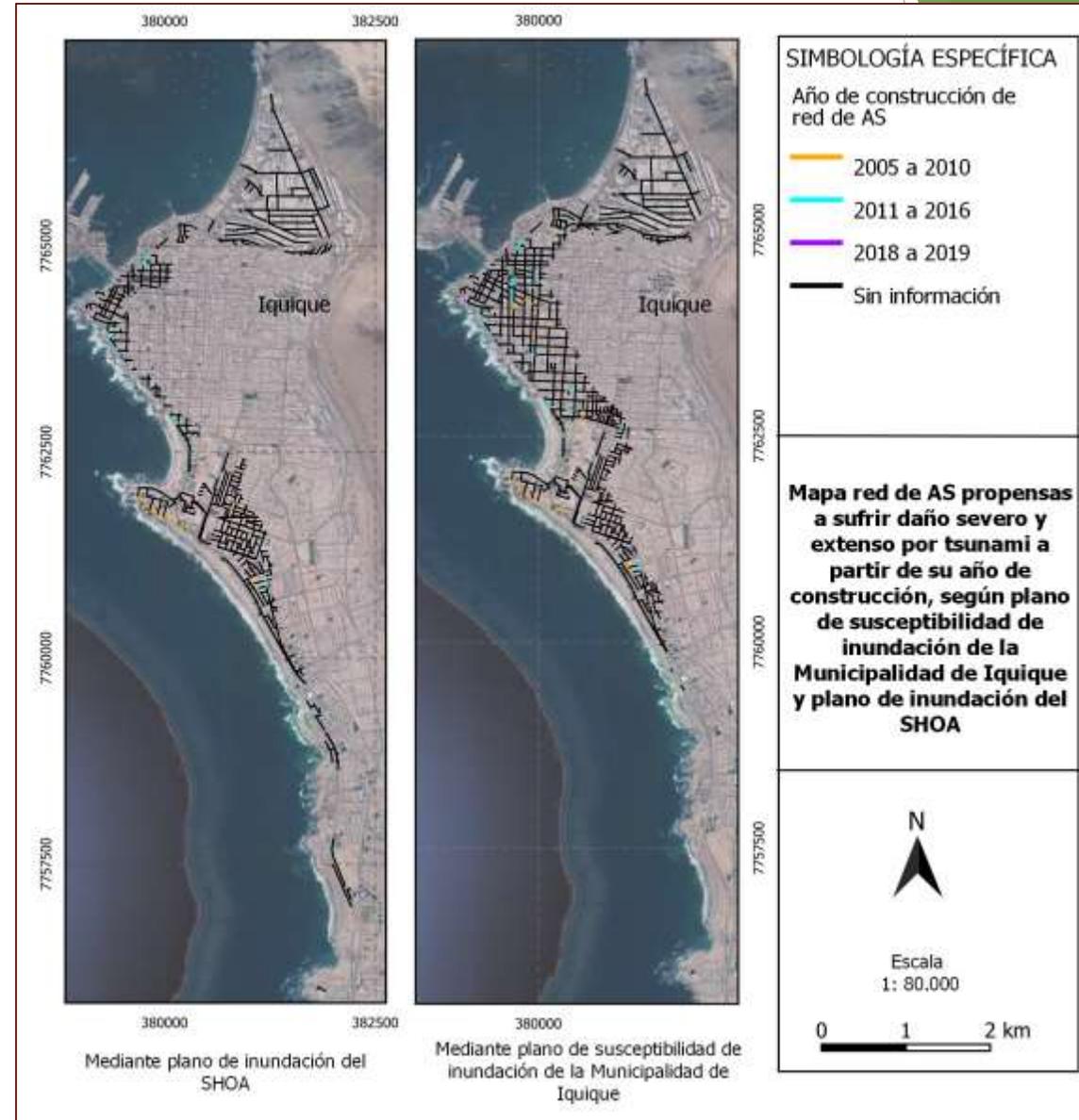
4.3 Redes

Diámetro: 200 mm, donde puede ser dañada severamente en un 29% y extensa en un 14%.

Material: Asbesto cemento, puede sufrir daños severos en un 31% y extensos en un 24%.

No hubo análisis respecto a su año de construcción.

Longitud de redes
Daño severo: 22%.
Daño extenso: 10%.



4 Análisis de vulnerabilidad en Infraestructura

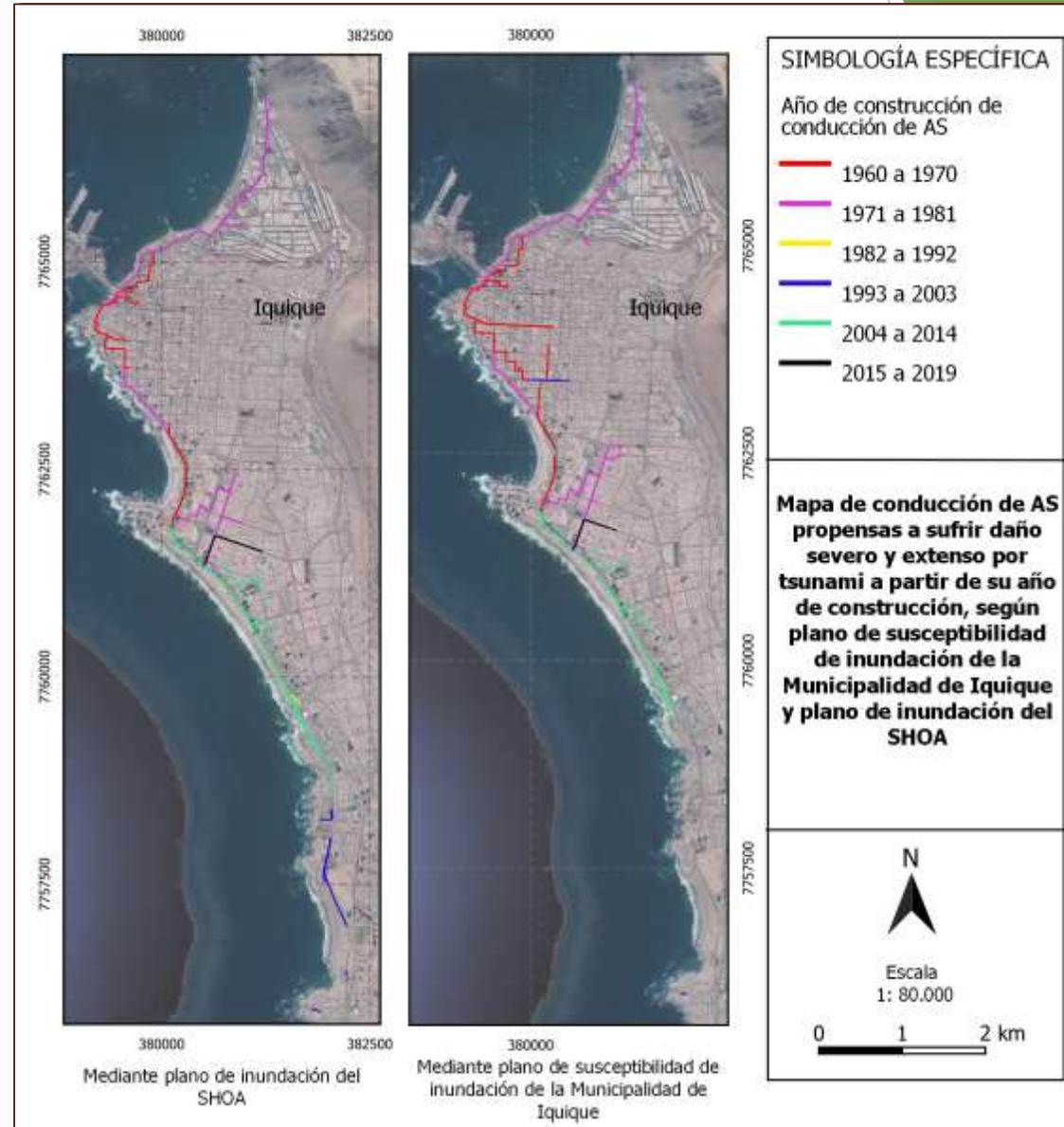
4.4 Conducciones

Diámetro: 600 a 1000 mm, pueden sufrir daños extensos en un 100%.

Material: Cemento comprimido, pueden sufrir daño extenso en un 64% y severos en un 91%.

Año de construcción: De 1960 a 1981, pueden sufrir daños severos en un 67% y daños extensos en un 71%.

Longitud de conducción
Daño severo: 14%.
Daño extenso: 25%.



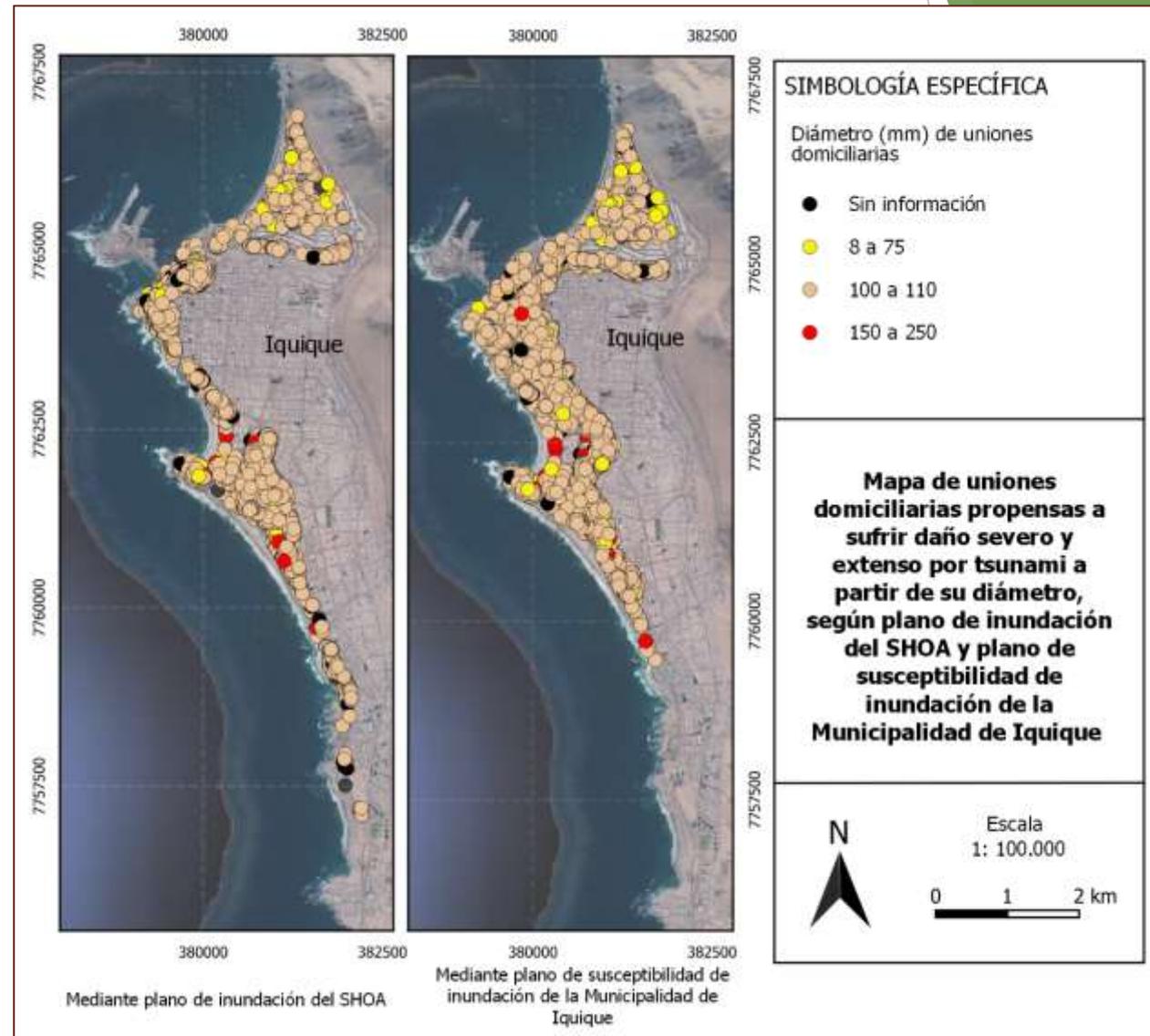
4 Análisis de vulnerabilidad en Infraestructura

4.5 Uniones domiciliarias

Las uniones domiciliarias más vulnerable es la de 100 milímetros.

Daño severo: 20%.

Daño extenso: 9%.



Acciones de respuesta en Chile

Terremoto y tsunami de 2010 y 2015

- Reconocimiento de fallas en los colectores principales para realizar un catastro.
- En PEAS se instalaron bombas superficiales, construcción de colectores, bombas alternativas y tableros eléctricos de emergencia.
- En PTAS hubo reposición gradual, particularmente de los procesos de tratamiento primario y secundario.
- Se revisaron emisarios submarinos con buzos especializados.



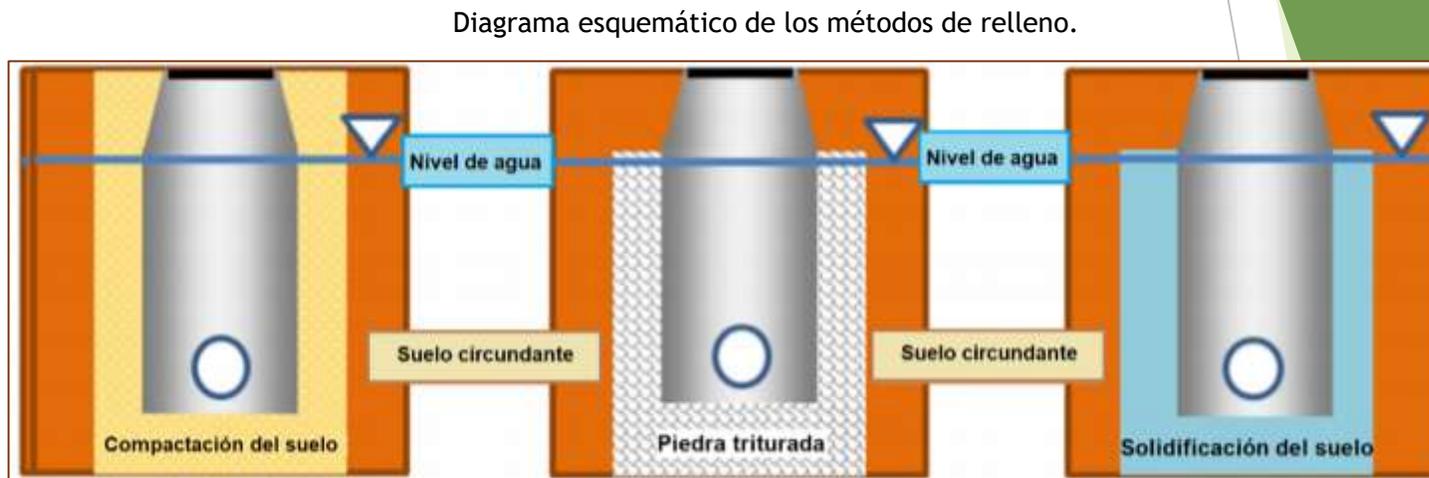
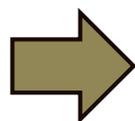
Camión limpiafosas en Aluvión 2015. Fuente: "25M Estado de catástrofe", SISS, 2015.



Medidas de mitigación

Tuberías y cámaras de inspección

Los daños en el sistema de alcantarillado son causados en mayor medida por licuefacción. Existen tres métodos para contrarrestarla.



Fuente: Elaboración propia según Matsushashi et al 2014, "Damage to sewage systems caused by the Great East Japan Earthquake, and governmental policy" (Matsushashi et al, 2014), 2021.

Medidas a implementar en las construcción y/o sustitución de tuberías:

- Reemplazar las tuberías antiguas por tuberías más resistentes a los sismos.
- Instalar tubos de acero con soldadura de circunferencia de penetración completa en posibles zonas de licuefacción.

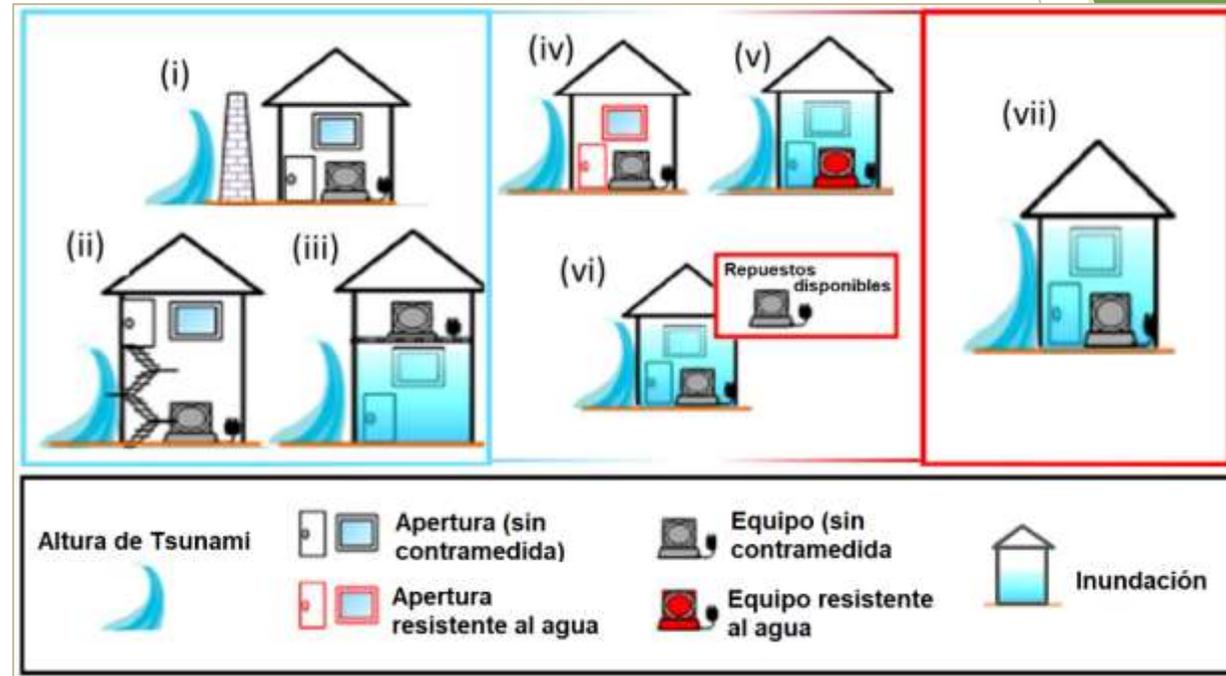
Medidas de mitigación

Plantas de tratamiento y Plantas elevadoras de AS

Se relatan lecciones para PEAS y PTAS que se encuentran en edificaciones cerradas y recintos abiertos.

- Instalar tapas selladas en bombas para detener la contaminación.
- Proporcionar protección contra la erosión por tsunami.

Ejemplos de contramedidas de tsunami en PTAS y PEAS.



Fuente: Elaboración propia según Matsuhashi et al 2014, "Damage to sewage systems caused by the Great East Japan Earthquake, and governmental policy" (Matsuhashi et al, 2014), 2021.

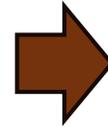


Medidas de mitigación

Emisarios submarinos

Se presentan reparaciones por otro tipo de afectaciones:

El emisario de las Palmas de Gran Canaria, había sido desplazado por el ancla de un barco. Para su reparación, la tarea principal era desplazar el tramo de tubería y colocarlo en una posición precisa para proceder a su posterior unión.



Dos secciones de emisario submarino Las Palmas de Gran Canaria (España) unidos por zuncho de empalme.



Fuente: “Reparación del emisario de Las Palmas de Gran Canaria” (Aguirre, Sarasate, & Correa, 2007).

Evaluar prácticas de reparación dependiendo de como fue dañado el emisario.

1

2

3 Respuesta y mitigación

4



Guatemala
16 y 17 junio 2022
Congreso Virtual

Conclusión

Daños históricos

Tsunamis 2010,
2014 y 2015

- Tuberías y cámaras sufrieron en mayor medida por el terremoto y la licuefacción.
- Las PEAS fueron dañadas en un 20% por sólo tsunami y un 77% a causa del terremoto-tsunami.
- El 91% de las PTAS fueron afectadas por sólo terremoto.

Esta investigación cumple con la Acción Estratégica 1.1.2

1

2

3

4

Conclusión



Conclusión

Análisis de vulnerabilidad de AS en Iquique

Daño extenso: 40% de las PTAS y 26% de las PEAS.

Daño severo: 4% de las PEAS.

Ambos emisarios pueden ser dañados.

Daño severo: 14%.
Daño extenso: 25%.

PTAS y PEAS

Se sugiere hacer estudios de vulnerabilidad según ambos planos de inundación, se recomienda utilizar el más desfavorable respecto al potencial daño severo y extenso que puede sufrir la infraestructura.

Redes

Daño severo: 22%.
Daño extenso: 10%.

Cámaras y uniones

Cámaras de inspección: Tipo A.
Daño severo: 10%.
Daño extenso: 8%.

Conducciones

Uniones domiciliarias: 100 mm.
Daño severo: 20%.
Daño extenso: 9%.

1

2

3

4

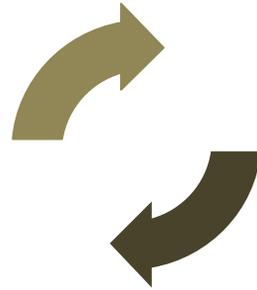
Conclusión



Conclusión

Acciones de respuesta

- Priorizar la limpieza y desobstrucción de colectores.
- En las PEAS, implementar tableros eléctricos de emergencia, bombas alternativas e implementar by pass.
- En PTAS se debe priorizar los tratamientos primarios.
- Los emisarios submarinos deben ser revisados por buzos especializados.



Medidas de mitigación

- Tuberías y cámaras: Mejoramientos en suelo de relleno y sustituir tuberías rígidas a material más flexible.
- PEAS y PTAS: Localizar tableros eléctricos en una cota superior, mantener piezas de repuestos en lugares fuera de la zona de inundación, etc.
- Emisarios submarinos: Se debe evaluar prácticas de reparación dependiendo de como fue dañado el emisario.



Objetivos de desarrollo sostenibles (ODS)



11.5 De aquí a 2030, reducir significativamente el número de muertes causadas por los desastres, incluidos los relacionados con el agua, y de personas afectadas por ellos, y reducir considerablemente las pérdidas económicas directas provocadas por los desastres en comparación con el producto interno bruto mundial, haciendo especial hincapié en la protección de los pobres y las personas en situaciones de vulnerabilidad





Guatemala 16 y 17 junio 2022
Congreso Virtual

Datos personales:

Correo: ilsemedinak@gmail.com

Número: +56981641083

► División Técnica

Gestión de Reducción de Riesgo a Desastres, DIGERDE

POR UN MUNDO MEJOR CON EL PROPÓSITO DEL BIEN COMÚN