

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Departamento de Ingeniería Comercial
Departamento de Obras Civiles

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE AGUAS SERVIDAS, MEDIANTE EL PROCESO DE TELEINSPECCIÓN

Christian Antonio Lillo Sarmiento
MAGISTER EN GESTION DEL AGUA
Septiembre 2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL AGUA
MWM MASTER OF WATER MANAGEMENT

Departamento de Ingeniería Comercial
Departamento de Obras Civiles

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE AGUAS SERVIDAS, MEDIANTE EL PROCESO DE TELEINSPECCIÓN

Tesis de magister presentada por
Christian Antonio Lillo Sarmiento
Como requisito para optar al Grado de
MAGISTER EN GESTION DEL AGUA

Director de Tesis:
Dr. Patricio Rubio Romero
Septiembre 2024

TITULO DE TESIS:

“Evaluación de las redes de aguas servidas, mediante el proceso de teleinspección”

AUTOR:

CHRISTIAN ANTONIO LILLO SARMIENTO

TRABAJO DE TESIS, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de MAGISTER EN GESTION DEL AGUA de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Observaciones:

Dr. Patricio Rubio Romero
Director de Tesis

Mg. Marcelo Bravo Fortune
Correferente Interno

Mg. Juan Agustín Carrasco Muñoz
Correferente Externo

Santiago, Septiembre 2024

Todo el contenido, análisis, conclusiones
y opiniones vertidas en este estudio son
de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: Christian Antonio Lillo Sarmiento

Firma:

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned to the right of the 'Firma:' label.

Fecha: Santiago, Septiembre de 2024

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por su apoyo en conseguir este logro.

RESUMEN EJECUTIVO

Nuestro país así como en varios países desarrollados, que cuentan con altas coberturas de saneamiento desde mediados del siglo pasado, están en una etapa crítica en lo referido a poder mantener la continuidad y calidad de los servicios prestados en los próximos años, esto porque un porcentaje importante de las redes de alcantarillado está llegando o ya sobrepasó su vida útil, y la solución de una reposición a gran escala es complejo de implementar, ya sea por los altos costos que esto involucra, y por lo complejo que representa una intervención a las ciudades, en el proceso de renovación, por lo que es prioritario poder enfocar los recursos en forma eficiente, determinando que tramos de una red de alcantarillado deben ser teleinspeccionados, para establecer en qué condición se encuentran, y concluir si estas requieren ser renovadas o sujetas a un mantenimiento correctivo.

Es en esta definición de intervención a la red, basados en datos topológicos y de teleinspecciones realizadas bajo una metodología internacional, como es la metodología NASSCO, que en varios países vieron el beneficio de tomar esta información y aplicar metodologías estadísticas, para determinar que nuevos tramos deben ser teleinspeccionados, esto por tener una mayor probabilidad de falla en el futuro, al calificar con niveles estructurales que indican una peor condición.

Con el objetivo de replicar la experiencia internacional en esta materia, se trabajó en este estudio con información generada para determinar el estado de las redes de alcantarillado, “Estudio de Aguas Ajenas” realizado por la empresa Suralis en el año 2023-2024, en 4 localidades del sur de Chile, en donde se aplicó la metodología NASSCO a tramos que fueron seleccionados bajo un muestreo aleatorio simple, esto con el fin de tener una representación del estado estructural en cada una de las 4 localidades.

Al considerar la información topológica de la red de alcantarillado y de las teleinspecciones realizadas en las 4 localidades, para poder determinar el estado estructural de cada tramo de la red, se aplicó una de las metodologías estadísticas recomendadas, que corresponde a la regresión logística.

Del análisis del modelo utilizado en las 4 localidades, se puede concluir que en 2 de ellas la predicción del modelo de regresión logística se ajustó muy bien a la falla real, y en las otras 2 el comportamiento no fue el esperado. Es decir, con la poca información disponible ya fue posible predecir que nuevos tramos debiesen ser teleinspeccionados, esperando buenos resultados en 2 de las localidades.

Para concluir, dado que en Chile ya partió la obligatoriedad de ir teleinspeccionado cada año un porcentaje de la red, se propone en este estudio que las empresas sanitarias utilicen en el corto plazo metodologías estadísticas tomando la información topológica y de las teleinspecciones realizadas, para seleccionar de esta forma los nuevos tramos, permitiendo así ir enfocando de forma eficiente los recursos, en aquellos que tengan mayor probabilidad de falla.

ABSTRACT

Our country, as several developed countries which counts with high coverage sanitation since the middle of last century, is in a critical stage in terms of maintaining the continuity and quality of the services provided in the next years. This is because an important percentage of the sewer network is arriving or has already surpassed its lifespan. A large-scale replacement solution is complex to implement, whether it is the high costs involved or the difficulty that represents an intervention in the cities in the renovation process. Hence, it is a priority to focus the resources efficiently, determining which sections of a sewer network must be teleinspected, establishing what condition it is in, and concluding if they are required to be renewed or subject to corrective maintenance.

Is in this definition of network intervention, based on topological data and teleinspections carried out under an international methodology, as the NASSCO methodology, that several counties evidence the benefit of taking that information and applying statistics methodologies to determine what new sections must be teleinspected. This is for having a higher probability of failure in the future when qualifying structural levels that indicates a worse condition.

To replicate the international experience in this matter, it was worked in this study with information generated to determine the state of the sewer networks. This study “Foreign Waters Study” was realized by the Suralis company in the years 2023-2024, in four localities in the south of Chile, where they applied the NASSCO methodology in sections that were selected under a random sampling to have a representation of the structural state of each of the four localities.

Considering the topological information of the sewer network and the teleinspections carried out in the four localities to be able to determine the structural state of each section of the network, it was applied one of the statistical methodologies recommended, which corresponds to the logistical regression.

From the analysis of the model used in the four localities, it can be concluded that in two of them, the prediction of the model of the logistical regression was adjusted positively to the real failure. In addition, in the other two localities, the behavior was not expected. That is to say, with the little information available it is possible to predict that new sections should be teleinspected, expecting positive results in two of the localities.

To conclude, since Chile it already started the obligatoriness of teleinspected each year a percentage of the network, it is proposed in this study that sanitary companies use in short term statistics methodologies taking the topological information and from the carried out teleinspections, in order to select in this way the new sections, allowing focusing in an efficient way the resources in those that have more probability of failure.

INDICE

CAPITULO I INTRODUCCION	13
CAPITULO II ORIGEN, PROPÓSITO Y ALCANCE DEL ESTUDIO	16
2.1 ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO	16
2.2 ALCANCE DEL ESTUDIO.....	17
2.2.1 LÍMITES DEL ESTUDIO.....	19
CAPITULO III OBJETIVOS.....	21
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	21
CAPITULO IV ESTADO DEL ARTE	24
4.1 REVISIÓN DE ANTECEDENTES	24
4.1.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	24
4.1.2 COMPARATIVA INTERNACIONAL	30
4.1.3 PANEL DE EXPERTOS	31
4.2 SISTEMATIZACIÓN DE PALABRAS CLAVES Y/O CONCEPTOS	33
4.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL ESTADO DEL ARTE.....	34
4.3.1 QUE SABE LA CIENCIA DEL TEMA INVESTIGADO	34
4.3.2 COMO SE HA ABORDADO LA GESTIÓN DE REDES	39
4.3.3 TENDENCIAS RESPECTO A LAS REDES DE RECOLECCIÓN.....	40
4.3.4 ESTADO DEL TEMA INVESTIGADO.....	41
4.3.5 MODELOS O PAUTAS DE ESTUDIOS SIMILARES	44
4.4 SUJETO DE ESTUDIO: REDES DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS.....	45
4.4.1 CONDICIONES OPERACIONALES DEL SUJETO DE ESTUDIO.....	46
4.4.2 MUESTRA DEL SUJETO DE ESTUDIO	48
4.5 MARCO TEÓRICO DEL ESTADO DEL ARTE	53
4.6 MAPA MENTAL	57
CAPÍTULO V PROPUESTA METODOLOGICA	59
5.1 DENOMINACIÓN, DESCRIPCIÓN Y TIEMPO DE LOS PASOS	59
5.2 PROGRAMACIÓN DE LOS TIEMPOS DE LA INVESTIGACIÓN	65
CAPITULO VI APLICACIÓN METODOLÓGICA	67
6.1 ESTADO DEL ARTE	67
6.2 SUJETO DE ESTUDIO	67

6.3 MARCO TEÓRICO	67
6.4 PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO	67
6.5 DEFINICIÓN DE MODELOS DE DETERIORO.....	68
6.5.1 PRINCIPALES MODELOS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS	68
6.5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS ESTADÍSTICOS MAS UTILIZADOS.....	68
6.6 GENERACION DE BASE DE DATOS	74
6.7 EVALUACIÓN DE TELEINSPECCIONES.....	79
6.7.1 CLASIFICACIÓN NASSCO	79
6.7.2 RESULTADOS TELEINSPECCIONES REALIZADAS	79
6.7.3 VERIFICACIÓN EN TERRENO DE CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDAR NASSCO	90
6.8 APLICACIÓN DE MODELO DE DETERIORO	92
6.8.1 ANTECEDENTES REQUERIDOS.....	92
6.8.2 PORCENTAJE DE FALLA EN BASE A INFORMACIÓN DISPONIBLE	94
6.8.3 APLICACIÓN DE MODELO ESTADISTICO.....	95
6.8.4 TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	96
6.8.5 APLICACIÓN DEL MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA	97
6.9 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL MODELO	98
CAPITULO VII RESULTADOS	101
7.1 ANÁLISIS CRÍTICO VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO	101
7.2 RESULTADO FINAL PROPUESTA DE INSTRUCCIÓN	105
CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES	108
CAPÍTULO IX RECOMENDACIONES.....	110
9.1 RECOMENDACIONES TÉCNICAS	110
9.2 RECOMENDACIONES AL SECTOR.....	111
CAPITULO X BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	112
10.1 BIBLIOGRAFÍA	112
10.2 WEBGRAFÍA	114
CAPITULO XI GLOSARIO Y ACRÓNICOS.....	116
11.1 GLOSARIO	116
11.2 ACRÓNICOS.....	118
ANEXOS.....	120
ANEXO A FICHAS INVESTIGACIÓN	120
ANEXO B PANEL DE EXPERTOS	173

ANEXO C PALABRAS CLAVE	179
ANEXO D CLASIFICACIÓN NASSCO EJEMPLOS	202
ANEXO E RELACIÓN NASSCO CON VARIABLES TOPOLÓGICAS	210
ANEXO F SELECCIÓN DE MUESTRAS PARA TELEINSPECCIÓN	216
ANEXO G RESULTADOS DE APLICACIÓN DEL MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA	224
ANEXO H INSTRUCTIVO SISS	228

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Criterio SMART	18
Tabla N°2: Revisión Bibliográfica	24
Tabla N°3: Comparativa Internacional del Tema de Estudio	30
Tabla N°4: Sistematización de la información	33
Tabla N°5: Longitud de las redes de recolección de aguas servidas	45
Tabla N°6 Continuidad del servicio de alcantarillado.....	47
Tabla N°7: Modelos de regresión logística para la predicción de fallas en redes de alcantarillado.	55
Tabla N°8 Modelos de árboles de decisión para la predicción de fallas en redes de alcantarillado	56
Tabla N°9: Modelos EPR (Regresión Polinómica Evolutiva) para la predicción de fallas en sistemas de alcantarillado.....	57
Tabla N°10: Carta Gantt del Estudio	66
Tabla N° 11: Purranque – Topología Red (material – diámetro)	75
Tabla N°12: Alerce Topología Red (material – diámetro)	75
Tabla N°13: Paillaco Topología de la red (material – diámetro).....	76
Tabla N°14: Panguipulli Topología de la red (material – diámetro)	76
Tabla N°15: Purranque - Teleinspecciones	80
Tabla N°16: Panguipulli - Teleinspecciones	82
Tabla N°17: Alerce - Teleinspecciones.....	83
Tabla N°18: Paillaco - Teleinspecciones	85
Tabla N°19: Resumen de longitud de colectores seleccionados por localidad.....	92
Tabla N°20: Porcentaje de Falla por Localidad	95
Tabla N°21: Tamaño Mínimo de la Muestra	96
Tabla N°22: Matriz FODA	104
Tabla A.1 Fichas de Investigación	120

Tabla B.1 Panel de Expertos	173
Tabla C.1 Palabras Clave	179
Tabla G.1: Comparación Predicción Modelo con Falla Real - Alerce	224
Tabla G.2: Comparación Predicción Modelo con Falla Real - Paillaco	225
Tabla G.3: Comparación Predicción Modelo con Falla Real – Panguipulli	226
Tabla G.4: Comparación Predicción Modelo con Falla Real – Purranque	227

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: Satisfacción Usuarios	42
Gráfico N°2 Evolución del indicador de continuidad del servicio de alcantarillado	47
Gráfico N°3: Obstrucciones Purranque	49
Gráfico N°4 Obstrucciones Alerce	50
Gráfico N°5 Obstrucciones Panguipulli	51
Gráfico N°6 Obstrucciones Paillaco.....	52
Gráfica N°7: Regresión Logística	72
Gráfico N°8: Panguipulli Antigüedad de la Red.....	77
Gráfico N°9: Paillaco Antigüedad de la Red	77
Gráfico N°10: Alerce Antigüedad de la Red	78
Gráfico N°11: Purranque Antigüedad de la Red.....	78
Gráfico N°12: Tamaño de la muestra en función del error	94
Gráfico N°13: Resultado de Modelo de Regresión Logística	99
Gráfico N°14: Comparación de Falla de Modelo de Regresión Logística Con Datos Reales de Teleinspección.....	100
Gráfico E.1: Clasificación NASSCO - Diámetro.....	210
Gráfico E.2: Clasificación NASSCO - Material	211
Gráfico E.3: Clasificación NASSCO - Longitud.....	213
Gráfico E.4: Clasificación NASSCO - Antigüedad	214

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía N°1: Efectos de rotura de alcantarillado	35
Fotografía N°2: Preparación de Cámara robótica	90
Fotografía N°3.: Camión adaptado para realizar teleinspección	90
Fotografía N°4: Cámara Robótica antes de ingreso a colector.....	91

Fotografía N°5: Teleinspección a Colector, por operario Certificado	91
Fotografías D.1 Ejemplos NASSCO Clasificación	202

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración N°1: Cronología Clasificación Redes de Alcantarillado	38
Ilustración N°2: Redes de Alcantarillado Purranque	49
Ilustración N°3: Redes de Alcantarillado Alerce	50
Ilustración N°4: Redes de Alcantarillado Panguipulli	51
Ilustración N°5: Redes de Alcantarillado Paillaco	52
Ilustración N°6.: MAPA MENTAL	58
Ilustración N°7: Ejemplo de Informe de tramo de red	88
Ilustración N°8: Hoja de Ruta	107
Ilustración F-1: Colectores seleccionados en Paillaco para realizar la Video Inspección.	220
Ilustración F-2: Colectores seleccionados en Purranque para realizar la Video Inspección.	221
Ilustración F-3: Colectores seleccionados en Panguipulli para realizar la Video Inspección.	222
Ilustración F-4: Colectores seleccionados en Alerce para realizar la Video Inspección.....	223

CAPITULO I

INTRODUCCION

Si nos vamos al inicio de como partió la necesidad de evaluar el estado de una red de alcantarillado, nos debemos remontar a los años 70 en Inglaterra, momento en el cual las redes de alcantarillado terminaban su vida útil. Este problema se evidenció mediante la aparición de hundimientos y colapsos en las vías de circulación de vehículos pesados, es a partir de esta situación que se recurre al mantenimiento de las redes para mejorar y aumentar la vida útil de dichos sistemas y se comienza a plantear la necesidad de investigar de forma preventiva el estado de la infraestructura de alcantarillado y de realizar gestión sobre esta infraestructura.

La gestión de las redes de recolección, que involucra miles de kilómetros, se presenta como un problema generalizado, en donde la falta de inversión en reposición y mantención presenta un gran desafío para dar continuidad y calidad en la prestación del servicio de recolección, se espera que estos sistemas cumplan ciertos requerimientos de desempeño que incluyen el funcionamiento de las tuberías sin obstrucciones, bajas tasas de casos de inundación, la protección de la infraestructura adyacente y el resguardo de la salud pública.

A comienzos del 2000 la Asociación Estadounidense de Obras Hidráulicas, estimó que estaba naciendo una nueva era, la del reemplazo, ya que se necesitaría rehabilitar masivamente las redes de agua y alcantarillado construidas por las generaciones anteriores, lo cual involucra de grandes inversiones. Un factor para tener en cuenta es que posponer la inversión sólo empeora el problema.

Complementando lo anterior la EPA, ha definido que a medida que envejecen las redes de alcantarillado, el riesgo de deterioro y colapsos se convierte en una preocupación importante. La EPA estableció requisitos para la limpieza e inspección de las líneas de alcantarillado, a nivel internacional se refuerza el concepto de que se debe garantizar la condición estructural de las redes de alcantarillado, y para esto se debe contar con información que permita tomar las decisiones de rehabilitación de las redes de recolección.

Por lo anterior es que juega un rol relevante la gestión de activos en los sistemas de alcantarillado, ya que permite durante el mayor tiempo posible, la funcionalidad del sistema y así garantizar el desempeño óptimo del diseño inicial a lo largo de su vida útil. Esta gestión se puede realizar priorizando el mantenimiento predictivo, este método permite establecer datos de desempeño de referencia, monitorear los criterios durante un periodo de tiempo y observar los cambios en el desempeño para poder predecir las fallas y realizar el mantenimiento de manera planificada y programada. Las empresas trabajan en general con mantenimiento correctivo como

método de operación y mantenimiento del sistema y no se centran en el mantenimiento preventivo y predictivo, esto por un tema de recurso.

En el sector sanitario nacional la reglamentación sanitaria obliga a las prestadoras de estos servicios a garantizar la continuidad y la calidad (DFL MOP N°382, 1988), es en este análisis en donde se visualizan varios factores que dan alertas de un riesgo en mantener esta continuidad, y de que los usuarios pueden estar afectados a rebases de aguas servidas.

El primero de estos factores tiene relación con la evaluación en la prestación de las empresas de servicios sanitarios, la cual se evalúa a través del Estudios de Percepción a los Usuarios, en donde se ubica al servicio de recolección como el de más baja calificación, (SISS, 2022, Estudio de Percepción), a lo anterior se suma la baja renovación que realizan las empresas sanitarias de las redes de recolección de aguas servidas, (SISS, 2022, Informe de Gestión), el porcentaje de reposición en el año 2022 fue de un 0,22 % anual, y en los últimos 10 años se ha mantenido en valores similares, factor que influye directamente en la continuidad y calidad del servicio.

En esta investigación se comienza con un alcance exploratorio, en donde se analiza lo que han realizado otros países para llegar a estándares de rebases (SSO) que no generen problemas a la ciudadanía, y para ello realizan una gestión permanente frente a las redes de recolección. Esto nos permitirá tener una mirada del Estado del Arte que existe referido a la materia, para eso se analizará en particular lo que ha desarrollado EEUU a través de su metodología PACP de clasificación de tuberías, y la Empresa Pública de Medellín EPM, la cual ha sacado normativa interna que va en la línea de hacer gestión respecto a las redes de recolección (Empresa de Acueducto de Bogotá E.S.P, 2020).

Para cambiar la tendencia que existe en nuestro país, este estudio propone complementar las instrucciones que ha entregado la SISS al sector, referido a la gestión de las redes de alcantarillado, proponiendo la aplicación de modelos de deterioro que permita realizar un análisis de la infraestructura existente, orientando de esta manera a un Mantenimiento Predictivo, basado en un análisis que tome como insumo, además de las características de la red y su operación, a las teleinspecciones que están desarrollando las empresas sanitarias bajo metodología NASSCO.

Los modelos de deterioro para determinar y predecir el estado de los componentes del sistema a lo largo de su vida útil; se clasifican en modelos determinísticos, estadísticos y de aprendizaje automático. Para la aplicación de estos modelos se requiere de información de la red y de su estado estructural, lo cual es complejo de tener en el caso de países en desarrollo ya que, en primer lugar, se tienen grandes limitaciones de recursos (financieros y humanos) disponibles para los procesos de teleinspección y de la realización de mantenimiento, por lo cual no es posible inspeccionar el 100% de los sistemas y, en segundo lugar, como consecuencia de

lo anterior, el proceso de toma de decisiones para la priorización del mantenimiento de las redes requiere ser apoyado por información técnica y relaciones justificadas entre las variables de deterioro y las fallas en el sistema.

Entonces, el soporte que dan estos modelos respecto a los recursos limitados, se percibe cuando la información que se registra en la inspección de una porción de las redes de alcantarillado permite obtener un material del cual es posible extraer conocimiento y patrones para predecir el comportamiento de la totalidad del sistema, al igual que garantizar la inversión de recursos de manera más eficiente.

De la información recopilada, se indica que entre las diferentes metodologías revisadas se destaca el uso de modelos como regresión lineal, regresión logística, árboles de decisión, bosques aleatorios, máquinas de soporte vectorial, regresión polinómica evolutiva y redes neuronales. Se indica que mediante la aplicación de estos modelos a diferentes casos de estudio en los últimos 20 años se han logrado estimar en zonas con diferentes características topológicas algunos de los patrones de deterioro que pueden identificarse a partir de los registros de inspecciones realizadas previamente a las redes.

Los modelos que serán analizados para determinar cuál será utilizado en las localidades en estudio corresponden a los más citados en la recopilación de la información, y por ser los que permiten tener una primera mirada para establecer el estado de la red de recolección, estos son: Cadenas de Markov, Árboles de decisión y Regresión logística.

En este estudio para tener una aproximación en la utilización de estos modelos, se considera la recopilación de información de teleinspección bajo metodología NASSCO (NASSCO, 2020), en 4 localidades del sur de Chile, Purrenque, Alerce, Paillaco y Panguipulli, en donde se definieron los tramos a inspeccionar bajo métodos estadísticos, con esta información, más los datos topológicos disponibles en la SISS, se realizará un análisis de probabilidad de falla en cada localidad, y se evaluará su aplicación en otras localidades, en donde se disponga de la información requerida.

Una vez finalizado el estudio, se busca establecer una instrucción al sector sanitario, la cual considerará la nueva información de las teleinspecciones que se va a ir recabando cada año, para que realicen los respectivos análisis de su infraestructura y en base a esto se aceleren las medidas de renovación y de mantenimiento, esto es necesario dado que como se indicó anteriormente se tiene un porcentaje de renovación y de percepción por parte de los usuarios extremadamente bajo.

CAPITULO II

ORIGEN, PROPÓSITO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

En este Capítulo se abordará el origen, propósito y alcances del estudio, asociado a la evaluación de las redes de recolección de aguas servidas, de las empresas sanitarias concesionadas, tomando información de su infraestructura, de su operación y de las teleinspecciones realizadas.

2.1 ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO

En el sector sanitario la reglamentación sanitaria obliga a las prestadoras de estos servicios a garantizar la continuidad y la calidad (DFL MOP N°382, 1988), es en este análisis en donde se visualizan varios factores que dan alertas de un riesgo en mantener esta continuidad, y de que los usuarios pueden estar afectados a rebases de aguas servidas.

El primero de estos factores tiene relación con la evaluación en la prestación de las empresas de servicios sanitarios, la cual se evalúa a través del Estudios de Percepción a los Usuarios, en donde se ubica al servicio de recolección como el de más baja calificación, (SISS, 2022, Estudio de Percepción), a lo anterior se suma la baja renovación que realizan las empresas sanitarias de las redes de recolección de aguas servidas, (SISS, 2022, Informe de Gestión), el porcentaje de reposición en el año 2022 fue de un 0,22 % anual, y en los últimos 10 años se ha mantenido en valores similares, factor que influye directamente en la continuidad y calidad del servicio.

La Reglamentación Sanitaria (DFL MOP N°382, 1988) no le otorga herramientas al órgano regulador y fiscalizador, que en este caso es la SISS, para instruir al sector un porcentaje de renovación anual, considerando su antigüedad, material u otra característica técnica. La SISS sólo dispone para instar a una mejor gestión el otorgamiento de multas por discontinuidad en el servicio (Ley 18902, 1990), buscando de esta forma un cambio en la gestión por parte de los prestadores, o a través de instrucciones que consideren estándares internacionales, que en forma indirecta insten a la renovación de la red o a un mantenimiento más proactivo o predictivo.

Es en esta línea de trabajo donde se propone complementar las instrucciones que ha entregado la SISS al sector, referido a la gestión de las redes de alcantarillado, desarrollando una metodología que permita realizar un análisis de la infraestructura existente, orientando de esta manera a un Mantenimiento Predictivo, basado en un análisis que tome como insumo, además de las características de la red y su

operación, a las teleinspecciones que están desarrollando las empresas sanitarias bajo metodología NASSCO (SISS, 2024, Resolución SISS 553).

2.2 ALCANCE DEL ESTUDIO

El alcance del estudio contempla el poder definir instrucciones al sector sanitario, relacionada con las redes de recolección de aguas servidas, en un plazo de 1 año y definir una hoja de ruta para los años posteriores. Para esto se deberá definir la metodología a ser aplicada, para diagnosticar la infraestructura de las redes de alcantarillado de las empresas sanitarias con el fin de definir acciones que permitan garantizar la continuidad del servicio de recolección.

Las instrucciones al sector van a considerar metodologías que utilicen las teleinspecciones ejecutadas por las empresas sanitarias, como una variable que permita proyectar fallas futuras (estructural – operacional) en la infraestructura existente y que a partir de esto se definan planes de renovación o de mantenimiento para evitar problemas de continuidad, esto es necesario dado que como se indicó anteriormente se tiene un porcentaje de renovación extremadamente bajo cercano al 0%, por lo que se deben buscar nuevas herramientas orientadas a un mantenimiento predictivo, que direcciona al aumento en el porcentaje de reposición que actualmente existe, y en el tiempo ir mejorando en los resultados del estudio de percepción de los usuarios.

Como el proceso de la teleinspección es un proceso que requiere de recursos y tiempo, estas instrucciones buscan el poder focalizarlos en aquellos tramos que pueden presentar los principales problemas, el llegar a un 100% de la red teleinspeccionada puede tardar décadas, y es por este motivo la importancia de definir nuevas estrategias al sector.

En este estudio se considera la recopilación de información de teleinspección bajo metodología NASSCO (NASSCO, 2020), en 4 localidades del sur de Chile, Purranque, Alerce, Paillaco y Panguipulli, en donde se definieron los tramos a inspeccionar bajo métodos estadísticos, con esta información, más los datos topológicos disponibles en la SISS, se realizará un análisis de probabilidad de falla en cada localidad, y se evaluará su aplicación en otras localidades, en donde se disponga de la información requerida.

En la tabla 1 se aplica el Criterio SMART, para evaluar el grado de factibilidad del estudio a realizar:

Tabla N°1: Criterio SMART

Aplicación a Criterios Smart:	EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA - REDES DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS
Criterios	Descriptor
Específico	El tema es específico por lo siguiente: - Se enfoca en la predicción del estado de una red de recolección, aplicando modelos de deterioro estructural, considerando información de las redes, de su operación y datos de terreno (teleinspección). - Se enfoca en generar instrucciones específicas al sector sanitario, para que realicen evaluación de su infraestructura en base a modelos de deterioro.
Medible	El tema propuesto es medible, ya que contempla a partir de la información disponible, el poder hacer proyecciones respecto al porcentajes de red que pudieran requerir en el corto, mediano o largo plazo, ya sea una teleinspección o un mantenimiento, ya sea reactivo, proactivo o preventivo. A medida que las empresas sanitarias vayan generando más información por la instrucción de la SISS de teleinspeccionar, las proyecciones de modelos tendrán porcentajes de asertividad cada vez mayores.
Alcanzable	El tema propuesto es alcanzable por lo siguiente: - Se dispone de información en la SISS de las redes de recolección de la zona de estudio. - A través del convenio de colaboración entre la SISS y Suralis, se tiene información de las teleinspecciones realizadas y datos específicos en 4 localidades operadas por dicha empresa. - Existen modelos de deterioro que permiten establecer el estado de una red de recolección a partir de información de la red y de teleinspecciones.
Relevante	El tema es relevante por lo siguiente: - La baja renovación, inversión y gestión en las redes de recolección, además de la antigüedad de estas, están generando problemas en la continuidad del servicio. Estos factores van a generar un alto riesgo de falla escalonada, que el sector no podrá abordar, si no se hacen gestiones en el corto y mediano plazo. - El generar instrucciones y lineamientos en esta materia traerá grandes cambios a la forma de gestionar las redes por parte de las empresas sanitarias, y de la fiscalización a realizar por parte del órgano fiscalizador,
Temporal	El tema es temporal, ya que abordará la data de información disponible hasta el año 2024. Los resultados obtenidos, basados en la probabilidad de falla de las redes de alcantarillado en las localidades estudiadas, servirán de base para definir instrucciones por parte del Órgano Regulador al sector sanitario en el periodo de 1 año y definir una hoja de ruta para los años posteriores. A través de lo cual se establecerá de forma obligatoria la aplicación de modelos de deterioro en las redes de recolección de aguas servidas, que se orientan a una correcta gestión de activos de las redes de recolección.

Fuente: Elaboración Propia

2.2.1 LÍMITES DEL ESTUDIO

El estudio se realizará en 4 localidades del sur de Chile, involucra las localidades de Alerce, Purránque, Panguipulli, y Paillaco, cuya concesión de alcantarillado es administrada por la empresa Suralis. Estas localidades forman parte del estudio que está realizando la empresa Suralis, en donde la SISS es contraparte técnica, estudio que comprende el ingreso de aguas lluvias a las redes de recolección de aguas servidas (INECON, 2022).

Para estas localidades se considera una muestra de 30 observaciones por cada localidad, elegidas a través de un muestreo aleatorio simple, además se analizará la continuidad en el servicio de alcantarillado, para esto se tomará como referencia el Protocolo de Información PR013 de Calidad de Servicio, el Estudio de Percepción de Usuarios 2022 y el Informe de Gestión SISS 2022.

ALCANCE CIENTÍFICO DEL ESTUDIO

Se aplicarán diferentes enfoques, los cuales se explican a continuación:

Exploratorio: En nuestro país existe un problema referido a la prestación del servicio de alcantarillado, en donde se mantiene un nivel elevado de SSO (rebases de aguas servidas), en comparación con los países desarrollados, existe una mala percepción de este servicio por parte de los usuarios (Estudio de Percepción, 2022), y una muy baja reposición (Informe de Gestión, 2022), se busca explorar nuevas fórmulas para abordar este problema, que comprende hacer un análisis de la infraestructura de alcantarillado de una localidad o zona.

Descriptivo: En lo referido a las instrucciones que ha impartido la SISS respecto a este tema (SISS, 2024, Resolución N°553), se toman como referencia una serie de variable asociadas a la red de recolección, considerando su ubicación y clientes, se busca a través del alcance del estudio, otorgar una herramienta que permita realizar un mantenimiento predictivo, incorporando la variable de la teleinspección en el proceso. De esta forma se trabaja con valores de campo, los cuales jugaran un rol relevante si estas se ajustan a aspectos estadísticos que permitan hacer un diagnóstico y predecir el comportamiento de una determina red de recolección.

Correlacional: En el estudio se van a relacionar variables asociadas a las características de las redes de recolección, con los registros de las teleinspecciones que entregan valores del estado real de las tuberías basada en Metodología NASSCO (NASSCO, 2020), la cual clasifica las tuberías en base a sus características estructurales y operacionales.

Explicativo: Se considerarán las investigaciones realizadas en otros países, como en EEUU y en Colombia, en donde la gestión de activos considera información de terreno como la teleinspección, es algo que se está desarrollando, buscando el mantenimiento preventivo, en post del mantenimiento reactivo o proactivo.

En esta investigación se comienza con un alcance exploratorio, en donde se analiza lo que han realizado otros países para llegar a estándares de SSO que no generen problemas a la ciudadanía, y para ello realizan una gestión permanente frente a las redes de recolección. Esto nos permitirá tener una mirada del Estado del Arte que existe referido a la materia, para eso se analizará en particular lo que ha desarrollado EEUU a través de su metodología PACP de clasificación de tuberías, y la Empresa Pública de Medellín EPM, la cual ha sacado normativa interna que va en la línea de hacer gestión respecto a las redes de recolección (Empresa de Acueducto de Bogotá E.S.P, 2020).

Se busca hacer una correlación entre todas las variables, calidad de servicio, características de la red, teleinspecciones, que permita al sector sanitario evaluar la probabilidad de falla y tomar las medidas necesarias, buscando siempre un mantenimiento predictivo.

Una vez finalizado el estudio, se busca establecer una instrucción al sector sanitario, la cual considerará la nueva información de las teleinspecciones que se va a ir recabando cada año, para que realicen los respectivos análisis de su infraestructura y en base a esto se aceleren las medidas de renovación y de mantenimiento operacional.

En conclusión, el estudio se orienta mayormente a los alcances que tienen relación con los aspectos “Correlacional y Explicativo”, ya que se debe hacer un análisis de variables asociadas al tema (datos topológicos de las tuberías y datos de teleinspección) tomando como base experiencias ya aplicadas en otros países.

CAPITULO III

OBJETIVOS

Se indica a continuación el Objetivo General de la investigación, y los 13 objetivos específicos, que representan los pasos de la evaluación metodológica del estudio, estos están asociados a la recopilación de información, su procesamiento, análisis y aplicación de metodologías estadísticas que permiten establecer una probabilidad de falla en las redes de alcantarillado.

3.1 OBJETIVO GENERAL

Proyectar el estado estructural de una red de alcantarillado, en determinadas localidades, considerando información disponible al 2024, aplicando un modelo estadístico basado en información de la red y resultados de la teleinspección. Con el fin de generar instrucciones al sector sanitario que permitan incrementar el porcentaje de reposición de las redes de alcantarillado y mejorar los índices de percepción de los usuarios en el mediano y largo plazo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Objetivo específico N°1:

Identificar y conocer a nivel bibliográfico y de webgráfica todas aquellas materias relacionadas con el objeto de estudio, que tiene relación con la gestión de las redes de recolección de aguas servidas en las áreas de concesión de las empresas sanitarias. Sistematizando la información en fichas bibliográficas y en un documento en Excel que conecte conceptos, preguntas de la investigación, palabras clave, y aspectos relevantes.

Objetivo Específico N°2

Describir el sujeto de estudio mediante la descripción de las diferentes características de una red de alcantarillado, topología y condiciones operacionales, considerando además todos los objetivos de la investigación.

Objetivo Específico N°3

Definir el Marco teórico de la investigación tomando en consideración el conocimiento del estado del arte y de la descripción del sujeto de estudio. Evaluando además los objetivos, y el mapa mental, el cual debe considerar a lo menos a nivel gráfico las etapas que corresponden al modelo real.

Objetivo Específico N°4:

Proponer en un listado los diferentes pasos necesarios para lograr y cumplir el objetivo general del estudio, indicando en una carta Gantt los tiempos empleados para cada paso.

Objetivo Específico N°5

Determinar los modelos existentes de deterioro de tuberías, los cuales permiten correlacionar la información disponible de una red de recolección y teleinspecciones realizadas, para estimar los porcentajes de red que pueden presentar problemas estructurales.

Objetivo Específico N°6:

Revisar la información de las redes de alcantarillado de las 4 localidades a ser estudiadas, disponibles en las bases de datos de la SISS, en la cual se detallan antecedentes de la red, y de la continuidad del servicio (obstrucciones), además de los datos disponibles en la empresa Suralis.

Objetivo Específico N°7:

Analizar las teleinspecciones realizadas en las 4 localidades de estudio, verificando su cumplimiento con el estándar de PACP de NASSCO.

Objetivo Específico N°8:

Aplicar el modelo seleccionado de probabilidad de falla, que permite correlacionar la información disponible de la red y de las teleinspecciones realizadas, para estimar la precisión del modelo para cada localidad, y definir el porcentaje de la red que presentaría problemas estructurales.

Objetivo Específico N°9:

Evaluación de la metodología aplicada, en base a los resultados obtenidos, considerando el error asociado a la muestra utilizada, y otras variables que pueden influir en el resultado obtenido.

Objetivo Específico N°10

Se analizarán las ventajas y desventajas de la aplicación de modelos que permiten establecer la probabilidad de falla, indicando las limitaciones de los resultados en base a la información disponible.

Objetivo Específico N°11

Instaurar un sistema que permita al sector sanitario evaluar el estado de las redes de recolección y con esto se logre una mejor gestión de reposición en las zonas que presenten mayor riesgo, esto por presentar un alto deterioro estructural, este sistema se basará en instrucciones impartidas por la SISS que consideren todas las variables antes señaladas.

Objetivo Específico N°12

Establecer las conclusiones del estudio en un sentido práctico, a partir de los resultados generales y de los resultados parciales, los cuales consideraran los modelos de deterioro, y planes de intervención de reposición en las zonas que presenten un alto deterioro estructural, así como la pertinencia de instrucciones que permita mejorar la gestión de las redes de alcantarillado.

Objetivo Específico N°13

Se realizarán recomendaciones bajo diferentes miradas, tanto profesional, técnico, académico y personal, en base al estado actual de la infraestructura sanitaria, en específico de las redes de recolección, y de la gestión que realizan las empresas sanitarias.

Estas recomendaciones deberán considerar un análisis desde el punto de vista del regulador, como de las empresas sanitarias, en lo referido a la gestión de las redes de alcantarillado.

Finalmente se analizarán recomendaciones al mundo académico, en donde se visualiza la necesidad de reforzar a nivel nacional, conocimientos en lo referido a modelos de deterioro, y gestión de redes basadas en la teleinspección.

CAPITULO IV

ESTADO DEL ARTE

En este Capítulo se aborda el estado del arte, el cual comprende un análisis y conclusiones del tema estudiado, para lo cual se realizó una investigación de lo que existe a nivel internacional y nacional, la cual comprendió una revisión de la bibliografía referida a la gestión de redes de recolección, una comparación internacional y consultas a expertos.

4.1 REVISIÓN DE ANTECEDENTES

4.1.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se realizó una revisión bibliográfica, la cual se resume en la siguiente tabla, en esta se recopiló información a nivel nacional e internacional. En Anexo A se presenta el detalle de cada ficha que se cita a continuación.

Tabla N°2: Revisión Bibliográfica

N° Ficha	Cita Bibliográfica	Descriptor
Fichas Fundamentales		
1	Caradot N.,2018	Plantea que existe una insuficiente inversión pública y municipal, se aplica modelo para establecer el estado de deterioro de una red de recolección.
2	Myrans J., 2019	Se plantea una metodología para identificar automáticamente el tipo de falla detectada utilizando imágenes sin procesar de CCTV.
3	Rokstad M. 2015	Se indica que la Predicción de los modelos actuales de deterioro del alcantarillado está limitado por la adecuación de las variables explicativas disponibles.
4	Okwori E.,2021	Se propone un marco para permitir una mayor gestión de activos basada en datos de redes de tuberías, plantea la práctica de gestión de datos y los desafíos de la implementación de la gestión de activos.
5	Rodriguez N. 2006	Se aborda el concepto de rehabilitar el alcantarillado correcto, en el tiempo correcto usando la técnica adecuada para rehabilitación al mínimo costo total y antes que ocurran fallas serias.

N° Ficha	Cita Bibliográfica	Descriptor
6	Posada A. 2019	Se analiza la viabilidad de la aplicación de metodologías de Minería de datos para determinar la necesidad de rehabilitación de tuberías en redes de drenaje.
7	Caradot N., 2018	Se analiza los efectos de una infraestructura de alcantarillado envejecida que necesita reparación, rehabilitación o renovación. Los modelos de deterioro se presentan como una herramienta de extracción de datos para definir la planificación estratégica de inversiones
8	Sauza L., 2020	Estudio que profundiza en el aspecto predictivo del estado estructural interno de las tuberías de alcantarillado. Se plantea que la inspección con CCTV es el método más utilizado para la predicción.
9	Montoya A. 2019	El objetivo de esta investigación es identificar la influencia de diferentes características en la probabilidad de falla de tuberías de alcantarillado. Se analiza el alcantarillado de los municipios holandeses de Breda y Almere.
10	Stanić N., 2016	Trata sobre los numerosos factores que pueden influir en el comportamiento estructural e hidráulico de las tuberías de alcantarillado, llegando eventualmente a su falla.
11	Cabrera M., 2019	Se aborda el proceso de evaluación del deterioro de tuberías de drenaje, que se inscribe en la etapa de diagnóstico, dentro de un programa de acciones de mantenimiento.
12	Lee J., 2021	Este estudio sugiere un marco de priorización basado en riesgos para la inspección de tuberías de alcantarillado considerando la condición prevista de tuberías de alcantarillado y la criticidad de los impactos económicos, sociales y ambientales asociados con ellos
13	Laakso T., 2018	En este artículo, se combinan resultados de inspección, atributos de tuberías, datos de red y datos sobre el entorno de las tuberías para predecir el estado de las tuberías y descubrir qué factores las afectan.
14	Tavakoli R; 2020	El objetivo principal de esta investigación es desarrollar un modelo predictivo para tuberías de aguas residuales utilizando clasificación forestal aleatoria. Los modelos predictivos pueden predecir de manera eficiente el estado de las aguas residuales y pueden aumentar el nivel de certeza del estado actual de las tuberías de aguas residuales
Fichas Específicas		
1	EPA 1999.	EPA estableció requisitos para la limpieza e inspección de las líneas de alcantarillado. Se describen las Técnicas de Inspección, las Técnicas de Limpieza y su Aplicabilidad

N° Ficha	Cita Bibliográfica	Descriptor
2	Norma Técnica de Servicio NS-058/2021	Esta norma técnica define los requisitos mínimos exigidos en la investigación y calificación de tuberías de alcantarillado que funcionan principalmente por gravedad.
3	NASSCO -PACP - 2020	Estándar de inspección que facilita el registro de información más precisa y detallada sobre una tubería y su condición. Con esto se pueden crear estrategias que minimicen de manera más efectiva el riesgo, el tiempo y los recursos, al mismo tiempo que maximizan el retorno de la inversión.
4	Cadenas Markov/Sin Año	Se describe la Cadena de Markov Finita: Es una cadena para la que existe sólo un número finito de K, de estados posibles y en cualquier instante de tiempo la cadena está en uno de estos estados K estados.
5	Karola Y., 2011	Se establece una relación directa entre las posibles combinaciones de los atributos existentes en una red de alcantarillado y los daños y/o combinación de ellos que se presenten, lo cual permite dar una calificación por medio de condiciones que indican el estado actual de las tuberías
Fichas Complementarias		
1	Buried No Longer	Informe que se enfrenta a la necesidad de una reinversión masiva en la infraestructura durante las próximas décadas.
2	EPA 2003	Manual para minimizar fallas del sistema de alcantarillado, que provocan problemas de continuidad y rebases a la vía pública. Esto en base a mantenimiento preventivo y predictivo
3	Informe de Gestión 2022	El Informe de Gestión se compone de diez capítulos los cuales describen la gestión realizada por las concesionarias y su comportamiento en cada una de las áreas que lo constituyen
4	Estudio de Percepción 2022	Informe que describe la percepción que tienen los usuarios de la prestación de los servicios que por ley deben entregar las empresas sanitarias, aumenta la transparencia de mercado.
5	Resolución SISS N°553 del 2024	Instructivo de cumplimiento obligatorio por parte de las concesionarias, aplica a las redes y conducciones unitarias o separadas independiente del diámetro y material de la tubería.
6	DFL MOP N°382/88	Ley que se definen las disposiciones relativas al régimen de explotación de servicios públicos destinados a producir y distribuir agua potable y a recolectar y disponer aguas servidas.
7	NCh3354 del 2014	Norma que trata sobre la limpieza de los sistemas de alcantarillado público. Las empresas sanitarias deben tener en aplicación un programa permanente de limpieza preventiva de sus redes de alcantarillado
8	NCh3640/1 del 2023	Norma que hace una descripción general para los sistemas de canalización de materiales plásticos de diferentes materiales empleados para la rehabilitación de redes de alcantarillado.

N° Ficha	Cita Bibliográfica	Descriptor
9	UNE-EN 13508-2 del 2012	Norma que especifica un sistema de codificación para la descripción de la condición interna de los alcantarillados, identificado mediante inspección visual
10	Pérez M. 2011	Describe el costo de las redes de alcantarillado y el descuido de los mismos y los efectos como colapsos, describe herramientas para la gestión.
11	DS MOP N°1199, 2004	Se regula el régimen de las concesiones sanitarias de producción y distribución de agua potable y de recolección y tratamiento de las aguas servidas.
12	NCh1105 del 2019	Norma que establece las condiciones generales relativas al diseño y cálculo de una red de alcantarillado de aguas residuales, se define que las obras de alcantarillado tienen como finalidad esencial el saneamiento ambiental, recolectado y evacuando apropiadamente las aguas residuales.
13	NCh3409 del 2019	En esta norma se describen los procedimientos para la rehabilitación de tuberías y conductos de diámetro nominal entre 50 mm a 2500 mm mediante la instalación de una manga flexible impregnada de resina que se invierte
14	Serna M. 2002	Se aborda el estado del arte de las nuevas tecnologías de inspección y limpieza de los sistemas de alcantarillado y analizar su efecto en el diseño y en la normatividad existente de los elementos de la red.
15	Equipos Teleinspección	Se describen cámaras de teleinspección modelo Camboss 100, el cual es un equipo diseñado para monitorear tuberías en el rango de DN 100 - 300 mm.
16	Tecnologías Sin Zanja 2018	Describe la tecnología sin zanja, como la técnica a utilizar en la instalación, reemplazo, renovación rehabilitación, inspección, localización y detección de problemas en conducciones bajo el terreno natural sin necesidad de abrir zanjas
17	Shamsuddin D. 2022	Este artículo revisa artículos de revistas y literatura gris para evaluar la gestión de estas infraestructuras de manera integrada (es decir, el más alto nivel de coordinación) y describe posibles obstáculos para hacerlo
18	Venkatesh G., 2011	Se plantea que las redes de alcantarillado están en riesgo alto. Los estudios de sostenibilidad nunca se completan. Se indica que hay numerosos aspectos que no se han integrado en la investigación debido a limitaciones de tiempo, escasez de datos y la consiguiente necesidad de limitar el alcance
19	Tscheikner-Gratl F., 2020	Se indica que la gestión de activos de alcantarillado tendrá un impacto importante en la funcionalidad y calidad de los servicios futuros. Se plantean diferentes enfoques que van desde diversas técnicas de inspección, modelos de deterioro para evaluar la probabilidad de fallo o la vida útil técnica, hasta sofisticados sistemas de apoyo a la toma de decisiones.

N° Ficha	Cita Bibliográfica	Descriptor
20	Ahmadi M., 2014	El propósito de este artículo es discutir la influencia de la disponibilidad de datos y sobre la demostración de los beneficios de su recopilación. En este artículo, se presentan y discuten enfoques de gestión con respecto a la influencia de los datos
21	Gallego M., 2021	Corresponde a una presentación para la predicción de las tuberías utilizando IA, para esto se clasifica los deterioros de 1 a 5, tal como la metodología de PACP.
22	Martínez J., 2019	En este estudio se evalúan algunas técnicas de extracción de características de imágenes de CCTV y se comparan los resultados al utilizarlas para la clasificación de imágenes de tuberías de alcantarillado con o sin anomalías, buscando identificar automáticamente anomalías en las redes de alcantarillado.
23	Kresse A., MWM 530 2024	Se hace una descripción del sector sanitario en donde se describe el empoderamiento de los clientes y del SERNAC
24	Viera O., MWM 530 2024	El documento sirve para constatar de que no se hace una descripción detallada de las acciones de mantenimiento que se realizan en las redes de alcantarillado, si se indica que la tasa de renovación de las AS oscila entre un 0,2% a un 0,8%, lo que ratifica que la renovación es muy baja, además se señala que la vida útil no es la guía para definir la renovación, si los indicadores de desempeño, pero no se detalla cuáles son estos.
25	Acosta L. MWM 530 2024	El documento sirve para poner en relevancia la gestión de operaciones y como una operación excelente debe ser capaz de satisfacer a todos los interesados para garantizar un éxito sostenible a largo plazo
26	Rojas I. MWM 530 2024	El documento sirve para complementar los resultados del Estudio de Percepción de la SISS, ya que en este documento se pone en valor al cliente y se parametriza a través de los mapas o experiencia del cliente.
27	Viera O., MWM 530 2024	El documento es un aporte específico ya que se definen en los beneficios de la gestión de activos, dentro de los cuales está el prolongar la vida útil de los activos y mejorar las decisiones sobre rehabilitación, reparación y reemplazo de activos
28	Flores R. MWM 530 2024	El aporte de este documento es que se abordan como método: Regresiones Cadenas de Markov, Monte Carlo, Redes neuronales.
29	Martín J. MWM 530 2024	El aporte radica en que Chile al igual que el resto del planeta está sufriendo por el cambio climático; situación que está produciendo menores precipitaciones, y eventos aislados de alta pluviosidad en plazos de corta duración.
30	Martín J. MWM 530 2024	El texto es un aporte ya que se abordan las cadenas de Markov, las cuales serán analizadas en el proyecto a desarrollar, en donde se busca poder proyectar el estado de una red de alcantarillado, tomando como base los valores actuales.

N° Ficha	Cita Bibliográfica	Descriptor
31	Martín J. MWM 530 2024	El documento es un aporte ya que pone sobre la mesa que se debe abordar toda el agua, con un concepto de cuenca, esto incluye el efecto que pueden ocasionar los rebases de aguas servidas, generando posibles contaminaciones a la cuenca.
32	Valenzuela L. MWM 530 2024	El aporte es para orientar, ya que la implementación de gestión en las redes de alcantarillado, en base a las instrucciones impartidas por la SISS, requieren de la aplicación de una estrategia por parte de las empresas sanitarias.
33	Arenas- T. MWM 530 2024	El texto es para orientar, ya que de las lecturas revisadas una de las principales inversiones que deben realizar las empresas sanitarias es referida a sus redes de agua potable y alcantarillado, y si estas inversiones no se realizan en forma oportuna puede influir en el riesgo financiero de la empresa.
34	Castro H. MWM 530 2024	El texto es orientador, lo que se rescata es que las empresas no solo deben generar ganancia y prestar servicios, como es en el ámbito sanitario, sino que deben también velar por cumplir con la reglamentación y normativa, y proveer este cumplimiento en el tiempo
35	Castro H. MWM 530 2024	El documento es orientador, ya que la SISS al establecer normativa que vaya en garantizar la calidad y continuidad del servicio, se orienta en una política pública que le dé continuidad al modelo de prestar los servicios básicos a través de empresas privadas,
36	Rubio P. MWM 530 2024	El documento es orientador, ya que plantea que para alcanzar los objetivos referidos a temas hídricos se requiere de una gobernanza que sea capaz de abordar estos desafíos.
37	González M. MWM 530 2024	Es un documento que sirve para orientar, ya que una vez que la SISS exija a las empresas realizar un análisis de riesgo de sus redes de alcantarillado, se podrá hacer un análisis de eficiencia de salida, para evaluar el estado de cumplimiento de cada una de ellas.
38	Acosta L. MWM 530 2024	El documento sirve para orientar, y para complementar el concepto de que al tener un problema complejo como es la gestión de activos en lo que se refiere a las redes de alcantarillado, se deben buscar las metodologías que permitan simplificar el problema a través de un modelo.
39	Millán M. MWM 530 2024	El texto sirve para poner en contexto que el MOP tiene a su cargo los Planes de Maestros de Aguas Lluvias, los cuales cuando se implementan reducen los problemas de aguas ajenas en las redes de aguas servidas, este concepto es relevante, ya que, aunque algunas empresas realicen una buena gestión sobre sus redes la incorporación de estas aguas genera problemas en la continuidad y calidad del servicio.
40	Millán M. MWM 530 2024	Planes de Maestros de Aguas Lluvias, los cuales cuando se implementan reducen los problemas de aguas ajenas en las redes de aguas servidas

N° Ficha	Cita Bibliográfica	Descriptor
41	Ramirez J. MWM 530 2024	El texto sirve para poner en contexto que se deben buscar soluciones para reducir los problemas de aguas ajenas en las redes de aguas servidas, este concepto es relevante, ya que, aunque algunas empresas realicen una buena gestión sobre sus redes la incorporación de estas aguas genera problemas en la continuidad y calidad del servicio
42	Elgueta M. MWM 530 2024	El documento permite identificar que el sector sanitario tiene riesgos asociados a la continuidad del negocio, el cual requiere tener una mirada integral de la gestión que se realiza. La SISS considera que las empresas no están invirtiendo en renovación al ritmo que se requiere lo cual pone en riesgo el poder seguir suministrando los servicios en la calidad que se requiere.

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 COMPARATIVA INTERNACIONAL

En este punto se analiza lo que hay internacionalmente respecto a este tema, específicamente en lo referido a como se ha abordado la gestión de las redes de alcantarillado, considerando para esto la información topológica y datos de la teleinspección.

Tabla N°3: Comparativa Internacional del Tema de Estudio

País	Gestión que realizan	Referencia
EEUU	En EEUU realizan gestión de activos tomando como referencia el programa de PACP, este sistema permite hacer una clasificación de la red evaluando aspectos estructurales y operacionales. La EPA recomienda que cada 15 años se teleinspeccione el 100 % de la red. La información recopilada es la base para determinar las acciones a desarrollar por los encargados de estos servicios, tanto del punto de vista de la renovación como de su mantenimiento.	NASSCO - PACP - 2020
Alemania	En Berlín, se genera información de las redes a través de la teleinspección, es así como el estudio del 2018 (Caradot N.,2018), señala que en esta ciudad el operador cuenta con 115.258 inspecciones. Esta información junto con la topología de la red permite realizar modelaciones para establecer la probabilidad de falla.	Caradot N.,2018
Colombia	En Colombia se empezaron a utilizar metodologías para establecer el estado estructural y operacional de las redes, pero sin basarse en un estándar internacional, esto generó que gran parte de la información no se pudiera ocupar ya que no se podía hacer relación de estos datos al definir un procedimiento bajo el estándar NASSCO. Situación que se formalizó el año 2021. A partir de esa fecha toda teleinspección y análisis de la infraestructura se parametrizó y esto permite hacer un seguimiento en el tiempo de esta infraestructura.	Norma Técnica de Servicio NS-058/2021

Reino Unido	En el Reino Unido la <i>Water Research Centre</i> (WRc), estableció el sistema de codificación de defectos WRc que se describe en el <i>Manual of Sewer Condition Classification</i> , además en el Centro de Investigación del Agua (WRc) se ideó este primer esquema de clasificación en el mundo, que proporcionaba protocolos y directrices para evaluar el estado actual de las tuberías individuales, utilizando la técnica de inspección de CCTV. Este Manual proporciona un sistema nacional estándar de codificación de defectos. La cuarta edición del manual en el 2004 fue una actualización importante, la que se ha convertido en el sistema de Codificación Nacional Equivalente, considerada su enumeración de códigos en la Norma EB EN 13508-2.	UNE-EN 13508-2
Chile	En Chile se puede destacar la existencia de la norma NCh3354/2014 "Ingeniería sanitaria - Alcantarillado de aguas servidas - Limpieza de una red de alcantarillado", la cual especifica los principios generales para la aplicación de un programa preventivo y de acciones correctivas complementarias, llevando un control de las operaciones en las redes de alcantarillado. Antes de la aplicación de la Resolución SISS N°553/2024, se verificaba que era imprescindible establecer los requisitos mínimos exigibles a todas las concesionarias de servicios públicos sanitarios, para el diagnóstico, clasificación y evaluación de una red de alcantarillado de aguas servidas o red unitaria, circunstancia que permite, una estandarización para la fiscalización de ésta, sin que ello implique una modificación de los niveles de calidad de servicios que el marco normativo sanitario exige a las concesionarias. Esto aplicando un diagnóstico que cumpla con un estándar definido, con la nueva reglamentación se podrán fijar las pautas para efectuar la calificación integral (estructural y operacional) de las tuberías, los defectos y observaciones codificadas durante las labores de inspección de tuberías, para lo cual se deberán emplear equipos de CCTV (Circuito Cerrado de Televisión).	Resolución SISS N°553 del 2024

Fuente: *Elaboración Propia*

4.1.3 PANEL DE EXPERTOS

En Anexo B se presenta la opinión de los expertos nacionales e internacionales respecto al tema de estudio, se busca recoger en base a su experiencia aspectos referidos a la gestión de activos y a la renovación sin zanja, que se realiza en el sector sanitario, esto considerando que son obras que involucran grandes inversiones, y que en varios casos ya han cumplido su vida útil. Los expertos considerados para este estudio corresponden a los siguientes:

- Arlex Toro Rodriguez - Director de la Asociación Latinoamericana de Tecnologías sin Zanja (Colombia).
- Roberto Irribarra Cona - Gerente General de CIPP Chile (Chile).
- Oscar Viera - Subgerente de Planificación Essbio – Nuevosur (Chile).

- Andrés Tagle - Gerente General Glemflow Chile (Chile).

Dentro de los aspectos principales de sus respuestas podemos señalar lo siguiente:

- Un porcentaje importante de las redes ya han cumplido su vida útil, de lo señalado por uno de los expertos, el cual ha trabajado en teleinspección y renovación en sectores antiguos del gran Santiago, indica que se presentan problemas de continuidad, señala que aproximadamente el 50% de los colectores ya no tienen capacidad estructural y se encuentran entre grados 4 y 5 según el programa PACP de NASSCO. Esta opinión se contrapone con lo indicado por el representante de la sanitaria, el que indica que el 80% de los problemas son principalmente operacionales.
- El estado estructural de las tuberías en Chile está en un nivel crítico, en opinión de las empresas que rehabilitan, pero en buen estado en opinión de las empresas sanitarias los cuales señalan que con un correcto seguimiento no deberían tener problemas.
- Los principales problemas se concentran en lugares céntricos, en donde los municipios no permiten intervenir, esto por los problemas de ruido y de tránsito.
- Falta de mantenimiento preventivo, el cual acelera el deterioro de las tuberías.
- Falta de información del estado actual de la red, lo que no permite hacer gestión sobre ella, y falta de capacidad técnica para operar e intervenir todas las redes que presentan problemas.
- El porcentaje de renovación en Chile es muy bajo, un 0,2% el 2022, muy lejano a un 2% que permitiría renovar la red en 50 años, se está en riesgo de que en algún momento se presente una avalancha de requisitos.
- Falta de personal especializado en lo que respecta a la gestión de redes de alcantarillado, ha primado la intervención en las redes de agua potable.
- La materialidad asociada a las tuberías de hormigón simple amplifica el problema ya que son afectadas por los gases generados por el ácido sulfhídrico, y se afectan por los movimientos telúricos, al ser tuberías rígidas.
- En EEUU la rehabilitación de las tuberías es más por un tema de hermeticidad, para evitar la infiltración.
- La teleinspección es el camino correcto, siempre que se realice tomando en consideración un estándar de referencia en su codificación, como es el estándar NASSCO. La teleinspección debería ser de un 6% anual, esto permite tener un control sobre esta.
- Se debe identificar la criticidad de la red, y hacer teleinspecciones por sectores completos, no por tramos individuales dentro de un sector, esto no permite realizar una correcta gestión.
- Las tecnologías sin zanja son más económicas, más rápidas, más seguras y muy amigables con la comunidad y el medio ambiente. Y es el camino para seguir como país.

4.2 SISTEMATIZACIÓN DE PALABRAS CLAVES Y/O CONCEPTOS

Se detalla en Anexo C, los antecedentes utilizados para la investigación, ya que dan respuesta a los conceptos, ideas y palabras claves para alcanzar el objetivo planteado, a continuación, se presenta en Tabla N°4, un resumen de la búsqueda de ideas.

Tabla N°4: Sistematización de la información

Búsqueda de ideas	Descripción resumen de la idea	Palabras claves y conceptos
Ideas para la evaluación de la red de alcantarillado	La aplicación de gestión sobre las redes de alcantarillados permite orientar la teleinspección hacia aquellas tuberías que están en mal estado. En los casos en que los resultados no son los esperados se puede atribuir a la mala clasificación y falta de covariables apropiadas. Se plantean ideas de obtener información en talleres con grupos focales y de normar metodologías para la gestión de las redes definiendo codificaciones para evaluar deficiencias estructurales y de operación. Se plantea el inferir el deterioro de las tuberías de alcantarillado que cuenten con CCTV, y con las que no lo cuenten.	Gestión de redes - Uso de Información de redes existentes - Generación de nueva información asociada al estado real de la red bajo un estándar internacional.
Ideas de la importancia de la teleinspección	La teleinspección es relevante para poder determinar el estado del tubo inspeccionado, generar programas de operación y mantenimiento, para programar cambios por problemas estructurales, para hacer seguimientos futuros y para utilizar esta información en modelos entrenados, en conjunto con datos topológicos de la red, esto permite una mejor precisión. La teleinspección debe ser realizada bajo estándares internacionales como el sistema PACP de NASSCO, esto permite tener una imagen clara de todas las partes de la tubería, más toda la información recopilada, con sus respectivos códigos (estructurales - Operación y mantenimiento), estos videos deben ser etiquetados para su consulta futura. La metodología aplicada comprende la limpieza previa del tramo este es un factor relevante para tener un buen resultado. Todo lo antes indicado permite además tener un enfoque proactivo respecto a las redes de alcantarillado. Se debe destacar que EEUU recomienda teleinspeccionar toda su red cada 15 años, en Francia recomiendan un porcentaje del 5 % anual.	Círculo Cerrado de Televisión (CCTV), PACP de NASSCO, Codificación estructural y de Operación y Mantenimiento
Ideas de cómo aplicar Modelos para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Dado que la red tiene un comportamiento que dependerá de las variables topológicas y de su estado actual, en base a los resultados de la teleinspección, es factible aplicar modelos estadísticos, dentro de los más citados están, la regresión logística, Gompitz, cadenas de Markov, Random Forest, los resultados de estos modelos permite a los operadores predecir y localizar posibles problemas en la red de alcantarillado. Es decir, se aplican modelos de evaluación de criticidad, por lo que se busca identificar las tuberías que se espera tengan el mayor	Modelos estadísticos - Predicción de Falla

Búsqueda de ideas	Descripción resumen de la idea	Palabras claves y conceptos
	impacto de falla en términos de aspectos económicos, sociales y ambientales.	
Otras ideas	A nivel internacional el estado de las redes de alcantarillado y como se aborda su renovación, es un tema relevante para los operadores, ya que un cambio de estas redes es de un alto costo, y por lo tanto buscan intervenir en forma sostenida en el tiempo, en aquellas que presentan un mayor riesgo de falla.	Inversión en la renovación de las redes de alcantarillado.

Fuente: Elaboración Propia

4.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL ESTADO DEL ARTE

Para definir el estado de la situación actual, se desarrolló una serie de preguntas y apartados de cómo se ha abordado el tema en estudio, para esto se consideró información ya recopilada respecto al estado del arte.

4.3.1 QUE SABE LA CIENCIA DEL TEMA INVESTIGADO

La ciencia y en particular lo referido al estado y la gestión de las redes de recolección, se presenta como un problema generalizado, en donde la falta de inversión en reposición y mantención presenta un gran desafío para dar continuidad y calidad en la prestación del servicio de recolección. A comienzos del 2000 la Asociación Estadounidense de Obras Hidráulicas, estimó que estaba naciendo una nueva era, la del reemplazo, ya que se necesitaría rehabilitar masivamente las redes de agua y alcantarillado construidas por las generaciones anteriores. Se estima que la necesidad de mantener y ampliar la red de agua y alcantarillado en EEUU es de aproximadamente 126 mil millones de dólares en el 2020. En Alemania se estima que un 20% de la red de alcantarillado tiene defectos graves que requieren rehabilitación a corto y mediano plazo (Caradot et al 2018).

Según la EPA, existen al 2003, 19.000 sistemas de recolección en EEUU, el valor de reemplazo es entre 1 y 2 billones de dólares. Los sistemas de recolección y tratamiento representan alrededor del 10 al 15% del valor total de la infraestructura en los EEUU. Los activos de los sistemas de recolección no se conocen plenamente y los programas de operación y mantenimiento del sistema de recolección reciben baja prioridad, en comparación con las PTAS. Los problemas más graves que amenazan al medio ambiente y a la salud de las personas son los desbordes de alcantarillado sanitario (SSO).

Se debe considerar que las tuberías no son inmortales y están envejeciendo y se necesita una importante reinversión. Lo anterior va a significar un aumento en las tarifas. Un factor para tener en cuenta es que **POSPONER LA INVERSIÓN SÓLO EMPEORA EL PROBLEMA.** (AWWA 2020).

El mantenimiento predictivo, es un método para establecer datos de desempeño de referencia, monitorear los criterios durante un periodo de tiempo y observar los cambios en el desempeño para poder predecir las fallas y realizar el mantenimiento de manera planificada y programada. Las empresas trabajan en general con mantenimiento correctivo como método de operación y mantenimiento del sistema y no se centran en el mantenimiento preventivo y predictivo, esto por un tema de recursos (EPA 2003).

A su vez, en Colombia la Empresa de Acueducto de Bogotá, reglamentó a través de la NS-058 Aspectos técnicos la investigación y calificación de redes de alcantarillado con equipos de CCTV (NS-058, 2020), los requisitos mínimos exigidos en la investigación y calificación de tuberías y conductos de alcantarillado de aguas residuales, pluviales o combinados que funcionan principalmente por gravedad. Esta norma técnica establece las pautas para efectuar la calificación estructural y operacional/mantenimiento de los defectos y observaciones codificadas durante las labores de inspección con equipos de CCTV.

Complementando lo anterior la EPA, ha definido que a medida que envejecen las redes de alcantarillado, el riesgo de deterioro y colapsos se convierte en una preocupación importante. La EPA estableció requisitos para la limpieza e inspección de las líneas de alcantarillado, lo cual es esencial para que funciones correctamente, (EPA 1999).

Fotografía N°1: Efectos de rotura de alcantarillado



Fuente: Rodriguez N. 2006 – Posada 2019.

A nivel internacional se refuerza el concepto de que se debe garantizar la condición estructural de las redes de alcantarillado, y para esto se debe contar con información que permita tomar las decisiones de rehabilitación de las redes de recolección.

Existen modelos de deterioro aplicados a las tuberías de alcantarillado que sirven como apoyo, pero para esto se requiere de datos de inspección suficientes para calibrar un modelo de deterioro apropiado y covariables adecuadas para explicar la variabilidad que puede producirse. Pero siempre será de utilidad para la gestión el contar con un modelo para la toma de decisiones y sobre todo para establecer que tuberías se deben teleinspeccionar (Rokstad & Ugarelli, 2015).

Para poder establecer el estado estructural y de operación de las redes de alcantarillado, estas deben inspeccionarse periódicamente para priorizar un mantenimiento eficiente y eficaz, este proceso de tener un porcentaje importante de la red teleinspeccionada es costoso y lento. Es por esto por lo que la ciencia está investigando y desarrollando tecnologías que permitan identificar automáticamente el tipo de fallas detectadas, utilizando imágenes sin procesar de CCTV. El avance ha logrado con algunas metodologías llegar a una precisión máxima del 73%, cuando se aplicó a tipos de fallas bien representadas (Myrans, Everson & Kapelan 2019).

Si nos vamos al inicio de como partió la necesidad de evaluar el estado de una red de alcantarillado, nos debemos remontar a los años 70, en Inglaterra, momento en el cual las redes de alcantarillado terminaban su vida útil. Este problema se evidenció mediante la aparición de hundimientos y colapsos en las vías de circulación de vehículos pesados, es a partir de esta situación que se recurre al mantenimiento de las redes para mejorar y aumentar la vida útil de dichos sistemas y se comienza a plantear la necesidad de investigar de forma preventiva el estado de la infraestructura de alcantarillado.

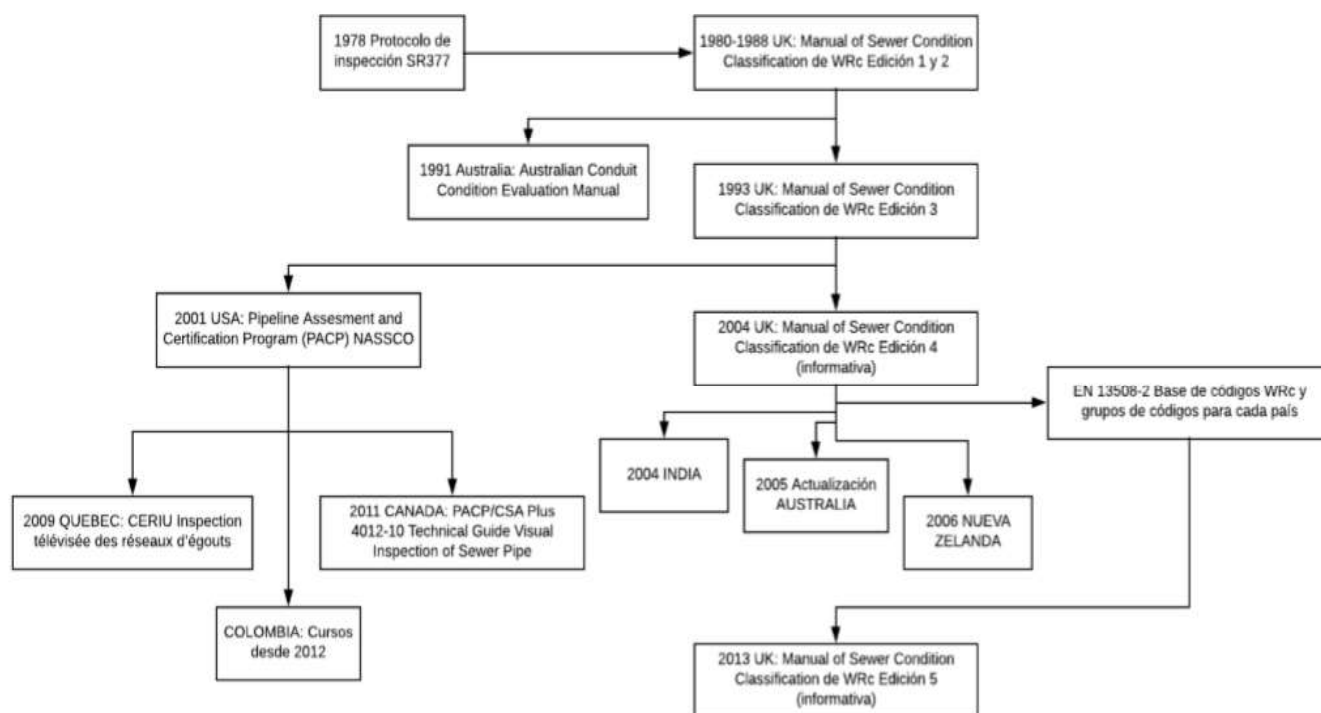
Los primeros métodos de inspección de redes de alcantarillados utilizados fueron basados en la iluminación con lámparas, con el objeto de ver las condiciones internas del tramo, por medio del arrastre de esa fuente luminosa a través de la red, la cual era arrastrada por medio de un flotador inicialmente y luego con esquíes. Aunque estas técnicas eran bastante ingeniosas no permitían realizar un diagnóstico acertado del sistema de alcantarillado, el cual brindara evidencia con respecto a todos los aspectos que se deben tener en cuenta para determinar el estado general de una red de alcantarillado.

Después de la invención de la videocámara y su posterior desarrollo se comenzaron a fabricar videocámaras a prueba de agua que se utilizaban para inspeccionar inicialmente sistemas de energía y muchas empresas de servicios públicos comenzaron a implementar las inspecciones con CCTV para el diagnóstico de las

redes de alcantarillado con el fin de conocer su estado; la, tecnología se ha venido perfeccionando con los años básicamente en aspectos como color y calidad de la imagen, así como la versatilidad de los equipos para captar la totalidad del perímetro del tubo y de esta forma identificar de mejor manera los daños en la red, utilizando actualmente innovaciones como el sonar y el sistema laser (NASSCO, 2020).

Con los años se vio la necesidad de implementar un sistema normalizado que permitiera a las empresas sanitarias, en base a las observaciones realizadas, identificar el estado de sus redes, homologar las inspecciones realizadas, caracterizar, evaluar y clasificar el estado de estas de acuerdo con criterios establecidos. La primera organización que partió con este tema fue la WRC, organización que en sus siglas en inglés significa Water Research Center (Centro de investigación del Agua), creada en el Reino Unido, fue la primera institución preocupada por la generación de unos códigos que describieran el estado de las redes de alcantarillado, WRc partió con un proyecto de investigación de cinco años para investigar fallas en más de 250 tuberías, a partir de esto se definieron los códigos que fueron conocidos como códigos embrionarios en el año 1978. Posteriores actualizaciones fueron presentadas como MSCC (Manual of Sewer Condition Classification), MSCC -1 en el año 1980, MSCC-2 en el año 1988, la MSCC-3 de 1993, la MSCC-4 de 2004 y el MSCC-5 del 2013.

Ilustración N°1: Cronología Clasificación Redes de Alcantarillado



Fuente: NASSCO – PACP

El Manual de Clasificación de Condiciones de Alcantarillado, MSCC (WRC, 2013), es el manual utilizado como base en la mayoría de los países, con modificaciones principalmente en la calificación y en la metodología de cálculo, pero mantienen la clasificación de los eventos.

También la mayoría utiliza como método para identificar la localización del evento, la localización circular, tomando como referencia las horas del reloj. Así lo define la norma UNE – EN 13508 y el MSCC.

Respecto a los informes, todos señalan que deben existir 2 informes, uno previo que identifica la red inspeccionada, y otro que define los eventos encontrados. En esto tanto el Manual como la Norma Europea UNE – EN 13508, proponen formatos de llenado.

4.3.2 COMO SE HA ABORDADO LA GESTIÓN DE REDES

Este tema se ha abordado a través de generar más información que permita tomar la decisión de que tuberías teleinspeccionar y después en base a esta información poder inferir que redes del total pueden estar en la misma condición (condición estructural y operacional). Se han realizado estudios en donde se busca desarrollar un conjunto de métricas adaptadas a las necesidades de los servicios públicos para evaluar el desempeño de los modelos de deterioro del alcantarillado desde la perspectiva del usuario final. En estos estudios se busca promover a las empresas de servicios sanitarios sobre la relevancia de utilizar modelos de deterioro para respaldar las estrategias de gestión de activos. Es así como por ejemplo existen informes que utilizan modelos de deterioro estadístico y de aprendizaje automático entrenado con CCTV. (Caradot et al 2018).

La condición estructural que permita garantizar la continuidad y calidad de las redes de alcantarillado es un criterio importante para las decisiones de rehabilitación de estas redes. Modelos de deterioro aplicados a las tuberías apoyan la planificación de la rehabilitación mediante la priorización de las tuberías según su estado estructural actual y futuro. Un modelo de deterioro del alcantarillado puede ser beneficioso para priorizar a los candidatos a inspeccionar y posteriormente intervenir.

Se aborda el poder de predicción de los modelos actuales de deterioro del alcantarillado, el cual está limitado por la adecuación de las variables explicativas disponibles. Diferentes modos de falla se mezclan en la clase de condición agregada. Se debe señalar además que las redes de alcantarillado en el mundo están envejeciendo, y el peak de inversión de capital ya pasó, como se indicó anteriormente, por lo que una gestión reactiva y reparar cada vez que se produce una falla se volverá menos viable a medida que los sistemas envejecen. Es por esto que es relevante una gestión de activos de infraestructura, como herramienta. La combinación de datos de inspección y predicciones de modelos forma el análisis que ayudará a identificar las necesidades de rehabilitación.

A partir de los datos se puede evaluar la condición de los activos, por lo que se debe desarrollar una estructura de datos estándar de una red de alcantarillado basada en modos y mecanismos de falla conocidos. Parámetros físicos/estructurales, operacionales/funcionales, ambientales, financieros.

4.3.3 TENDENCIAS RESPECTO A LAS REDES DE RECOLECCIÓN

Las tendencias tienen como premisa que el deterioro de las redes de recolección es inevitable a lo largo de su vida útil para la mayoría de las ciudades en el mundo ya que sus sistemas fueron construidos en su mayor parte hace décadas y como no se han realizado inversiones significativas, mucha de esta infraestructura ya cumplió su vida útil (AWWA, 2020)

En los países en donde este tema se ha abordado de manera ordenada, se ha tomado como referencia la NATIONAL ASSOCIATION OF SEWER SERVICE COMPANIES (NASSCO) y su sistema Pipeline Assessment and Certification Program. Marriottsville, Maryland, EE. UU: (NASSCO PACP), a través de la cual se realiza una codificación única, a través de la CCTV, que permite definir el estado estructural y operacional de un tramo de red (ver Ilustración N°1)

Cuando estos eventos ocurren se requieren inversiones de capital para llevar a cabo la reparación o reemplazo de las tuberías que pueden significar costos considerables, se sigue una lógica de mantenimientos correctivos, en vez de un mantenimiento proactivo o preventivo. Además, se deben considerar los costos indirectos adicionales y costos sociales que ocurren debido a la afectación de la sociedad. Estos costos corresponden, entre otros, a retrasos en el tráfico, inundación de propiedades, incomodidades generadas por el ruido, la contaminación y el olor, consecuencias ambientales y consecuencias para la salud pública. La OFWAT (Regulador de la industria del agua en Inglaterra y Gales), estima que la longitud del alcantarillado público es de unos 302.000 km, con un coste bruto de reposición de 104 mil millones de libras, Las empresas de agua de Inglaterra y Gales gastan actualmente aproximadamente 230 millones de libras anuales en mantenimiento de alcantarillado. Alrededor de 150 millones de libras de ellos son gastos de renovación de infraestructura y este es un gasto planificado para reemplazar secciones más grandes de la red de alcantarillado (Davies et al., 2001).

Debido a lo anterior, resulta indispensable que la infraestructura y los componentes de estas redes sean administrados de tal manera que se minimice la probabilidad de ocurrencia de falla del sistema y se haga un uso óptimo de los recursos disponibles. Esta administración de las redes de recolección y sus componentes generalmente es conocida como Gestión de Activos bajo tierra, y consiste en varias etapas que incluyen actividades de inspección, categorización, rehabilitación y reemplazo de estos componentes, entre otras.

Además de lo antes señalado, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) ha manifestado una alta preocupación por el control y la eliminación de los desbordamientos en los sistemas de alcantarillado (SSO y CSO), los cuales ocurren en un alto porcentaje como resultado del deterioro de los sistemas de drenaje o ausencia de mantenimiento de estos. De hecho, en Estados Unidos se pueden asociar cerca del 70% de eventos de desbordamiento del sistema con colapsos o bloqueos de tuberías principales o secundarias de las redes de

alcantarillado, con enfermedades causadas debido a la exposición a patógenos presentes en aguas residuales (EPA, 2017).

Respecto a la codificación de defectos, existe a nivel internacional software que permiten codificar las inspecciones realizadas, pero para esto se requiere una previa capacitación y conocimiento por parte del operador. Estos softwares pueden ser utilizados sin inconvenientes si el país asume la clasificación del evento según el MSCC, NASSCO o la norma UNE, ya que estos trabajan en base a esta clasificación del estado del alcantarillado, calificándolo en el rango de 1 a 5.

Es así como como todos los sistemas trabajan en definir el estado del alcantarillado en el rango de 1 como excelente y 5 como el colapso del alcantarillado, además proponen en base a estos valores las acciones a realizar y un plazo para una futura CCTV.

Considerando lo antes señalado, el que un país utilice diferentes metodologías para codificar y clasificar los eventos, no resulta conveniente, ya que genera diferentes codificaciones y valoraciones no siendo en muchos casos compatibles, esto no permite el traspaso de información ni su estudio para sacar conclusiones a nivel país. Además de no potenciar esta rama de la ingeniería como una sola estructura centralizada respecto a los aspectos a cumplir. Uno de los grandes errores de muchas empresas sanitarias o Municipios con respecto a este tema es no haber establecido una metodología nacional con comprobada estabilidad a muy largo plazo, situación que en Chile se regulo con el Instructivo SISS (SISS 2024)

Se deben valorar los ejemplos de EE. UU. y del Reino Unido que tienen una base ya estructurada con calificaciones, clasificaciones y programas uniformes a nivel país, con programas de capacitación y software asociados. Esto permite un lenguaje común y el avance en forma ordenada, cada vez que se realizan modificaciones o actualizaciones al sistema. Se debe tener en cuenta que EE. UU. tomo como referencia el MSCC para la clasificación de los eventos.

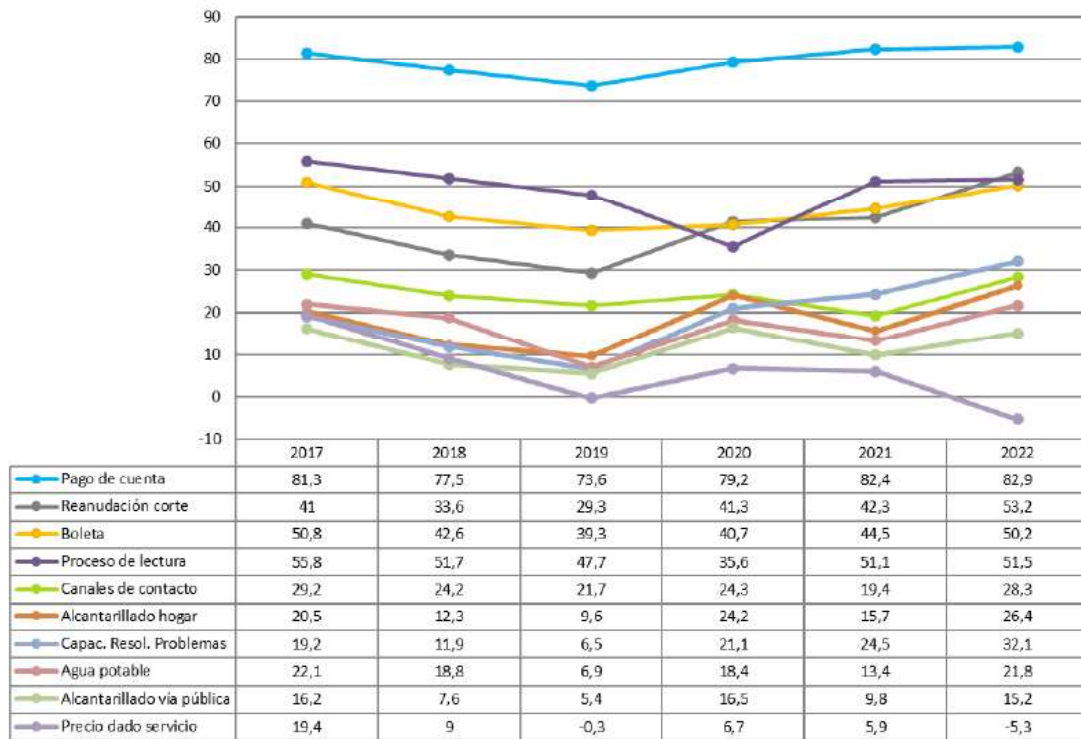
4.3.4 ESTADO DEL TEMA INVESTIGADO

En los últimos años el Estudio de Percepción de los Usuarios (Ver Gráfico 1), ha señalado al servicio de recolección de alcantarillado como el que presenta las principales deficiencias de los servicios entregados por las concesionarias, esto se ha visto corroborado al analizar los datos del PR-13, referidos a la continuidad de las aguas servidas; como también al revisar los reclamos contra la SISS en los que se evidencian puntos con obstrucciones reiteradas, originadas por fallas estructurales u operacionales de los colectores.

Gráfico N°1: Satisfacción Usuarios

SATISFACCIÓN CON DIMENSIONES DE CALIDAD DE SERVICIO
EVOLUCIÓN 2017-2018-2019-2020-2021-2022

* SISS VI



Fuente: Estudio de Percepción 2022

Junto con lo anterior, en los datos que se pueden analizar a través del PR-13 se puede observar que el número de eventos de obstrucciones en la red de recolección se han mantenido en el tiempo, e incluso en algunos casos se han incrementado.

Adicional a lo anterior, en varios de los reclamos contra la SISS que se han revisado por temas de fallas en la red de recolección, se puede observar tiempos excesivamente largos para la solución definitiva de estos problemas, lo que también resulta consistente con la baja evaluación de la capacidad de los concesionarios para resolver problemas, que se observa también en los estudios de percepción de los ciudadanos.

Por lo anteriormente expuesto, resulta fundamental reforzar el proceso de fiscalización que en la actualidad se desarrolla para esta etapa de la prestación, con el objeto de mejorar los indicadores que a la fecha se observan.

En ese contexto, durante el año 2021 se complementó la información solicitada en el PR-13, requiriendo la información de fallas por sector, lo que permite focalizar mejor la búsqueda de puntos en los que pudieran tener problemas estructurales y que requieran renovación de red. Lo anterior se suma al análisis que se ha hecho a la fecha, respecto de las zonas en las que se aprecia una mayor cantidad de obstrucciones con afloramiento, lo que permite construir los procesos sancionatorios que en la actualidad se cursan anualmente.

Instrucciones referidas a la Gestión de Redes de Alcantarillado

Por resolución SISS N°553 de fecha 08.03.2024 la SISS aprobó el Instructivo “Diagnóstico de Red de Alcantarillado – Teleinspección de Tuberías – Acciones Correctivas”.

Este Instructivo es de cumplimiento obligatorio por parte de las concesionarias del servicio de recolección de aguas servidas, aplica a las redes y conducciones unitarias o separadas independiente del diámetro y material de la tubería. Se excluyen de la aplicación de este instructivo a las impulsiones, aducciones y sifones de aguas servidas, todas las cuales trabajan en presión.

En este Instructivo se define un procedimiento estandarizado para realizar un adecuado diagnóstico de una red de alcantarillado y de las acciones correctivas a realizar por parte de las concesionarias, en base a su estado estructural y operacional.

Este Instructivo define los plazos para su implementación por parte de las concesionarias, que comprende el diagnóstico de una red de alcantarillado, la ejecución de la teleinspección de tuberías, su clasificación en base a un estándar internacional y las acciones correctivas y de seguimiento a realizar.

El objetivo general es establecer los requisitos mínimos exigidos para el diagnóstico y clasificación de una red de alcantarillado de aguas servidas o red unitaria y fijar las pautas para efectuar la calificación estructural y operacional de los defectos y observaciones codificadas durante las labores de inspección de tuberías con equipos de CCTV (Circuito Cerrado de Televisión); y reglamentar las respectivas acciones correctivas a ejecutar por parte de las concesionarias.

Los objetivos específicos son:

- a. Establecer un procedimiento estandarizado de diagnóstico, que defina las tuberías que deben ser inspeccionadas a través de CCTV, considerando sus características y el lugar en donde éstas se encuentran instaladas.
- b. Establecer los requisitos mínimos para las actividades de teleinspección de redes o conducciones de alcantarillado con CCTV.

- c. Fijar los parámetros para la recopilación adecuada y consistente de los datos de inspección, asegurando que se registren de manera completa, permitiendo su disponibilidad para gestiones en el corto, mediano y largo plazo.
- d. Estandarizar el proceso de evaluación de una conducción o red de recolección, definiendo la clasificación y calificación de los defectos observados en un tramo, permitiendo comparar con inspecciones futuras su deterioro con el paso del tiempo.
- e. Fijar las pautas para que las concesionarias realicen acciones correctivas basadas en la codificación de los defectos observados y su priorización de acuerdo con la calificación estructural y/u operativa.
- f. Definir un plazo a las concesionarias para realizar cada una de las acciones indicadas en los puntos anteriores.

Este instructivo permitirá tener información estandarizada para mejorar la gestión de las redes de alcantarillado. Actualmente la información no es de calidad, por lo que se dificulta tomar las CCTV realizadas con anterioridad al instructivo para la aplicación de modelos que permitan determinar el estado de la red de recolección y tomar medidas proactivas y preventivas.

Sumado a lo anterior existe un bajo porcentaje de renovación, ya que la SISS no tiene la facultad para exigir un determinado porcentaje de renovación, es por eso por lo que se requiere el generar herramientas que insten a las empresas sanitarias a realizar una evaluación del estado estructural y operacional de su red, y en base a esto empezar a tomar medidas, ya que el posponer estas obras es un problema que tendrán las ciudades en el mediano plazo, y en algunas en el corto si no se actúa a tiempo.

4.3.5 MODELOS O PAUTAS DE ESTUDIOS SIMILARES

Dentro de lo investigado se puede citar el estudio realizado por, N. Caradot et al (2018). Practical benchmarking of statistical and machine learning models for predicting the condition of sewer pipes in berlin, Germany.

En este estudio se utilizó una extensa base de datos SIG y CCTV de la ciudad de Berlín. La red de alcantarillado está compuesta por 235.988 tuberías (9.710 km). La mayoría es tubería sanitaria y de hormigón. Se dispone de información de las características de las tuberías (año de construcción, material, diámetro, etc.), además de características ambientales (tipo de tráfico, árboles, tipo de suelo, etc.). Se cuenta con información de CCTV, 115.000 inspecciones. De las tuberías inspeccionadas se establece su estado estructural. Existe una correlación entre la edad de las tuberías y su estado al igual que su material.

Se indican en este estudio enfoques de Modelado: Bosque Aleatorio, Random Forest y Gompitz.

4.4 SUJETO DE ESTUDIO: REDES DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS

El Sujeto de Estudio corresponde a “Las redes de Recolección de las Empresas de Servicios Sanitarios que están sujetas a una Concesión de Recolección” esto en conformidad a la reglamentación vigente (DFL MOP N°382, 1989), estas redes operan dentro de los territorios operacionales establecidos en los respectivos decretos supremos, en los cuales se establecen las coordenadas geográficas que definen el área de servicio.

Las empresas sanitarias deben operar sus redes de recolección, garantizando tal como lo establece el artículo N°35 de la Ley N°382/89, la continuidad y calidad del servicio, la cual sólo puede verse interrumpida por causas de fuerza mayor.

Se entiende como discontinuidad del servicio de recolección, obstrucciones que pueden ocasionar o no rebases a la vía pública o a la propiedad privada. Además, se presenta como problema de calidad olores que se pueden ocasionar en la prestación del servicio, la cual tiene como principal razón problemas de acumulación de grasas o falta de escurrimiento del agua servida al no generarse las velocidades de autolavado que se requieren (NCh1105, 2019).

El universo para la aplicación de medidas corresponde a 49 empresas en operación, a diciembre de 2022, las cuales atienden a 5.937.766 clientes. En el Informe de Gestión que elabora la SISS se trabaja con las empresas que atienden a más de 3.000 clientes regulados, quienes clasifican como principales empresas, estas empresas al año 2022 atienden al 99,7% de los clientes regulados del país. En lo que respecta a la cobertura de alcantarillado esta alcanzó un 97,48%, (SISS 2022, Informe de Gestión).

Las redes de recolección sujetas a cualquiera instrucción, referida a la materia de este estudio, comprende a casi 33 mil kilómetros, en la tabla N°5 se detalla la longitud por cada empresa.

Tabla N°5: Longitud de las redes de recolección de aguas servidas

N°	Empresa	Red de aguas servidas (metros)
		2022
1	Aguas del Altiplano	874.935
2	Aguas Antofagasta	951.278
3	Nueva Atacama	750.030
4	Aguas del Valle	1.813.316
5	ESSSI ⁽⁴⁾	197.142
6	ESVAL	4.114.706
7	COOPAGUA	59.475
8	Aguas Andinas	7.910.401
9	Aguas Cordillera	770.688

N°	Empresa	Red de aguas servidas (metros)
		2022
10	Aguas Manquehue	173.752
11	SMAPA ⁽⁴⁾	1.081.272
12	Sacyr Agua Chacabuco	136.484
13	Sacyr Agua Lampa	43.938
14	Sacyr Agua Santiago	79.128
15	Aguas Santiago Poniente	55.288
16	Melipilla Norte	30.313
17	Servicios Sanitarios Larapinta - SELAR	32.231
18	Empresa de Servicios Sanitarios Lo Prado - SEPRA	33.968
19	BCC	18.091
20	Novaguas	32.926
21	Aguas San Pedro	251.895
22	Essbio	5.901.192
23	Nuevosur	2.138.260
24	Aguas Araucanía	2.018.563
25	ESSAL	1.972.427
26	Aguas Décima	404.018
27	Aguas Patagonia	285.917
28	Aguas Magallanes	534.518
Total		32.666.153

Fuente: Informe de Gestión 2022 SISS

4.4.1 CONDICIONES OPERACIONALES DEL SUJETO DE ESTUDIO

La continuidad del servicio de alcantarillado se evalúa a través de un indicador que pondera el número de clientes que han presentado interrupciones en dicho servicio, a raíz de obstrucciones de responsabilidad de la empresa sanitaria, considerando el tiempo de duración de dicha interrupción y agravándose cuando éstas no han sido avisadas previamente a los clientes.

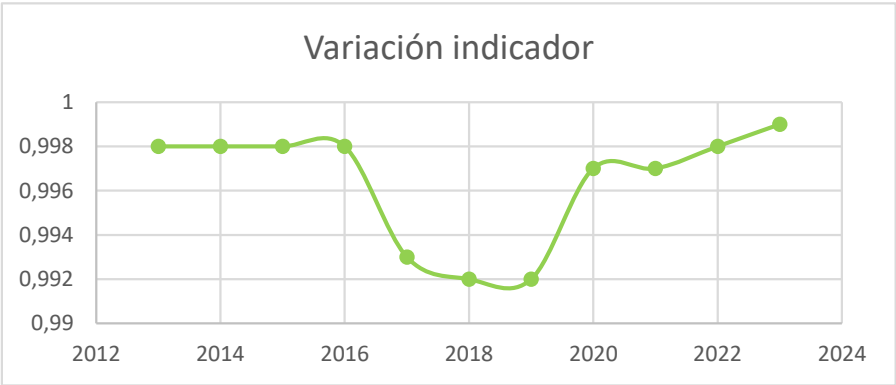
El número de clientes afectados por interrupciones en promedio corresponde a todos quienes se vieron afectados en sus inmuebles en forma directa por la obstrucción del alcantarillado, ya sea por discontinuidad del servicio o por inundación con aguas servidas. Por otra parte, el indicador considera todas las obstrucciones; tanto las que ocurren en colectores públicos, como aquellas que ocurren en las uniones domiciliarias. Por tanto, también se consideran aquellas en que las aguas servidas escurren por la calle sin ingresar directamente a los inmuebles.

Entre las principales variables que inciden en este indicador están el número de eventos de obstrucciones y la duración de estas discontinuidades. Dichas variables se pueden disminuir a través de un mantenimiento preventivo adecuado de las

redes, y acelerando los tiempos de reposición de suministro; esto es los tiempos de llegada al lugar de la falla y los tiempos de desobstrucción.

El indicador del sector para el año 2023 se mantiene sin variación con respecto al año anterior como se observa en el gráfico 2. En la Tabla 6 se observa que la duración de cada interrupción en promedio se estima en 8 horas por evento. Por otra parte, el número promedio de clientes afectados por fallas en el servicio de recolección de aguas servidas se ha determinado que llega a 3,9 clientes por obstrucción.

Gráfico N°2 Evolución del indicador de continuidad del servicio de alcantarillado



Fuente: Informe de Gestión 2023

Tabla N°6 Continuidad del servicio de alcantarillado

Empresa	N° de clientes alcantarillado	N° obstrucciones de alcantarillado no programados	N° de clientes afectados por obstrucciones en promedio	Duración promedio por obstrucción en horas	N° total de obstrucciones de alcantarillado (2)
Empresa de Servicios Sanitarios Lo Prado - SEPRA	3189	79	1	1,3	79
Aguas Santiago Poniente	3669	65	1	46,7	65
Comunidad de Servicios Remodelación San Borja - COSSBO	3771	0	0	0,0	0
BCC	5223				
Servicios Sanitarios Larapinta - SELAR	5271				
COOPAGUA	5698				

Empresa	N° de clientes alcantarillado	N° obstrucciones de alcantarillado no programados	N° de clientes afectados por obstrucciones en promedio	Duración promedio por obstrucción en horas	N° total de obstrucciones de alcantarillado (2)
Novaguas	6064				
Sacyr Agua Santiago	6116	45	2	1,3	45
Melipilla Norte	6568	1	0	6,0	1
Sacyr Agua Lampa	8968	137	12	1,2	137
Aguas Manquehue	17966	294	3	17,7	306
Sacyr Agua Chacabuco	25643	603	15	1,1	603
Aguas Patagonia	30254	88	3	1,6	89
ESSSI	38196	254	2	1,2	254
Aguas San Pedro	38798	278	7	1,8	278
Aguas Décima	49753	1353	4	2,2	1353
Aguas Magallanes	60230	1182	4	2,3	1182
Nueva Atacama	100292	2921	2	11,2	2921
Aguas del Altiplano	176295	5804	2	8,2	5804
Aguas Cordillera	181237	2542	5	18,7	2669
Aguas Antofagasta	188947	2571	2	1,3	2571
SMAPA	208284	5904	8	8,8	5904
SURALIS	253230	6621	5	5,8	7067
Aguas Araucanía	259711	6981	3	2,2	6982
Aguas del Valle	269207	3803	1	1,3	3832
Nuevosur	314134	6050	5	9,4	6050
ESVAL	708072	17946	1	1,6	17968
Essbio	906611	27188	5	31,0	27188
Aguas Andinas	2160340	57584	6	16,7	69097
SECTOR	6041737	150294	3,96	8,0	162.445

Fuente: Informe de Gestión 2022

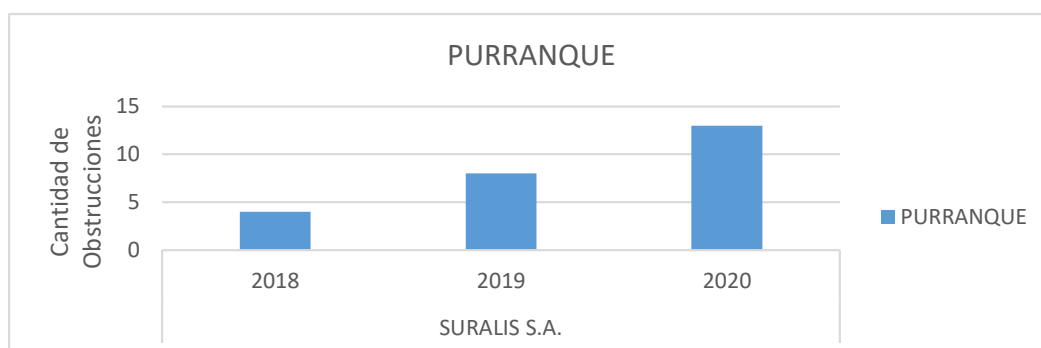
4.4.2 MUESTRA DEL SUJETO DE ESTUDIO

Para analizar el sujeto de estudio, que corresponde a las redes de recolección de las empresas sanitarias, las cuales consideran 33.000 km de red (tabla N°5), se considerará una muestra de estudio que corresponde a 4 localidades de concesión de la empresa Suralis.

Esta muestra corresponde a las localidades de Purranque, Panguipulli, Alerce y Paillaco, las cuales forman parte del estudio que está realizando Suralis en dichas localidades, a continuación, se indica población y número de obstrucciones por año, esto en base al Protocolo de Información disponible en la SISS, PR 013, que recoge información de las obstrucciones en las redes de recolección, además de una muestra gráfica de estas redes.

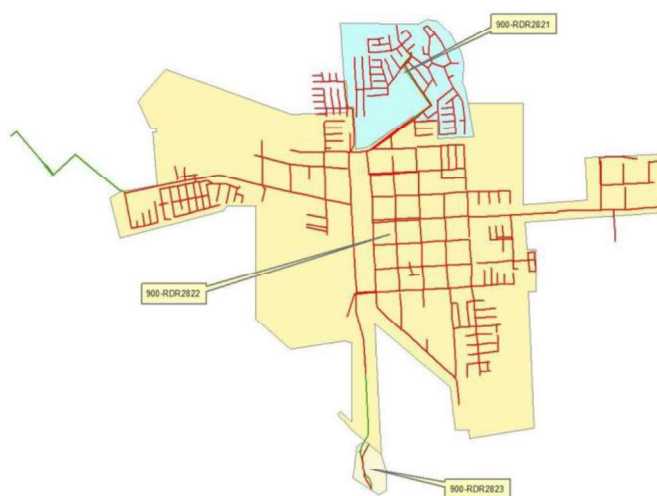
- **Purranque:** La población estimada es de 20.706 habitantes.

Gráfico N°3: Obstrucciones Purranque



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N°2: Redes de Alcantarillado Purranque



Fuente: INECON 2022

- **Alerce:** La población estimada es de 42.267 habitantes.

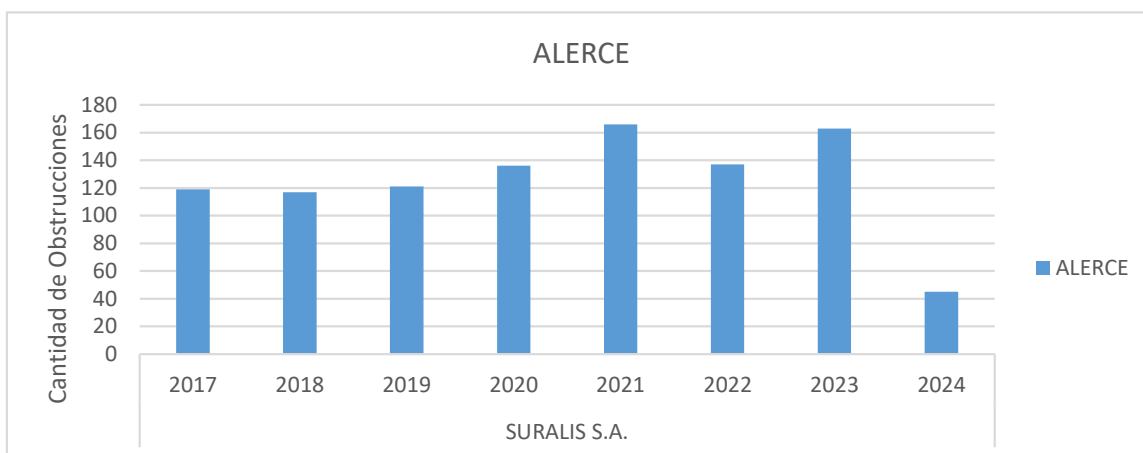
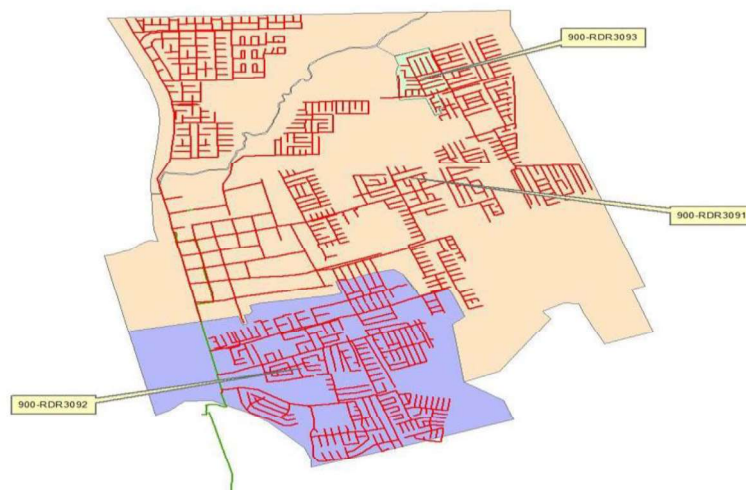


Gráfico N°4 Obstrucciones Alerce

Fuente: Elaboración Propia

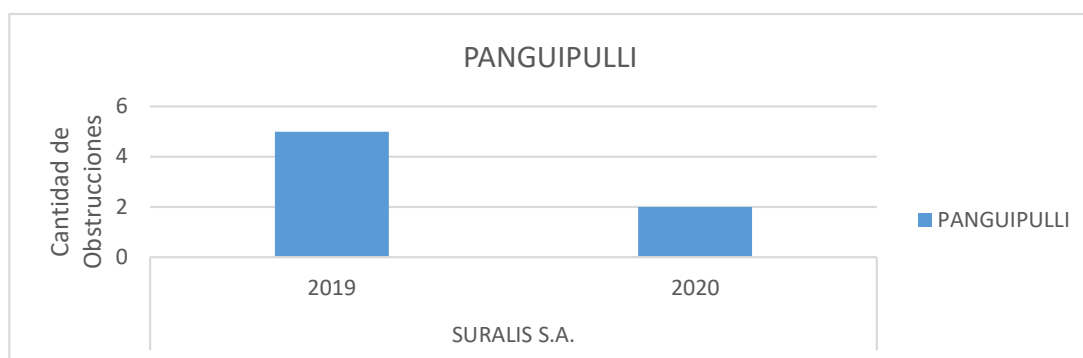
Ilustración N°3: Redes de Alcantarillado Alerce



Fuente: INECON 2022

- **Panguipulli:** La población estimada es de 34.539 habitantes.

Gráfico N°5 Obstrucciones Panguipulli



Fuente: Elaboración Propia

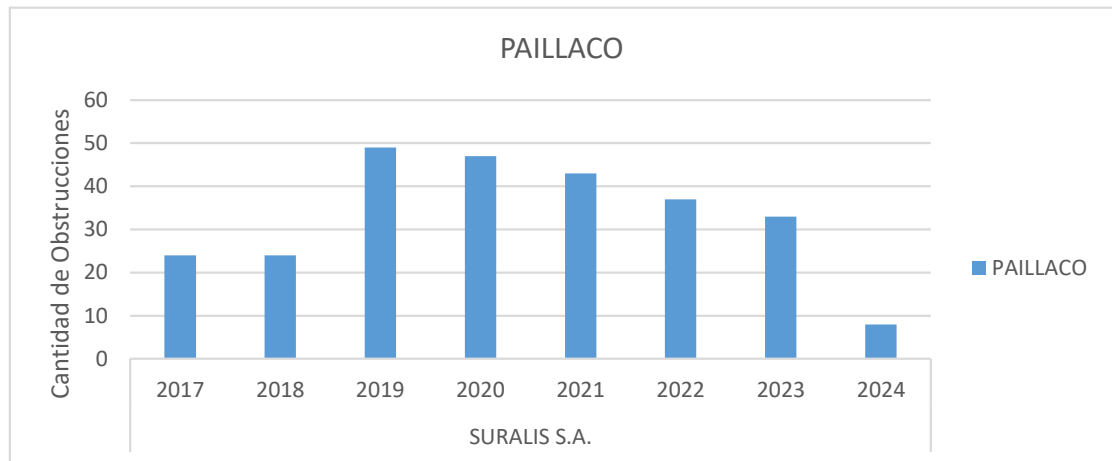
Ilustración N°4: Redes de Alcantarillado Panguipulli



Fuente: INECON 2022

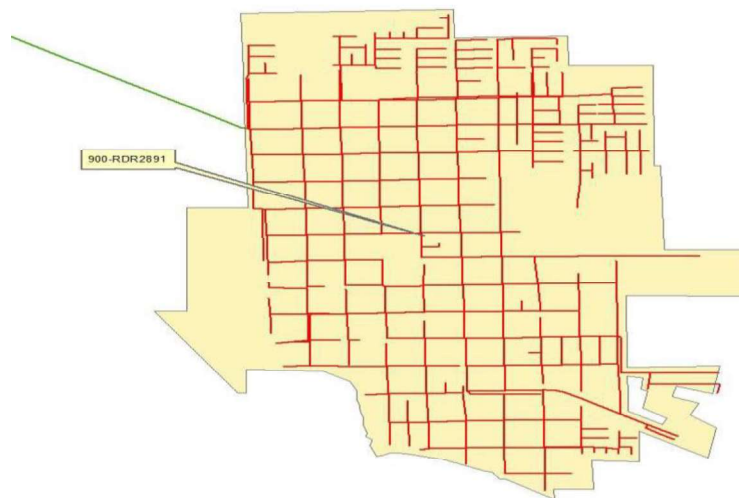
- **Paillaco:** La población estimada es de 20.848 habitantes.

Gráfico N°6 Obstrucciones Paillaco



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N°5: Redes de Alcantarillado Paillaco



Fuente: INECON 2022

4.5 MARCO TEÓRICO DEL ESTADO DEL ARTE

En el sector sanitario Chileno aún no se aplica una metodología que considere el mantenimiento predictivo como un objetivo para la gestión de las redes de alcantarillado, ya que se aplican principalmente mantenimientos correctivos y preventivos, en consideración a esto es relevante el conocer como se ha abordado este tema a nivel internacional, en donde los modelos y los datos recopilados y generados de las redes de recolección permiten ir resolviendo el problema de predecir fallas en aquellos sectores que por sus condiciones estructurales y variables topológicas, presentan una mayor probabilidad.

En principio las empresas a nivel internacional que tienen como prioridad a las redes de alcantarillado, utilizan la Gestión de Activos de Infraestructura, más conocida como Infrastructure Asset Management (IAM) el cual es un elemento esencial de los procesos para administrar sus activos físicos, su desempeño, riesgos y costos asociados a su ciclo de vida, de manera de garantizar la calidad y continuidad de los servicios de recolección; para lo cual, se llevan a cabo un conjunto de actividades de administración, financieras, económicas y de ingeniería que se realizan de forma coordinada y sistemática (Rokstad & Ugarelli, 2015).

Luego, para efectuar esta gestión, es necesario conocer el estado actual de los sistemas, al igual que el estado que se desea alcanzar, y así evaluar la necesidad o no de llevar a cabo un proceso de rehabilitación, que puede consistir en actividades reactivas (antes de la falla) o proactivas (después de la falla).

Por lo anterior las empresas sanitarias deben tener conocimiento de la gestión que se realiza en otros sectores y de los beneficios que esta trae, ya que la aceptación de cambios de cómo realizar los mantenimientos o renovaciones de las redes en base a metodologías predictivas requiere de tiempo e información.

A su vez la interpretación de los resultados que entregan los modelos utilizados en las redes de alcantarillado depende de la calidad de la información y del número de datos disponibles, esto motivará a que el sector sanitario impulse el contar con cada vez más información, ya que con ellos se puede orientar de mejor manera el mantenimiento y con ello garantizar la continuidad del servicio.

De la información recopilada se indica que entre las diferentes metodologías revisadas se destaca el uso de modelos como regresión lineal, regresión logística, arboles de decisión, bosques aleatorios, máquinas de soporte vectorial, regresión polinómica evolutiva y redes neuronales. Se indica que mediante la aplicación de estos modelos a diferentes casos de estudio en los últimos 20 años se han logrado estimar en zonas con diferentes características topológicas algunos de los patrones de deterioro que pueden identificarse a partir de los registros de inspecciones realizadas previamente a las redes (Posada, 2019).

A nivel internacional se busca que prime el mantenimiento proactivo, esto porque la edad de las redes es cada vez más antigua, y el orientarse hacia un mantenimiento

reactivo es de alto riesgo, ya que cada vez se requerirá de mayor inversión y financiamiento para esta labor (Rokstad & Ugarelli, 2015).

Así mismo, conocer el estado de los componentes de los sistemas es necesario para identificar posibles fallas futuras y garantizar la prestación de un buen servicio. Por lo tanto, como respuesta a estas necesidades, se han desarrollado diversos modelos de deterioro con el propósito de determinar y predecir el estado de los componentes del sistema a lo largo de su vida útil; estos modelos se pueden clasificar en modelos determinísticos, estadísticos y de aprendizaje automático (machine learning).

Los modelos determinísticos buscan entender los diferentes mecanismos físicos que generan el deterioro de las tuberías, pero generalmente incluso los modelos más complejos son demasiado simplificados para modelar el complejo proceso de deterioro. Los modelos estadísticos usan relaciones matemáticas para relacionar la caracterización histórica del estado de las tuberías con factores de deterioro de las tuberías y sus resultados se expresan como valores de probabilidad. Finalmente, los modelos de aprendizaje automático permiten identificar relaciones complejas no lineales entre las entradas y las salidas, sin limitarse a una expresión predefinida vinculando las variables de entrada y los resultados obtenidos (Caradot et al., 2018).

De lo recopilado se resaltan tres actividades fundamentales para llevar a cabo una gestión proactiva de activos en las empresas de alcantarillado: primero, evaluar la condición, desempeño y capacidad de cada componente de la red; segundo, realizar predicciones del estado futuro de sus componentes durante su ciclo de vida; y finalmente, determinar la prioridad de las intervenciones a realizar antes de los eventos de falla (EPA, 2009).

Estas últimas razones resultan particularmente relevantes en el caso de países en desarrollo ya que, en primer lugar, se tienen grandes limitaciones de recursos (financieros y humanos) disponibles para los procesos de mantenimiento, por lo cual no es posible inspeccionar el 100% de los sistemas y, en segundo lugar, como consecuencia de lo anterior, el proceso de toma de decisiones para la priorización del mantenimiento de las redes requiere ser apoyado por información técnica y relaciones justificadas entre las variables de deterioro y las fallas en el sistema.

Entonces, el soporte que dan los modelos respecto a los recursos limitados, se percibe cuando la información que se registra en la inspección de una porción de las redes de alcantarillado permite obtener un material del cual es posible explotar conocimiento y patrones para predecir el comportamiento de la totalidad del sistema, al igual que garantizar la inversión de recursos de manera más eficiente (Posada 2019).

Dentro de los modelos estadísticos se encuentra el de regresión logística, el cual es utilizado frecuentemente en problemas de clasificación y en particular, se ha considerado su aplicación para el caso de la predicción de fallas en sistemas de alcantarillado por diversos autores. Ver Tabla 7.

Tabla N°7: Modelos de regresión logística para la predicción de fallas en redes de alcantarillado.

No.	Año	Título	Autores	Resultado de la metodología	Nivel de predicción
1	2001	Assessment of infrastructure inspection needs using logistic models	Ariaratnam, Samuel El-Assaly, Ashraf Yang, Yuqing	Probabilidad de falla individual por tubería	Tubería
2	2006	Prioritizing Sanitary Sewers for Rehabilitation Using Least-Cost Classifiers	Leonard T. Wright; James P. Heaney; and Shawn Dent	Probabilidad de falla individual por tubería	Tubería
3	2012	Modeling failure of wastewater collection lines using various section-level regression models	Baris Salman and Ossama Salem	Probabilidad de falla individual por tubería	Tubería
4	2015	Benefits of using basic, imprecise or uncertain data for elaborating sewer inspection programmes	Mehdi Ahmadi, Frederic Cherquic,d1, Jean-Christophe De Massiaca and Pascal Le Gauffre	Probabilidad de falla individual por tubería	Tubería
5	2018	Sewer Condition Prediction and Analysis of Explanatory Factors	Tuija Laakso, Teemu Kokkonen, Ilkka Mellin and Riku Vahala	Probabilidad de falla individual por tubería	Tubería

Fuente: Posada A. 2019.

El uso de los árboles de decisión o de la técnica mejorada de bosques aleatorios, se ha estudiado en el caso del problema de clasificación de tuberías en redes de alcantarillado, obteniendo en general resultados buenos debido a su capacidad para modelar relaciones no lineales (Posada 2019). Ver Tabla 8.

La aplicación de este tipo de modelos resulta apropiada para realizar predicciones de fallas en sistemas de alcantarillado y puede ser de gran utilidad para otras tareas de rehabilitación debido a la interpretabilidad de la estructura del árbol obtenida. Los bosques aleatorios constituyen una técnica más avanzada que aún no han sido aplicada extensamente en este problema de clasificación particular, pero podría brindar resultados más confiables para otros conjuntos de datos debido a la disminución de sobreajuste que se logra mediante esta técnica (Posada 2019).

Tabla N°8 Modelos de árboles de decisión para la predicción de fallas en redes de alcantarillado

No.	Año	Título	Autores	Caso de estudio	Resultado de la metodología	Nivel de predicción
1	2012	Application of Classification Models and Spatial Clustering Analysis to a Sewage Collection System of a Mid-Sized City	I-S. Jung, J. H. Garrett Jr., L. Soibelman and K. Lipkin	RedZone Robotics network	Identificación de los factores predictores del deterioro de tuberías	Tubería
2	2014	Comparing the utility of decision trees and support vector machines when planning inspections of linear sewer infrastructure	Robert Richard Harvey and Edward Arthur McBean	City of Guelph, Ontario, Canada	Probabilidad de falla de una tubería dados sus atributos	Tubería
3	2015	A Data Mining Tool for Planning Sanitary Sewer Condition Inspection	R. Harvey and E. McBean	City of Guelph, Ontario, Canada	Probabilidad de falla de una tubería dados sus atributos	Tubería
4	2015	Predictive risk modelling of real-world wastewater network incidents	James Bailey, Edward Keedwell, Slobodan Djordjevic, Zoran Kapelan, Chris Burton and Emma Harris	Network of Dŵr Cymru Welsh Water (DCWW)	Probabilidad de falla de una tubería dados sus atributos	Tubería
5	2018	Sewer Condition Prediction and Analysis of Explanatory Factors	Tuija Laakso, Teemu Kokkonen, Ilkka Mellin and Riku Vahala	-	Probabilidad de falla de una tubería dados sus atributos	Tubería

Fuente: Posada A. 2019

La Regresión polinómica evolutiva es una técnica de minería de datos que se introdujo por Savic et al. (2006) y consiste en un modelo que permite desarrollar expresiones matemáticas para la predicción de colapsos y bloqueos en sistemas de alcantarillado a partir de las bases de datos resultantes de inspecciones de las tuberías. Así, permite identificar relaciones interpretables entre los atributos de las tuberías y la tasa de falla por unidad de longitud de estas, facilitando no solo la detección de fallas en un sistema de drenaje particular estudiado sino también la identificación de la relación entre las variables independientes (predictoras) y la variable independiente (tasa de falla) (Savic et al., 2006). Ver Tabla 9.

Tabla N°9: Modelos EPR (Regresión Polinómica Evolutiva) para la predicción de fallas en sistemas de alcantarillado

No.	Año	Título	Referencia	Resultado de la metodología	Nivel de predicción
1	2006	Modelling sewer failure by evolutionary computing	D. Savic, O. Giustolisi, L. Berardi, W. Shepherd, S. Djordjevic, and A. Saul	Tasa de falla por unidad de longitud de tuberías	Tubería
2	2009	An effective multi-objective approach to prioritization of sewer pipe inspection	L. Berardi, O. Giustolisi, D. A. Savic and Z. Kapelan	Tasa de falla por unidad de longitud de tuberías	Tubería
3	2009	Asset deterioration analysis using multi-utility data and multi-objective data mining	Savic, D. Giustolisi, O. Laucelli, D.	Tasa de falla por unidad de longitud de tuberías	Tubería
4	2007	Multi-Case EPR strategy for the development of sewer failure performance indicators	Berardi, L. Kapelan, Zoran	Tasa de falla por unidad de longitud de tuberías	Tubería
5	2009	Statistical analysis and definition of blockages-prediction formulae for the wastewater network of Oslo by evolutionary computing	Ugarelli, Rita Kristensen, Stig Morten Røstum, Jon Sægro, Sveinung Di Federico, Vittorio	Tasa de falla por unidad de longitud de tuberías	Tubería

Fuente: Posada A. 2019

Como se señaló el sujeto de estudio comprende cerca de 33.000 kilómetros, que corresponde a las redes de recolección de aguas servidas, y lo que se busca es como realizar gestión sobre esta infraestructura, para que pueda dar continuidad y calidad en el servicio prestado.

El sector sanitario considera actualmente a la renovación sin zanja como una opción para la renovación de su infraestructura, (NCh3604/1), esto requiere tener antecedentes de la red de recolección, ya que esta solución no es viable si el tramo de colector ya presenta un deterioro que no permite su rehabilitación con esta técnica. Por eso es relevante focalizar los esfuerzos en teleinspeccionar aquellos tramos que presenten un mayor riesgo de falla, y si consideramos que son 33.000 kilómetros de red, aproximadamente 370.000 tramos a ser evaluados, se deben focalizar los esfuerzos técnicos y económicos.

4.6 MAPA MENTAL

En la Ilustración N°6 se detalla el Mapa Mental del presente estudio, este se divide en 2 partes, los cuales detallan las actividades a desarrollar en el Modelo Teórico y en el Modelo Real.

Ilustración N°6.: MAPA MENTAL

- Estudios de Gestión de redes de alcantarillado
- Estudios de Mantenimiento Predictivo
- Modelamiento de Infraestructura.
- Evaluación por CCTV de Sanitarias
- Tesis
- Web – Visitas a terreno

- Informes del Sector Sanitario SISS
- Informes de protocolos SISS
- Estudio Suralis - SISS
- Tesis
- Web

- Evaluar la gestión que realizan las empresas sanitarias en redes de AS.
- Evaluar los modelos de deterioro de la infraestructura de alcantarillado
- Realizar instrucciones al sector sanitario

Modelo Teórico

Estado del Arte

Conocer el sujeto de estudio

Objetivos de Investigación

Investigación: Evaluación de la Infraestructura de las redes de recolección de aguas servidas aplicando modelos basados en teleinspección

Identificación de redes que deben ser teleinspeccionadas o renovadas en base a los resultados de aplicación de modelos de deterioro

Conclusiones sobre aplicación de modelos en redes de alcantarillado

Aplicación de los modelos existentes de deterioro de tuberías, que permitan correlacionar la información disponible de la red y de las teleinspecciones realizadas

Elaborar una investigación cualitativa y cuantitativa

Se realizó investigación en una muestra de red de alcantarillado, se tomarán como base 4 localidades. La red total de alcantarillado es de 33.000 kilómetros y presenta 162.000 obstrucciones

Modelo Real

Aplicación Metodológica

CAPÍTULO V

PROPUESTA METODOLOGICA

Se describe en este capítulo la propuesta metodológica a ser aplicada, para poder evaluar el nivel actual de la infraestructura, asociada a las redes de recolección de aguas servidas y definir instrucciones al sector sanitario por parte del órgano regulador.

5.1 DENOMINACIÓN, DESCRIPCIÓN Y TIEMPO DE LOS PASOS

Se detallan los pasos necesarios, y los tiempos requeridos para implementar esta metodología.

Objetivo específico N°1:

Identificar y conocer a nivel bibliográfico y de webgrafico todas aquellas materias relacionadas con el objeto de estudio, que tiene relación con la gestión de las redes de recolección de aguas servidas en las áreas de concesión de las empresas sanitarias. Sistematizando la información en fichas bibliográficas y en un documento en Excel que conecte conceptos, preguntas de la investigación, palabras clave, y aspectos relevantes.

Paso 1: Estado del Arte

Se buscará información en los módulos del MWM, apuntes de las clases, páginas web, bibliotecas en línea y entrevistas a expertos, estudios realizados y propuestas de cómo abordar el análisis de la infraestructura de las redes de aguas servidas en el sector sanitario.

Se sistematizará la información en fichas bibliográficas, generando luego un review y Excel que resume los conceptos y palabras claves del marco teórico. También se evaluará la experiencia internacional en este tipo de estudios, lo que se reflejará en un cuadro o un resumen. Además, esta información del estado del arte se complementará con información encontrada mediante entrevista a 4 expertos nacionales e internacionales de la materia; esto se sistematizará en un cuadro con descriptor de la opinión de cada uno, además de lo indicado por los profesores del magister.

Tiempo: 19 semanas

Objetivo Específico N°2

Describir el sujeto de estudio mediante la descripción de las diferentes características de una red de alcantarillado, topología y condiciones operacionales, considerando además todos los objetivos de la investigación.

Paso 2: Sujeto de Estudio

Identificaré al sujeto de estudio a través de la información técnica que represente a las redes de alcantarillado, tanto en lo referido a su topología como a sus condiciones operacionales, esto para la muestra seleccionada.

La descripción de las principales características de la red de alcantarillado tanto a nivel nacional como de la muestra elegida (Purranque, Panguipulli, Alerce, Paillaco), se realizará a través de los protocolos de información, del Informe de Gestión, del Estudio de Percepción y de la muestra de las 4 localidades, correspondiente al estudio de Suralis de Aguas Ajenas.

Plazo: 4 semanas

Objetivo Específico N°3

Definir el Marco teórico de la investigación tomando en consideración el conocimiento del estado del arte y de la descripción del sujeto de estudio (Muestra). Evaluando además los objetivos, y el Mapa Mental, el cual debe considerar a lo menos a nivel gráfico las etapas que corresponden al modelo real.

Paso 3: Marco Teórico

Se establecerá un Marco Teórico de la investigación, a través de la revisión bibliográfica y características de la concesión de recolección y la gestión que realizan las empresas sanitarias, sobre todo en la evaluación de su estado y en los procedimientos que determinan su mantenimiento o renovación. Se identificará y evaluará el estado del arte y de la descripción del sujeto de estudio, que comprende una muestra de 4 localidades del sur de Chile. Considerando además los objetivos, y el mapa mental, el cual debe considerar a lo menos a nivel gráfico un modelo teórico de las etapas que corresponden al modelo real, para abordar el tema del estudio, permitiendo así cumplir con los objetivos específicos y en consecuencia el objetivo general del estudio.

Se hará un procesamiento de la información obtenida en la etapa del estado del arte y de la descripción del sujeto de estudio. Además de toda la información recopilada para este estudio. Con esta información se realizará el Marco Teórico, el cual se traspasará a un mapa mental que resuma cada una de las actividades a desarrollar, identificando el Modelo Teórico y el Modelo Real.

Tiempo: 3 semanas

Objetivo Específico N°4:

Proponer en un listado los diferentes pasos necesarios para lograr y cumplir el objetivo general del estudio, determinando en una carta Gantt los tiempos empleados para cada paso.

Paso 4: Planificación del estudio

Se hará una planificación para el estudio que comprende todas las fases necesarias que permitan obtener el objetivo del estudio.

Se describirán todas las etapas del estudio, considerando el estado del arte, el sujeto de estudio, los objetivos generales y específicos. Estas actividades se detallarán en una Carta Gantt que definirá para cada una de las fases, el tiempo para su desarrollo

Tiempo 1 Semana

Objetivo Específico N°5

Determinar los modelos existentes de deterioro de tuberías, los cuales permiten correlacionar la información disponible de una red de recolección y teleinspecciones realizadas, para estimar los porcentajes de red que pueden presentar problemas de mantenimiento o estructurales.

Paso 5: Definición de Modelos de Deterioro

Se definirán los modelos de deterioro, que utilicen información topológica de las redes e información de teleinspecciones, y que permiten determinar el estado de la infraestructura, referida a las redes de alcantarillado.

Se analizará la información recopilada, referida a la aplicación de modelos estadísticos para definir el estado de la infraestructura, esta definición dependerá de la información disponible, y de la precisión de cada modelo.

Tiempo: 4 semanas

Objetivo Específico N°6:

Revisar la información de las redes de alcantarillado de las 4 localidades a ser estudiadas, disponibles en las bases de datos de la SISS, en la cual se detallan antecedentes de la red, y de la continuidad del servicio (obstrucciones), además de los datos disponibles en la empresa Suralis.

Paso 6: Generación de Bases de Datos

Se elaborará una base de datos de las redes de alcantarillado para las 4 localidades en estudio; en la cual se describirán los aspectos topológicos.

Se hará un levantamiento mediante planillas Excel, y procesamiento y almacenamiento de la información topológica. Esta información se encuentra disponible en la SISS en los protocolos de información y en la empresa Suralis, dado el desarrollo del Estudio de Aguas Ajenas.

Tiempo: 4 semanas

Objetivo Específico N°7:

Analizar las teleinspecciones realizadas en las localidades y zonas de estudio, verificando su cumplimiento con el estándar de PACP de NASSCO.

Paso 7: Evaluación de Teleinspecciones

Se revisará en detalle las teleinspecciones realizadas en las 4 localidades en estudio, por la empresa Suralis, identificando para cada tramo si se cumple con la metodología NASSCO.

Se hará una revisión de los informes y una muestra de los videos realizados por la empresa Suralis en las 4 localidades en estudio, verificando si se cumple con la metodología NASSCO.

Tiempo: 3 semanas

Objetivo Específico N°8:

Aplicar el modelo seleccionado de probabilidad de falla, que permite correlacionar la información disponible de la red y de las teleinspecciones realizadas, para estimar la precisión del modelo para cada localidad, y definir el porcentaje de la red que presentaría problemas estructurales.

Paso 8: Aplicación Modelos de Deterioro

Se aplicará el modelo de deterioro determinado para el estudio, considerando las variables que este utiliza, y su respectiva carga.

Se dispondrá del modelo seleccionado, para ser aplicado considerando las variables disponibles las cuales se encuentran sistematizadas a través de la base de datos generada y de los resultados de las teleinspecciones en las 4 localidades en estudio.

Tiempo: 4 semanas

Objetivo Específico N°9:

Evaluación de la metodología aplicada, en base a los resultados obtenidos, considerando el error asociado a la muestra utilizada, y otras variables que pueden influir en el resultado obtenido.

Paso 9: Resultado de la Aplicación del Modelo

Se van a generar resultados, considerando la aplicación del modelo seleccionado, esta información determinará el estado de la red de recolección de aguas servidas en las 4 localidades.

Se procesará la información y se presentará en formato Excel, en base a los resultados obtenidos al aplicar el modelo estadístico, su sistematización y ordenamiento de todos los resultados parciales y globales, para cada localidad, permitiendo la proyección del estado estructural de las redes de recolección.

Tiempo 2 semanas

Objetivo Específico N°10:

Se analizarán las ventajas y desventajas de la aplicación de modelos que permiten establecer la probabilidad de falla, indicando las limitaciones de los resultados considerando la información disponible.

Paso 10: Análisis Crítico: Ventajas y limitaciones

Se realizará un análisis crítico de la metodología aplicada, y se enumeraran las ventajas y limitaciones de la aplicación de esta metodología.

Para el análisis crítico, se considerarán los métodos estadísticos, la información disponible, los resultados obtenidos, los errores asociados a la muestra y las recomendaciones y conclusiones internacionales de estudios similares. Se tomará en consideración la situación actual del sector sanitario, en base a la reglamentación e instrucciones impartidas, y la generación de información por la teleinspección, además de las limitaciones asociada a aspectos económicos y tiempos de implementación

Tiempo 1 semanas

Objetivo Específico N°11

Instaurar un sistema que permita al sector sanitario evaluar el estado de las redes de recolección y con esto se logre una mejor gestión de reposición en las zonas que presenten mayor riesgo, esto por presentar un alto deterioro estructural, este

sistema se basará en instrucciones impartidas por la SISS que consideren todas las variables antes señaladas.

Paso 11: Resultado Final: Propuesta de Instrucción

Generar una propuesta de instrucción al sector sanitario, asociada a la aplicación de una metodología para la evaluación del estado de las redes de alcantarillado, que permita definir planes de intervención de reposición en las zonas que presenten mayor riesgo, esto por presentar un alto deterioro estructural.

Se hará un documento que considere la reglamentación actual, la cual permite a la SISS dar instrucciones al sector sanitario en aquellos aspectos técnicos que vayan en mejorar la continuidad y calidad del servicio, el Instructivo debe tener una parte legal y otra técnica, en donde se detalle la aplicación de modelos basados en datos topológicos y de teleinspección, exigiendo en base a los resultados obtenidos compromisos de renovación, mantención o de nuevas teleinspecciones.

Plazo 2 semanas

Objetivo Específico N°12

Establecer las conclusiones del estudio en un sentido práctico, a partir de los resultados generales y de los resultados parciales, los cuales consideraran los modelos de deterioro, y planes de intervención de reposición en las zonas que presenten un alto deterioro estructural, así como la pertinencia de instrucciones que permita mejorar la gestión de las redes de alcantarillado.

Paso 12: Conclusiones del Estudio

En función de los resultados, se establecerán o considerarán conclusiones, a partir de las propuestas de los planes de acción tendientes a incrementar la renovación de las redes de recolección y actuar sobre aquellos tramos que presenten mayor riesgo de deterioro.

Se enumerarán las conclusiones del estudio orientados a la evaluación de la infraestructura en un sentido práctico, a partir de los resultados generales y de los resultados parciales, esto contempla el generar una sistematización de los resultados, sustentados en base a tablas y gráficas, obtenida de los resultados de la aplicación del modelo seleccionado.

Objetivo Específico N°13

Se realizarán recomendaciones bajo diferentes miradas, tanto profesional, técnico, académico y personal, en base al estado actual de la infraestructura sanitaria, en específico de las redes de recolección, y de la gestión que realizan las empresas sanitarias.

Estas recomendaciones deberán considerar un análisis desde el punto de vista del regulador, como de las empresas sanitarias, en lo referido a la gestión de las redes de alcantarillado.

Finalmente se analizarán recomendaciones al mundo académico, en donde se visualiza la necesidad de reforzar a nivel nacional, conocimientos en lo referido a modelos de deterioro, y gestión de redes basadas en la teleinspección.

Paso 13: Recomendaciones al sector

Establecer recomendaciones al sector bajo diferentes miradas, tanto profesional, técnico, académico y personal, esto se realizará en base a la información recopilada y a los resultados de la aplicación metodológica, la cual permite definir el estado actual de la infraestructura sanitaria, en específico de las redes de recolección, y su proyección futura.

Se hará un resumen del estudio realizado, el cual se pondrá a disposición del sector sanitario, para que estén al tanto del camino que el sector deberá seguir, con esto se sientan las bases para la generación de una instrucción que considere el modelo de redes como una actividad periódica para la gestión de las redes.

Plazo 2 semanas

5.2 PROGRAMACIÓN DE LOS TIEMPOS DE LA INVESTIGACIÓN

En la Tabla N°10 se presenta el plazo en semanas, para cada uno de los pasos definidos en el estudio.

Tabla N°10: Carta Gantt del Estudio

N°	Estructura de las fases de la investigación		Semanas																											
	Pasos	Tiempo (semanas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
1	Estado del Arte	19	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x									
2	Sujeto de Estudio	4																	x	x	x	x								
3	Marco Teórico	3																	x	x	x									
4	Planificación del Estudio	1																	x											
5	Modelos de Deterioro	2																	x	x										
6	Generación de Bases de Datos	4																		x	x	x	x							
7	Evaluación de Teleinspecciones	3																			x	x	x							
8	Modelos de Deterioro	4																				x	x	x	x					
9	Resultado preliminar del modelo	2																							x	x				
10	Análisis Crítico: Ventaja y limitaciones	1																									x			
11	Resultado Final: Propuesta de Instrucción	2																									x	x		
12	Conclusiones del Estudio	2																										x	x	
13	Recomendaciones al sector	2																											x	x
Mes			Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO VI

APLICACIÓN METODOLÓGICA

En el apartado siguiente se describe el desarrollo de cada uno de los pasos definidos en el Capítulo V.

6.1 ESTADO DEL ARTE

Se realizó una búsqueda de información, a nivel nacional e internacional, se confeccionaron 60 fichas, y se consultó a expertos que tienen relación con el tema estudiado. Con esta información se pudo realizar una evaluación del estado del arte, respecto a las redes de agua servidas en el sector sanitario.

Se generaron las fichas bibliográficas, se generó un reviw y un Excel que resume los conceptos y palabras claves del marco teórico. Se elaboraron cuadros que resumen la experiencia internacional y la opinión de los expertos.

6.2 SUJETO DE ESTUDIO

Se identificó al sujeto de estudio, considerando la información disponible en el Informe de Gestión de la SISS 2022 y en el Estudio de Percepción 2022, además se recopiló información disponible en la base de datos de la SISS, en la cual se detalla información de las redes de las localidades estudiadas, esto complementado con información del estudio que está desarrollando la empresa Suralis.

6.3 MARCO TEÓRICO

Se realiza un Marco Teórico, considerando la información recopilada, y la gestión de las empresas sanitarias, la cual se ve reflejada en aspectos operacionales, resumidas en el Protocolo N°13 de la SISS, que recoge las obstrucciones producidas en la zona de estudio, la que se detalla en los gráficos N°3 al N°6.

Se realizó el Marco Teórico y un Mapa Mental que resume las actividades a desarrollar, identificando el Modelo Teórico y el Modelo Real.

6.4 PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Se realizó una planificación del estudio considerando todos los pasos necesarios para lograr el objetivo general y los objetivos específicos. En esta Planificación se detalla cada paso y el tiempo para su desarrollo, esto se traduce en una carta Gantt, que muestra gráficamente lo antes indicado.

6.5 DEFINICIÓN DE MODELOS DE DETERIORO

6.5.1 PRINCIPALES MODELOS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS

En esta etapa se describen los principales modelos de deterioro definidos en el Estado del Arte, los cuales utilizan información topológica de las redes e información de teleinspecciones, los cuales permiten determinar el estado de la infraestructura, referida a las redes de alcantarillado.

Entre las diferentes metodologías revisadas se destaca el uso de modelos como regresión lineal, regresión logística, árboles de decisión, bosques aleatorios, máquinas de soporte vectorial, regresión polinómica evolutiva y redes neuronales.

Los modelos que serán analizados para determinar cuál será utilizado en las localidades en estudio corresponden a los siguientes, esto por ser los más citados en la recopilación de la información, y por ser los que permiten tener una primera aproximación para establecer el estado de la red de recolección (tablas N°7, N°8 y N°9)

- Cadenas de Markov
- Árboles de decisión
- Regresión logística

6.5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS ESTADÍSTICOS MAS UTILIZADOS

Cadenas de Markov: Este modelo representa proceso estocástico que ocurre en un tiempo discreto, en el cual la probabilidad condicional de que una tubería se encuentre en un estado futuro en un tiempo $t + \Delta t$ se encuentra determinada por la condición actual de la tubería. Así, asume que es posible describir el proceso de deterioro considerando la información que se tiene en el estado actual. Los cambios en los estados de la tubería se denominan transiciones y existe una probabilidad asociada para cada transición posible, conformado así una matriz de transición P de tamaño $m \times m$, donde m es el número de estados posibles. Estas probabilidades de transición pueden ser independientes del tiempo, en cuyo caso se tiene un modelo homogéneo de Markov, o pueden ser dependientes del tiempo, teniendo así un modelo no homogéneo de Markov. Generalmente se asume para el caso del deterioro de tuberías en redes de alcantarillado, que no es posible que la condición de las tuberías mejore en el tiempo (Posada, 2019).

$$P^{t,t+1} = \begin{bmatrix} P_{11}^{t,t+1} & P_{12}^{t,t+1} & \dots & P_{1m}^{t,t+1} \\ 0 & P_{22}^{t,t+1} & \dots & P_{2m}^{t,t+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & P_{mm}^{t,t+1} = 1 \end{bmatrix}$$

Fuente: Posada 2019

La limitación para la aplicación de este modelo en las 4 localidades analizadas es que no se tiene información de teleinspecciones de años anteriores, ya que sólo se dispone de información del año 2024. Por lo anterior se descarta como modelo a utilizar.

Arboles de decisión:

Un árbol de decisión es un mapa de los posibles resultados de una serie de decisiones relacionadas. Permite que un individuo o una organización comparen posibles acciones entre sí según sus costos, probabilidades y beneficios. Se pueden usar para dirigir un intercambio de ideas informal o trazar un algoritmo que anticipe matemáticamente la mejor opción.

Un árbol de decisión, por lo general, comienza con un único nodo y luego se ramifica en resultados posibles. Cada uno de esos resultados crea nodos que le da una forma similar a la de un árbol.

Hay tres tipos diferentes de nodos: nodos de probabilidad, nodos de decisión y nodos terminales. Un nodo de probabilidad, representado con un círculo, muestra las probabilidades de ciertos resultados. Un nodo de decisión, representado con un cuadrado, muestra una decisión que se tomará, y un nodo terminal muestra el resultado definitivo de una ruta de decisión.

En conclusión, un árbol de decisión es un algoritmo de aprendizaje supervisado no paramétrico, que se utiliza tanto para tareas de clasificación como de regresión.

En general, el resultado al implementar esta técnica corresponde a una estructura de árbol mediante la cual es posible clasificar las tuberías de acuerdo a sus atributos y las preguntas realizadas en los nodos del árbol. Así, se construye un árbol con las variables predictoras del modelo en el cual las variables de los nodos superiores corresponden a los factores de mayor importancia para el proceso de clasificación (Posada 2019).

La limitante para la aplicación de este método, aun cuando se ha utilizado por varios autores para resolver este problema radica en que:

- No es el mejor para aplicar regresión y predecir valores que son continuos.
- A pesar de ser intuitivo, tiende a ser complicado y complejo.
- Un pequeño cambio en los datos puede contribuir a un gran cambio en el modelo de estructura del diagrama de árbol.
- La inestabilidad es uno de sus principales enemigos.
- Los árboles de decisión tienden al sobre entrenamiento, especialmente cuando el número de características predictivas es alto.

Considerando las limitantes antes señaladas, no se considera este modelo para evaluar la probabilidad de falla de las redes de recolección en las 4 localidades en estudio.

Regresión logística: Este modelo, a diferencia de los anteriores, permite analizar las relaciones entre las variables independientes (factores de deterioro) y la variable dependiente (condición de las tuberías), y corresponde a la categoría de métodos estadísticos denominados modelos lineales generalizados. Este modelo asume que la variable dependiente y es categórica y dependiente de un conjunto de variables X ; sin embargo, el valor obtenido de y corresponde a una probabilidad de corresponder a una clase o a otra dependiendo de los valores que tome y . En el caso en que solo existan dos categorías para realizar la clasificación, el modelo se denomina regresión logística binaria; mientras que si son más de dos se conoce como regresión logística multinomial.

Los modelos de regresión logística son utilizados frecuentemente en problemas de clasificación y en particular, se ha considerado su aplicación para el caso de la predicción de fallas en sistemas de alcantarillado por diversos autores como se observa en la Tabla N°7. En el contexto de redes de alcantarillado, el resultado obtenido por los modelos de regresión logística corresponde a la probabilidad de falla de una tubería $P(x)$ con la cual se realiza la clasificación de pertenencia a una determinada clase.

Al observar las investigaciones realizadas por diferentes autores, es posible notar que la aplicación de esta técnica de minería de datos a la predicción de fallas en redes de alcantarillado ha sido ampliamente estudiada y aún continúa siendo relevante para realizar comparaciones de la capacidad predictiva de otros modelos. Entre las primeras investigaciones, Ariaratnam et al. (2001) desarrollaron un modelo de regresión logística considerando los efectos de las variables edad, diámetro, material, tipo de tubería y profundidad media de cobertura; encontrando que es posible reducir la subjetividad al encontrar valores de probabilidad de falla de las tuberías en lugar de utilizar calificaciones numéricas (Posada 2019).

Por lo analizado, la aplicación de este modelo es de más fácil interpretación, además de estar disponible en el programa R – Estudio, es por este motivo que el análisis se realizará con el Modelo de Regresión Logística.

A continuación, se hace una descripción del Método seleccionado

Modelo de Regresión Logística

El modelo de regresión lineal define lo siguiente:

Fórmula N°1

$$\hat{y} = \alpha + \beta^T X$$

En el caso de regresión logística, se podría decir que para valores donde $\hat{y}_i$ es cercano o menor a 0 se clasifique para la instancia en la clase 0 y para valores mayores a un umbral se clasifique a la instancia en la clase 1:

$$\hat{y} = \begin{cases} 0 & \text{si } \alpha + \beta^T X < \text{umbral} \\ 1 & \text{si } \alpha + \beta^T X \geq \text{umbral} \end{cases}$$

donde el umbral > 0 . Siempre que se tenga una solución lineal para ajustar una respuesta binaria codificada como 0 y 1, se deben definir los umbrales para cada clasificación. Para evitar este problema se puede crear un modelo $\hat{y}$ usando una función que obtenga resultados entre $[0,1]$ para todos los valores de X (Posada 2019). Para definir cuál es la probabilidad de X de ser 1:

Fórmula N°2

$$P(X) = \Pr(y = 1 \mid X; \alpha, \beta) = g(\alpha + \beta^T X)$$

Donde g es una función que mapea los valores de la regresión lineal entre $[0,1]$ y define la probabilidad de y de ser 1. De modo que, si $P(X) = 0.7$ se dice que X pertenece en un 70% a la clase 1 y en un 30% a la clase 0.

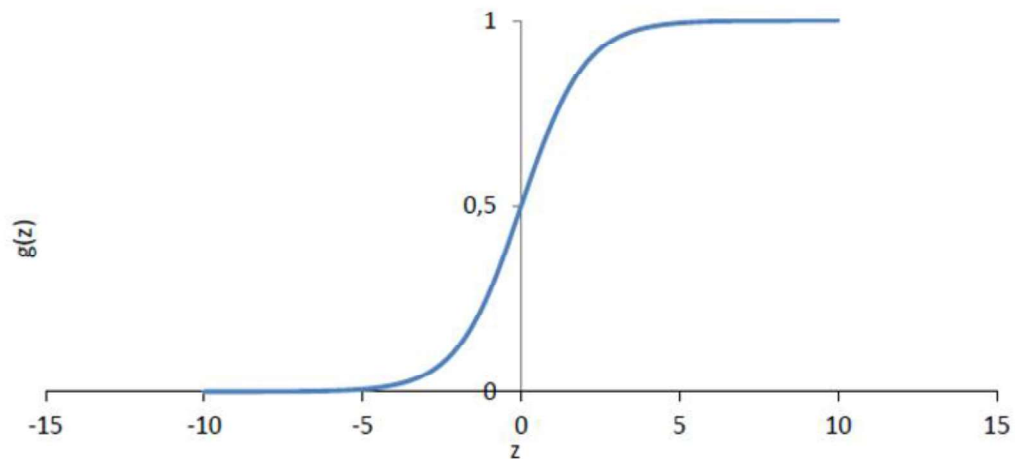
Existen muchas funciones que cumplen con esta característica; en regresión logística, se utiliza la función logística (Posada 2019):

Fórmula N°3

$$g(z) = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

El comportamiento de esta función se puede observar en la Gráfica 1. Se puede observar que entre mayor es el valor de z el valor de la función logística se aproxima a 1; por el contrario, entre más pequeño es z , su valor se aproxima a 0.

Gráfica N°7: Regresión Logística



Fuente: Posada, 2019

Utilizando la función logística en la probabilidad de obtener 1, dado X se obtiene finalmente:

Fórmula N°4

$$P(x) = \frac{e^{\alpha + \beta^T X}}{1 + e^{\alpha + \beta^T X}}$$

Finalmente, el modelo para la clasificación es:

$$\hat{y} = \begin{cases} 0 & \text{si } P(x) < 0.5 \\ 1 & \text{si } P(x) \geq 0.5 \end{cases}$$

Si se realiza una manipulación de la ecuación de $P(x)$ se puede obtener:

Fórmula N°5

$$\ln\left(\frac{P(x)}{1 - P(x)}\right) = \alpha + \beta^T X$$

La cantidad en que $P(x)$ cambia debido a una unidad de aumento en x depende del valor actual de x . Sin embargo, sin importar el valor de x si los β 's son positivos, entonces incrementar x estará asociado con incrementar $P(x)$ y si los β 's son negativos entonces incrementar x estará asociado con decrementar $P(x)$ (Posada, 2019).

Estimando los parámetros α y β 's del modelo

Los valores de α y los β son desconocidos y deben ser estimados con base en los datos de entrenamiento disponibles. El objetivo del entrenamiento es encontrar los parámetros α y los β de modo que $P(x)$ sea alta para instancias de clase 1 y que $P(x)$ sea baja para instancias de clase negativa. La función de pérdida para un dato de entrenamiento se define (Posada, 2019):

$$\ell(y_i, P(x_i)) = \begin{cases} -\log P(x_i) & \text{Si } y_i = 1 \\ -\log(1 - P(x_i)) & \text{Si } y_i = 0 \end{cases}$$

Esta función de pérdida toma sentido dado que $-\log z$ crece rápidamente cuando z se acerca a 0, así el costo será grande si el modelo estima una probabilidad cercana a 0 para instancias positivas y también lo será si el modelo estima una probabilidad cerca de 1 para instancias negativas. Por otro lado, $-\log z$ se aproxima a 0 cuando z se acerca a 1; así, el costo para instancias positivas con una probabilidad cercana a 1 será pequeña e igualmente para instancias negativas, lo cual es precisamente lo que se busca (Posada, 2019).

La función de costo considerando todos los datos de entrenamiento es el promedio entre la función de costo de todas las instancias de entrenamiento (Posada, 2019):

Fórmula N°6

$$J(\alpha, \beta) = -\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m [y_i \log P(x_i) + (1 - y_i) \log(1 - P(x_i))]$$

Clasificación múltiple

El modelo clásico de regresión logística es un modelo que permite realizar una clasificación binaria; sin embargo, existen muchos escenarios en los cuales se tienen más de dos clases por clasificar.

Entonces, la manera convencional en la que es posible dar solución a este problema es tomar la solución aplicada al problema de dos clases e implementarla una serie de veces para resolver el problema de k clases. Así, se construyen un número k de clasificadores binarios, con los cuales se encontrará la clasificación más probable dado un conjunto de variables predictoras específico (Posada, 2019). El más común y ampliamente implementado es el método “Uno vs Todos”, el cual construye K clasificadores $\hat{y}(i)$ de regresión logística y cada clasificador toma a una clase $i = 1, 2, \dots, K$ como la clase positiva y las restantes como la clase negativa. Una vez se tienen los K clasificadores se dice que la instancia x pertenece al clasificador que tenga la mayor $P(i)(x)$ (Posada, 2019), donde:

Fórmula N°7

$$P^{(i)}(x) = \Pr(y = i \mid x; \alpha, \beta)$$

En otras palabras, la clasificación de una instancia se obtiene seleccionando el clasificador que maximiza la probabilidad de que x pertenezca a la clase i :

$$\max_i P^{(i)}(x)$$

6.6 GENERACION DE BASE DE DATOS

Para la generación de la base de datos se cuenta con información de la cartografía de las 4 localidades en estudio, en la cual se identifica cada tramo de forma univoca, a través de un ID, con este código se relacionan las variables referidas a diámetro, material, año de instalación y su largo. Esta información se obtuvo de la base de información de la SISS, la cual es coincidente con la información generada para el estudio utilizada por Suralis.

En las siguientes tablas y gráficos se presenta la información para cada localidad.

Tabla N° 11: Purranque – Topología Red (material – diámetro)

Diámetro (mm)	Material			
	Cemento Comprimido (m)	HDPE (m)	PVC (m)	Largo Red (m)
175	6088			6088
180			10259	10259
181			66	66
200		2236	13645	15882
225		908		908
250	81		2268	2349
315			492	492
355			1051	1051
450	1339			1339
Largo Red (m)	7507	3144	27782	38433

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°12: Alerce Topología Red (material – diámetro)

Diámetro (mm)	Material	Cemento Comprimido (m)	HDPE (m)	PVC (m)	Largo Red (m)
180	Acero Negro			39157	39157
200			823	47202	48025
250				10042	10042
311	45				45
315				7732	7732
355				109	109
400				586	586
500		93			93
600		502			502
Largo Red (m)	45	594	823	104828	106291

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°13: Paillaco Topología de la red (material – diámetro)

Diámetro (mm)	Material Cemento Comprimido (m)	CIPP	CIPP250	HDPE (m)	PVC (m)	Largo Red (m)
175	6675					6675
180					10532	10532
200	2840	56		158	9362	12416
225				2650		2650
250	104		106	108	145	463
280				104		104
300	329					329
315				224		224
350	219					219
450				463		463
Largo Red (m)	10167	56	106	3708	20040	34077

Fuente: Elaboración Propia

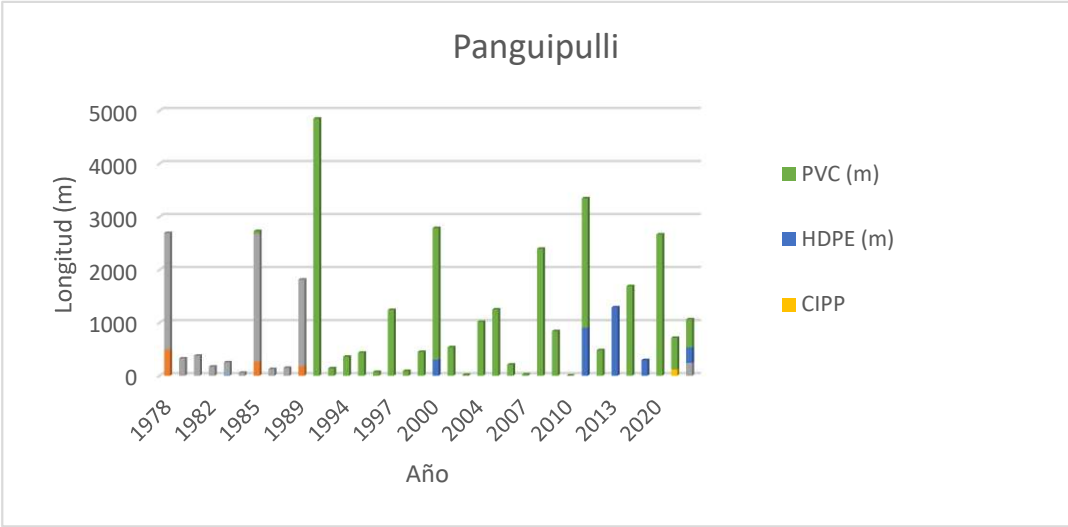
Tabla N°14: Panguipulli Topología de la red (material – diámetro)

Diámetro (mm)	Material Acero Negro	Asbesto Cemento	Cemento Comprimido (m)	CIPP	HDPE (m)	PVC (m)	Largo Red (m)
175			5757				5757
180						9303	9303
200		22	1679		243	14921	16865
225					1532		1532
250	18		358	120	7	101	603
280					562		562
300		196			96		293
315					105	50	155
350			132			75	207
355						234	234
400		696			350	8	1054
450		49				163	212
500					187		187
Largo Red (m)	18	963	7926	120	3081	24855	36963

Fuente: Elaboración Propia

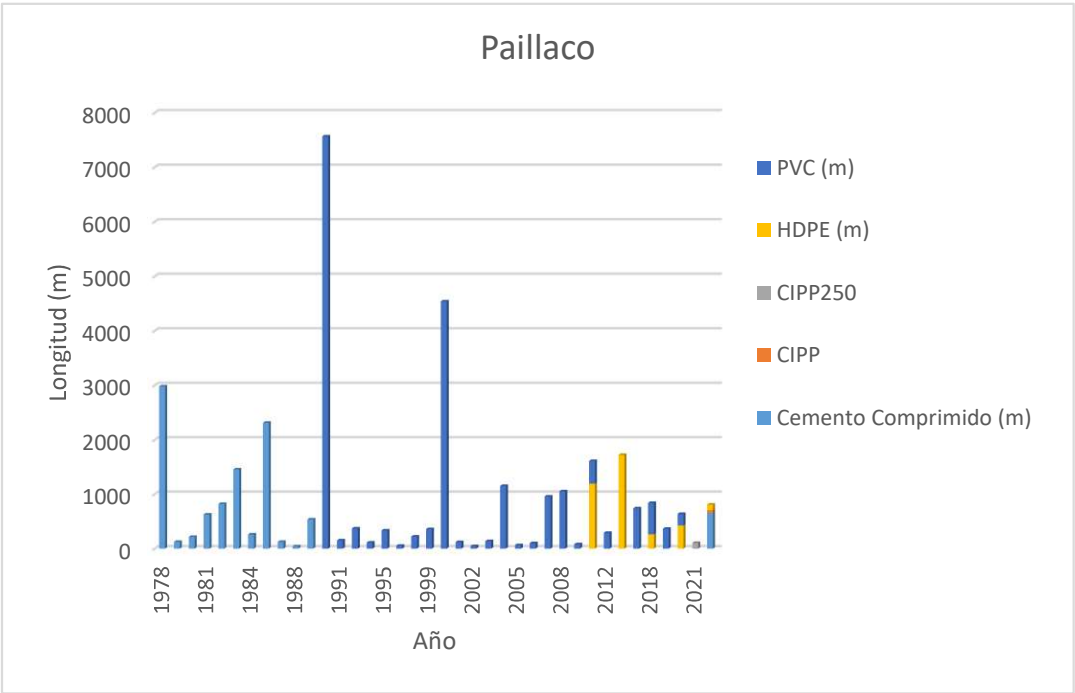
Antigüedad de la Red

Gráfico N°8: Panguipulli Antigüedad de la Red



Fuente: Elaboración Propia

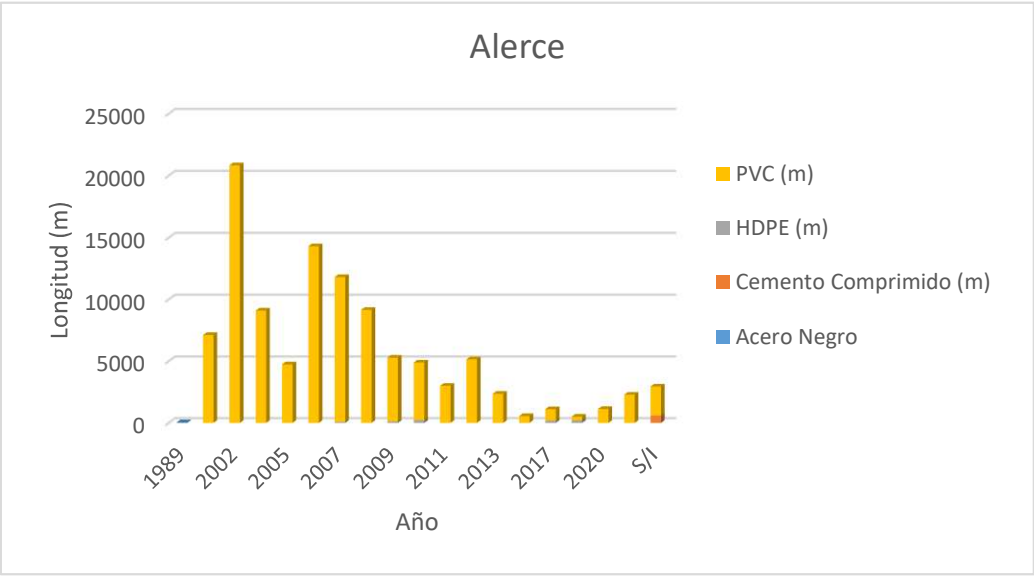
Gráfico N°9: Paillaco Antigüedad de la Red



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°10: Alerce Antigüedad de la Red

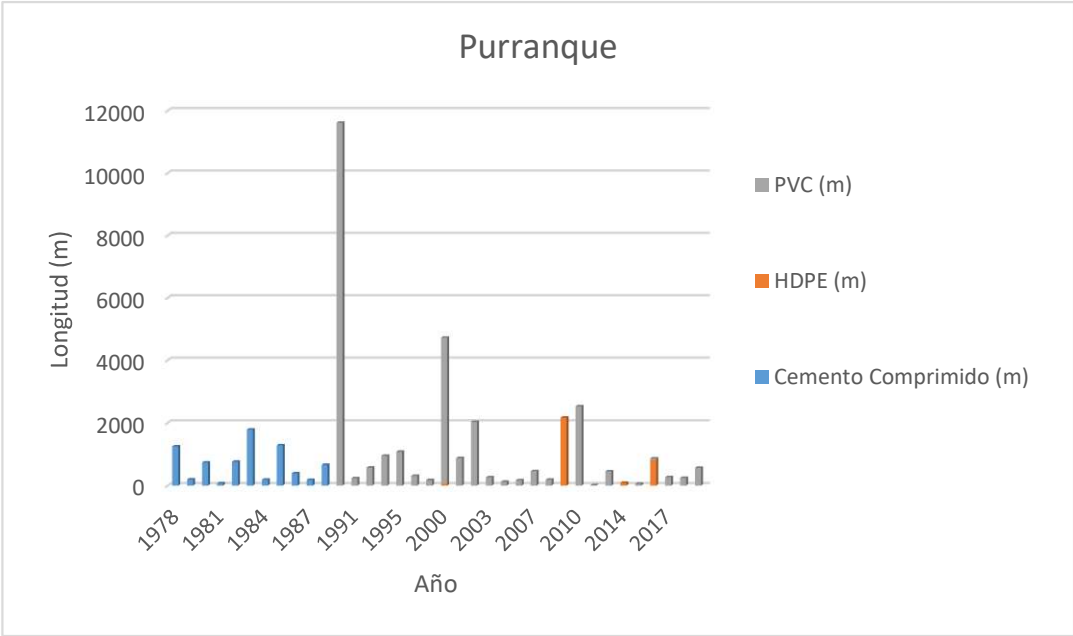
Fuente:



Elaboración Propia

Gráfico N°11: Purranque Antigüedad de la Red

Fuente:



Elaboración Propia

6.7 EVALUACIÓN DE TELEINSPECCIONES

6.7.1 CLASIFICACIÓN NASSCO

De acuerdo con el Instructivo SISS (SISS, 2024), la evaluación de la condición de las tuberías se realiza diferenciando los aspectos estructurales y los aspectos operacionales, con lo cual se obtienen dos clasificaciones del estado de las tuberías. El estado estructural de las tuberías evalúa los defectos observados durante la inspección, relacionados con deformaciones existentes o el estado límite de la capacidad estructural del sistema y evalúa mediante un sistema de puntajes el grado o nivel de deterioro con respecto a la probabilidad de colapso del mismo, obteniendo una clasificación de 1 a 5, en donde 1 corresponde a tubos sin la presencia de defectos o pequeños defectos y 5 corresponde a tubos que se encuentran colapsados o a punto de colapsar (estado estructural). Por otro lado, el estado operacional de las tuberías evalúa los defectos que puedan disminuir la capacidad en la conducción de los flujos establecidos en el diseño de las tuberías debido a la reducción de la sección transversal, obteniendo una clasificación de 1 a 5, en donde 1 corresponde a la menor cantidad de obstrucciones por unidad de longitud y 5 hace referencia a la mayor cantidad de obstrucciones por unidad de longitud (escombros, grasa, raíces).

En resumen, los grados que se asignan son los siguientes:

5.- Defectos más significativos

4.- Significativo

3.- Moderado

2.- Menor a Moderado

1.- Menor

En Anexo D, se presentan ejemplos de clasificaciones NASSCO para aspectos estructurales.

6.7.2 RESULTADOS TELEINSPECCIONES REALIZADAS

En lo referido al estudio, se realizó una revisión a los informes desarrollados en las 4 localidades, Alerce, Purranque, Panguipulli y Paillaco, correspondiente a 120 teleinspecciones, realizadas entre diciembre del 2023 y marzo del 2024, comprobando que se cumple con el estándar NASSCO (codificación), además se revisaron 30 videos los cuales cumplen con los requisitos de luminosidad, velocidad, e inspección de cada tramo (SISS 2024, Resolución SISS N°553).

En las siguientes tablas y gráficos se muestra el detalle de cada una de las teleinspecciones realizadas en las 4 localidades.

Tabla N°15: Purranque - Teleinspecciones

Localidad	Longitud (m)	DIAMETRO	MATERIAL	Caracterización NASSCO Estructural	Observaciones Teleinspección	Observación SISS
PURRANQUE	81,81	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	67,94	200	PVC	5	Tramo en PVC. UD penetrante. Grasa. Deformación abultada. Corte excedido en UD. Agujeros.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	77,56	180	PVC	5	Desgaste protuberante - Agregado ausente. UD penetrante. Grasa. Fracturas. Agujeros. Rotura.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	56,47	180	PVC	3	Tramo en PVC. Deformación elíptica. Obstrucción incrustada en pared.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	0,00	180	PVC	2	Tramo en PVC. Nivel de agua.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	83,93	200	PVC	5	Tramo en PVC. Grasas. Deformaciones elípticas y abultadas. Infiltración a presión.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	99,26	200	PVC	3	Tramo en PVC. Grasas. UD penetrante. Alineación abajo. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	69,10	200	PVC	5	Tramo en PVC. Alineación hacia abajo. Grasa. UD defectuosa. Corte excedido en UD. Corte restringido en UD. Deformación abultada. Deformación elíptica.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	119,71	180	PVC	4	Tramo en PVC. Deformaciones abultadas y elípticas.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	38,33	180	PVC	5	Tramo en PVC. Sello penetrante. Grasa. Corte excedido en UD. Deformación abultada. Deformación Elíptica. Fractura. Agujero.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	80,92	180	PVC	5	Tramo en PVC. Depósito asentado fino. Grasa. Corte excedido en UD. Corte restringido en UD. Fracturas. Deformación abultada. Deformación elíptica. Agujeros. Rotura.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	66,27	200	PVC	3	Tramo en PVC. Grasas. Corte restringido en UD. Corte excedido en UD. UD penetrante. Deformación elíptica.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	90,77	250	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	73,56	200	HDPE	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	0,00	200	HDPE	2	Tramo en PVC. Nivel de agua.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	67,45	200	HDPE	3	Tramo en PVC. UD defectuosa. Cortes desplazados en UD. Videocámara sumergida.	Cumple con Estándar NASSCO

Localidad	Longitud (m)	DIAMETRO	MATERIAL	Caracterización NASSCO Estructural	Observaciones Teleinspección	Observación SISS
PURRANQUE	72,54	180	PVC	4	Tramo en PVC. Deformación abultada. Corte excedido en UD.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	48,29	200	PVC	5	Desgaste visible - agregado ausente. UD penetrante. Agujero. Rotura.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	50,32	200	PVC	2	Tramo en PVC. Nivel de agua.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	65,49	200	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	119,09	200	PVC	5	Tramo en PVC. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	70,68	180	PVC	2	Tramo en PVC. Nivel de agua.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	38,98	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa. Obstrucción por UD.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	75,91	180	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Trapos. Deformación abultada. Deformación elíptica.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	56,13	200	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. UD defectuosa. Corte excedido en UD. Corte restringido en UD.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	58,70	200	PVC	2	Tramo en PVC. Reparación puntual parche. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	34,86	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	76,42	175	CCC	5	Desgaste protuberante. Reparación puntual. UD penetrantes. Fracturas. Infiltración. Juntas desplazadas. Grasas. Obstrucción en UD. Agujeros. Rotura.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	58,40	175	CCC	3	Desgaste protuberante. Grasas. Lechada.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	102,73	175	CCC	5	Desgaste protuberante. Obstrucción en junta. Fracturas. UD penetrante. Grasa. Lechada. Reparación puntual. Cambio de diámetro. Agujeros.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	122,78	175	CCC	5	Desgaste protuberante. Grava. Colapso.	Cumple con Estándar NASSCO
PURRANQUE	64,40	450	CCC	5	Desgaste protuberante. UD penetrante. Fractura. Agujero. Rotura.	Cumple con Estándar NASSCO

Fuente: Estudio Suralis – SISS

Tabla N°16: Panguipulli - Teleinspecciones

Localidad	Longitud (m)	DIAMETRO	MATERIAL	Caracterización NASSCO Estructural	Observaciones Teleinspección	Observación SISS
PANGUIPULLI	40,00	180	PVC	3	Tramo en PVC. Deformación abultada. Deformación elíptica.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	20,75	180	PVC	2	Tramo en PVC. Sello penetrante. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	57,64	180	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Deformación abultada. Deformación elíptica.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	42,55	200	PVC	5	Tramo en PVC. Grasa. Sello penetrante. Deformación abultada. Deformación elíptica. Agujero.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	38,53	200	PVC	3	Tramo en PVC. Deformación elíptica.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	68,32	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	31,43	200	PVC	3	Tramo en PVC. Depósitos asentados finos. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	29,88	200	PVC	2	Tramo en PVC. Nivel de agua.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	47,73	175	CC	2	Tramo en PVC. Nivel de agua.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	48,59	350	PVC	3	Tramo en PVC. Deformación abultada. Trapos. Grasa. Corte excedido. Deformación elíptica.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	21,61	200	AC	3	Desgaste protuberante. Raíces finas. UD penetrante. Lechada.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	69,80	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa. Cambios de diámetro.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	28,45	200	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Lechada. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	29,48	250	CC	5	Desgaste protuberante. Lechada. Infiltración lagrimeo. Rotura.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	7,13	400	HDPE	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	119,40	400	HDPE	5	Tramo en PVC. Grasa. Deformación elíptica. Junta separada. UD penetrante. Corte excedido. Alineación hacia abajo. Fractura longitudinal. Agujero. ITV abandonada.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	111,37	280	HDPE	5	Tramo en PVC. Ud penetrante. Junta separada. Deformación abultada. Deformación elíptica. Agujero.	Cumple con Estándar NASSCO

Localidad	Longitud (m)	DIAMETRO	MATERIAL	Caracterización NASSCO Estructural	Observaciones Teleinspección	Observación SISS
PANGUIPULLI	34,96	200	PVC	5	Tramo en PVC. Grasa. Deformación abultada. Corte excedido de UD. Corte desplazado de UD. Agujero.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	97,92	180	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Grieta. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	50,00	200	PVC	3	Tramo en PVC. Sello penetrante. Grasa. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	27,75	180	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Deformación abultada. Deformación elíptica.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	15,46	200	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	39,21	180	PVC	4	Tramo en PVC. Grasa. Deformación Elíptica. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	5,79	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	9,00	200	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	45,43	180	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Deformación elíptica. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	43,77	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	9,56	180	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	48,90	350	PVC	2	Tramo en PVC. Nivel de agua.	Cumple con Estándar NASSCO
PANGUIPULLI	58,52	200	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO

Fuente: Estudio Suralis – SISS

Tabla N°17: Alerce - Teleinspecciones

Localidad	Longitud (m)	DIAMETRO	MATERIAL	Caracterización NASSCO Estructural	Observaciones Teleinspección	Observación SISS
ALERCE	34,37	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	77,90	180	PVC	3	Tramo en PVC. Depósitos asentados finos. Grasa. Deformación elíptica. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO

Localidad	Longitud (m)	DIAMETRO	MATERIAL	Caracterización NASSCO Estructural	Observaciones Teleinspección	Observación SISS
ALERCE	106,44	200	PVC	2	Tramo en PVC. Nivel de agua.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	83,96	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	21,43	250	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	71,54	200	HDPE	2	Tramo renovado en PVC. Flujo agua 30%	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	31,49	200	PVC	2	tramo renovado en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	107,29	180	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	64,55	200	PVC	3	Tramo en PVC. Deformación elíptica.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	9,17	250	PVC	2	Tramo en PVC. Nivel de agua.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	38,41	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	82,22	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	35,45	200	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Corte excedido en UD.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	64,89	180	PVC	5	Tramo en PVC. Grasa. Corte restringido en UD. Deformación abultada. Disminución de diámetro. Agujero. Rotura.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	53,40	180	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Deformación Elíptica. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	83,27	315	PVC	5	Tramo en PVC. Grasa. Deformación Elíptica. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	101,02	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	36,65	200	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Obstrucción por UD. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	77,36	180	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa. Grieta longitudinal.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	43,26	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa. UD clausurada.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	85,36	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO

Localidad	Longitud (m)	DIAMETRO	MATERIAL	Caracterización NASSCO Estructural	Observaciones Teleinspección	Observación SISS
ALERCE	70,42	180	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	39,81	200	PVC	3	Tramo en PVC. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	90,58	200	PVC	2	Tramo en PVC. Nivel de agua. Disminución de diámetro.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	87,28	180	PVC	3	Tramo en PVC. Fractura longitudinal.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	38,40	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa. Trapos.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	82,66	180	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Deformación abultada.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	20,00	180	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	41,48	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
ALERCE	37,07	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa. Colector con contrapendientes.	Cumple con Estándar NASSCO

Fuente: Estudio Suralis – SISS

Tabla N°18: Paillaco - Teleinspecciones

Localidad	Longitud (m)	DIAMETRO	MATERIAL	Caracterización NASSCO Estructural	Observaciones Teleinspección	Observación SISS
PAILLACO	19,75	180	PVC	3	Tramo en PVC. Deformación abultada. Deformación elíptica.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	44,78	180	PVC	3	Tramo en PVC. Depósitos asentados grava. Deformación abultada. Corte excedido en acometida.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	57,81	180	PVC	5	Tramo en PVC. Grasa. Fractura. Deformación elíptica. Deformación abultada con curvatura inversa.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	106,07	180	PVC	5	Tramo en PVC. Grasa. Deformación elíptica. Juntas desplazadas con aumento de diámetro y disminución de diámetro. Deformaciones abultadas. Agujero.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	106,34	200	CC	5	Tramo en PVC. UD penetrante. Grasa. Corte excedido en UD. Agujero. Rotura.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	38,37	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO

Localidad	Longitud (m)	DIAMETRO	MATERIAL	Caracterización NASSCO Estructural	Observaciones Teleinspección	Observación SISS
PAILLACO	0,00	200	PVC	2	Tramo en PVC. Nivel de agua.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	107,94	175	S/I	5	Desgaste agregado ausente. Grietas. Fracturas. UD penetrante. Junta desplazada produciendo reducción de diámetro. Agujero. Rotura. Tramo crítico.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	114,74	175	CC	3	Desgaste protuberante. Lechada. UD penetrante. Grieta. Infiltración a presión. Depósitos asentados. Fractura.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	111,06	225	HDPE	3	Tramo en PVC. Grasa. UD penetrante. Reducción de diámetro. Deformación elíptica. UD defectuosa.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	111,21	175	CC	4	Tramo en PVC. UD penetrante. Grieta. Deformación elíptica. Deformación abultada. Depósitos asentados.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	107,75	180	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Grieta. UD penetrante. Obstrucción por UD. Corte restringido en UD. ITV abandonada.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	22,79	200	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Corte excedido en UD.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	111,86	350	CC	5	Desgaste protuberante - Agregado ausente. Lechada. Grasa. Raíces. UD defectuosa. Grietas. Fracturas. Infiltración. Agujeros.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	84,23	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	107,05	175	CC	5	Desgaste protuberante. UD penetrante. Infiltración lagrimeo. Junta desplazada reducción de diámetro. Reparación puntual. Lechada. Fractura. Agujero.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	107,18	180	PVC	3	Tramo en PVC. UD penetrante. Grietas. Deformación elíptica.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	42,52	200	PVC	2	Tramo en PVC. Nivel de agua.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	34,30	180	PVC	2	Tramo en PVC. Nivel de agua.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	25,12	180	PVC	4	Desgaste protuberante. Fractura Múltiple. Junta separada pequeña.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	56,99	175	CCC	3	Desgaste protuberante. UD penetrante. Depósitos asentados Grava. Junta desplazada pequeña. Cambio de tamaño en juntas. Fractura: Longitudinal. Espiral.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	42,75	175	CC	5	Desgaste protuberante. Grieta espiral. Lechada. Agujero.	Cumple con Estándar NASSCO

Localidad	Longitud (m)	DIAMETRO	MATERIAL	Caracterización NASSCO Estructural	Observaciones Teleinspección	Observación SISS
PAILLACO	29,70	200	PVC	2	Tramo en PVC. Depósitos asentados Grava.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	85,51	180	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Revestimiento extremo defectuoso.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	40,73	200	PVC	3	Tramo en PVC. Depósitos asentados finos. Grasa. Deformación elíptica en boca de tubo CI2.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	20,00	200	PVC	2	Tramo en PVC. Nivel de agua.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	59,36	180	PVC	3	Tramo en PVC. Grasa. Deformación elíptica. Revestimiento corte excedido en UD. Revestimiento Espacio Anular en UD.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	49,66	200	PVC	2	Tramo en PVC. Grasa.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	60,41	200	PVC	3	Tramo en PVC. Deformación elíptica en boca de tubo CI2.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	104,13	175	CCC	5	Desgaste agregado ausente. Grasa. UD penetrante. Grava. UD defectuosa. ITV sumergida. Agujero.	Cumple con Estándar NASSCO
PAILLACO	51,90	180	CCC	2	CI1 perdida bajo ripio. ITV aguas arriba. Tramo renovado en PVC. UD defectuosa. Juntas desplazadas pequeñas. Material fino, gravilla.	Cumple con Estándar NASSCO

Fuente: Estudio Suralis – SISS

En Anexo E, se presenta en forma gráfica la clasificación NASSCO, tomando las variables diámetro, material y antigüedad, esto por cada localidad.

En Ilustración N°7, se muestra un informe realizado en la localidad de Alerce, el cual se ajusta a lo que exige el sistema de PACP. Se describe cada observación y su respectiva clasificación.

Ilustración N°7: Ejemplo de Informe de tramo de red

		CIPP Chile S.A. Patriota José Miguel Carrera, Sitio 11-B, Complejo Los Libertadores, Colina, Santiago.		
		Diagnostico de Colector		
Nombre del Proyecto PLAN ITV 2023 - SURALIS	Cliente SURALIS	Identificación de Tramo 25658	Operador / No. de Certificado L.P/P0038888-082022	Fecha 09-01-2024
Dirección de la Inspección Aguas Arriba	Longitud plancheta 101,02 m	Longitud superficial N/C m	Longitud inspeccionada 110,24 m	Número de Tramo 1
Región: LOS LAGOS Comuna: ALERCE Calle: EL PORTAL Entre Calles: V. JARA		CI Inicio: C11 PERDIDA Altura inicio: N/C m CI Final: C12 V. JARA Altura final: 2,00 m		Año Colector: Limpieza previa: Limpieza suave (Jet) Equipo ITV: CAMBOSS 100
Perfil: Circular 190 mm Tipo de Red: Sanitario (Aguas Residuales/Aguas Negras) Material: Polietileno		Motivo de inspección: Pre aceptación Control de Flujo: No controlado Observaciones: -		
Inspección Televisiva				
 0 m - AMH - 00:00:00 Punto de Acceso - Cámara de Inspección, Número de referencia - C12 V. JARA 0 m - MWL - 00:00:00 Nivel de agua 10% 14,52 m - TF - 00:01:50 Unión domiciliar de fábrica - De Fabrica, en 9 pm UD 1 14,85 m - DAGS - 00:01:57 Depósitos Adheridos - Grasa, en 2 pm, comienzo 5% 20,85 m - DAGS - 00:02:22 Depósitos Adheridos - Grasa, en 2 pm, final 5% 25,29 m - TF - 00:02:43 Unión domiciliar de fábrica - De Fabrica, en 9 pm UD 2 42,16 m - TF - 00:03:57 Unión domiciliar de fábrica - De Fabrica, en 9 pm UD 3 62,35 m - TF - 00:05:41 Unión domiciliar de fábrica - De Fabrica, en 9 pm UD 4 82,36 m - TF - 00:09:29 Unión domiciliar de fábrica - De Fabrica, en 9 pm UD 5 110,24 m - AMH - 00:15:31 Punto de Acceso - Cámara de Inspección, Número de referencia - C11 PERDIDA SEGUN METRAJE, FRENTE A PASAJE "LOS RIOS"				

	Cliente: SURALIS		Nombre del Proyecto PLAN ITV 2023 -
	Región: LOS LAGOS		
	Comuna: ALERCE		
	Calle: EL PORTAL		
	Entre Calles: V. JARA		
Nombre de la sección 25856	CI Inicial CII PERDIDA	CI Final CII V. JARA	Fecha 09-01-2024
Material Polietileno	Perfil de siccantificado Circular	Diámetro 190 mm	Estado del Tiempo Seco
Tipo Calle Calle Secundaria	Tipo de Revestimiento Ninguno	Medio de Almacenaje - Formato: Disco Duro / Google Drive - mpg	Operador LJP/0038858-082022
Comentarios		Longitud Plancheta 101,82 m	Longitud Inspeccionada 110,24 m

Fotos

Codig	TF	Distancia:	14,82 m	Time code:	00:01:50	Posición horizontal:	9 hacia:	rod.	Grado 0
Unión domiciliar de fábrica - De Fábrica, en 9 pm									
UD 1									
									
Codig	DAGS	Distancia:	14,85 m	Time code:	00:01:57	Posición horizontal:	2 hacia:	rod.	Grado 2
Depósitos Adheridos - Grasa, en 2 pm, comienzo									
5%									
									
Codig	DAGS	Distancia:	20,85 m	Time code:	00:02:22	Posición horizontal:	2 hacia:	rod.	Grado 2
Depósitos Adheridos - Grasa, en 2 pm, final									
5%									
									

6.7.3 VERIFICACIÓN EN TERRENO DE CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDAR NASSCO

Se realizó una verificación en terreno para ver si se cumple con el estándar NASSCO, en las siguientes fotografías se muestra este control en terreno, este fue realizada en la localidad de Panguipulli en el mes de marzo de 2024, por parte de la SISS.

Fotografía N°2: Preparación de Cámara robótica



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N°3.: Camión adaptado para realizar teleinspección



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N°4: Cámara Robótica antes de ingreso a colector



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N°5: Teleinspección a Colector, por operario Certificado



Fuente: Elaboración Propia

6.8 APLICACIÓN DE MODELO DE DETERIORO

6.8.1 ANTECEDENTES REQUERIDOS

Como se indicó en el Punto 6.5.2 el modelo a utilizar corresponderá al Modelo de Regresión Logística, a continuación, se detalla cada uno de los pasos requeridos previos a su aplicación:

- Detalle y estandarización de los códigos de inspección utilizados: Para el estudio se utilizó metodología PACP de NASSCO, con cámaras robóticas y personal certificado, por lo que se cumple con este requisito.
- Representatividad de la muestra: La muestra es representativa de cada localidad, ya que en el estudio de Suralis se busca obtener conclusiones que apliquen a toda la localidad, sin ningún tipo de sesgo, es por esto que se aplicó un muestreo aleatorio simple. En Anexo F se presenta el detalle de la metodología aplicada. Se presenta en tabla N°19 un resumen con las longitudes de los tramos escogidos.

Tabla N°19: Resumen de longitud de colectores seleccionados por localidad.

Video Inspección		
Localidad	Propuesta	
	Tramos	m/l
Panguipulli	30	1.319
Purranque	30	2.189
Paillaco	30	2.034
Alerce	30	1.816
Total	120	7.358

Fuente: Suralis

- Cantidad de muestra para el análisis: En Anexo F se detalla la justificación del tamaño de la muestra, se seleccionaron 30 colectores de forma aleatoria para generar la muestra estadísticamente representativa para cada localidad. Vale mencionar que la representatividad de la muestra se asegura estableciendo un error máximo de estimador de media igual al 17,5%, para un grado de confianza del 95% y una desviación estándar de 0,5.

Se puede señalar que diferentes autores encuentran que la selección de una muestra a partir de un muestreo aleatorio simple no presenta diferencias significativas respecto a la selección mediante un método de muestreo más

avanzado como muestreo aleatorio estratificado (Posada 2019).

Se realizará una comparación entre lo indicado en el Anexo 6, en donde se definió un error del 17,5% máximo para las 4 localidades, y la propuesta que se presenta a continuación para estimar el tamaño mínimo de la muestra, de acuerdo con la proporción de tuberías en mal estado que se estima tiene el conjunto de datos total, para esto se pueden utilizar las siguientes ecuaciones (Posada 2019):

Fórmula 8

$$n = \frac{p(1-p)}{V(p) + \frac{p(1-p)}{N}}$$

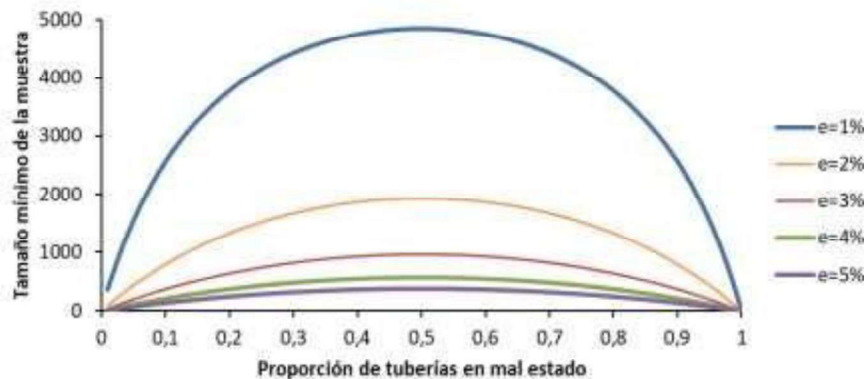
$$V(p) = \left(\frac{e}{1.96}\right)^2$$

Donde:

- p := *proporción real de tuberías en mal estado*
- N := *Numero de tuberías de todo el conjunto de datos*
- e := *margen de error con el cual se quisiera estimar la proporción real de tuberías en mal estado*

Generalmente, se utiliza un valor de $e = 3\%$ con una confiabilidad asociada de 95%. El gráfico N°8 muestra el comportamiento del tamaño mínimo de la muestra requerido al utilizar muestreo aleatorio simple en función de la proporción estimada de tuberías en mal estado. Este comportamiento corresponde a la Ecuación 7, y se observa que los valores máximos se obtienen cuando la proporción de tuberías es igual a 0.5.

Gráfico N°12: Tamaño de la muestra en función del error



Fuente: Posada 2019

Este gráfico muestra el tamaño de la muestra n en función de la proporción estimada de tuberías en mal estado p , para diferentes valores del margen de error e .

Por consiguiente, para contribuir a esta línea de investigación y cuantificar los efectos de la cantidad de información requerida para la generalización de resultados de modelos de deterioro en redes de alcantarillado en las 4 localidades en estudio, se busca cuantificar la capacidad de estimar la proporción de tuberías en mal estado en una base de datos con la información disponible.

6.8.2 PORCENTAJE DE FALLA EN BASE A INFORMACIÓN DISPONIBLE

Para determinar el porcentaje de falla para cada localidad, se consideraron los tramos en mal estado de la muestra seleccionada, esto se realiza en consideración a que la muestra corresponde a una muestra aleatoria simple, y como se señaló en Anexo N°6, esta se ajusta a requisitos estadísticos, y a requisitos de distribución espacial como se observa para cada muestra, la cual se distribuye en forma uniforme (Ver Figuras de Anexo N°6).

Para establecer el porcentaje de falla se aplica el criterio binario, en donde la clasificación 4 y 5 de PACP se considera como tubería en mal estado (toma el valor de 1), y las 2 y 3 en buen estado (toma el valor de 0).

En Tabla N°20 se detalla el porcentaje de falla por localidad.

Tabla N°20: Porcentaje de Falla por Localidad

Localidad	Clasificación Nassco				Total Inspeccionados	Total Tramos	Porcentaje de falla
	2	3	4	5			
Alerce	18	10		2	30	1815	7%
Paillaco	8	12	2	8	30	471	33%
Panguipulli	10	14	1	5	30	760	20%
Purranque	8	8	2	12	30	620	47%

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que al aplicar un muestreo aleatorio simple, existe una gran variedad en lo que respecta a los resultados para las 4 localidades en estudio. Lo cual indica que cada una es independiente y tiene características específicas. Si se puede observar que al comparar estos datos con las obstrucciones indicadas en los Gráficos N°3 al N°6, no existe correlación en la localidad de Alerce que fue la que presentó un mayor número de obstrucciones, y de acuerdo con la Tabla N°20 es la que presenta el menor porcentaje de falla, si señalar que los datos se ajustan más con Paillaco, que presenta una probabilidad de falla del 33%, y un gran número de obstrucciones en los últimos 5 años.

6.8.3 APLICACIÓN DE MODELO ESTADISTICO

A partir de las características topológicas de alcantarillado de las 4 localidades se generó una base de datos, en la cual se asignó a cada tubería (según sus características) una condición estructural (0 o 1).

Se calcula la precisión del modelo aplicado, el cual corresponde a la regresión logística; y se comparará con el porcentaje de falla indicada en tabla N°20. Para esto se utiliza la herramienta de programación R – Estudio. A continuación, se describen los pasos necesarios para su aplicación:

➤ Paso 1. Datos red de alcantarillado

Este paso corresponde a cargar los datos al software R para su posterior procesamiento. Para esto se requiere crear un archivo .xlsx en el cual únicamente se encuentren los nombres de las columnas y los registros de las diferentes variables para cada tubería.

➤ Paso 2. Análisis exploratorio de los datos

Este paso corresponde a la identificación de las variables dependientes y las

variables independientes existentes en la base de datos. Siendo la variable independiente la falla (0,1), y las variables independientes corresponden a las características topológicas. (material, edad, largo, diámetro).

➤ Paso 3. Evaluación de la Precisión del Modelo

Una vez aplicado el modelo, se determina su precisión, y se realiza una comparación entre el dato real y la predicción, para cada uno de los tramos de la muestra.

6.8.4 TAMAÑO DE LA MUESTRA

El tamaño de la muestra mínima (n) se selecciona con el propósito de que la calibración de los modelos con este conjunto de datos limitado permita estimar la proporción de tuberías en mal estado en todo el conjunto de datos (N) con un margen de error determinado. El valor aceptable para este margen de error es relativo a la proporción real de tuberías en mal estado en todo el conjunto de estado estimada preliminarmente (conocimiento del sistema).

Para el estudio se cuenta con un número ya definido de muestras, tal como se señaló en Tabla N°19 y Anexo N°6, señalar que para esta estimación se consideró un porcentaje de falla estimado del 50%.

A continuación, se va a comparar este número de muestras (30 muestras por localidad), con las que se determinan al aplicar las fórmulas que relacionan al error y la proporción de tuberías en mal estado (determinado en base a las teleinspecciones realizadas). En consideración a que se conoce la condición estructural de todas las tuberías de la muestra, permite tal como se muestra en la Tabla N°21, establecer los diferentes valores obtenidos para el tamaño de muestra (n), considerando la variación del margen de error (e), de un 5%.

Tabla N°21: Tamaño Mínimo de la Muestra

Localidad	Tamaño Total del Conjunto de Datos (N)	Probabilidad de falla	Margen de error (e)	V(p)	Tamaño de la muestra existente (n)	Margen de error recomendado	V(p)	Tamaño mínimo de la muestra (n)
Alerce	1815	0,07	0,088	0,0020	30	0,05	0,0007	91
Paillaco	471	0,33	0,164	0,0070	30	0,05	0,0007	198
Panguipulli	760	0,20	0,14	0,0051	30	0,05	0,0007	186
Purranque	620	0,47	0,175	0,0080	30	0,05	0,0007	237

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el número de la muestra que se cuenta para el estudio considera errores superiores al 5% recomendado. El ajustarse a este error requiere de un número elevado de muestras por localidad, tal como señala la tabla N°21, situación que no se realizó, ya que se adoptó una muestra menor (30 muestras), la razón se describe a continuación:

El tamaño de muestra es siempre una consideración importante al momento de hacer trabajo estadístico y de campo. En este caso hay dos consideraciones que son importantes. En primer lugar, que el tamaño de muestra permita cumplir con las condiciones estadísticas para que el muestreo entregue estimadores que sean fidedignos (insesgados) y con la menor imprecisión posible (poca varianza). En segundo lugar, el tamaño de la muestra debe ser tal que el estimador de la condición de los colectores por sector tenga un nivel de confianza equiparable al de los estimadores de las restantes variables que intervienen en el balance hídrico y el modelo hidráulico por sector y localidad. Esta última consideración es tanto económica como de sentido común. Por un lado, no se trata de obtener un estimador con un alto nivel de confianza asunto que es usualmente caro si los otros componentes del análisis tienen un menor nivel de confianza. El exceso de precisión, en este caso, se convierte en un desperdicio de recursos y tiempo. Por otro lado, no se debiera tener un estimador con un bajo nivel de confianza lo que es más barato si para hacer un buen análisis se requiere mejor información y los otros componentes del análisis ya tienen un menor nivel de confianza. En este caso, el muestreo se convierte en una piedra de tope del análisis.

En todo caso, para la situación más extrema, en que las distintas localidades pertenezcan a poblaciones independientes entre sí y que no existan variables explicativas que sean estadísticamente significativas, el error máximo sería el error de media. Para una muestra de 30 observaciones por localidad el error de media sería menor del 17,5%, para un grado de confianza del 95% y una desviación estándar de 0,5. (Suralis 2023), ver Anexo F.

6.8.5 APLICACIÓN DEL MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, al aplicar el modelo de regresión logística en cada una de las localidades.

En primer lugar, se debe considerar que “R” es un lenguaje y un entorno para computación y gráficos estadísticos que ofrece una gran variedad de escenarios lineales y no lineales, pruebas estadísticas clásicas, análisis de series temporales, clasificación, agrupación y técnicas gráficas. Al ser un conjunto integrado de servicios de software para la manipulación de datos incluye:

- Un manejo de datos efectivo.
- Un conjunto de operadores para el cálculo de series, en particular, matrices.

- Una colección amplia, coherente e integrada de herramientas para el análisis de datos intermedios.
- Facilidades gráficas para el análisis y visualización de datos.
- Condicionales, bucles y funciones recursivas definidas por el usuario.

A continuación, se entregan los valores al aplicar la Regresión Logística para cada localidad, considerando la base descrita en 6.6.

En Anexo G, se entregan los valores que entrega el modelo de Regresión logística.

6.9 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL MODELO

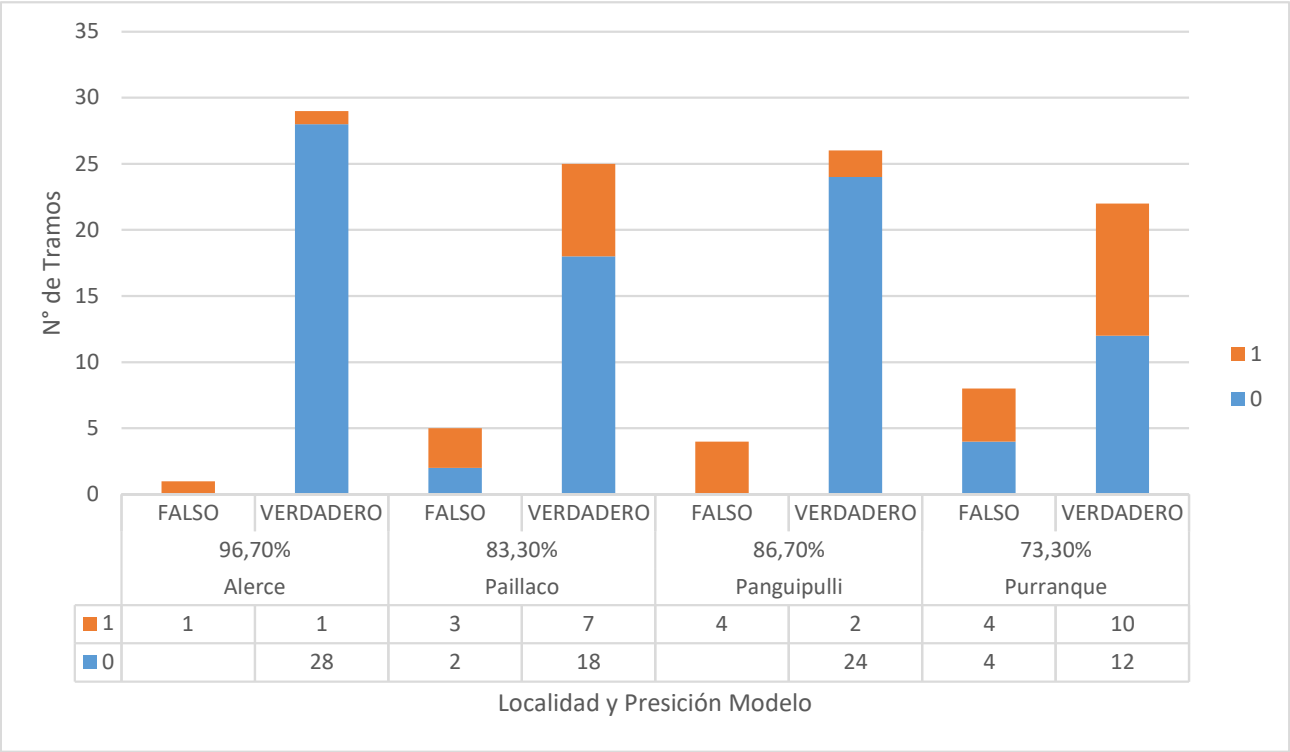
Se indica a continuación para cada localidad la precisión del modelo de Regresión Logística, y cuál fue la predicción para los tramos evaluados, al compararlos con la falla real.

Como se puede ver en el Gráfico N°13, el modelo se ajustó mejor para Alerce con casi un 100% de precisión, y la menor correlación fue para Purranque con un 73,3%, en donde de las 30 muestras, 8 muestras fallaron, ya que el modelo no se ajustó a la realidad en dichos tramos.

En el Gráfico N°14 se muestra una comparación entre la probabilidad de falla que entrega el modelo y la falla real de la muestra, en base a las teleinspecciones realizadas. Se observa que existe una buena correlación en Purranque y Paillaco, dando para ambos casos casi la misma probabilidad de falla, esto difiere para Alerce y Panguipulli en donde la Regresión Logística señala que la falla de la muestra es menos de la mitad de la falla real. Un factor que aparece es que, a mayor número de fallas registradas por la teleinspección, mejor se comportó el modelo, (Purranque 14 fallas y Paillaco 10 fallas).

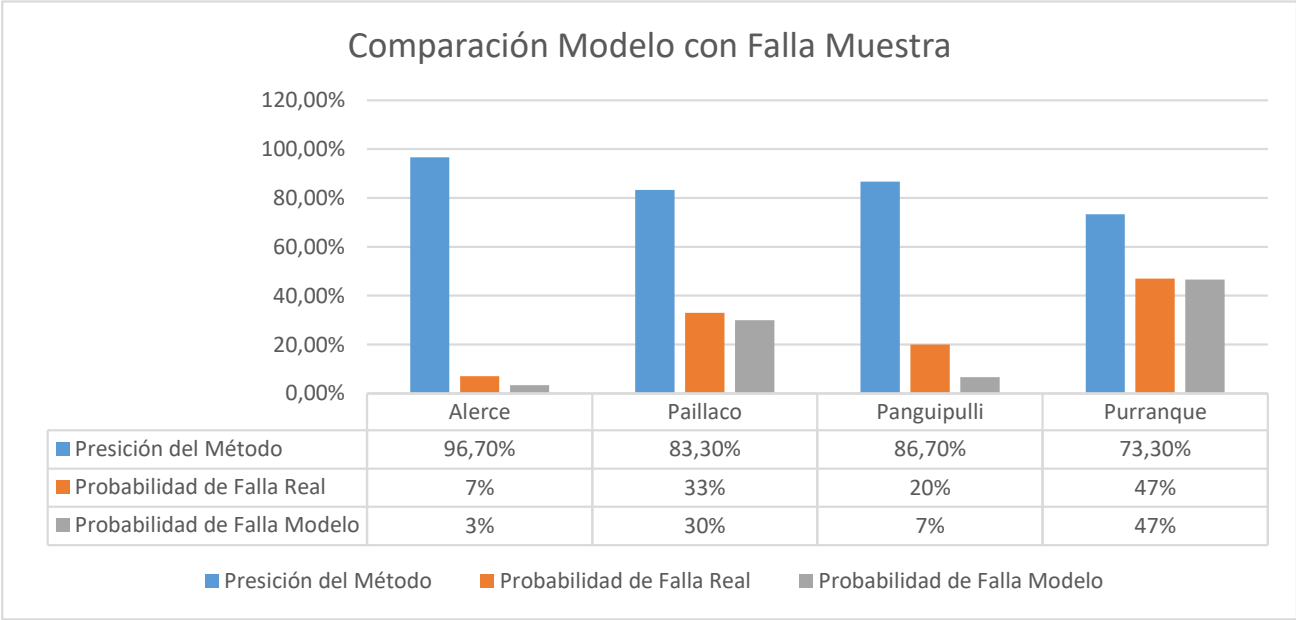
Es del caso señalar que la aplicación de este modelo de Regresión Logística, es uno de los tantos modelos que una empresa sanitaria podría aplicar, en este estudio lo que se buscaba era poder aplicar un modelo con la información disponible y ver los resultados que estos arrojaban, independiente de las restricciones que este pudiese tener, ya que esto permite evaluar cuales son las bases, requisitos y limitantes de una instrucción al sector para que utilice la información de sus redes además de la que se va ir generando por la Instrucción de la SISS (SISS 2024, Resolución N°553).

Gráfico N°13: Resultado de Modelo de Regresión Logística



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°14: Comparación de Falla de Modelo de Regresión Logística Con Datos Reales de Teleinspección



Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO VII

RESULTADOS

En este apartado de la investigación se presenta un análisis de los resultados obtenidos, para las 4 localidades (Alerce, Purranque, Panguipulli y Paillaco), a continuación, se describen sus ventajas, limitaciones y recomendaciones, además se entregan las conclusiones del estudio, y diversas recomendaciones tanto al sector sanitario, al regulador como a la academia.

7.1 ANÁLISIS CRÍTICO VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Para el objetivo que se plateó en este estudio, una de las actividades más complejas tiene que ver con la generación y obtención de información de datos de terreno, es decir poder definir el estado de las tuberías, como son los que entrega la teleinspección, a través de la aplicación de una metodología internacional como es el sistema PACP de NASSCO, esto por ser una actividad que requiere de muchos recursos, además es lenta de aplicar, esto por la limpieza previa del tramo, permisos por aspectos de tránsito, personal calificado, cámaras robóticas, entre otras variables.

Como se pudo verificar en la información recopilada, y por lo señalado por varios autores, el realizar teleinspecciones y el contar con datos de las variables topológicas de las redes permite a las empresas sanitarias realizar gestión sobre estas, lo cual es factible, si las teleinspecciones se realizan bajo un criterio estandarizado, y equipamiento que permite una correcta calificación, junto con el correcto almacenaje de esta información.

Como se indicó anteriormente el contar con información, permite la aplicación de diferentes modelos estadísticos, pudiendo predecir fallas en las redes de recolección, la cual tendrá una mejor precisión, si se cuenta con un porcentaje importante de la red que se ajuste a los requisitos antes indicados.

Lo relevante de utilizar métodos estadísticos, para las empresas sanitarias radica en primer lugar, en que esta herramienta permite abordar un sistema complejo, como son las redes de alcantarillado, esto ya sea por su longitud, por su antigüedad, por las características de algunos sectores en que da servicio (pendiente, caudal, condiciones operacionales), o porque en estas redes en general se visualiza un problema de servicio cuando ya hay graves daños desde el punto de vista estructural u operacional, y el segundo punto tiene que ver, con la limitante de los recursos, tanto para su renovación, como para realizar un correcto diagnóstico de cada tramo de la red. Toda renovación en el ámbito público es compleja de implementar, ya sea por los impactos que estos generan a la sociedad (ruido, tránsito) así como los recursos necesarios para su intervención.

Se busca que las empresas utilicen la información de terreno, y que posteriormente apliquen modelos estadísticos para evaluar qué porcentaje de su red presenta problemas, y que tramos caen en esa categoría, esto permitiría que se lleve un registro y manejo de la información de estos componentes, lo que resulta de gran importancia para la gestión de activos de las redes de alcantarillado, esto por conocer el estado de las redes y predecir el comportamiento de los sistemas, además de realizar una mejor inversión de los recursos.

Limitantes

Dentro de las limitantes para la aplicación de cualquier modelamiento predictivo de fallas; se pueden mencionar la percepción de las empresas sanitarias respecto a este problema, y la calidad y cantidad de la información.

Se presenta a continuación las limitantes más relevantes asociadas a este estudio:

- **El modelamiento de una red genera información:** lo cual permite a los tomadores de decisión realizar las futuras teleinspeccionadas o rehabilitaciones, en aquellos puntos que el modelo entregue, no obstante, una de las limitantes es que las personas a cargo siguen sus propias intuiciones, de los tramos a renovar o teleinspeccionar, esto porque estas inversiones son de alto costo y por lo tanto buscan asegurarse de que esta inversión se realice en forma correcta. (Posada, 2019). Es un desafío cambiar estos procesos, y evaluar la efectividad que tienen los procesos de rehabilitación guiados por la experiencia y el reconocimiento de los encargados en cada empresa en contraste con los resultados que se obtienen al tomar las decisiones de priorización con base en los resultados de modelos que han considerado información técnica y operacional. En esta línea se encuentran algunas empresas sanitarias, que aún no ven que exista un problema en el mediano plazo con las redes de alcantarillado, y por lo tanto no encuentran necesario la aplicación de modelos estadísticos, confiando en lo que ya vienen aplicando en recursos y técnicas de inspección y renovación.
- **Incertidumbre de los métodos de inspección en redes de alcantarillado:** El método utilizado en este estudio, Regresión Logística, permitió estimar la falla estructural de la muestra seleccionada, la cual se puede ampliar al universo, que corresponde a las redes de cada una de las 4 localidades. Si se debe considerar que la base para obtener estos resultados se obtiene a partir de una muestra aleatoria simple, que parte de un error estimado de un 17,5 %, esto puede generar incertidumbre, en los resultados obtenidos, si se considera que un error del 5% se considera aceptable.
- **Capacidad de predicción, interpretación y validación del modelo:** Como se indicó anteriormente una limitante, es que las empresas al no considerar dentro de su gestión los modelos estadísticos, puede invalidar estos resultados, es por esto que una correcta predicción de fallas en redes

de alcantarillado es un aspecto muy importante a considerar cuando se analiza la percepción de los operadores de las empresas prestadoras del servicio respecto a la aplicación y uso de estas metodologías, puesto que la aceptación a los cambios que se requieren en muchos casos se ve limitada debido a la poca confianza que tienen los operadores para obtener resultados útiles a partir de estas técnicas.

Es claro que en Chile como recién se está partiendo con la recopilación de la información de teleinspecciones basadas en un estándar internacional, y bajo una instrucción del regulador, no se contará con un porcentaje de información que permita disminuir el error en la predicción, no obstante, al obligarse a las empresas a un control anual, se espera que al contar por sobre un 5% de la red teleinspeccionada los modelos se justen cada vez más a la realidad.

- **Representación de la muestra:** Para el estudio en las 4 localidades se aplicó un muestreo aleatorio simple, esto permite poder definir porcentajes de falla, con un cierto error y nivel de confianza, situación que no podrá ser controlada cuando las empresas empiecen a aplicar modelos estadísticos, dado que las teleinspecciones a realizar, serán en aquellos tramos que tengan mayores problemas, siendo una muestra sesgada, es por eso que el modelo entregará mejores resultados a medida que el porcentaje de teleinspección vaya aumentando en cada localidad.

Ventajas

- **Incentivo para su implementación:** A nivel internacional la teleinspección forma parte de la información que permite establecer aquellos tramos que requieren renovación, y si las condiciones técnicas lo permiten que esta se realice a través de una rehabilitación sin zanja, la cual por sus condiciones de instalación puede representar entre un 30% a 40% de una renovación con zanja abierta. Por lo anterior existe un incentivo a determinar que tuberías ya requieren intervención sin llegar a tramos que, por su condición estructural, no pueden ser intervenidas con técnicas como son la renovación con manga u otros métodos descritos en la norma chilena NCh3640/1.
- **La teleinspección y los modelos estadísticos pueden predecir las fallas estructurales o los problemas operacionales,** porque lo que cambia es la base de datos de entrada, desde el punto de vista operacional, se tiene como información base el Protocolo PR N°13 de la SISS que detalla las obstrucciones por tramo, y el Protocolo PR N°42 que recoge las mantenciones realizadas, con esto se puede determinar si las acciones realizadas por las empresas se están enfocando en los tramos que presentan mayores fallas operacionales o lo pueden presentar a futuro.

- **En lo que respecta a los valores de la codificación NASSCO y los procesos de teleinspección realizadas en las 4 localidades, estos se ajustan a lo que exige la técnica:** por lo que no se ve un sesgo o error en la información, tampoco en los datos topológicos, los cuales son los que cuenta la SISS en sus protocolos de información. Hay que considerar que, en los estudios recopilados, una de las mayores complicaciones era la información de la clasificación otorgada para cada tramo, señalando que el error humano en esta etapa es factible de encontrar, si no se cuenta con los respectivos protocolos, en general se sub dimensionan los problemas detectados.
- **Existen en el mercado muchos modelos estadísticos y actualmente algunos que utilizan inteligencia artificial:** como el aplicado por la Empresa Pública de Medellín (Gallego M., 2021), por lo que existiendo la información necesaria estos pueden ser aplicados utilizando los programas existentes. Los costos en el procesamiento de información y utilización de programas representan costos que son marginales si comparamos con los costos de intervención de la red, o de realizar teleinspecciones a un porcentaje elevado de esta (6 % anual).

En la siguiente tabla se presenta la Matriz FODA que da un enfoque general de las fortalezas y debilidades en lo referido a este estudio.

Tabla N°22: Matriz FODA

Evaluación de las Redes de Aguas Servidas, mediante el Proceso de Teleinspección	FACTORES INTERNOS	
FACTORES EXTERNOS	Fortalezas: La utilización de la renovación sin zanja cada día se aplica más en Chile, esto por ser una técnica que entrega buenos resultados a un costo menor, por lo que se requiere de tener un programa de teleinspección, la utilización de modelos de fallas son ampliamente aplicados en países que presentan altos porcentajes de teleinspección, en Chile la SISS ya determinó que toda clasificación debe ser realizada con metodología NASSCO, esto permite uniformar los criterios de evaluación.	Debilidades: No se cuenta con información de un % importante de teleinspecciones por parte de las empresas sanitarias, no existe un uso de herramientas estadísticas para la predicción de fallas a nivel nacional, se utiliza más el concepto de mantenimiento correctivo que el mantenimiento predictivo, la teleinspección es un proceso lento y de un costo que las empresas deben planificar previamente.

Evaluación de las Redes de Aguas Servidas, mediante el Proceso de Teleinspección	FACTORES INTERNOS	
Oportunidades: Mejorar los índices de percepción de los usuarios, disminuir las obstrucciones a las redes de alcantarillado, permitiendo mejorar los indicadores de calidad, se va a generar un mercado relativo a la teleinspección y la renovación sin zanja.	Consolidar la teleinspección y la aplicación de Modelos de Fallas, como el camino a seguir por el sector sanitario chilena.	Diseñar una correcta aplicación del Instructivo SISS, con lo cual se va a generar un mayor porcentaje de teleinspección, uso de modelos de fallas, y con eso lograr un mejor desempeño de la red de alcantarillado, mejorando los índices de percepción de los usuarios.
Amenazas: Falta de personal certificado, falta de proveedores de equipos (camiones desobstructores, cámaras robóticas), falta de recurso de sanitarias más pequeñas, existencia de un porcentaje elevado de tuberías en mal estado, que amenacen cumplir con los plazos indicados en Instrucción SISS	Optimizar la renovación de redes a través de la renovación sin zanja, incentivando a la inversión de todo lo que tiene relación con esta actividad, como es el equipamiento y personal certificado	Promocionar los beneficios, demostrar que si se aplican bien se obtienen buenos resultados, y que esto favorece tanto a los usuarios como a la empresa sanitaria.

Fuente: Elaboración Propia

7.2 RESULTADO FINAL PROPUESTA DE INSTRUCCIÓN

Para la aplicación de un Modelo Estadístico al Sector Sanitario, la SISS deberá implementar una metodología que considere la información disponible de las redes de recolección y la generada por las teleinspecciones realizadas bajo metodología de PACP de NASSCO (SISS 2024, Resolución N°553).

Se debe considera que el Instructivo SISS de Teleinspección entró en vigor en junio de 2024, este permitirá tener anualmente en promedio un 1% de teleinspección de la red de alcantarillado de cada empresa de servicios sanitarios, a medida que las empresas cuenten con un mayor porcentaje de redes teleinspeccionadas la aplicación de un método estadístico permitirá estimar las fallas en la red con un mejor porcentaje de precisión.

Se propone el siguiente plan de implementación al sector sanitario referido a este estudio, el cual considera una Hoja de Ruta e Instrucción al Sector, en Anexo H, se entrega un mayor detalle de los aspectos a considerar en el Instructivo SISS.

La Hoja de Ruta propuesta contempla los siguientes puntos:

- En el segundo semestre del 2025, se informará a las empresas que estas deben realizar un análisis de sus redes a modo exploratorio, considerando las metodologías de predicción de fallas, esto con la información topológicas

de las redes de recolección, y con los resultados de las tepeinspecciones realizadas durante el primer año, esto para una muestra de las localidades que son de su concesión (20% de las localidades mínimo).

- En el segundo semestre del 2026 la SISS informará, que las empresas sanitarias deben aplicar el Instructivo SISS “Aplicación de Metodologías Estadísticas En las Redes de Recolección”, el cual permite realizar una predicción del estado de la red, al considerar que ya se dispone información de teleinspección de al menos el 2% de la red. Esta información se considera, como base para la gestión a realizar por cada empresa sanitaria.
- A partir del año 5, cuando ya se disponga del 5% de la red teleinspeccionada, la SISS exigirá, una proyección del estado de cada tramo de la red, basándose en la aplicación del Instructivo SISS, que indica la aplicación de metodologías que predicen la falla estructural y/o operacional. Con esta predicción se planificarán las futuras teleinspecciones y se exigirá la intervención de aquellos tramos que presenten fallas operacionales o estructurales.
- En el año 6 se hará una Revisión por parte de la SISS, de los modelos aplicados y de los resultados obtenidos, esto con el objetivo de verificar la precisión de cada modelo. Esta acción se hará en años anteriores, pero en el año 6 se verificará, considerando de que se dispone de más información. Además, se harán las correcciones al Instructivo.
- Reuniones con empresas sanitarias para evaluar y discutir resultados, esta se realizará desde el año 1, para socializar la instrucción de aplicación de Modelos de Predicción de Fallas, y buscar de esta manera la obtención de mejores resultados.

A continuación, se presenta en forma esquemática la Hoja de Ruta para la aplicación de Instrucciones por parte de la SISS.

Ilustración N°8: Hoja de Ruta

Segundo Semestre 2025

Análisis exploratorio de las redes teleinspeccionadas, utilizando modelo estadístico por parte de las empresas sanitarias.

Conversación con el Sector Sanitario

Desde el año uno se haran reuniones con el sector sanitario para la aplicación de este Instructivo.



Segundo Semestre 2026

Aplicación de Instructivo SISS "Aplicación de Metodología Estadística en las Redes de Recolección"

Año 5 de Aplicación Instructivo SISS de Modelos.

Utilizar como herramienta los resultados de la aplicación de modelos estadísticos.

Año 6 de Aplicación Instructivo SISS

Se hará una revisión por parte de la SISS de los resultados obtenidos.

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES

En el siguiente Capítulo se describen las conclusiones del estudio, partiendo desde las falencias que tiene el sector sanitario, hasta los cambios necesarios tomando en consideración la experiencia internacional

- De los antecedentes recopilados, se puede concluir que el sector sanitario al igual como ocurre con otros prestadores o municipios a nivel internacional, se encuentra en una situación crítica, esto porque requiere de grandes inversiones en el mediano plazo, ya que un porcentaje importante de la red presenta edades por sobre los 40 años, y son de hormigón simple, el cual es el más afectado por efectos de corrosión por gases sulfhídrico, teniendo por ello una alta probabilidad de falla. Esta situación se ve agravado si se toma en consideración que las tasas de renovación de las redes de recolección son del orden del 0,2% – 0,3 %, lo que implicaría renovar toda la red en un plazo de 500 años.
- Si se asume que el sector va requerir de grandes inversiones, es necesario que en un inicio estas se focalicen en aquellos tramos que requieren ser diagnosticadas e intervenidas para evitar discontinuidad de servicio, es aquí donde las técnicas actuales de teleinspección basados en metodologías estandarizadas como es lo definido por NASSCO con PACP, y los modelos de predicción de fallas entregan herramientas para que los operadores puedan focalizarse en aquellos tramos que presentan, o presentaran problemas de continuidad.
- A nivel nacional las empresas sanitarias cuentan con información de la topología de su red, lo cual ya es un primer paso para la gestión, y a través de la Instrucción SISS (SISS 2024, Resolución N°553), se encuentran en un proceso de teleinspección basado en un estándar internacional, lo cual permite ir teniendo información de mejor calidad, ya que las teleinspecciones que realizaban antes las empresas sanitarias no cumplían con los requisitos mínimos para hacer un buen diagnóstico.
- Que a nivel internacional ya hay empresas que utilizan modelos estadísticos para la predicción de fallas o para determinar que tuberías deben ser teleinspeccionadas, esto es una ventaja para el sector sanitario chileno, ya que parte de una base con sustento técnico, en donde se han determinado las ventajas y desventajas de cada modelo.
- Del análisis del modelo utilizado en las 4 localidades, se puede concluir que en 2 de ellas la predicción del modelo de regresión logísticas se ajustó muy bien a la falla real, y en las otras 2 el comportamiento no fue el esperado,

diferenciando que a menor tasa de falla real el modelo tuvo un peor desempeño.

- Que la aplicación del modelo de Regresión Logística utilizado en este estudio, es uno de los tantos modelos que han implementado empresas sanitarias o investigadores, en este estudio lo que se buscaba era poder aplicar un modelo con la información disponible y ver los resultados que estos arrojaban, independiente de las restricciones que este pudiese tener, ya que esto permite evaluar cuales son las bases, requisitos y limitantes de una instrucción al sector para que utilice la información de sus redes además de la que se va ir generando por la Instrucción de la SISS (SISS 2024, Resolución N°553).
- Tomando como base el porcentaje de renovación actual de las redes de recolección el cual se ha mantenido sin variación en los últimos años y los resultados del estudio de percepción que indican una evaluación cada vez más baja del servicio de alcantarillado, instaron a que la SISS emitiera el Instructivo SISS en el 2024, que busca generar gestión respecto a esta infraestructura. No obstante que se está actuando frente a esta materia, se debe dar un segundo paso que es utilizar esta información para realizar predicciones, en caso contrario se seguirá actuando bajo un concepto de mantenimiento correctivo, el cual como se indica en los estudios analizados, generan una baja efectividad en el uso de los recursos.
- Finalmente se concluye que la SISS debe seguir avanzando, trabajando con el sector sanitario, para la emisión de nuevas instrucciones que se orienten al uso eficiente de la información y a la aplicación de modelos estadísticos, determinando los plazos para la aplicación de estas instrucciones, las cuales se trabajaran en una Hoja de Ruta que partiría el 2025.

CAPÍTULO IX

RECOMENDACIONES

En lo referido a las recomendaciones, se debe partir indicando que el contar con información de calidad es uno de los temas más relevantes que arroja este estudio, ya que sin ella no es factible avanzar en este tema, se debe reforzar al sector sanitario que la información de la red y de su estado son puntos neurálgicos para cualquier tipo de gestión, es decir datos de cada tramo de colector, y de su estado estructural y operacional, son vitales para obtener buenos resultados.

Lo antes señalado debe ser planificado y abordarse con responsabilidad en el corto y mediano plazo, dada la longitud de la red (33.000 km), y de que en Chile hay un proceso de teleinspección que está partiendo con metodología NASSCO, además de incentivar y promover el segundo paso que es el uso de metodologías de predicción de falla basada en esta información.

Es en consideración a lo antes señalado, que el análisis realizado en las 4 localidades: Panguipulli, Paillaco, Alerce y Purranque, permite sacar conclusiones respecto al estado de la red, definiendo una metodología que presenta una precisión y probabilidad de falla, que puede ser replicada en otras ciudades o sectores que cuenten con información de la red y de teleinspecciones realizadas.

Del estudio realizado, se recomienda que en una primera fase se realice una recolección de datos, esto para desarrollar una base de todo el sistema del alcantarillado, lo que comprende recopilar, compaginar y ordenar todos los datos disponibles. Es del caso señalar que el sector sanitario tiene pocos registros históricos y lo que se busca es gestionar la información disponible y la que se va a ir generando, para que las empresas realicen mantenimientos predictivos en las redes de alcantarillado, para garantizar la prestación de un servicio continuo y de calidad en todo momento.

9.1 RECOMENDACIONES TÉCNICAS

- A pesar de que la cantidad de información requerida puede representar un inconveniente para la implementación de modelos de deterioro, en ciudades con una gran cantidad de tramos, es necesario que independiente de ello la calidad de los datos de inspecciones y también la calidad de los datos con los cuales se calibran los modelos, sean los adecuados, esto por ser un punto clave, ya que esto permitiría a las empresas prestadoras que buscan hacer un uso eficiente de su información y de sus recursos, puedan realizarla en el menor tiempo posible.
- Las teleinspecciones deben ser realizadas por operadores certificados y calificados, y con equipos que permitan una correcta evaluación de los

tramos a ser revisados. La calidad de esta información es clave para alimentar los modelos que permitan realizar una correcta proyección de fallas ya sea estructurales u operacionales.

- El no hacer nada con respecto a la gestión de las redes de alcantarillado, es decir no utilizar la información que se recopila, puede ocasionar que las tasas de renovación de las redes de recolección sigan del orden del 0,2 % -0,3%, y con niveles de insatisfacción de los usuarios con respecto a este servicio, como los más altos dentro de todas las variables evaluadas, es por esto por lo que el regulador debe seguir dando instrucciones respecto a esta materia.

9.2 RECOMENDACIONES AL SECTOR

- Se recomienda al sector sanitario tomar las instrucciones del regulador no como imposiciones que de no cumplirse generen multas por dicho motivo, sino evaluar que estas están orientadas a que el sector cuente con redes de recolección que garanticen la continuidad y calidad del servicio otorgado.
- En lo que respecta al regulador, este debe tener presente que el modelo actual, no permite obligar a una empresa sanitaria a renovar un porcentaje de la red, salvo que existan elementos que determinen que debe hacerlo, y es ahí en donde los instructivos basados en criterios técnicos, utilizados en otros países juega un rol relevante, ya que, al tener este sustento, las empresas comenzaran a renovar, por cumplirse las variables impuestas vía instrucción.
- En el análisis se pudo evaluar que la gestión de activos basada en información de la red, teleinspección y metodologías estadísticas de redes existentes, no forman parte de las carreras de ingeniería, las cuales se basan en el diseño de redes nuevas, no existiendo por parte de los tomadores de decisión los antecedentes necesarios para una mejor gestión. Se debe tomar el ejemplo de Colombia en donde existe una serie de memorias de magister del 2012 en adelante que abordan estos temas, además estas materias se abordan en las carreras de pregrado en ingeniería.

CAPITULO X

BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

Se describe a continuación la bibliografía utilizada para este estudio, además se indican las páginas web consultadas.

10.1 BIBLIOGRAFÍA

AWWA (2020). *Buried No Longer – Confronting America’s Water Infrastructure Challenge*.

Cabrera M., Sánchez G., (2019), Evaluación del deterioro de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial.

Caradot N., Hernandez N., Sonnenberg H., Torres A. & Rouault P. (2018). From CCTV data to strategic planning: deterioration modelling for large sewer networks in Germany and Colombia.

Caradot, N., Sonnenberg, H., Kropp, I., Schmidt, T., Ringe, A., Denhez, S., Rouault, P. (2014). Sewer deterioration modelling for asset management strategies. Water Asset Management International.

Caradot N., Riechel M., Fesneau M., Hernandez N., Torre A., Sonnenberg H., Eckert H., Lengemann N., Waschnewski J. Rouault P., (2018). *Practical benchmarking of statistical and machine learning models for predicting the condition of sewer pipes in berlin, Germany*.

Davies, J., Clarke, B., Whiter, J., & Cunningham, R. (2001). Factors influencing the structural deterioration and collapse of rigid sewer pipes. Urban Water.

D.F.L. MOP N°382 (1989). Ley General de los Servicios Sanitarios.

D.F.L. MOP N°70 (1988). Ley de Tarifas de los Servicios Sanitarios.

Empresa de Acueducto de Bogotá, (2020). E.S.P. NS-058 *Aspectos técnicos la investigación y calificación de redes de alcantarillado con equipos de CCTV*.

EPA (1999). *Collection Systems O&M Fact Sheet – Sewer Cleaning and Inspección*.

EPA (2003). *Optimizing Operation, Maintenance, And rehabilitación of Sanitary Sewer Collection Systems*.

EPA. (2009). *White Paper on Condition Assessment of Wastewater Collection Systems*.

EPA (2017). Eliminating Sanitary Sewer Overflows in New England.

INECON, (2022). Propuesta Técnica “Estudio para la detección, cuantificación e identificación de alternativas de solución del aporte de aguas ajenas a la red de alcantarillado de ESSAL S.A.”.

Laakso, T., Kokkonen, T., Mellin, I., & Vahala, R. (2018). Sewer condition prediction and analysis of explanatory factors.

Ley 18902, (1990). Crea la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

Manual of Sewer Condition Classification, (2013). MSCC-5.

Myrans J., Everson R. and Kapelan Z. (2019). Automated detection of fault types in CCTV sewer surveys.

NASSCO (2020). Pipeline Assessment and Certification Program. Marriottsville, Maryland, EE. UU.

NCh3640/1 (2023) Sistemas de rehabilitación en materiales plásticos para redes de alcantarillado de aguas servidas y aguas lluvias enterradas sin presión — Parte 1: Generalidades.

NCh1105 (2019), Ingeniería sanitaria – Alcantarillado de aguas residuales – Diseño y cálculo de redes.

NCh3354 (2014) Limpieza red de alcantarillado

NCh3409 (2019), Rehabilitación de tuberías para conducción de fluidos con o sin presión – Curado en obra.

Okwori E.; Pericault Y., Ugarelli R., Viklander M., (2021). *Data – Driven asset Management in urban water pipe networks: a proposed conceptual framework*

Posada A. (2019). Determinación del estado de redes de alcantarillado y su necesidad o no de ser sometidas a renovación / rehabilitación teniendo en cuenta Minería de Datos, Universidad de Los Andes Bogotá.

Rodriguez N. (2006). Una investigación de los factores que influyen en el deterioro estructural del alcantarillado.

Rokstad, M., & Ugarelli, R. (2015). Evaluating the role of deterioration models for condition assessment of sewers. *Journal of Hydroinformatics*.

Sauza L., (2020) Determinación del estado de redes locales de alcantarillado y su necesidad o no de ser sometidas a renovación / rehabilitación teniendo en cuenta CCTV en un número limitado de tuberías. Caso de estudio Zona 1 de la EAAB – 2020.

Savic, D., Giustolisi, O., & Shepherd, W. (2006). Modelling sewer failure by evolutionary computing.

SISS (2022). Informe de Gestión del Sector Sanitario.

SISS (2011). Protocolo de Información de Calidad de Servicio, PR013.

SISS (2022). Estudio de Percepción de los Usuarios sobre la Calidad del Servicio de las Empresas Sanitarias.

SISS (2024). Resolución SISS N°553, Aprueba Instructivo “Diagnóstico Red de Alcantarillado – Teleinspección de Tuberías – Acciones Correctivas.

Stanić N., (2016), Assessment methods for structural and hydraulic properties of concrete sewer pipes

Suralis (2023), Selección de Muestras para Video Inspección en Tramos de Colectores de AS.

WRC (2013) Manual of Sewer Condition Classification 5th Edition (2013).

10.2 WEBGRAFÍA

[Home - Ofwat](#)

[Inicio - aguasandinas - Aguas Andinas](#)

[Journal of Hydroinformatics | IWA Publishing \(iwaponline.com\)](#)

[PACP | LACP | MACP | NASSCO](#)

[Pipeline Condition Assessment | WRc \(wrcgroup.com\)](#)

[Pesco](#)

[Quienes somos \(epm.com.co\)](#)

[SISS - SISS. Superintendencia de Servicios Sanitarios](#)

[Urban Water Journal | Taylor & Francis Online \(tandfonline.com\)](#)

[U.S. Environmental Protection Agency | US EPA](#)

CAPITULO XI

GLOSARIO Y ACRÓNICOS

Se describen en este Capítulo el Glosario, en el cual se definen los principales términos utilizados en el estudio, y los Acrónimos que describen lo que estos significan.

11.1 GLOSARIO

CCTV: Circuito Cerrado de Televisión. Hace referencia a videoinspecciones realizadas utilizando equipo de CCTV controlado y dirigido remotamente. Cuando se hace referencia a equipo CCTV también se hace referencia implícita a equipos multisensor con CCTV.

Gestión de Activos: La gestión de activos, es creada para fomentar inversiones más eficientes en recursos financieros y físicos, y para prolongar la vida útil de los componentes del sistema de infraestructura, puede definirse como la gestión de activos de capital de infraestructura para minimizar el costo total de poseerlos y operarlos mientras se entrega el nivel de servicio que los clientes desean.

Gestión Patrimonial: es el proceso por el cual se garantiza el mantenimiento, evolución y funcionamiento de un bien de manera eficaz; se combinan procesos de ingeniería con buenas prácticas comerciales y teorías económicas. Dando un enfoque lógico al proceso de toma de decisiones en la planificación del manejo, a corto, mediano y largo plazo de una infraestructura (en este caso a un sistema de alcantarillado).

Junta: Localización en la cual los extremos de dos unidades adyacentes de tubería se ensamblan longitudinalmente.

Mantenimiento: es el proceso que se centra en la conservación estructural y funcional de un sistema de alcantarillado. Para así, asegurar constantemente y por el mayor tiempo posible, que la red se encuentre en un estado óptimo de confianza.

Mantenimiento Correctivo: El mantenimiento es clasificado como correctivo, incluido el mantenimiento de emergencia, es reactivo. Sólo cuando el equipo o sistema falla se realiza el mantenimiento. La dependencia del mantenimiento reactivo siempre dará como resultado un rendimiento deficiente del sistema, especialmente a medida que el sistema envejece, (EPA 2003).

Mantenimiento Preventivo: El mantenimiento clasificado como preventivo es proactivo y se define por un enfoque programado y sistemático de las actividades de mantenimiento. Este tipo de mantenimiento siempre dará como resultado un mejor desempeño del sistema, excepto en el caso en que problemas crónicos

importantes sean el resultado de fallas de diseño y/o construcción que no puedan corregirse completamente mediante actividades de operación y mantenimiento. El mantenimiento proactivo se realiza en forma periódica (preventiva) o según sea necesario (predictiva). El mantenimiento preventivo se puede programar en función de criterios específicos, como áreas problemáticas conocidas, tiempo de funcionamiento del equipo desde que se realizó el último mantenimiento, o paso de un determinado periodo de tiempo, (EPA 2003).

Mantenimiento Predictivo: El mantenimiento predictivo, que también es proactivo, es un método para establecer datos de desempeño de referencia, monitorear los criterios de desempeño durante un periodo de tiempo y observar los cambios en el desempeño para poder predecir las fallas y realizar el mantenimiento de manera planificada y programada.

El rendimiento del sistema es frecuentemente un indicador confiable de cómo se opera y mantiene el sistema. Las agencias que históricamente dependieron principalmente del mantenimiento correctivo como método de operación y mantenimiento del sistema nunca pueden centrarse en el mantenimiento preventivo y predictivo, ya que la mayoría de sus recursos están dirigidos al mantenimiento correctivo.

Modelos de deterioro: Se han desarrollado modelos de deterioro para pronosticar la evolución del sistema en función de su estado actual y pasado observado durante las inspecciones (CCTV). Los modelos de deterioro se pueden utilizar para simular el estado de las tuberías no inspeccionadas y pronosticar la evolución del estado de la red de alcantarillado en diferentes condiciones. Los resultados de un modelo proporcionan información clave y relevante para las empresas sanitarias, para la programación de las labores de inspección (es decir, la detección de alcantarillado en estado crítico) y la planificación de presupuesto de rehabilitación (es decir, la comparación de diferentes escenarios de rehabilitación de redes de alcantarillado y la evaluación de las tasas de inversión necesarias). En los últimos 20 años se han desarrollado varios enfoques de modelación para apoyar la planificación de la rehabilitación. Los resultados de estos estudios subrayan la relevancia de utilizar modelos de deterioro para respaldar las estrategias de gestión de activos, (Caradot, et al, 2018).

Rehabilitación: son todos los trabajos hechos para mejorar la actividad de los sistemas de alcantarillado existentes. Este término comprende reparación, restauración y renovación de las tuberías de desagües o de los accesorios que hacen parte de la red.

Renovación: es la construcción de una nueva alcantarilla para mejorar el rendimiento de una longitud del sistema de alcantarillado. Este trabajo se puede realizar dentro o fuera de la línea actual. Las características que tenía la alcantarilla anterior se mantienen con la reconstrucción de la nueva.

Reparación: es el arreglo de los daños en las características estructurales de la red de alcantarillado y la reconstrucción de tramos cortos de tubería y no de la totalidad de la longitud de ella.

Reemplazo: es la construcción de una nueva red de alcantarillado dentro o fuera de la línea ya existente. Las funciones del nuevo colector se unen con las del viejo, pero también pueden ser mejoradas durante su desarrollo.

SSO: Desbordes de alcantarillado sanitario (SSO por sus siglas en inglés), son una causa frecuente de violaciones de la calidad del agua y son una amenaza para la salud pública y el medio ambiente. Cierres de playas, sótanos inundados, y plantas de tratamiento sobrecargadas, son algunos de los síntomas de sistemas de recolección con capacidad inadecuada y manejo, operacional y mantenimiento inadecuados, (EPA 2003).

VIDEOINSPECCIÓN: Resultado de ejecutar una inspección de redes con videocámaras.

11.2 ACRÓNICOS

CSO: Characterization of combined sewer overflows (Desborde de alcantarillado combinado).

CCTV: Circuito Cerrado de Televisión

EPA: Environmental Protection Agency - EEUU

IG: Informe de Gestión (Chile)

IAM: Infrastructure Asset Management

NASSCO: National Association of Sewer Service Companies – EEUU.

NCh: Norma Chilena

MOP: Ministerio de Obras Públicas

PACP: Pipeline Assessment and Certification Program

PR013: Protocolo de Información SISS "Indicadores de calidad de servicio"

OFWAT: The Water Services Regulation Authority

SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios

SMART: Específico (Specific), Medible (Measurable), Alcanzable (Achievable), Realista (Realistic)

SSO: sanitary sewer overflows (Desbordes de alcantarillado sanitario)

UD: Unión Domiciliaria

UNE: Norma Europea

WRC: Water Research Centre

ANEXOS

ANEXO A FICHAS INVESTIGACIÓN

Tabla A.1 Fichas de Investigación

Ficha 1	Lectura Fundamental, directa sobre el tema.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	N. Caradot, M. Riechel, M. Fesneau, N. Hernandez, A. Torre, H. Sonnenberg, E. Eckert, N. Lengemann, J. Waschnewski y P. Rouault, (2018). <i>Practical benchmarking of statistical and machine learning models for predicting the condition of sewer pipes in berlin, Germany.</i>
Palabras Claves	Gestión de activos, CCTV, Aprendizajes Automáticos, Alcantarillado
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	En este documento se plantea que existe una insuficiente inversión pública y municipal, lo que representa un gran desafío para la gestión sostenible de las redes de alcantarillado. Se indica que este también es un problema en EEUU. Existe falta de métricas adaptadas a los problemas de las empresas de servicios públicos para la evaluación del desempeño del modelo.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	En el estudio se busca desarrollar un conjunto de métricas adaptadas a las necesidades de los servicios públicos para evaluar el desempeño de los modelos de deterioro del alcantarillado desde la perspectiva del usuario final. Se busca convencer a la empresa de servicios públicos sobre la relevancia o inutilidad de utilizar modelos de deterioro para respaldar las estrategias de gestión de activos. Se utilizará un modelo de deterioro estadístico y de aprendizaje automático entrenado con CCTV.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	En Berlín se deben inspeccionar las redes por completo en un periodo de 10 a 15 años. Se dispone de 10.000 kilómetros que han sido inspeccionadas al menos una vez a finales del 2016. Se dispone además información del año de construcción, material, tipo de efluente, forma, diámetro, longitud, profundidad, pendiente, y características ambientales (densidad de árboles, proximidad de tranvía o metro, nivel freático, tipo de suelo). Berlín dispone de clasificación del sistema de CCTV. Un 22% se encuentra en mal estado o muy mal estado y requieren medidas de rehabilitación inmediata. Se plantea evaluar el desempeño de un sistema estadístico y un modelo de deterioro del aprendizaje utilizando el amplio conjunto de datos de CCTV. Se indica que los modelos estadísticos y de aprendizaje automático para simular la distribución de condiciones de la red.

Ficha 2	Lectura específica, refuerza el concepto de CCTV.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Joshua Myrans, Richard Everson and Zoran Kapelan (2019). <i>Automated detection of fault types in CCTV sewer surveys.</i>
Palabras Claves	Análisis de fallas, alcantarillado, bosque aleatorio, automatizado, CCTV.
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Se indica que las alcantarillas deben inspeccionarse periódicamente para priorizar un mantenimiento clave. Esto es un proceso costoso y que requiere mucho tiempo. Se plantea una metodología para identificar automáticamente el tipo de falla detectada utilizando imágenes sin procesar de CCTV. La metodología logró una precisión máxima del 73% cuando se aplicó a tipos de fallas bien representados.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Se indica que la gestión de activos se realiza basándose en la información recopilada mediante encuestas periódicas de CCTV, que detallan y registran el interior de las tuberías. Se plantea que la CCTV es lenta, y se requiere volver a revisar el video completo es algo muy demoroso. Esto ocurre cuando el video no se evalúa en línea, es decir se deja la cámara funcionando sin realizar una evaluación en el momento de la tubería. El aporte del artículo es que la CCTV ya es masiva en otros países y se busca la forma de que este proceso sea más rápido.

Ficha 2	Lectura específica, refuerza el concepto de CCTV.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Se utilizan imágenes de CCTV reales recopiladas de la empresa del Reino Unido, WESSEX Water. Abarcan más de 30 km de tuberías. Se extrajeron una selección de 2.260 fallas. Según la empresa estas distribuciones de tipo de fallas son una buena representación de su red.

Ficha 3	Lectura fundamental, trata predicción de modelos.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Marius Moller Rokstad and Rita Maria Ugarelli, (2015). <i>Evaluating the role of deterioration models for condition assessment of sewers</i> .
Palabras Claves	Inspección CCTV, soporte de decisiones, gestión de activos de infraestructura, sensibilidad, deterioro de la alcantarilla.
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Condición estructural confiable de las alcantarillas es un criterio importante para las decisiones de rehabilitación de alcantarillas. Modelos de deterioro aplicados a las tuberías apoyan la planificación de la rehabilitación mediante la priorización de las tuberías según su estado estructural actual y futuro. Un modelo de deterioro del alcantarillado puede ser beneficioso para priorizar a los candidatos a inspeccionar.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Se indica que el poder de predicción de los modelos actuales de deterioro del alcantarillado está limitado por la adecuación de las variables explicativas disponibles. Diferentes modos de falla se mezclan en la clase de condición agregada. Se indica que las redes de alcantarillado en el mundo están envejeciendo, y el peak de inversión de capital ya pasó. Se menciona que una gestión reactiva y reparar cada vez que se produce una falla se volverá menos viable a medida que los sistemas envejecen. Es por esto que es relevante una gestión de activos de infraestructura, como herramienta. La combinación de datos de inspección y predicciones de modelos forma el análisis que ayudará a identificar las necesidades de rehabilitación.
Materiales más significativos: tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Utilizar los resultados del modelo de deterioro para priorizar la inspección de tuberías no observadas, es decir, las tuberías que se predice que estarán en una condición crítica, se priorizan para una inspección específica. Los modelos de deterioro que se presentan es el Gompitz y el model RF, es un algoritmo de aprendizaje automático de propósito general. Se consideran para este estudio datos de OSLO, se consideran 12.003 evaluaciones del estado de CCTV en los modelos, lo que equivale a un 27% de la red completa.

Ficha 4	Lectura fundamental, aborda la gestión de activos.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	E. Okwori; Y. Pericault, R. Ugarelli, M. Viklander, (2021). <i>Data – Driven asset Management in urban water pipe networks: a proposed conceptual framework</i> .
Palabras Claves	Análisis de beneficios, evaluación de la calidad de los datos, gestión integrada de activos, bloqueo de alcantarillado.
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Se propone un marco para permitir una mayor gestión de activos basada en datos en redes de tuberías. Identificar el estado actual de la práctica de gestión de datos y los desafíos de la implementación de la gestión de activos. Calidad de los conjuntos de datos de la red de tuberías y la falta de interoperabilidad entre las herramientas de gestión de activos.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Aborda la selección, el desarrollo y la adopción de vías de mejora, para permitir una mayor gestión de activos basada en datos en las redes de tuberías. Se refuerza el concepto de los factores impulsores, como la urbanización, el envejecimiento de la infraestructura y el cambio climático. Se aplica el concepto Gestión de Activos Integrado. Se introduce el concepto de la importancia de los datos y la información. Además, deben ser datos confiables. A partir de los datos se puede evaluar la condición de los activos.

Ficha 4	Lectura fundamental, aborda la gestión de activos.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Desarrollar estructura de datos estándar para la gestión de activos de una red de alcantarillado basada en modos y mecanismos de falla conocidos. La estructura de datos propuesta incluye entre 5 y 51 parámetros, según el tamaño del Municipio. Parámetros físicos/estructurales, operacionales/funcionales, ambientales, financieros. Se presentan el modelo de información de activos de alcantarillado inteligente. Los resultados se basaron en encuestas en línea y talleres de grupos focales en 5 empresas suecas. En alcantarillado lo más importante son los desbordamientos. A nivel operativo lo más relevante son los bloqueos. El estado actual de la gestión de bloqueos en el municipio puede considerarse en gran medida intuitivo. Para resolver esto se debe invertir en más datos. Actualmente sólo un 17% de beneficios informativos para la planificación y la toma de decisiones de Gestión Integrada de activos, esto podría mejorarse hasta en un 62% con un aumento de las herramientas actuales.

Ficha 5	Lectura específica, aborda la importancia de la CCTV.												
Referencia bibliográfica o dirección web completa	EPA 1999. <i>Collection Systems O&M Fact Sheet – Sewer Cleaning and Inspección.</i>												
Palabras Claves	Circuito Cerrado de Televisión (CCTV), Técnicas de Inspección, Técnicas de limpieza												
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	A medida que envejecen las redes de alcantarillado, el riesgo de deterioro y colapsos se convierte en una preocupación importante. La EPA estableció requisitos para la limpieza e inspección de las líneas de alcantarillado, lo cual es esencial para que funciones correctamente. Se describen las Técnicas de Inspección, las Técnicas de Limpieza y su Aplicabilidad.												
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Este documento viene a ratificar lo instruido por la SISS a través de la RES SISS N°1661/21, en la cual se instruyó al sector respecto a la importancia de las técnicas de Inspección. La EPA definió requisitos para la realización de las CCTV, esto por ser el método más utilizado y rentable a largo plazo. La documentación de las inspecciones es relevante para un programa exitoso de operación y mantenimiento. Se indica que las inspecciones se consideran más importantes porque ayudan a definir y prevenir problemas futuros. Dentro de lo principal es que la red se debe teleinspeccionar cada 15 años, y un tercio se debe limpiar anualmente. Respecto a la CCTV indica que este método requiere una inspección nocturna y, como resultado, los operadores de televisión son vulnerables a fallas en la concentración. Las inspecciones de CCTV también son costosas y consumen mucho tiempo.												
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Un estudio realizado por la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles informa que las actividades de mantenimiento más importantes son la limpieza y las inspecciones de CCTV. La tabla 2 muestra la frecuencia promedio TABLA 2 FRECUENCIA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO <table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th><th>Promedio (% del sistema/año)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Limpieza</td><td>29,9</td></tr> <tr> <td>Eliminación de raíz</td><td>2.9</td></tr> <tr> <td>Inspección de pozos</td><td>19.8</td></tr> <tr> <td>Inspección de circuito cerrado de televisión</td><td>6.8</td></tr> <tr> <td>Prueba de humo</td><td>7.8</td></tr> </tbody> </table> Fuente: ASCE, 1998.	Actividad	Promedio (% del sistema/año)	Limpieza	29,9	Eliminación de raíz	2.9	Inspección de pozos	19.8	Inspección de circuito cerrado de televisión	6.8	Prueba de humo	7.8
Actividad	Promedio (% del sistema/año)												
Limpieza	29,9												
Eliminación de raíz	2.9												
Inspección de pozos	19.8												
Inspección de circuito cerrado de televisión	6.8												
Prueba de humo	7.8												

Ficha 6	Lectura específica, apoya la CCTV y acciones.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Norma Técnica de Servicio NS-058/2021 - Aspectos Técnicos Para la Investigación y Calificación de Redes de Alcantarillado Con Equipos de CCTV.

Ficha 6	Lectura específica, apoya la CCTV y acciones.																	
Palabras Claves	Circuito Cerrado de Televisión (CCTV), Visualización e Información, Equipos de CCTV, Calificaciones Tramos.																	
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Esta norma técnica define los requisitos mínimos exigidos en la investigación y calificación de tuberías y conductos de alcantarillado de aguas residuales, pluviales o combinados que funcionan principalmente por gravedad. Esta norma técnica establece las pautas para efectuar la calificación estructural y operacional/mantenimiento de los defectos y observaciones codificadas durante las labores de inspección con equipos de CCTV.																	
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Este documento, se tomó como base para la instrucción SISS a través de la RES SISS N°1661/21, en la cual se instruyó al sector respecto a la importancia de las técnicas de Inspección, definiendo requisitos a la CCTV. En este documento se definen los requisitos a considerar al realizar una CCTV, aspectos de limpieza previa a la teleinspección, y los requisitos para las calificaciones por tramo y recomendaciones. En Colombia al igual que en Chile se optó por la aplicación de Códigos del Estándar PACP - NASSCO.																	
Materiales más significativos: tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Dentro de lo principal a destacar esta la definición de la clasificación según NASSCO y de las acciones a realizar.	Cuadro 2. Cuadro Resumen de las Calificaciones Rápidas PACP (Estructural) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grado Estructural más Alto Encontrado</th><th>Número de Tramos con Dicho Grado Estructural</th><th>Recomendación</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td><td></td><td rowspan="2">Atención Inmediata</td></tr> <tr> <td>4</td><td></td></tr> <tr> <td>3</td><td></td><td>Atención Programable a Corto Plazo</td></tr> <tr> <td>2</td><td></td><td rowspan="2">Atención Programable a Largo Plazo</td></tr> <tr> <td>1</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Grado Estructural más Alto Encontrado	Número de Tramos con Dicho Grado Estructural	Recomendación	5		Atención Inmediata	4		3		Atención Programable a Corto Plazo	2		Atención Programable a Largo Plazo	1	
Grado Estructural más Alto Encontrado	Número de Tramos con Dicho Grado Estructural	Recomendación																
5		Atención Inmediata																
4																		
3		Atención Programable a Corto Plazo																
2		Atención Programable a Largo Plazo																
1																		

Ficha 7	Lectura de Complemento	
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Buried No Longer Confronting America's Water Infrastructure Challenge EEUU - AWWA	
Palabras Claves	Infraestructura, Renovación, Costos, Vida útil.	
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Aun cuando este documento de la AWWA aborda las redes de agua potable, sirve como referencia si se considera que ambas tuberías presentan antigüedades similares. Se indica en el informe que EEUU se enfrenta a la necesidad de una reinversión masiva en la infraestructura durante las próximas décadas. Las redes de tuberías que fueron construidas y pagadas en gran medida por generaciones anteriores duran mucho tiempo, pero no son inmortales. Las tuberías están envejeciendo y se necesita una importante reinversión. La mayor parte de las redes se construyó hace 50 años o más.	
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Se busca tener un símil con las redes de alcantarillado, bajo el concepto de reconstruir estas redes, lo cual significa utilizar recursos que podrían haber destinado a otros ítems, como son las PTAP o fuentes. Se indica que las necesidades de inversión en infraestructura de AP enterrada suman más de 1 billón de dólares en todo el país durante los próximos 25 años, suponiendo que las tuberías se reemplacen al final de su vida útil y los sistemas se amplíen para atender a las poblaciones de crecimiento. Durante los próximos 40 años, hasta el 2050, estas necesidades superaran los 1.7 billones en dólares, las necesidades de reemplazo representan al rededor del 54% del total nacional. Lo anterior va a significar un aumento en las tarifas. Un factor a tener en cuenta es que POSPONER LA INVERSIÓN SÓLO EMPEORA EL PROBLEMA.	

Ficha 7	Lectura de Complemento																																																												
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Figura 10: Necesidades totales de crecimiento y reemplazo de tuberías principales de agua por tamaño del sistema The chart displays the projected investment needs for water main asset replacement and growth, categorized by system size. The Y-axis represents billions of 2010 US dollars, ranging from \$0 to \$60. The X-axis shows years from 2010 to 2050 in 5-year increments. The investment needs are stacked by system size: Grande (dark green), Medio (medium green), Pequeña (light green), and Muy pequeña (very light green). The total investment requirement increases steadily over time, starting at approximately \$30 billion in 2010 and reaching nearly \$50 billion by 2050. The 'Grande' category consistently represents the largest portion of the investment needs. <table border="1"><caption>Estimated data for Figure 10: Total Water Main Investment Needs (billions 2010\$)</caption><thead><tr><th>Año</th><th>Muy pequeña</th><th>Pequeña</th><th>Medio</th><th>Grande</th><th>Total</th></tr></thead><tbody><tr><td>2010</td><td>5</td><td>5</td><td>10</td><td>10</td><td>30</td></tr><tr><td>2015</td><td>6</td><td>6</td><td>11</td><td>11</td><td>34</td></tr><tr><td>2020</td><td>7</td><td>7</td><td>12</td><td>12</td><td>38</td></tr><tr><td>2025</td><td>8</td><td>8</td><td>13</td><td>13</td><td>42</td></tr><tr><td>2030</td><td>9</td><td>9</td><td>14</td><td>14</td><td>46</td></tr><tr><td>2035</td><td>10</td><td>10</td><td>15</td><td>15</td><td>50</td></tr><tr><td>2040</td><td>11</td><td>11</td><td>16</td><td>16</td><td>54</td></tr><tr><td>2045</td><td>12</td><td>12</td><td>17</td><td>17</td><td>58</td></tr><tr><td>2050</td><td>13</td><td>13</td><td>18</td><td>18</td><td>62</td></tr></tbody></table>	Año	Muy pequeña	Pequeña	Medio	Grande	Total	2010	5	5	10	10	30	2015	6	6	11	11	34	2020	7	7	12	12	38	2025	8	8	13	13	42	2030	9	9	14	14	46	2035	10	10	15	15	50	2040	11	11	16	16	54	2045	12	12	17	17	58	2050	13	13	18	18	62
Año	Muy pequeña	Pequeña	Medio	Grande	Total																																																								
2010	5	5	10	10	30																																																								
2015	6	6	11	11	34																																																								
2020	7	7	12	12	38																																																								
2025	8	8	13	13	42																																																								
2030	9	9	14	14	46																																																								
2035	10	10	15	15	50																																																								
2040	11	11	16	16	54																																																								
2045	12	12	17	17	58																																																								
2050	13	13	18	18	62																																																								

Ficha 8	Lectura de complemento
Referencia bibliográfica o dirección web completa	OPTIMIZING OPERATION, MAINTENANCE, AND REHABILITATION OF SANITARY SEWER COLLECTION SYSTEMS 2003 EPA
Palabras Claves	Operación, Mantenimiento correctivo, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo, Rehabilitación, Redes de Recolección, Gestión de Activos.
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. redacciones propias	Según la EPA, existen 19.000 sistemas de recolección en EEUU, el valor de reemplazo es entre 1 y 2 billones de dólares. Los sistemas de recolección y tratamiento representan alrededor del 10 al 15% del valor total de la infraestructura en los EEUU. Los activos de los sistemas de recolección no se conocen plenamente y los programas de operación y mantenimiento del sistema de recolección reciben baja prioridad y, en comparación con las PTAS. Los problemas más graves que amenazan al medio ambiente y a la salud de las personas son los desbordes de alcantarillado sanitario (SSO). La base del Manual se basa en poder disminuir los más de 40.000 SSO existentes al año 1999. Se define los mantenimientos, correctivos, preventivos y predictivos. El mantenimiento predictivo, es un método para establecer datos de desempeño de referencia, monitorear los criterios de desempeño durante un periodo de tiempo y observar los cambios en el desempeño para poder predecir las fallas y realizar el mantenimiento de manera planificada y programada. Las empresas trabajan en general con mantenimiento correctivo como método de operación y mantenimiento del sistema y no se centran en el mantenimiento preventivo y predictivo, esto por un tema de recursos.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El Manual busca que su aplicación logre que minimizar o incluso elimine las fallas del sistema de alcantarillado, que provocan problemas de continuidad y rebases a la vía pública. Lo anterior se puede lograr si las empresas se enfocan en mantenimiento preventivo y predictivo. Se deben gestionar los recursos de la forma más eficaz posible. Si no se gestiona el mantenimiento del sistema, las redes y equipos se deterioran con el paso del tiempo. Mantener el valor del activo de capital es una de las principales responsabilidades de los administradores. Las reparaciones planificadas son mucho más rentables tanto a largo plazo porque se pueden utilizar las mejores técnicas, como la rehabilitación sin zanja, esto en horarios programados, no así en una emergencia en donde no se planifica, se paga más por la reparación y esta puede ser deficiente. Se dan los lineamientos para un programa de gestión, los cuales incluyen, la protección de la salud pública, minimizar la infiltración, uso eficiente de los fondos asignados. Se busca a través de una gestión de activos, asegurarse de que los componentes estén protegidos contra fallas prematuras, mediante una operación adecuada y un mantenimiento preventivo y predictivo.

Ficha 8	Lectura de complemento
Materiales más significativos: tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Se requiere una inspección programada de rutina de todo el sistema de recolección de aguas residuales para verificar el estado del sistema y poder evitar bloqueos y desbordamientos. Algunas agencias planifican una inspección de todo el sistema durante un periodo de tiempo: por ejemplo, cada año se programa una inspección de CCTV del 20 por ciento de todo el sistema. En el norte, esto generalmente se programa durante el escurrimiento de principios de la primavera y las condiciones altas del agua subterránea para buscar fuentes de I/I. Se pueden establecer prioridades basadas en la antigüedad de la tubería, el material de la tubería u otros factores, que maximizan los recursos de la agencia al identificar áreas con una mayor probabilidad de problemas. Una vez que el sistema ha sido inspeccionado por completo y se ha cuantificado la condición, se priorizan las inspecciones programadas según la necesidad y la disponibilidad de recursos en lugar de simplemente volver a inspeccionar todo el sistema utilizando CCTV.

Ficha 9	Lectura de complemento
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Informe de Gestión 2022 SISS
Palabras Claves	Calidad de Servicio, Descripción del sector, Inversiones y reposición, Desempeño Financiero, Sanciones.
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. redacciones propias	El Informe de Gestión se compone de diez capítulos los cuales describen la gestión realizada por las concesionarias y su comportamiento en cada una de las áreas que lo constituyen. En el informe se permite ver la dimensión de cada empresa en base al número de clientes e infraestructura con que cuentan.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte específico está asociado al largo de las redes de alcantarillado, a su nivel de calidad en lo que respecta a este servicio, a los clientes abastecidos y a las multas recibidas entre otros antecedentes que son de utilidad para el estudio.

Ficha 9

Lectura de complemento

Materiales más significativos: tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros

Cuadro 2.6
Reposición de Redes

N°	Empresa Concesionaria	Longitud Total Red AP 2022*	Reposición Anual Red AP*	% Reposición Redes AP 2022	% Reposición Redes AP 2021	Longitud Total Red AS 2022*	Reposición Anual Red AS*	% Reposición Redes AS 2022	% Reposición Redes AS 2021
1	Aguas del Altiplano	1.091	11	1,00%	1,34%	875	5	0,62%	0,68%
2	Aguas Antofagasta	1.237	8	0,68%	0,69%	951	5	0,57%	0,57%
3	Nueva Atacama	879	5	0,53%	1,83%	750	3	0,40%	0,00%
4	Aguas del Valle	2.124	1	0,07%	0,17%	1.813	2	0,09%	0,08%
5	ESSSI ⁽¹⁾	286	-	0,00%	0,00%	197	-	0,00%	0,00%
6	ESVAL	5.355	20	0,38%	0,27%	4.115	7	0,17%	0,08%
7	COOPAGUA	94	1	0,75%	0,75%	59	-	0,00%	0,00%
8	Aguas Andinas	11.855	37	0,31%	0,17%	7.910	29	0,57%	0,20%
9	Aguas Cordillera	1.080	4	0,33%	0,39%	771	2	0,24%	0,19%
10	Aguas Manquehue	216	0	0,10%	0,07%	174	0	0,06%	0,05%
11	SMAPA ⁽²⁾	1.446	-	0,00%	0,00%	1.081	-	0,00%	0,00%
12	Sacyr Agua Limpia	71	1	1,67%	0,34%	44	-	0,00%	0,00%
13	Sacyr Agua Chacabuco	172	2	1,11%	0,93%	136	1	0,48%	0,50%
14	Sacyr Agua Santiago	82	-	0,00%	0,00%	79	-	0,00%	0,00%
15	Aguas Santiago Poniente	75	-	0,00%	0,00%	55	-	0,00%	0,00%
16	Comunidad de Servicios Remodelación San Borja - COSSBO (3)	4	-	0,00%	0,00%	-	-	N/A	N/A
17	Melipilla Norte	54	-	0,00%	0,00%	30	-	0,00%	0,00%
18	Servicios Sanitarios Larapinta - SELAR	39	-	0,00%	0,00%	32	-	0,00%	0,00%
19	Empresa de Servicios Sanitarios Lo Prado - SEPSA	37	-	0,00%	0,00%	34	-	0,00%	0,00%
20	BCC	22	-	0,00%	0,00%	18	-	0,00%	0,00%
21	Novaguas	40	-	0,00%	0,00%	33	-	0,00%	0,00%
22	Aguas San Pedro	288	-	0,00%	0,08%	252	-	0,00%	0,00%
23	ESSBIO	7.461	-	0,00%	0,59%	5.901	-	0,00%	0,27%
24	Nuevosur	2.670	-	0,00%	0,13%	2.138	-	0,00%	0,19%
25	Aguas Araucanía	2.230	13	0,60%	0,61%	2.019	11	0,55%	0,60%
26	ESSAL	2.248	13	0,58%	0,34%	1.972	1	0,05%	0,23%
27	Aguas Décima	417	4	0,84%	0,57%	404	1	0,29%	0,33%
28	Aguas Patagonia	333	2	0,46%	0,05%	286	0	0,03%	1,25%
29	Aguas Magallanes	663	4	0,59%	0,34%	535	3	0,53%	0,34%
Total Inversiones		42.549 km	126 km	0,30%	0,37%	32.666 km	70 km	0,22%	0,34%

Ficha 10	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Estudio de Percepción de los usuarios sobre la calidad del servicio de las empresas sanitarias, Versión 2022, SISS.
Palabras Claves	Satisfacción General, Benchmarking de empresas, Satisfacción General, Continuidad de Servicio, alcantarillado.
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	En este informe se busca incorporar la percepción o satisfacción usuaria como indicador de la gestión global del servicio, relevando al ciudadano. Aumenta la transparencia de mercado, levantando y dando a conocer el nivel de satisfacción de los usuarios del servicio sanitario.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte específico es que permite ver la evaluación que ha tenido la ciudadanía respecto a prestación del servicio de alcantarillado. Esto desde el 2017 a la fecha. Lo anterior es un antecedente a tener en cuenta, ya que refuerza la idea de falta de mantenimiento proactivo y preventivo de las redes de alcantarillado.

Ficha 10

Lectura de complemento.

Materiales más significativos: Tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros

GUERNICA CONSULTORES

AGUA POTABLE: SATISFACCIÓN CON DIMENSIONES DE CALIDAD 2017-2022

* SISS VERSH 2022

- La continuidad del agua (azul) encabeza el ranking durante todo el período, con excelente calificación. Acusa la caída generalizada del contexto pre-estallido, probablemente reforzada por los sucesos de Osorno (versión 2018, medición invierno 2019), pero se recupera y se mantiene casi invariable en las siguientes mediciones.
- La presión (gris), siempre en segundo lugar en el ranking de dimensiones, detiene la caída pronunciada de la versión 2019 y se mantiene relativamente constante.
- El olor (naranja), tal como la presión y como la mayoría de las dimensiones consideradas, frena la caída e inicia su recuperación, la que mantiene de manera sostenida.
- La confianza (lila), permanece en los últimos lugares, aun cuando con calificación neta positiva. Resulta sorpresivo cómo en esta versión recupera sus niveles 2017, con mejoramiento estadísticamente significativo.
- El sabor (verde), dimensión deficitaria durante toda la serie, mejora concomitantemente con la confianza.
- La pureza (ladrillo), en cambio, vuelve a descender, ocupando el último puesto en el ranking de dimensiones.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Continuidad	62,2	55,4	63,8	63,8	61,3	63
Presión	38,5	31,1	25,1	30,9	33,4	31,6
Olor	24,1	17,7	10,6	14,9	17,7	19,5
Confianza	18,7	13	5,9	7,6	7,1	17,9
Sabor	10,7	1,3	-7,5	-2,9	-6,0	8,8
Pureza	5,4	-3,4	-7,9	-3,4	-1,4	-6,0
Calidad del servicio de agua (general)	22,1	18,8	6,9	18,4	15,4	21,8
Sanitaria que brinda servicio (general)	31,8	33,4	30,8	35,7	37,6	41,9

Ficha 11	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Resolución SISS N°553/2024
Palabras Claves	Instructivo SISS - CCTV - NASSCO - Codificación de defectos
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	El presente Instructivo será de cumplimiento obligatorio por parte de las concesionarias del servicio de recolección de aguas servidas, aplica a las redes y conducciones unitarias o separadas independiente del diámetro y material de la tubería. Se excluyen de la aplicación de este instructivo a las impulsiones de aguas servidas. En este Instructivo se define un procedimiento estandarizado para realizar un adecuado diagnóstico de una red de alcantarillado y de las acciones correctivas a realizar por parte de las concesionarias, en base a su estado estructural y operacional. Este Instructivo define los plazos para su implementación por parte de las concesionarias, que comprende el diagnóstico de una red de alcantarillado, la ejecución de la teleinspección de tuberías, su clasificación en base a un estándar internacional y las acciones correctivas y de seguimiento a realizar. Para dar cumplimiento a este instructivo, no se podrán utilizar videocámaras de empuje o videocámara de poste/pértiga, por no cumplir con los requisitos técnicos que se establecen en este documento, no obstante este equipamiento si podrá ser utilizado en otras funciones de inspección que realiza la concesionaria.

Ficha 11	Lectura de complemento.																												
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte específico se visualiza en los objetivos del Instructivo, los cuales son los siguientes: El objetivo general es establecer los requisitos mínimos exigidos para el diagnóstico y clasificación de una red de alcantarillado de aguas servidas o red unitaria y fijar las pautas para efectuar la calificación estructural y operacional de los defectos y observaciones codificadas durante las labores de inspección de tuberías con equipos de CCTV (Circuito Cerrado de Televisión); y reglamentar las respectivas acciones correctivas a ejecutar por parte de las concesionarias. Los objetivos específicos son: a. Establecer un procedimiento estandarizado de diagnóstico, que defina las tuberías que deben ser inspeccionadas a través de CCTV, considerando sus características y el lugar en donde éstas se encuentran instaladas. b. Establecer los requisitos mínimos para las actividades de teleinspección de redes o conducciones de alcantarillado con CCTV. c. Fijar los parámetros para la recopilación adecuada y consistente de los datos de inspección, asegurando que se registren de manera completa, permitiendo su disponibilidad para gestiones en el corto, mediano y largo plazo. d. Estandarizar el proceso de evaluación de una conducción o red de recolección, definiendo la clasificación y calificación de los defectos observados en un tramo, permitiendo comparar con inspecciones futuras su deterioro con el paso del tiempo. e. Fijar las pautas para que las concesionarias realicen acciones correctivas basadas en la codificación de los defectos observados y su priorización de acuerdo a la calificación estructural operativa y/u f. Definir un plazo a las concesionarias para realizar cada una de las acciones indicadas en los puntos anteriores.																												
Materiales más significativos: Tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	<table><tr><th>Grado más alto en el tramo</th><th>Tiempo máximo de Atención</th><th>Criticidad</th><th>Frecuencia de Inspección (Años)</th></tr><tr><td>5</td><td>Atención Inmediata (1 a 6 meses)</td><td>Alta</td><td>No Aplica, por ser de atención inmediata</td></tr><tr><td>4</td><td>Atención Inmediata (1 a 12 meses)</td><td>Alta</td><td>No Aplica, por ser de atención inmediata</td></tr></table> <table><tr><th>Grado más alto en el tramo</th><th>Tiempo máximo de Atención</th><th>Criticidad</th><th>Frecuencia de Inspección (Años)</th></tr><tr><td>3</td><td>Atención programable a corto plazo (1 a 3 años)</td><td>Media</td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td>Atención programable a mediano plazo (3 a 5 años)</td><td>Baja</td><td>5</td></tr><tr><td>1</td><td>Atención programable a largo plazo (5 a 10 años).</td><td>Baja</td><td>10</td></tr></table> Nota: Los tramos que clasifican como 5, 4 y 3 posterior a su intervención, deberán ser clasificados en base al nuevo grado más alto en el tramo. Para los grados 5 y 4, que corresponden a los casos más graves, las concesionarias deberán programar la renovación o rehabilitación del tramo. Corresponde señalar que cualquiera afectación a la continuidad del servicio, que no sea calificada como fuerza mayor, es de responsabilidad de la prestadora, independiente de las acciones programadas que presente dicho tramo.	Grado más alto en el tramo	Tiempo máximo de Atención	Criticidad	Frecuencia de Inspección (Años)	5	Atención Inmediata (1 a 6 meses)	Alta	No Aplica, por ser de atención inmediata	4	Atención Inmediata (1 a 12 meses)	Alta	No Aplica, por ser de atención inmediata	Grado más alto en el tramo	Tiempo máximo de Atención	Criticidad	Frecuencia de Inspección (Años)	3	Atención programable a corto plazo (1 a 3 años)	Media	3	2	Atención programable a mediano plazo (3 a 5 años)	Baja	5	1	Atención programable a largo plazo (5 a 10 años).	Baja	10
Grado más alto en el tramo	Tiempo máximo de Atención	Criticidad	Frecuencia de Inspección (Años)																										
5	Atención Inmediata (1 a 6 meses)	Alta	No Aplica, por ser de atención inmediata																										
4	Atención Inmediata (1 a 12 meses)	Alta	No Aplica, por ser de atención inmediata																										
Grado más alto en el tramo	Tiempo máximo de Atención	Criticidad	Frecuencia de Inspección (Años)																										
3	Atención programable a corto plazo (1 a 3 años)	Media	3																										
2	Atención programable a mediano plazo (3 a 5 años)	Baja	5																										
1	Atención programable a largo plazo (5 a 10 años).	Baja	10																										

Ficha 12	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	DFL MOP N°382 Ley General de Servicios Sanitarios
Palabras Claves	Continuidad de Servicio - Empresas Prestadoras

Ficha 12	Lectura de complemento.
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	En esta Ley se definen las disposiciones relativas al régimen de explotación de servicios públicos destinados a producir y distribuir agua potable y a recolectar y disponer aguas servidas, servicios denominados en adelante, servicios sanitarios. Se entiende por producción de agua potable, la captación y tratamiento de agua cruda, para su posterior distribución en las condiciones técnicas y sanitarias establecidas en las normas respectivas. Se entiende por distribución de agua potable, la conducción del agua producida hasta su entrega en el inmueble del usuario. Se entiende por recolección de aguas servidas, la conducción de éstas desde el inmueble del usuario, hasta la entrega para su disposición. Se entiende por disposición de aguas servidas, la evacuación de éstas en cuerpos receptores, en las condiciones técnicas y sanitarias establecidas en las normas respectivas, o en sistemas de tratamiento. El prestador deberá garantizar la continuidad y la calidad de los servicios, las que sólo podrán ser afectadas por causa de fuerza mayor. Sin perjuicio de lo dispuesto en el inciso anterior, podrá afectarse la continuidad del servicio, mediante interrupciones, restricciones y racionamientos, programados e imprescindibles para la prestación de éste, los que deberán ser comunicados previamente a los usuarios. En esta ley se establece la responsabilidad de las empresas prestadoras en lo que se refiere a la calidad de servicio y a su continuidad, bajo esta reglamentación es donde se busca a través de instrucciones que se garantice la continuidad en las redes de recolección.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte específico es que las empresas sanitarias deben garantizar la continuidad de servicio de las redes de alcantarillado, y para esto deben tener implementados sistemas que garanticen su renovación y mantenimiento. Aún cuando la ley no define la forma de lograr el objetivo antes señalado, si permite en este caso al órgano regulador que es la SISS definir instrucciones que se orienten a que estas redes de alcantarillado se mantengan operativas en el tiempo.
Materiales más significativos: Tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Coberturas de Agua Potable, de Alcantarillado y de Tratamiento de Aguas Servidas vs Inversiones El gráfico ilustra el progreso de los servicios sanitarios y el gasto asociado en Chile. La cobertura de agua potable y alcantarillado ha alcanzado niveles altos, superando el 90% en la mayoría de las regiones. Sin embargo, la cobertura de tratamiento de aguas servidas sigue siendo baja, y las inversiones, aunque han crecido, aún no alcanzan los niveles necesarios para garantizar la sostenibilidad y renovación de las infraestructuras.

Ficha 13	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Norma Chilena NCh3354 Limpieza red de alcantarillado
Palabras Claves	Alcantarillado de aguas servidas - Limpieza de una red de alcantarillado

Ficha 13	Lectura de complemento.
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	En esta norma se trata sobre la limpieza de los sistemas de alcantarillado público, a cargo de las empresas sanitarias. Las empresas sanitarias deben tener en aplicación un programa permanente de limpieza preventiva de sus redes de alcantarillado, necesario para alcanzar los requisitos de continuidad y desarrollar una estrategia para cumplir estos propósitos. Una apropiada mantención incide en los aspectos económicos por cuanto permite: - Minimizar inconvenientes y deterioros por interrupciones, proteger la inversión del sistema, maximizando su vida útil y capacidad de porteo, transportar las aguas servidas con mínima infiltración y extra filtración, lograr mayor seguridad en todas las actividades, evitando daños innecesarios y logrando mayor eficiencia ante emergencias. Antes de comenzar las operaciones de limpieza se deben realizar las inspecciones respectivas y tener un conocimiento completo de la red de alcantarillado y disponer de una evaluación de las condiciones hidráulicas y de otros factores de importancia, a fin de establecer el tipo y la frecuencia de la limpieza necesaria.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Esta norma se cita en la instrucción SISS la cual busca que antes de las teleinspecciones las redes de alcantarillado deben tener una limpieza previa.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Secuencia periódica de actividades principales de un plan de limpieza preventivo de la red de alcantarillado <pre> graph TD A[Levantar todo tipo de información que permita definir colectores con problemas o con alta probabilidad de embancamiento por sedimentos] --> B[Procesar toda la información disponible conforme a los criterios de priorización de colectores a limpiar. Finalmente determinar las cuencas o subcuencas del plan de limpieza preventiva] B --> C[Preinspeccionar la cuenca o subcuenca, previo al proceso de limpieza. Se busca dar continuidad y agilidad a la limpieza propiamente tal] C --> D[Ejecución de limpieza de cuenca o subcuenca, o repaso en caso que el muestreo de inspección superficial o subterráneo lo indique] D --> E[Control de calidad de la limpieza (teleinspección con robot, pértiga o visual)] E --> F{¿Correcta ejecución de la limpieza?} F -- No --> D F -- Si --> G[Informe ejecutivo con comentarios y observaciones surgidas del proceso de limpieza. Seguimiento en el tiempo de futuros reclamos, indicadores, etc.] G --> A </pre>

Ficha 14	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	NCh3640/1 Sistemas de rehabilitación en materiales plásticos para redes de alcantarillado de aguas servidas y aguas lluvias enterradas sin presión — Parte 1: Generalidades
Palabras Claves	Sistemas de rehabilitación, equipos de inspección
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	En esta norma se hará una descripción general para los sistemas de canalización de materiales plásticos de diferentes materiales empleados para la rehabilitación de redes de alcantarillado de aguas servidas y aguas lluvias enterradas sin presión. En esta serie de normas se describirán todas las partes relacionadas con la familia de rehabilitación. El sistema de entubado instalado se debe someter a un examen visual de registro interno, por inspección personal o por CCTV y/u otro sistema de inspección, a lo largo de toda su longitud. Si las condiciones de obra no permiten la inspección final requerida, el cliente puede especificar otro método equivalente para documentar el entubado instalado.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	En esta norma se definen los distintos sistemas de rehabilitación, y se especifica que para cada una de estos procedimientos que se debe realizar un examen visual del registro interno, por inspección personal o por CCTV a lo largo de toda su longitud.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	<pre> graph TD A[Renovación de sistemas de canalización] --> B[Reparación] A --> C[Rehabilitación] A --> D[Sustitución] C --> C1[Entubado en continuo] C --> C2[Entubado con tubos coñidos F&F] C --> C3[Entubado en continuo con tubo curado en obra CIPP] C --> C4[Entubado con tubos discretos] C --> C5[Entubado con tubos conformados helicoidalmente SWIP] C --> C6[Entubado con segmentos de tubo] C --> C7[Entubado con una capa interna en mallas de plástico anclada rigidamente] C --> C8[Entubado con materiales poliméricos pulverizados] C --> C9[Otras Técnicas de Rehabilitación] D --> D1[Sustitución sin zanja] D --> D2[Sustitución a zanja abierta] D1 --> D1a[Sustitución en la canalización] D1 --> D1b[Sustitución fuera de la canalización] D1a --> D1a1[Rotura del tubo] D1a --> D1a2[Eliminación del tubo] D1a2 --> D1a2a[Desgaste del tubo] D1a2 --> D1a2b[Extracción del tubo] D1b --> D1b1[Perforación horizontal torpedo rompedor] D1b --> D1b2[Profundización por torpedo rompedor] D1b2 --> D1b2a[Profundización del tubo] D1b2a --> D1b2b[Perforadora con barrena] D1b2a --> D1b2c[Microtuneadora] </pre> Figura 1 – Familias de técnicas para la rehabilitación estructural de redes de alcantarillado de aguas servidas y aguas lluvias enterradas sin presión con materiales plásticos, dentro del campo de aplicación de las técnicas de renovación

Ficha 15	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	UNE-EN 13508-2 Examen y evaluación de los sistemas de desagüe y de alcantarillado en el exterior de edificios - Parte 2: Sistema de codificación de inspecciones visuales.
Palabras Claves	Sistemas de alcantarillado - Codificación

Ficha 15	Lectura de complemento.												
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Esta norma europea es aplicable a la investigación y evaluación de los sistemas de desagüe y de alcantarillado en el exterior de edificios. En esta norma se especifica un sistema de codificación para la descripción de la condición interna de los desagües, alcantarillados, pozos de registro y cámaras de inspección, identificado mediante inspección visual. La inspección visual de los sistemas de desagüe y de alcantarillado se puede realizar como parte de la investigación, a fin de llevar a cabo la evaluación.												
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	En esta norma al igual que el procedimiento de PACP de NASSCO, se define una metodología para la clasificación de los eventos que se identifican en un tramo de una red de alcantarillado.												
Materiales más significativos: Tablasy, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	EN 13508-2:2003+A1:2011 - 100 - AENOR ANEXO F (Informativo) FOTOGRAFÍAS QUE ILUSTRAN EL SISTEMA DE CODIFICACIÓN PARA DESAGÜES Y ALCANTARILLADOS (A1) NOTA: Las fotografías de este anexo están destinadas a ilustrar la observación principal indicada en el título de cada una de ellas. En ocasiones, una observación se ilustra mediante una flecha existente en la fotografía. La codificación de la observación principal se muestra, por medio de caracteres en negrita, en la tabla situada debajo de la fotografía. La codificación de algunas observaciones secundarias también aparece en la tabla, pero no está previsto que cada tabla sea una lista exhaustiva de tales observaciones.  <table><tr><th>Código</th><th>Caracterización</th><th>Cuantificación</th><th>Localización circunferencial</th><th>Junta</th><th>Observaciones</th></tr><tr><td>BAA</td><td>A</td><td>10%</td><td>II</td><td>01</td><td></td></tr></table> Figura F.1 – Ejemplo de deformación (vertical)	Código	Caracterización	Cuantificación	Localización circunferencial	Junta	Observaciones	BAA	A	10%	II	01	
Código	Caracterización	Cuantificación	Localización circunferencial	Junta	Observaciones								
BAA	A	10%	II	01									

Ficha 16	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Herramientas para la toma de decisiones en la Gestión de Alcantarillados: Prospectivas de implementación de la EAAB - 2011 - María Pérez Peña y María Perdomo Gaitán
Palabras Claves	Sistemas de Alcantarillado - Modelos de Análisis de desempeño
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Los sistemas de infraestructura representan considerables cantidades de capital que se invierten cada día en pro del desarrollo de las ciudades. Durante años, se descuidó el mantenimiento de los sistemas actuales, debido a la creciente iniciativa de invertir en nuevas estructuras, lo que ha causado grandes colapsos en los sistemas antiguos de las ciudades. Por esta razón, las organizaciones, tanto públicas como privadas, se han visto en la obligación de considerar la maximización de la vida útil de las estructuras y por ende la eficiencia de las inversiones realizadas con ese fin.

Ficha 16	Lectura de complemento.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	En este trabajo de título se aborda los problemas actuales en lo referido a la gestión de las redes de alcantarillado y se propone la aplicación de modelos para que la empresa de Acueducto de Bogotá, tenga información para la toma de decisiones.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	HERRAMIENTAS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA GESTIÓN DE ALCANTARILLADOS: PROSPECTIVAS DE IMPLEMENTACIÓN EN LA EAAB <pre> graph TD A[Reporte de Daño (Usuario)] --> B[Verificación de Daño en el Sitio] B --> C{Existe Daño?} C -- NO --> D[Almacenamiento en base de datos] C -- SÍ --> E[Determinación de Tipo de Daño] E --> F[Cambio de Elementos o Limpieza] F -- Limpieza --> G[Información y Solicitud de Cantidad de Cuadrilla y Vector (Call-Center)] G --> H[Atención de Daño] H --> I[Almacenamiento en base de datos (Información de daño y Tiempo de reparación)] F -- Cambio de Elementos --> J[Información y Solicitud de Cuadrilla, Maquinaria y Elementos a Comprar (Call-Center)] J --> K[Aprobación Cambio de Elementos] K --> L[Atención de Daño] L --> M[Almacenamiento en base de datos (Información de daño y Tiempo de reparación)] </pre>

Ficha 17	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Reglamento de las concesiones sanitarias de producción y distribución de agua potable y recolección y disposición de aguas servidas y de las normas sobre calidad de atención a los usuarios de estos servicios - DS MOP N°1199 - 2004
Palabras Claves	Sistemas de Alcantarillado - Modelos de Análisis de desempeño

Ficha 17	Lectura de complemento.
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	En este se regular el régimen de las concesiones sanitarias de producción y distribución de agua potable y de recolección y tratamiento de las aguas servidas y las normas sobre calidad de la atención a los usuarios de los servicios públicos de producción y distribución de agua potable y de recolección y disposición de aguas servidas. Se indica en este Reglamento que "El prestador deberá tener en aplicación un programa permanente de mantención preventiva de sus redes de alcantarillado. Igualmente, el prestador tendrá la obligación de mantener disponible y sin interrupción la red pública para la evacuación de las aguas servidas provenientes de los inmuebles, de modo que tal red no produzca inundaciones, filtraciones, daños u otros efectos, salvo causa de fuerza mayor, desperfectos causados por el mal uso o ejecución defectuosa de la instalación domiciliaria no imputable a la empresa.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte radica en que el Reglamento de la ley sanitaria especifica que las empresas deben tener en aplicación un programa permanente de mantención preventiva de sus redes de alcantarillado, es en base a esta exigencia que la SISS puede instruir acciones que vayan en fijar los lineamientos para este mantenimiento preventivo.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	

Ficha 18	Lectura de Fundamental
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Una investigación de los factores que influyen en el deterioro estructural del alcantarillado - Norma Lucia Rodriguez Espinoza - 2006 - Universidad de Los Andes Bogotá
Palabras Claves	Sistemas de Alcantarillado - Fallas Estructurales - Metodologías de Mantenimiento
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	En esta Memoria se aborda el concepto de rehabilitar el alcantarillado correcto, en el tiempo correcto usando la técnica adecuada para rehabilitación al mínimo costo total y antes que ocurran fallas serias (aproximación pro - activa). Hasta ahora algunas herramientas analíticas para valorar el estado técnico y funcional del alcantarillado o la necesidad para rehabilitar han sido desarrollados o están en desarrollo. Se evalúan los problemas existentes en un sistema de alcantarillado, se evalúan las técnicas para la valoración del funcionamiento de los alcantarillados existentes. Determinación del estado del sistema de alcantarillado a través de definiciones de niveles, que de igual forma permitan establecer el método de rehabilitación más adecuado en términos de costo - efectividad.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	En el documento se abordan los conceptos de rehabilitación, la cual se puede definir como las medidas necesarias para restaurar o mejorar el funcionamiento de un sistema existente de alcantarillado. La rehabilitación de alcantarillado puede estar acompañada por las definiciones de reparación, renovación o reemplazo en un alcantarillado. Se define que, para evaluar la condición estructural de un alcantarillado, es necesario fijar criterios referentes a varios tipos de problemas.

Ficha 18	Lectura de Fundamental
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	<pre> graph TD A[Estudio de diagnóstico] --> B[Evaluar la información existente] B --> C[Actualizar el inventario de acuerdo a como se requiera] C --> D[INVESTIGACION HIDRAULICA] C --> E[INVESTIGACION AMBIENTAL] C --> F[INVESTIGACION ESTRUCTURAL] D --> D1[Realización de mediciones de flujo] D --> D2[Construcción y calibración del modelo hidráulico] D --> D3[Evaluación del funcionamiento hidráulico] E --> E1[Revisión de los efluentes registrados y otras documentaciones] E --> E2[Realización del estudio] E --> E3[Evaluación del impacto ambiental] F --> F1[Preparación del programa] F --> F2[Realización del estudio] F --> F3[Evaluación de la condición estructural] D3 --> G[Comparar con el criterio de funcionamiento] E3 --> G F3 --> G G --> H[Identificación de las deficiencias hidráulicas] G --> I[Identificación de las deficiencias ambientales] G --> J[Identificación de las deficiencias estructurales] H --> K[Identificar las causas de las deficiencias del funcionamiento] I --> K J --> K </pre> Figura No. 4.1 Diagrama de flujo para la Etapa de Estudio de Diagnóstico

Ficha 19	Lectura de Fundamental
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Determinación del estado de redes de alcantarillado y su necesidad o no de ser sometidas a renovación / rehabilitación teniendo en cuenta Minería de Datos - Alejandra Posada Obando - 2019 - Universidad de Los Andes Bogotá
Palabras Claves	Sistemas de Alcantarillado - Fallas Estructurales - Metodologías de mantenimiento - Modelos de Minería de Datos
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Se analiza la viabilidad de la aplicación de metodologías de Minería de datos para determinar la necesidad de rehabilitación de tuberías en redes de drenaje. Así, implementar y evaluar el desempeño de los modelos más apropiados para la predicción del deterioro estructural de sistemas de alcantarillado en un caso de estudio de la ciudad de Bogotá. En esta memoria se Realiza una revisión bibliográfica crítica de modelos de deterioro utilizados para la rehabilitación de redes de alcantarillado, incluyendo métodos de Minería de datos y otros métodos utilizados actualmente para la determinación de fallas en tuberías. Identificar las medidas de desempeño de los modelos de deterioro y las metodologías de pre y post procesamiento de datos utilizadas en la rehabilitación de redes de alcantarillado. Determinar las ventajas, las limitaciones y retos de los modelos de deterioro utilizados para la rehabilitación de redes de alcantarillado reportados en la literatura. Estudiar los tipos de mantenimiento implementados en redes de alcantarillado y su relación con el proceso de deterioro de estas. Establecer las principales causas de deterioro de tuberías en las redes de alcantarillado y su relación con las variables topológicas de las redes. Realizar un análisis de sensibilidad de las variables involucradas en el proceso de deterioro de tuberías y su capacidad explicativa en la predicción de fallas en redes de alcantarillado. Establecer los lineamientos generales del modelamiento predictivo en el ámbito de redes de alcantarillado, explicando el buen procesamiento y uso de datos, la complejidad del problema y la evaluación de modelos adecuados. Realizar un diagnóstico de la gestión actual de los activos de las redes de alcantarillado de la ciudad de Bogotá. Analizar la viabilidad de implementar los modelos de minería de datos más apropiados en un caso de estudio de la ciudad de Bogotá, considerando el registro limitado de información y las variables inspeccionadas por las empresas prestadoras del servicio de agua potable y alcantarillado.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	En este documento se analiza la aplicación de metodologías para establecer la rehabilitación de redes de alcantarillado, se buscan aquellos modelos que sean los más apropiados considerando el sistema de la ciudad de Bogotá, en base a esto se buscará la similitud de aplicación a redes de alcantarillado a nivel nacional. Considerando la estructura aplicada, en la cual se identifican las medidas de desempeño de los modelos de deterioro.

Ficha 19	Lectura de Fundamental
Materiales más significativos: Tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Figura 4-2. Aplicabilidad de las diferentes herramientas de gestión de alcantarillado a las etapas comunes del proceso de gestión de infraestructura. Tomado de Ana & Bauwens (2007)

Ficha 20	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o dirección web completa	From CCTV data to strategic planning: deterioration modelling for large sewer networks in Germany and Colombia - Nicolas Caradot, Nathalie Hernandez, Hauke Sonnenberg
Palabras Claves	Gestión de activos - Minería de Datos - Modelado
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	La mayoría de las ciudades se enfrentan a una infraestructura de alcantarillado envejecida que necesita reparación, rehabilitación o renovación. Los modelos de deterioro pueden ser una valiosa herramienta de extracción de datos para abordar este problema al ayudar a las empresas de servicios públicos a definir la planificación estratégica de inversiones. Este estudio tiene como objetivo demostrar los beneficios del modelado de deterioro utilizando datos de inspección de CCTV de alcantarillado y características SIG (material, edad, profundidad, ancho, carga de tráfico, etc.) de dos ciudades diferentes: Braunschweig en Alemania y Bogotá en Colombia. Se aplicó un modelo probabilístico basado en Markov para identificar y explotar las relaciones entre el estado y las características del alcantarillado en los extensos conjuntos de datos de las dos ciudades. La calidad de predicción del modelo se ha evaluado analizando la desviación entre las observaciones del modelo y las predicciones del modelo. Los resultados muestran desviaciones relativamente bajas (<15%), lo que indica un desempeño satisfactorio del modelo en ambas ciudades y subraya la relevancia de los modelos de deterioro para simular la condición de las redes de alcantarillado y apoyar la gestión estratégica de activos
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte radica en que para estimar el estado de la infraestructura se necesita de información de las redes, y de teleinspecciones. Estos modelos se podrían aplicar en Chile, considerando a que ya se está aplicando la metodología de NASSCO.

Ficha 20	Lectura Fundamental
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	From CCTV Data to Strategic Planning: Deterioration Modelling for ... N. Caradot et al. Figure 1 Sewer characteristics in Braunschweig used as variables in the statistical model. The condition ranges from 1 (green) to 4 (red), with 4 being the worst condition. Please note that this graph shows the condition distribution of the set of inspected sewers but not of the sewer system itself: some sewers have been inspected several times.

Ficha 21	Lectura de Fundamental
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Determinación del estado de redes locales de alcantarillado y su necesidad o no de ser sometidas a renovación / rehabilitación teniendo en cuenta CCTV en un número limitado de tuberías. Caso de estudio Zona 1 de la EAAB - 2020 - Lady Johanna Sauza Rodriguez - Universidad de Los Andes.
Palabras Claves	Sistemas de alcantarillado - Modelos estado estructural - Modelos de Regresión
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Las decisiones de renovación y/o rehabilitación de sistemas de alcantarillado, no se deben soportar exclusivamente en el establecimiento del estado estructural de las tuberías, sino que es necesario abordar integralmente el problema estudiando otros factores, dentro de los que se encuentran aquellos asociados a aspectos hidráulicos, operativos, sociales, económicos, geotécnicos, constructivos, ambientales, de calidad de agua, de cambio climático, entre otros. Sin embargo, como se mencionó, el presente estudio, profundiza exclusivamente en el aspecto predictivo del estado estructural interno de las tuberías locales de alcantarillado sanitario. la inspección con circuito cerrado de televisión CCTV utilizando un sistema de cámara móvil, continúa siendo la más usada, por ser la más popularizada, de fácil interpretación y de mejor relación costo/beneficio, de las tecnologías actualmente disponibles. renovar y/o rehabilitar las redes de alcantarillado, por ejemplo, definir que se intervengan todas las redes en material gres o todas las redes con una edad superior a los 50 años, no es viable, por los excesivos presupuestos que se demandan, por tanto la importancia de desarrollar modelos predictivos a partir de un número limitado de inspecciones, cobra gran relevancia para la administración operativa, de tal manera que se pueda contar con una herramienta técnica que soporte de una manera eficiente las decisiones de intervenciones en las tuberías de alcantarillado.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte radica en que se realiza un análisis de los datos disponibles en la ciudad de Bogotá, referido a las CCTV con las que se dispone, con esta información se aplican metodologías estadísticas. Regresión Logística un modelo estadístico, se debe tener especial precaución en comprender, que las predicciones y los resultados obtenidos, obedecen a una razón de probabilidad, una probabilidad de ocurrencia de un suceso, con base en los valores de las variables predictoras, es decir el modelo no es determinístico, sino que conduce a establecer cuál es la probabilidad más alta, de que el tramo se encuentre o no, en estado estructural de falla, probabilidad dada para cada uno de los tubos, de los que se compone el sistema de alcantarillado

Ficha 21	Lectura de Fundamental
Materiales más significativos: Tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	DIAGRAMA DE FLUJO METODOLOGÍA DETERMINACIÓN ESTADO ESTRUCTURAL MEDIANTE MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA <pre> graph TD A([INICIO]) --> B[/Recopilación información y definición variables/] B --> C[Caracterización estadística de todas las variables] C --> D[(Construcción de datos reales)] D --> E[Depuración base de datos (errores, GCB y duplicados)] E --> F[(Construcción de datos depurados)] F --> G((A)) </pre>

Ficha 22	Lectura de complemento.																																																												
Referencia bibliográfica o dirección web completa	NCh 1105 ingeniería Sanitaria - Alcantarillado de aguas residuales - Diseño y cálculo de redes - 2019																																																												
Palabras Claves	Redes de alcantarillado - Bases de cálculo - Diámetros - Caudales de Diseño																																																												
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	En esta norma se establecen las condiciones generales relativas al diseño y cálculo de una red de alcantarillado de aguas residuales, se define que las obras de alcantarillado tienen como finalidad esencial el saneamiento ambiental, recolectado y evacuando apropiadamente las aguas residuales. El dimensionamiento total o parcial de un sistema de alcantarillado se debe efectuar teniendo en consideración los conceptos, las estadísticas, los coeficientes y los factores más relevantes.																																																												
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte de esta norma radica en que se definen las consideraciones de diseño de una red de alcantarillado, en la cual se determinan las velocidades y el porteo máximos, esto es relevante al considerar una rehabilitación de una tubería basado en el estado actual.																																																												
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Tabla 1 – Pendientes mínimas para tuberías de diámetros nominales 175 mm a 500 mm <table><tr><th colspan="2">Diámetro nominal¹⁾</th><th colspan="4">Pendientes (%)</th></tr><tr><th>DN/OD</th><th>DN/ID</th><th colspan="2">Tramos no iniciales</th><th colspan="2">Tramos iniciales</th></tr><tr><th></th><th></th><th>Mínimas recomendables</th><th>Críticas</th><th>Mínimas recomendables</th><th>Críticas</th></tr><tr><td>180</td><td>175</td><td>5 ‰</td><td>3 ‰</td><td>10 ‰</td><td>7 ‰</td></tr><tr><td>200</td><td>200</td><td>5 ‰</td><td>3 ‰</td><td>10 ‰</td><td>6 ‰</td></tr><tr><td>250</td><td>250</td><td>4 ‰</td><td>3 ‰</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>315</td><td>300</td><td>3 ‰</td><td>2 ‰</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>355</td><td>350</td><td>3 ‰</td><td>2 ‰</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>400</td><td>400</td><td>3 ‰</td><td>2 ‰</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>500</td><td>500</td><td>3 ‰</td><td>2 ‰</td><td>-</td><td>-</td></tr></table> 1) El diámetro nominal interior corresponde a las tuberías de hormigón, metálicas, HDPE perfilado y estructuradas. El diámetro nominal exterior corresponde a las tuberías lisas de PVC y PE.	Diámetro nominal ¹⁾		Pendientes (%)				DN/OD	DN/ID	Tramos no iniciales		Tramos iniciales				Mínimas recomendables	Críticas	Mínimas recomendables	Críticas	180	175	5 ‰	3 ‰	10 ‰	7 ‰	200	200	5 ‰	3 ‰	10 ‰	6 ‰	250	250	4 ‰	3 ‰	-	-	315	300	3 ‰	2 ‰	-	-	355	350	3 ‰	2 ‰	-	-	400	400	3 ‰	2 ‰	-	-	500	500	3 ‰	2 ‰	-	-
Diámetro nominal ¹⁾		Pendientes (%)																																																											
DN/OD	DN/ID	Tramos no iniciales		Tramos iniciales																																																									
		Mínimas recomendables	Críticas	Mínimas recomendables	Críticas																																																								
180	175	5 ‰	3 ‰	10 ‰	7 ‰																																																								
200	200	5 ‰	3 ‰	10 ‰	6 ‰																																																								
250	250	4 ‰	3 ‰	-	-																																																								
315	300	3 ‰	2 ‰	-	-																																																								
355	350	3 ‰	2 ‰	-	-																																																								
400	400	3 ‰	2 ‰	-	-																																																								
500	500	3 ‰	2 ‰	-	-																																																								

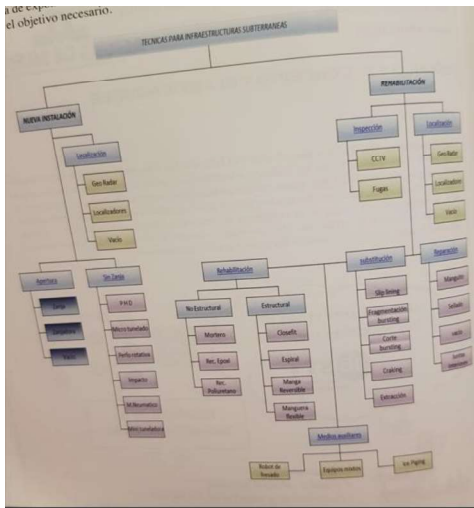
Ficha 23	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	NCh 3409 Rehabilitación de tuberías para conducción de fluidos con o sin presión - Curado en obra - 2019
Palabras Claves	Redes de alcantarillado - Rehabilitación - Consideraciones de diseño - Inspección
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	En esta norma se describen los procedimientos para la rehabilitación de tuberías y conductos de diámetro nominal entre 50 mm a 2500 mm mediante la instalación de una manga flexible impregnada de resina que se invierte. Esta norma está destinada al uso por parte de diseñadores y especificadores, organismos reguladores, empresas sanitarias, propietarios y organizaciones de inspección involucrados en la rehabilitación de conductos, mediante el uso de una manga flexible. Se establece en esta norma que la inspección de las tuberías existentes se debe realizar por personal con experiencia, capacitado en la ubicación de rupturas, obstáculos y conexiones de servicio, mediante un circuito cerrado de televisión o entrada de personas. Se debe inspeccionar el interior de la tubería existente para determinar la ubicación de cualquier condición que pueda impedir la instalación adecuada de la manga flexible.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Esta norma que esta referida a la rehabilitación sin zanja, indica dentro de sus requisitos la teleinspección para evaluar el estado de la red, además de la limpieza previa que se debe realizar a cada tramo.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	En el extremo inferior de la tubería vertical de inversión, la manga flexible se debe voltear y fijar a la tubería vertical para crear un sello hermético. La cabeza de inversión se debe ajustar para que tenga la altura suficiente para hacer que la manga flexible impregnada se invierta desde el punto de inversión hasta el punto de terminación y sostener la manga flexible impregnada firmemente contra la pared interior de la tubería existente, creando abolladuras en las conexiones laterales. Se debe tener cuidado durante la inversión de no generar una presión excesiva en la fibra de fieltro. 1 Manga flexible impregnada 2 Tubería vertical de inversión 3 Área de acceso - Cámara de inspección 4 Manga flexible invertida 5 Tubería existente Figura 1 – Inversión con la membrana de plástico

Ficha 24	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Estado del Arte en Nuevas Tecnologías de Inspección y Limpieza de Sistemas de Alcantarillado y su efecto en el diseño y la normatividad de pozos de inspección - Manuel Serna Rodríguez - 2002 - Universidad de Los Andes Bogotá.
Palabras Claves	Sistemas de alcantarillado - Parámetros de diseño - Métodos de inspección
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	En este documento se aborda el estado del arte de las nuevas tecnologías de inspección y limpieza de los sistemas de alcantarillado y analizar su efecto en el diseño y en la normatividad existente de los elementos de la red. Se investigan los diferentes métodos de inspección de alcantarillados que se han desarrollado a nivel mundial. Se investigan los diferentes métodos de limpieza de alcantarillados, se indican sus principales características técnicas, así como sus ventajas y desventajas.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	En este documento se entra en detalle en lo referido a lo que es un circuito cerrado de televisión

Ficha 24	Lectura de complemento.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	 Figura 5.2: Sistema Móvil de CCTV

Ficha 25	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Equipos de Teleinspección https://www.pesco.cl/producto/camboss-100/
Palabras Claves	Robot - Cámaras de Teleinspección
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	CAMBOSS 100 Cámara de teleinspección Camboss 100 es un equipo diseñado para monitorear tuberías en el rango de DN 100 - 300 mm. El robot de la cámara está equipado con dos motores lo cual le permite al operador una conducción suave y fácil dentro de la tubería. Gracias a su rotatorio y pivotante cabezal de cámara KZ60 se logra una inspección al detalle de la tubería. La consola para controlar la Camboss 100 es la misma para que el equipo Camboss 150 la cual viene equipada con software DigiCAN drainage con el cual el operador puede insertar observaciones generales y específicas, como también agregar imágenes y comentarios a lo inspeccionado.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	En esta página se pueden apreciar las características técnicas de los equipos de teleinspección, esto para tener una referencia respecto a su alcance y funcionalidad
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	

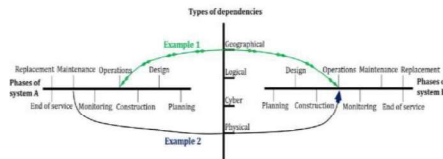
Ficha 26	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Libro Blanco de las Tecnologías Sin Zanja - Asociación Ibérica de Tecnología Sin Zanja - 2018
Palabras Claves	Tecnologías sin zanja - Ciudades Inteligentes - Mantenimiento y Limpieza - rehabilitación de Tuberías

Ficha 26	Lectura de complemento.
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	La tecnología sin zanja es definida como la técnica a utilizar en la instalación, reemplazo, renovación rehabilitación, inspección, localización y detección de problemas en conducciones bajo el terreno natural sin necesidad de abrir zanjas. Sus características son: Tecnologías ecológicamente racionales y ambientales sostenibles, menos contaminantes, utilizan los recursos de forma más sostenible, menores costes económicos, mayor rendimiento. Su aplicación es en abastecimiento, saneamiento, reconocimiento de conducciones mediante CCTV. Además, se aborda lo referido al mantenimiento y limpieza de redes.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	En este libro, que es una recopilación de las mejores prácticas referidas a la renovación sin zanja, se detalla la importancia de la rehabilitación y de la inspección con CCTV. Se especifica porque se deben inspeccionar las tuberías, esto es para visualizar el estado de la red interior, evaluar su estado general, obtener medidas complementarias, programar tareas de limpieza, mantenimiento y rehabilitación,
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	 El diagrama de flujo, titulado 'TÉCNICAS PARA INFRAESTRUCTURA SUBTERRÁNEA', se divide en dos ramas principales: 'RENOVACIÓN' y 'REHABILITACIÓN'. La rama de 'RENOVACIÓN' incluye 'Inspección' (con subítems: CCTV, Localización, Fugas, etc.) y 'Reparación' (con subítems: Sello, etc.). La rama de 'REHABILITACIÓN' incluye 'Reparación' (con subítems: Sello, etc.) y 'Rehabilitación' (con subítems: No Estructural, Estructural, etc.). La rama de 'REHABILITACIÓN' también incluye 'Reparación' (con subítems: Sello, etc.) y 'Rehabilitación' (con subítems: No Estructural, Estructural, etc.).

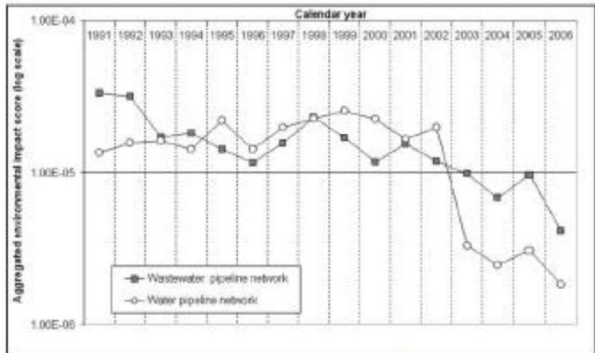
Ficha 27	Lectura Específica
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Programa de Certificación Para la evaluación de tuberías - PACP - 2020
Palabras Claves	CCTV - NASSCO - PACP - WRC - Codificación - Defectos Estructurales - Operación y Mantenimiento - Características de Construcción

Ficha 27	Lectura Específica												
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Con una infraestructura cada vez más obsoleta en nuestras comunidades en todo el país, es importante que los profesionales de la industria evalúen objetivamente el estado de la infraestructura para priorizar las mejoras de estas. Con PACP, todos los operadores confían en el mismo sistema de codificación de defectos estandarizado, lo que facilita la comparación objetiva de las inspecciones realizadas por diferentes profesionales en diferentes momentos. Un estándar de inspección facilita el registro de información más precisa y detallada sobre una tubería y su condición. Con esta valiosa información, los ayuntamientos o empresas responsables del alcantarillado pueden crear estrategias que minimicen de manera más efectiva el riesgo, el tiempo y los recursos, al mismo tiempo que maximizan el retorno de la inversión. Con el estándar de codificación de NASSCO, es fácil compartir los datos con otros programas de software. Inloc Robotics, como miembro de NASSCO, se ha comprometido a trabajar con otros para establecer estándares de la industria para la evaluación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura subterránea. El objetivo de estos programas es ayudar a las empresas responsables del mantenimiento del alcantarillado a crear bases de datos integrales para identificar, planificar, priorizar, administrar y renovar adecuadamente sus activos, en función de la evaluación de la condición. El mantenimiento del alcantarillado es mucho más inteligente, más seguro y más eficiente.												
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte específico radica en que la CCTV es un procedimiento que requiere que lo visto tenga una calificación única y está la entrega el programa de certificación de NASSCO. Con esta clasificación se puede identificar de forma unívoca el real estado de un tramo de tubería. Esto debe ser realizado por profesionales certificados por NASSCO.												
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	   Appendix B - Color Coded Chart NASSCO'S PIPELINE ASSESSMENT CERTIFICATION PROGRAM® (PACP®) Section 4 — Structural Defect Coding <table><tr><td>C CRACK 4-3 C1 Longitudinal C2 Circumferential C3 Multiple C4 Ring C5 Other (2, 3, 4)</td><td>F FRACTURE 4-3 F1 Longitudinal F2 Circumferential F3 Multiple F4 Ring F5 Other (2, 3, 4)</td><td>B BROKEN 4-3 B1 Broken B2 Broken B3 Broken</td><td>H HOLE 4-2 H1 No Visible H2 Visible</td><td>D DEFORMED 4-2 D1 Deformed D2 Deformed D3 Deformed</td><td>S SURFACE DAMAGE 4-1 S1 Surface Damage S2 Surface Damage S3 Surface Damage S4 Surface Damage S5 Surface Damage</td></tr><tr><td>E COLLAPSE 4-3 E1 Collapse E2 Collapse E3 Collapse</td><td>J JOINT 4-3 J1 Joint J2 Joint J3 Joint</td><td>L LIMB 4-3 L1 Limb L2 Limb L3 Limb</td><td>W WELD 4-3 W1 Weld W2 Weld W3 Weld</td><td>Y YIELD 4-3 Y1 Yield Y2 Yield Y3 Yield</td><td>Z ZONE 4-3 Z1 Zone Z2 Zone Z3 Zone</td></tr></table>	C CRACK 4-3 C1 Longitudinal C2 Circumferential C3 Multiple C4 Ring C5 Other (2, 3, 4)	F FRACTURE 4-3 F1 Longitudinal F2 Circumferential F3 Multiple F4 Ring F5 Other (2, 3, 4)	B BROKEN 4-3 B1 Broken B2 Broken B3 Broken	H HOLE 4-2 H1 No Visible H2 Visible	D DEFORMED 4-2 D1 Deformed D2 Deformed D3 Deformed	S SURFACE DAMAGE 4-1 S1 Surface Damage S2 Surface Damage S3 Surface Damage S4 Surface Damage S5 Surface Damage	E COLLAPSE 4-3 E1 Collapse E2 Collapse E3 Collapse	J JOINT 4-3 J1 Joint J2 Joint J3 Joint	L LIMB 4-3 L1 Limb L2 Limb L3 Limb	W WELD 4-3 W1 Weld W2 Weld W3 Weld	Y YIELD 4-3 Y1 Yield Y2 Yield Y3 Yield	Z ZONE 4-3 Z1 Zone Z2 Zone Z3 Zone
C CRACK 4-3 C1 Longitudinal C2 Circumferential C3 Multiple C4 Ring C5 Other (2, 3, 4)	F FRACTURE 4-3 F1 Longitudinal F2 Circumferential F3 Multiple F4 Ring F5 Other (2, 3, 4)	B BROKEN 4-3 B1 Broken B2 Broken B3 Broken	H HOLE 4-2 H1 No Visible H2 Visible	D DEFORMED 4-2 D1 Deformed D2 Deformed D3 Deformed	S SURFACE DAMAGE 4-1 S1 Surface Damage S2 Surface Damage S3 Surface Damage S4 Surface Damage S5 Surface Damage								
E COLLAPSE 4-3 E1 Collapse E2 Collapse E3 Collapse	J JOINT 4-3 J1 Joint J2 Joint J3 Joint	L LIMB 4-3 L1 Limb L2 Limb L3 Limb	W WELD 4-3 W1 Weld W2 Weld W3 Weld	Y YIELD 4-3 Y1 Yield Y2 Yield Y3 Yield	Z ZONE 4-3 Z1 Zone Z2 Zone Z3 Zone								

Ficha 28	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Daulat, Shamsuddin; Rokstad, Marius Møller; Klein-Paste, Alex; Langeveld, Jeroen; Tscheikner-Gratl, Franz - 2022 - Challenges of integrated multi-infrastructure asset Management a review of pavement, sewer, and water distribution networks -
Palabras Claves	Activos - Redes de Alcantarillado - Bases de Datos - Incertidumbre - Infraestructura

Ficha 28	Lectura de complemento.
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	La prosperidad de la vida urbana depende de su infraestructura. Los componentes (activos) de la infraestructura subterránea urbana están envejeciendo y necesitan monitoreo, mantenimiento y rehabilitación regulares. Estos activos a menudo se colocan debajo de las aceras y muy cerca unos de otros. Gestionarlos de manera coordinada es racional considerando los costos y la interrupción de los servicios y las comunidades causada por cada uno, intervención sobre los distintos bienes. Recientemente, el interés tanto en la práctica como en la investigación ha crecido hasta gestionar las infraestructuras urbanas de forma coordinada. Este artículo revisa artículos de revistas y literatura gris para evaluar la gestión de estas infraestructuras de manera integrada (es decir, el más alto nivel de coordinación) y describe posibles obstáculos para hacerlo. Este artículo identifica siete desafíos principales de Gestión integrada de activos de múltiples infraestructuras (IMAM) que deben ser abordadas por los profesionales. Calidad, disponibilidad e interoperabilidad, (iii) incertidumbres en el modelado y la toma de decisiones, (iv) comparabilidad, (v) problemas de escala, (vi) problemas de ajuste y (vii) problemas de interacción. Este artículo proporciona detalla estos desafíos y analiza investigaciones futuras y direcciones prácticas.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Este artículo indica los ahorros de cada servicio público por intervención integrada, lo que ayuda enormemente a comprender los servicios públicos cuando realizan gestión, es claro que los servicios actúan en forma independiente en base a sus propios requerimientos de inversión y de la calidad de la infraestructura. Es por eso que el tener una mirada integral es de suma relevancia por los efectos que cualquier intervención genera en la propia comunidad.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	 Figure 2. Dependencias de dos sistemas de infraestructura (A y B) vistas desde cinco perspectivas para propósitos de IM.

Ficha 29	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	G Venkatesh - 2011 - Systems performance analysis of Oslo's water and wastewater system
Palabras Claves	Activos - Desarrollo sostenible - Costo de ciclo de vida

Ficha 29	Lectura de complemento.
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Pensar en el sistema urbano de agua y aguas residuales como una entidad única compuesta de componentes interrelacionados posiblemente sea más fácil en el papel, pero trasladar el conocimiento de la interconexión a la adopción de nuevos enfoques para la gestión de los activos está plagado de numerosos desafíos. En un sistema complejo en el que hay "ruedas dentro de ruedas", los cambios o modificaciones realizadas en una parte pueden tener efectos inmediatos o retardados en las demás. Así como los componentes del sistema están interconectados, también lo están los aspectos sociales, económicos, ambientales y funcionales de la sostenibilidad. Las prioridades nunca son las mismas a lo largo del tiempo. Hay innumerables factores externos que escapan al control de las empresas de servicios públicos (los precios de la energía y los productos químicos, por ejemplo) que es necesario tener en cuenta. El desarrollo sostenible de los sistemas urbanos de agua y aguas residuales es verdaderamente un camino sobre la cuerda floja. Los estudios de sostenibilidad nunca se completan. Éste no es una excepción. Hay numerosos aspectos que no se han integrado en la investigación debido a limitaciones de tiempo, escasez de datos y la consiguiente necesidad de limitar el alcance. Sin embargo, este estudio constituiría la base para consolidaciones, ampliaciones e incursiones en exámenes más detallados del sistema. Cuando el complejo sistema urbano de agua y aguas residuales de Oslo se descompone en sus componentes, los análisis utilizando las herramientas de IE se vuelven más fáciles. Sin embargo, cuando se desea ampliar el alcance y la profundidad de los análisis, el grado de complejidad aumenta. El alcance de la simplificación de dichos análisis de desempeño depende en gran medida de lo que Oslo VAV considere crucial para la sostenibilidad. La adopción posterior de herramientas para estudiar los stocks, los flujos y los impactos a lo largo del tiempo da como resultado, entre otras cosas, resultados que pueden servir como métricas útiles para medir el desempeño
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	En principio se aprecia el hecho de que todas las cosas están de algún modo interconectadas, y que una decisión tomada para mejorar un aspecto de un subsistema puede tener un efecto perjudicial o positivo en otros aspectos del mismo subsistema o de otros subsistemas. Sin embargo, aplicar este conocimiento en la práctica no es nada sencillo. El primer paso es adoptar el enfoque de pensamiento sistémico de la ecología industrial para facilitar una mejor comprensión de dichas interrelaciones.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	 Figura 4.10: Puntuación de impacto ambiental agregado para tuberías de agua y aguas residuales en Oslo (1991-2006)

Ficha 30	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Ana Margarita Montoya Montoya - 2019 - The influence of different characteristics on the probabilities of failure of sewer pipes
Palabras Claves	Gestión de Activos. Redes de Alcantarillado - Fallas en redes - Calidad y disponibilidad de Datos.
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Objetivo: El objetivo de esta investigación es identificar la influencia de diferentes características en la probabilidad de falla de tuberías de alcantarillado. Alcance: Para lograr el objetivo de la investigación, se llevaron a cabo análisis de los registros de inspecciones de alcantarillado de los municipios holandeses de Breda y Almere. La toma de decisiones sobre los activos de alcantarillado todavía se basa en la intuición, por lo que la toma de decisiones para el mantenimiento y la gestión carece de argumentación. Considerando el importante papel que juegan las decisiones basadas en riesgos en la optimización y priorización de cualquier obra, se propone una evaluación de la influencia de las características en la probabilidad de falla de las tuberías de alcantarillado. Para lograr este objetivo se ha formulado la siguiente pregunta principal de investigación: El objetivo de esta investigación es identificar la influencia de diferentes características en la probabilidad de falla de tuberías de alcantarillado
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Utilizando la información agregada de defectos del modelo utilizado, se observó que para ambos municipios analizados la probabilidad mediana de supervivencia de que las tuberías no presenten defectos que les hagan perder estanqueidad es superior a los 14 años. Cuando las tuberías de Almere cumplan 40 años, casi todas habrán experimentado algún defecto que pueda provocar pérdida de estanqueidad, y en el caso de Breda esto es aproximadamente cuando las tuberías tengan 57 años. De los defectos estudiados que pueden provocar pérdida de estanqueidad, se concluyó que la junta desplazada (BAJ), la infiltración (BBF) y la conexión defectuosa (BAH) son los defectos que tienen mayor incidencia en la tasa de fallos tanto para Almere como para Breda. Aunque la red de Breda también se vio muy afectada por fisuras (BAB), y la de Almere por tuberías porosas (BAN). Según los hallazgos, las probabilidades de falla varían con respecto a las características y sus elementos. La influencia de las características evaluadas se refleja en cuánto evoluciona la probabilidad de falla en el tiempo. Para el modelo ESE, el material fue la característica que mostró mayor influencia en la probabilidad de falla para ambos municipios, seguida de la longitud y el diámetro. Este estudio representa una buena base para hacer una aproximación con los datos disponibles en Chile, si se tiene el problema de la data de la información, pero se verá la forma de realizar los ajustes respectivos.
Materiales más significativos: Tablasy, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	 Figura 5.6 Ubicación de tuberías de alcantarillado por gravedad con diferente número de inspecciones en Almere (a: tuberías con una sola inspección, b: tuberías con dos inspecciones) (ilustración propia)

Ficha 31	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Nikola Stanić - 2016 - ASSESSMENT METHODS FOR STRUCTURAL AND HYDRAULIC PROPERTIES OF CONCRETE SEWER PIPES

Ficha 31	Lectura Fundamental																																		
Palabras Claves	Redes de alcantarillado - Condiciones estructurales - Condiciones hidráulicas																																		
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Existen numerosos factores que pueden influir en el comportamiento estructural e hidráulico de las tuberías de alcantarillado, llegando eventualmente a su falla. Se demostró que la técnica HAZOP puede usarse como una primera indicación para determinar estas causas y obtener información básica sobre ellas necesaria para la gestión de activos de alcantarillado. Además, el análisis HAZOP presentado ayuda, en última instancia a definir qué información se requiere para poder detectar y cuantificar cualquier mecanismo de falla determinado. Es posible que, debido al juicio subjetivo de expertos basado en retrospectiva, algunas causas de falla no fueron identificadas. Para evitar esto se entrevistó a expertos de diversos campos de trabajo y experiencia. Además, se discutió el mismo mecanismo de falla con diferentes expertos, lo que finalmente llevó a las mismas conclusiones. En general, el mayor número de posibles causas de fallo está relacionado con la actividad humana: alrededor del 65% (p. ej. errores de fabricación, errores de diseño). La suposición de que una alcantarilla recién construida es perfecta está obstaculizando estrategias efectivas y eficientes de mantenimiento de alcantarillado. Para comprender mejor los cambios en el estado de los activos, es fundamental recopilar información sobre el deterioro relevante. Se concluye que los parámetros importantes relacionados con la condición estructural de las tuberías de alcantarillado de concreto son el espesor de la pared, la geometría y las propiedades del material. Por otro lado, mirar desde la perspectiva de la información del rendimiento hidráulico, como la rugosidad hidráulica y la geometría interior, permitirá estimar si una tubería determinada tiene o no la- capacidad hidráulica adecuada. Esto se puede lograr generalmente mediante el uso de técnicas de inspección de alcantarillado																																		
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	La información sobre el estado real de una tubería con mediciones repetidas a lo largo del tiempo puede revelar información sobre la evolución de los procesos de falla a lo largo del tiempo. Además, existe la posibilidad de registrar algunos procesos de los que aún no somos conscientes. Para cuantificar la probabilidad de que ocurra una falla para cada componente e identificar los componentes críticos, se utilizó el Análisis de Árbol de Fallas (FTA). Se prevé que este enfoque conducirá a una mejor comprensión cuantitativa de los procesos que conducen al fracaso. Para una aplicación práctica, es poco probable que se tengan en cuenta todos los posibles mecanismos de falla, debido a la gran cantidad de información involucrada y al hecho de que es probable que no se reconozcan todavía todos los procesos que ocurren.																																		
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	<table><tr><th colspan="4">Tabla 2.3: Clasificación de posibles causas de ingreso de suelo y sus necesidades de información.</th></tr><tr><th>Causa</th><th>Información necesaria sobre el suelo</th><th>Dónde obtener información</th></tr><tr><td>2.4.1. Cosección incorrecta de la tubería</td><td>1. características del suelo de relleno 2. calidad inadecuada del relleno</td><td>a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor</td></tr><tr><td>2.4.2. Diferencia durante el diseño y/o construcción</td><td>1. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías</td><td>a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor</td></tr><tr><td>2.4.3. Poca de curva y/o bases inadecuadas</td><td>1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías</td><td>a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor</td></tr><tr><td>2.4.4. Considerar y/o uniformes mal construidas</td><td>1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías</td><td>a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor</td></tr><tr><td>2.4.5. Estructura inadecuada del tipo/ material de tubería y junta</td><td>1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías</td><td>a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor</td></tr><tr><td>2.4.6. Estructuras estructurales deterioradas</td><td>1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías</td><td>a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor</td></tr><tr><td>2.4.7. Nivel freático alto</td><td>1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías</td><td>a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor</td></tr><tr><td>2.4.8. Inversión de raíces</td><td>1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías</td><td>a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor</td></tr><tr><td>2.4.9. Transmisión de carga inadecuada</td><td>1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías</td><td>a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor</td></tr></table>	Tabla 2.3: Clasificación de posibles causas de ingreso de suelo y sus necesidades de información.				Causa	Información necesaria sobre el suelo	Dónde obtener información	2.4.1. Cosección incorrecta de la tubería	1. características del suelo de relleno 2. calidad inadecuada del relleno	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor	2.4.2. Diferencia durante el diseño y/o construcción	1. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor	2.4.3. Poca de curva y/o bases inadecuadas	1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor	2.4.4. Considerar y/o uniformes mal construidas	1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor	2.4.5. Estructura inadecuada del tipo/ material de tubería y junta	1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor	2.4.6. Estructuras estructurales deterioradas	1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor	2.4.7. Nivel freático alto	1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor	2.4.8. Inversión de raíces	1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor	2.4.9. Transmisión de carga inadecuada	1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor
Tabla 2.3: Clasificación de posibles causas de ingreso de suelo y sus necesidades de información.																																			
Causa	Información necesaria sobre el suelo	Dónde obtener información																																	
2.4.1. Cosección incorrecta de la tubería	1. características del suelo de relleno 2. calidad inadecuada del relleno	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor																																	
2.4.2. Diferencia durante el diseño y/o construcción	1. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor																																	
2.4.3. Poca de curva y/o bases inadecuadas	1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor																																	
2.4.4. Considerar y/o uniformes mal construidas	1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor																																	
2.4.5. Estructura inadecuada del tipo/ material de tubería y junta	1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor																																	
2.4.6. Estructuras estructurales deterioradas	1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor																																	
2.4.7. Nivel freático alto	1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor																																	
2.4.8. Inversión de raíces	1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor																																	
2.4.9. Transmisión de carga inadecuada	1. características del suelo de relleno 2. calidad y si hubo supervisión 1. posibles de las tuberías	a. del constructor b. de la revisión a. del constructor c. de la inspección a. del constructor																																	

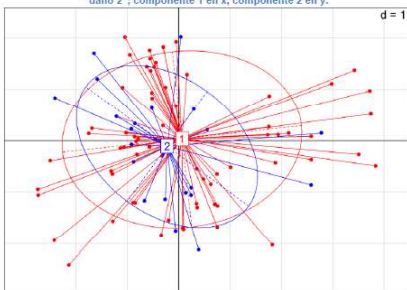
Ficha 32	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Manuel M. Cabrera Delgadillo, Guadalupe Sánchez Campos - 2019 - Evaluación del deterioro de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial
Palabras Claves	Redes de alcantarillado - Condiciones estructurales - Condiciones hidráulicas

Ficha 32	Lectura Fundamental
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Propuesta para el proceso de evaluación del deterioro de tuberías de drenaje, que se inscribe en la etapa de diagnóstico, dentro de un programa de acciones de mantenimiento, que se divide en las etapas: 1) Inspección, 2) Limpieza, 3) Diagnóstico y 4) Renovación, con objeto de retardar o corregir anomalías físicas y operacionales en los sistemas de drenaje sanitario y pluvial. Se describen anomalías, así como su recomendado orden de atención, teniendo como: Inmediato, destrucción de tubería; Alto, permiten infiltración y exfiltración del flujo, como dislocamientos o desacoplamientos; Medio, daños por deterioro de pared y obstrucciones, sin infiltración y exfiltración del flujo y Bajo, sin anomalías con flujo a superficie libre; que se agravan por bajo o nulo mantenimiento, potenciado por el paso del tiempo. El Diagnóstico, incluye I. Labores de inspección, incluye A. Estudios básicos del interior de conductos con técnicas de video inspección, B. Levantamiento Topográfico y C. Estudio de Aforos; II. Valoración de Estado General Actual, con valuación de 1. Estado Físico, 2. Estado Operacional y 3. Edad del colector; III. Estudios Complemento, considerando 4. Desarrollo Urbano, 5. Hundimiento diferencial del suelo y 6. Encharcamientos; IV. Valoraciones de Apoyo, para la selección de materiales para colectores, contemplando zonificación 7. Sísmica y 8. Geotécnica. La conservación de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial es de interés o utilidad pública, por su naturaleza física y costo, debe ser entendida como elemento para el desarrollo social, pues contribuye en la salud y desarrollo de sus habitantes
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Se puede destacar del texto que la metodología propuesta es aplicable a cualquier sitio en donde se destacan tres análisis: 1) valoración del estado general actual, que resulta en una evaluación básica de afecciones a los elementos de la red de drenaje, esta contempla el estado físico, operacional y edad del elemento de estudio. 2) estudios complemento, que involucra las valoraciones particulares de la zona donde se encuentra el colector, como desarrollo urbano, hundimiento diferencial del suelo (aplicable principalmente a zonas de suelos limo-arcillosos) y encharcamientos. 3) valoraciones de apoyo, que se incluyen para la selección adecuada de materiales para colectores o atarjeas en su proceso de rehabilitación, considerando zonificación sísmica y geotécnica. Para la evaluación del deterioro del elemento de estudio, se recomendando establecer una valoración numérica a cada criterio de atención, asignando el mayor puntaje a la atención inmediata y el menor a la atención baja; además de asignar un puntaje a cada valoración propuesta y obtener una media ponderada por tramo o por elemento. Esto puede realizarse de manera gráfica con apoyo de la elaboración de fichas o planos de cada uno de los rubros mencionados en la etapa de diagnóstico con el fin de facilitar la evaluación de acuerdo con los criterios explicados para los colectores o atarjeas en estudio donde se plantee su renovación. Documento que permite comparar metodologías más estándar, con herramientas más estadísticas que requieren de más información.
Materiales más significativos: Tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	

Ficha 33	Lectura Específica
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Cadenas De Markov - Universidad de Granada - https://www.ugr.es/~bioestad/_private/cpfund10.pdf
Palabras Claves	Proceso Estocástico - Probabilidades - Cadenas de Markov
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Cadena de Markov Finita: Es una cadena para la que existe sólo un número finito $k \leq K$, de estados posibles $s_1, \dots, s_K$ y en cualquier instante de tiempo la cadena está en uno de estos estados K estados. Probabilidad de transición: Es la probabilidad condicionada $P(X_{n+1} = s_j X_n = s_i)$. Probabilidad de Transición Estacionaria: Una cadena de Markov tiene probabilidades de transición estacionarias si para cualquier par de estados s_i y s_j existe una probabilidad π_{ij} tal que: $P(X_{n+1} = s_j X_n = s_i) = \pi_{ij}$ para $n = 1, 2, \dots$

Ficha 33	Lectura Específica
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Se busca aquella función estadística que más se asocie al problema planteado, de buscar una relación del estado de la red en base a información disponible.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	MATRIZ DE TRANSICIÓN MATRIZ ESTOCÁSTICA Es una matriz cuadrada cuyos elementos son no negativos y tal que la suma de los elementos de cada fila es igual a 1. MATRIZ DE TRANSICIÓN EN UN SOLO PASO Dada una cadena de Markov con k estados posibles $s_1, \dots, s_k$ y probabilidades de transición estacionarias. $Si \ p_{ij} = P(X_{n+1} = s_j X_n = s_i) \Rightarrow P = \begin{pmatrix} p_{11} & \dots & p_{1k} \\ p_{21} & \dots & p_{2k} \\ \vdots & & \vdots \\ p_{k1} & \dots & p_{kk} \end{pmatrix}$ La matriz de transición P de cualquier cadena de Markov finita con probabilidades de transición estacionarias es una matriz estocástica

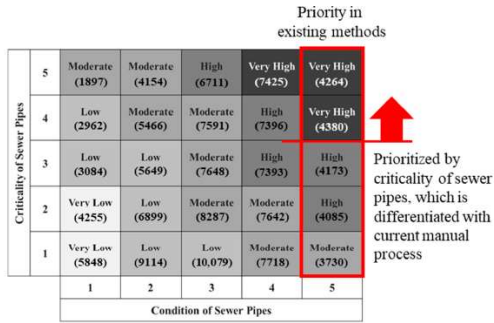
Ficha 34	Lectura Específica
Referencia bibliográfica o dirección web completa	YENNY KAROLA GUANAY FORERO, NATHALIE HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ -2011 - CADENAS DE MARKOV APLICADAS A LA TOMA DE DECISIONES EN GESTIÓN PATRIMONIAL DE ALCANTARILLADOS
Palabras Claves	Rehabilitación - Mantenimiento - Probabilidades - Cadenas de Markov
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	En el estudio se descartó la hipótesis inicial, respecto a dar un orden de importancia a los atributos de las tuberías según la criticidad (tiempo de reparación de la falla) y/o el tipo de daño que presentaron, ya que en los resultados obtenidos de las pruebas preliminares (Anova y PCA), no se muestra significancia alguna entre ellos, deduciendo que el tiempo de reparación es un factor que está determinado en mayor medida por la eficiencia en el sistema de atención de emergencias y mantenimiento de la EAAB - ESP en atender la queja reportada por el usuario. A su vez, se evidencia que los atributos no determinan el tipo de daño que se presenta en la tubería. Se logró establecer una relación directa entre las posibles combinaciones de los atributos existentes en una red de alcantarillado y los daños y/o combinación de ellos que se presenten, lo cual permite dar una calificación por medio de condiciones que indican el estado actual de las tuberías. Bajo la hipótesis que la cuenca El Salitre es representativa de Bogotá D.C. en su totalidad, la metodología desarrollada en este trabajo para establecer la condición actual de la red de alcantarillado, basada en los reportes de quejas podría utilizarse en todo el sistema de alcantarillado de la ciudad.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El estudio sirve de base, pero en este se tiene una data de 5 años, en el caso de estudio se tiene de 1 año, se analizará si es factible de replicar la metodología considerando esta restricción

Ficha 34	Lectura Específica
Materiales más significativos: Tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Gráfica 3: Representación de PCA con variable de separación tipo de daño: "daño 1" con respecto al "daño 2"; componente 1 en x, componente 2 en y.  En la Gráfica 3 se observan las tuberías que presentaron el daño 1 (Domiciliaria Reconstruida) en azul y el daño 2 (Tubería reparada) en rojo representadas por puntos. Lo que diferencia a estos dos grupos de tuberías es la distancia de la que se encuentran respecto al componente 1 (eje x), siendo que a menor distancia que se encuentran estos puntos de los ejes, mayor será la influencia que tendrán en los mismos.

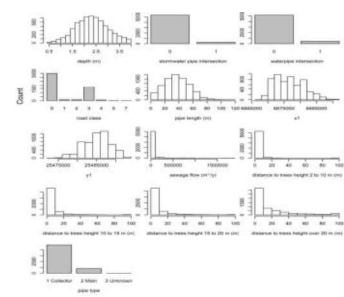
Ficha 35	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Franz Tscheikner-Gratl, Nicolas Caradot, Frédéric Cherqui, Joao P. Leitão, Mehdi Ahmadi, Jeroen G - 2020 - Sewer asset management – state of the art and research needs - https://hal.science/hal-02511764
Palabras Claves	Rehabilitación - Mantenimiento - Probabilidades - Cadenas de Markov
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	La gestión de activos de alcantarillado cobró impulso e importancia en los últimos años debido a consideraciones económicas, ya que el mantenimiento y rehabilitación de infraestructuras representan directamente grandes inversiones. Debido a que la infraestructura física de agua urbana tiene expectativas de vida de hasta 100 años o más, los sistemas de drenaje urbano contemporáneos están fuertemente influenciados por decisiones e implementaciones históricas. Por lo tanto, las decisiones actuales tomadas en la gestión de activos de alcantarillado tendrán un impacto duradero en la funcionalidad y calidad de los servicios futuros proporcionados por estas redes. Estas decisiones pueden ser respaldadas por diferentes enfoques que van desde diversas técnicas de inspección, modelos de deterioro para evaluar el probabilidad de fallo o la vida útil técnica, hasta sofisticados sistemas de apoyo a la toma de decisiones que cruzan límites con otras infraestructuras urbanas. Este artículo presenta el estado del arte en la gestión de activos de alcantarillado en sus múltiples facetas que abarcan un amplio campo de investigación y destaca las lagunas de investigación existentes al mismo tiempo.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte específico es que determina los modelos que se pueden utilizar para orientar el estudio, se definen los diferentes métodos estadísticos utilizados para los sistemas de alcantarillado: Los modelos de deterioro de alcantarillado existentes se pueden clasificar en tres Grupos básicos: determinista, estadística y de inteligencia artificial. (IA) modelos. Para una revisión detallada de los enfoques de modelado, los autores se refieren a Ana y Bauwens (2010), Kley et al. (2013), Marlow et al. (2009), Rokstad y Ugarelli (2015) y Tscheikner-Gratl (2016). dando una perspectiva sobre futuros desarrollos y áreas de investigación. Los principales enfoques estadísticos desarrollados son análisis de supervivencia, cadena de Markov, regresión logística y análisis discriminante. El análisis de supervivencia y la cadena de Markov son Los tipos más comunes de modelos estadísticos de deterioro, a nivel de red (por ejemplo, Caradot et al. 2017; Duchesne et al. 2013; Egger et al. 2013; Le Gat 2008; Micevski, Kuczera y Coombes 2002; Rokstad y Ugarelli 2015). Antes del modelo durante la calibración, las tuberías generalmente se agrupan en cohortes, es decir grupos homogéneos de tuberías de alcantarillado que comparten características similares, p.ej. mismo material y tipo de efluente. Métodos de regresión Se han utilizado con éxito para determinar la probabilidad de falla de tuberías individuales (por ejemplo, Ahmadi et al. 2014b; Chughtai y Zayed 2008; Elmasry, Hawari y Zayed 2017; Fuchs-Hanusch et al. 2015; Salman y Salem 2012; Tscheikner-Gratl et al. 2016b).

Ficha 35	Lectura de complemento.																																																																																																																																
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Table 3. Predictive performance of deterioration models on a pipe level. <table><tr><th>Source</th><th>Model</th><th>Condition assessment</th><th>Case Study</th><th>Sample size (Training/Test)</th><th>PPV</th><th>TNR</th><th>FPR</th></tr><tr><td>Canadot et al. (2018)</td><td>RF</td><td>DINA</td><td>Berlin, Germany</td><td>97 547 (80/40)</td><td>42%</td><td>67%</td><td>26%</td></tr><tr><td>Salmun and Salem (2012)</td><td>MLR</td><td>PACP</td><td>Cincinnati, USA</td><td>11 373 (80/20)</td><td>53%</td><td>73%</td><td>29%</td></tr><tr><td></td><td>LR</td><td></td><td></td><td>11 373 (80/20)</td><td>55%</td><td>45%</td><td>22%</td></tr><tr><td>Hernández et al. (2018)</td><td>RF</td><td>NS-058</td><td>Bogotá, Colombia</td><td>4 633 (70/30)</td><td>53%</td><td>57%</td><td>17%</td></tr><tr><td></td><td>LR</td><td></td><td></td><td>4 633 (70/30)</td><td>60%</td><td>38%</td><td>7%</td></tr><tr><td></td><td>MLR</td><td></td><td></td><td>4 633 (70/30)</td><td>-</td><td>71%</td><td>21%</td></tr><tr><td></td><td>LDA</td><td></td><td></td><td>4 633 (70/30)</td><td>-</td><td>70%</td><td>20%</td></tr><tr><td></td><td>SVM</td><td></td><td></td><td>4 633 (70/30)</td><td>52%</td><td>67%</td><td>22%</td></tr><tr><td>Laakso et al. (2018)</td><td>RF</td><td>Finnish guidelines</td><td>-, Finland</td><td>6 700 (70/30)</td><td>-</td><td>80%</td><td>53%</td></tr><tr><td>Harvey and McBean (2014)</td><td>RF</td><td>WRC</td><td>Guelph, Canada</td><td>1 825 (80/20)</td><td>30%</td><td>89%</td><td>25%</td></tr><tr><td>Sousa, Matos, and Matias (2014)</td><td>ANN</td><td>WRC</td><td>Costa do Estoril, Portugal</td><td>745 (80/20)</td><td>67%</td><td>71%</td><td>18%</td></tr><tr><td></td><td>SVM</td><td></td><td></td><td>745 (80/20)</td><td>69%</td><td>60%</td><td>19%</td></tr><tr><td></td><td>LR</td><td></td><td></td><td>745 (80/20)</td><td>62%</td><td>39%</td><td>16%</td></tr><tr><td>Mashford et al. (2011)</td><td>SVM</td><td>-</td><td>Adelaide, Australia</td><td>1 441 (75/25)</td><td>88%</td><td>74%</td><td>1%</td></tr><tr><td>Fuchs-Hanusch et al. (2015)</td><td>LR</td><td>ISYBAU</td><td>-, Austria</td><td>4 577 (62/38)</td><td>-</td><td>60%</td><td>35%</td></tr></table> Model abbreviations: RF (Random Forest), MLR (Multinomial logistic Regression), LR (Logistic Regression), LDA (Linear Discriminant Analysis), SVM (Support Vector Machine), ANN (Artificial Neural Network).	Source	Model	Condition assessment	Case Study	Sample size (Training/Test)	PPV	TNR	FPR	Canadot et al. (2018)	RF	DINA	Berlin, Germany	97 547 (80/40)	42%	67%	26%	Salmun and Salem (2012)	MLR	PACP	Cincinnati, USA	11 373 (80/20)	53%	73%	29%		LR			11 373 (80/20)	55%	45%	22%	Hernández et al. (2018)	RF	NS-058	Bogotá, Colombia	4 633 (70/30)	53%	57%	17%		LR			4 633 (70/30)	60%	38%	7%		MLR			4 633 (70/30)	-	71%	21%		LDA			4 633 (70/30)	-	70%	20%		SVM			4 633 (70/30)	52%	67%	22%	Laakso et al. (2018)	RF	Finnish guidelines	-, Finland	6 700 (70/30)	-	80%	53%	Harvey and McBean (2014)	RF	WRC	Guelph, Canada	1 825 (80/20)	30%	89%	25%	Sousa, Matos, and Matias (2014)	ANN	WRC	Costa do Estoril, Portugal	745 (80/20)	67%	71%	18%		SVM			745 (80/20)	69%	60%	19%		LR			745 (80/20)	62%	39%	16%	Mashford et al. (2011)	SVM	-	Adelaide, Australia	1 441 (75/25)	88%	74%	1%	Fuchs-Hanusch et al. (2015)	LR	ISYBAU	-, Austria	4 577 (62/38)	-	60%	35%
Source	Model	Condition assessment	Case Study	Sample size (Training/Test)	PPV	TNR	FPR																																																																																																																										
Canadot et al. (2018)	RF	DINA	Berlin, Germany	97 547 (80/40)	42%	67%	26%																																																																																																																										
Salmun and Salem (2012)	MLR	PACP	Cincinnati, USA	11 373 (80/20)	53%	73%	29%																																																																																																																										
	LR			11 373 (80/20)	55%	45%	22%																																																																																																																										
Hernández et al. (2018)	RF	NS-058	Bogotá, Colombia	4 633 (70/30)	53%	57%	17%																																																																																																																										
	LR			4 633 (70/30)	60%	38%	7%																																																																																																																										
	MLR			4 633 (70/30)	-	71%	21%																																																																																																																										
	LDA			4 633 (70/30)	-	70%	20%																																																																																																																										
	SVM			4 633 (70/30)	52%	67%	22%																																																																																																																										
Laakso et al. (2018)	RF	Finnish guidelines	-, Finland	6 700 (70/30)	-	80%	53%																																																																																																																										
Harvey and McBean (2014)	RF	WRC	Guelph, Canada	1 825 (80/20)	30%	89%	25%																																																																																																																										
Sousa, Matos, and Matias (2014)	ANN	WRC	Costa do Estoril, Portugal	745 (80/20)	67%	71%	18%																																																																																																																										
	SVM			745 (80/20)	69%	60%	19%																																																																																																																										
	LR			745 (80/20)	62%	39%	16%																																																																																																																										
Mashford et al. (2011)	SVM	-	Adelaide, Australia	1 441 (75/25)	88%	74%	1%																																																																																																																										
Fuchs-Hanusch et al. (2015)	LR	ISYBAU	-, Austria	4 577 (62/38)	-	60%	35%																																																																																																																										

Ficha 36	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Jeonghun Lee, Chan Young Park, Seungwon Baek, Seung H. Han, Sungmin Yun - 2021 - Risk-Based Prioritization of Sewer Pipe Inspection from Infrastructure Asset Management Perspective
Palabras Claves	Inspección de tuberías de alcantarillado; gestión de activos de infraestructura; predicción de condiciones; criticidad evaluación; priorización basada en riesgos
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	El creciente número de tuberías de alcantarillado envejecidas requiere una gestión de activos de infraestructura enfoque para lograr una asignación presupuestaria eficiente para el mantenimiento. Este estudio sugiere un marco de priorización basado en riesgos para la inspección de tuberías de alcantarillado considerando la condición prevista de tuberías de alcantarillado y la criticidad de los impactos económicos, sociales y ambientales asociados con a ellos. Los resultados de ambos modelos se pueden utilizar para evaluar el riesgo de las tuberías de alcantarillado por clasificación, en grupos de riesgo. Para la clasificación se utiliza una matriz de riesgos que divide las tuberías de alcantarillado en cinco grupos de riesgo. Los resultados de este estudio muestran una mejora en la precisión de encontrar tuberías de alcantarillado en una mala condición usando este marco. El modelo de predicción de condiciones puede encontrar con éxito alcantarillado y tuberías en mal estado con más del 70% de precisión. Las tuberías de alcantarillado de alto riesgo se resaltan mediante diferencias en las características ambientales, así como en las características físicas asociadas con otros tuberías de alcantarillado. Además, a través de la combinación tanto de la condición como de la criticidad del sistema de alcantarillado y tuberías, el marco prioriza sistemáticamente el mantenimiento necesario para las tuberías de alcantarillado con muy mala condición. Se espera que este marco de priorización ayude en el proceso de decidir qué alcantarillado se le debe dar prioridad a las tuberías dentro de un presupuesto limitado.

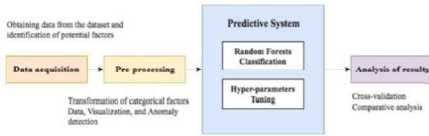
Ficha 36	Lectura Fundamental
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte es que este estudio se desarrolló en un marco de priorización para la gestión sostenible de tuberías de alcantarillado, que se compone de un modelo de predicción de condición y una evaluación de criticidad del modelo para ayudar a determinar qué tuberías de alcantarillado deben inspeccionarse antes en función del riesgo. En el modelo de predicción de condiciones, se utilizaron cinco factores físicos (edad, diámetro, longitud, profundidad y pendiente) y cinco factores ambientales (precipitación, volumen de tráfico, clase de carretera, aguas residuales tipo y población) fueron identificados como factores que influyen en el deterioro de las tuberías de alcantarillado. Luego, 134,541 puntos de datos para tuberías de alcantarillado cuyo estado se determina mediante inspección se utilizaron para entrenar el modelo utilizando el método de clasificador de bosque aleatorio. después el modelo alcanzó un desempeño con un cierto nivel, el modelo se aplicó a 147,850 puntos de datos para alcantarillado tubería. En cuanto al modelo de evaluación de la criticidad, se consideraron 12 factores para evaluar las tuberías de alcantarillado en términos de impactos económicos, sociales y ambientales. A pesar de las contribuciones de este estudio, también existen varias limitaciones. Primero, el estudio no pudo considerar todos los factores que investigaciones anteriores habían descubierto que tenían un efecto de influencia significativa en el deterioro de las tuberías de alcantarillado. En particular, el tipo de suelo y el nivel del agua subterránea se aborda con frecuencia en muchos estudios, pero este estudio ignoró esos factores ya que la recopilación de los datos pertinentes estaba restringida al público. Otra limitación es que no se especificaron completamente el tipo y el estado de las tuberías de alcantarillado. Estudios anteriores clasificaron el tipo de falla de las tuberías de alcantarillado en falla estructural y fallo operativo. Sin embargo, este estudio evaluó las tuberías de alcantarillado mediante un solo indicador (es decir, el grado de condición) porque la base de datos actual almacena el registro de inspección solo por el grado de condición. Dado que la falla puede ocurrir por diversas razones, es necesario investigar el Factores de deterioro por tipo de falla. Por lo tanto, en futuras investigaciones, cuando la base de datos sea avanzada para documentar el estado detallado de las tuberías de alcantarillado, será posible analizar el patrón de deterioro por el tipo de falla.
Material Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	 Figure 6. Prioritization Result by Proposed Framework.

Ficha 37	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Tuija Laakso , Teemu Kokkonen, Ilkka Mellin, Riku Vahala - 2018 - Sewer Condition Prediction and Analysis of Explanatory Factors
Palabras Claves	algoritmo de Boruta; Regresión logística; parcela de dependencia parcial; bosque aleatorio; condición de alcantarillado ; selección de variables
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	El estado del alcantarillado se evalúa comúnmente mediante inspecciones de circuito cerrado de televisión (CCTV). En este artículo, se combinan resultados de inspección, atributos de tuberías, datos de red y datos sobre el entorno de las tuberías para predecir el estado de las tuberías y descubrir qué factores las afectan. Aplicamos el algoritmo de bosque aleatorio para modelar la condición de la tubería y evaluamos la importancia de la variable utilizando el algoritmo de Boruta. Analizamos el impacto de las variables predictivas sobre el mal estado mediante gráficos de dependencia parcial, que son una técnica valiosa para este propósito. Los resultados se pueden utilizar para examinar tuberías para inspecciones futuras y proporcionar información sobre la dinámica entre las variables predictivas y el mal estado.

Ficha 37	Lectura Fundamental
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	La identificación de las inspecciones de alcantarillado es un paso crucial en la gestión de activos de alcantarillado, ya que los resultados de las inspecciones sirven como insumo para las decisiones de renovación. El modelado de condiciones a nivel de tubería es la forma óptima de respaldar las decisiones de inspección. El bosque aleatorio proporciona un método útil para predecir el estado del alcantarillado. En este estudio, el bosque aleatorio (precisión del 62 % cuando FNR se configuró en 20 %) proporcionó resultados algo mejores que la regresión logística binaria (precisión del 56 % cuando FNR se configuró en 20 %). Aunque el algoritmo de Boruta consideró influyentes la mayoría de las 19 variables predictivas estudiadas, se logró un poder predictivo comparable utilizando ocho variables predictoras. A pesar de que los defectos más comunes en el conjunto de datos (intrusión de raíces, deformación y defectos de superficie) representan tipos de defectos muy diferentes, el algoritmo de bosque aleatorio pudo capturar su aparición. Una necesidad de investigación futura es estudiar si existen diferencias en cómo la condición de la tubería depende de las variables predictoras, con el análisis limitado a defectos del mismo tipo o similares. Los resultados de este estudio son valiosos para planificar tanto inspecciones de estado futuras como nuevas instalaciones. Los modelos presentados deben actualizarse de forma iterativa a medida que se recopilan más resultados de inspección. El mayor beneficio de la predicción de la condición se logra cuando se aplica como parte de un programa de gestión de activos de alcantarillado basado en riesgos, donde también se consideran las consecuencias de las fallas del alcantarillado. En, por ejemplo, [42-46] se dan ejemplos de cómo se pueden evaluar las consecuencias. El análisis de dependencias parciales demostró ser un medio valioso para visualizar la conexión entre las variables predictivas y el mal estado y estudiar esas conexiones. Aunque en este estudio se analizó el efecto de un número relativamente grande de variables, aún podrían investigarse muchas variables potencialmente influyentes. Estos incluyen, por ejemplo, la velocidad del flujo, el nivel del flujo, la calidad de las aguas residuales, el nivel del agua subterránea y el tipo de relleno. La velocidad del flujo específico de la tubería y el nivel del agua en diferentes condiciones climáticas se pueden estudiar mediante modelos hidrodinámicos. Por ejemplo Savic et al. los incluyeron como variables para respaldar las decisiones de gestión de activos. El impacto de la calidad de las aguas residuales se puede estudiar con una red de sensores configurada siguiendo los principios presentados
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	

Ficha 38	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Mehdi Ahmadi, Frédéric Cherqui, Pascal Le Gauffre, Jean Christophe De Massiac - 2014 - From sewer inspection programmes to rehabilitation needs: Research and results related to data quality and availability with the support of numerical experiment
Palabras Claves	Palabras clave: programa de inspección; gestión de datos; sistema de soporte de decisiones; gestión de activos
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	El propósito de este artículo es discutir la influencia de la disponibilidad de datos y requerirá la demostración de los beneficios de la recopilación de datos. En este artículo, activo se presentan y discuten enfoques de gestión con respecto a la influencia de los datos; Se identifican datos incompletos y los autores proponen enfoques para stock de activos conocido. Las limitaciones presupuestarias no alientan a las empresas de servicios públicos a evolucionar de reactivas a proactivas demostrar el interés de nuevas prácticas. El experimento numérico permite construcción y uso de bases de datos virtuales degradadas derivadas de una gestión. Existen métodos y herramientas; sin embargo, mejorar las prácticas operativas calidad dentro de una empresa de servicios públicos para priorizar las necesidades de inspección y rehabilitación. Este artículo también destaca el uso del experimento numérico necesarios para predecir la condición estructural de los activos. Falta de datos y simular escenarios de gestión de activos, experimentar métodos o necesidades de rehabilitación.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Complementa los conceptos de tener información relevante de las redes de recolección y sus limitaciones, para predecir el estado estructural de las redes de alcantarillado.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Figure 1. Sewer asset management (SAM) levels of practices, the simplest practice is in light colour (1) and each different grey colour corresponds to another improvement of the practices (from the lightest to the darkest).

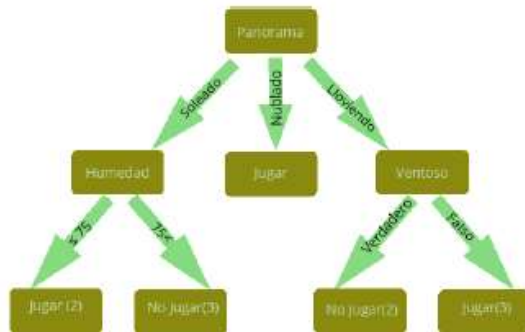
Ficha 39	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Razieh Tavakoli; Ali Sharifara, Mohammad Najafi - 2020 - Prediction of Pipe Failures in Wastewater Networks Using Random Forest Classification
Palabras Claves	Predicción del estado de las aguas residuales; Priorización de tuberías de aguas residuales; Modelos de deterioro; Evaluación del estado de las tuberías; Gestión de activos

Ficha 39	Lectura Fundamental
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Existen varios métodos para predecir el deterioro de las tuberías de aguas residuales para las condiciones reales y futuras de las tuberías de aguas residuales. Estos métodos pueden ayudar a quienes toman decisiones a planificar inspecciones futuras. Por lo tanto, desarrollar una predicción precisa del deterioro de las tuberías de aguas residuales es uno de los componentes clave, ya que ayuda a las agencias de infraestructura a predecir la vida útil restante de los activos. El objetivo principal de esta investigación es desarrollar un modelo predictivo para tuberías de aguas residuales utilizando clasificación forestal aleatoria. Los modelos predictivos pueden predecir de manera eficiente el estado de las aguas residuales y pueden aumentar el nivel de certeza del estado actual de las tuberías de aguas residuales. El conjunto de datos de este estudio se obtuvo de la ciudad de Los Ángeles, que representa información actual sobre aguas residuales de las tuberías principales de alcantarillado. El modelo de clasificación de bosques aleatorios desarrollado ha logrado una prueba estratificada con una tasa de falsos negativos, una tasa de falsos positivos y un área excelente bajo la curva ROC de 0,81 en una aplicación de estudio de caso para la ciudad de Los Ángeles, California. Un área bajo la curva ROC >0,80 indica que el modelo desarrollado es una opción "excelente" para predecir el estado de las tuberías en una red de alcantarillado. El modelo desarrollado es una herramienta esencial de apoyo a las decisiones para los administradores de servicios de aguas residuales en su priorización de la inspección, el mantenimiento y el reemplazo.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	En este estudio se aplica el árbol de decisión que es uno de los métodos a ser analizados, en función de la información disponible.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	 Figure 1. Applied Methodology.

Ficha 40	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	MÓNICA LILIANA GALLEG0 JARAMILLO - Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA
Palabras Claves	Rehabilitación - Mantenimiento - Probabilidades
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	Corresponde a una presentación para la predicción de las tuberías utilizando IA, para esto se clasifica los deterioros de 1 a 5, tal como la metodología de PACP. En este método se determina un problema, se dispone de información y se aplica una metodología. El problema es inferir el deterioro de las tuberías de alcantarillado que no cuentan con CCTV. La información corresponde a la base de datos históricas de CCTV y la base de datos de tuberías de alcantarillado. Con esto se realiza una predicción del deterioro de las tuberías de alcantarillado usando IA.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte de esta presentación radica en que se realizó una evaluación de los diferentes modelos estadísticos: Random Forest Classifier - Regresión logística - Linear Support Vector Machines - HistGradient Boosting Classifier. Se realizó una búsqueda de hiper parámetros de cada modelo, se realizó un entrenamiento. Esta información refuerza los modelos ya encontrados en otras publicaciones, en donde se tendrá que evaluar cual es que más se ajusta a los datos disponibles.

Ficha 40	Lectura de complemento.
Materiales más significativos: Tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA 10º Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas Model Development Métricas: - acc_accuracy - acc_f1 - acc_precision - acc_recall - acc_f05_f01 LGB: Regresión logística LSV: linear support vector machines HGB: HistGradientBoostingClassifier RF: Random Forest Classifier Grupo epm

Ficha 41	Lectura de complemento.
Referencia bibliográfica o dirección web completa	Jerson A. Martínez Salgado, Nicolás I. Alarcón Salazar - 2019 - Evaluación de técnicas de extracción de características para detección automática de anomalías en redes de tuberías de alcantarillado a partir de imágenes de video.
Palabras Claves	Rehabilitación - Mantenimiento - Probabilidades
Conceptos y/o ideas fundamentales: 1.- Citas textuales 2. Redacciones propias	El objetivo es evaluar algunas técnicas de extracción de características de imágenes y comparar los resultados al utilizarlas para la clasificación de imágenes de tuberías de alcantarillado con o sin anomalías, buscando identificar automáticamente anomalías en las redes de alcantarillado, como por ejemplo grietas, desacople de unión de tuberías y roturas, uniones domiciliarias penetrantes, incrustaciones y grasas. Para lo anterior, se estudiaron propuestas descritas en la literatura del área, implementándose algunas de ellas en base a las descripciones publicadas. Posteriormente, se aplicaron estas técnicas sobre un conjunto de imágenes reales. Con las características obtenidas, se entrenaron diferentes clasificadores comúnmente utilizados, disponibles en la suite de Aprendizaje Automático Weka. Los mejores resultados se obtuvieron con los algoritmos Radom Forest, Perceptrón Multi capas, J48 y Bagging. En el desarrollo de este proyecto se enfrentaron dificultades propias del trabajo con imágenes reales, en este caso obtenidas de videos de CCTV o ITV. Por ejemplo, presentaban importantes variaciones en la calidad de la imagen, lo que se conoce como "ruido". Para trabajar adecuadamente con estas imágenes, se utilizó una biblioteca de procesamiento de imágenes llamada Open CV. Uno de los aprendizajes relevantes de este proyecto es la importancia de la extracción de características mediante la forma. En particular, la técnica de detección de bordes resultó útil para identificar anomalías como grietas o desacople de unión de tuberías y roturas. Por último, se realiza una experimentación de los métodos de detección de bordes y las características analizadas, por medio de métricas, logrando un desempeño de 91% de accuracy en la detección de bordes de Sobel mediante Random Forest, posicionándolo como el mejor método en la experimentación.
Aporte específico que se cree obtener para: orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte radica en tener mayor conocimiento respecto a la aplicación del árbol de decisión, el cual se utiliza en modelos de redes de alcantarillado.

Ficha 41	Lectura de complemento.
Materiales más significativos: Tablas y, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros	 <pre> graph TD A[Panorama] -- Soleado --> B[Humedad] A -- Nublado --> C[Jugar] A -- Lloviendo --> D[Ventoso] B -- > 75 --> E[Jugar(2)] B -- < 75 --> F[No Jugar(3)] D -- Verdadero --> G[No Jugar(2)] D -- Falso --> H[Jugar(3)] </pre> Figura 24: Árbol de decisión. Fuente: (Elaboración propia)

Fichas Clases

F-1 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 5- Alberto Kresse - Planificación En La Industria Sanitaria.
Palabras claves	Industria Sanitaria - Planificación Estratégica
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	Se indica que la Ingeniería Sanitaria, aborda la recolección, tratamiento y disposición de las Aguas Servidas. Se aborda al grupo Aguas Nuevas el cual tiene a cargo 5 sanitarias. Se describen los atributos del modelo sanitario. Se indica que la SISS al igual que el MINSAL pueden aplicar multas y sanciones ante incumplimientos de los estándares de calidad o continuidad.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Se hace una descripción del sector sanitario en donde se describe el empoderamiento de los clientes y del SERNAC. Lo indicado sirve para precisar que existe un Marco Regulatorio, en donde las tarifas pagan el mantenimiento y reposición, es decir las empresas deben tener una Planificación de Negocio y una Planificación Operacional, esto para cumplir con las leyes y normativa vigente y para garantizar la continuidad y calidad, haciendo más eficiente la operación de los servicios. Ahora bien, dentro de la planificación estratégica de la industria, se deben considerar los programas de inversión, que en la parte reposición en el sector sanitario son muy bajos. Se señala que el Grupo Aguas tiene una Planificación Para el Cambio, lo cual es lo que se requiere para el sector, incorporando nuevas tecnologías.

F-1 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 5- Alberto Kresse - Planificación En La Industria Sanitaria.
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	Aguas Lluvias en alcantarillado Situaciones provocadas por la inclusión de ALL/Inf en el alcantarillado y su impacto en el entorno 62

F-2 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 9- Oscar Viera - Gestión de Activos Industria Sanitaria
Palabras claves	Industria Sanitaria - Renovación y mantenimiento - Gobierno de inversiones.
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	Se indica la definición de gestión de activos, la cual, según la IWA, es la práctica de gestionar todo el ciclo de vida de un sistema físico que brinda algunos servicios. Se definen los tipos de activos, los cuales para el tema de interés se tiene los tangibles, los cuales corresponden a la infraestructura y equipos. Se describe a la Empresa ESSBIO y Nuevo Sur. Se indica que en AS se debe cumplir con la NCh1105. Se describen los Planes de Desarrollo los cuales se proyectan para un horizonte de 15 años. Se indica la forma de hacer la proyección de demanda de los Caudales de Aguas Servidas.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El documento sirve para constatar que no se hace una descripción detallada de las acciones de mantenimiento que se realizan en las redes de alcantarillado, si se indica que la tasa de renovación de las AS oscila entre un 0,2% a un 0,8%, lo que ratifica que la renovación es muy baja, además se señala que la vida útil no es la guía para definir la renovación, si los indicadores de desempeño, pero no se detalla cuáles son estos.

F-2 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 9- Oscar Viera - Gestión de Activos Industria Sanitaria
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	3. Renovación y Mantenimiento  UTFSM MASTER OF WATER MANAGEMENT Renovación de redes SIN zanja - AS – existe Normativa aprobada en Chile.    Rehabilitación/revestimiento interior de ductos de acero Sistema In-Situ Coating Rehabilitación Sin Zanja de colectores Sistema SWP (PVC Spirally Wound Pipe) Rehabilitación Sin Zanja de colectores Sistema F&F (PVC Fold and Form) Fuente: Glenflow.com - AP- tarea pendiente, existe la tecnología pero no la aprobación técnica formal.

F - 3 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 9- Luis Acosta - Gestión de Operaciones
Palabras claves	Gestión de Operaciones - Decisiones Estratégicas - Fronteras de la productividad.
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	Se indica que la Gestión de Operaciones es un equilibrio dinámico. En la cual existe una oferta y una demanda, en la cual se describen los bienes y servicios. En donde para cumplir con esto se requiere de materiales, mano de obra, capital e información, para realizar la respectiva operación y realizar la producción, que en el caso de estudio está asociada al mantenimiento y la renovación de las redes de alcantarillado. En la gestión de operaciones se debe considerar al cliente y la selección del proceso. Destacando el mantenimiento y la política de recursos humanos.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El documento sirve para poner en relevancia la gestión de operaciones y como una operación excelente debe ser capaz de satisfacer a todos los interesados para garantizar un éxito sostenible a largo plazo. Este documento sirve para complementar lo que representa una excelencia en operaciones en donde se busca una filosofía de mejora, es decir la búsqueda continua y consistente de eliminación de desperdicios en todos los procesos, un lenguaje común, para abordar las diferentes terminologías, y definir una hoja de ruta.

F - 3 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 9- Luis Acosta - Gestión de Operaciones
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	Excelencia en operaciones Se refiere a cómo lo ven los stakeholders. Una operación excelente debe ser capaz de satisfacer a todos los interesados para garantizar un éxito sostenible a largo plazo. 36

F 4 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 13- I Rojas - Service Design - Experiencia del usuario
Palabras claves	Cliente - Modelos de Negocio - Toma de Decisiones
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	La adopción de la perspectiva del cliente es un principio rector del proceso de diseño de modelos de negocio. La perspectiva de los clientes debería ser una fuente de información para la toma de decisiones sobre propuestas de valor, canales de distribución, relaciones con clientes y fuentes de ingresos. Se detalla respecto a los clientes lo que piensa y siente, lo que ve, lo que dice y hace y lo que oye, todo esto para establecer los esfuerzos y los resultados. Se detallan mapas de trayecto o mapas de experiencia del cliente. El documento pone en valor al cliente, el cual debe ser actor relevante para el sector sanitario.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El documento sirve para complementar los resultados del Estudio de Percepción de la SISS, ya que este documento se pone en valor al cliente y se parametriza a través de los mapas o experiencia del cliente, ya que esto es una representación visual de como el usuario o cliente interactúa con el servicio. Se describen los pasos que siguen para completar una tarea específica o lograr un objetivo particular. Los mapas de viaje del usuario son útiles para ver como estos interactúan con el servicio.

F 4 Nombre del Módulo - Profesor
- Lectura

Material más significativo, tablas,
gráficos, ejemplos, fotografías,
mapas, otros.

Modulo 13- I Rojas - Service Design - Experiencia del usuario

JOURNEY MAPS

MAPAS DE TRAYECTO O MAPAS DE EXPERIENCIA DEL CLIENTE

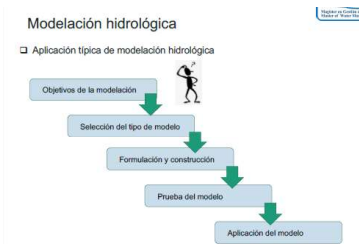
Online Shopping Customer Journey Map

Stages of Journey	Motivation	Searches for Websites		Browses the Site	Evaluates Products	Pay			
Activities	Wants to buy a Christmas gift for a friend	Searches products keywords on search engines	Clicks the 1st ads. result.	Checks online again and go to the 1st. original result	Checks out ongoing deals and hot sale products	Opens a product page to check product details.	Opens more product pages to compare info.	Processes to pay a preferred product.	Contacts online service for help.
Feelings									
Very Happy									
Overall Satisfied									
Unhappy									
Experiences	Excited to give a surprise to the friend.	- Happy to see many options - Confusing about how to choose.	Amoyed at the useless info.	- Happy with the informative shopping website. - Not sure about how to find the best price.	Surprise to see lots of discounts	Frustrated about reviews from other customers.	- Pleased with images & designs. - Sad to see out of stock products.	Frustrated to find only the Paypal payment option.	- Satisfied with bank card payment. - Feels unhappy to wait for a bit of long time.
Customer Expectations	Easily to obtain discount news.	More user-friendly search engine.	Allow to hide unnecessary ads.	Clear and innovative website design.	More discounts during holidays.	Higher quality products.	Faster supply chain system.	More payment choices.	Faster website speed.

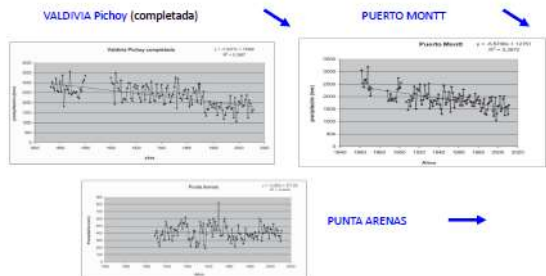
F 5 - Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 9- Oscar Viera - Gestión de Activos para agua y aguas residuales - EPA
Palabras claves	Gestión de Activos - Infraestructura Sostenible
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	Se define que es la gestión de activos, la cual es un proceso que las empresas de agua y aguas residuales pueden utilizar para garantizar que se pueda realizar el mantenimiento planificado y que los activos de capital (redes, equipos), se pueden reparar, reemplazar o actualizar a tiempo y que existan recursos para ello. Se busca a través de la gestión de activos lograr una infraestructura sostenible. Se considera que para esto se requiere inventarios detallados, tareas de operación y mantenimiento y planificación financiera a largo plazo.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El documento es un aporte específico ya que se definen en los beneficios de la gestión de activos, dentro de los cuales está el prolongar la vida útil de los activos y mejorar las decisiones sobre rehabilitación, reparación y reemplazo de activos, presupuesto centrado en actividades críticas para un desempeño sostenible, cumplir con las expectativas de servicio y los requisitos regulatorios. Las empresas se deberían hacer 5 preguntas: Cual es el estado de mis bienes, cual es mi vida de servicio sostenible requerido, que activos son críticos para un desempeño sostenible, cuales son mis costos mínimos del ciclo de vida, cual es no mejor estrategia de financiación a largo plazo.

F 5 - Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 9- Oscar Viera - Gestión de Activos para agua y aguas residuales - EPA
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	¿Quién debería practicar la gestión de activos? La gestión de activos es un enfoque escalable que puede ser utilizado por sistemas de cualquier tamaño. Ya sea que se administre un pequeño sistema de agua potable que atiende a 50 clientes o sistemas de agua potable y aguas residuales de las ciudades más grandes, la gestión de activos significa implementar un plan a largo plazo para sostener estos sistemas y los servicios que brindan. La gestión de activos también se utiliza en otros sectores donde es necesario gestionar la infraestructura a largo plazo, como en los sectores de transporte y vivienda. Algunas comunidades líderes están adoptando programas intersectoriales de gestión de activos en los que se coordinan y priorizan las inversiones en infraestructura en las diferentes áreas de infraestructura.

F 6 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 2- Raúl Flores - Introducción a la modelación hidrológica
Palabras claves	Extrapolación - Modelación Hidrológica - Objetivos de la modelación
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	Citas textuales: Se requiere modelar ya que: Imposible medir todo lo que nos interesaría saber sobre el sistema hidrológico, se requiere extrapolar mediciones puntuales en el tiempo y espacio, evaluar efectos de cambios sobre los sistemas y el recurso hídrico y por los pronósticos. El modelar es una herramienta fundamental para el desarrollo de estrategias, gestión y manejo de recursos hídricos. Los modelos utilizan métodos matemáticos y estadísticos son usados para obtener relaciones entre el input y el output.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte de este documento es que se abordan como método: Regresiones Cadenas de Markov, Monte Carlo, Redes neuronales. En cada uno de estos modelos se requiere una recopilación de datos, su procesamiento y reparación, una estimación inicial y su calibración. Aun cuando la clase se refirió a un modelo hidrológico, son conceptos que se pueden replicar en una modelación de una red de alcantarillado. Se refuerza el concepto de que todo modelo tiene una incertidumbre ya sea en su formulación, en los datos de ingreso y en los parámetros.
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	Modelación hidrológica □ Aplicación típica de modelación hidrológica <pre> graph TD A[Objetivo de la modelación] --> B[Selección del tipo de modelo] B --> C[Formulación y construcción] C --> D[Prueba del modelo] D --> E[Aplicación del modelo] E --> A </pre>
Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 2- Raúl Flores - Introducción a la modelación hidrológica

F 6 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 2- Raúl Flores - Introducción a la modelación hidrológica
Palabras claves	Extrapolación - Modelación Hidrológica - Objetivos de la modelación
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	Citas textuales: Se requiere modelar ya que: Imposible medir todo lo que nos interesaría saber sobre el sistema hidrológico, se requiere extrapolar mediciones puntuales en el tiempo y espacio, evaluar efectos de cambios sobre los sistemas y el recurso hídrico y por los pronósticos. El modelar es una herramienta fundamental para el desarrollo de estrategias, gestión y manejo de recursos hídricos. Los modelos utilizan métodos matemáticos y estadísticos son usados para obtener relaciones entre el input y el output.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte de este documento es que se abordan como metodo: Regresiones Cadenas de Markov, Monte Carlo, Redes neuronales. En cada uno de estos modelos se requiere una recopilación de datos, su procesamiento y reparación, una estimación inicial y su calibración. Aún cuando la clase se refirió a un modelo hidrológico, son conceptos que se pueden replicar en una modelación de una red de alcantarillado. Se refuerza el concepto de que todo modelo tiene una incertidumbre ya sea en su formulación, en los datos de ingreso y en los parámetros .
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	 Modelación hidrológica □ Aplicación típica de modelación hidrológica <pre> graph TD A[Objetivos de la modelación] --> B[Selección del tipo de modelo] B --> C[Formulación y construcción] C --> D[Prueba del modelo] D --> E[Aplicación del modelo] </pre>

F 7 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo3 - Javier Martín - Cambio Climático y Water Management
Palabras claves	Cambio climático - Causa antrópica
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	Citas textuales: "Los cambios en el régimen hídrico de Chile se reconocen como un riesgo importante para el desarrollo futuro del país El análisis de observaciones en el período entre 1960 y 2016 confirma una tendencia significativa hacia un régimen de menor precipitación en el centro y sur del país Se estima que esta señal de cambio climático regional emergió por sobre la variabilidad natural durante la última década De hecho, el comportamiento estacional en la disminución de las precipitaciones en esta región es coherente con la respuesta modelada bajo múltiples forzamientos antropogénicos Por lo tanto, concluimos que la señal de secamiento de largo plazo observada en Chile es, en gran medida, atribuible al forzamiento antropogénico. Las consecuencias de este fenómeno son múltiples Además del impacto directo en cuencas hidrográficas y la disponibilidad de agua fresca los períodos secos afectan la biogeoquímica de las aguas costeras, la vegetación y la intensidad de los incendios forestales Por lo tanto, enfrentar un clima más seco y las sequías en el Antropoceno requerirá de nuevos enfoques para la gobernanza del agua y la adaptación al cambio climático En este sentido, es clave revisar las metodologías actuales de asignación del agua y el Código de Aguas de Chile, que no concuerdan con la dinámica y la característica no estacionaria de los procesos hidrometeorológicos.

F 7 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo3 - Javier Martín - Cambio Climático y Water Management
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte radica en que Chile al igual que el resto del planeta está sufriendo por el cambio climático; situación que está produciendo menores precipitaciones, y eventos aislados de alta pluviosidad en plazos de corta duración. Es este efecto el que afecta las redes de recolección, las cuales en forma más frecuente ante estos eventos se ven sobrepasados, y por lo tanto se requiere que estas redes estén en buen estado.
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	 Fuente: Sanz Donaire (2012). Gentileza de Gonzalo Olivares

F 8 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo3 - Javier Martín - Series climáticas e índices pluviométricos
Palabras claves	Tiempo y clima - Meteorología - Series climáticas
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	Cadenas de Markov homogéneas, de tiempo discreto, de dos estados y de primer orden. Una cadena de Markov de tiempo discreto y de primer orden se define como un proceso estocástico que cumple: 1) Que es discreto en el tiempo (de tiempo discreto). 2) Que tiene un espacio de estados finito o contable (cadena) 3) Que satisface la condición $P[X_m = x_m X_0 = x_0, \dots, X_{m-1} = x_{m-1}] = P[X_m = x_m X_{m-1} = x_{m-1}]$ Para todo m, para todos $x_0, \dots, x_{m-1}$ (propiedad de Markov de primer orden) Una cadena de Markov es homogénea o estacionaria si la probabilidad de una determinada transición no depende del instante en que se produce Y una cadena de Markov es finita con dos estados cuando el número de valores o estados posibles de sus variables aleatorias es finito e igual a dos
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El texto es un aporte ya que se abordan las cadenas de Markov, las cuales serán analizadas en el proyecto a desarrollar, en donde se busca poder proyectar el estado de una red de alcantarillado, tomando como base los valores actuales.
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	Probabilidad de que una secuencia lluviosa dure exactamente n días (P_n) mediante una cadena de Markov de primer orden $P_n = p_{11}^{n-1} \cdot p_{10} = (1 - p_{10})^{n-1} p_{10} = p_{11}^{n-1} \cdot (1 - p_{11})$ Probabilidad de que una secuencia seca dure exactamente n días (Q_n) mediante una cadena de Markov de segundo orden $Q_n = p_{100} \cdot p_{000}^{n-2} \cdot p_{001} \quad n \geq 2$ $Q_1 = p_{101} \quad n=1$

F 9 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo3 - Javier Martín - Manejo sostenible/sustentable de cuencas
Palabras claves	Cuencas - Muestreo - Cuenca - Cambio climático
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	Las proyecciones de cambio climático indican que: - La temperatura seguirá aumentando durante décadas, y, por ende, la evapotranspiración potencial - La precipitación aumentará en el conjunto del planeta, pero en regiones de clima mediterráneo y en otras subtropicales y tropicales será igual o inferior a la actual - Como consecuencia de lo anterior, se producirá una reducción de los recursos hídricos superficiales y subterráneos y un mayor estrés hídrico en la vegetación - El límite altitudinal del bosque ascenderá - Algunas especies de árboles no soportarán estos cambios - Los incendios forestales aumentarán en frecuencia y extensión Históricamente, solo se ha gestionado el agua que se puede almacenar o transportar (embalses, trasvases, etc). - Ante la gravedad de la situación del agua en el mundo, no cabe otra solución que gestionar toda el agua de las cuencas, definiendo nuevos conceptos, como: - Agua verde: la utilizada por los bosques, prados y cultivos de secano - Agua azul: la que se puede almacenar y transferir.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El documento es un aporte ya que pone sobre la mesa que se debe abordar toda el agua, con un concepto de cuenca, esto incluye el efecto que pueden ocasionar los rebases de aguas servidas, generando posibles contaminaciones a la cuenca.
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	The infographic illustrates the water cycle and the distinction between Green water and Blue water. It shows the percentage of water used by different sectors: Rainfall (100%), Biomass (56%), Crops (4.5%), Livestock (0.6%), Aquaculture (1.4%), Fisheries (1.3%), Cities and industries (0.1%), and Ocean (38%). It also shows the percentage of Green water (61%) and Blue water (39%) used in agriculture. Globalagriculture.org

F 10 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 5 - Lionel Valenzuela - Planificación Estratégica e Implementación de estrategias
Palabras claves	Misión - Visión - Desarrollo de Estrategias - Implementación de estrategias

F 10 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 5 - Lionel Valenzuela - Planificación Estratégica e Implementación de estrategias
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	¿Por qué es importante la Gestión Estratégica? • Tener formalizada la planificación estratégica, aumenta las probabilidades de lograr una ventaja competitiva. • Nos invita a conocernos y comprender el entorno que rodea a la empresa. • Logramos un mayor alineamiento. • Será importante poner atención tanto en la planificación como en la implementación. • En la implementación nos puede apoyar con fuerza el Cuadro de Mando Integral (CMI) Análisis del Entorno: El propósito de este análisis consiste en elaborar una lista de oportunidades que podrían beneficiar a la empresa y amenazas que se deberían eludir. • Para el análisis se dividirá el ambiente en dos: • Macroentorno • Microentorno Que es la Estrategia, Según el Diccionario: Del griego strategos (guiar un ejercito) • Definición tradicional: el arte de la guerra • Definiciones alternativas: • Estrategia es un patrón de objetivos, políticas y planes para alcanzar dichos objetivos. • Es un plan de ataque.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El aporte es para orientar, ya que la implementación de gestión en las redes de alcantarillado, en base a las instrucciones impartidas por la SISS, requieren de la aplicación de una estrategia por parte de las empresas sanitarias.
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	¿Qué es la Gestión Estratégica? Esquema: "El Proceso de Gestión Estratégica"

F 11 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 6 - Teresita Arenas - Finanzas y desarrollo de negocios
Palabras claves	Valoración de empresas - Patrimonio
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	El objetivo de la valoración de empresas es dar valor económico al patrimonio de la empresa Es necesario tener conocimiento de los aspectos contables de la empresa, financiamiento, costos y gastos, costo de capital entre otros. Se abordan los modelos de descuento de dividendos y flujos de cajas descontados. En el texto se busca poder determinar el riesgo, al momento de analizar una posible inversión, para esto se debe calcular el riesgo beta.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El texto es para orientar, ya que de las lecturas revisadas uno de las principales inversiones que deben realizar las empresas sanitarias es referida a sus redes de agua potable y alcantarillado, y si estas inversiones no se realizan en forma oportuna puede influir en el riesgo financiero de la empresa.

F 11 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 6 - Teresita Arenas - Finanzas y desarrollo de negocios
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	

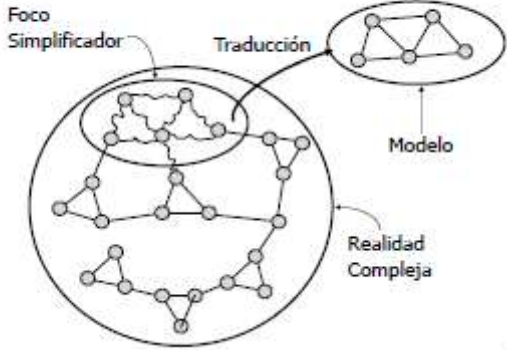
F 12 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 7 - Hugo Castro - La Corrupción, Fraude, soborno, la responsabilidad empresa- como ente a ser penalizado
Palabras claves	Corrupción - Fraude
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	FRAUDE: Engaño económico con la intención de conseguir un beneficio, y con el cual alguien queda perjudicado, "hay que estar atento a ciertas gangas que pueden esconder un fraude" FRAUDE FISCAL: Vulneración de una norma tributaria con la que se pretende eludir mediante engaño el pago de un impuesto., "las autoridades judiciales descubren cada día nuevas formas de fraude fiscal OCDE: "R E S P O N S A B I L I D A D E S DEL CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN Se aconseja encarecidamente a las empresas no sólo que creen, sino que velen por (...) promover el cumplimiento de las leyes, reglamentos y normas, incluidas las leyes que tipifiquen el cohecho activo de funcionarios extranjeros, y otras formas de soborno y corrupción.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El texto es orientador, lo que se rescata es que las empresas no solo deben generar ganancias y prestar servicios, como es en el ámbito sanitario, sino que deben también velar por cumplir con la reglamentación y normativa, y proveer este cumplimiento en el tiempo, lo cual baja la reglamentación actual tiene ciertos riesgos, ya que si no se imponen normativas más estrictas. como en el ámbito de las redes de recolección, se está gestando un problema a futuro, por el posible colapso de las redes de alcantarillado en el mediano plazo
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	

F 13 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 7 - Hugo Castro - Economía de la políticas públicas - Que son las políticas públicas
Palabras claves	Políticas públicas - Gestión Pública - Opinión Pública
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	Los sistemas políticos difieren, sea superficial o de manera profunda. De allí que la política y las políticas públicas pueden no encontrarse, hacerlo parcialmente o de modo esporádico; esto es un hecho. La búsqueda de la política y las políticas públicas representa una modernización de la esfera pública; este es un juicio. Tal mejora requiere cambios en el sistema político y en el gobierno: • Los partidos, los grupos sociales y las personas, requieren interiorizar el análisis de los institutos de políticas públicas, sea que estén en el gobierno o en la oposición • La Reforma del Estado debe hacerse en torno a decisiones de políticas públicas. Primero la función, después el organigrama y, sólo hasta que cambie la función, un gobierno con entradas y salidas.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El documento es orientador, ya que la SISS al establecer normativa que vaya en garantizar la calidad y continuidad del servicio, se orienta en una política pública que le dé continuidad al modelo de prestar los servicios básicos a través de empresas privadas,
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	

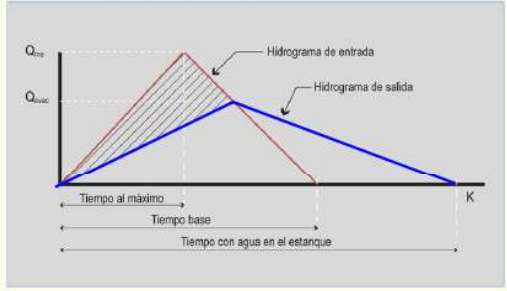
F 14 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 7 - Patricio Rubio - Hugo Castro -Manuel Madrid - Gobernanza y Economía del Agua
Palabras claves	Gobernabilidad - Gobernanza corporativa - Gobernanza de recursos naturales
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	El gobierno debe asumir que su papel en el agua es más que el de un agente coordinador, regulador, y que no es director El gobierno debe lograr que la sociedad sea corresponsable en la toma de decisiones públicas y coparticipe en la gestión de agendas específicas de política pública, superando las actuales brechas de responsabilidad compartimentada El gobierno debe promover arreglos de cooperación con la sociedad con visión de largo plazo backasting donde el sector público logre los beneficios de las alianzas y no sólo asuma costos El gobierno debe construir marcos jurídicos claros y precisos y apegarse a ellos, sin desvirtuar la cooperación entre el sector público y privado, eliminando la corrupción o a la violación a los derechos fundamentales El gobierno debe incrementar la capacidad técnica del sector público y de todos los actores involucrados generando un modelo eficiente de gobernanza, eliminando la definición del problema público del agua El gobierno debe desarrollar capacidad metodológica al entender que la gobernanza es muy útil para las agendas de política pública del agua, olvidando su actual sistema relacional.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El documento es orientador, ya que plantea que para alcanzar los objetivos referidos a temas hídricos se requiere de una gobernanza que sea capaz de abordar estos desafíos. En el tema de la gestión de los temas relacionados con el agua potable, se identifica una Co gobernanza, en donde se tiene una estructura principalmente reticular. Lo anterior es relevante desde el punto de vista de las acciones que deben desarrollar las empresas sanitarias respecto a las redes de alcantarillado, y como una mala gestión a través de los rebases terminara afectando ya sea el medio ambiente o a las personas.

F 14 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 7 - Patricio Rubio - Hugo Castro -Manuel Madrid - Gobernanza y Economía del Agua
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	TIPOS DE GOBERNANZA • Gobernanza liderada. El gobierno ejerce un liderazgo en la toma de decisiones y regulación, aquí los agentes sociales suelen tener voz, y voto por medio de instrumentos como consultas, referéndums e incluso, consejos consultivos o mesas. Hecho último por el cual se considera como un modelo de gobernanza vertical • Gobernanza por autogobierno. Modelo más horizontal. Tanto la toma de decisiones como la gestión del bien o servicio suele recaer en manos de los agentes sociales, y/o económicos casi en su totalidad, el estado se libera en buena parte de los costos administrativos y logísticos de la gestión. • Co-gobernanza. Este modelo recae en una estructura principalmente reticular. Se trata de redes donde ciudadanos, as y los actores públicos y privados co-participan en agendas. El instrumento más común suele ser un consejo de co-gestión o los consorcios.

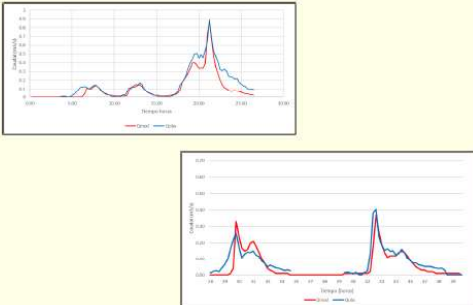
F 15 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 9 - Marcela González - Análisis de Eficiencia
Palabras claves	Eficiencia - Producción - Eficiencia técnica
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	•Permite trabajar con múltiples entradas y múltiples salidas. •No se necesita establecer hipótesis sobre la forma de la frontera eficiente o de producción. •Entrega una puntuación de eficiencia para cada unidad evaluada. •Las entradas y las salidas pueden ser medidas en diferentes unidades. •Compara todas las unidades con aquellas que presentan las mejores prácticas observadas. •Permite establecer metas para las unidades ineficientes. •Entrega una visión general sobre aspectos administrativos y operacionales de las unidades.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	Es un documento que sirve para orientar, ya que una vez que la SISS exija a las empresas realizar un análisis de riesgo de sus redes de alcantarillado, se podrá hacer un análisis de eficiencia de salida, para evaluar el estado de cumplimiento de cada una de ellas.
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	Análisis de Eficiencia Orientado a las Salidas • El análisis de eficiencia orientado a las salidas tiene por objetivo maximizar el nivel de salidas, manteniendo constante el nivel de entradas.

F 16 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 9 - Luis Acosta - Optimización en Gestión de Operaciones
Palabras claves	Producción - Modelo - Realidad Compleja
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	En el texto se presenta la forma de pasar de una realidad compleja a un foco que simplifique el problema, a través de un foco simplificador, que lo traduzca y se conforme un modelo. Es en base a este concepto que se pueden comparar diferentes opciones y determinar aquella que se más eficiente.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El documento sirve para orientar, y para complementar el concepto de que al tener un problema complejo como es la gestión de activos en lo que se refiere a las redes de alcantarillado, se deben buscar las metodologías que permitan simplificar el problema a través de un modelo.
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	El Proceso de Traducción 

F 17 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 10 - Milo Millán - Diseño Obras de Drenaje Urbano
Palabras claves	Tipología de Obras - Análisis de Alternativas - Selección de Soluciones
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	Cita: El Plan Maestro es un instrumento de planificación de la infraestructura urbana. Desarrolla y prioriza las soluciones requeridas a nivel de perfil (prefactibilidad). A partir de lo planificado en el Plan Maestro, se seleccionan los proyectos de mayor prioridad para su desarrollo. Para estos proyectos se elaboran estudios de ingeniería a nivel de Factibilidad y Diseño, que posteriormente permitirán la ejecución de nueva infraestructura de drenaje urbano. Las obras para considerar en proyectos de drenaje urbano tienen el objetivo principal de infiltrar, almacenar o conducir las aguas lluvias. En general se da mayor relevancia a la infiltración y almacenamiento en los sectores iniciales, o aguas arriba del sistema de drenaje (en la red domiciliaria y secundaria). El transporte y evacuación predominan en las redes de aguas abajo, de mayor tamaño y capacidad (redes primarias y cauces receptores).
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El texto sirve para poner en contexto que el MOP tiene a su cargo los Planes de Maestros de Aguas Lluvias, los cuales cuando se implementan reducen los problemas de aguas ajenas en las redes de aguas servidas, este concepto es relevante, ya que, aunque alguna empresas realicen una buena gestión sobre sus redes la incorporación de estas aguas genera problemas en la continuidad y calidad del servicio.

F 17 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 10 - Milo Millán - Diseño Obras de Drenaje Urbano
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	Obras de Almacenamiento:  Efecto de obra de almacenamiento y regulación en el hidrograma de la crecida

F 18 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 10 - Milo Millán - Planificación del Drenaje Urbano
Palabras claves	Ley de Aguas Lluvias - Infraestructura - Selección de alternativas
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	Plan Maestro de Aguas Lluvias 2.RECOPILACIÓN DE ANTECEDENTES BÁSICOS EXISTENTE 3.ESTUDIOS DE INFRAESTRUCTURA 4.IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES 5.DIAGNÓSTICO Y SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES 6.ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES 7.DESARROLLO DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES 8.INFORME FINAL Se modelan las redes para distintos periodos de retorno, en situación actual y futura de uso de suelo. Se determinan todas las variables hidráulicas relevantes: áreas de inundación, puntos de desborde, caudales en las redes, caudales excedentes por las calles, duración de las inundaciones, niveles de agua, etc. Se determinan las zonas con problemas y se proponen a nivel conceptual alternativas de solución (incluye refuerzo de redes, obras de regulación de caudal, obras de retención de sedimentos, nuevas redes, etc.)
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El texto sirve para poner en contexto que el MOP tiene a su cargo los Planes de Maestros de Aguas Lluvias, los cuales cuando se implementan reducen los problemas de aguas ajenas en las redes de aguas servidas, este concepto es relevante, ya que, aunque alguna empresa realicen una buena gestión sobre sus redes la incorporación de estas aguas genera problemas en la continuidad y calidad del servicio.

F 18 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 10 - Milo Millán - Planificación del Drenaje Urbano
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	Calibración y Validación de Modelos Resultados  The figure displays two hydrographs comparing observed (red line) and simulated (blue line) results. The top graph shows a single peak around time 2000. The bottom graph shows two peaks, one around time 100 and another around time 300. Both graphs have 'Caudal (m³/s)' on the y-axis and 'Tiempo (min)' on the x-axis. The legend indicates 'Obs' (red) and 'Sim' (blue).

F 19 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 10 - Jose Ignacio Ramirez - Gestión del Sistema Pluvial
Palabras claves	Precipitaciones - Diseño Urbano - Soluciones verdes
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	Citas: Las aguas lluvias no deben considerarse como una amenaza, sino más bien como un elemento positivo del paisaje que; junto con la vegetación, constituye islas protectoras de temperatura en las ciudades. El enfoque de infraestructura "azul - verde" influye significativamente en el transporte urbano y la estrategia de planificación de la movilidad humana en general. Esto requiere una colaboración profunda, oportuna a largo plazo que involucra a los interesados del plan de desarrollo de la ciudad. Esta es la forma de construir futuras ciudades habitable. En particular se requiere buscar sinergias entre la infraestructura de aguas lluvias convencional (tuberías y estaciones de bombeo), los edificios y estructuras de transporte, así como las áreas verdes de las zonas urbanas y peri - urbanas.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El texto sirve para poner en contexto que se deben buscar soluciones para reducir los problemas de aguas ajenas en las redes de aguas servidas, este concepto es relevante, ya que, aunque alguna empresas realicen una buena gestión sobre sus redes la incorporación de estas aguas genera problemas en la continuidad y calidad del servicio. En este texto se muestran una serie de soluciones para evitar que las aguas lluvias entren a los sistemas de recolección, y se realice una correcta infiltración.
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	

F 20 Nombre del Módulo - Profesor - Lectura	Modulo 12 - Mario Elgueta - Gestión de las personas: Aciertos, riesgos y conflictos
Palabras claves	Gestión integral de riesgo en la empresa - Enfoque de Responsabilidad Social Empresarial.
Conceptos y/o ideas fundamentales 1. Citas Textuales 2. Redacciones Propias	La Gestión Integral de Riesgos (GIR), es una de tarea clave y determinante en la administración de las Empresas. Corresponde a todas las acciones para detectar, mitigar y monitorear el comportamiento aquellos elementos constitutivos de riesgos, que pueden generar incertidumbre o inestabilidad al interior de la empresa y que constituyen una amenaza para el logro de sus objetivos tanto estratégicos como operacionales de la organización. Desde otra perspectiva, detectar, evaluar y tratar los riesgos puede entenderse como una oportunidad de agregar valor, que se debe identificar y aprovechar. Por lo señalado anteriormente, la GIR busca crear valor dentro de la Empresa para apoyar el logro de sus objetivos y mejorar su competitividad. Para hacer operativa la GIR y generar valor, las Empresas aplican un enfoque estructurado basado en la norma internacional ISO 31.000..
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, avalar, complementar, definir, contrapropuesta, otros aportes.	El documento permite identificar que el sector sanitario tiene riesgos asociados a la continuidad del negocio, el cual requiere tener una mirada integral de la gestión que se realiza. La SISS considera que las empresas no están invirtiendo en renovación al ritmo que se requiere lo cual pone en riesgo el poder seguir suministrando los servicios en la calidad que se requiere.
Material más significativo, tablas, gráficos, ejemplos, fotografías, mapas, otros.	

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO B

PANEL DE EXPERTOS

Tabla B.1 Panel de Expertos

Preguntas	Expertos	
	Arlex Toro Rodriguez - dir.ejecutiva@lamstt.org - Director de la Asociación Latinoamericana de Tecnologías sin Zanja.	Roberto Irribarra Cona - rirribarra@cipp.cl - Gerente General - CIPP Chile
	Respuestas	
Cuál es su opinión respecto al estado actual de las redes de alcantarillado a nivel de su país e internacionalmente	En Latinoamérica en general la redes (tuberías y pozos) de alcantarillado han superado los 50-70 años en promedio para una vida útil entre 80-110 años. Una parte importante de ellas se encuentran construidas con tuberías de asbesto cemento que se están reemplazando por causa de la afectación a la salud al mezclarse en los ríos. Se presentan infiltraciones y exfiltraciones que, aunque no salen a la superficie si se pueden estar filtrando por el suelo hacia abajo afectando las aguas subterráneas. En las ciudades la cobertura del servicio se hace mediante una red de tuberías, pero en los sectores rurales y pueblos pequeños aún existen los pozos sépticos que por su mal mantenimiento se están filtrando suelo abajo afectando las aguas subterráneas.	El estado actual de las redes de alcantarillado en Chile es de un estado estructural crítico en las tuberías antiguas de concreto y una falta de mantenimiento preventivo que aumenta la velocidad en que estas tuberías se deterioran. El problema en Chile ya es un problema estructural en muchas zonas del país, sin embargo, ya hay conciencia de este problema y se está atacando con un visible aumento en las mantenciones, teleinspecciones y rehabilitaciones. No quiere decir que sea suficiente, pero vamos por buen camino. Respecto al resto de Sudamérica los problemas que he visto son similares a los que tenemos acá, poca mantención, alto deterioro de la red, alta presencia de tuberías de concreto o ladrillo. Respecto a la situación en Norteamérica, las redes son rehabilitadas más por problemas de hermeticidad, para evitar infiltraciones de aguas subterráneas a las redes de alcantarillado. Es por eso que además de la rehabilitación de las tuberías principales de alcantarillado, ya están abordando soluciones de rehabilitación de uniones domiciliarias y cámaras de inspección, porque para evitar las infiltraciones finalmente debes lograr la totalidad del sistema hermético. Son países que nos llevan más de 30 años de ventaja en el uso de soluciones sin zanja para sus redes, son otras realidades económicas y ya pasaron hace años por los problemas estructurales que tenemos en Chile.

Preguntas	Expertos	
	Arlex Toro Rodriguez - dir.ejecutiva@lamstt.org - Director de la Asociación Latinoamericana de Tecnologías sin Zanja.	Roberto Irribarra Cona - riribarra@cipp.cl - Gerente General - CIPP Chile
	Respuestas	
Visualiza un riesgo en el mediano y largo plazo, respecto a la gestión actual en las redes de alcantarillado.	Los riegos que se presentan a mediano y largo plazo de la infraestructura es la insuficiente capacidad y cantidad de las redes disponibles para atender las necesidades debido a la densificación de las ciudades por la alta migración desde los campos y entre países latinoamericanos. También por la combinación de aguas servidas y aguas lluvias en una misma red causando sobrepresión a las tuberías en épocas de lluvias, generando inundaciones. El cambio climático es un factor que afecta fuertemente el servicio de acueducto y alcantarillado. La falta de formación de los responsables de la planeación, operación y mantenimiento de las redes en gestión de los activos subterráneos a mediano y largo plazo. Lo que ha obstaculizado la planeación a mediano y largo plazo obedece a que las obras y proyectos dependen de periodos de gobierno que son en nuestra región entre 4-5 años y son los gobernantes los que solo invierten en obras que alcancen a inaugurar en su período. Para ello, se requiere una política que sea independiente del gobernante de turno. Otro factor importante de riesgo de falla de la infraestructura es el desconocimiento del estado tanto interna como externamente y el inventario y localización de las redes existentes para actuar preventiva y predictivamente.	Claramente se visualiza un riesgo en el corto, mediano y largo plazo si es que no se aumenta la tasa de inspecciones televisivas y de mantenimiento, junto con la oportuna rehabilitación de los colectores que ya han cumplido su vida útil. Principalmente tuberías de concreto, las cuales fueron atacadas también por el ácido sulfhídrico. Según nuestra experiencia en estos 6 años de trabajo, hemos diagnosticado principalmente tuberías de concreto, y dentro de nuestra muestra, aproximadamente el 50% de los colectores ya no tienen capacidad estructural y se encuentran entre grados 4 y 5 según el programa PACP de Nassco. De todas maneras, hay que considerar que nosotros trabajamos en sectores que históricamente han dado problemas, son los más antiguos. En Chile, además de la antigüedad de las tuberías, se sumó la falta de mantención de la red de alcantarillado a lo largo de todos los años de vida de la red de alcantarillado, lo que genera embanques que producen mayor volumen de sulfhídrico y las paredes de los colectores se ven más afectadas, por lo que junto con un programa de rehabilitación también es muy y tal vez más importante aumentar las mantenciones de los colectores, para así disminuir el deterioro acelerado que han tenido. Lo otro que podría agregar es que el problema no es sólo por las sanitarias, los lugares que mayor riesgo tienen y a su vez una alta consecuencia si es que fallan, son los sectores céntricos de las ciudades, donde las mismas municipalidades no permiten hacer un buen trabajo de mantenimiento y diagnóstico por los problemas de tránsito y ruidos que se generan, pero es algo que debe ser comunicado a la comunidad y hacerse cargo del problema porque podría colapsar toda la red de los sectores más concurridos de las principales ciudades si no se hace algo ahora. Las municipalidades deben también estar conscientes de este problema y ayudar con la solución, simplemente facilitando el trabajo de los que están encargados de la infraestructura subterránea.

Preguntas	Expertos	
	Arlex Toro Rodriguez - dir.ejecutiva@lamstt.org - Director de la Asociación Latinoamericana de Tecnologías sin Zanja.	Roberto Iribarra Cona - riribarra@cipp.cl - Gerente General - CIPP Chile
	Respuestas	
Cuál es su opinión respecto a la teleinspección y su utilidad en la gestión de las redes de alcantarillado	La utilidad de la tele inspección está probada en el mundo porque ella le permite conocer su estado actual y determinar la probabilidad de falla a futuro de las tuberías, pozos y acometidas domiciliarias. Lo importante es la regularidad con que se hagan las inspecciones en la red. Las buenas prácticas sugieren inspeccionar el 6% del total de la red anual y a medida que se avance en la rehabilitación de esta se reduce paulatinamente hasta un mínimo del 2% de tuberías y pozos. La metodología PACP de NASSCO ofrece muchos beneficios, entre ellos, que la información está codificada de una forma técnica e integrada al software de las cámaras independiente de la marca, para facilitar la captura de la información. Adicionalmente, le asigna una calificación a cada tubería de 1 a 5, siendo 5 la que se encuentra en peor estado, es decir que requiere ser cambiada inmediatamente. Va disminuyendo el riesgo de falla en la medida que disminuye el valor de la calificación. De esta forma le facilita la planeación y la priorización de los trabajos a realizar mejorando el nivel de servicio. La codificación de las fallas asegura que la interpretación de la información sea la correcta independiente del profesional que la utilice porque es un único idioma.	La teleinspección de las redes de alcantarillado es esencial para poder gestionar de forma eficiente el presupuesto de mantenimiento de redes. Con la teleinspección se puede determinar el problema de la red forma certera, sin tomar decisiones de Alto costo e invasivas sólo por reclamos recibidos. Los problemas en la red pueden ser estructurales como también simplemente de mantenimiento, acumulación de material, mala fabricación de la red (uniones domiciliarias penetrantes), presencia de objetos ajenos al alcantarillado, raíces. Respecto a si se debe usar la metodología PACP de NASSCO, claramente no es una obligación, pero hace mucho sentido tomar de referencia los 50 años de experiencia que ya tienen los países más desarrollados respecto a este tema. Considerando que la codificación y la metodología de PACP de NASSCO además viene del WCR en Inglaterra, es la experiencia mundial la que ha generado este estándar. Y esto debe ser utilizado tanto para diagnosticar, como también para la recepción de los trabajos de rehabilitación de colectores. Son trabajos que deben durar 50 años y la calidad de su instalación debe ser revisada y confirmada por inspectores con conocimiento, lo cual también se puede encontrar en NASSCO.

Preguntas	Expertos	
	Arlex Toro Rodriguez - dir.ejecutiva@lamstt.org - Director de la Asociación Latinoamericana de Tecnologías sin Zanja.	Roberto Irribarra Cona - riribarra@cipp.cl - Gerente General - CIPP Chile
	Respuestas	
Cuales son a su criterio los siguientes pasos para una renovación eficiente en el sector sanitario	Los pasos para seguir son la limpieza, inspección interna complementándose con la investigación de los factores externos de las tuberías como el estado del suelo en el que se encuentran instaladas y las interferencias con otros servicios. Luego la gestión de los datos para determinar primero si se puede rehabilitar o en últimas reemplazar o renovar las tuberías, pozos y acometidas. Planear la separación de las redes combinadas de aguas lluvias y las de saneamiento. Establecer un mapa de las redes con colores dependiendo el estado de criticidad suministrado por la inspección interna y externa. Hacer un plan de trabajo atendiendo con prioridad los activos críticos. Es muy importante tener en cuenta en la formulación de los proyectos el costo de la instalación más el costo de operación y mantenimiento durante la vida útil del activo (ciclo de vida útil), esto debido a que los ahorros que se hagan en la instalación se pueden perder en la operación y mantenimiento	Sin duda el primer paso es aumentar considerablemente la cantidad y calidad de las mantenciones y los diagnósticos de los colectores con teleinspección. De todas maneras recomendaría no dudar en adoptar las prácticas de PACP de NASSCO, considerando además que ya están las herramientas en español y con certificaciones y cursos Online. Para enfocar los esfuerzos, que siempre son limitados, es importante hacer un levantamiento de la criticidad de los sectores de las ciudades, considerando factores ambientales(Cercanía a ríos, mar, reservas), sociales (Colegios, sectores comerciales, alta densidad poblacional, etc) y económicos (Profundidad de los colectores, cuan caro puede salir una emergencia para la cual se tenga que romper pavimento para la reparación). Esto para determinar los sectores más críticos donde enfocar las mantenciones y diagnósticos. De forma paralela hay que saber guardar y gestionar esta información de manera de poder usarla de forma eficiente. Los factores más relevantes a la hora de ser eficientes con estos trabajos es la logística. Poder avanzar con las mantenciones y diagnósticos de forma ordenada, haciéndose cargo de sectores completos, calles enteras si se ve que el colector está en mal estado. Generalmente si un tramo entre cámara y cámara se encuentra deteriorado por sulfhídrico o desgaste natural, los tramos aledaños están en la misma condición. La instalación y desinstalación de los equipos de diagnóstico o posteriormente de rehabilitación, es muchas veces más demoroso que la propia limpieza, por lo que hay que maximizar el uso de los recursos cada vez que uno se instala sobre una cámara de inspección para trabajar en la tubería. Otro punto importante al trabajar sectores completos es que los operadores no pueden simplemente limpiar la tubería traspasando el problema a la siguiente, arrastrando el material en vez de sacarlo. Para esto también es importante asegurar que en las mantenciones se cuente con equipamiento tanto de limpieza como de succión del material. Teniendo el diagnóstico de los colectores, la siguiente etapa es hacerse cargo de los hallazgos, gestionar la información y generar planes de rehabilitación sin zanja en los colectores que se necesite. La rehabilitación sin zanja, son sistemas preventivos que logran instalar una tubería nueva dentro de la antigua con el menor impacto social y ambiental además de ser 3 veces más económico que una reparación con zanja convencional. Para tener un orden de magnitud, las rehabilitaciones deberían llegar al 4% de la red para estabilizarse en el 2% de la red al año. Para esto las teleinspecciones deberían hacerse al 10% de la red al año. Estos estándares son altos, no necesariamente deben mantenerse en el tiempo, pero en este momento hay que hacerse cargo del tiempo perdido, lo que ha dejado la infraestructura subterránea en niveles críticos.

Preguntas	Expertos	
	Arlex Toro Rodriguez - dir.ejecutiva@lamstt.org - Director de la Asociación Latinoamericana de Tecnologías sin Zanja.	Roberto Irribarra Cona - riribarra@cipp.cl - Gerente General - CIPP Chile
	Respuestas	
Que opinión tienes en lo referido a la renovación sin zanja.	Las tecnologías sin zanja son las precisas para atender la mayoría de las obras que se deriven de las inspecciones o en proyectos de ampliación de redes, principalmente por que se realizan en menos tiempo, con baja afectación en la movilidad, el ambiente del lugar de la obra y sobre todo porque evita que los negocios no se paralizen por vías cerradas. Estos costos que hoy asume la comunidad cada vez se están demandando más a los gobiernos locales y empresas de servicios públicos. Cordialmente.	La renovación sin zanja son definitivamente herramientas que deben intentar ser utilizadas siempre antes de romper la calle. ¿Por qué romper una calle si no es necesario? No tiene sentido, además de las variables externas a considerar en una excavación, donde te puedes encontrar con redes de agua potable, redes de gas, redes eléctricas, redes de fibra óptica, redes de instalaciones para la iluminación y señalética vial. Nada de lo antes nombrado tiene un mapeo que permita saber dónde excavar de forma segura, la única solución para evitar más emergencias solucionando una, es utilizando las tecnologías sin zanja disponibles en el mercado. Respecto a la variedad de soluciones disponibles, también es importante estar en conocimiento de la utilidad de cada una de las soluciones para utilizar la que corresponde a cada caso.

Preguntas	Expertos	
	Oscar Viera - oscar.viera@essbio.cl - Subgerente de Planificación Essbio-Nuevosur	Andrés Tagle - andres.tagle@glemflow.com - Gerente General Glem2flow Chile
	Respuestas	
Cuál es su opinión respecto al estado actual de las redes de alcantarillado a nivel de su país e internacionalmente	Creo que la prioridad en el mundo ha estado en el suministro de agua potable, dejando en un punto secundario el saneamiento centralizado que se obtiene teniendo redes de AS. En Chile, las redes de alcantarillado existen y en general están en buen estado en las ciudades, sin embargo, hay una brecha en sectores rurales.	La materialidad comúnmente utilizada décadas atrás, cuando comenzaron las instalaciones de alcantarillados, fueron el asbesto cemento y el hormigón, materialidades con vida útil limitada, independientes del país donde los colectores estén ubicados. Dado eso, nuestra experiencia nos muestra que los colectores de estas materialidades, antiguos, están muy deteriorados, deterioro que no solo se manifiesta en el desgaste interior y pérdida de espesor de pared, en gran parte por el gas sulfhídrico, sino también presentan una enorme cantidad de roturas, principalmente en los costados o "costillas" del colector. En Chile, en particular, se suma la variable temblores y terremotos, que contribuyen fuertemente a dañar aún más las redes de aguas servidas.

Preguntas	Expertos	
	Oscar Viera - oscar.viera@essbio.cl - Subgerente de Planificación Essbio-Nuevosur	Andrés Tagle - andres.tagle@glemflow.com - Gerente General Glem2flow Chile
	Respuestas	
Visualiza un riesgo en el mediano y largo plazo, respecto a la gestión actual en las redes de alcantarillado.	Creo que los indicadores que se capturan sobre la gestión de estos activos permiten tomar decisiones a tiempo en los lugares que se requieren. En esa línea, con una correcta mantención y vigilancia, al menos en Chile no veo un riesgo significativo.	En Chile aproximadamente la mitad de las redes de aguas servidas son de asbesto cemento y hormigón, y algo obvio, es que cada día las redes son más antiguas. La actual tasa de reposición / reemplazo / renovación de redes de aguas servidas, antiguas, es alrededor de 0,52%, que es muchísimo menos que un ideal de 2%, que significaría que en 50 años se renovarían la red antigua. El riesgo es que llegue un punto en que se produzca una “avalancha” de interrupciones en la continuidad del servicio y que implique un enorme esfuerzo y disrupción social para solucionar una enorme cantidad de casos de una vez. Respecto a la gestión actual en las redes de alcantarillado, hay un tema no correctamente abordado, que es la limpieza de las redes. Las sanitarias contratan servicios de limpieza, pero al ser valores tan ajustados, el incentivo de los contratistas es más desobstruir y lograr que el agua fluya, para aumentar la cantidad diaria de metros intervenida, y por ende, facturada, más que realmente limpiar cada tramo de colector, removiendo todos los sedimentos y material encontrado, servicio mucho más lento y de mayor valor, pero que contribuiría a tener una red más sana.
Cuál es su opinión respecto a la teleinspección y su utilidad en la gestión de las redes de alcantarillado	Creo que la teleinspección es imprescindible para una buena gestión de redes. Según estadística interna, el 80% de los problemas en redes AS son obstrucciones u otros que son visibles con teleinspección. Sobre la tecnología PACP o NASSCO no soy experto, pero entiendo que no son aplicables en todo tipo de tuberías (diámetros). Es relevante escuchar a las empresas sanitarias y las problemáticas asociadas a la utilización de las tecnologías en caso de que se generen instructivos o normas relativas a su uso.	La tele inspección es una herramienta muy poderosa para evaluar el estado interior de las redes de alcantarillado. La metodología PACP de NASSCO es excelente, ya que logra un lenguaje universal, para que los resultados de las inspecciones sean homogéneos y comprendidos por todos. La metodología PACP de NASSCO también contribuye a la limpieza y mantenimiento de los colectores, ya que éstos deben ser limpiados previa inspección, para obtener un resultado satisfactorio. Ahora, los inconvenientes de esta metodología a considerar son dos. El primero, es que es una inspección más costosa, ya que, para ser rigurosos, se debe contar con un camión combinado de limpieza, que son equipos de alto valor. Lo segundo, es que no hay que olvidar que el PACP finalmente consiste en que un operador, que debe haber realizado el curso y haber obtenido la certificación, es quien ingresa los códigos, operador que puede ser más o menos diligente, más o menos honesto, más o menos profesional, etc. No es que la inspección en sí misma arroje un resultado. Es por esto que es muy relevante que las empresas sanitarias cuenten con personal capacitado y certificado, para poder evaluar la prolijidad de los informes de cada video inspección, y poder tomar las decisiones correctas.
Cuales son a su criterio los siguientes pasos para una renovación eficiente en el sector sanitario	Se debe renovar en base a desempeño, y no en base a vida útil. 1. Revisar origen de las discontinuidades (teleinspección). 2. Resolver operativamente. 3. Si no se resuelve, primero buscar rehabilitación. 4. Si rehabilitación no es posible, renovación revisando si requiere aumento de diámetro para el crecimiento.	En nuestro caso, como contratistas de renovaciones, un primer paso sería que las sanitarias licitaran a fines de año las obras para comenzar a principios del año siguiente. En los dos últimos años ha habido una cierta tendencia a adelantar los procesos licitatorios. El sin sentido que se ha producido muchas veces, es que las sanitarias licitan y adjudican en el segundo semestre del año, con la intención de terminar las obras en el mismo año calendario, dados los compromisos con la SISS, pero se produce un estrés innecesario, y que además aumenta el valor de las obras ya que se deben usar recursos adicionales para terminar a tiempo.
Que opinión tienes en lo referido a la renovación sin zanja.	Creo que es una excelente opción, demostrada técnicamente. Se debe una consideración sobre la capacidad que se requiere aguas abajo, para que no se afecte con la rehabilitación.	Nuestra empresa Glemflow, fue pionera en Chile en la renovación sin zanja, o como llamamos nosotros, la Rehabilitación Sin Zanja, habiendo comenzado en 2014 en Nuevosur. Hoy en día, ya es una solución aceptada por todas las empresas sanitarias del país, y ha hecho una enorme contribución al sector sanitario, por tener, principalmente, 5 atributos o ventajas frente a los tradicionales sistemas más invasivos como zanja y cracking. Frente a estos sistemas, las tecnologías sin zanja son: más económicas, más rápidas, más seguras y muy amigables con la comunidad y el medio ambiente.

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO C PALABRAS CLAVE

Tabla C.1 Palabras Clave

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
1	Caradot N., Riechel M., Fesneau M., Hernandez N., Torre A., Sonnenberg H., Eckert E., Lengemann N., Waschnewski J. y Rouault P., (2018). Practical benchmarking of statistical and machine learning models for predicting the condition of sewer pipes in berlin, Germany.	El 66,7 % de las tuberías inspeccionadas en mal estado han sido previstas correctamente.	Base de datos SIG (año construcción, material, tipo de efluente, largo, diámetro y CCTV de la ciudad de Berlín	Modelos entrenados con el conjunto de datos de CCTV de la red de alcantarillado de Berlín.	Modelo Estadístico Gompitz basado en análisis de supervivencia y cadenas de Markov; y un modelo de aprendizaje automático Random Forest	A nivel de red, ambos modelos dan resultados satisfactorios con desviaciones

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
2	Myrans J., Everson R. and Kapelan Z., (2019). Automated detection of fault types in CCTV sewer surveys.	La metodología logró una precisión máxima del 73% cuando se aplicó a tipos de falla están bien representadas	Características de la imagen y los parámetros del clasificador se aprenden de la base de datos etiquetadas de fotografías utilizadas para entrenar el método	Metodología para identificar automáticamente el tipo de falla detectada utilizando imágenes sin procesar de CCTV	Random Forest, clasificador de conjunto que utiliza una colección de árboles de decisión para predecir la clase de un objeto digital determinado.	La metodología funciona tanto con imágenes fijas de CCTV como con videos
3	Rokstad M. and Ugarelli R., (2015). Evaluating the role of deterioration models for condition assessment of sewers.	Las predicciones a nivel de red en la mayoría de los casos tenían menos precisión que la línea base de la varianza de selección. La baja calidad de las predicciones puede atribuirse a la agregación de la clasificación y a la falta de covariables apropiadas y la posible insuficiencia de los supuestos del modelo.	La utilización de datos de inspección de un subconjunto de las alcantarillas puede ayudar a clasificar las tuberías según probabilidad de falla.	Para mejorar las predicciones se deben considerar más cuidadosamente los diferentes modos de falla que contribuyen al CC y recopilar los datos que se cree que afectan a cada uno de ellos.	Gompitz: modelo estadístico desarrollado específicamente para modelar el deterioro de las alcantarillas es un modelo de cadena de Markov no homogénea. Random Forest (RF), algoritmo de aprendizaje automático de propósito general	

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
4	Okwori E.; Pericault Y., Ugarelli R., Viklander M., (2021). Data – Driven asset Management in purban water pipe networks: a proposed conceptual framework.	Estudio propone un marco para permitir una mayor gestión basada en datos en redes de tuberías. Talleres con grupos focales.	Para la gestión de activos se requiere una estructura de datos estándar, de la red de alcantarillado, basado en modos y mecanismos de falla conocidos.		Desarrollo y selección de rutinas que aumentan la gestión de activos basado en datos de tuberías. El cuestionario en línea con 5 municipios y tres talleres de grupos focales validaron los resultados de la revisión de la literatura.	

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
5	EPA 1999. Collection Systems O&M Fact Sheet – Sewer Cleaning and Inspección.	Programas de inspección para determinar las condiciones actuales del alcantarillado.	La utilización de datos de inspección de un subconjunto de las alcantarillas puede ayudar a clasificar las tuberías según probabilidad de falla.	La documentación de las inspecciones es muy importante para un programa exitoso de operación y mantenimiento (O&M). Las inspecciones de CCTV producen un registro de video de la inspección que se puede usar como referencia futura. Se recomienda un promedio del 6.8% de teleinspección del sistema por año.		

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
6	Norma Técnica de Servicio NS-058/2021 - Aspectos Técnicos Para la Investigación y Calificación de Redes de Alcantarillado Con Equipos de CCTV.	Esta norma técnica permite establecer los requisitos mínimos para la video inspección de redes de alcantarillado con CCTV y estandarizar el proceso de evaluación de tuberías de manera consistente y permanente.	Revisión de los planos o mapas de ubicación del sector a inspeccionar para determinar las vías de acceso a la zona, estacionamiento y logística.	La teleinspección se utiliza bajo el estándar NASSCO	Esta norma define una metodología basada en NASSCO para clasificar la tubería entre 1 y 5, Si el tramo califica como 5, debe tener atención inmediata.	
7	Buried No Longer Confronting America's Water Infrastructure Challenge EEUU - AWWA					En este documento se realiza un análisis de las redes de agua potable y de las consecuencias de realizar renovaciones a estas redes.

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
8	OPTIMIZING OPERATION, MAINTENANCE, AND REHABILITATION OF SANITARY SEWER COLLECTION SYSTEMS 2003 EPA	identificar áreas con problemas crónicos para poder planificar y programar el mantenimiento.	Mapas de sistemas de recolección, identificando las cámaras y las limpiezas realizadas. Se debe tener información de la tubería, el tipo, la longitud, la dirección, ubicación de las cámaras.	Se deben realizar inspecciones para verificar la exactitud y la integridad de los planos de registro,	Se utilizan modelos para determinar los flujos presentes y futuros.	
9	Informe de Gestión 2022 SISS					Entrega información de la gestión de las empresas sanitarias, permite evaluar los porcentajes de renovación y de los problemas de calidad, en lo referente a las redes de alcantarillado.

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
10	Estudio de Percepción de los usuarios sobre la calidad del servicio de las empresas sanitarias, Versión 2022, SISS.					Entrega información respecto a la percepción de las personas, frente a los servicios prestados por las empresas sanitarias. Se identifica que la prestación del servicio de alcantarillado es el peor evaluado.
11	Resolución SISS N°1663 de fecha 11.08.2021	Se entrega una metodología para evaluar el estado de las redes de alcantarillado.	Se debe tener información de la edad, diámetro, material, obstrucciones y cercanía a puntos sensibles.	La teleinspección se utiliza para calificar y clasificar el tramo de la red de alcantarillado.		El instructivo se aplicará a todo el sector sanitario, y busca una mejor gestión de las redes de alcantarillado.
12	DFL MOP N°382 Ley General de Servicios Sanitarios					En esta Ley se definen las obligaciones y responsabilidades de las empresas sanitarias, las cuales deben garantizar la calidad y continuidad del servicio.

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
13	Norma Chilena NCh3354 Limpieza red de alcantarillado		Características técnicas y de la conformación de la red de alcantarillado. Tipo de afluente. Características del alcantarillado.			Norma que tiene el alcance de definir procedimiento para la limpieza de una red de alcantarillado.
14	NCh3640/1 Sistemas de rehabilitación en materiales plásticos para redes de alcantarillado de aguas servidas y aguas lluvias enterradas sin presión — Parte 1: Generalidades			El equipo de inspección (CCTV) debe proporcionar una imagen clara de todas las partes del tubo instalado. Esta debe incluir imágenes en color y medios para grabar/reproducir, completamente con reproducción ralentizada e imagen a imagen. El registro debe ser etiquetado sobre la pantalla con la localización completa, metraje, tipo y tamaño de tubo y fecha		Esta norma especifica ca las características y métodos de ensayos para los sistemas de rehabilitación en materiales plásticos para redes de alcantarillado de aguas servidas y aguas lluvias enterradas sin presión que operan como sistemas de gravedad

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
15	UNE-EN 13508-2 Exámen y evaluación de los sistemas de desagüe y de alcantarillado en el exterior de edificios - Parte 2: Sistema de codificación de inspecciones visuales	La información codificada permite evaluar las deficiencias de comportamiento como parte del desarrollo de un plan de rehabilitación.	Se debe disponer información de la red de alcantarillado para realizar la teleinspección.	La codificación a realizar se realiza en base a la información recopilada de la teleinspección.		En esta norma se especifica un sistema de codificación para la descripción de la condición interna de las redes de alcantarillado.
16	Pérez M. & Perdomo M. (2011), Herramientas para la toma de decisiones en la Gestión de Alcantarillados: Perspectivas de implementación de la EAAB		Longitud, diámetro, profundidad, pendiente, localización.	Se utiliza para definir una clasificación y calificación de los tramos.	Modelos de Cadena de Markov, Estimación de probabilidades de transición, modelo probit ordenado.	

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
17	Reglamento de las concesiones sanitarias de producción y distribución de agua potable y recolección y disposición de aguas servidas y de las normas sobre calidad de atención a los usuarios de estos servicios - DS MOP N°1199 - 2004					En este reglamento se definen las obligaciones de las empresas sanitarias y de los usuarios, se exige que las empresas deben tener un plan de mantenimiento de su red de recolección.
18	Rodríguez N. (2006), Una investigación de los factores que influyen en el deterioro estructural del alcantarillado - Universidad de Los Andes Bogotá	Modelación hidráulica del alcantarillado, es necesaria para entender el comportamiento hidráulico del sistema.	Estado estructural, condición de la tubería, detección de vacíos, estado de corrosión, estado hidráulico, condición de la tubería, tamaño, sedimentos, raíces, impacto ambiental, carga contaminante.	La condición estructural se establece en gran parte en las inspecciones realizadas con CCTV o a través de inspecciones que permitan definir la condición del alcantarillado.		Se presenta una evaluación costo beneficio de las opciones de rehabilitación.

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
19	Posada A. (2019), Determinación del estado de redes de alcantarillado y su necesidad o no de ser sometidas a renovación / rehabilitación teniendo en cuenta Minería de Datos - Universidad de Los Andes Bogotá	Se realiza un análisis de las fallas típicas en los sistemas de alcantarillado, fallas operacionales y fallas estructurales.	Edad de las tuberías, tamaño de las tuberías, profundidad, material, longitud, material del lecho, tipo de vía/tráfico.	Se indica que existen modelos que planifican y modelan en base a información de CCTV.	Modelación hidráulica e indicadores de servicio, modelos estadísticos (regresión lineal, regresión logística, árboles de decisión, bosques aleatorios, redes neuronales artificiales, modelos de aprendizaje automático.	
20	Caradot N., Hernandez N., Sonnenberg H. (2018), From CCTV data to strategic planning: deterioration modelling for large sewer networks in Germany and Colombia -	Se realiza una evaluación mediante la aplicación de modelos en Alemania y Colombia	Material, edad, profundidad, ancho, carga de tráfico.	El modelado de deterioro utiliza datos de inspección de CCTV de alcantarillado y características SIG.	Cadena de Markov Gompitz, calibrada y validada utilizando datos de CCTV y GIS	

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
21	Sauza L., (2020), Determinación del estado de redes locales de alcantarillado y su necesidad o no de ser sometidas a renovación / rehabilitación teniendo en cuenta CCTV en un número limitado de tuberías - Universidad de Los Andes.	Estudiar las redes de alcantarillado de la ciudad de Bogotá.	material, edad, diámetro, longitud, pendiente, profundidad, tipo de suelos.	Permite examinar y registrar la condición interna de la tubería para identificar condiciones actuales de la tubería, incluyendo problemas de instalación, operacional/mantenimiento o estructural.	Modelo de regresión logística binaria, modelo de regresión logística multinomial. Modelo de Cadena de Markov.	
22	NCh 1105 Ingeniería Sanitaria - Alcantarillado de aguas residuales - Diseño y cálculo de redes - 2019	La norma define requisitos para el diseño de la red de alcantarillado.	Diámetro, pendiente, caudal.			Se establecen condiciones operacionales como altura de agua y velocidad, además de constructivas, diámetros y pendientes mínimos.
23	NCh 3409 Rehabilitación de tuberías para conducción de fluidos con o sin presión - Curado en obra - 2019	Se debe realizar una inspección previa a la red de alcantarillado antes de la renovación.	Material, diámetro	se exige una limpieza antes del ingreso de cámaras de inspección.		En esta norma se definen los requisitos que deben cumplir los materiales y el procedimiento para la rehabilitación de la tubería.

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
24	Serna M. (2002), Estado del Arte en Nuevas Tecnologías de Inspección y Limpieza de Sistemas de Alcantarillado y su efecto en el diseño y la normatividad de pozos de inspección - Universidad de Los Andes Bogotá.	Se realiza una evaluación de las nuevas tecnologías para la inspección y limpieza de los sistemas de alcantarillado.	Diámetro, profundidad, diámetros de acceso a CI, distancia entre CI.	Se utiliza CCTV para realizar medidas directas de la condición del alcantarillado.	Los métodos de diagnóstico permiten a los operadores del sistema predecir y localizar posibles problemas en la red de alcantarillado.	
25	Libro Blanco de las Tecnologías Sin Zanja - Asociación Ibérica de Tecnología Sin Zanja - 2018					Libro que presenta soluciones y técnicas utilizadas en la gestión de las redes de alcantarillado.
26	CCTV - NASSCO - PACP - WRC - Codificación - Defectos Estructurales - Operación y Mantenimiento - Características de Construcción					Manual utilizado para la certificación de operadores, se describen para cada evento encontrado en la red, la clasificación y calificación del tramo.

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
27	Shamsuddin D., Rokstad, Møller M.; Paste K., Langeveld A., Tscheikner-Gratl, Franz - 2022 - Challenges of integrated multi-infrastructure asset management a review of pavement, sewer, and water distribution networks		Datos de la red de infraestructura, incluidas las propiedades físicas. Datos sobre el estado de los activos. Resultados de sensores y modelos.	En las tuberías de alcantarillado, la recopilación de datos sobre el estado se realiza visualmente mediante cámaras de circuito cerrado CCTV.		Se hace una evaluación de analizar, la infraestructura en su conjunto, pavimentación y redes de servicios.
28	Venkatesh G. (2011), Systems performance analysis of Oslo's water and wastewater system	Desarrollo sostenible en sus operaciones y lo rebautizan como un enfoque de gestión de triple resultado o 'triple P' (social (personas), económica (beneficios) y ambiental (planeta),	Material, edad, diámetro, tipo de Alcantarillado, pendiente de la tubería, suelo, material de relleno.	Se utiliza resultados de inspección de CCTV o clase de condición.		

29	Montoya A. (2019), The influence of different characteristics on the probabilities of failure of sewer pipes	Se realiza una evaluación de la red de alcantarillado, su probabilidad de falla en base a la información disponible.	Material, año, longitud, diámetro de las localidades estudiadas.	Se utiliza la teleinspección para la clasificación de las fallas.	El modelo no paramétrico implementado considera la censura por la derecha y el truncamiento por la izquierda que es común en los datos de falla. El modelo proporcional de Cox, por otro lado, sólo considera la censura por derecho. Sin embargo, al implementar la función coxphfit de MATLAB para estimar los coeficientes, la entrada que se utilizó como vector de tiempo hasta el evento se organizó de manera similar a como el modelo ESE examina el número de individuos en riesgo en el momento del evento. evento, por lo que el truncamiento izquierdo también se consideró para el modelo de Cox	
----	---	---	---	--	--	--

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
30	Stanić N., (2016), Assessment methods for structural and hydraulic properties of concrete sewer pipes	Los métodos destructivos como el muestreo de núcleos pueden proporcionar información valiosa adicional sobre las propiedades de resistencia de la alcantarilla se compara los resultados de la evaluación de la corrosión de alcantarillado basada en la inspección CCTV y el muestreo de núcleos, teniendo en cuenta la incertidumbre de ambos métodos	Material, diámetro, longitud, pendiente.	La inspección de alcantarillado (por ejemplo, inspección por CCTV) puede proporcionar información valiosa sobre el estado físico del sistema y el índice de deterioro, la CCTV, como técnica de inspección predominantemente aplicada, es eficaz sólo para detectar defectos graves	En este estudio se utilizó una de las técnicas para la identificación de riesgos de los sistemas de alcantarillado, el análisis HAZOP, HAZard and Operability.técnica permite el aporte de profesionales, especialistas y científicos, y brinda la oportunidad de interacción entre los tres grupos, lo que mejora una descripción integral de los mecanismos de falla	

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
31	Cabrera M., Sánchez G., (2019), Evaluación del deterioro de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial	El diagnostico propuesto, permite una evaluación permanente del estado o servicio que prestan los drenajes, a través de labores de campo y gabinete	Edad de la tubería, valoración del desarrollo urbano, valoración de efectos por hundimiento, valoración de zonificación geotécnica.	La técnica de video inspección implica la aplicación de la visión al interior de la tubería, mediante una videocámara	En la metodología propuesta aplicable a cualquier sitio se destacan tres análisis: 1) valoración del estado general actual 2) estudios complemento 3) valoraciones de apoyo	
32	Cadenas De Markov - Universidad de Granada - https://www.ugr.es/~bioestad/_private/cpfund10.pdf					Texto que aborda la cadena de Markov, modelo estadístico en varios estudios de alcantarillado.

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
33	Karola Y., Forero G., Hernández N. (2011), Cadenas de Markov aplicadas a la toma de decisiones en gestión patrimonial de alcantarillados	Se genera información para evaluar daños y características, se realiza a través de base de datos que se convierte en la base primaria para el desarrollo de las estimaciones. Para el análisis de datos, se utilizaron los siguientes métodos: percentiles, prueba de Bartlett, Shapiro Wilk, prueba t, Análisis de varianza ANOVA, Kruskal Wallis, Análisis de componentes principales (PCA) y Taguchi	Edad, material, diámetro, longitud, pendiente, tipo de tubería-	Las bases de datos de las tuberías, incluyendo la información obtenida por las imágenes capturadas mediante inspecciones CCTV, se requieren con el fin de tener una inspección visual de los daños presentados y poder caracterizar de manera directa el estado de cada tubería	cadenas de Markov	

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
34	Tscheikner-Gratt F., Carado N., Cherqui F., Leitão J., Ahmadi M, Jeroen G. (2020), Sewer asset management – state of the art and research needs - https://hal.science/hal-02511764	La evaluación de la condición es un componente vital de cualquier estrategia de gestión de activos, que precede a la evaluación del desempeño del activo, para seguir un enfoque basado en el riesgo	Los datos necesarios incluyen información sobre las características de los activos durante su vida operativa (por ejemplo, fecha y profundidad de la instalación, material, relleno, condición, eventos de falla e intervenciones), pero dichos elementos generalmente faltan en las bases de datos de las empresas de servicios públicos	Las técnicas de inspección de circuito cerrado de televisión (CCTV) siguen siendo el método más aplicado para evaluar el estado y la operatividad de los sistemas de alcantarillado. problema, con respecto a la inspección de alcantarillado en general, es el hecho de que los programas de inspección a menudo se basan en la experiencia e intuición del operador	Los principales enfoques estadísticos desarrollados son el análisis de supervivencia, la cadena de Markov, la regresión logística y el análisis discriminante. El análisis de supervivencia y la cadena de Markov son los tipos más comunes de modelos de deterioro estadístico a nivel de red.	

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
35	Lee J., Young Ch., Baek S., Han S., Yun S (2021), Risk-Based Prioritization of Sewer Pipe Inspection from Infrastructure Asset Management Perspective	Se priorizar un marco de inspección de tuberías de alcantarillado para la gestión sostenible de activos de infraestructura, combinando un modelo de predicción de condición y un modelo de evaluación de criticidad	Para este estudio se generó una ecuación de transición para predecir el patrón de deterioro a lo largo del tiempo considerando longitud, diámetro, material, edad y pendiente		El modelo de evaluación de criticidad tiene como objetivo identificar las tuberías que se espera que tengan el mayor impacto de falla en términos de aspectos económicos, sociales y ambientales	
36	Laakso T., Kokkonen T., Mellin J., Vahala R. (2018) Sewer Condition Prediction and Analysis of Explanatory Factors.	Se combinan resultados de inspección, atributos de tuberías, datos de red y datos sobre el entorno de las tuberías para predecir el estado de las tuberías y descubrir qué factores las afectan	Se utilizan atributos de la tubería, edad, material, pendiente, largo.	Los datos de inspección de CCTV se utilizaron y presentaron deficiencias.	Se utilizan algoritmo de bosque aleatorio para modelar la condición de la tubería y evaluar la importancia de la variable utilizando el algoritmo de Boruta, Regresión logística binaria, Bosque aleatorio	

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
37	Ahmadi M., Cherqui F., Gauffre P., Christophe De Massiac J. (2014), From sewer inspection programmes to rehabilitation needs: Research and results related to data quality and availability with the support of numerical experiment	Se realiza evaluación en base a la gestión de activos de la red de alcantarillado.	Se identifica falta de datos y esto constituye un obstáculo, que aumenta la incertidumbre.	Se utiliza la CCTV como Un componente para enfoques proactivos, y evaluar el estado de los segmentos de alcantarillado. La gestión se puede resumir de la siguiente manera: en Francia la renovación anual la tasa es inferior al 1% y la tasa de inspección anual no excede el 5%	Regresión logística, permite predecir el impacto de los datos disponibles en la eficiencia del programa de inspección.	

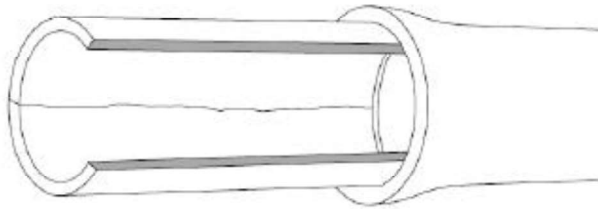
Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
38	Tavakoli R; Sharifara A., Najafi M. (2020), Prediction of Pipe Failures in Wastewater Networks Using Random Forest Classification	Desarrollar un modelo predictivo para tuberías de aguas residuales utilizando clasificación forestal aleatoria. Los modelos predictivos pueden predecir de manera eficiente el estado de las aguas residuales y pueden aumentar el nivel de certeza del estado actual de las tuberías de aguas residuales.	Edad, material, diámetro, longitud, pendiente, tipo de tubería-	El modelo de RF se entrenó con los datos de evaluación de condiciones existentes basados en CCTV. Los resultados de su modelo mostraron que el modelo RF proporcionaba un equilibrio eficiente entre los tiempos de cálculo y la precisión de las predicciones	Predicción de fallas de tuberías en redes de aguas residuales mediante clasificación forestal aleatoria	
39	GALLEGO M., Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando IA	Inferir el deterioro de las tuberías de alcantarillado que no cuentan con CCTV	Edad, material, diámetro, longitud, pendiente, tipo de tubería-	Se utiliza para realizar predicciones de la red de alcantarillado	Predicción del Deterioro de las Tuberías de Alcantarillado Usando Inteligencia Artificial	

Palabra Clave o Concepto (objetivo principal): Gestión de redes de alcantarillado	Autor	Evaluación de la red de alcantarillado	Que información se debe disponer de la red de recolección	Como se utiliza la teleinspección	Modelos existentes para proyectar el estado de una red de alcantarillado	Otras Ideas
40	Martínez J., Alarcón N. (2019), Evaluación de técnicas de extracción de características para detección automática de anomalías en redes de tuberías de alcantarillado a partir de imágenes de video.	Mejorar la extracción de características y las técnicas que se utilizan en base a la detección de bordes y demostrar que algoritmos de Machine Learning, logran un mayor factor de exactitud y precisión		Se utilizó la teleinspección como base, para aplicar programas que permitieran determinar el estado de la red.	Modelo que contenga los patrones que permitan la clasificación de imágenes de tuberías con y sin defectos. Para esto, se utilizan algoritmos de Machine Learning	

ANEXO D CLASIFICACIÓN NASSCO EJEMPLOS

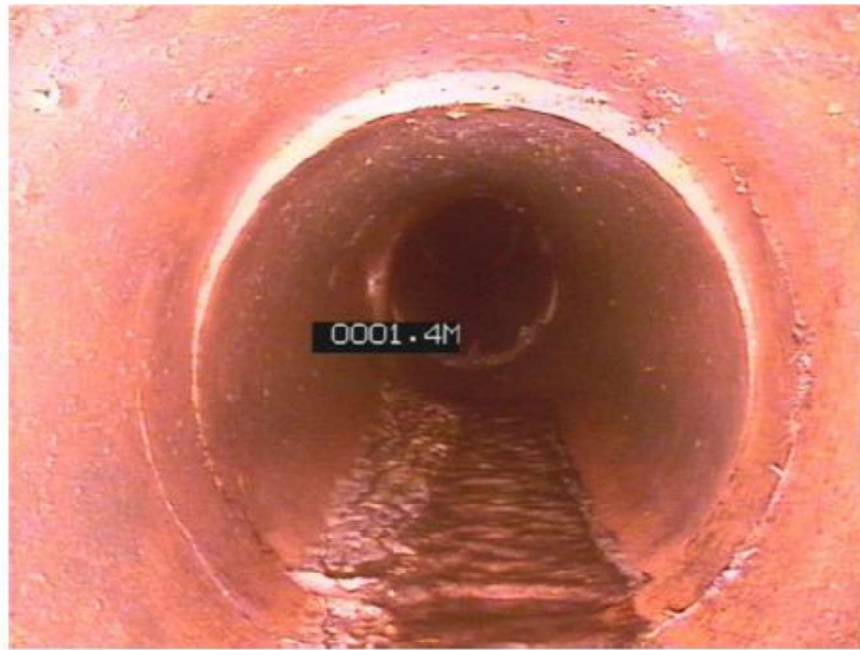
Fotografías D.1 Ejemplos NASSCO Clasificación

A-1 Grieta Longitudinal (CL)



Fuente: NASSCO - PACP

A-2 Grieta Circular (CC)



Fuente: NASSCO - PACP

A-3 Grieta Múltiple



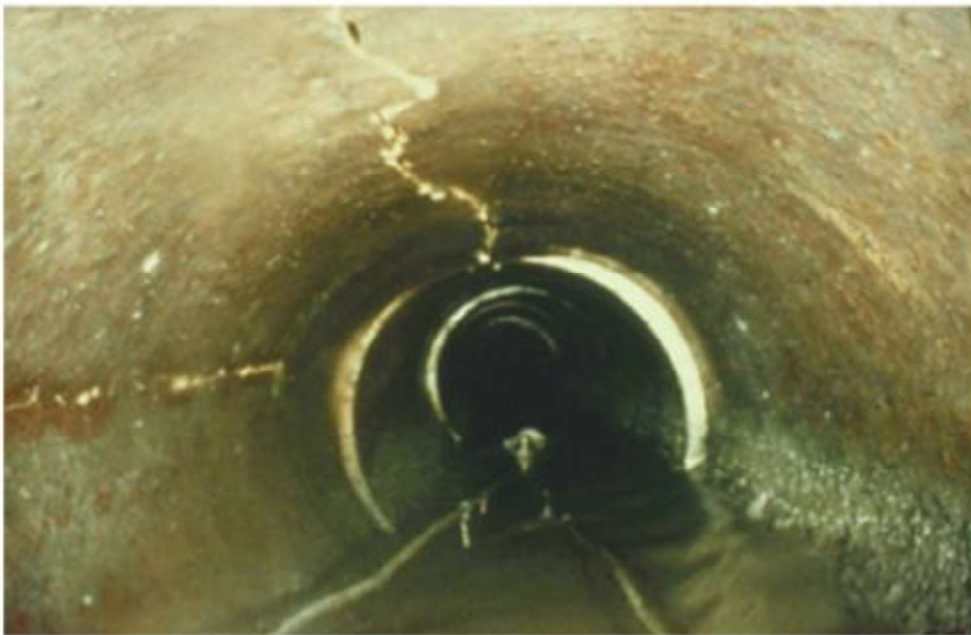
Fuente: NASSCO - PACP

A-4 Grieta en Espiral (CS)



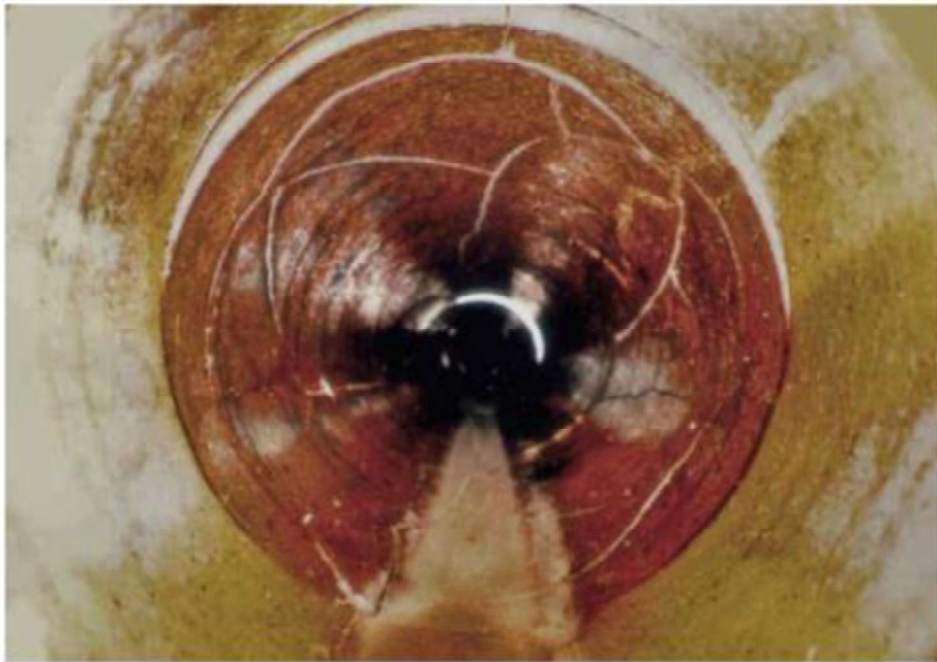
Fuente: NASSCO - PACP

A-5 Fractura Longitudinal (FL)



Fuente: NASSCO - PACP

A-6 Fractura Múltiple (FM)



Fuente: NASSCO - PACP

A-8 Rotura (B)



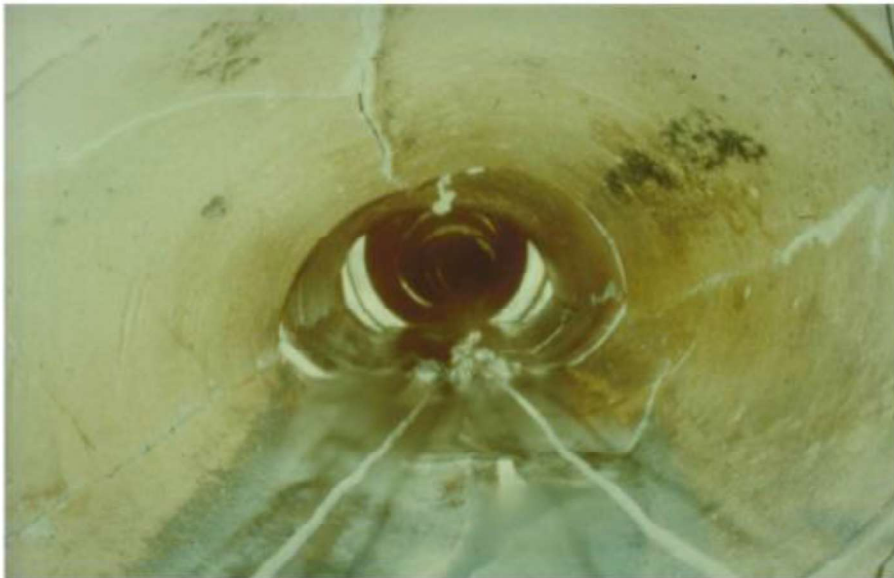
Fuente: NASSCO - PACP

A-9 Agujero (H)



Fuente: NASSCO - PACP

A-10 Deformación (D)



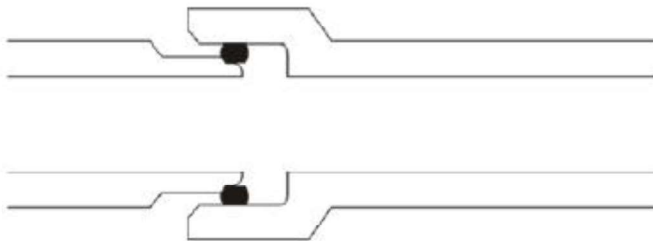
Fuente: NASSCO - PACP

A-11 Colapso (X)



Fuente: NASSCO - PACP

A-13 Junta Separada (JS-OJ)



Fuente: NASSCO - PACP

A-16 Agregado Visible (SAV)



Fuente: NASSCO - PACP

A-17 Agregado Protuberante (SAP)



Fuente: NASSCO - PACP

A-21 Pared Ausente (SMW)

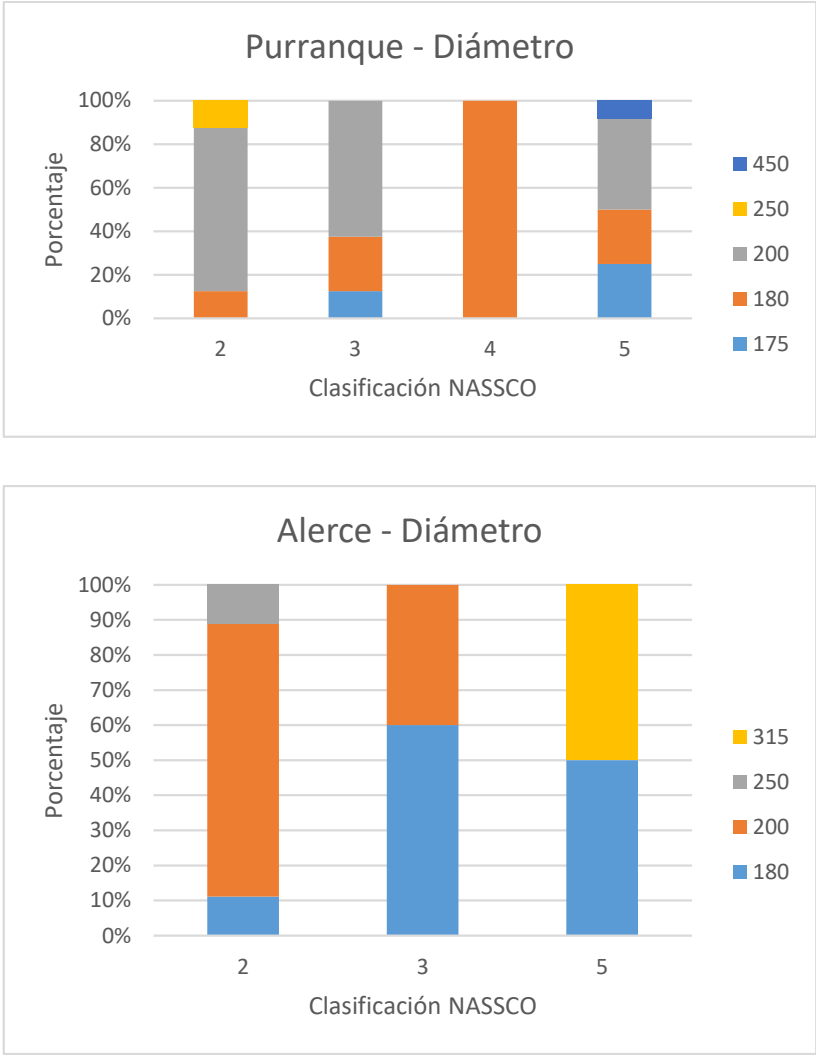


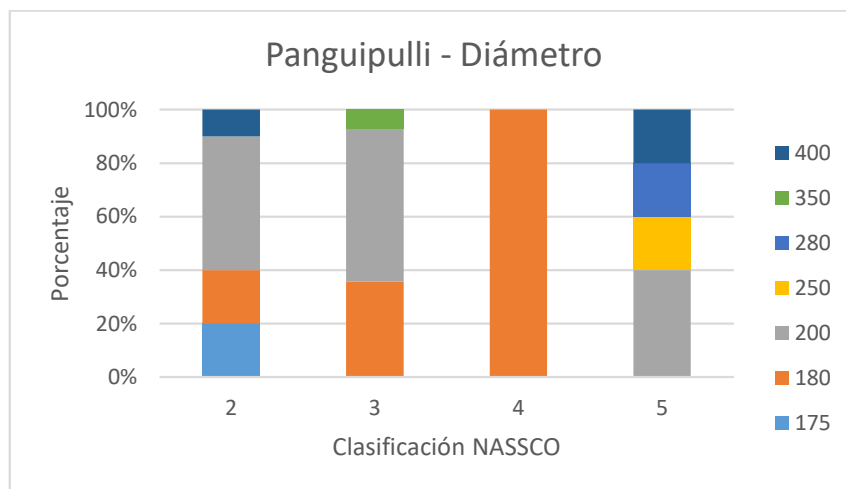
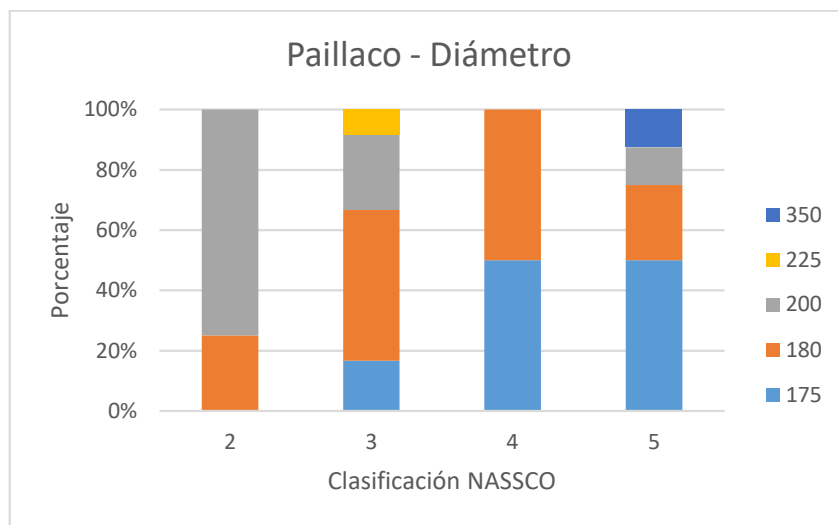
Fuente: NASSCO - PACP

ANEXO E
RELACIÓN NASSCO CON VARIABLES TOPOLÓGICAS

Las distribuciones del conjunto de datos se presentan en los siguientes gráficos, en la cual se observa la clasificación estructural de las tuberías agrupada por cada característica física, que es material, diámetro, longitud y antigüedad.

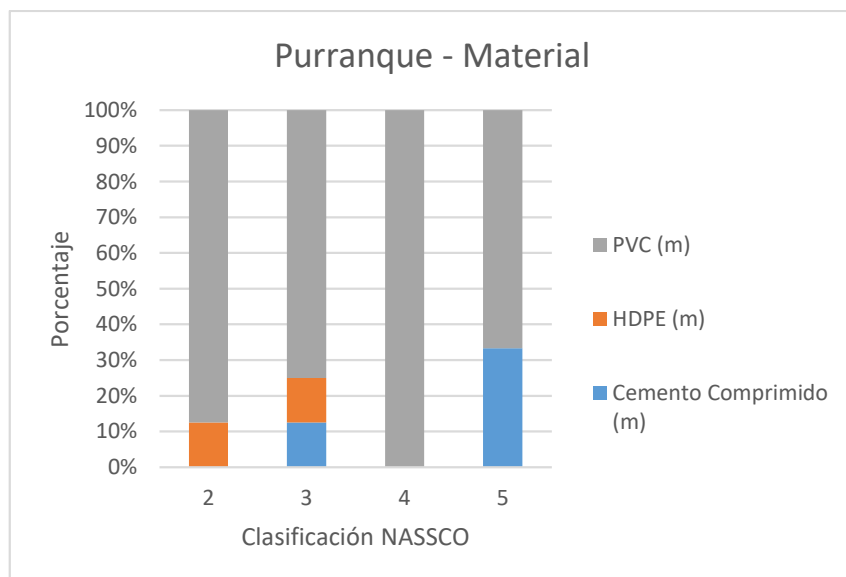
Gráfico E.1: Clasificación NASSCO - Diámetro

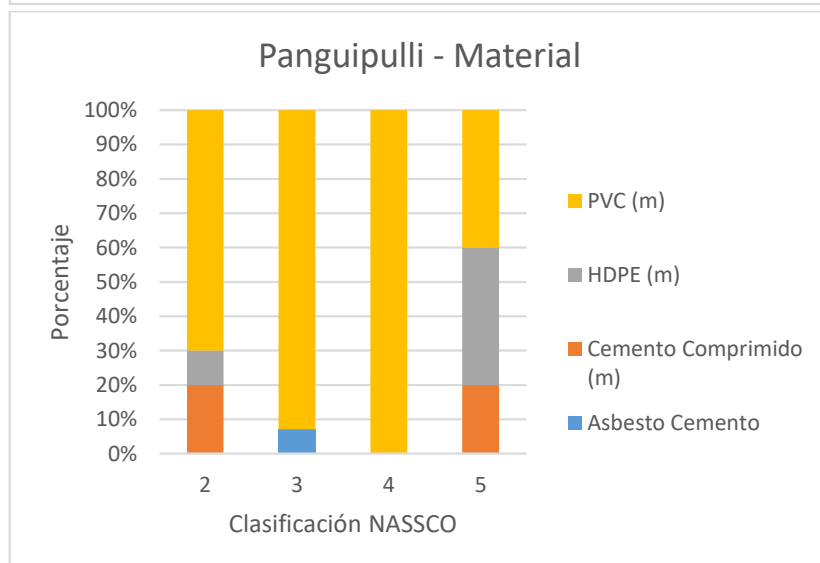
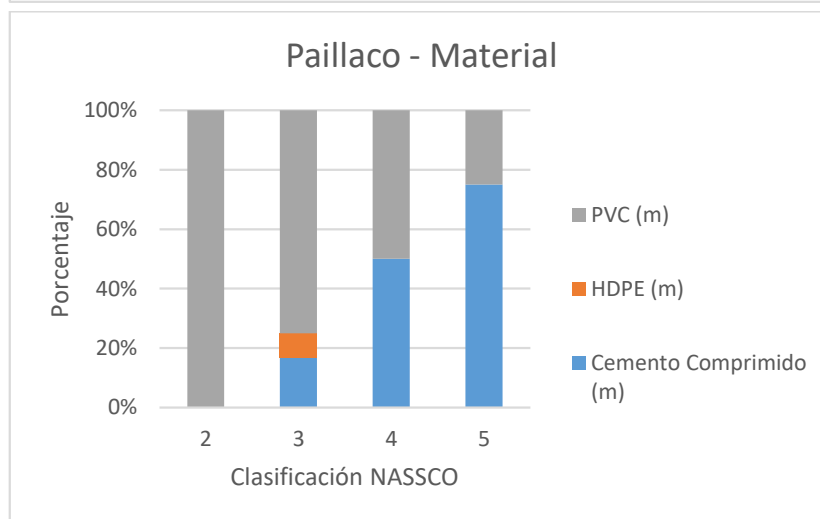
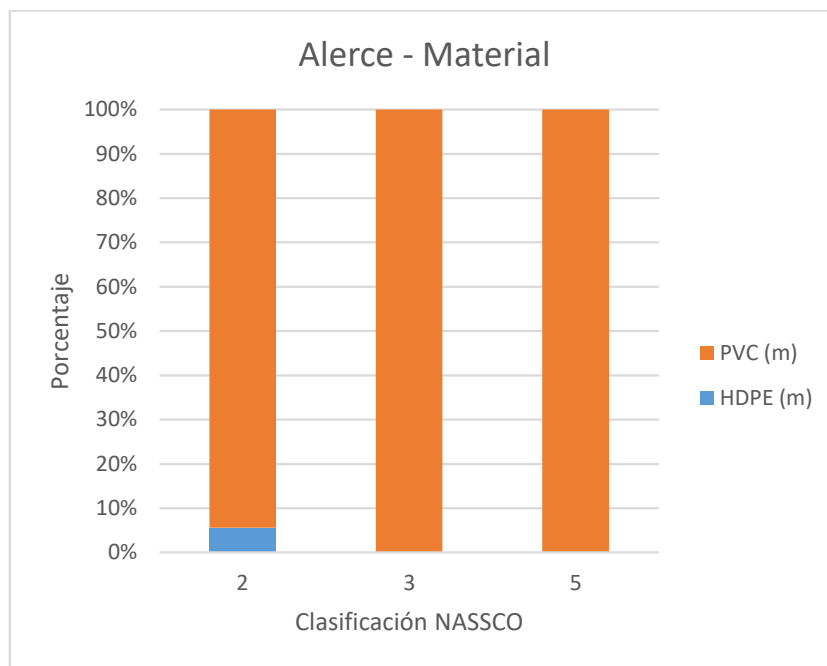




Fuente: Elaboración propia

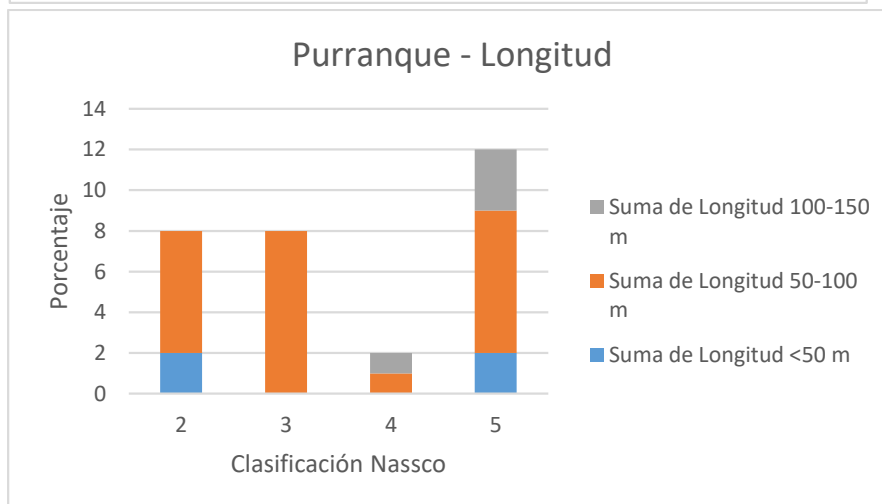
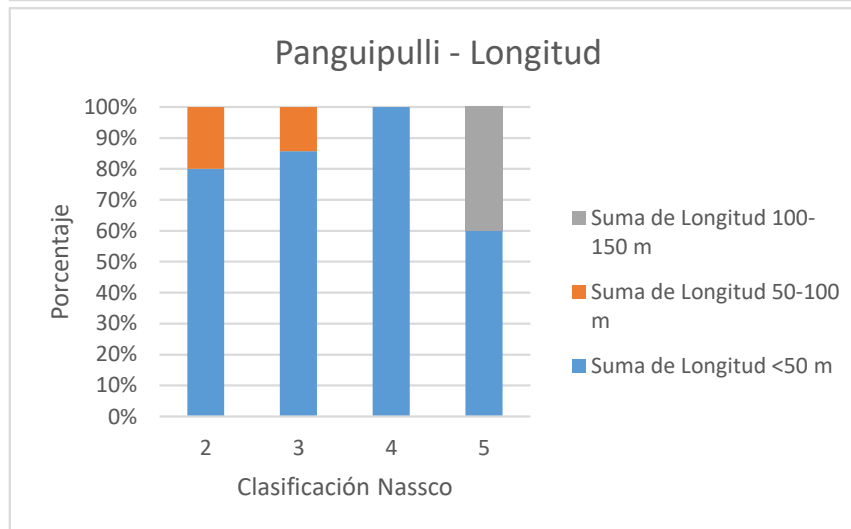
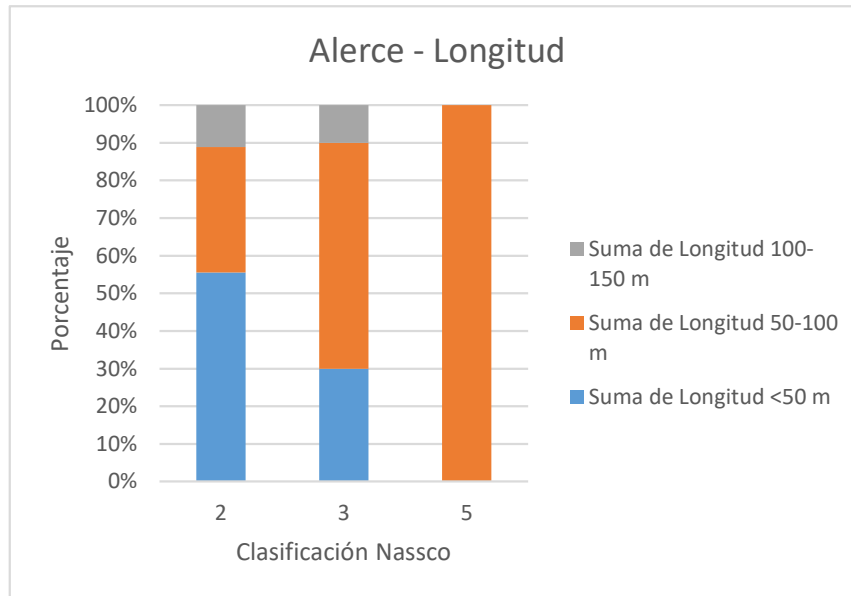
Gráfico E.2: Clasificación NASSCO - Material

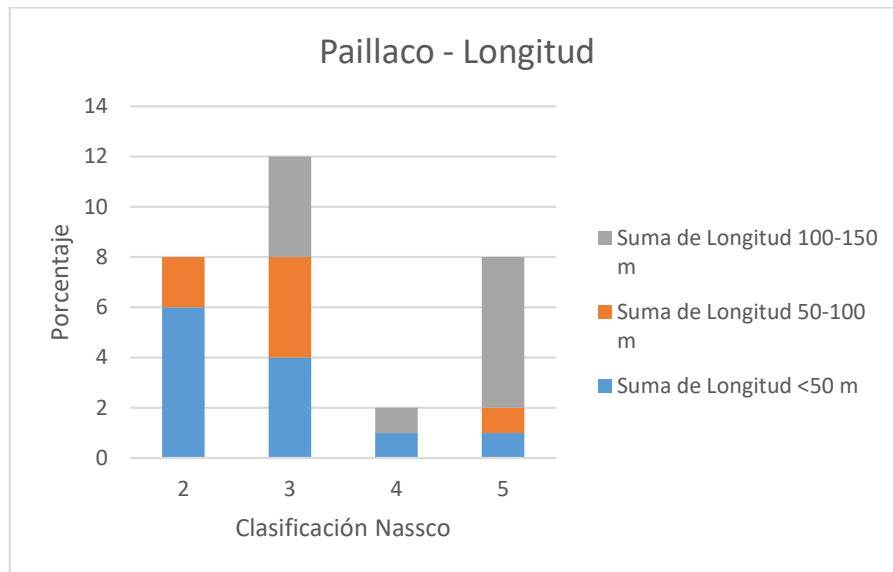




Fuente: Elaboración propia

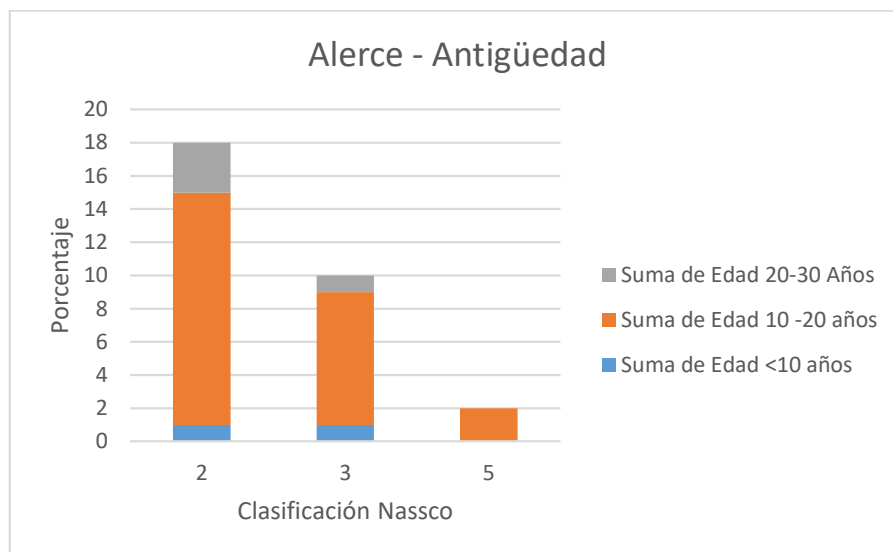
Gráfico E.3: Clasificación NASSCO - Longitud

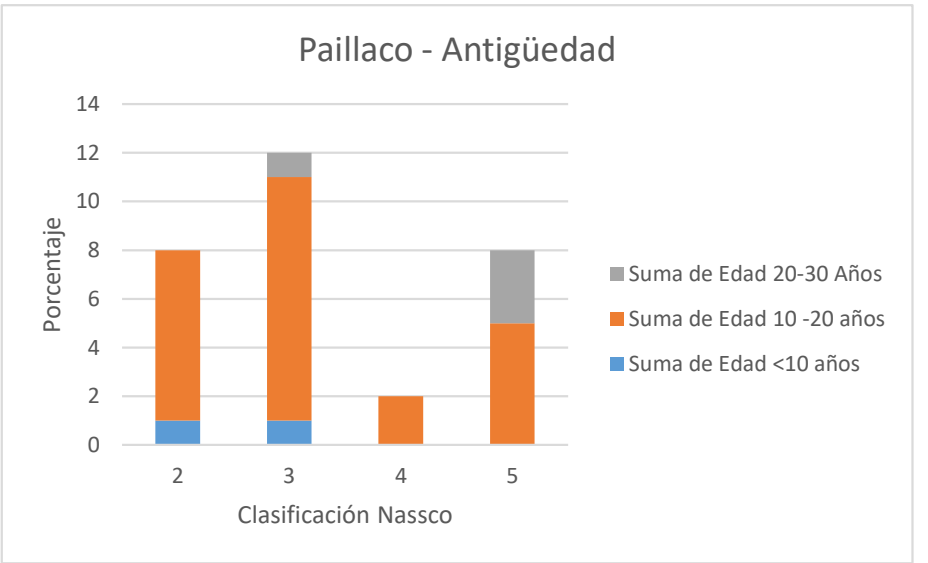
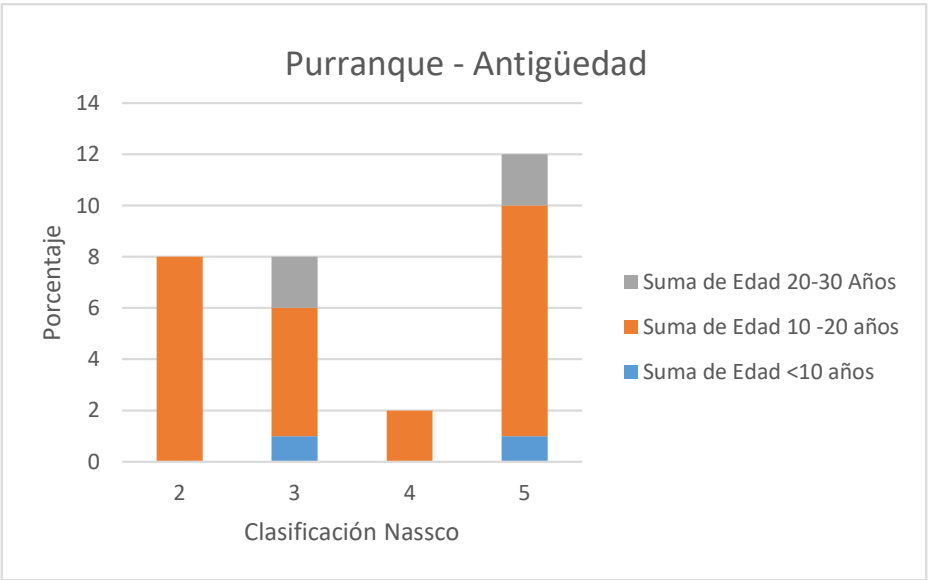
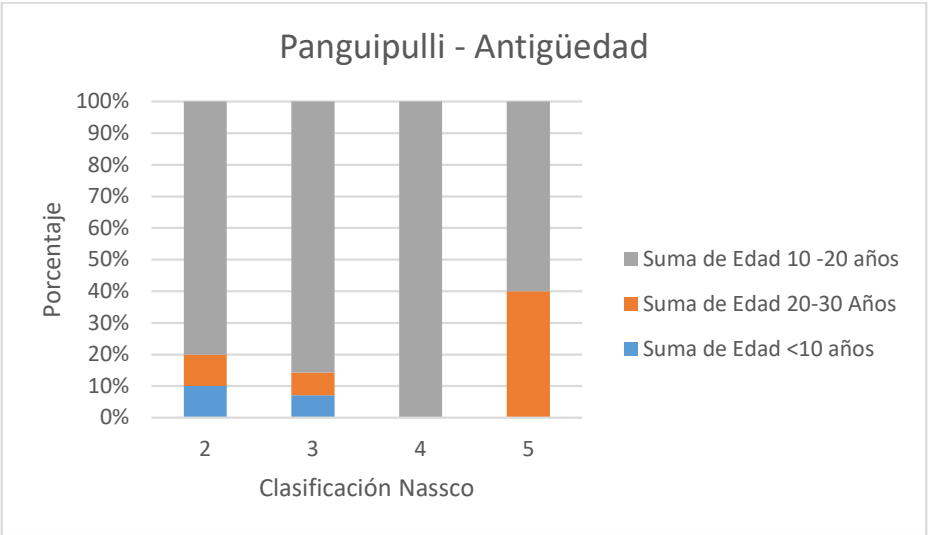




Fuente: *Elaboración propia*

Gráfico E.4: Clasificación NASSCO - Antigüedad





Fuente: Elaboración propia

ANEXO F

SELECCIÓN DE MUESTRAS PARA TELEINSPECCIÓN

Se transcriben los aspectos principales del estudio para la selección de la muestra por cada localidad, de estudio realizado por la empresa Suralis.



Informe ID 1.17.2.5

"SELECCIÓN DE MUESTRA PARA VIDEO INSPECCIÓN EN TRAMOS DE COLECTORES AS"

ESTUDIO PARA LA DETECCIÓN, CUANTIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS
DE SOLUCIÓN DEL APOORTE DE AGUAS AJENAS A LA RED DE
ALCANTARILLADO DE SURALIS S.A.

Unidad Muestral y Población

La unidad muestral es el tramo de colector entre dos cámaras contiguas de alcantarillado, puesto que es de interés determinar el estado de conservación que presentan los colectores según esta división.

La población está dada por la totalidad de tramos de colectores entre dos cámaras contiguas de alcantarillado.

Tipo de Muestreo

Cuando se hace un muestreo, se escogen aleatoriamente colectores para su análisis físico en terreno. Surge la pregunta de si, una vez escogido aleatoriamente el primer colector, éste se elimina del análisis subsiguiente al momento de escoger aleatoriamente el segundo colector o si se le reintegra a la base de datos. Lo mismo sucede con el tercer, cuarto y enésimo colector. En el primer caso, que se llama “muestreo aleatorio sin reemplazo”, al escoger el segundo colector, el universo de casos es menor que en el primer caso. En el segundo caso, que se llama “muestreo aleatorio con reemplazo”, siempre se escoge del mismo universo de casos. Si el universo de casos es grande, el muestreo aleatorio sin reemplazo no sufre del hecho que se elimina información cada vez que se extrae un colector. En este caso, cada miembro de la población no puede seleccionarse más de una vez. En el muestreo aleatorio con reemplazo, se corre el riesgo que aparezcan colectores repetidos, asunto que cuestiona la validez de la representatividad de la muestra y exige tener muestras más grandes.

Se adoptó, por lo tanto, el método de muestreo aleatorio simple, sin reemplazo, debido a que éste cuenta con estimadores (media, varianza, mediana, etc.), que tiene propiedades estadísticas conocidas y aceptadas. Un estimador es un valor que puede calcularse a partir de los datos muestrales y que proporciona información sobre el valor de la población. Por ejemplo, la media muestral es un estimador de la media poblacional; la proporción observada en la muestra es un estimador de la proporción en la población. Entre los métodos de muestreo probabilístico, éste es el más confiable y, por consiguiente, el más usado

Estratos

Cada localidad se ha tratado como un estrato, es decir, se ha considerado que el análisis se haga con muestra propia. Una definición intuitiva de estrato es “un grupo de miembros de una población que cuentan con una (o más) característica(s) común(es)”. En nuestro caso, los habitantes de cada localidad conforman un estrato; los colectores de una red de AS conforman un estrato.

Tamaño Muestral

El tamaño de muestra es siempre una consideración importante al momento de hacer trabajo estadístico y de campo. En este caso hay dos consideraciones que son importantes. En primer lugar, que el tamaño de muestra permita cumplir con las condiciones estadísticas para que el muestreo entregue estimadores que sean fidedignos (insesgados) y con la menor imprecisión posible (poca varianza). En segundo lugar, el tamaño de la muestra debe ser tal que el estimador de la condición de los colectores por sector tenga un nivel de confianza equiparable al de los estimadores de las restantes variables que intervienen en el balance hídrico y el modelo hidráulico por sector y localidad. Esta última consideración es tanto económica como de sentido común. Por un lado, no se trata de obtener un estimador con un alto nivel de confianza —asunto que es usualmente caro— si los

otros componentes del análisis tienen un menor nivel de confianza. El exceso de precisión, en este caso, se convierte en un desperdicio de recursos y tiempo. Por otro lado, no se debiera tener un estimador con un bajo nivel de confianza lo que es más barato, si para hacer un buen análisis se requiere mejor información y los otros componentes del análisis ya tienen un menor nivel de confianza. En este caso, el muestreo se convierte en una piedra de tope del análisis

La primera consideración, por su parte, puede ser tratada de manera estadística formal. Lo que interesa es obtener la probabilidad de que el estimador obtenido usando la muestra no se desvíe del valor verdadero que es desconocido en más de un $r\%$, sea por encima o por debajo de este valor. Un menor valor de r , lo que equivale a más precisión en el análisis, requiere una muestra más grande, mayor uso de recursos y tiempo. Matemáticamente, la probabilidad de que el estimador de media se desvíe de la media verdadera es la siguiente:

$$Pr\left(\text{abs}\left[\frac{y - \bar{Y}}{\bar{Y}}\right] > r\right) = \alpha$$

Donde

y : Estimador de la media obtenido usando la muestra

$\bar{Y}$: Media verdadera de la población

r : Porcentaje de desviación del estimador respecto de la media verdadera

α : Probabilidad que se produzca una desviación mayor que $r\%$ de la verdadera muestra

Para determinar el tamaño muestral que cumple con una desviación meta del estimador de $r\%$, se debe utilizar la distribución del estimador de media muestral. El Teorema del Límite Central señala que cuando la muestra es suficientemente grande, el estimador de la media muestral tiene una distribución normal, independientemente de la distribución original de la población a la que dicha media corresponde.

Para poblaciones infinitas, la ecuación del error muestral para el estimador de la media muestral, según su tamaño, es la siguiente:

$$e = Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Donde:

e : Error del estimador de media

Z : Valor de la distribución normal para el grado de confianza que se considere adecuado (90%, 95%, 99%)

σ : Desviación estándar de la población

n : Tamaño de la muestra

Despejando se obtiene:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2}$$

Por lo tanto, para definir los tamaños de muestra se requiere determinar los siguientes parámetros:

- Rango de error
- Grado de confianza para el error
- Desviación estándar de la población

Para efectos del presente estudio se ha definido un grado de confianza del 95%, por ser uno normalmente aplicado en análisis estadísticos.

Se adoptó un tamaño muestral base de 30 observaciones por localidad y 120 para las 4 localidades para cada campaña. Se realizará un análisis econométrico utilizando las distintas observaciones y las variables explicativas asociadas. Sin embargo, no se pueden estimar los intervalos de confianza que podrían resultar, porque no se cuenta con referencias para los valores que van a resultar de las mediciones, ni su dispersión ni su relación con variables explicativas.

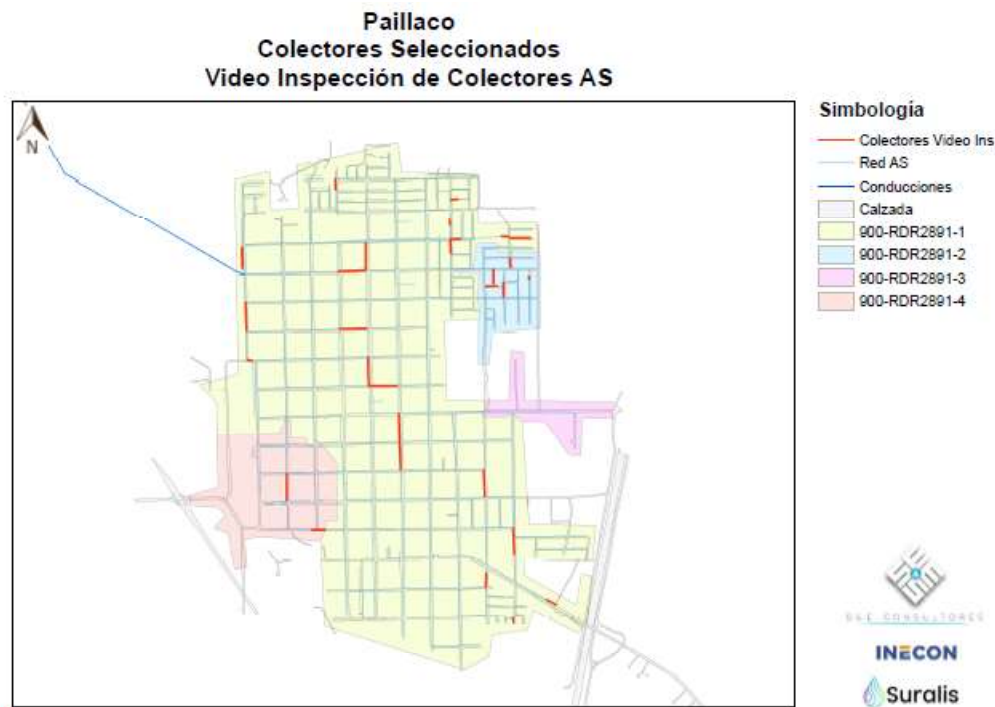
En todo caso, para la situación más extrema, en que las distintas localidades pertenezcan a poblaciones independientes entre sí y que no existan variables explicativas que sean estadísticamente significativas, el error máximo sería el error de media. Para una muestra de 30 observaciones por localidad el error de media sería menor del 17,5%, para un grado de confianza del 95% y una desviación estándar de 0,5.

RESULTADOS

Se han seleccionado 30 colectores de forma aleatoria para generar la muestra estadísticamente representativa para cada localidad. En color rojo se pueden ver los elementos de la muestra. Vale mencionar que la representatividad de la muestra se asegura estableciendo un error máximo de estimador de media igual al 17,5%, para un grado de confianza del 95% y una desviación estándar de 0,5.

Paillaco

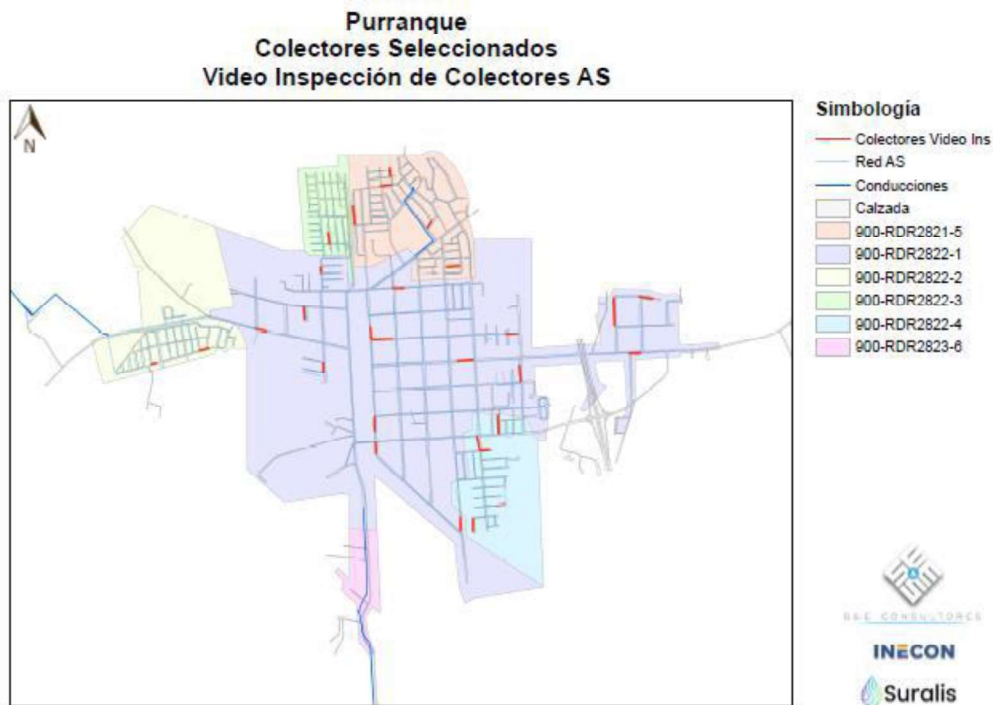
Ilustración F-1: Colectores seleccionados en Paillaco para realizar la Video Inspección.



En la localidad de Paillaco, se tiene una distribución cargada levemente hacia el sector nororiente de la localidad, existiendo colectores seleccionados en 3 de los 4 sectores de puntos de control. La muestra se compone en un 67% de tramos de plástico (PVC o HDPE) y un 33% restante de cemento comprimido. Con respecto al emplazamiento de los colectores de la muestra se tiene que están ubicados en un 57% de los casos en vías tipo 2 (sectores céntricos y comerciales) y 40% en vías tipo 3 (pasajes y zonas residenciales). Cerca de un 13% de los tramos seleccionados se encuentran ubicados en zonas de inundación y el total de la muestra se encuentra emplazada en sectores donde la napa tiene una profundidad entre 4 y 5 metros.

Purranque

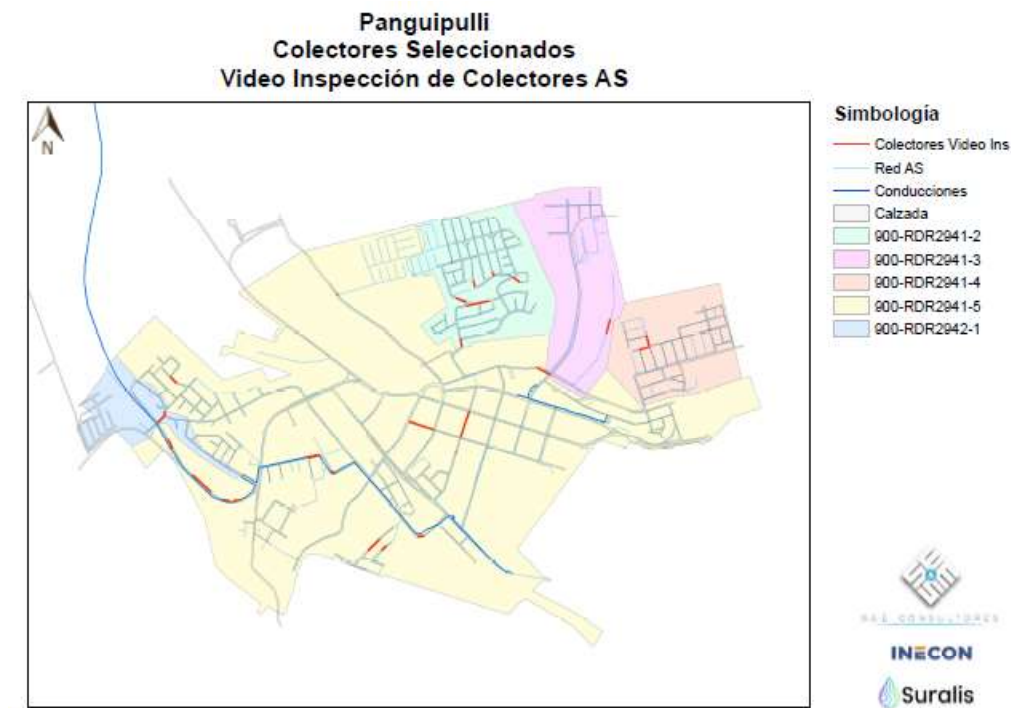
Ilustración F-2: Colectores seleccionados en Purranque para realizar la Video Inspección.



En la localidad de Purranque, se tiene una distribución naturalmente uniforme, existiendo colectores seleccionados en 5 de los 6 sectores de puntos de control. La muestra se compone en un 83% de tramos de plástico (PVC o HDPE) y un 17% restante de cemento comprimido. Con respecto al emplazamiento de los colectores de la muestra se tiene que están ubicados en un 66% de los casos en vías tipo 3 (pasajes y zonas residenciales), 27% en vías tipo 2 (sectores céntricos y comerciales) y el 7% restante en vías tipo 1 (calles principales y vías intercomunales/interregionales). Con respecto a las zonas en riesgo de inundación se tiene un 33% de la muestra emplazada en los polígonos inundables, mientras que para la profundidad de napa en invierno (estación crítica) el 60% de los colectores de la muestra está ubicado en zonas de donde la napa se encuentra a una profundidad menor a 4 metros.

Panguipulli

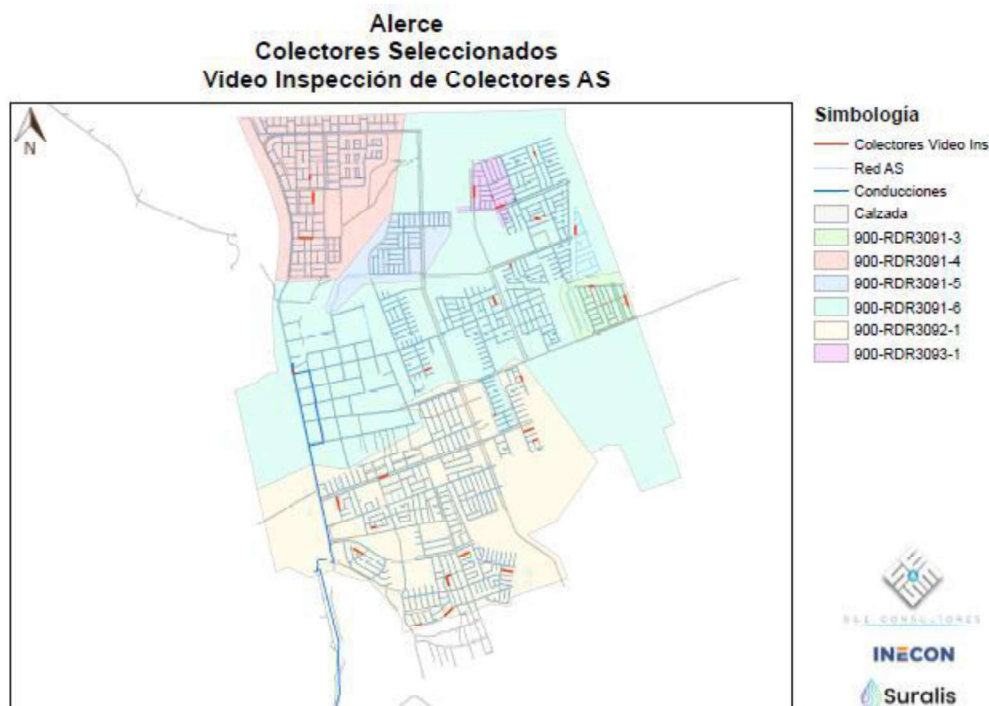
Ilustración F-3: Colectores seleccionados en Panguipulli para realizar la Video Inspección.



En la localidad de Panguipulli, se tiene una distribución naturalmente uniforme, con colectores seleccionados en todos los sectores de puntos de control. La muestra se compone en un 86% de tramos de plástico (PVC o HDPE) y un 13% restante de cemento comprimido o asbesto cemento. Con respecto al emplazamiento de los colectores de la muestra se tiene que están ubicados en un 63% de los casos en vías tipo 3 (pasajes y zonas residenciales), 23% en vías tipo 2 (sectores céntricos y comerciales) y el 14% restante en vías tipo 1 (calles principales y vías intercomunales/interregionales). Cerca de un 13% de los tramos seleccionados se encuentran ubicados en zonas de inundación y el 90% de la muestra se encuentra emplazada en sectores donde la napa tiene una profundidad mayor a 5 metros.

Alerce

Ilustración F-4: Colectores seleccionados en Alerce para realizar la Video Inspección.



En la localidad de Alerce, se tiene una distribución naturalmente uniforme, donde existen colectores seleccionados en 5 de los 6 sectores de puntos de control. La muestra se compone en un 97% de tramos de PVC y un 3% restante de HDPE, lo que se explica al mencionar que el 99% del total de colectores de la red está compuesta por materiales plásticos. Con respecto al emplazamiento de los colectores de la muestra se tiene que están ubicados en un 93% de los casos en vías tipo 3, que corresponden a pasajes y zonas residenciales. Cerca de un 13% de los tramos seleccionados se encuentran ubicados en zonas de inundación y solo un 10% en sectores donde la napa tiene una profundidad menor a 4 metros.

ANEXO G

RESULTADOS DE APLICACIÓN DEL MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA

Tabla G.1: Comparación Predicción Modelo con Falla Real - Alerce

Predicciones	Falla real	Longitud	Diámetro Colector	Material Colector	Antigüedad	Comparación
0	0	101	200	PVC	22	TRUE
0	0	106	200	PVC	22	TRUE
0	1	65	180	PVC	20	FALSE
0	0	70	180	PVC	17	TRUE
0	0	34	200	PVC	22	TRUE
0	0	83	180	PVC	19	TRUE
0	0	107	180	PVC	18	TRUE
0	0	85	200	PVC	17	TRUE
0	0	31	200	PVC	18	TRUE
0	0	41	200	PVC	18	TRUE
0	0	77	180	PVC	18	TRUE
0	0	43	200	PVC	17	TRUE
0	0	53	180	PVC	18	TRUE
0	0	38	200	PVC	16	TRUE
0	0	78	180	PVC	22	TRUE
0	0	40	200	PVC	19	TRUE
0	0	35	200	PVC	16	TRUE
0	0	9	250	PVC	17	TRUE
0	0	91	200	PVC	16	TRUE
0	0	21	250	PVC	14	TRUE
0	0	37	200	PVC	13	TRUE
0	0	87	180	PVC	14	TRUE
0	0	82	200	PVC	12	TRUE
0	0	38	200	PVC	12	TRUE
0	0	20	180	PVC	11	TRUE
0	0	37	200	PVC	11	TRUE
0	0	72	200	HDPE	14	TRUE
1	1	83	315	PVC	20	TRUE
0	0	84	200	PVC	7	TRUE
0	0	65	200	PVC	2	TRUE

Fuente: Fuente Propia

Precisión del Modelo de Regresión Logística – Alerce – R - Estudio

```
> mean(Alerce_res$comp, na.rm = TRUE)
[1] 0.9666667
> # Modelo de regresión logística tiene una precisión del 96,7%
```

Tabla G.2: Comparación Predicción Modelo con Falla Real - Paillaco

Predicciones	Falla Real	Longitud	Diámetro Colector	Material Colector	Antigüedad	Comparación
0	0	108	180	PVC	24	TRUE
1	1	112	350	Cemento Comprimido	35	TRUE
0	0	111	225	HDPE	13	TRUE
0	0	41	200	PVC	16	TRUE
1	1	108	175	Cemento Comprimido	43	TRUE
0	0	20	180	PVC	17	TRUE
1	1	104	175	Cemento Comprimido	46	TRUE
1	1	111	175	Cemento Comprimido	39	TRUE
1	0	115	175	Cemento Comprimido	46	FALSE
0	0	43	200	PVC	13	TRUE
1	1	106	200	Cemento Comprimido	42	TRUE
0	0	60	200	PVC	20	TRUE
0	0	34	180	PVC	29	TRUE
0	0	107	180	PVC	34	TRUE
1	1	107	175	Cemento Comprimido	39	TRUE
1	1	43	175	Cemento Comprimido	38	TRUE
0	1	25	180	PVC	34	FALSE
1	0	57	175	Cemento Comprimido	41	FALSE
0	0	38	200	PVC	24	TRUE
0	1	58	180	PVC	34	FALSE
0	0	45	180	PVC	34	TRUE
0	0	52	180	PVC	24	TRUE
0	1	106	180	PVC	34	FALSE
0	0	50	200	PVC	20	TRUE
0	0	59	180	PVC	20	TRUE
0	0	20	200	PVC	20	TRUE
0	0	86	180	PVC	16	TRUE
0	0	30	200	PVC	16	TRUE
0	0	84	200	PVC	9	TRUE
0	0	23	200	PVC	24	TRUE

Elaboración: Fuente Propia

Precisión del Modelo de Regresión Logística – Paillaco – R Estudio

```
> mean(Paillaco_res$comp, na.rm = TRUE)
[1] 0.8333333
> # Modelo de regresion logista tiene una presición del 83,3%
```

Tabla G.3: Comparación Predicción Modelo con Falla Real – Panguipulli

Predicciones	Falla Real	Longitud	Diámetro Colector	Material Colector	Antigüedad	Comparación
0	1	35	200	PVC	20	FALSE
0	0	37	180	PVC	34	TRUE
0	0	21	180	PVC	24	TRUE
0	0	40	180	PVC	24	TRUE
0	0	44	200	PVC	24	TRUE
0	0	10	180	PVC	27	TRUE
1	1	119	400	HDPE	13	TRUE
0	0	45	180	PVC	25	TRUE
0	0	59	200	PVC	34	TRUE
0	1	29	250	Cemento Comprimido	39	FALSE
0	0	22	200	Asbesto Cemento	35	TRUE
0	0	48	175	Cemento Comprimido	39	TRUE
0	0	49	175	Cemento Comprimido	43	TRUE
1	1	111	280	HDPE	11	TRUE
0	1	43	200	PVC	16	FALSE
0	0	39	200	PVC	16	TRUE
0	0	68	200	PVC	16	TRUE
0	0	31	200	PVC	16	TRUE
0	0	30	200	PVC	16	TRUE
0	1	39	180	PVC	13	FALSE
0	0	15	200	PVC	13	TRUE
0	0	28	180	PVC	13	TRUE
0	0	7	400	HDPE	13	TRUE
0	0	49	350	PVC	34	TRUE
0	0	50	200	PVC	7	TRUE
0	0	98	180	PVC	7	TRUE
0	0	70	200	PVC	7	TRUE
0	0	28	200	PVC	7	TRUE
0	0	6	200	PVC	4	TRUE
0	0	9	200	PVC	3	TRUE

Fuente: Elaboración Propia

Precisión del Modelo de Regresión Logística – Panguipulli – R Estudio

```
> mean(Panguipulli_res$comp, na.rm = TRUE)
[1] 0.8666667
> # Modelo de regresion logista tiene una presición del 86,7%
```

Tabla G.4: Comparación Predicción Modelo con Falla Real – Purrarque

Predicciones	Falla Real	Longitud	Diámetro Colector	Material Colector	Antigüedad	Comparación
1	0	76	180	PVC	34	FALSE
0	0	65	200	PVC	24	TRUE
1	1	65	450	Cemento Comprimido	45	TRUE
0	0	74	200	HDPE	15	TRUE
1	1	78	180	PVC	34	TRUE
0	1	68	200	PVC	24	FALSE
1	0	99	200	PVC	24	FALSE
1	0	91	250	PVC	34	FALSE
1	1	103	175	Cemento Comprimido	42	TRUE
1	1	84	200	PVC	34	TRUE
1	1	69	200	PVC	34	TRUE
0	1	81	180	PVC	24	FALSE
0	1	38	180	PVC	34	FALSE
1	1	120	180	PVC	34	TRUE
1	1	76	175	Cemento Comprimido	38	TRUE
0	0	82	200	PVC	17	TRUE
1	0	58	175	Cemento Comprimido	46	FALSE
0	0	56	200	PVC	29	TRUE
0	0	66	200	PVC	24	TRUE
1	1	73	180	PVC	30	TRUE
1	1	123	175	Cemento Comprimido	40	TRUE
0	0	50	200	PVC	29	TRUE
0	1	48	200	PVC	34	FALSE
0	0	71	180	PVC	23	TRUE
0	0	59	200	PVC	22	TRUE
0	0	35	200	PVC	22	TRUE
0	0	67	200	HDPE	15	TRUE
0	0	39	200	PVC	26	TRUE
1	1	119	200	PVC	14	TRUE

Predicciones	Falla Real	Longitud	Diámetro Colector	Material Colector	Antigüedad	Comparación
0	0	56	180	PVC	9	TRUE

Fuente: Elaboración Propia

Precisión del Modelo de Regresión Logística – Purranque – R Estudio

```
> mean(Purranque_res$comp, na.rm = TRUE)
[1] 0.7333333
> # Modelo de regresion logista tiene una presición del 73,3%
```

ANEXO H INSTRUCTIVO SISS

“APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS ESTADÍSTICAS EN LAS REDES DE RECOLECCIÓN”

A continuación, se indican los aspectos principales que deberá considerar el instructivo SISS, sobre la aplicación de metodologías estadísticas en las redes de recolección. Este abordará al menos los siguientes aspectos:

- Aspectos Reglamentarios
- Aspectos asociados a la información
- Aspectos a la aplicación de modelos estadísticos
- Aspectos asociados a la forma de utilizar la información generada.

a) Aspectos Reglamentarios

Las concesionarias de servicios sanitarios se encuentran obligadas a dar efectivo cumplimiento a las normas legales y a las órdenes e instrucciones impartidas por esta Superintendencia. Se señalan a continuación los principales cuerpos legales que tienen relación con este Instructivo:

- En el artículo 2° de la Ley N°18.902, “Ley de la Superintendencia de Servicios Sanitarios”, señala que a la SISS le corresponde ejercer la fiscalización de los prestadores de servicios sanitarios y velar por el cumplimiento de las normas relativas a dichos servicios por parte de los fiscalizados, así como de las instrucciones y resoluciones que emanen de la propia Superintendencia.
- Lo dispuesto en el D.F.L. N°382/88, "Ley General de Servicios Sanitarios", establece que todo concesionario deberá garantizar a los usuarios de su territorio operacional, la calidad y continuidad de los servicios, los que sólo podrán ser interrumpidos por causa de fuerza mayor calificada por la Superintendencia, de conformidad a los requisitos y condiciones señalados en su artículo 35°.

- En ese mismo cuerpo legal se señala en el artículo 55° que los prestadores quedarán sujetos a la supervigilancia y control de la entidad normativa. Para tales efectos, ésta podrá pedir informes e inspeccionar los servicios, requerir los diseños correspondientes a los proyectos incorporados en el programa de desarrollo, revisar o auditar su contabilidad y, en general, adoptar las medidas necesarias para velar por el cumplimiento de las disposiciones legales y reglamentarias vigentes.
- Lo señalado en el Instructivo SISS N°553 de 2024, en el cual se indican las obligaciones de las empresas sanitarias, en lo referido a las teleinspecciones y las acciones a desarrollar respecto a esta materia.

b) Información Topológica de la red de cada localidad

Las empresas sanitarias deberán llevar un registro de cada uno de los tramos de su red, es de vital importancia lo referido al año de instalación y al material, ya que esto permite hacer una evaluación, considerando que redes más antiguas y de hormigón simple presentan mayor probabilidad de falla.

c) Información de las teleinspecciones realizadas

Las empresas deberán llevar un registro de las teleinspecciones realizadas, las cuales deberán ajustarse al estándar NASSCO – PACP, además deberán llevar un control aleatorio de las teleinspecciones esto para garantizar la correcta codificación de cada tramo.

d) Auditoría de la información recopilada

Las empresas deberán llevar un control de toda la información disponible, la cual deberá mantenerse actualizada, realizando controles en forma anual.

e) Evaluación de Modelos Estadísticos a Ser Aplicados.

Las empresas deberán justificar el modelo estadístico utilizado, detallando las variables a utilizar y las ventajas que este tiene frente a otros modelos existentes a nivel internacional.

f) Aplicación de Modelos y determinación de probabilidad de falla para cada localidad.

Las empresas deberán aplicar el modelo seleccionado para cada localidad.

g) Estimación de falla para cada tramo de la red

Se deberá indicar para cada tramo de la red, cual es la probabilidad de falla, se deberá representar gráficamente a través de herramientas como el ARCGIS, por colores, la probabilidad de cada tramo.

h) Propuesta de acciones considerando los resultados obtenidos.

Las empresas deberán indicar las acciones a desarrollar para aquellos tramos que aparecen con la más alta probabilidad de falla, es decir aquellos que califican como clase 4 ó 5 estructural u operacional.

i) Cronograma de acciones a desarrollar

Las empresas deberán presentar un cronograma que indique las acciones a desarrollar, esta se deberá ajustar a los plazos que defina la SISS para cada uno de acciones mínimas a establecer.