

Ejemplo de Gestión del Riesgo, en el módulo de formulación

Caso: Proyecto de mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y alcantarillado en San Miguel

1. Introducción

Durante la elaboración del diagnóstico, con las visitas al campo, revisión de documentos y entrevistas, se constató lo siguiente sobre la localidad de San Miguel en la sierra norte del Perú:

- El servicio de agua potable se interrumpe con frecuencia.
- Existe un sector de la localidad sin atención para la recolección de efluentes.
- Las lagunas de tratamiento no funcionan.

Servicio de agua potable

Como se observan en los registros de JAAS, existen periodos en los cuales el servicio de abastecimiento de agua se ha interrumpido a causa de los daños por deslizamientos, como también por inadecuados mantenimiento y fallas operativas. Por ejemplo, durante la última década la interrupción del servicio de agua potable ocurrió por un periodo mayor a 30 días hasta en 5 oportunidades.

La línea de conducción ha colapsado por el impacto de deslizamientos en los años 2004, 2008 y 2009; y en los 3 últimos años, se ha interrumpido el servicio por lo menos en 3 oportunidades cada año. Algunos tramos de la línea de conducción se encuentran en el área de impacto de los deslizamientos que ocurren cada año en la temporada de lluvias. El arrastre de material que ocasiona este fenómeno provoca daños en la infraestructura, que conllevan a la interrupción del servicio.

Red de colectores

En la zona Norte de San Miguel, un sector de la localidad está sin atención para la recolección de efluentes. Según el mapa de microzonificación sísmica, esta zona es altamente proclive a daños por sismo. El comportamiento dinámico del terreno en ese lugar es desfavorable por lo que se espera un fuerte incremento del nivel de peligro sísmico. Los periodos dominantes del suelo varían de 0,30s a 0,40s.

Lagunas de tratamiento

Durante el diagnóstico se comprobó que las lagunas de tratamiento no funcionan, y el agua residual se deposita directamente a una quebrada. Se observan hundimientos por haber sido construidas en una zona donde existen fallas geológicas. Estas fallas generan asentamientos, los que han dañado las lagunas. De acuerdo con análisis socioeconómico, las actividades que se llevan a cabo en la localidad de San Miguel son únicamente de vivienda particular, sin actividades industriales que aporten al afluente metales pesados o algún compuesto a los lodos.

El problema central identificado en el módulo previo fue: *Limitado acceso a servicios de agua potable y alcantarillado de calidad de la localidad de San Miguel*. La UP no dispone de servicio permanente de abastecimiento de agua potable y disposición de efluentes a la población. Cuando se interrumpe el servicio de agua potable, los pobladores se abastecen del río o compran agua no potable de los camiones cisterna.

En el análisis de riesgos de la UP se determinó que existen tres elementos del sistema expuestos a peligros:

- La línea de conducción, en tramos que suman 150 m., está expuesta a deslizamientos.
- La zona donde se ampliará la red de colectores es altamente sísmica.
- Las lagunas de tratamiento se ubican en zona que muestra falla geológica.

Para resolver el problema central se hizo un análisis de medios y acciones, y como resultado se obtuvieron tres alternativas de solución, tal como se detalla en la siguiente tabla, donde se resaltan (negritas) las acciones que diferencian las alternativas.

Tabla 1. Alternativas y las acciones identificadas en el módulo de identificación

Alternativas	Conjunto de acciones
Alternativa 1	Cambio de trazo de la LC + Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo + Entrenamiento de personal operativo para que realice mantenimiento + Adquisición de equipos y herramientas para mantenimiento + Elaboración de manuales de operación de los elementos del sistema + Capacitación de personal operativo + Ampliación de la red de colectores y conexiones domiciliarias en la zona sin servicio + Conexión de usuarios en zonas que ya cuentan con redes + Construcción de lagunas de tratamiento en nueva localización que no tengan fallas + Revisión y mejoramiento de instrumentos de gestión de los servicios + Entrenamiento a integrantes de la JASS en gestión de los servicios + Desarrollo de instrumentos de gestión para la respuesta ante interrupción del servicio + Capacitación a operadores para la rehabilitación del servicio + Preparación a los usuarios para situaciones de interrupción del servicio.
Alternativa 2	Construcción de muros de protección manteniendo trazo de la LC + Incremento de cobertura vegetal en ladera + Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo + Entrenamiento de personal operativo para que realice mantenimiento + Adquisición de equipos y herramientas para mantenimiento + Elaboración de manuales de operación de los elementos del sistema + Capacitación de personal operativo + Ampliación de la red de colectores y conexiones domiciliarias en la zona sin servicio + Conexión de usuarios en zonas que ya cuentan con redes + Construcción de lagunas de tratamiento en nueva localización que no tengan fallas + Revisión y mejoramiento de instrumentos de gestión de los servicios + Entrenamiento a integrantes de la JASS en gestión de los servicios + Desarrollo de instrumentos de gestión para la respuesta ante una interrupción del servicio + Capacitación a operadores para la rehabilitación del servicio + Preparación a los usuarios para situaciones de interrupción del servicio.
Alternativa 3	Cambio de diseño de LC manteniendo el trazo +Incremento de cobertura vegetal en ladera + Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo + Entrenamiento de personal operativo para que realice mantenimiento + Adquisición de equipos y herramientas para mantenimiento + Elaboración de manuales de operación de los elementos del sistema + Capacitación de personal operativo + Ampliación de la red de colectores y conexiones domiciliarias en la zona sin servicio + Conexión de usuarios en zonas que ya cuentan con redes + Construcción de lagunas de tratamiento en nueva localización que no tenga fallas + Revisión y mejoramiento de instrumentos de gestión de los servicios + Entrenamiento a integrantes de la JASS en gestión de los servicios + Desarrollo de instrumentos de gestión para la respuesta ante una interrupción del servicio + Capacitación a operadores para la rehabilitación del servicio + Preparación a los usuarios para situaciones de interrupción del servicio.

2. La gestión del riesgo en el módulo de formulación

El análisis del riesgo que se desarrolla en el módulo de formulación, se enfoca en las acciones del PIP que han sido analizadas técnicamente. En este PIP se concluyó que las acciones no estructurales (capacitación, entrenamiento, entre otras), no están expuestas a ningún peligro. En la siguiente tabla se identifican las acciones que serán evaluadas siguiendo la metodología propuesta.

Tabla 2. Las acciones seleccionadas para la gestión del riesgo en el módulo de formulación

Alternativas	Acciones
Alternativa 1	Cambio de trazo de la LC + Ampliación de la red de colectores y conexiones domiciliarias en la zona sin servicio + Conexión de usuarios en zonas que ya cuentan con redes + Construcción de lagunas de tratamiento en nueva localización que no tengan fallas.
Alternativa 2	Construcción de muros de protección manteniendo trazo de la LC + Ampliación de la red de colectores y conexiones domiciliarias en la zona sin servicio + Conexión de usuarios en zonas que ya cuentan con redes + Construcción de lagunas de tratamiento en nueva localización que no tengan fallas.
Alternativa 3	Cambio de diseño de LC manteniendo el trazo + Incremento de cobertura vegetal en ladera + Ampliación de la red de colectores y conexiones domiciliarias en la zona sin servicio + Conexión de usuarios en zonas que ya cuentan con redes + Construcción de lagunas de tratamiento en nueva localización que no tengan fallas.

Del cuadro anterior se observa que las 3 alternativas tienen las siguientes acciones en común:

1. Ampliación de la red de colectores y conexiones domiciliarias en la zona sin servicio.
2. Conexión de usuarios en zonas que ya cuentan con redes.
3. Construcción de las lagunas de tratamiento en una zona donde no se presente fallas geológicas.

De otro lado, las diferencias en acciones entre las 3 alternativas son las siguientes:

1. Alternativa 1: Cambiar el trazo de la línea de conducción.
2. Alternativa 2: Construir muros de protección en las zonas donde se producen los deslizamientos.
3. Alternativa 3: Enterrar la línea de conducción.

ALTERNATIVA 1

Paso 1: Análisis de exposición al peligro

Tarea 1: Verificación de la exposición

Los elementos que se analizan son:

- Línea de conducción (nuevo trazo).
- Red de colectores (tramos ampliados).
- Conexiones domiciliarias en la zona sin servicio.
- Conexiones domiciliarias en la zona con servicio.
- Lagunas de tratamiento en nueva localización que no tengan fallas.

En la siguiente tabla 3 se resume el análisis la ubicación de los componentes del PIP propuesto, luego de considerar los peligros del área de estudio identificados en el módulo previo:

Tabla 3: Análisis de exposición			
Peligros	Relación de elementos del PIP	Exposición	
		No	Sí
Inundación (avenidas) para un período de retorno de 25 años ¹	Línea de conducción (nuevo trazo)	X	
	Red de colectores (tramos ampliados)		X
	Conexiones domiciliarias en la zona sin servicio		X
	Conexiones domiciliarias en la zona con servicio	X	
	Lagunas de tratamiento	X	
Movimiento de remoción en masa –deslizamiento	Línea de conducción (nuevo trazo)	X	
	Red de colectores (tramos ampliados)	X	
	Conexiones domiciliarias en la zona sin servicio	X	
	Conexiones domiciliarias en la zona con servicio	X	
	Lagunas de tratamiento	X	
Sismo	Línea de conducción (nuevo trazo)		X
	Red de colectores (tramos ampliados)		X
	Conexiones domiciliarias en la zona sin servicio		X
	Conexiones domiciliarias en la zona con servicio		X
	Lagunas de tratamiento		X

Las conclusiones del análisis son:

- Por su localización, la red de colectores, línea de conducción, conexiones y lagunas de tratamiento se encuentran expuestos al peligro de sismo sobre el terreno.
- La red de colectores (tramo ampliado) y las conexiones domiciliarias en la zona sin servicio, se encuentran expuestos al peligro de inundación para un período de retorno de 25 años. No existe otra alternativa de localización.
- El nuevo trazo de la línea de conducción no se encuentra expuesto al peligro de inundación con el análisis para un período de retorno de 25 años. En este sentido no se realizará el análisis de fragilidad ni resiliencia en razón de que no hay exposición al peligro. Esto deberá ser considerado como supuesto en el marco lógico (riesgo aceptado) y, en la gestión del proyecto, se evaluarán posibles medidas de respuesta para periodos de retorno superiores a 25 años (riesgo residual).

Tarea 2: Planteamiento de medidas para reducción de exposición

Las medidas para reducir la exposición de aquellos elementos identificados son:

- Cumplir con lo expuesto en la norma de sismo resistencia del RNE y otras normas *ad hoc* para la ubicación de los elementos expuestos frente a sismos.
- Para reducir el impacto del peligro de sismo, mejorar del suelo en los puntos sensibles de las lagunas de tratamiento que fueron identificados en el estudio de suelos.

¹ El Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS 060 establece para el drenaje pluvial y el diseño de los colectores de este tipo de servicio el uso de un periodo de retorno no menor a 25 años. Se ha tomado como referencia este caso dado que no se tiene en el sector el período de retorno específico para las inundaciones y las líneas de conducción.

No existe otra alternativa de ubicación para la red de colectores (tramo ampliado) y las conexiones domiciliarias en la zona sin servicio. Por lo que se recomienda adoptar medidas para que resista el peligro de inundación (fragilidad); aun cuando estos elementos se ubicaran bajo tierra.

Paso 2: Análisis de fragilidad ante el impacto del peligro

Tarea 1: Identificar factores que pueden generar vulnerabilidad por fragilidad

En el Paso 1 se concluyó que varios elementos (red de colectores, línea de conducción, conexiones y laguna de tratamiento) estarán expuestos al peligro de sismos; además la red de colectores (tramo ampliado) y las conexiones domiciliarias en la zona sin servicio, estarán expuestas a inundaciones con un periodo de retorno de 25 años.

Ahora se analizan los factores que podrían generar su fragilidad antes de plantear las medidas que incrementen la resistencia de los elementos expuestos del PIP, a través de las siguientes dos actividades:

- i. Verificar que el diseño del PIP cumple con las normas técnicas detalladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, entre otros. A respecto se encontró que:
 - No existe una norma técnica peruana específica para diseño sismo resistente de los elementos expuestos en el PIP. Según el criterio técnico del responsable el PIP se cumplirán con las exigencias del diseño sismo resistente aplicable a los elementos expuestos.
 - La red de colectores, línea de conducción, conexiones domiciliarias y laguna de tratamiento están cumpliendo con las siguientes normas técnicas:
 - **OS.070.** Redes de aguas residuales (en lo referente a ubicación y recubrimiento, reconocimiento del terreno y sus características).
 - **OS.090.** Plantas de tratamientos de aguas residuales (requiere tomar en cuenta información geológica, geotécnica y topográfica; y estudios de mecánica de suelos).
 - **OS.010.** Captación y conducción de agua para consumo humano.
 - **OS. 060.** Drenaje pluvial urbano (sobre consideraciones básicas de diseño).
 - **CE.020.** Estabilización de suelos y taludes.
- ii. Analizar los factores que podrían generar la fragilidad del PIP o de alguno de sus elementos. Para ello se toma en cuenta la tecnología del elemento o componente expuesto; el diseño del elemento o componente expuesto; los materiales, insumos o recursos del elemento o componente expuesto; y, la fecha de inicio y de ejecución del proyecto toma en cuenta las características geográficas, climáticas y físicas del área de estudio del PIP. La pregunta general que buscamos responder será: *¿Qué factores, y cómo podrían estos, generar fragilidad del PIP o de alguno de sus elementos? Los resultados han sido:*
 - **Tecnología:** En la zona inundable, el agua podría inundar la troncal de la red de colectores y hasta entrar a las conexiones domiciliarias (en la zona sin servicio).
 - **Diseño:** El agua puede entrar en la red de colectores durante lluvias intensas, inundando la red por falta de drenaje pluvial.
 - **Materiales:** La inundación puede generar presiones negativas en la red de colectores y hacer que las tuberías fallen.

- **Fecha:** Escasez del agregado, demora en entrega de materiales de construcción e inundaciones son posibles en la época lluviosa.

Tarea 2: Plantear las medidas para reducir la fragilidad

La Alternativa 1 está expuesta a inundaciones en dos elementos: red de colectores (tramos ampliados) y conexiones domiciliarias en la zona sin servicio. Las medidas propuestas para reducir la fragilidad, basada en el análisis de los factores frente a inundación son:

- En la zona inundable, el diseño de la red de colectores debe contar con drenaje pluvial.
- Construir un «colchón de amortiguamiento», con piedras de regular tamaño en la parte baja de la tubería para generar rugosidad artificial.
- Capacitar a la JAAS para implementar la limpieza y desobstrucción de las tapas y empalmes entre la red de colectores y las de drenaje, en los sectores ubicados en el área de impacto de la inundación para favorecer el escurrimiento antes del inicio de lluvia.
- Programar construcción para la época de estiaje.

Paso 3: Análisis de resiliencia ante el impacto del peligro

Tarea 1: Analizar capacidades alternas de prestación del servicio

En relación al peligro de inundaciones, el riesgo que no se puede reducir es el asociado a una inundación con un período de retorno mayor a 25 años. Para el caso de sismos con magnitudes superiores a las señaladas por la norma de sismo resistencia, también habrían riesgos no reducidos con medidas de exposición y fragilidad.

Tarea 2: "Plantear medidas para incrementar la resiliencia"

Para el caso se ha previsto como medidas de resiliencia para evitar la interrupción de servicio, mientras se repongan los elementos (red de colectores y las conexiones domiciliarias) dañados, las siguientes:

- Disponer de una motobomba para evacuar agua del área inundable.
- Instalar válvulas de cierre en la troncal de la red de colectores y en las conexiones domiciliarias, para evitar posibles anegamientos por las rupturas ocasionadas por las inundaciones.
- Disponer de baños químicos portátiles para uso público hasta restaurar el servicio de desagüe después de una inundación o sismo
- Firmar un convenio con otro organismo público para el apoyo durante la emergencia en la provisión de agua potable mediante cisterna en caso de inundación o sismo.

Paso 4: Identificación de probables daños y pérdidas

Si ocurre la inundación e impacta la red de colectores y las conexiones domiciliarias en la zona sin servicio., estas colapsarían en consecuencia: 1) el PIP perdería parte de la red y/o conexiones debiéndose gastar en la instalación de nuevas redes y conexiones; 2) se interrumpen los servicios de alcantarillado, lo que hace que los usuarios incurran en gastos para acceder a un servicio alternativo temporal (pozo séptico, letrina, entre otros); y 3).el colapso de la infraestructura podría generar derrames de agua servidas, lo que generaría la presencia de vectores de enfermedades y contaminación, aumentando la tasa de morbilidad y los gastos de los usuarios por el tratamiento.

ALTERNATIVA 2

Paso 1: Análisis de exposición al peligro

Tarea 1: Verificación de la exposición

Los elementos que se analizan son:

- Muros de protección manteniendo trazo de la línea de conducción.
- Red de colectores (tramos ampliados).
- Conexiones domiciliarias en la zona sin servicio.
- Conexiones domiciliarias en la zona con servicio.
- Lagunas de tratamiento en nueva localización que no tengan fallas.

En la siguiente tabla 4 se resume el análisis la ubicación de los componentes del PIP propuesto, luego de considerar los peligros del área de estudio.

Tabla 4: Análisis de exposición			
Peligros	Relación de elementos del PIP	Exposición	
		No	Sí
Inundación (avenidas) para un período de retorno de 25 años ²	Muros de protección de la línea de conducción	X	
	Red de colectores (tramos ampliados)		X
	Conexiones domiciliarias en la zona sin servicio		X
	Conexiones domiciliarias en la zona con servicio	X	
	Lagunas de tratamiento	X	
Movimiento de remoción en masa – deslizamiento	Muros de protección de la línea de conducción		X
	Red de colectores (tramos ampliados)	X	
	Conexiones domiciliarias en la zona sin servicio	X	
	Conexiones domiciliarias en la zona con servicio	X	
	Lagunas de tratamiento	X	
Sismo	Muros de protección de la línea de conducción		X
	Red de colectores (tramos ampliados)		X
	Conexiones domiciliarias en la zona sin servicio		X
	Conexiones domiciliarias en la zona con servicio		X
	Lagunas de tratamiento		X

Las conclusiones del análisis son:

- Por su localización la red de colectores, línea de conducción, muro de protección, conexiones y lagunas de tratamiento se encuentran expuestos a los efectos del sismo sobre el terreno.

² El Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS 060 establece para el Drenaje Pluvial y el diseño de los colectores de este tipo de servicio el uso de un periodo de retorno no menor a 25 años.

- Es factible reducir el impacto del peligro del sismo en las lagunas de tratamiento con medidas como el mejoramiento del suelo en los puntos sensibles que fueron identificados en el estudio de suelos.
- La red de colectores (trazo ampliado) y las conexiones domiciliarias en la zona sin servicio, se encuentran expuestos al peligro de inundación para un período de retorno de 25 años. No existe otra alternativa de localización.
- Los muros de protección, se encuentran expuestos a deslizamientos. No existiendo otra alternativa de localización.

Tarea 2: Planteamiento de medidas para reducción de exposición

Las medidas para reducir la exposición de aquellos elementos identificados son:

- Cumplir con la norma de diseño sismo resistente y otras *ad hoc* para la ubicación de los elementos expuestos.
- No existe otra alternativa de ubicación para la red de colectores (tramo ampliado) y las conexiones domiciliarias en la zona sin servicio, por lo que se recomienda adoptar medidas para que resista el peligro, aun cuando estos elementos se ubicaran bajo tierra.
- El muro de protección no tiene otra alternativa de localización, por lo que se recomienda adoptar medidas para que resista el peligro.

Paso 2: Análisis de fragilidad ante el impacto del peligro

Nota: Desarrollamos el paso 2 solo para el elemento «el muro de protección» expuesto al peligro de movimiento en masa (deslizamiento), porque los otros elementos fueron analizados con la alternativa 1 y son los mismos.

Tarea 1: Identificación de factores que pueden generar fragilidad

En el paso 1 se concluyó que el muro de protección está expuesto al peligro de movimiento en masa (deslizamiento). Ahora es necesario analizar los factores que podrían generar su fragilidad y plantear las medidas que garanticen la resistencia del muro de protección.

Para ello, debemos revisar qué características técnicas se proponen para el muro de protección; la información obtenida fue que el muro es de concreto armado con suelos de relleno seleccionados con material granular, las zapatas de concreto, elementos separadores y de unión resistentes y flexibles entre los paneles del muro; láminas de geotextil colocados sobre las juntas por el lado interior.

- i. Verificar que el diseño del PIP cumple con las normas técnicas detalladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, entre otros. A respecto se encontró que:
 - Se identificó que el diseño del muro estará cumpliendo con lo establecido la normativa vigente para sismo, Norma E.030, Diseño Sismo resistente.
 - También se verificó que el muro está cumpliendo la normativa dada en el RNE: Norma E.050 Suelos y Cimentaciones, Norma E.060 Concreto Armado.
- ii. Analizar los factores que podrían generar la fragilidad. En este caso, por las características técnicas del muro de protección se concluyó que la tecnología, el diseño y los materiales eran resistentes. En el caso del cronograma de ejecución se observó que en época de lluvia, es posible la escasez del agregado para mejoramiento del suelo.

Tarea 2: plantear las medidas para reducir la fragilidad

Las medidas de reducción de la fragilidad propuestas para el muro de protección es la ejecución del proyecto en la época no lluviosa a fin de facilitar el acarreo del material y ejecución de los trabajos.

Paso 3: Análisis de resiliencia ante el impacto del peligro

Tarea 1: analizar capacidades alternas de prestación del servicio

En relación al peligro de deslizamiento, la resistencia ha sido propuesta para un deslizamiento con velocidad alta y volumen estimado de 5 000 m³. El riesgo que no se puede reducir es si las características son mayores.

Para el caso de sismos con magnitudes superiores a las señaladas por la norma de sismo resistencia, también habrían riesgos no reducidos con medidas de exposición y fragilidad.

Tarea 2: plantear medidas para incrementar la resiliencia

Para el caso se ha previsto como medidas de resiliencia para evitar la interrupción de servicio, mientras se repongan los elementos (línea de conducción) dañados, es firmar un convenio con otro organismo público para el apoyo durante la emergencia en la provisión de agua potable mediante cisterna en caso de deslizamiento o sismo.

Paso 4: Identificación de probables daños y pérdidas

Si ocurre el deslizamiento y destruye el muro de protección, la línea de conducción se podría dañar y dejar de funcionar interrumpiendo el servicio de agua potable, en consecuencia: 1) el PIP perdería parte de la línea y del muro debiéndose gastar en una nueva instalación; 2) se interrumpen los servicios de agua potable, lo que hace que los usuarios del servicio vuelvan a acarrear el agua del río y consuman agua contaminada, lo que a su vez puede generar enfermedades gastrointestinales y dérmicas y los correspondientes gastos por su diagnóstico y tratamiento.

. ALTERNATIVA 3

Paso 1: Análisis de exposición al peligro

Tarea 1: Análisis de exposición

Estructuras por analizar:

- Tubería enterrada manteniendo trazo de la línea de conducción.
- Red de colectores (tramos ampliados).
- Conexiones domiciliarias en la zona sin servicio.
- Conexiones domiciliarias en la zona con servicio.
- Lagunas de tratamiento en nueva localización que no tengan fallas.

En la siguiente tabla 5 se resume el análisis la ubicación de los componentes del PIP propuesto, luego de considerar los peligros del área de estudio:

Tabla 5: Análisis de exposición			
Peligros	Relación de elementos del PIP	Exposición	
		No	Sí
Inundación (avenidas) para un período de retorno de 25 años ³	Tubería enterrada manteniendo trazo	X	
	Red de colectores (tramos ampliados)		X
	Conexiones domiciliarias en la zona sin servicio		X
	Conexiones domiciliarias en la zona con servicio	X	
	Lagunas de tratamiento	X	
Movimiento de remoción en masa –deslizamiento	Tubería enterrada manteniendo trazo	X	
	Red de colectores (tramos ampliados)	X	
	Conexiones domiciliarias en la zona sin servicio	X	
	Conexiones domiciliarias en la zona con servicio	X	
	Lagunas de tratamiento	X	
Sismo	Tubería enterrada manteniendo trazo		X
	Red de colectores (tramos ampliados)		X
	Conexiones domiciliarias en la zona sin servicio		X
	Conexiones domiciliarias en la zona con servicio		X
	Lagunas de tratamiento		X

Se analizó la exposición, identificando que:

- Por su localización la red de colectores, tubería enterrada, conexiones domiciliarias y lagunas de tratamiento se encuentran expuestos a los efectos del sismo sobre el terreno.
- La red de colectores (trazo ampliado) y las conexiones domiciliarias en la zona sin servicio, se encuentran expuestos al peligro de inundación para un período de retorno de 25 años. No existe otra alternativa de localización.
- La tubería enterrada no sería impactada por el material deslizado; no hay exposición frente a este peligro.

Tarea 2: Planteamiento de medidas para reducción de exposición

- Cumplir con la norma de diseño sismo resistente y otras *ad hoc* para la ubicación de los elementos expuestos.

Nota: Los pasos 2, 3 y 4 para los elementos de la red de colectores y las conexiones domiciliarias son los mismos desarrollados en la alternativa 1.

A continuación presentamos un cuadro resumen con las medidas de gestión prospectiva, identificadas en el análisis. Recuerde que, producto del análisis de la resiliencia, también se propone medidas para implementar durante la emergencia.

³ El Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS 060 establece para el Drenaje Pluvial y el diseño de los colectores de este tipo de servicio el uso de un periodo de retorno no menor a 25 años.

Tabla 6. Resumen de las medidas prospectivas por peligro y alternativa

Alternativas	Peligros	Medidas
Alternativa 1 Cambiar el trazo de la línea de conducción	Inundación, período de retorno de 25 años	<p>Red de colectores (tramo ampliado) y las conexiones domiciliarias</p> <p><i>Para reducir la fragilidad:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño de la red de colectores con drenaje pluvial. • Colchón de amortiguamiento en la parte baja de la tubería. • Capacitar a la JAAS para implementar la limpieza (tapas y empalmes entre la red de colectores y drenaje) antes de lluvias. • Programar construcción en época de estiaje. <p><i>Para incrementar la resiliencia:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Motobomba para evacuar el área inundada. • Baños químicos portátiles hasta restaurar el servicio de desagüe. • Instalar válvulas de cierre en la troncal de la red de colectores y en las conexiones domiciliarias, para evitar posibles anegamientos de existir rupturas. • Firmar un convenio con otro organismo público.
	Sismo	<p>Todos los elementos analizados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con el RNE y otras ad hoc, para la ubicación de los elementos expuestos. • Mejoramiento del suelo en los puntos sensibles de las lagunas de tratamiento que fueron identificados en el estudio de suelos.
Alternativa 2 Construir muro de protección en las zonas donde se producen los deslizamientos	Inundación, período de retorno de 25 años	<p>Red de colectores (tramo ampliado) y las conexiones domiciliarias</p> <p><i>Para reducir la fragilidad:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño de la red de colectores con drenaje pluvial. • Colchón de amortiguamiento en la parte baja de la tubería. • Capacitar a la JAAS para implementar la limpieza (tapas y empalmes entre la red de colectores y drenaje) antes de lluvias. • Programar construcción en época de estiaje. <p><i>Para incrementar la resiliencia:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Motobomba para evacuar el área inundada. • Baños químicos portátiles hasta restaurar el servicio de desagüe. • Instalar válvulas de cierre en la troncal de la red de colectores y en las conexiones domiciliarias, para evitar posibles anegamientos de existir rupturas. • Firmar un convenio con otro organismo público.
	Deslizamiento	<p>Muros de protección de la línea de conducción</p> <p><i>Para incrementar la resiliencia:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Firmar un convenio con otro organismo público.
	Sismo	<p>Todos los elementos analizados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con el RNE y otras ad hoc, para la ubicación de los elementos expuestos.

		<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento del suelo en los puntos sensibles de las lagunas de tratamiento que fueron identificados en el estudio de suelos.
Alternativa 3 Enterrar la línea de conducción.	Inundación, período de retorno de 25 años	<p>Red de colectores (tramo ampliado) y las conexiones domiciliarias</p> <p><i>Para reducir la fragilidad:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Diseño de la red de colectores con drenaje pluvial. Colchón de amortiguamiento en la parte baja de la tubería. Capacitar a la JAAS para implementar la limpieza (tapas y empalmes entre la red de colectores y drenaje) antes de lluvias. Programar construcción en época de estiaje. <p><i>Para incrementar la resiliencia:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Motobomba para evacuar el área inundada. Baños químicos portátiles hasta restaurar el servicio de desagüe. Instalar válvulas de cierre en la troncal de la red de colectores y en las conexiones domiciliarias, para evitar posibles anegamientos de existir rupturas. Firmar un convenio con otro organismo público.
	Sismo	<p>Todos los elementos analizados:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cumplir con el RNE y otras ad hoc, para la ubicación de los elementos expuestos. Mejoramiento del suelo en los puntos sensibles de las lagunas de tratamiento que fueron identificados en el estudio de suelos.