



**the international
water association**

The background image shows a close-up of a green, corrugated pipe in the foreground, curving towards the right. In the background, there is a large, circular, rusted metal structure, likely a part of a wastewater treatment plant. The scene is outdoors with a blurred background of a fence and some greenery.

Gestión de activos de alcantarillado en Colombia: avances y perspectivas

10 SEPTEMBER 2024

inspiring change

ORDEN DEL DÍA

- **Presentación y Bienvenida**
Andres Torres, Director Instituto Javeriano del Agua
- **Gestión estratégica de la infraestructura del alcantarillado**
Nathalie Hernandez, UDAM -Urban Drainage Asset Management Group
- **Gestión de Activos de Alcantarillado Sanitario y Pluvial de Bogotá DC**
Jainer Lucas Olivella Socarrás, Jefe División Servicio Alcantarillado Zona 3, Acueducto de Bogotá
- **Del mantenimiento correctivo al preventivo: potencial y limitaciones**
Juan Pablo Rodríguez, Universidad de Los Andes
- **Mesa redonda y panel de discusión**
Andres Torres, Director Instituto Javeriano del Agua

INFORMACIÓN DEL SEMINARIO WEB



- Este seminario web se grabará y estará disponible "bajo demanda" en la plataforma [IWA Connect Plus](#) y en el sitio web de la red IWA, con diapositivas de presentación y otra información.
- Los oradores son responsables de obtener los permisos de derechos de autor para cualquier trabajo que presenten y del cual no sean los titulares legales de los derechos de autor.
- Las opiniones, hipótesis, conclusiones o recomendaciones contenidas en las presentaciones y otros materiales son responsabilidad exclusiva del orador y no reflejan necesariamente la opinión de la IWA.

INFORMACIÓN DEL SEMINARIO WEB



- **'Chat' box:** Utilícelo para solicitudes generales y para actividades interactivas.
- **'Q&A' box:** utilice esto para enviar preguntas a los panelistas. (Las responderemos durante las discusiones)

Tenga en cuenta: los micrófonos de los asistentes están silenciados. No podemos responder a "Levantar la mano".



**the international
water association**

Presentación y Bienvenida

ANDRES TORRES

DIRECTOR INSTITUTO JAVERIANO DEL AGUA

inspiring change



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

Instituto Javeriano del Agua

WEBINAR

Gestión de activos de alcantarillado en Colombia: avances y perspectivas

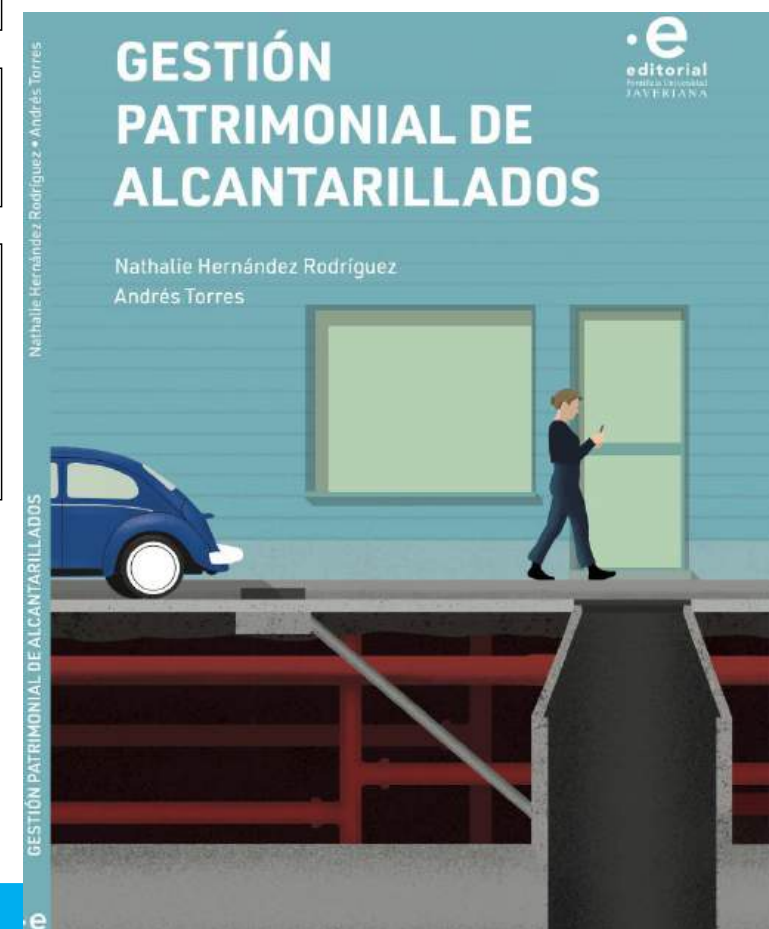
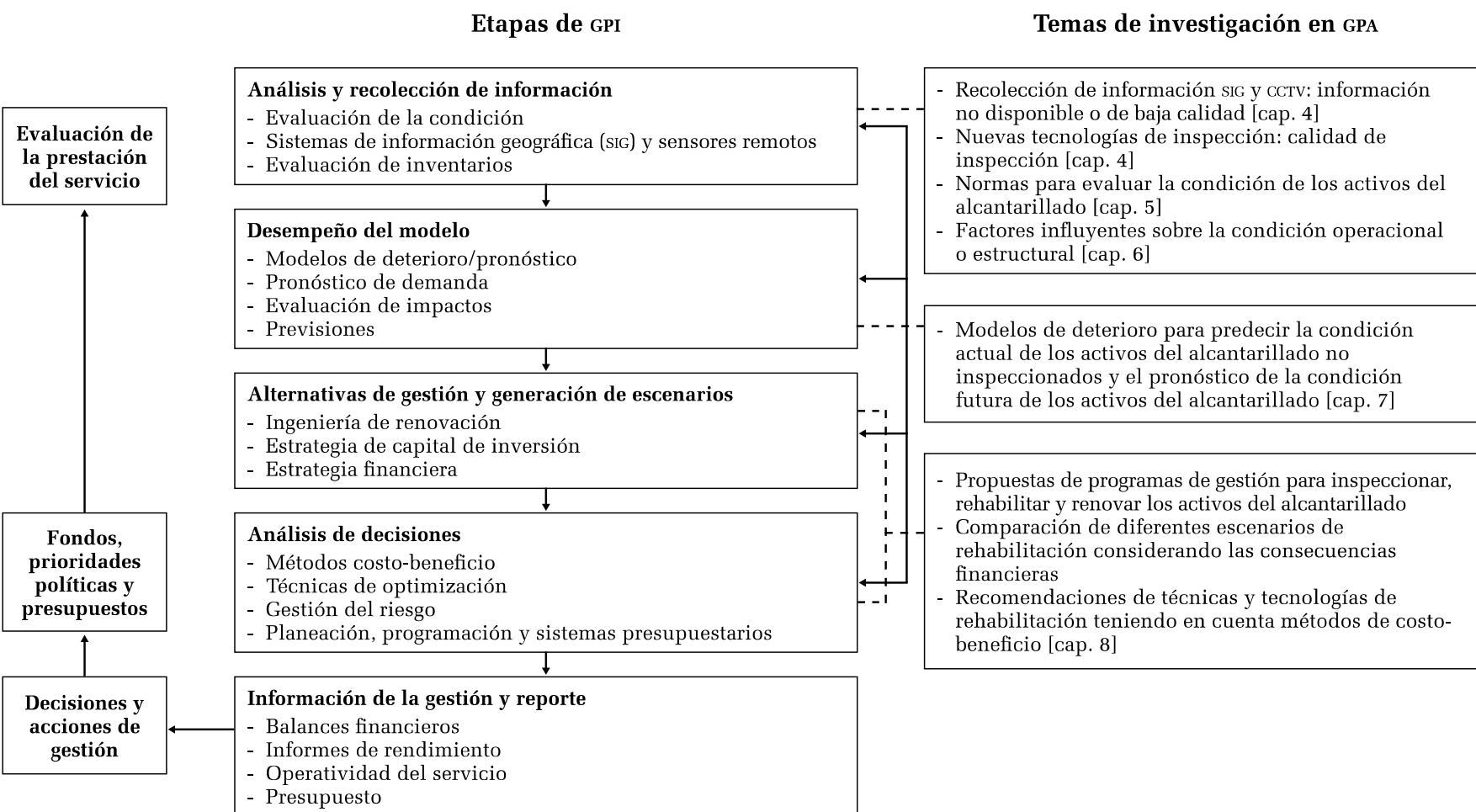


Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

Instituto Javeriano del Agua



Figura 4. Etapas de la gestión de activos de infraestructura basadas en Lemer (1999) que originan las principales temáticas de investigación en gestión patrimonial de alcantarillados



Fuente: elaboración propia basada en Lemer, 1999.

Dr.-Ing. Nathalie Hernandez Rodriguez:

presentación sobre las prácticas internacionales de gestión de activos de alcantarillado



Ing. Jaine Lucas Olivella:

presentación sobre las prácticas de gestión de activos de alcantarillado en Bogotá



Juan Pablo Rodríguez Sánchez, PhD:

presentación sobre el tema desde una perspectiva académica en Colombia



Gestión estratégica del Alcantarillado

Aplicabilidad en Alemania

Dr.-Ing. Nathalie Hernández Rodríguez
Ingeniera de Proyectos

Gestión Patrimonial de Infraestructura

- Conjunto integrado y multidisciplinar de estrategias para gestionar los **activos** de la infraestructura pública.
- **Activos** → posesión de una ciudad que representa un bien económico.
- Proceso sistemático de mantenimiento, mejora y funcionamiento de los activos físicos de manera rentable.
- Combina principios Ingeniería con prácticas comerciales y teorías económicas proporcionando herramientas para facilitar la toma de decisiones.



Gestión Patrimonial de Alcantarillado

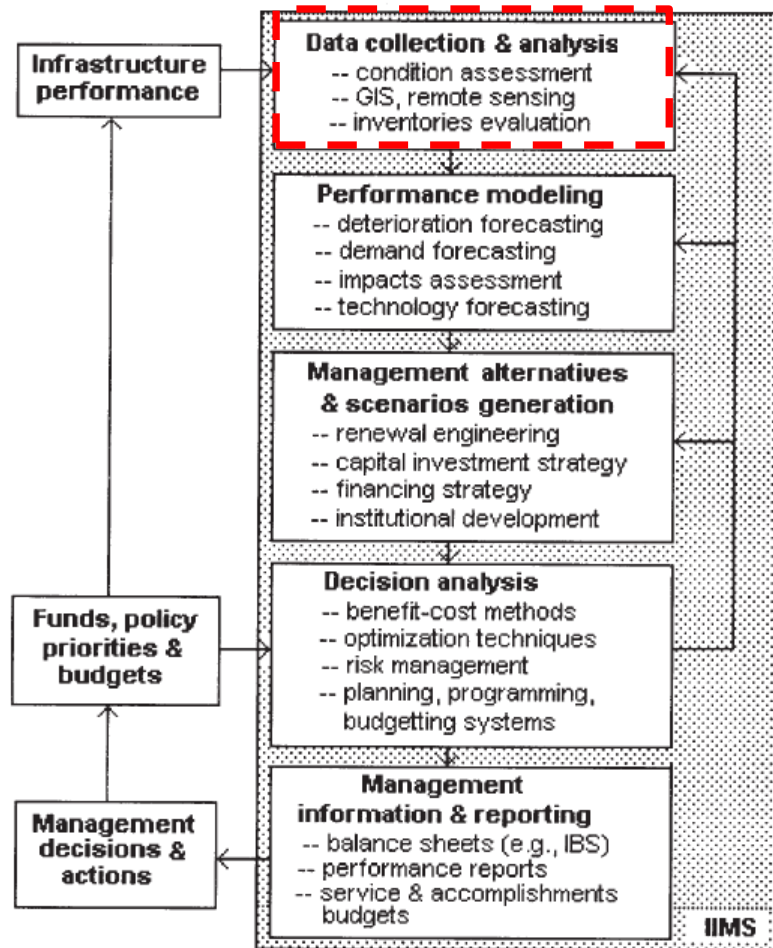
Redes de Alcantarillado

- Función evacuar las aguas de las ciudades (atmosféricas, generadas por la sociedad)
- Funcional incluso con un nivel estructural inferior al deseado
- Infraestructura no visible
- Envejecimiento (+ 100 años instaladas)
- I. Crítica → Consecuencias ante el colapso:
 - Salud pública
 - Funcionamiento otras infraestructura
 - Impacto Ambiental
 - Etc.



Gestión Patrimonial de Alcantarillado

Ciclo de la gestión de Infraestructura



Inventario de cada elemento de la infraestructura:

- # Elementos de la infraestructura
- Georeferencia de los elementos
- Fecha de Instalación
- Información características físicas de cada elemento (material, tamaño, etc.)



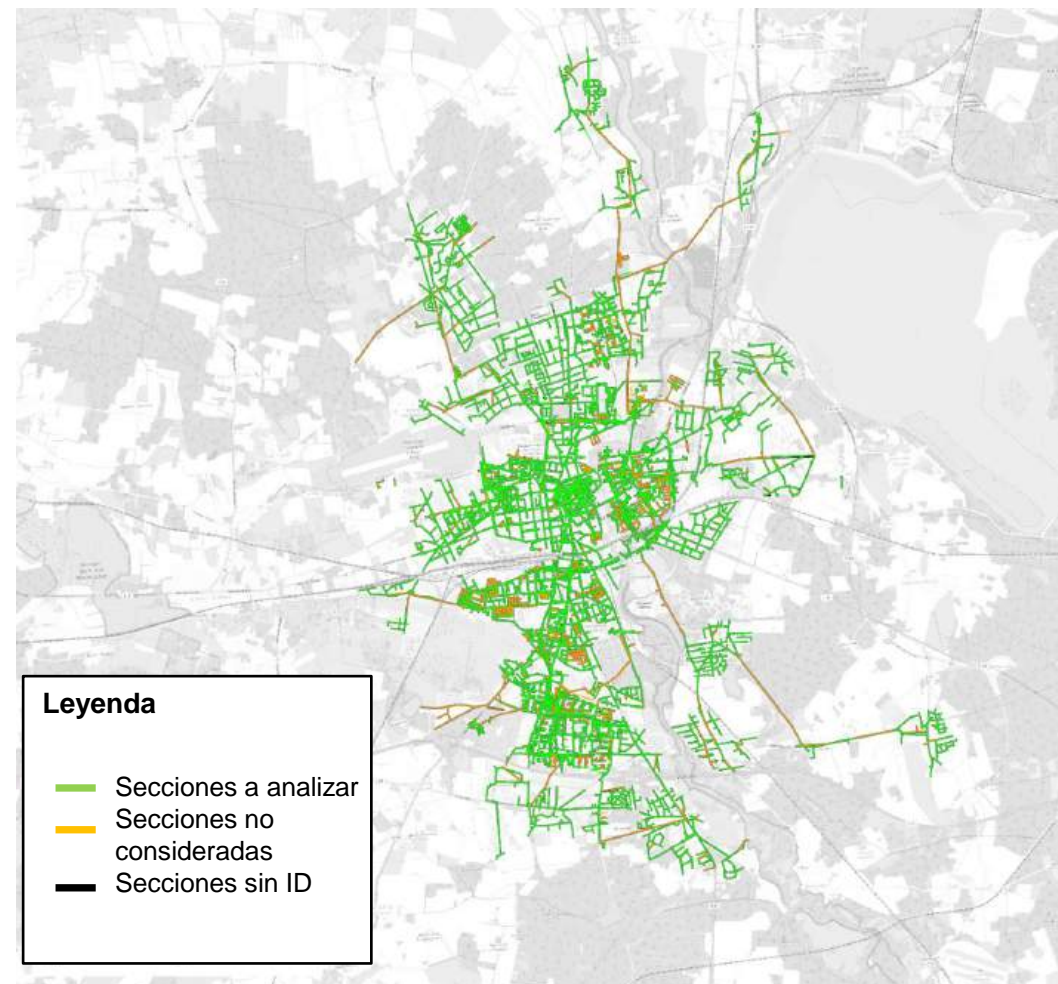
Gestión de Datos

Red de Alcantarillado – Inventario

■ Preprocesamiento de datos

→ Red de Alcantarillado (red principal)

Notas	Numero		Longitud	
	absolut	relativ	absolut	relativ
Datos puros	50.717	100,00%	1422,44km	100,00%
Duplicados	25.630	50,54%	708,32km	49,80%
Secciones huérfanas (sin ID)	2.041	4,02%	18,88km	1,33%
Secciones no oficiales (privadas)	2.577	5,08%	62,84km	4,42%
Canales o secciones a Presión	486	0,96%	48,17km	3,39%
Acometidas	16	0,03%	0,28km	0,02%
Datos a Analizar	19.967	39,37%	583,95km	41,05%

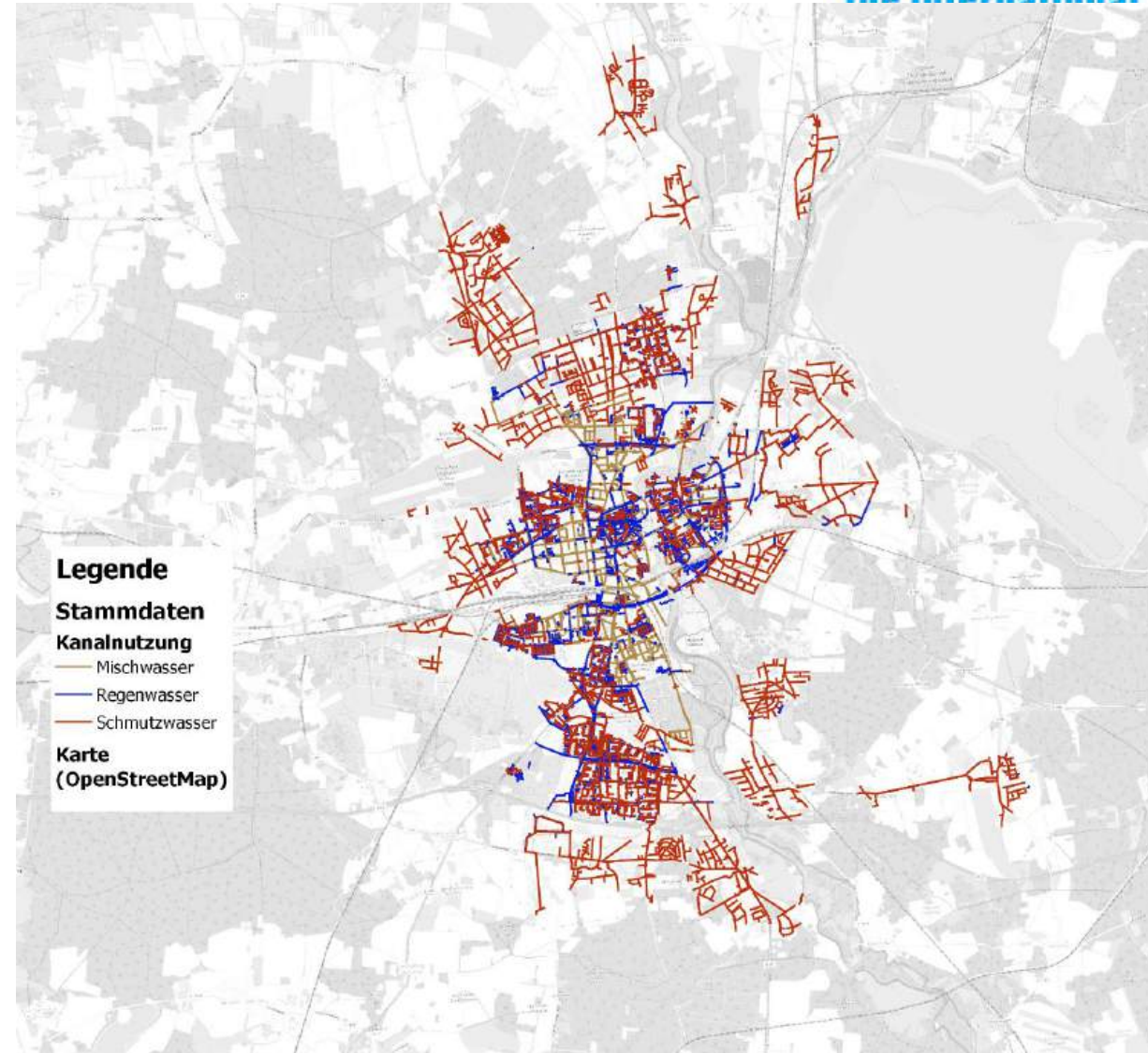


Gestión de Datos

Red de Alcantarillado - Inventario

Tipo de alcantarillado y edad de la red

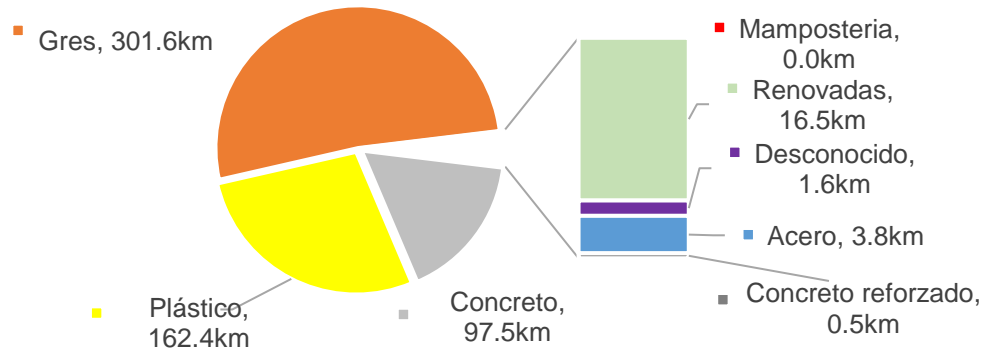
- Promedio edad Red: 42 Años
- Combinado (Mischwasser) → 70,42 Años
- Pluvial (Regenwasser) → 39,07 Años
- Sanitaria (Schmutzwasser) → 30,82 Años



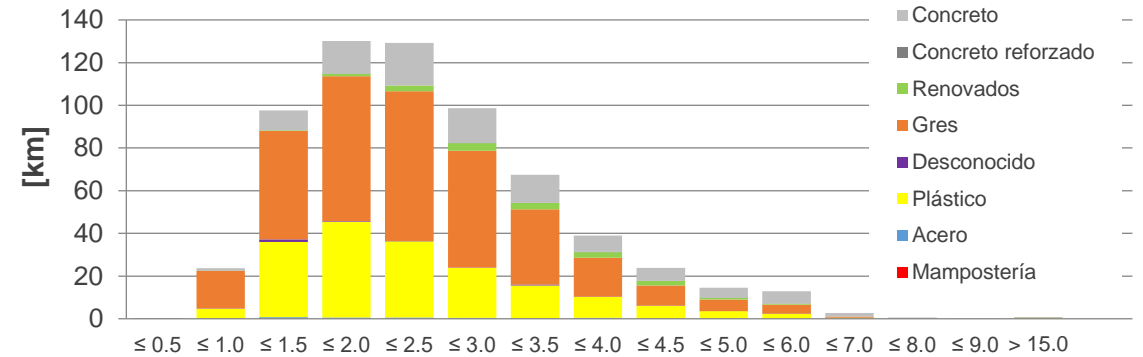
Gestión de Datos

Red de Alcantarillado - Inventario

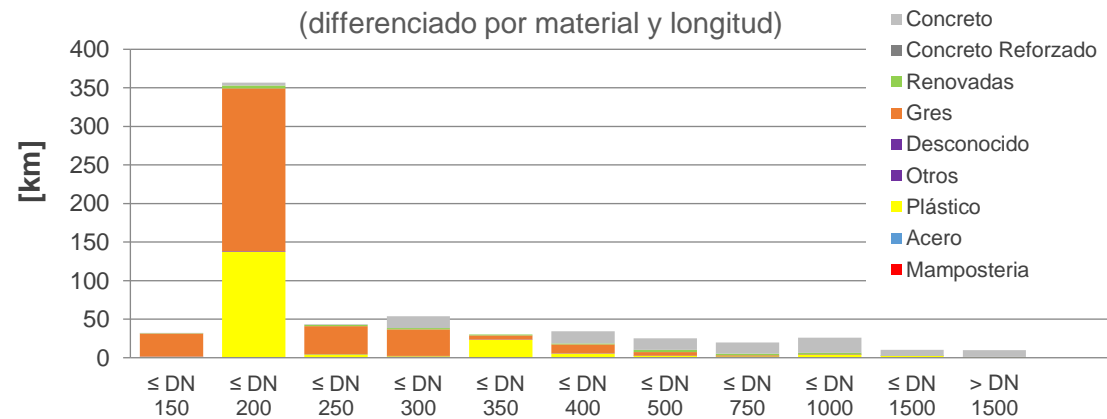
Distribución Material



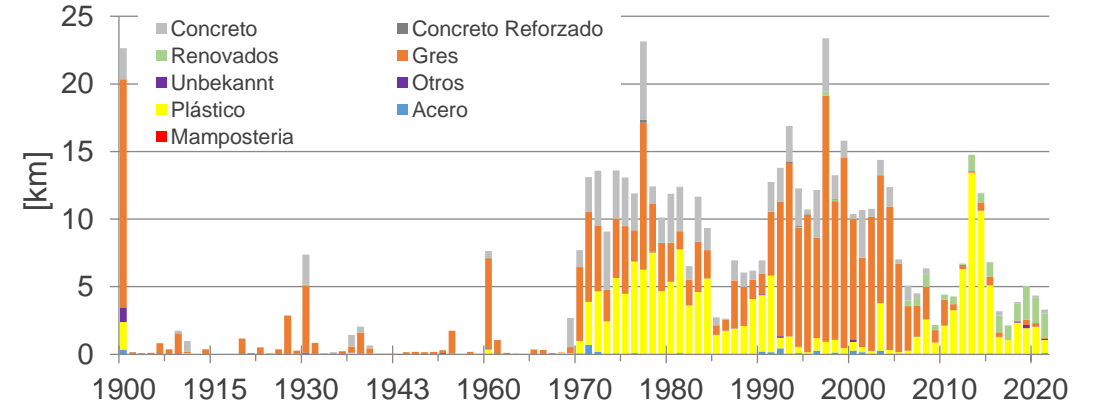
Distribución Profundidad



Distribución tamaño nominal
(diferenciado por material y longitud)

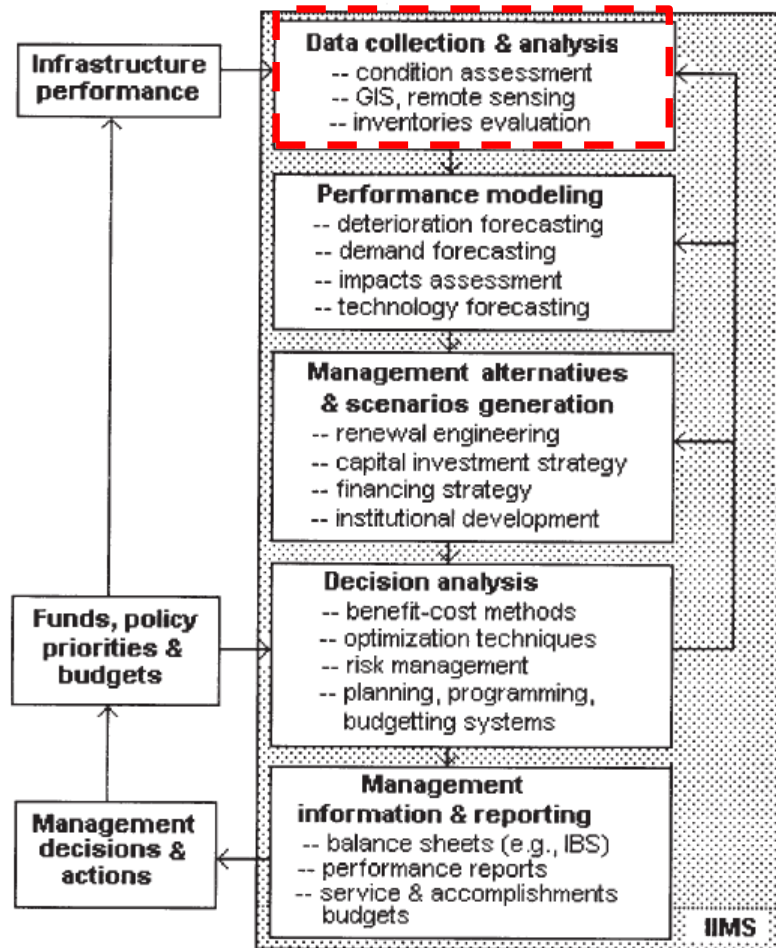


Distribución año de construcción



Gestión Patrimonial de Alcantarillado

Ciclo de la gestión de Infraestructura



Condición actual de los elementos:

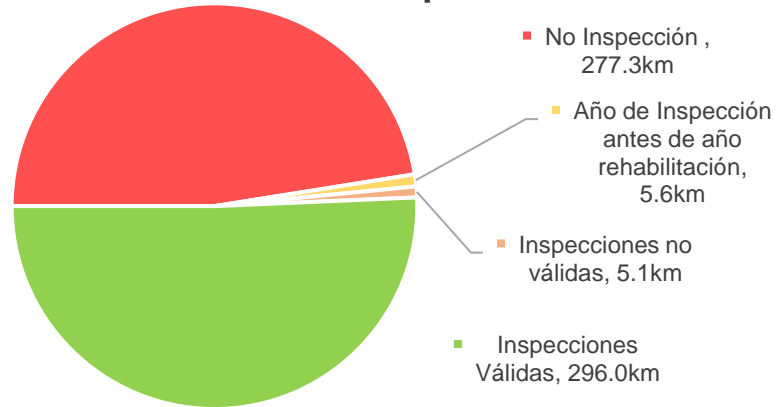
- Inventario de Defectos/Daños
- Normas técnicas para calificar y clasificar EN13508 (ISYBAU/DWA) → Recolección, calificación, estandarización de Información
- 2010 → 10% Inspección Red (Ley)



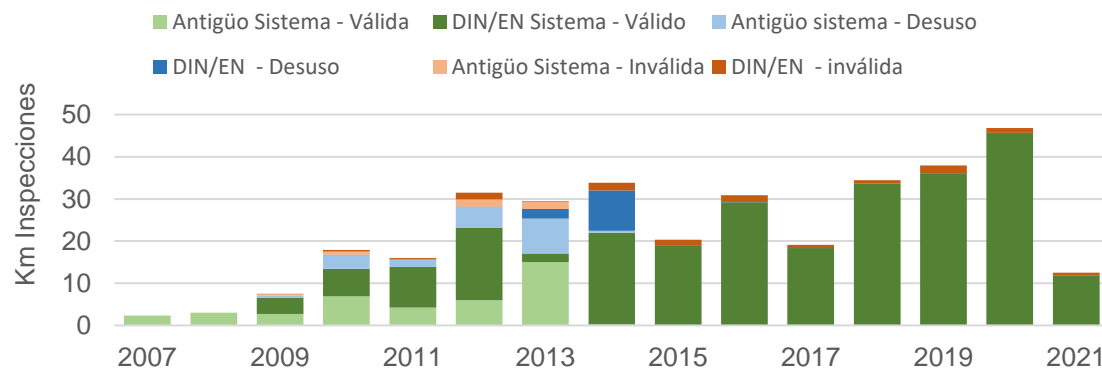
Gestión de Datos

Inspecciones Inventario

Cobertura de Inspecciones - Red

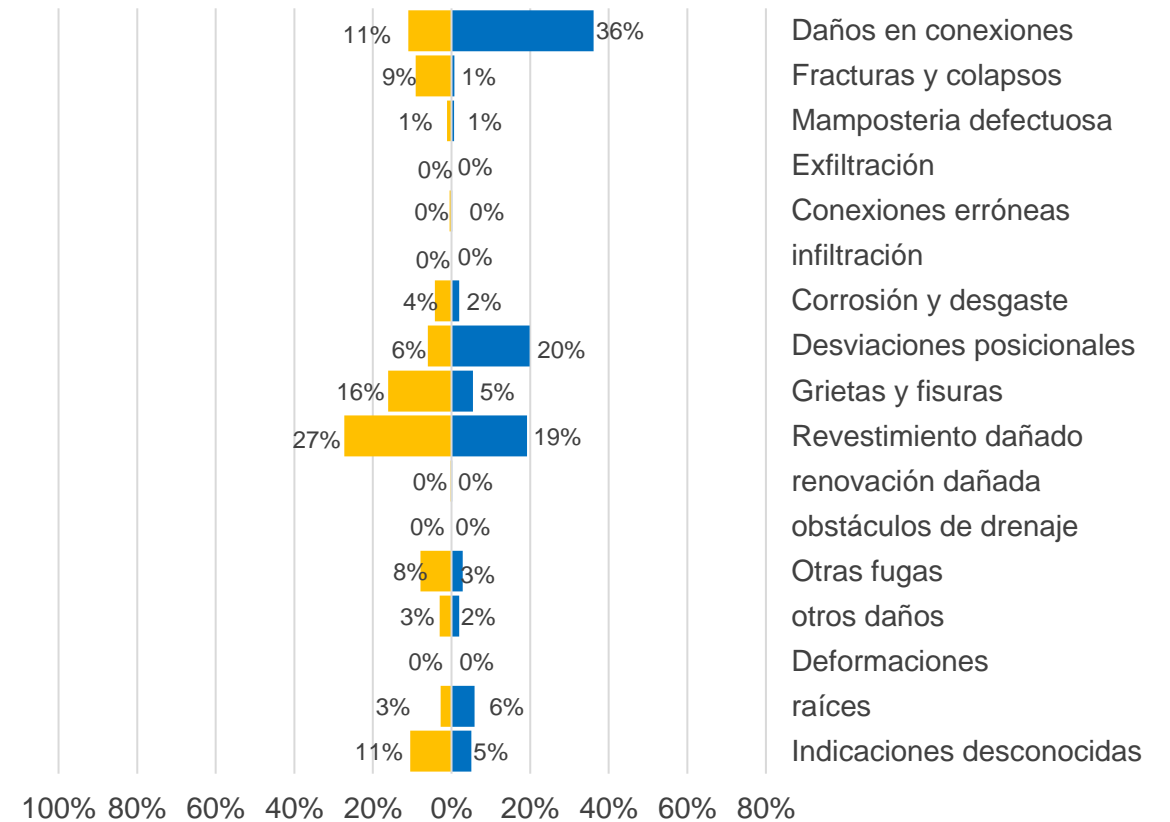


Inspecciones



Tipos de Defectos

Distribución por número (Izq.) y longitud del defecto (der.)



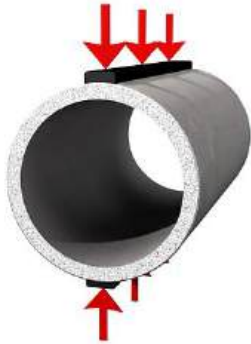
Normas Técnicas -> DWA – M 149

Calificación defectos

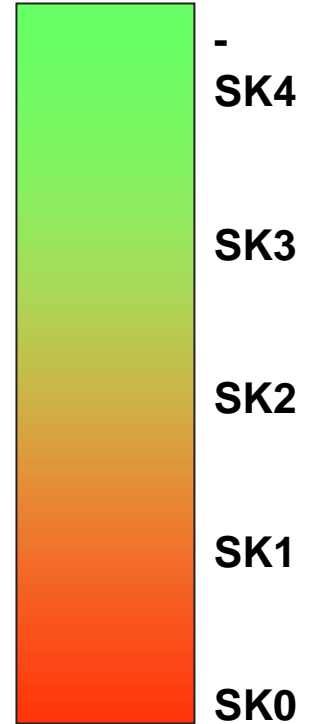
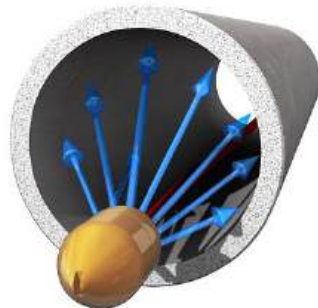
Estanqueidad
(ambiental)



Estructural



Capacidad
Hidráulica
(operación)



Tightness	Structural Stability	Operation
✓	✓	✗

Evaluación de la sección → SIM

Evaluación de la sección

Prioridad de Rehabilitación

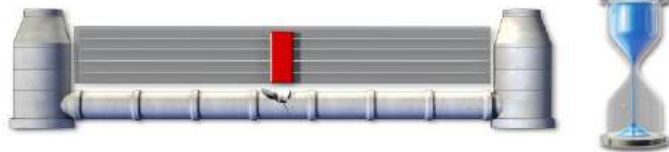
“Zustandsklasse”

Medida de la condición actual

Prioridad de rehabilitación

Considera daños más graves

Haltung mit schwerem Einzelschaden



Sustancia

“Substanzklasse”

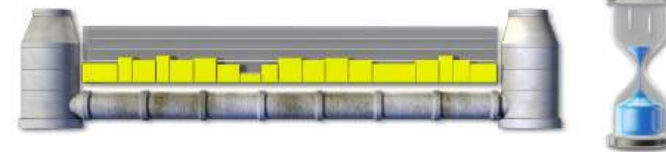
Medida condición operación restante

Rendimiento funcional →

Vida Útil Restante + Tipo de Rehabilitación

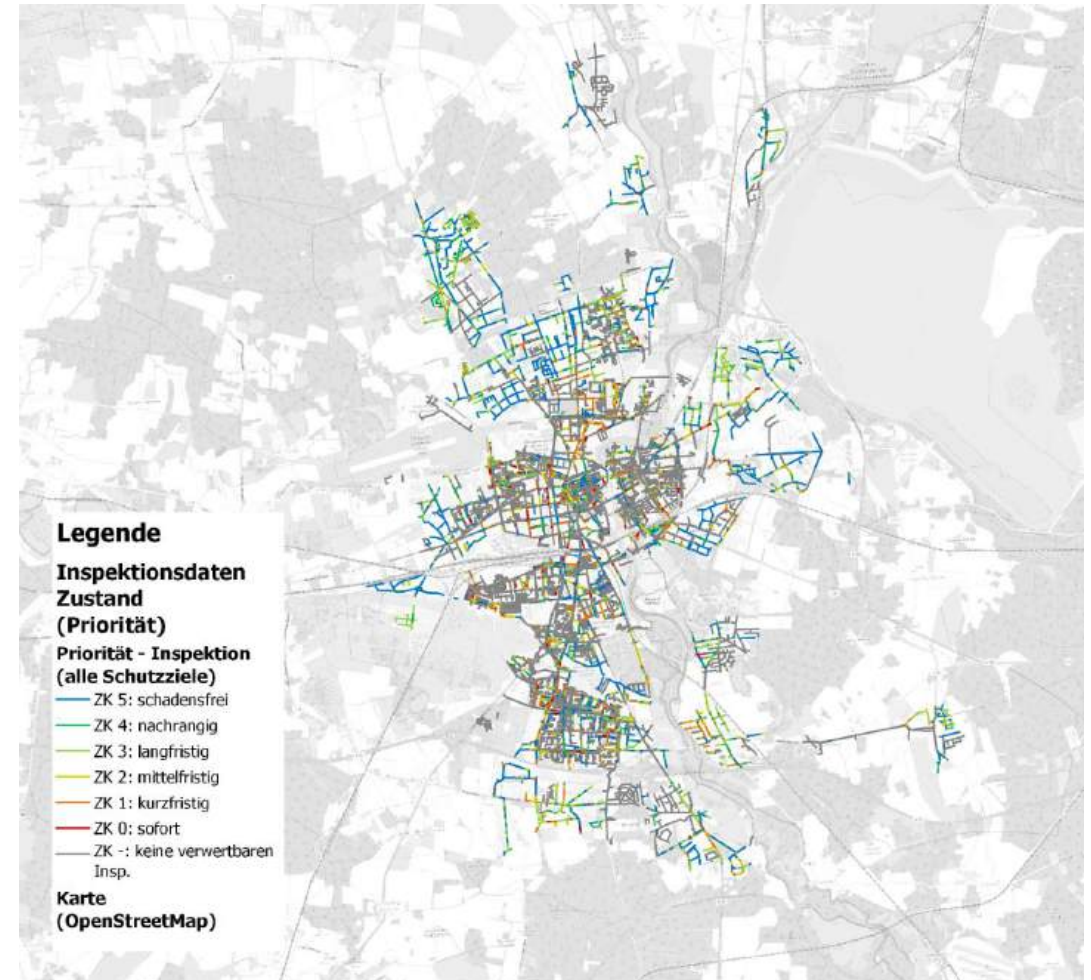
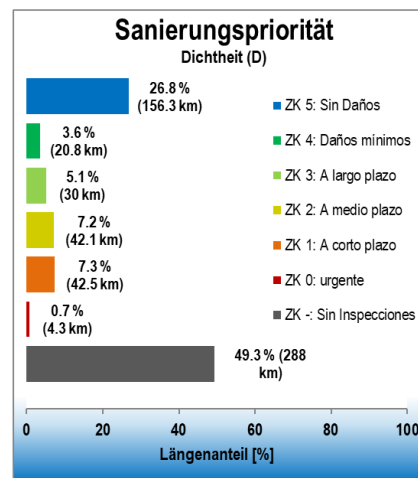
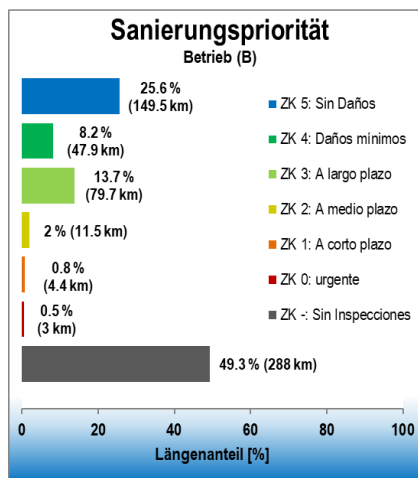
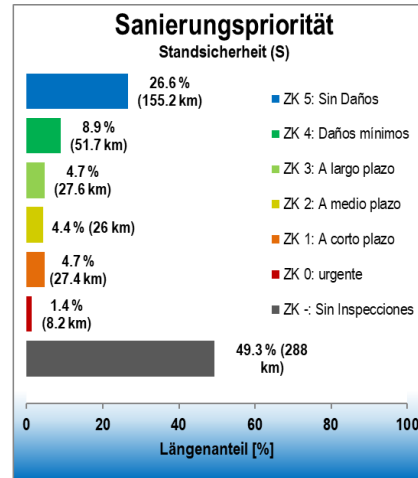
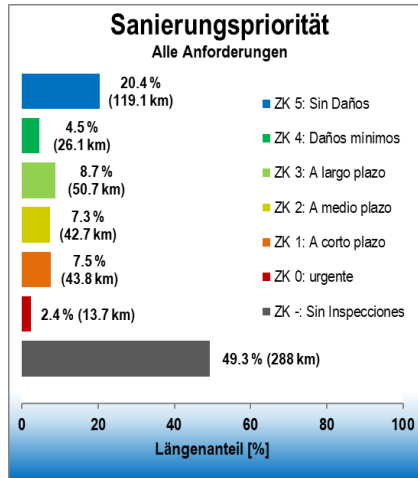
Considera la gravedad, distribución y extensión de los daños

Komplette Haltung mit nachrangigen Schäden



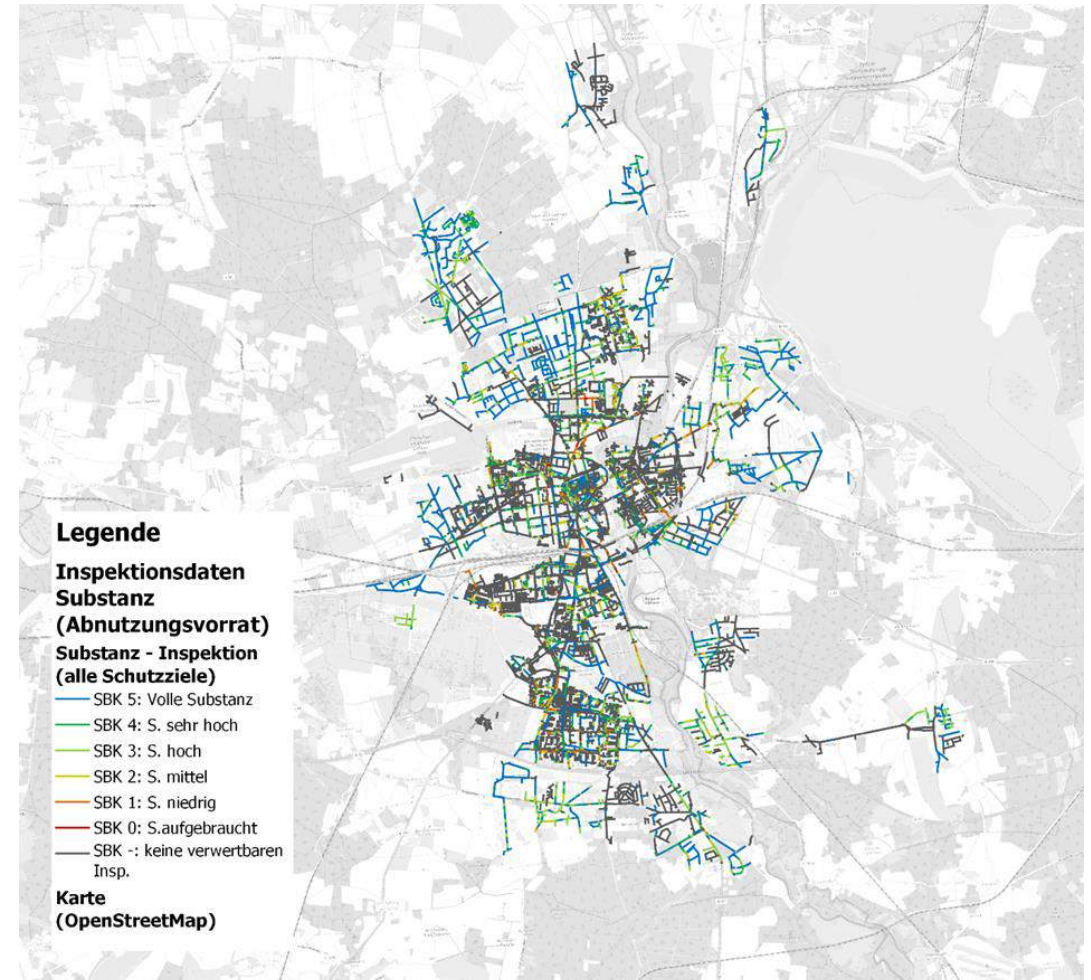
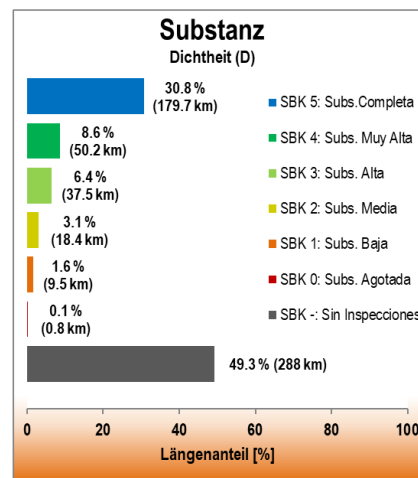
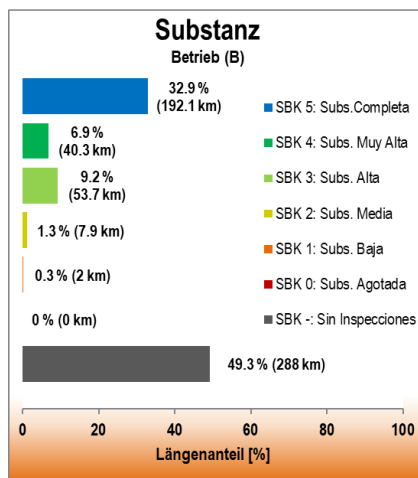
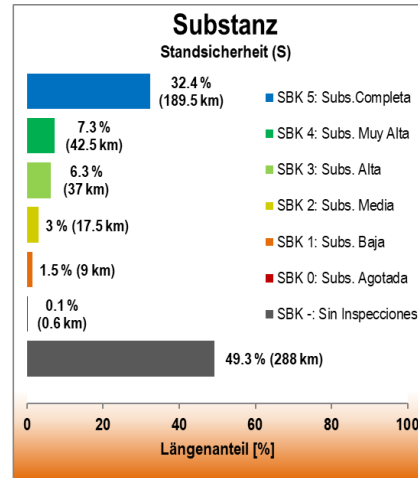
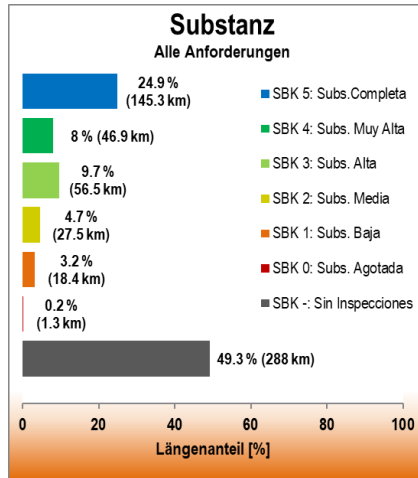
Evaluación de la red

Prioridad de Rehabilitación "Zustandsklasse"



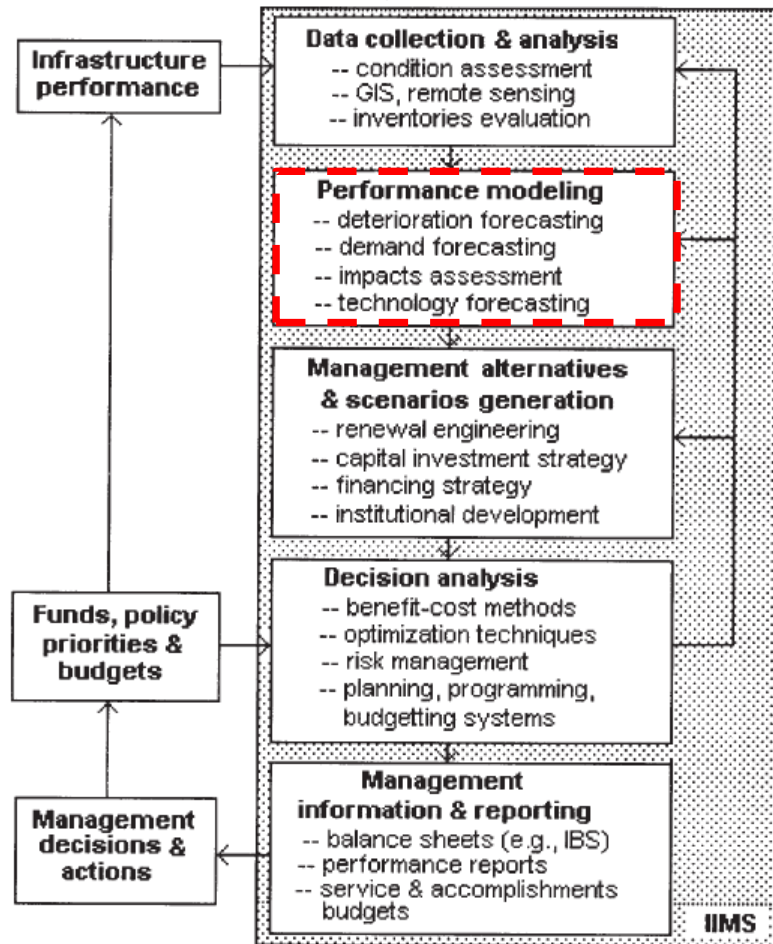
Evaluación de la Red

Sustancia



Gestión Patrimonial de Alcantarillado

Ciclo de la gestión de Infraestructura



Prognóstico de la Condición de la red

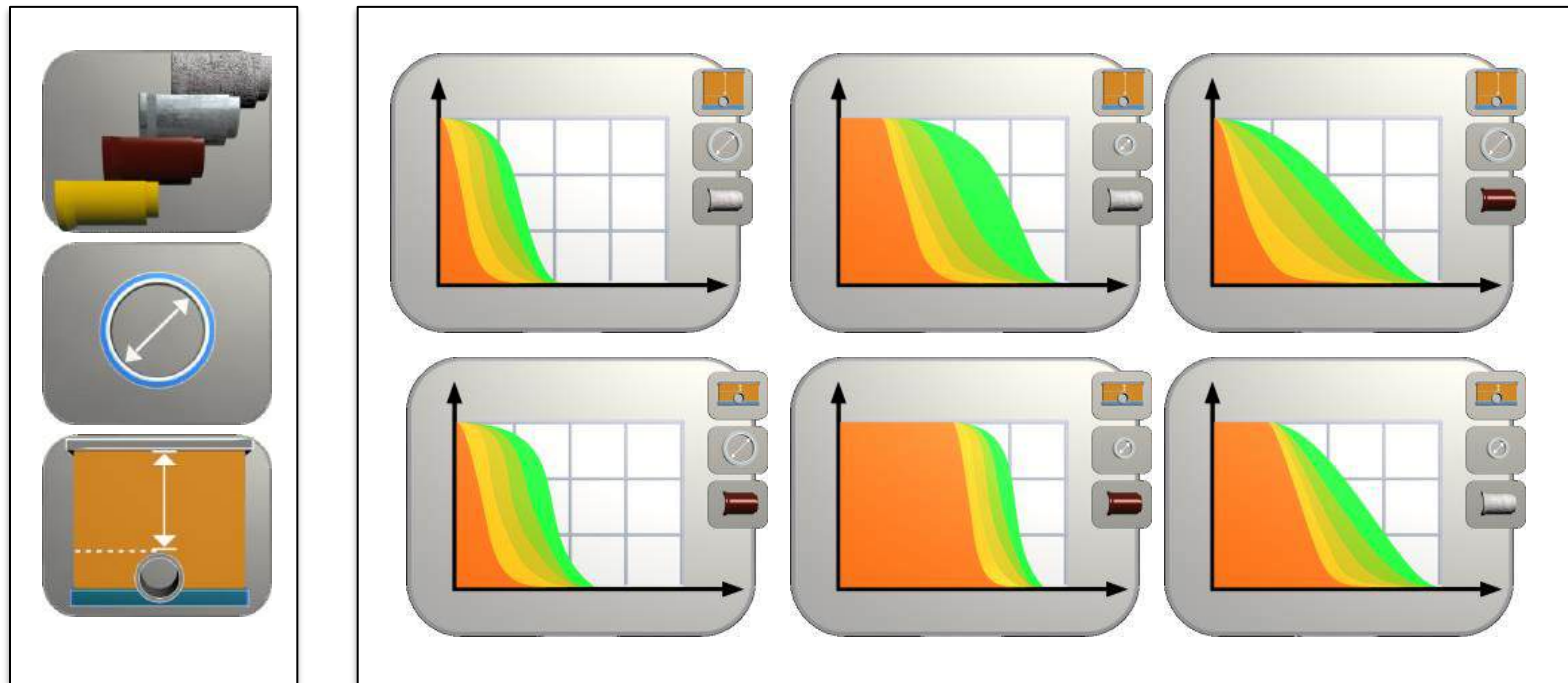
Modelos de envejecimiento de la red

- Determina: - Condición Futura
- Vida útil Total / Actual (Restante)



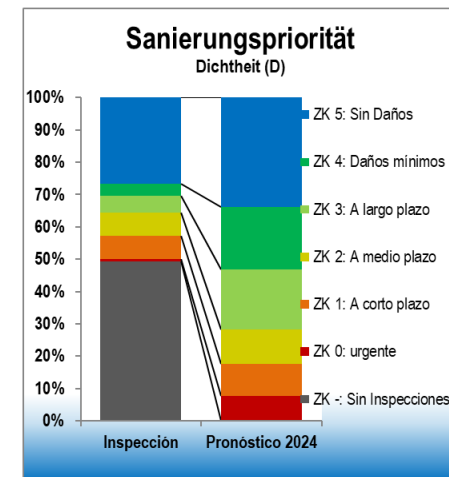
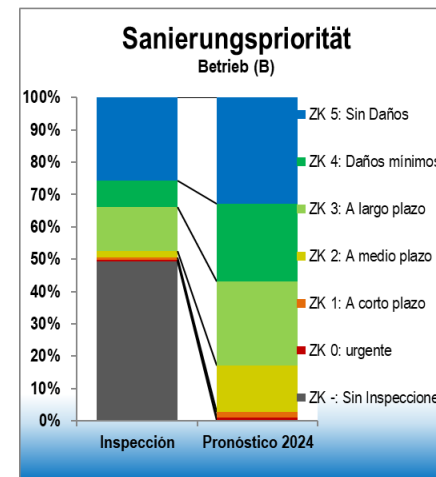
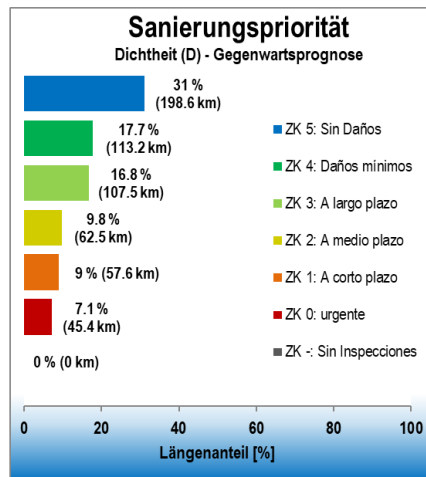
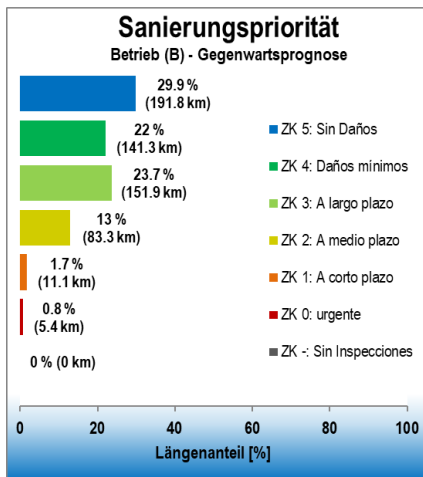
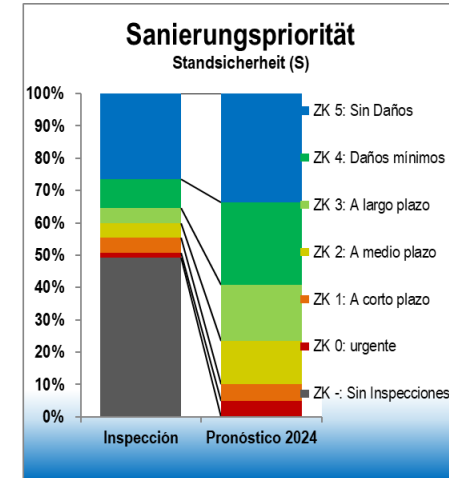
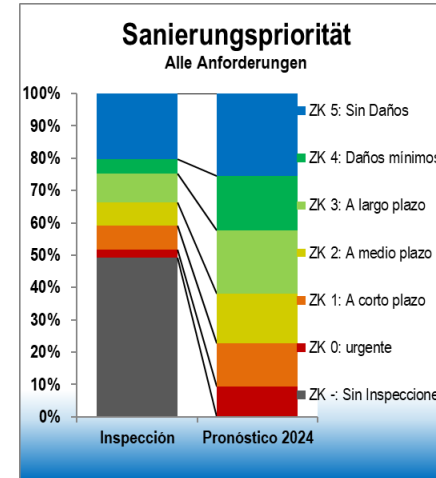
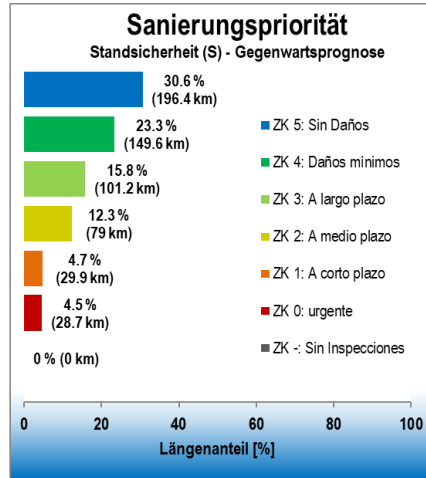
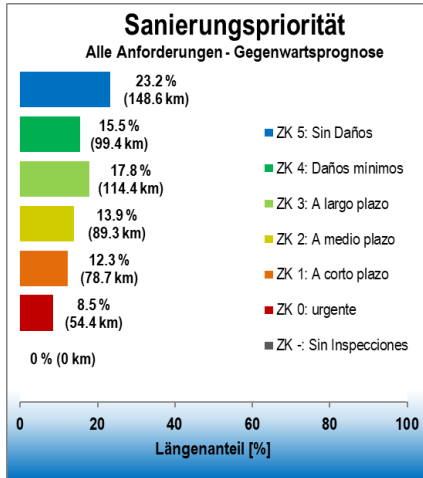
Modelo de envejecimiento

Segmentación de la red en grupos de comportamiento de envejecimiento similar
STATUS → Funciones de supervivencia



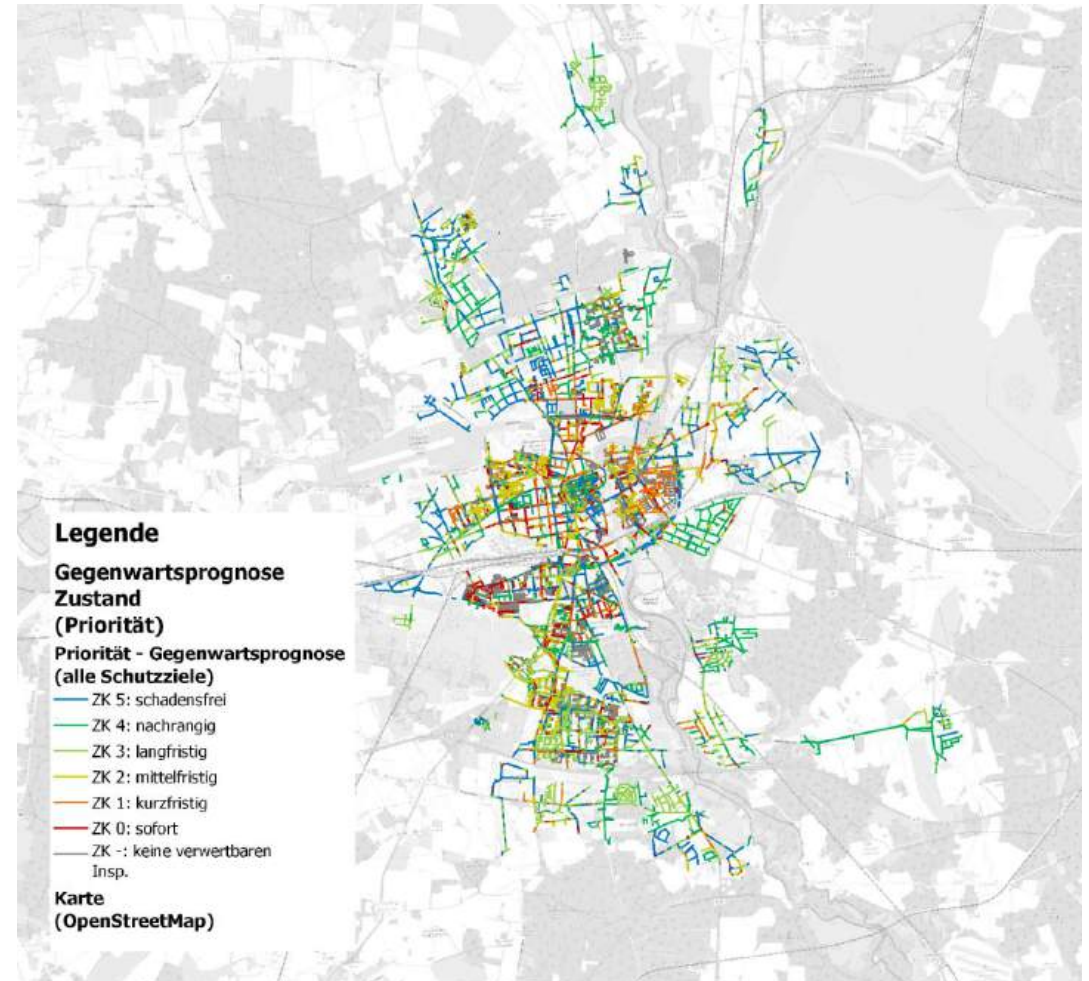
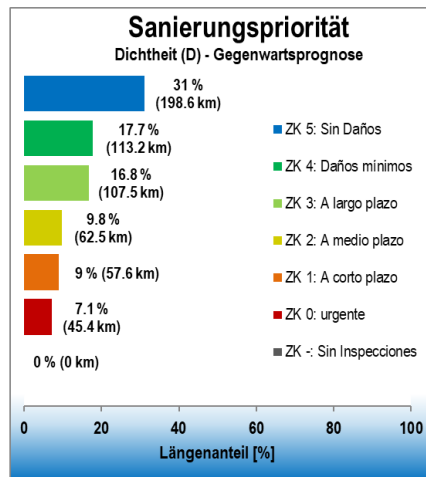
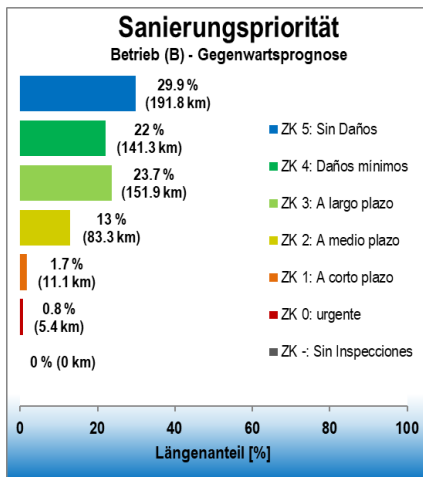
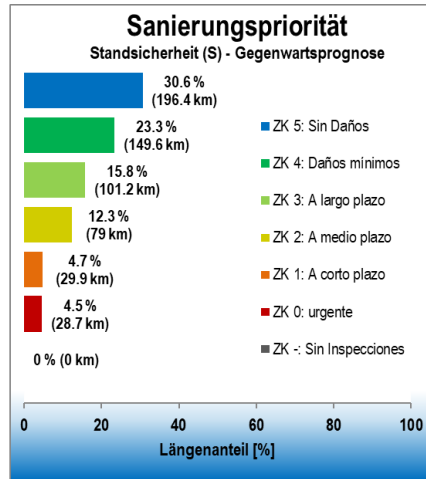
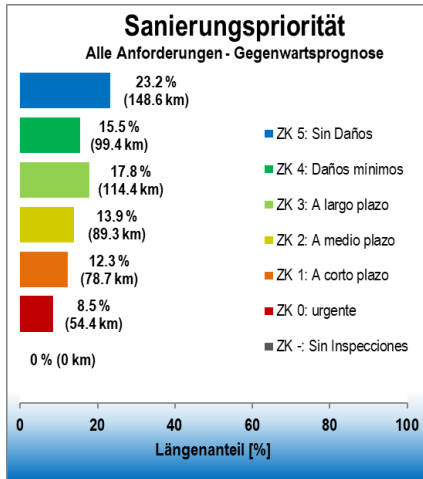
Modelos de envejecimiento

Pronóstico de la red actual (2024) → Prioridad de Renovación



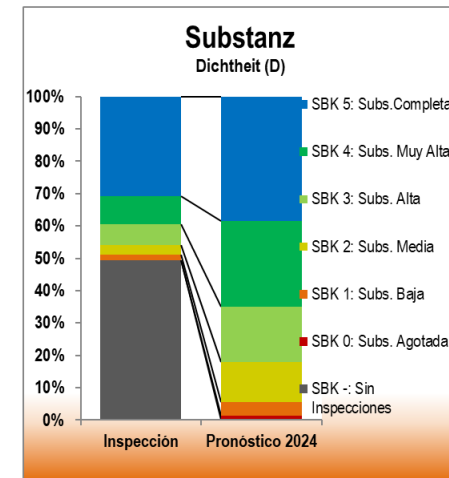
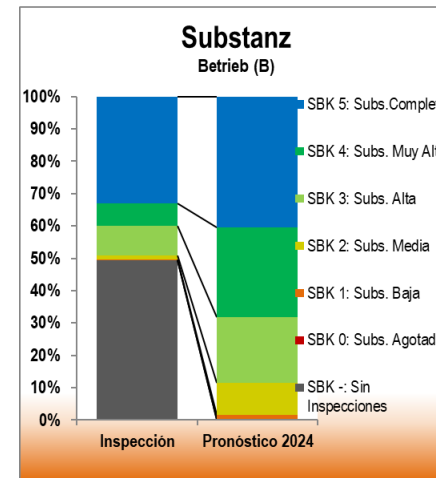
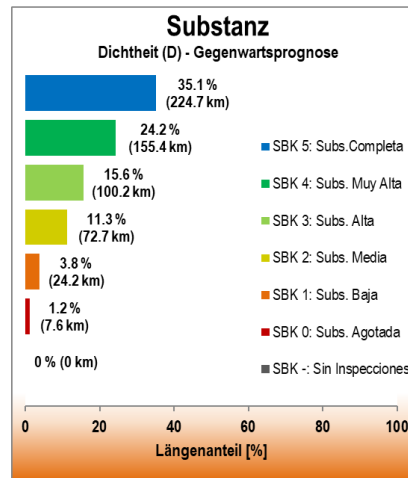
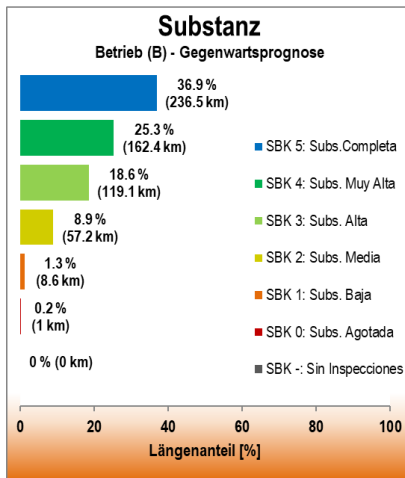
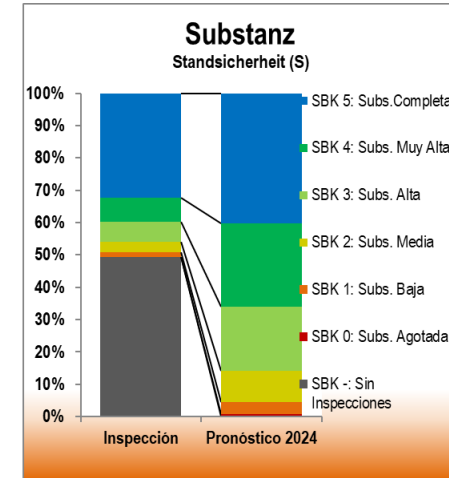
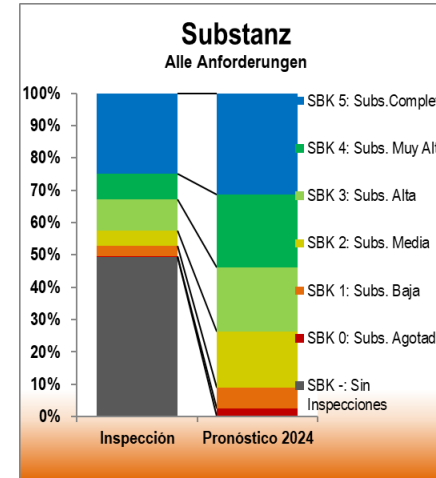
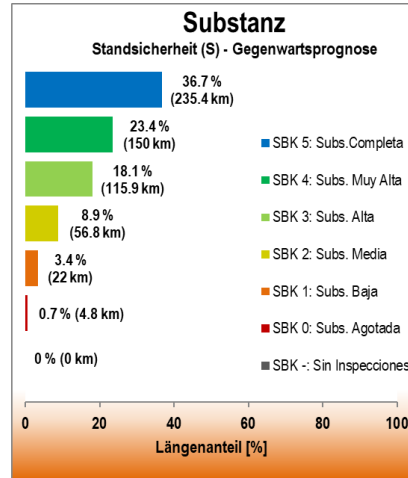
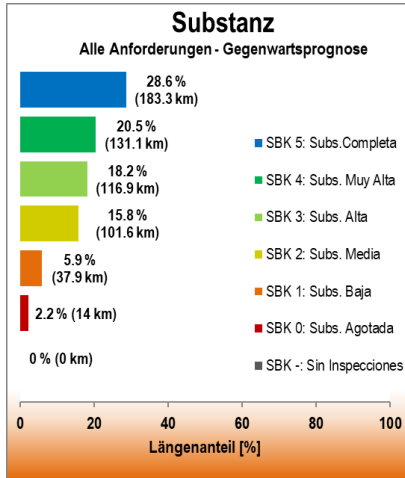
Modelos de envejecimiento

Pronóstico de la red actual (2024) → Prioridad de Renovación



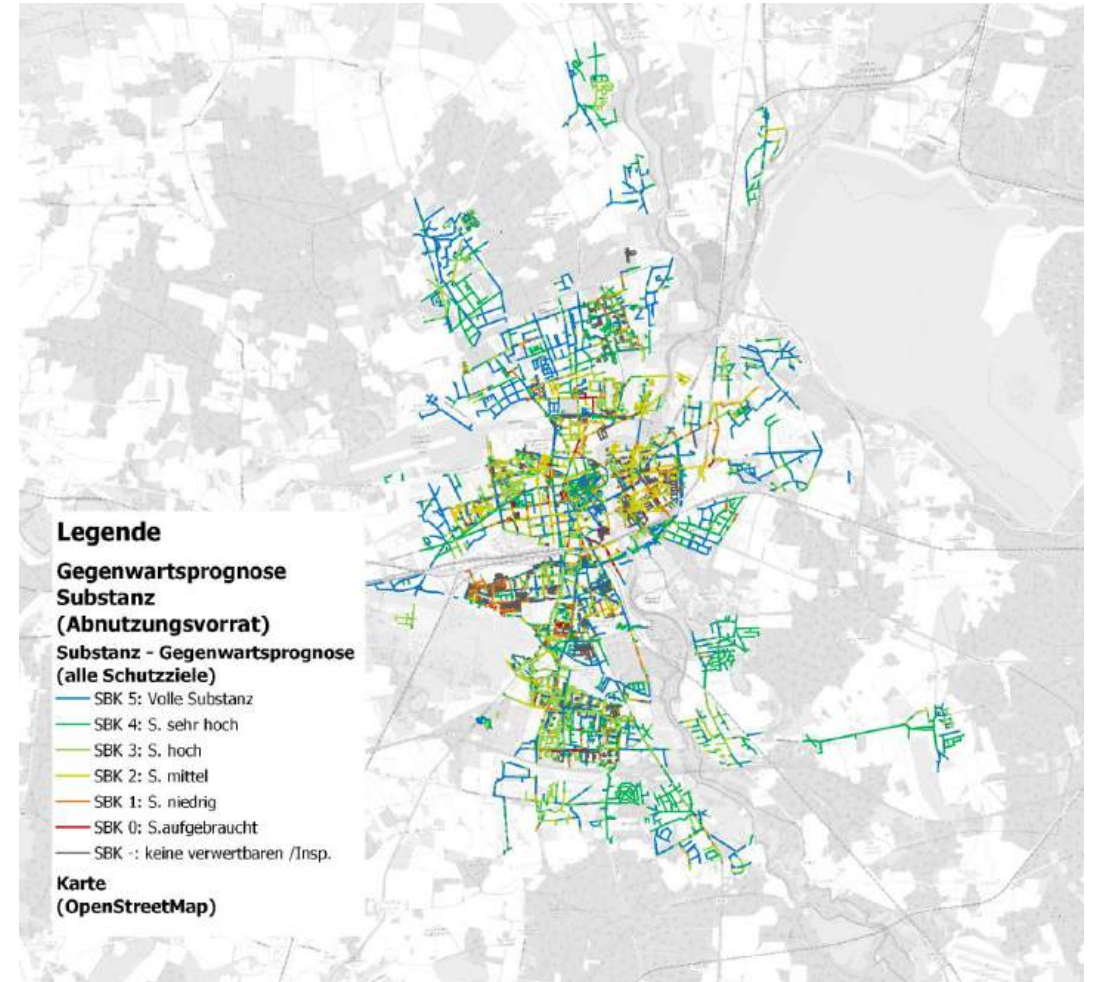
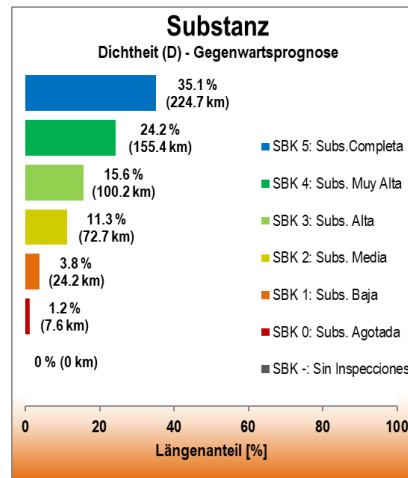
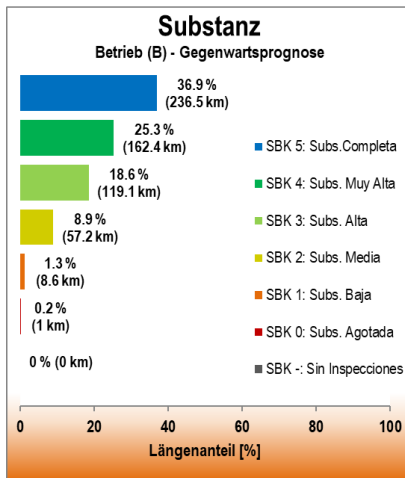
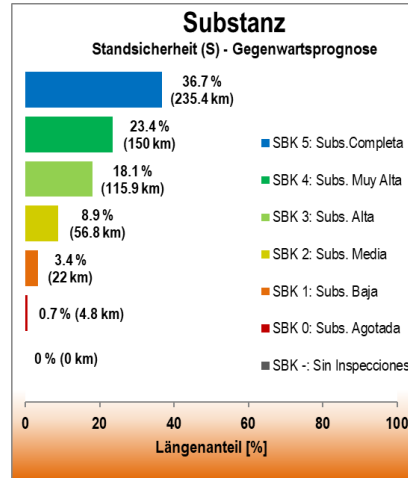
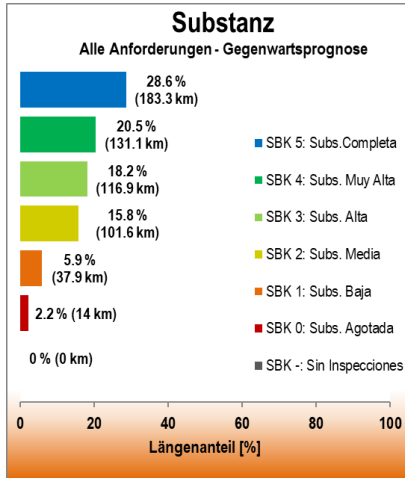
Modelos de envejecimiento

Pronóstico de la red actual (2024) → Sustancia



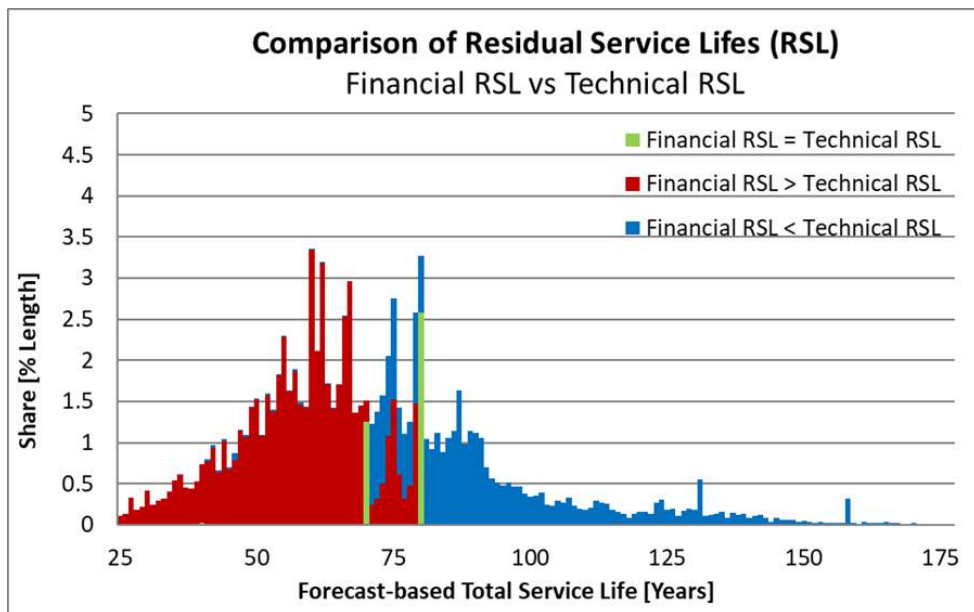
Modelos de envejecimiento

Pronóstico de la red actual (2024) → Prioridad de Renovación



Modelos de envejecimiento

Análisis vida útil de la red → Clusters



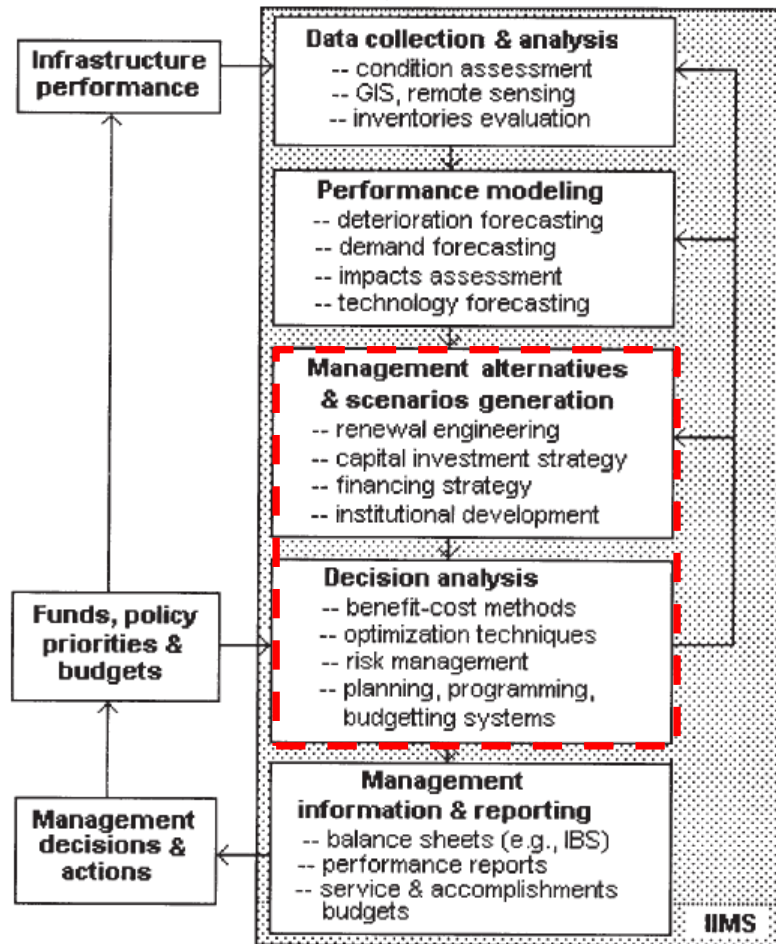
Nombre Cluster	Num		Long		Vida Util Restante				Vida Util Total			
	absolut	relativ	absolut	relativ	Min	Mean	std	Max	Min	Mean	std	Max
Red Completa hasta 1945	2.246	10,03 %	72,27 km	11,27 %	1 J.	28,67 J.	29,78 J.	130 J.	85 J.	136,54 J.	28,46 J.	251 J.
C+CR AC entre 1945-1990	1.554	6,94 %	51,67 km	8,06 %	1 J.	16,04 J.	13,92 J.	57 J.	32 J.	59,73 J.	12,43 J.	117 J.
C+CR AC después 1990	819	3,66 %	31,42 km	4,90 %	1 J.	40,01 J.	12,87 J.	60 J.	18 J.	62,81 J.	12,86 J.	88 J.
Gres AC entre 1945-1990	4.075	18,19 %	83,41 km	13,01 %	1 J.	18,59 J.	12,06 J.	64 J.	33 J.	64,78 J.	9,99 J.	127 J.
Gres AC después 1990	4.725	21,10 %	162,57 km	25,36 %	1 J.	47,08 J.	11,86 J.	67 J.	14 J.	68,85 J.	11,21 J.	95 J.
Plástico AC entre 1945-1990	3.932	17,56 %	89,41 km	13,95 %	1 J.	25,75 J.	15,79 J.	63 J.	32 J.	67,33 J.	15,15 J.	123 J.
Plástico AC después 1990	1.969	8,79 %	72,30 km	11,28 %	2 J.	86,73 J.	15,46 J.	100 J.	17 J.	98,71 J.	14,00 J.	130 J.
Renovadas	370	1,65 %	16,62 km	2,59 %	13 J.	65,81 J.	13,61 J.	74 J.	17 J.	71,39 J.	12,10 J.	109 J.
Otros Mat AC 1945-1990	150	0,67 %	2,17 km	0,34 %	1 J.	16,29 J.	10,20 J.	61 J.	38 J.	62,38 J.	7,06 J.	106 J.
Otros Mat AC después 1990	127	0,57 %	2,98 km	0,47 %	1 J.	50,87 J.	16,51 J.	71 J.	23 J.	70,28 J.	13,56 J.	94 J.
Red Total	19.967	89,15 %	584,81 km	91,24 %	1 J.	36,34 J.	26,21 J.	130 J.	14 J.	77,33 J.	27,79 J.	251 J.



Num	Longitud	Valor Reposición	Valor reposición actual	Valor de Sustancia (2024)	Balace	Descripción
13.627	336,72 km	362,93 Mio €	0,00 Mio €	187,04 Mio €	187,04 Mio €	Depreciado - valor contable infravalorado desde un punto de vista estructural
1.077	44,33 km	39,33 Mio €	28,09 Mio €	21,19 Mio €	-6,9 Mio €	Riesgo – Valor contable sobrevalorado desde una perspectiva estructural
7.693	259,94 km	243,71 Mio €	168,82 Mio €	216,47 Mio €	47,65 Mio €	Seguridad - valor contable no sobrevalorado desde un punto de vista estructural

Gestión Patrimonial de Alcantarillado

Ciclo de la gestión de Infraestructura

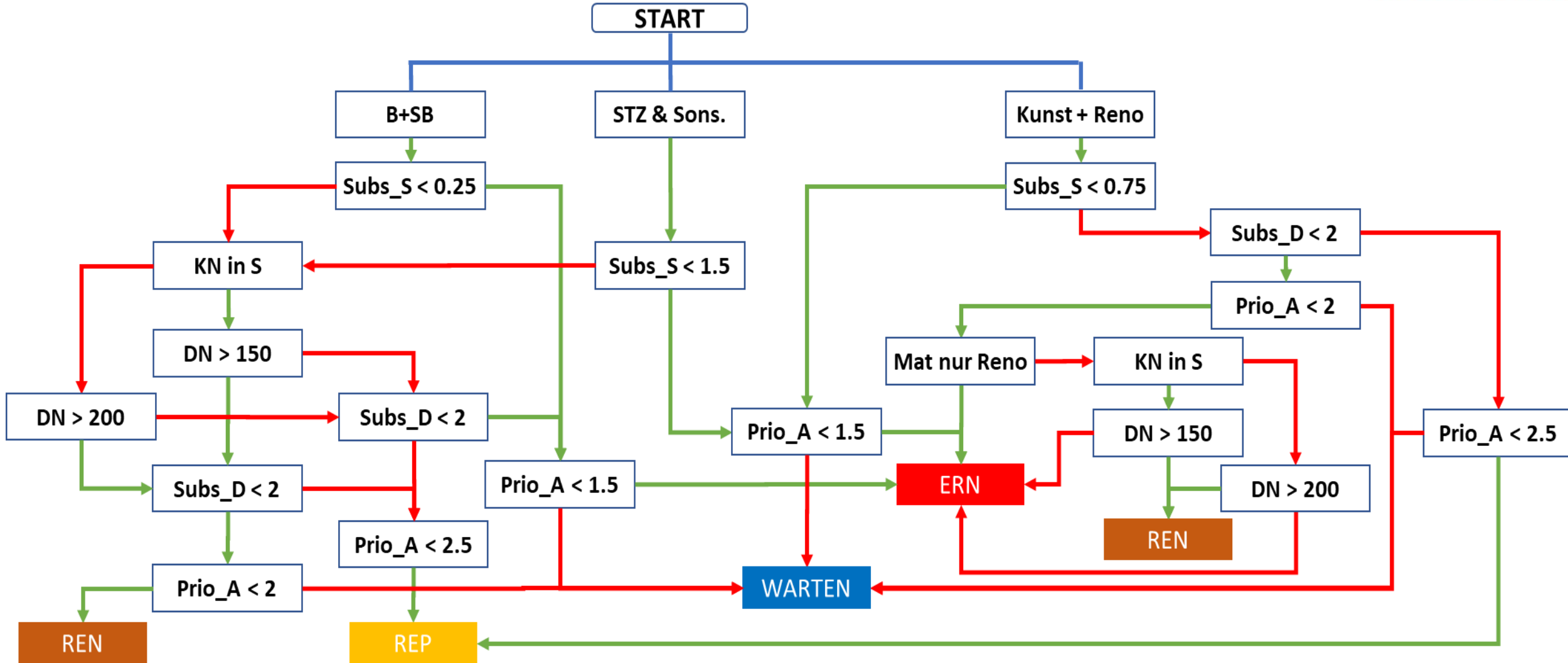


Alternativas de Gestión

- Determina el valor actual de los activos (valor de reemplazo, valor actual considerando daños existentes)
- Seleccionar y/o priorizar los activos que se deben reemplazar, renovar, mantener o limpiar.
- Objetivos de intervención (rehab km/año o \$/año, direccionamiento inspecciones, etc.)
- Determinar el presupuesto óptimo para realizar actividades de rehabilitación estratégicas.
- Considerar planes urbanísticos, cuerpos de agua, planes de intervención otras infraestructuras circundantes (vías, agua..)

Planificación estratégica de rehabilitación

Modelo de Decisión a partir criterios intervención (operador decisiones)



Planificación estratégica de rehabilitación

Alternativas de Estrategias de gestión

Tipo de presupuesto	Tipo de rehabilitación	Cero	Estrategia operador				Estrategia de 45	Estrategia 40
			2022	2023	2024	> 2024	> 2024	> 2024
Inversión ^[1]	Reemplazo	0,00 Mio €	0,93 Mio €	0,93 Mio €	1,18 Mio €	1,06 Mio €	0,9 Mio €	0,8 Mio €
		0 Km	0 Km	0 Km	0 Km	0 Km	0 Km	0 Km
	Renovación (Inline)	0,00 Mio €	4,91 Mio €	4,91 Mio €	3,51 Mio €	4,21 Mio €	3,6 Mio €	3,2 Mio €
		0 km	0 Km	0 Km	0 Km	0 Km	0 Km	0 Km
Mantenimiento ^[2]	Reparación	0,00 Mio €	0.58 Mio €	0.58 Mio €	0.47 Mio €	0.53 Mio €	0.53 Mio €	0.53 Mio €
		0 km	0 km	0 km	0 km	0 km	0 km	0 km

1. Estrategia Cero

- No Intervención
- Deterioro Natural de la Red
- **Estrategia de límite inferior**

2. Estrategia operador desea/planea

- Toma de decisiones Operador-SIM
- Desgloce del presupuesto de inversión
- Presupuesto mantenimiento = 10% Presupuesto inversión
- No hay restricciones limite (km secciones a rehabilitar)

3. Estrategia 45

- **Reducción presupuesto inversión a 4,5 Mio Euro**
- Asignación del presupuesto → estrategia Operador-SIM
- Presupuesto de mantenimiento sin cambios
- Toma de decisiones operador

4. Estrategia 40

- **Reducción presupuesto inversión a 4,0 Mio Euro**
- Asignación del presupuesto → estrategia Operador-SIM
- Presupuesto de mantenimiento sin cambios
- Toma de decisiones operador

Planificación estratégica de rehabilitación

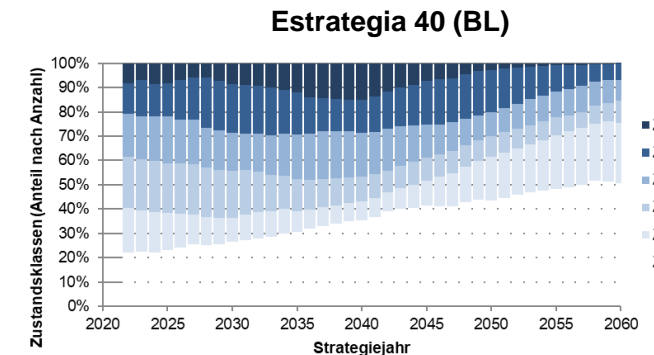
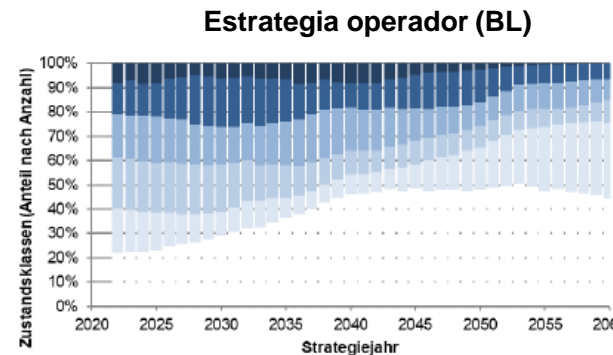
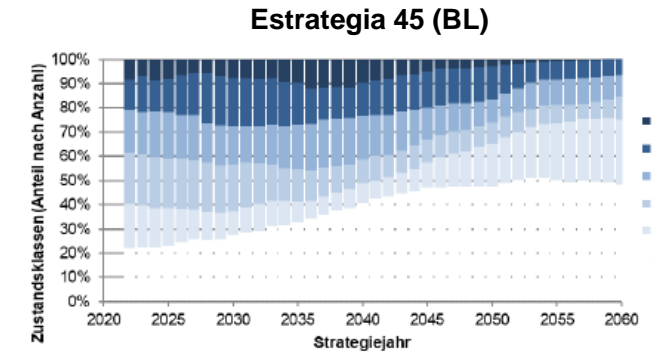
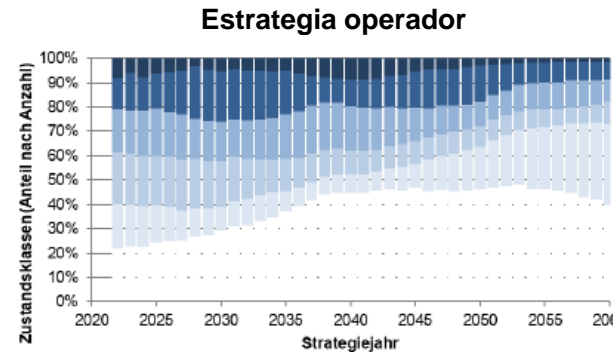
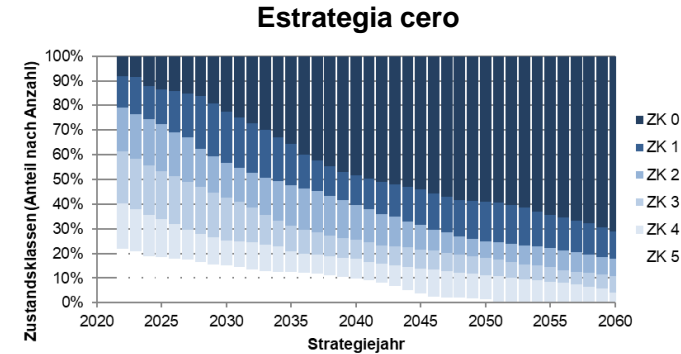
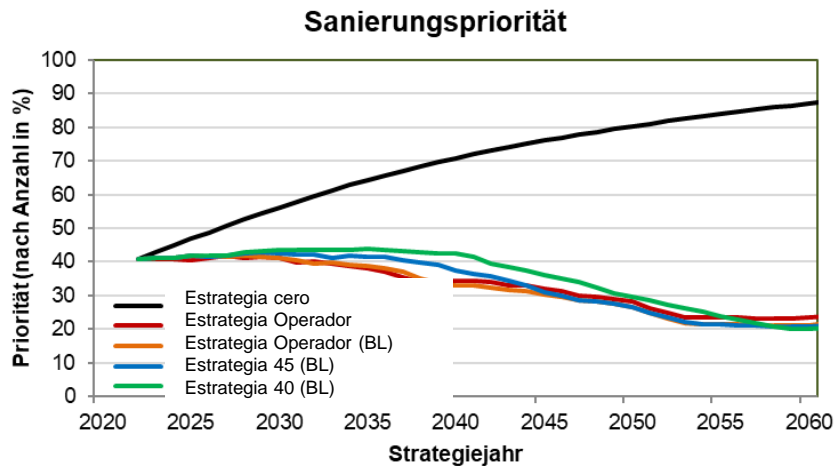
Análisis de las estrategias (Prioridad de Rehabilitación)

Objetivo de rehabilitación 1:

Remediar/evitar el retraso en la rehabilitación

ZK0/ZK1

- ZK0/ ZK1 se basa en los daños individuales más severos
- Prioridad de rehabilitación prevista en el pronóstico
- División en clases análoga ZK0/ZK1
- BL (Baulos) → Optimización – Ruta de Intervención



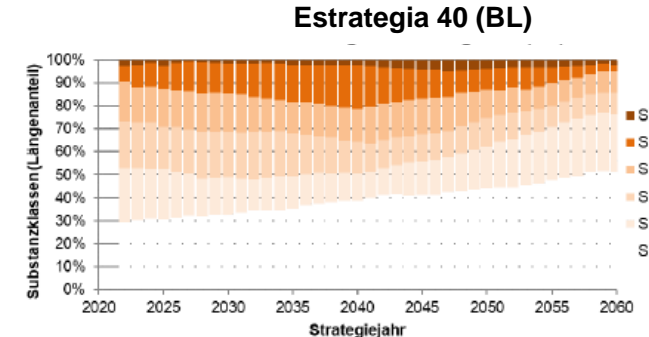
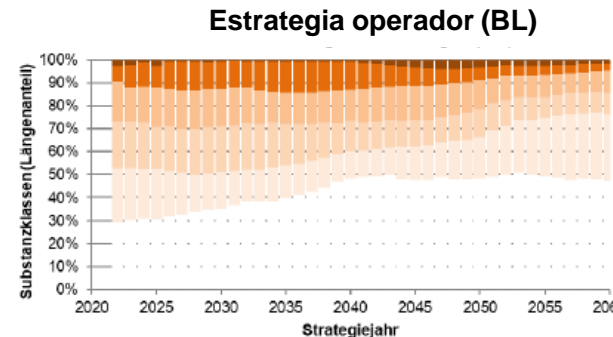
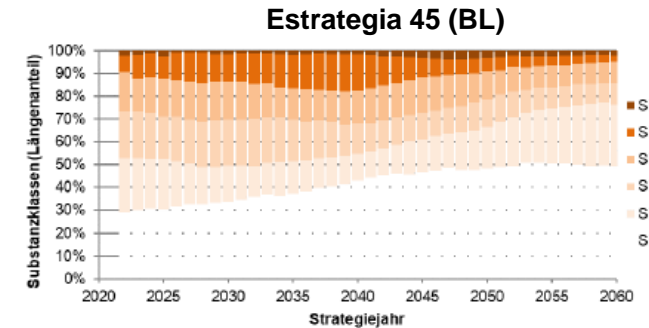
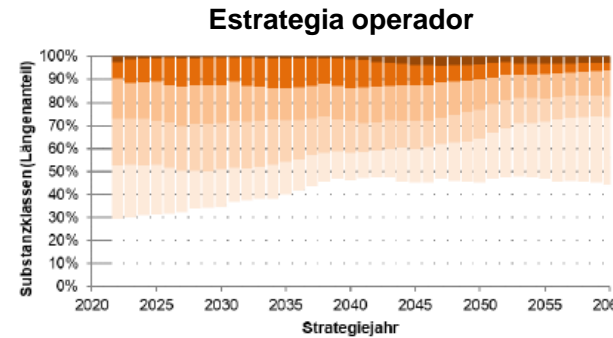
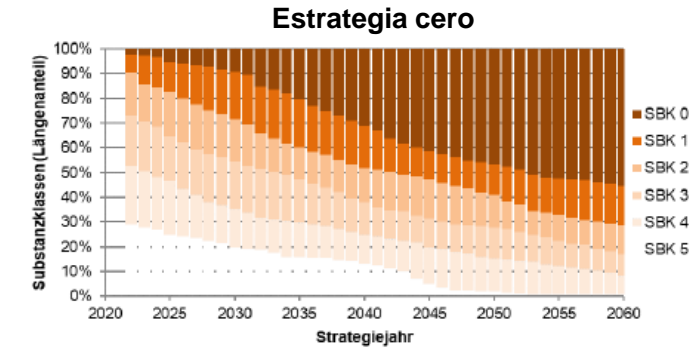
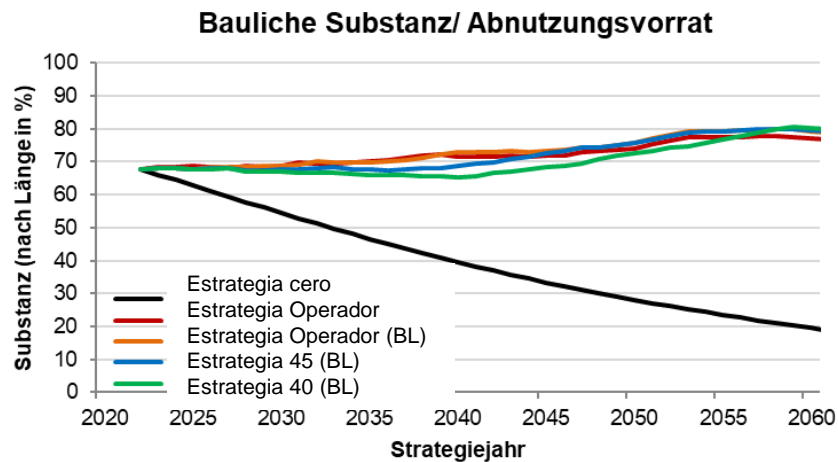
Planificación estratégica de rehabilitación

Análisis de las estrategias (Sustancia)

Objetivo de Rehabilitación 2:

Preservación sustancia estructural

- La sustancia tiene en cuenta todos los daños de una estructura con el respectivo grado de gravedad y la duración individual de los daños, así como la distribución/dispersión dentro de la estructura
- División de las clases análogas SBK/SBK1



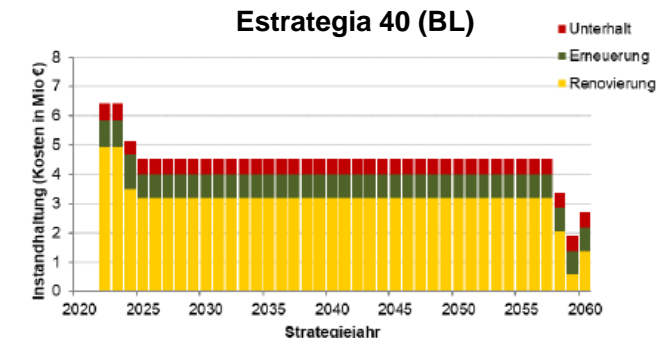
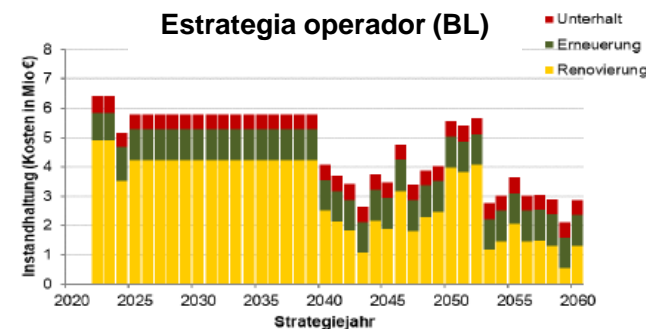
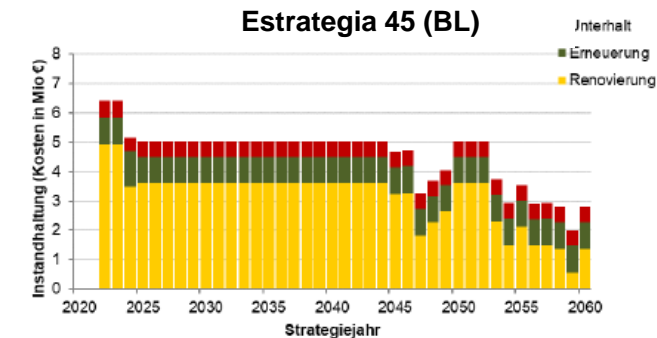
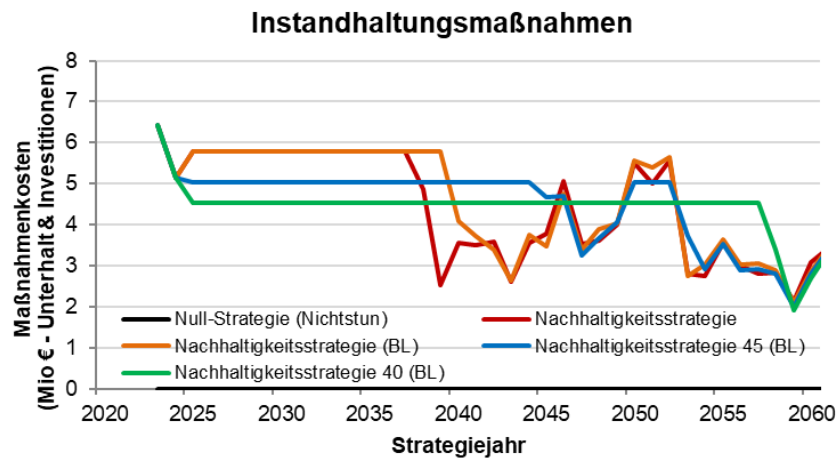
Planificación estratégica de rehabilitación

Análisis de las estrategias – Presupuesto de rehabilitaciones sugeridas

Objetivo de rehabilitación 3:

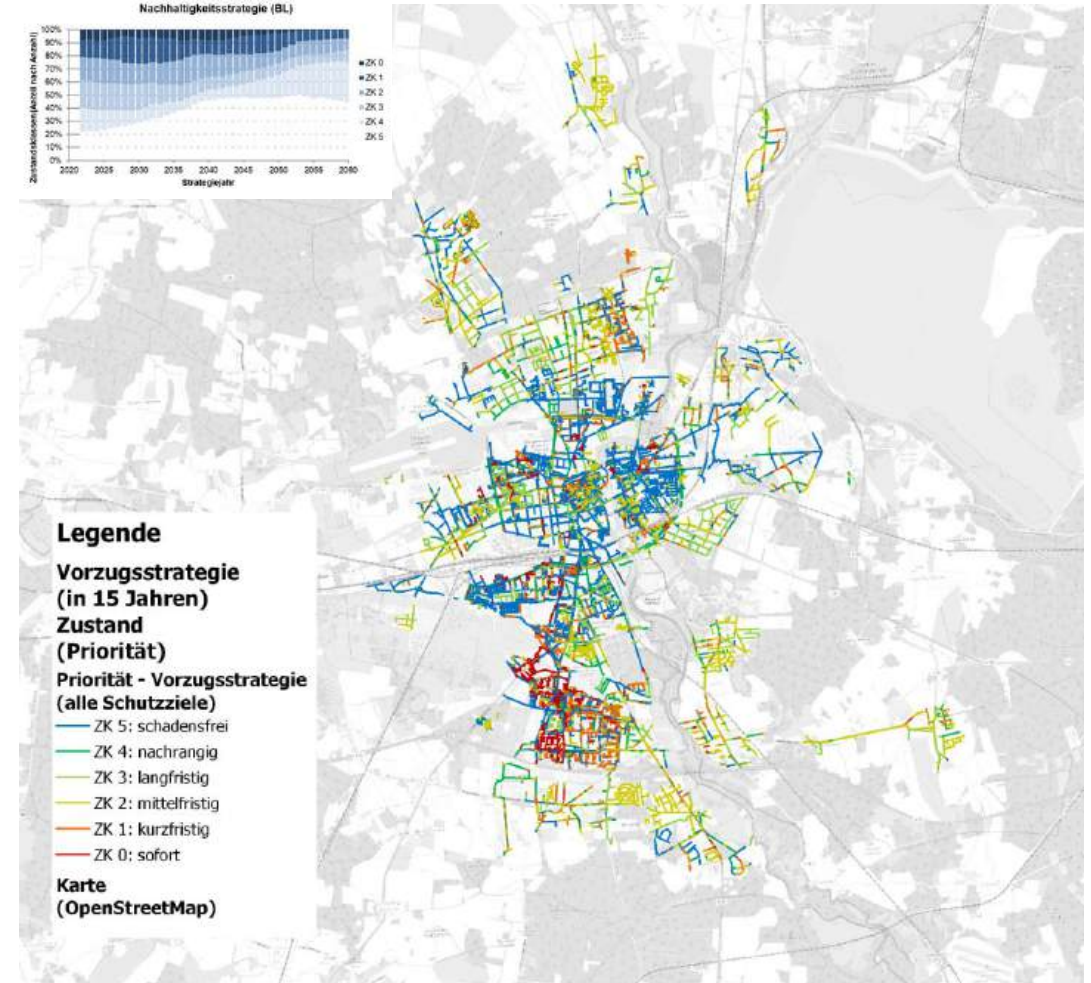
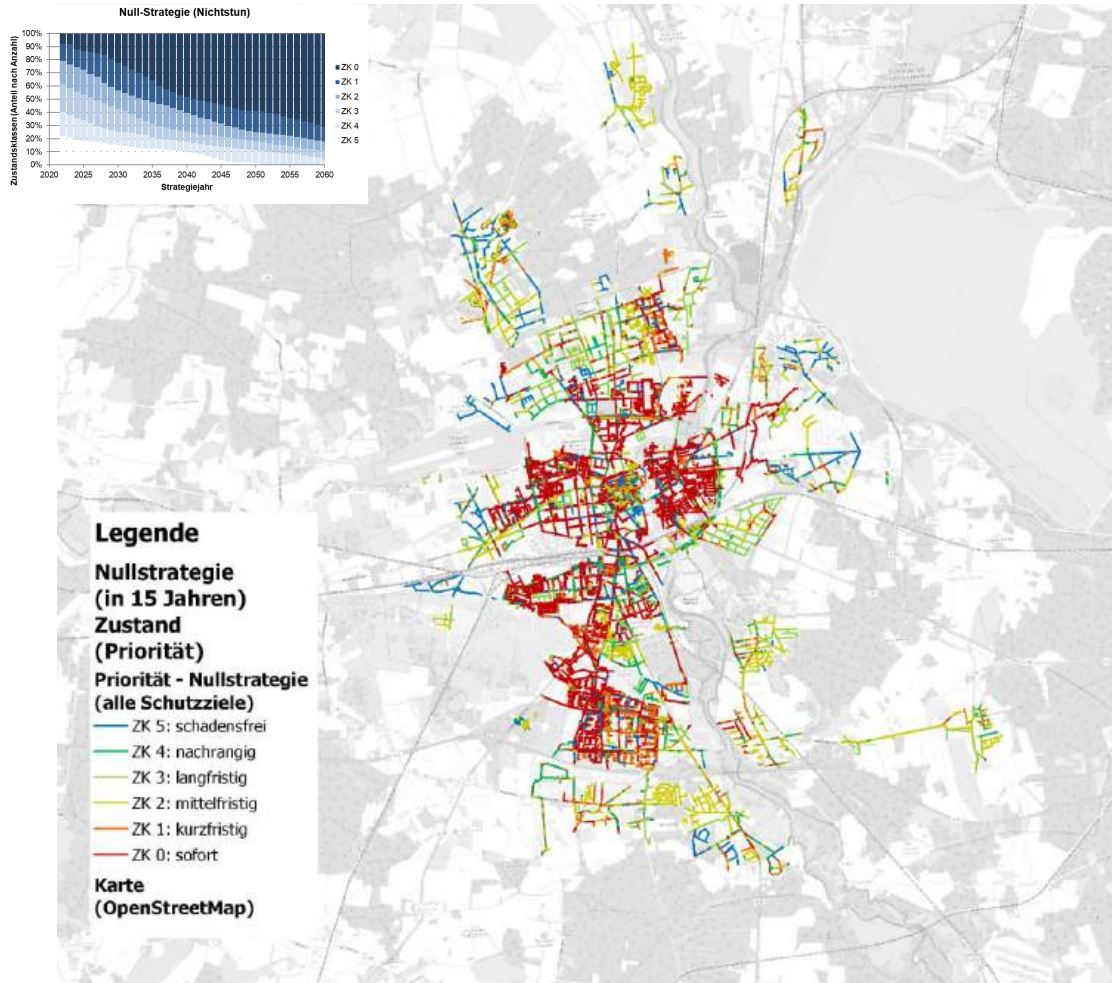
Reorganización estructural/operacional Red

- Margen de maniobra Margen de maniobra para reducir la tensión estructural para actuar
- Mayor ritmo de renovación ≤ Presupuesto
- → Mayor Km intervenidos
- Renovación sólo si es conveniente desde el punto de vista comercial y estructural.



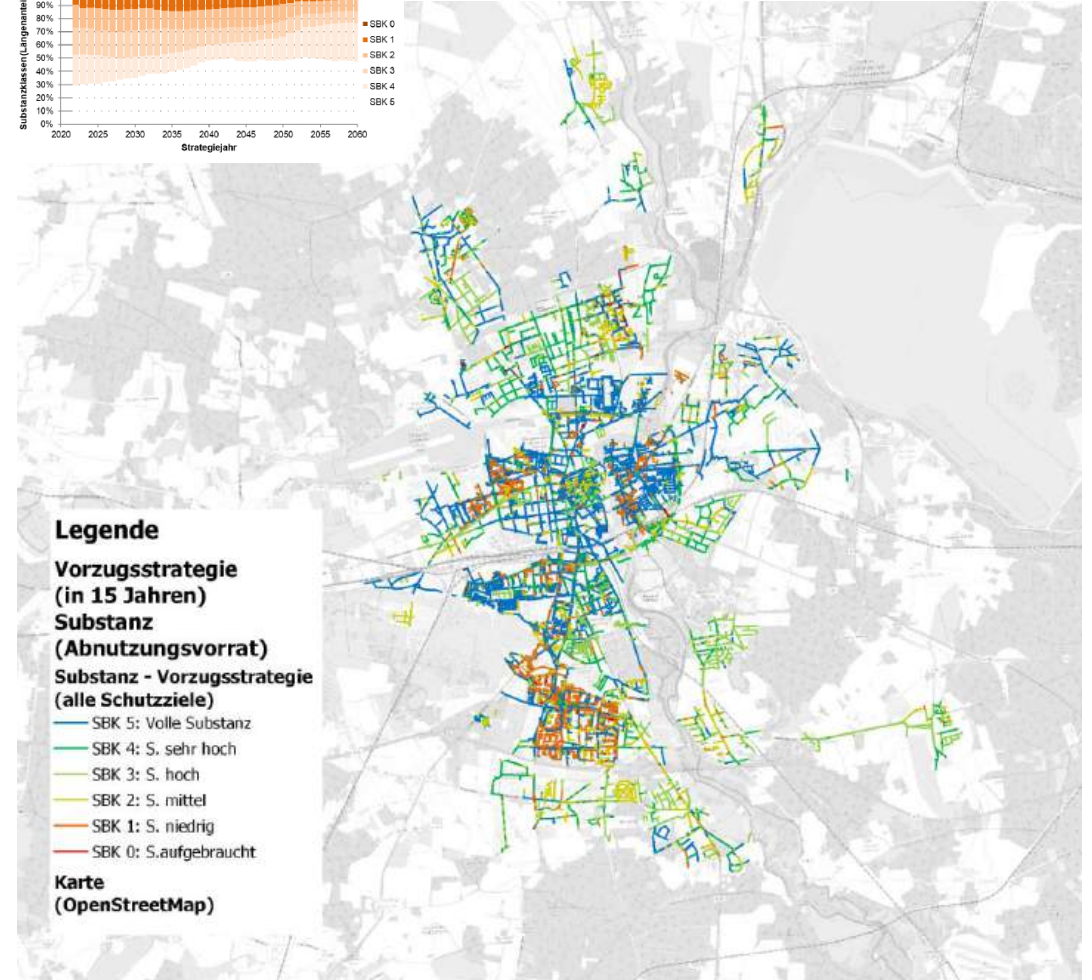
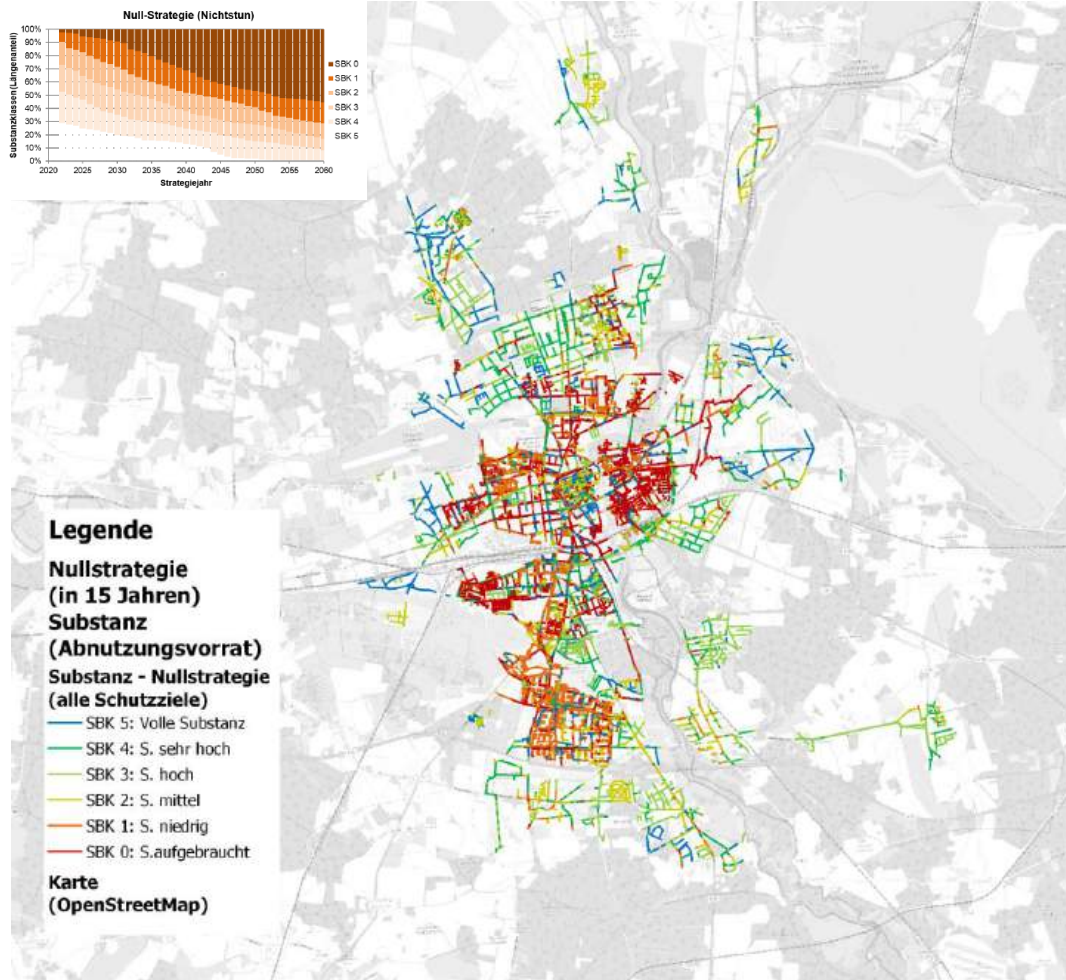
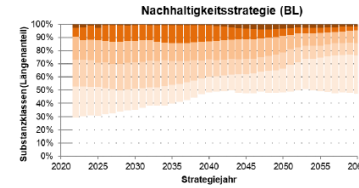
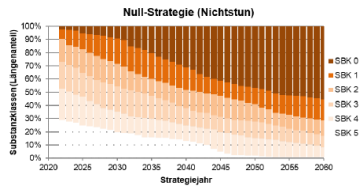
Planificación estratégica de rehabilitación

Análisis de las estrategias (Prioridad de Rehabilitación)



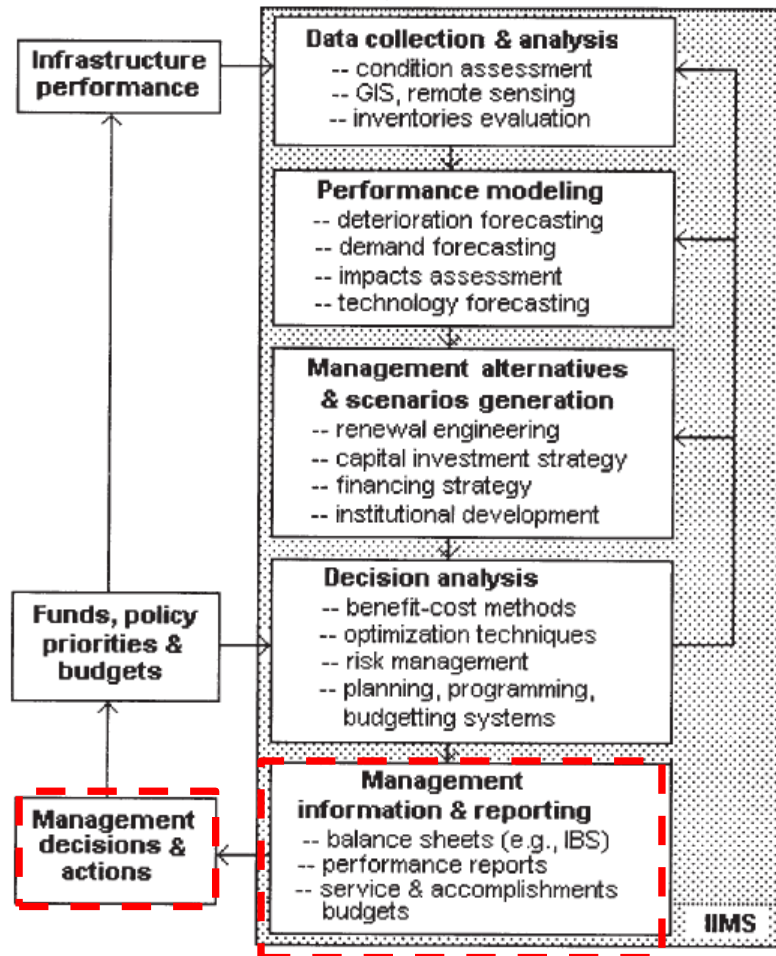
Planificación estratégica de rehabilitación

Análisis de las estrategias (Sustancia)



Gestión Patrimonial de Alcantarillado

Ciclo de la gestión de Infraestructura



Gestión de la información y Reporte

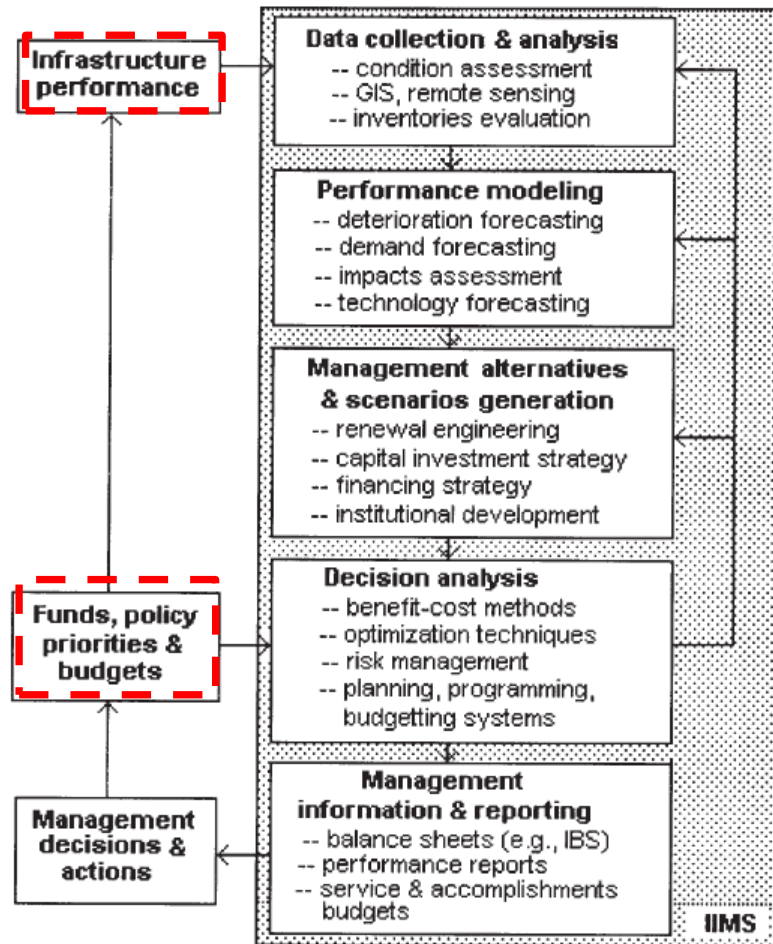
- Comunicación y reporte de la planificación estratégica

Gestión de la decisiones y acciones

- Implementación estrategia rehabilitación (Empresas servicio público)

Gestión Patrimonial de Alcantarillado

Ciclo de la gestión de Infraestructura



A partir de la implementación se alimentan información:

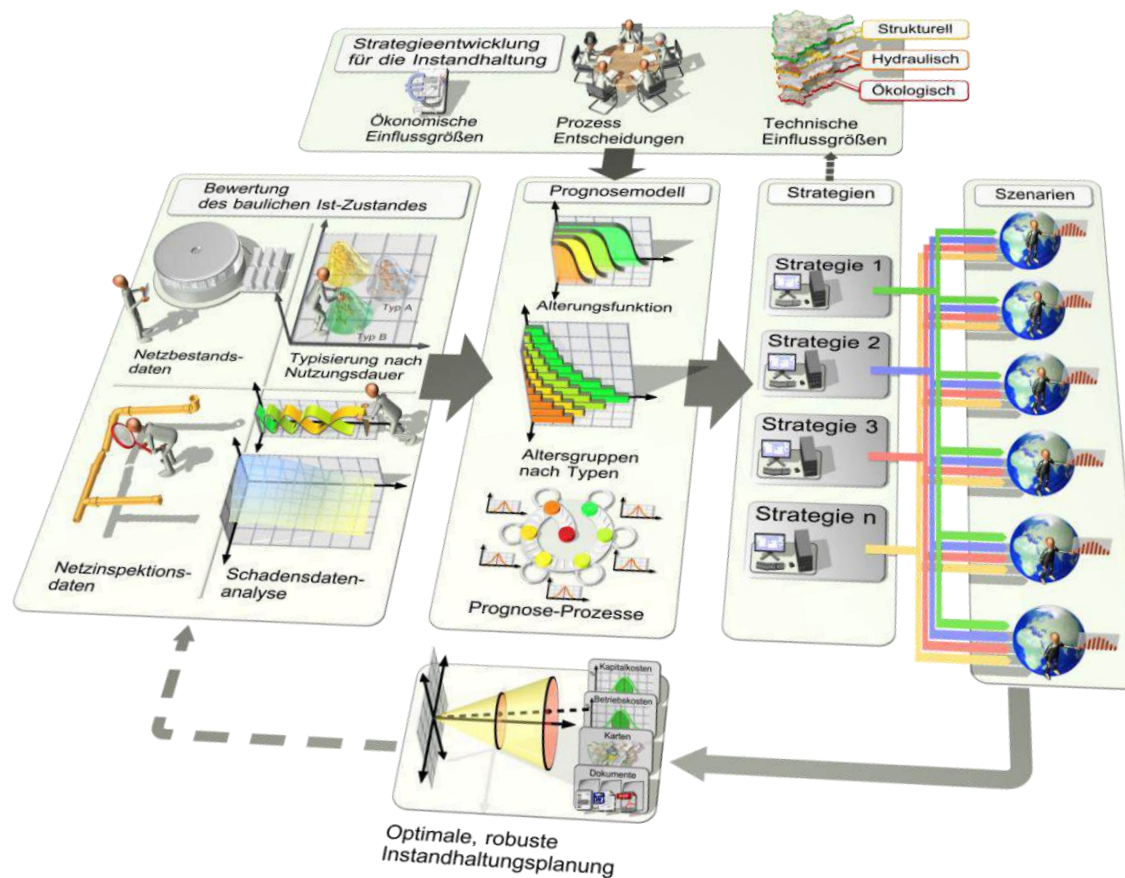
- Fondos
- Prioridades políticas (Feedback N. Técnicas)
- Presupuestos reales

→ Evaluación de la infraestructura:

- Inspecciones, reportes de Daños
- Alimentación Base de Datos

Resumen

- No es necesario tener grandes % Inspección → Gestión Proactiva Alcantarillado
- Gestión sistemática → Retroalimenta y optimiza cada ciclo
- Importante recolección en Datos y normas técnicas → Objetivos Empresas Servicios Públicos
- Tecnología y avances ingeniería → Aplicable GPA → Data Mining
- Experiencia Operador → Materia Prima → Toma de decisiones
- Cada Ciudad única → diferentes objetivos de gestión
- Matrimonio Técnico – Económico → GPA



Gracias por su atención
 Nathalie.hernandez@stein.de

Gestión de Activos de Alcantarillado Sanitario y Pluvial de Bogotá DC

JAINER LUCAS OLIVELLA SOCARRÁS



CONTENIDO

- 1. Contexto Urbano y Tamaño de la Infraestructura.**
- 2. Metodología General de Rehabilitación de Redes.**
- 3. Sistema de Normalización Técnica.**
- 4. Proyecto Ciudad Montes.**
- 5. Plan de Obras e Inversiones Regulado POIR 2026 -2036.**
- 6. Conclusiones.**

CONTEXTO URBANO Y TAMAÑO DE LA INFRAESTRUCTURA

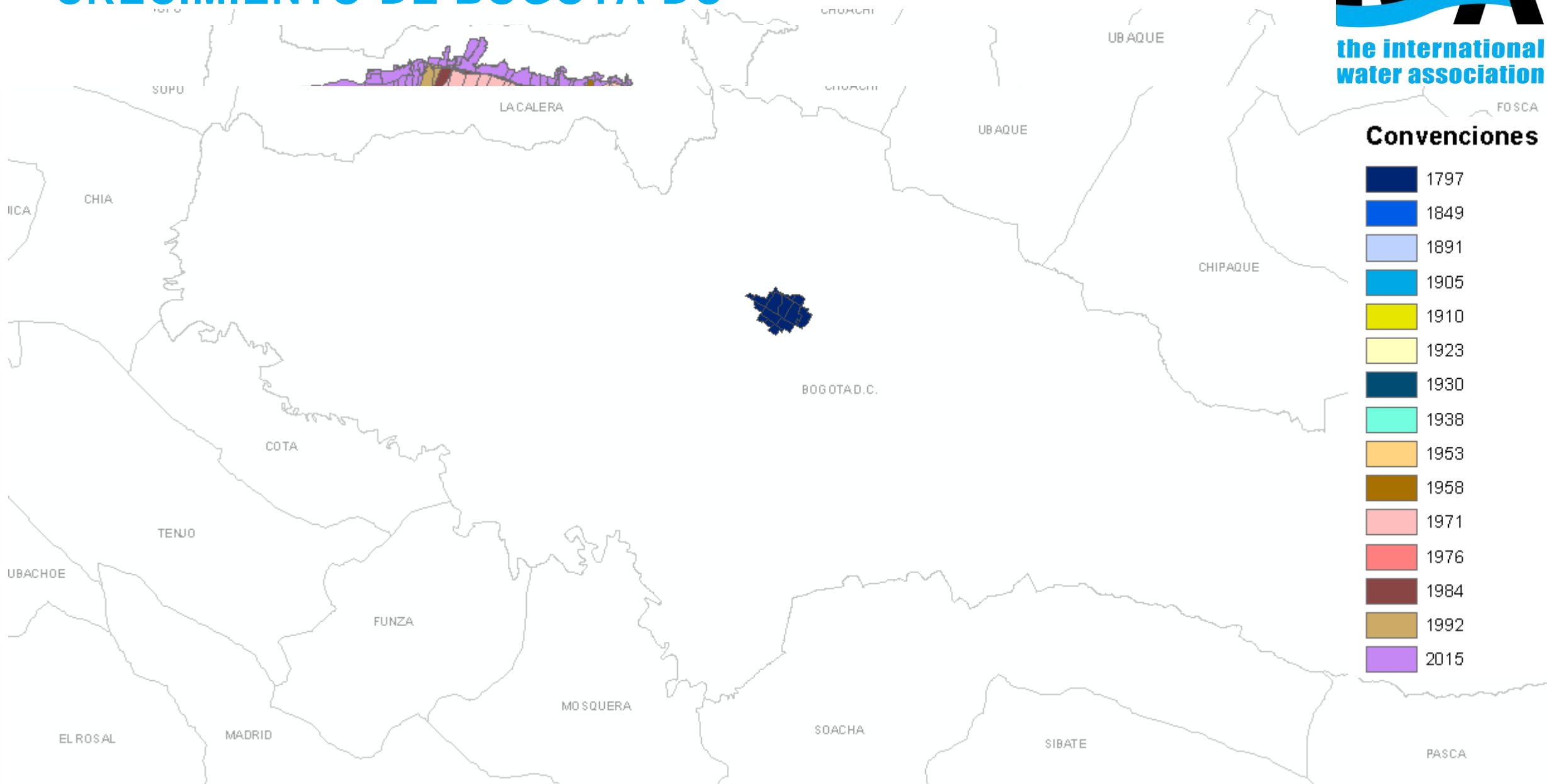
PANORÁMICA DE BOGOTÁ DC



CRECIMIENTO DE BOGOTÁ DC



the international water association



DATOS PRINCIPALES DE LA RED DE DRENAJE

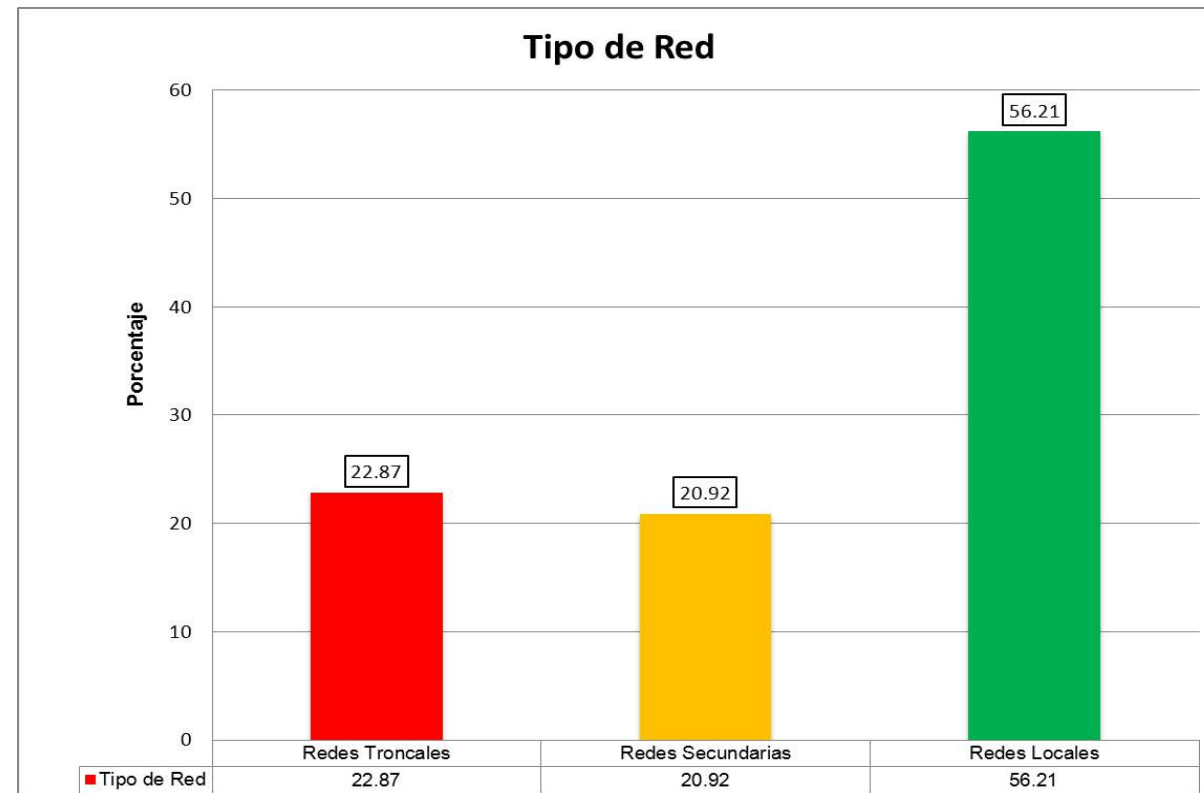
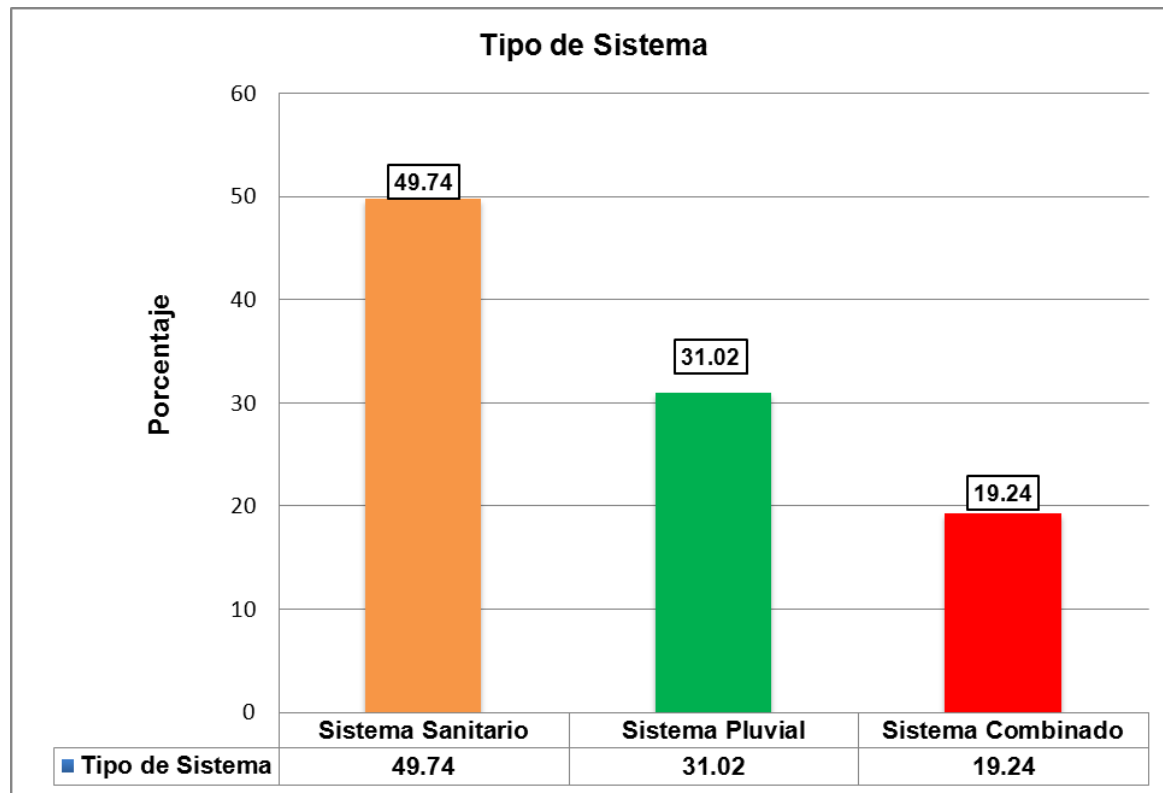
- Longitud Total de Redes: 9.516Km
- Número Total de lotes: 800.000 Un
- Longitud Conexiones Laterales: 3.200Km
- Pozos de inspección: 250.000 Un
- Sumideros de drenaje: 200.000 Un
- Estaciones de bombeo: 26 Un
- PTARs: 1 Un (1/3 de la ciudad)
- Área urbana: 40.000 hectáreas
- Dotación: 100 l/hab/día

DATOS PRINCIPALES DE LA RED DE DRENAJE

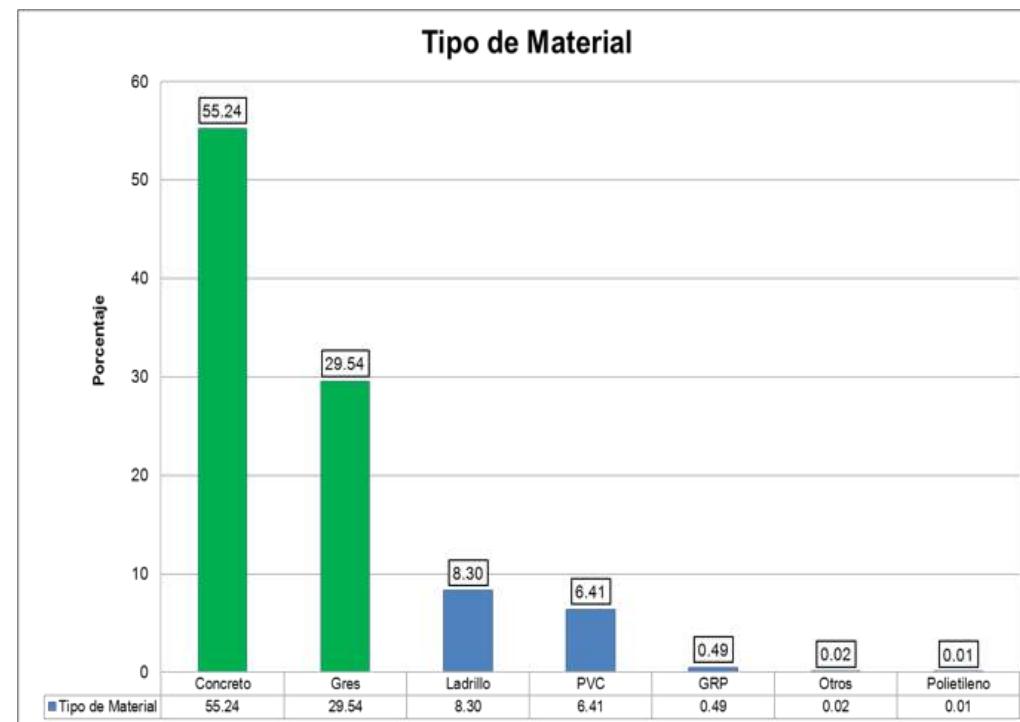
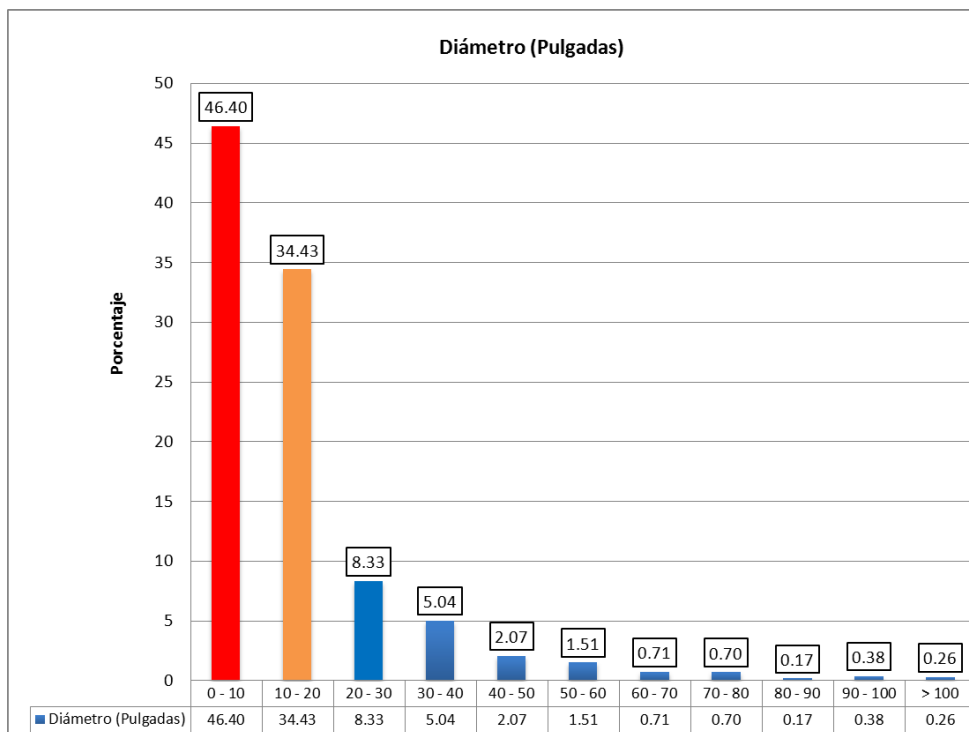


- Red alcantarillado sanitario: 4.700 Km
- Red alcantarillado pluvial: 3.000 Km
- Red alcantarillado combinado: 1.816 Km
- Red alcantarillado total: 9.516 Km

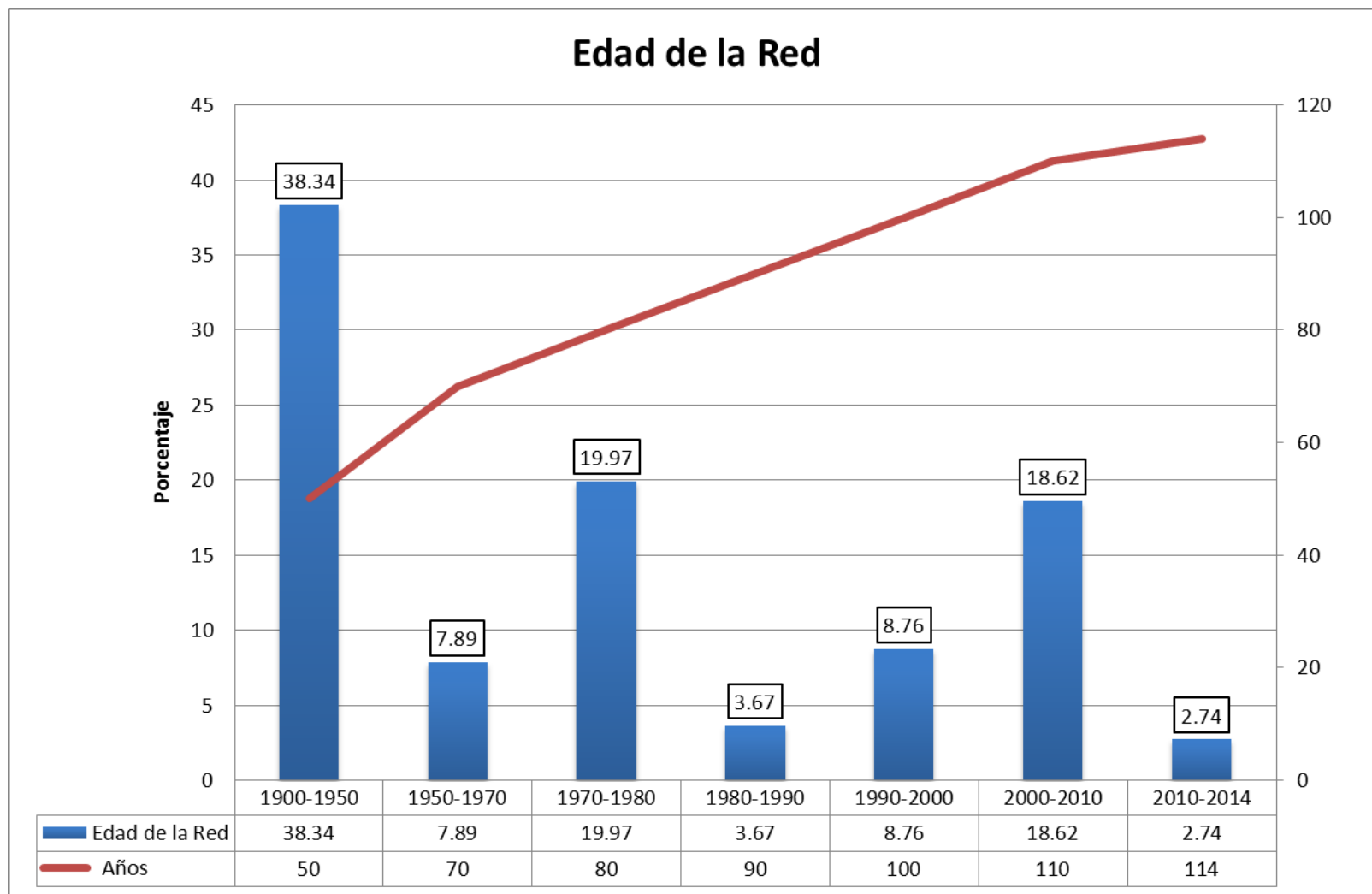
CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DRENAJE



CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DRENAJE

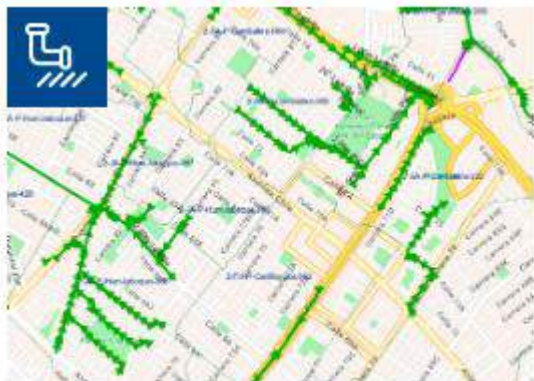


CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DRENAJE



**Más del 65%
de la red de
alcantarillado
tiene más de
50 años de
servicio.**

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO – GEOPORTAL



Alcantarillado pluvial



Alcantarillado sanitario



Cuencas de alcantarillado



Niveles del Río Bogotá



Red Troncal alcantarillado

El SIG contiene la información relevante de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial de la ciudad.

El Geoportal es público y de libre acceso.

CONTEXTO URBANO Y TAMAÑO DE LA RED DE DRENAJE



- Ciudad consolidada, altamente poblada y congestionada.
- Territorio plano y montañoso.
- Suelos blandos y arenosos, con nivel freático.
- Subsistencia local y regional.
- Sectores con remoción en masa, sin norma urbana.
- Tuberías con vida útil superior a 50 años.
- Tuberías no herméticas.

Este es
nuestro
campo de
operaciones.

CONTEXTO URBANO Y TAMAÑO DE LA RED DE DRENAJE

- Tuberías de concreto simple y gres (86%).
- Tuberías con diámetros entre 8" y 20" (81%).
- 20% de la ciudad es combinado.
- Sistemas de alcantarillado separados interconectados.
- Mal uso de los servicios alcantarillado por los usuarios.
- Conexiones domiciliarias sin cajas de inspección.
- Vertimientos industriales que afectan las tuberías.

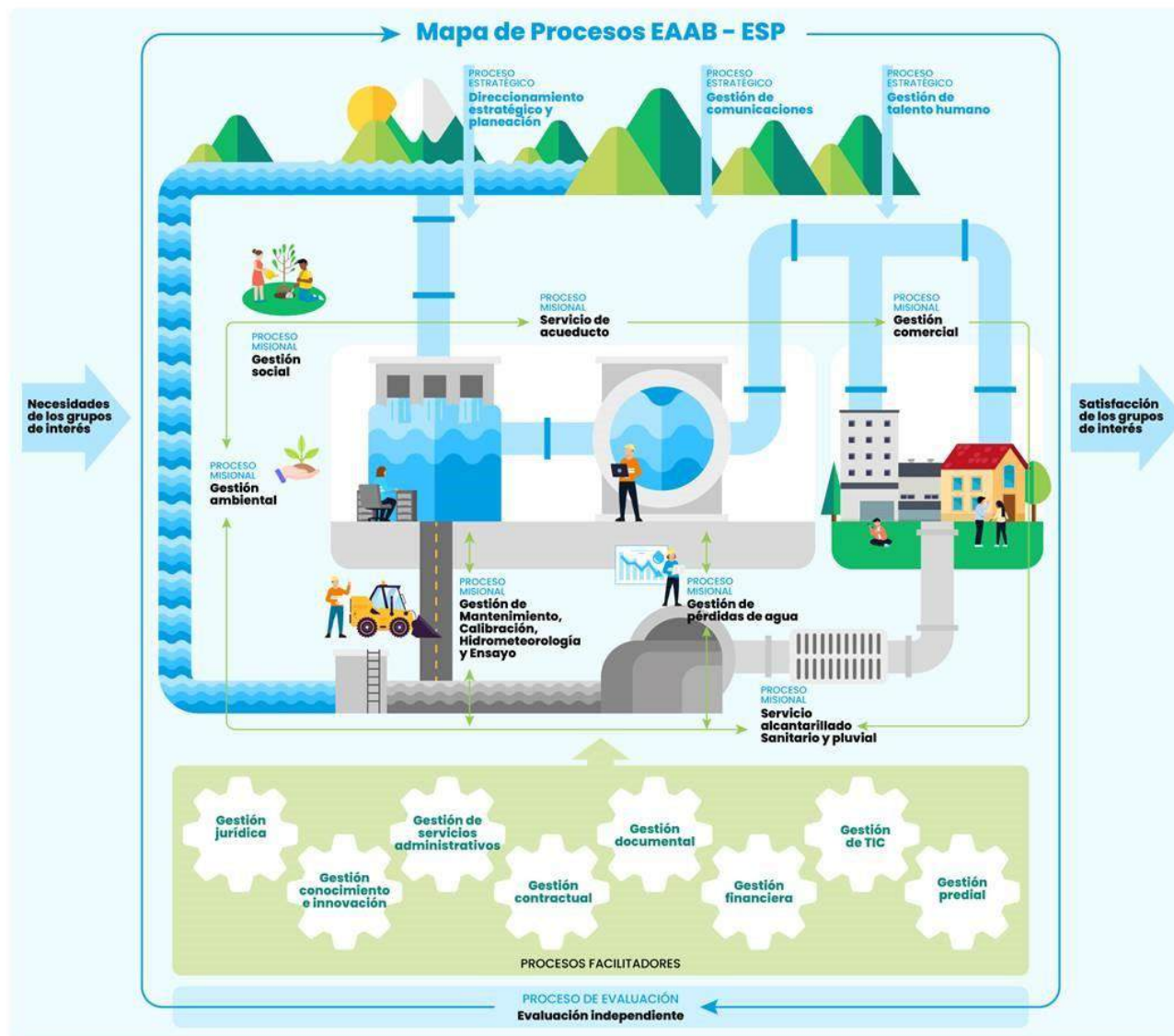
El campo de operaciones es altamente complejo.

METODOLOGÍA GENERAL DE REHABILITACIÓN DE REDES

PROCESOS MISIONALES, ESTRATÉGICOS Y FACILITADORES



the international water association



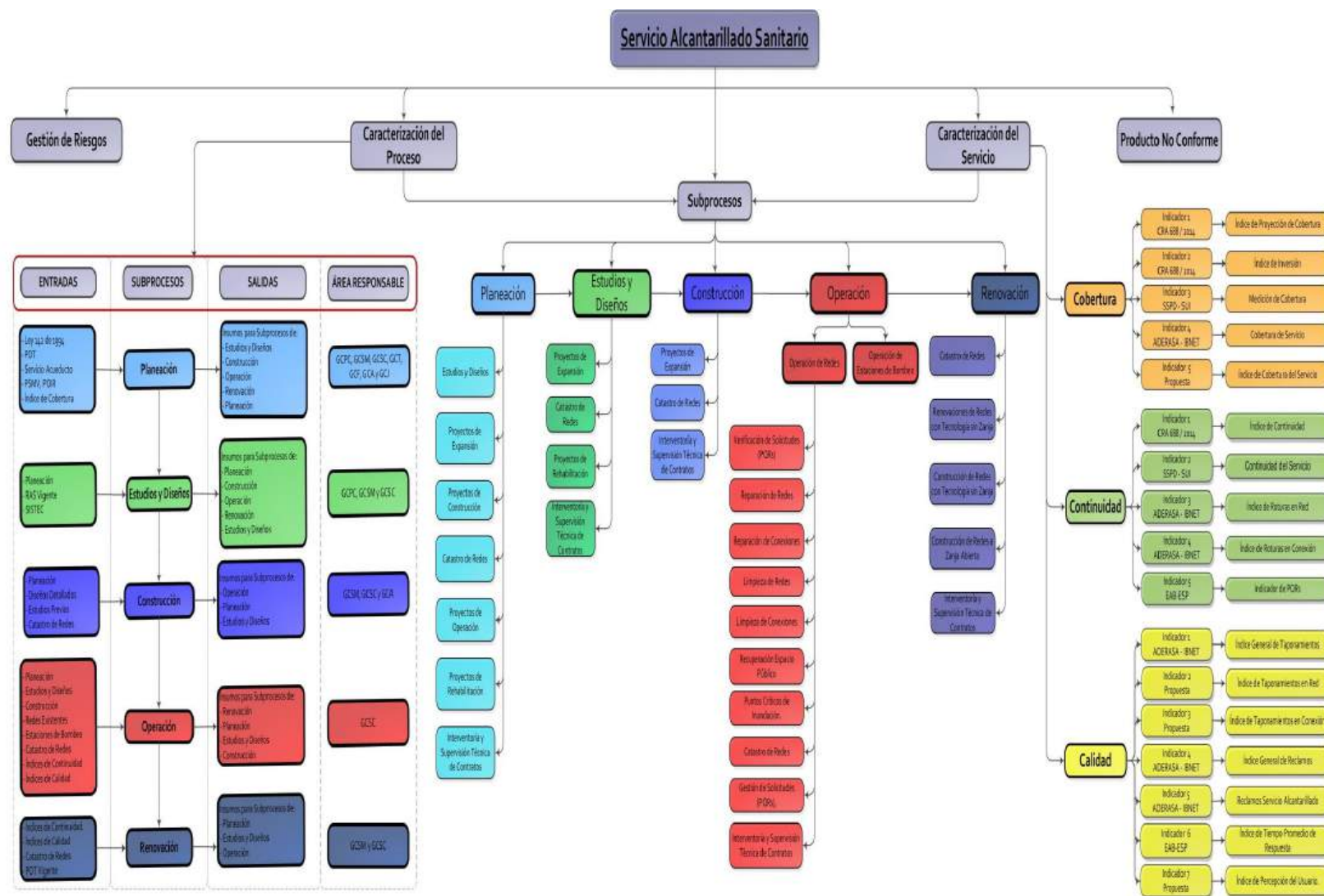
Norma ISO 9000:2015

Todos los procesos requieren planeación en todos los niveles.

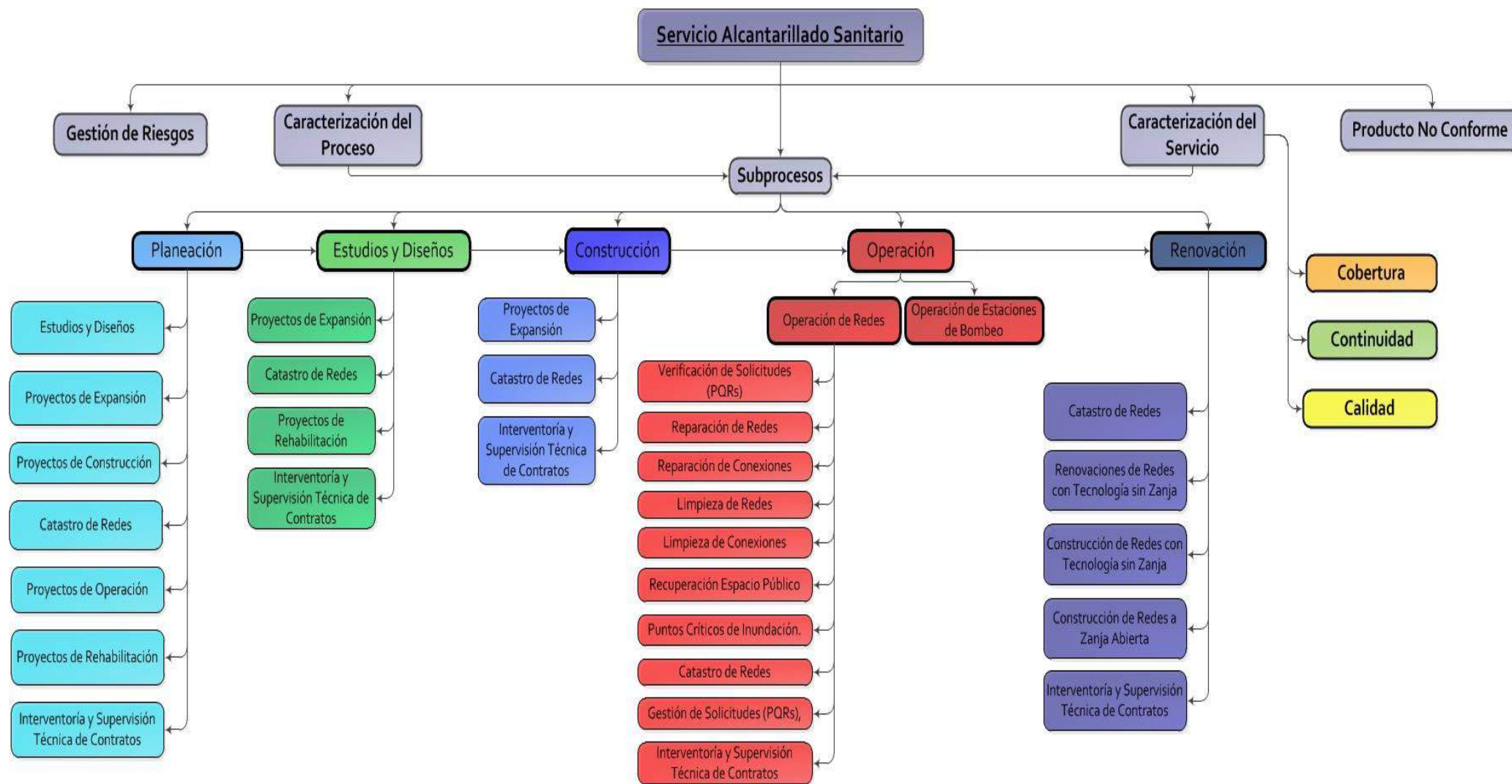
PROCESO DE ALCANTARILLADO SANITARIO



the international water association



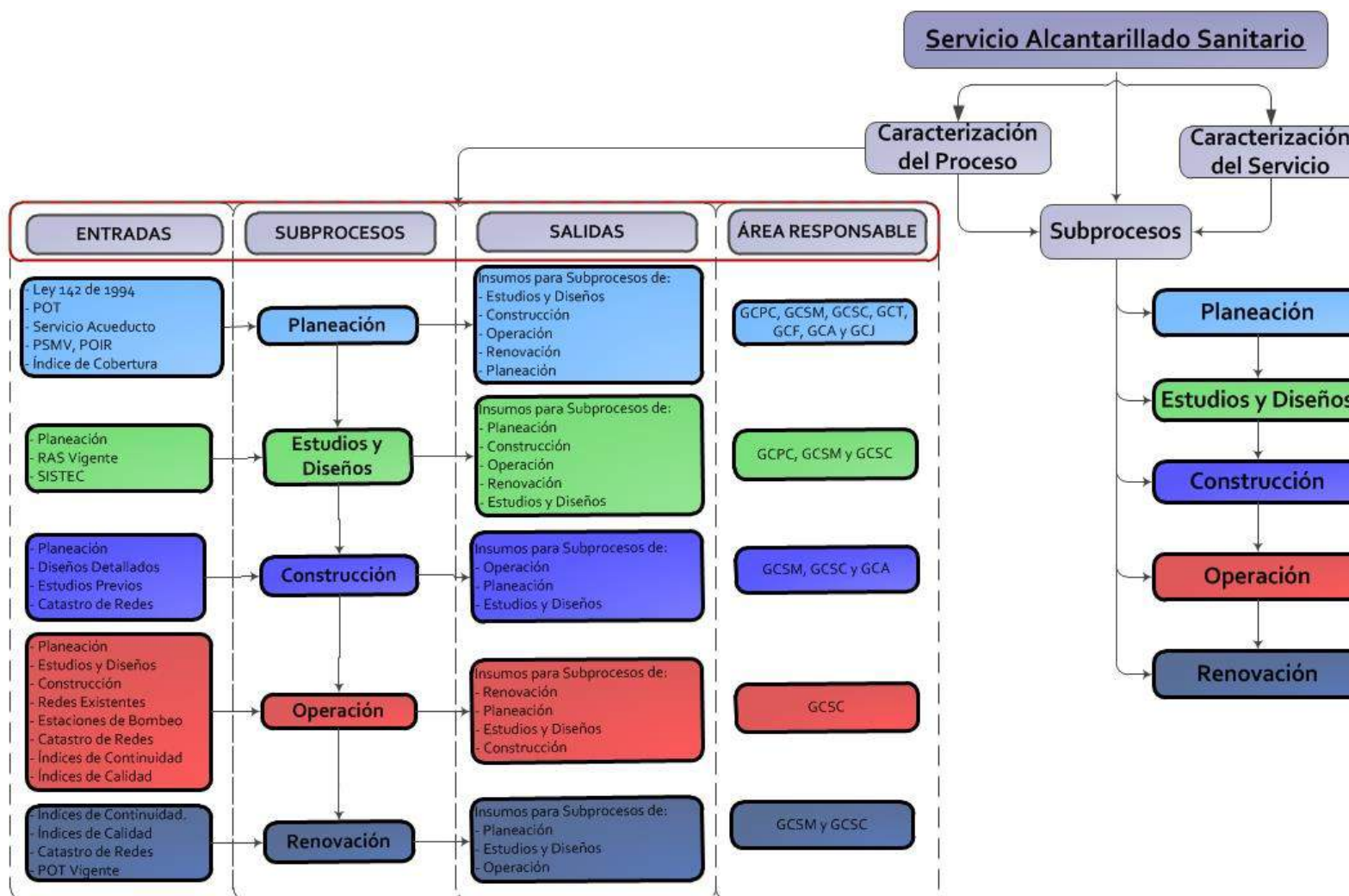
SUBPROCESOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO



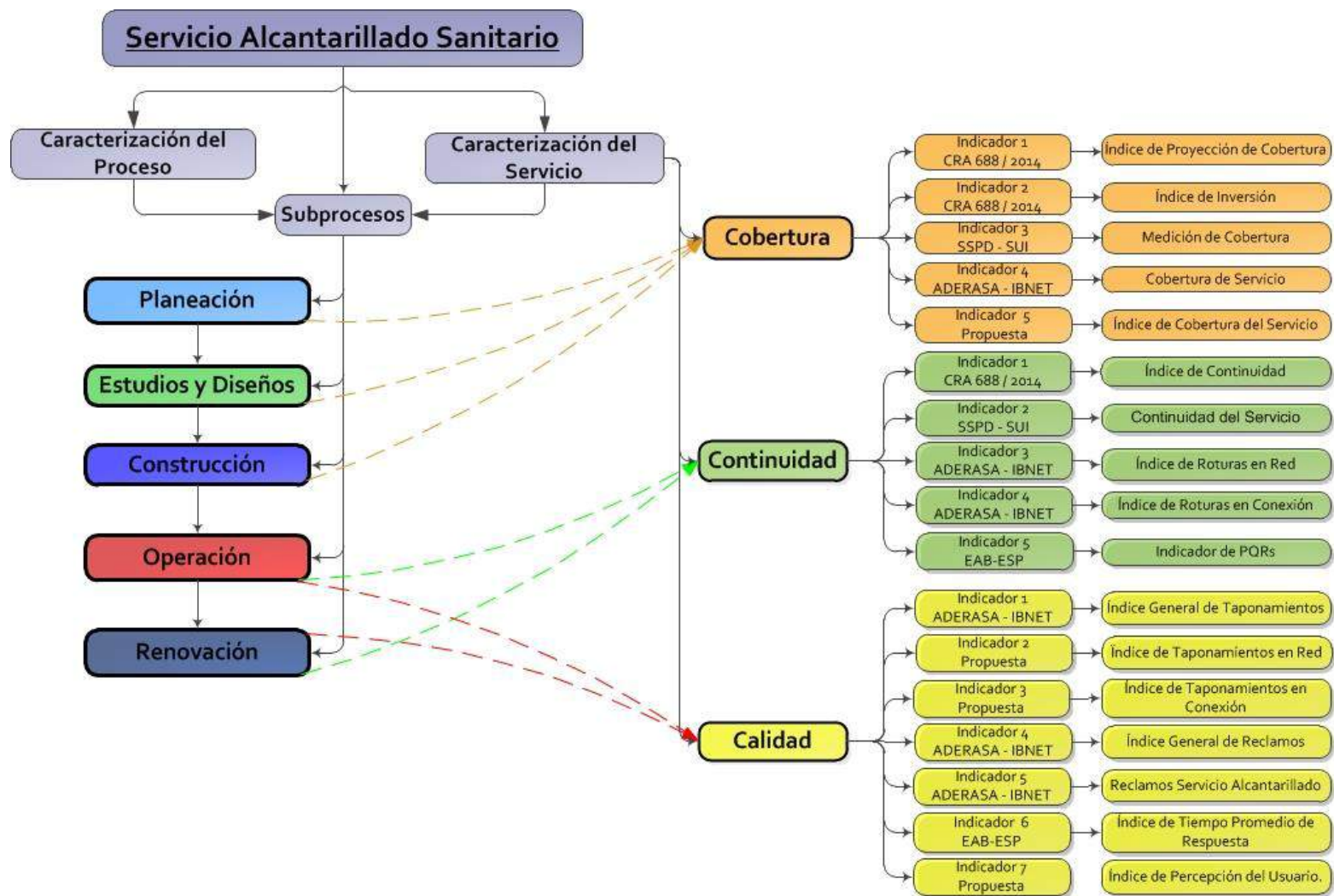
CARACTERIZACIÓN PROCESO ALCANTARILLADO SANITARIO



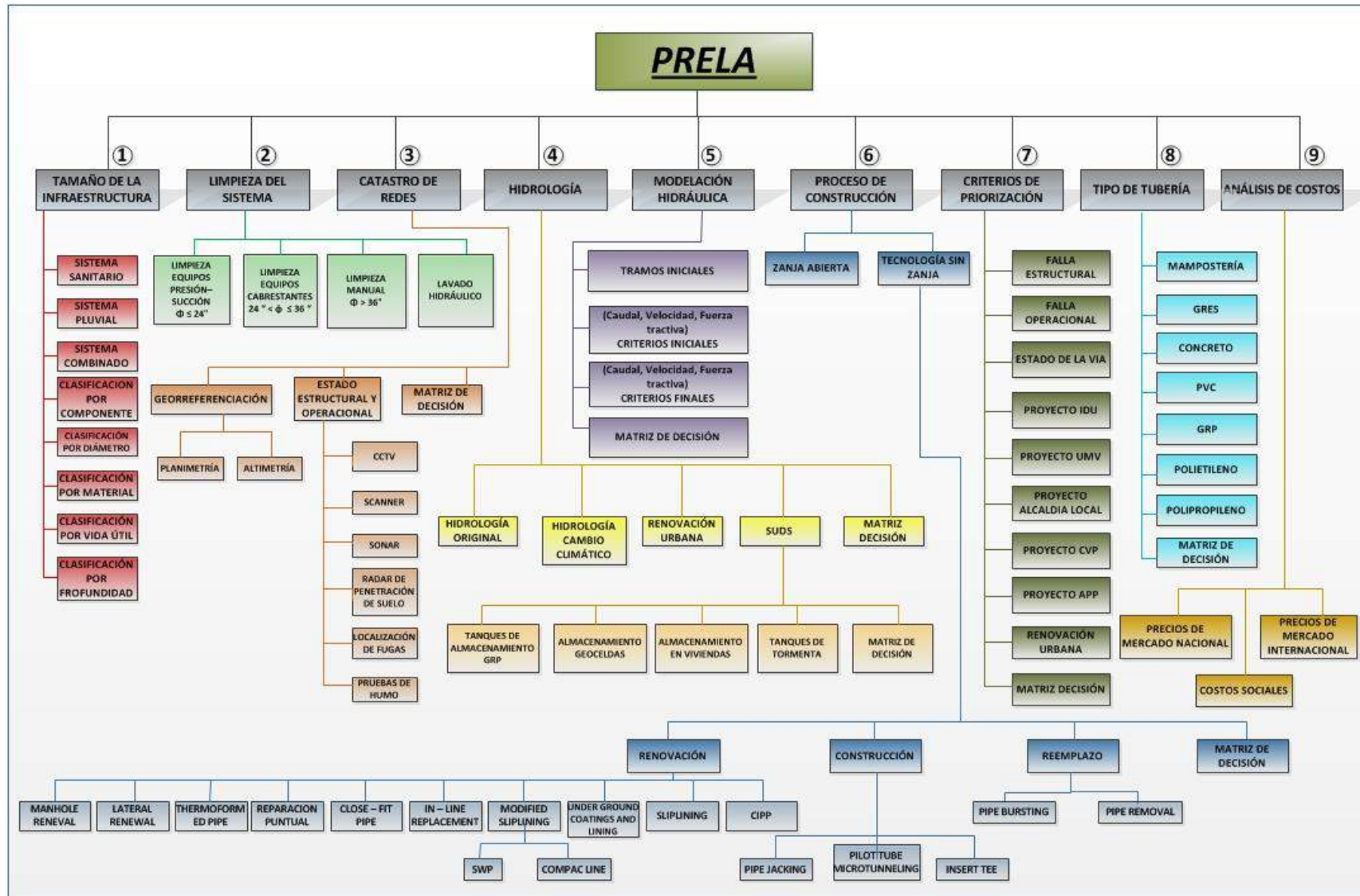
the international water association



CARACTERIZACIÓN SERVICIO ALCANTARILLADO SANITARIO



METODOLOGÍA GENERAL DE REHABILITACIÓN



Gestión de Activos de Alcantarillado en el Campo de Operaciones.

Estructura metodológica.

PRELA
Plan de Rehabilitación de Redes Locales de Alcantarillado.

SISTEMA DE NORMALIZACIÓN TÉCNICA

SISTEC

NORMAS DE TECNOLOGÍAS SIN ZANJA (TSZ)

Tecnología	Normas				Especificación Técnica	Precios Unitarios
	Producto	Investigación	Diseño	Construcción		
Tecnologías de Construcción						
Tunnel Liner	NP-027		NS-078		ES-903, EG-113	X
Pipe Jacking	NP-027		NS-174	NS-175	ES-903, EG-109	X
Guided Auger Boring	NP-027		NS-191	NS-192	ES-903, EG-109	X
Perforación Horizontal Dirigida	NP-027		NS-196	NS-197	ES-903, EG-109	X
Pipe Ramming	NP-027		NS-XXX	NS-XXX	ES-903, EG-XXX	X
Horizontal Auger Boring	NP-027		NS-XXX	NS-XXX	ES-903, EG-XXX	X
Microtunelación	NP-027		NS-XXX	NS-XXX	ES-903, EG-XXX	X
Tecnologías de Renovación						
CIPP	NP-027		NS-150	NS-152	EG-109	X
Spiral Woung Lining Pipe	NP-027		NS-169	NS-170	EG-109	X
Sliplining	NP-027		NS-198	NS-199	ES-903, EG-XXX	X
Close-Fit Lining	NP-027		NS-XXX	NS-XXX	ES-903, EG-XXX	X
Reparaciones Puntulaes de Alcantarillado	NP-027		NS-XXX	NS-XXX	ES-903, EG-XXX	X
Reparación de Conexiones Domiciliarias	NP-027		NS-195	NS-XXX	ES-903, EG-XXX	X
Reparación de Revestimientos	NP-027		NS-194	NS-XXX	ES-903, EG-XXX	X
Tecnologías de Reposición						
Pipe Burstin	NP-027		NS-167	NS-168	EG-109, ES-903	X
Pipe Reaming	NP-027		NS-XXX	NS-XXX	ES-903, EG-XXX	X
Tecnologías de Investigación						
Criterios de selección de Tecnologías Sin Zanja		NS-189				
Aspectos Técnicos para Rehabilitación Alcant.		NS-061				
CCTV		NS-058			EM-604	X
Georadar de penetración de suelo GPR		NS-XXX			EI-XXX	X
Georadar de penetración de tubería PPR		NS-XXX			EI-XXX	X
Escaner láser		NS-XXX			EI-XXX	X
Pruebas de Humo		NS-XXX			EI-XXX	X
Pruebas de Hermeticidad y Estanqueidad		NE-012			EI-XXX	X

La creación de normas y especificaciones técnicas son el soporte fundamental de la Gestión de Activos de Alcantarillado en el Campo de Operaciones.

TSZ, un capítulo aparte.

Más 50 normas TSZ.

NORMAS DE TECNOLOGÍAS SIN ZANJA (TSZ)

Otras normas pendientes por elaborar.

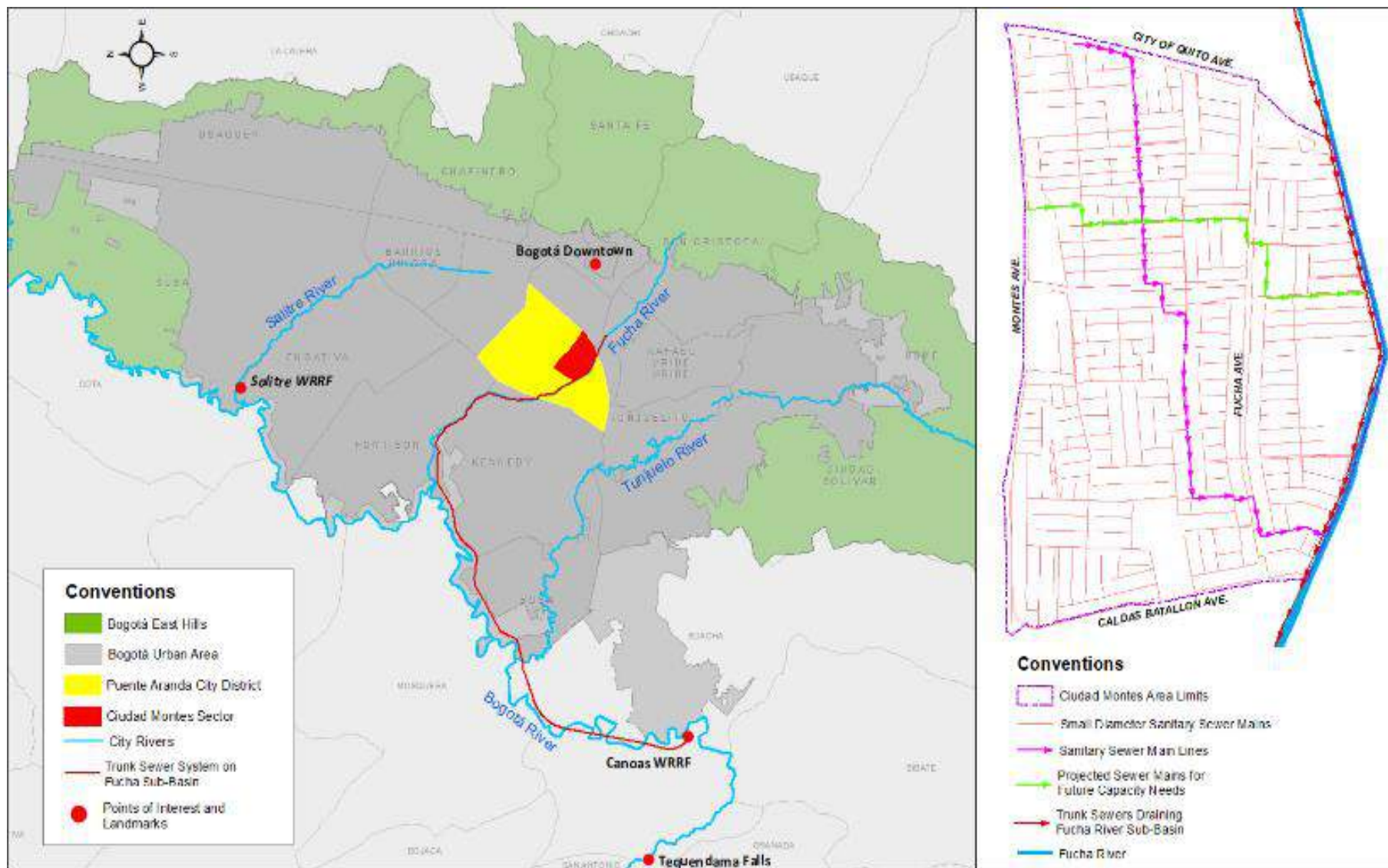
- Tuberías de gres de Jacking Pipe.
- Tuberías de concreto polimérico de Jacking Pipe.
- Revestimientos de tuberías con aspersores, mortero y poliúrea.
- Tuberías formadas en sitio FIPP (fold & form).
- Tuberías de HDPE Comprimidas (Compression-Fit)

PROYECTO CIUDAD MONTES

PROYECTO CIUDAD MONTES



the international water association



PROYECTO CIUDAD MONTES

Criterios Generales de Rehabilitación

1. Conservar las redes de alcantarillado sanitario actuales.
2. Ampliar la capacidad hidráulica con nuevos colectores expresos.
3. En ambas etapas se utiliza tecnología sin zanja.
4. Los activos existentes son valiosos y generan ingresos.



Convenciones

- Limite Sector Ciudad Montes
- Redes Locales de Alcantarillado Sanitario
- Red Principal Drenaje Sanitario Sector Ciudad Montes
- Red Local Proyectada para Cubrir Demanda Futura
- Red Troncal de Drenaje Subcuenca Río Fucha
- Río Fucha

ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES



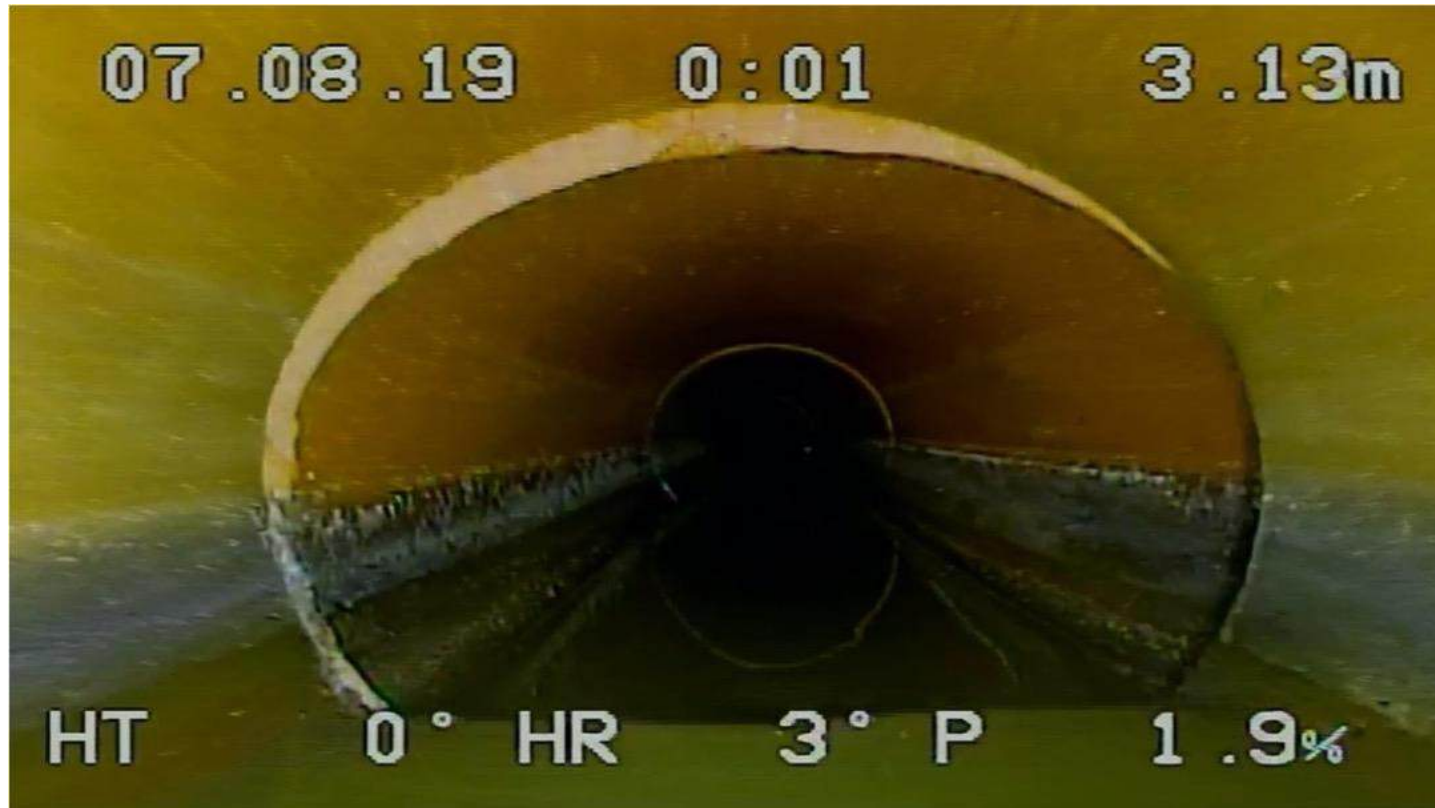
- Tuberías concreto simple.
- Deterioro por corrosión.
- Agregado visible.
- Alta fragilidad de paredes.
- 55% de la ciudad.

ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES



- Tuberías concreto simple.
- Deterioro por corrosión.
- Agregado visible.
- Alta fragilidad de paredes.
- 55% de la ciudad.

ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES



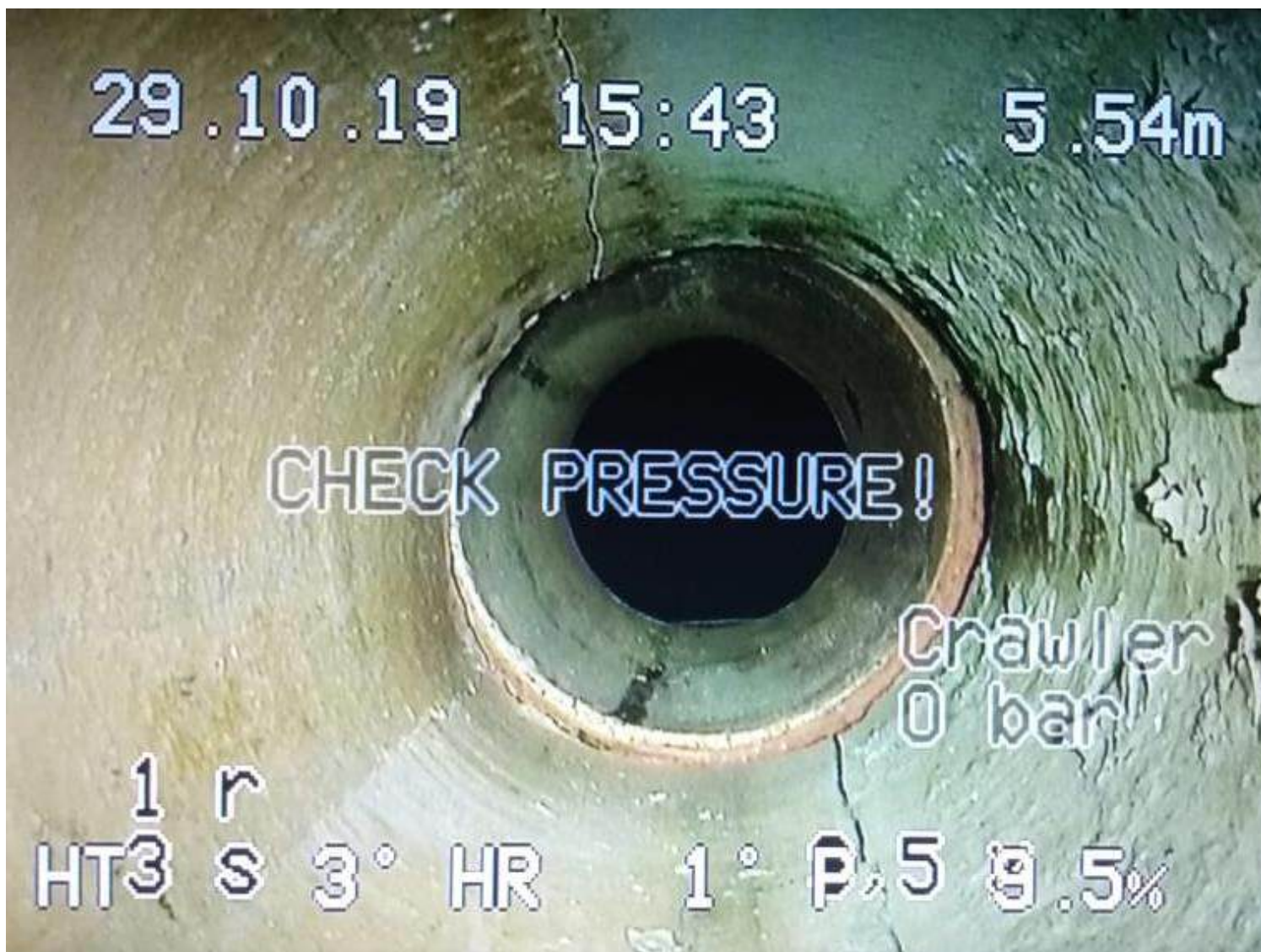
- Tuberías de gres.
- Defectos estructurales en juntas.
- Juntas no herméticas.
- 30% de la ciudad.

ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES



- Tuberías de gres.
- Defectos estructurales en juntas.
- Junta desplazada, rotura , tubería no estanca ni hermética.
- 30% de la ciudad.

ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES



- Tuberías de gres.
- Defectos estructurales en juntas.
- Junta desplazada, fractura, tubería no estanca ni hermética.

ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES



- Tuberías de gres.
- Defectos estructurales en juntas.
- Junta desplazada, fractura, tubería no estanca ni hermética.

ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES



- Evaluación de defectos estructurales.
- Tubería con 50+ años de vida útil.
- Subsistencia regional y local.
- Suelos blandos.
- Juntas no herméticas.

ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES



- Evaluación de defectos estructurales.
- Junta desplazada.
- Junta no hermética.

ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES



- Evaluación de defectos estructurales.
- Junta desplazada.
- Tubería no hermética.

ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES



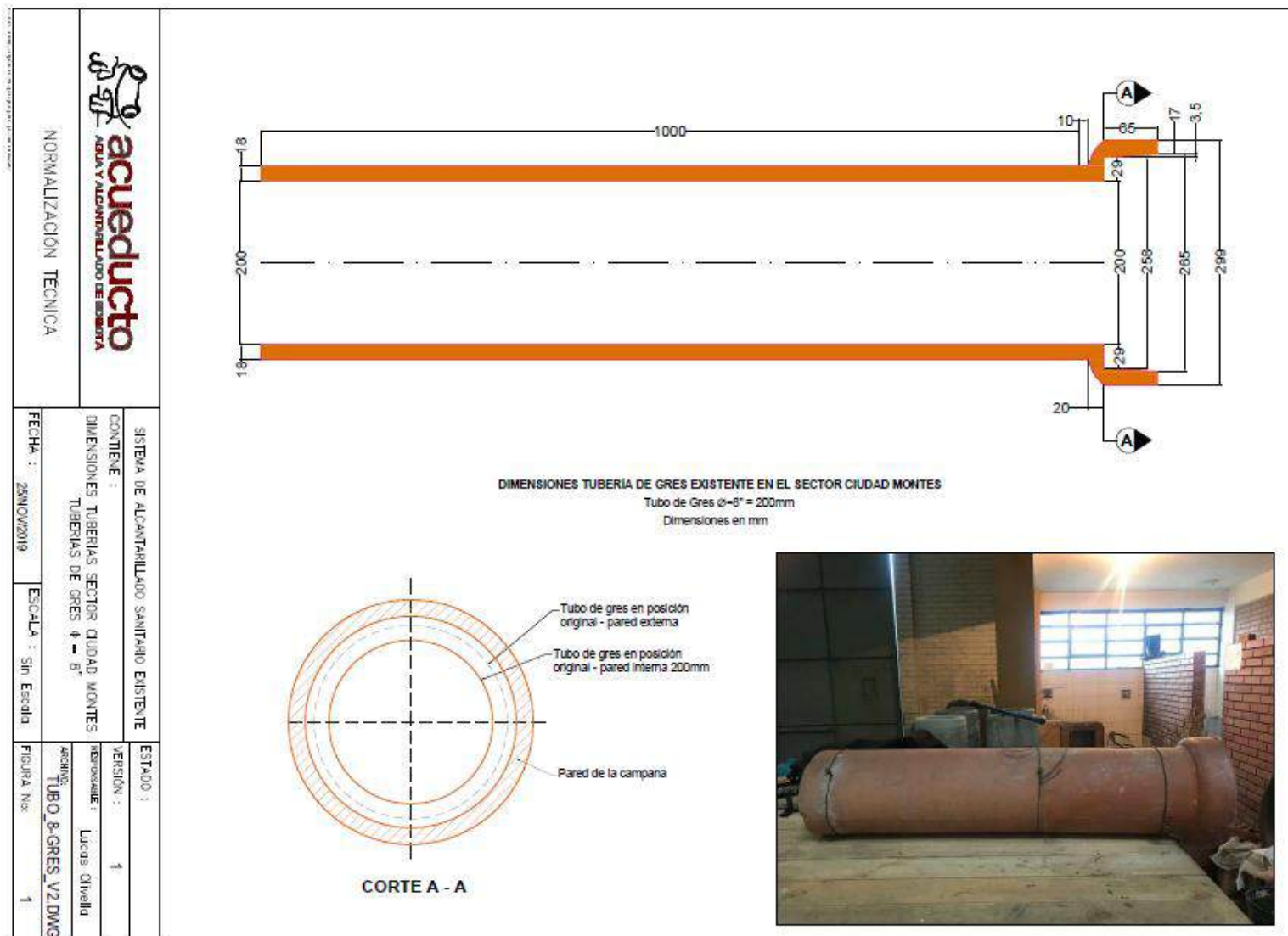
- Evaluación de defectos estructurales.
- Junta desplazada.
- Tubería no hermética.

ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES




- Evaluación de defectos estructurales.
- Diámetro 8".
- Equipo CCTV.
- Junta no hermética.


ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL




- Evaluación de defectos estructurales.
- Dimensiones de las tuberías.

ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES


NORMALIZACIÓN TÉCNICA		SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EXISTENTE CONTENIDO: TUBERÍA ALINEADA Y SIN DESPLAZAMIENTO TUBERÍAS DE GRES ϕ 8"	FECHA: 28NOV2019 ESCALA: Sin Escala	ESTADO: -- VERSION: 1 RESPONSABLE: Lucas Olivella	ARCHIVO: TUBO_8GRES_V2.DWG FIGURA No: 2
-----------------------	---	--	--	---	--



CONDICIÓN DE JUNTA DE TUBERÍA NORMAL
TUBOS INSTALADOS DE FORMA CONCÉNTRICA
EMPAQUE DE YUTE
Alineada y sin desplazamiento vertical ni horizontal

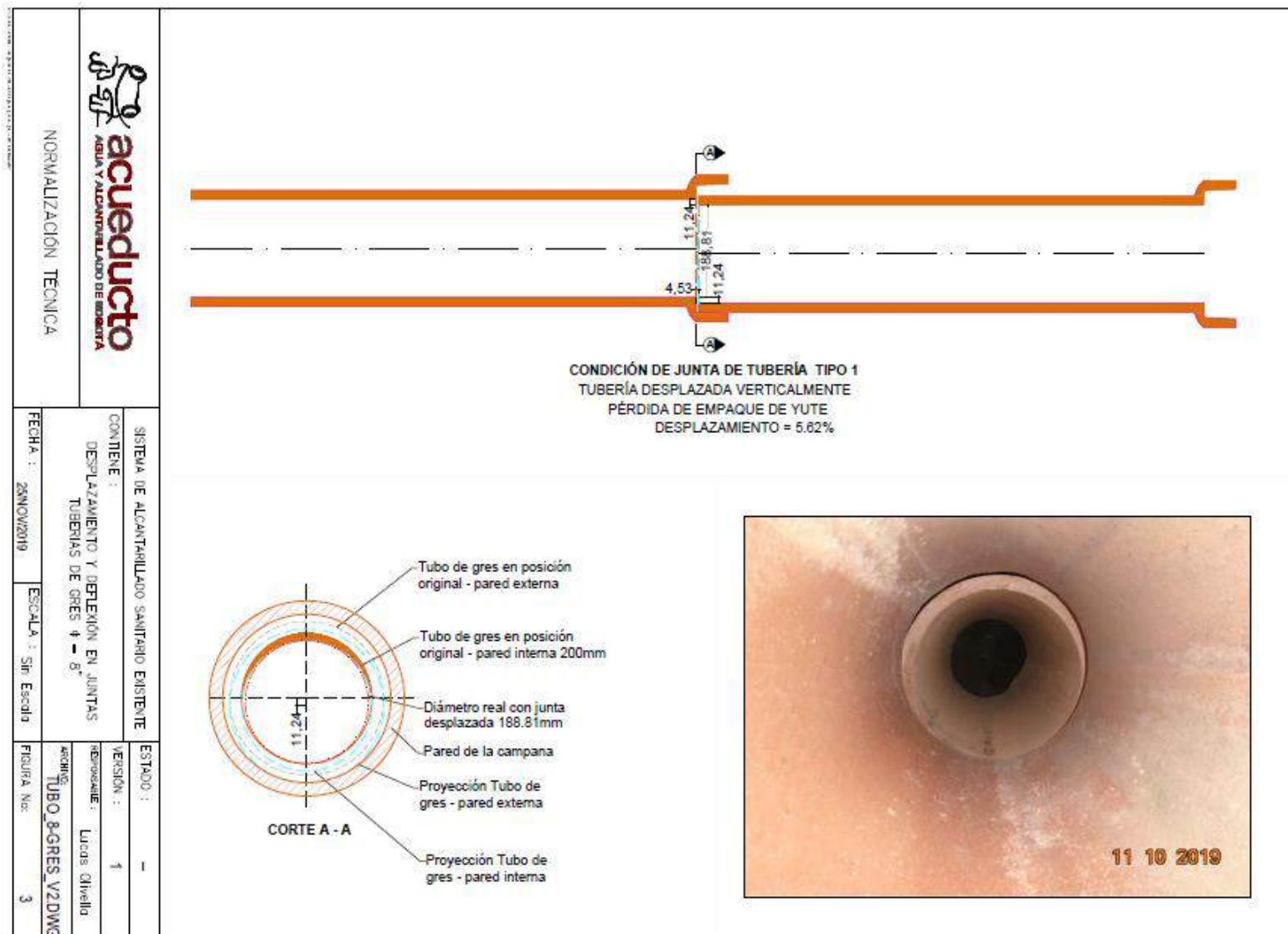


CORTE A - A



- Junta normal, bien instalada.
- Con sello hermético.
- Grado 0 y 6.
- Estándar de codificación y calificación de tuberías NASSCO.

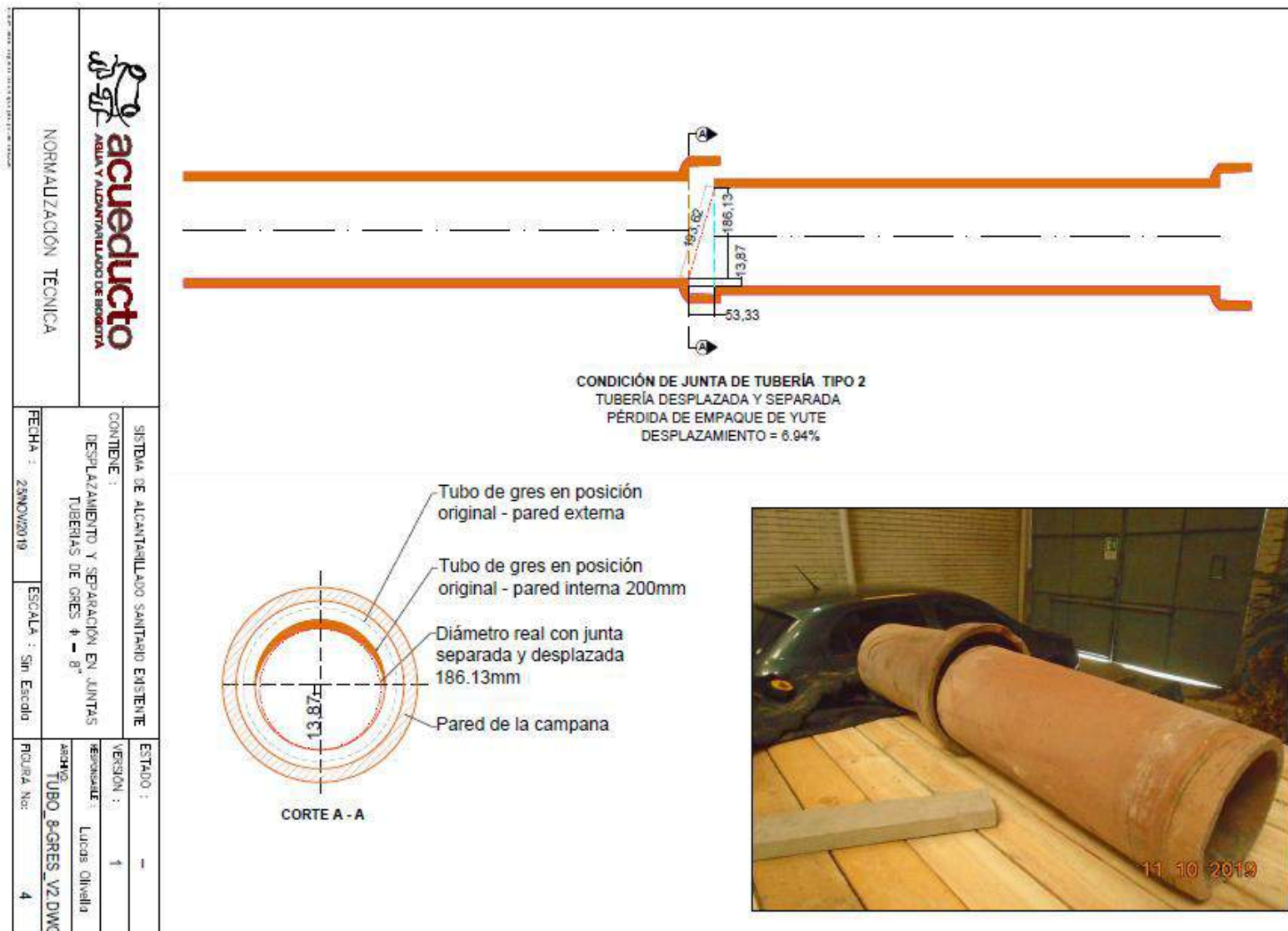
ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES



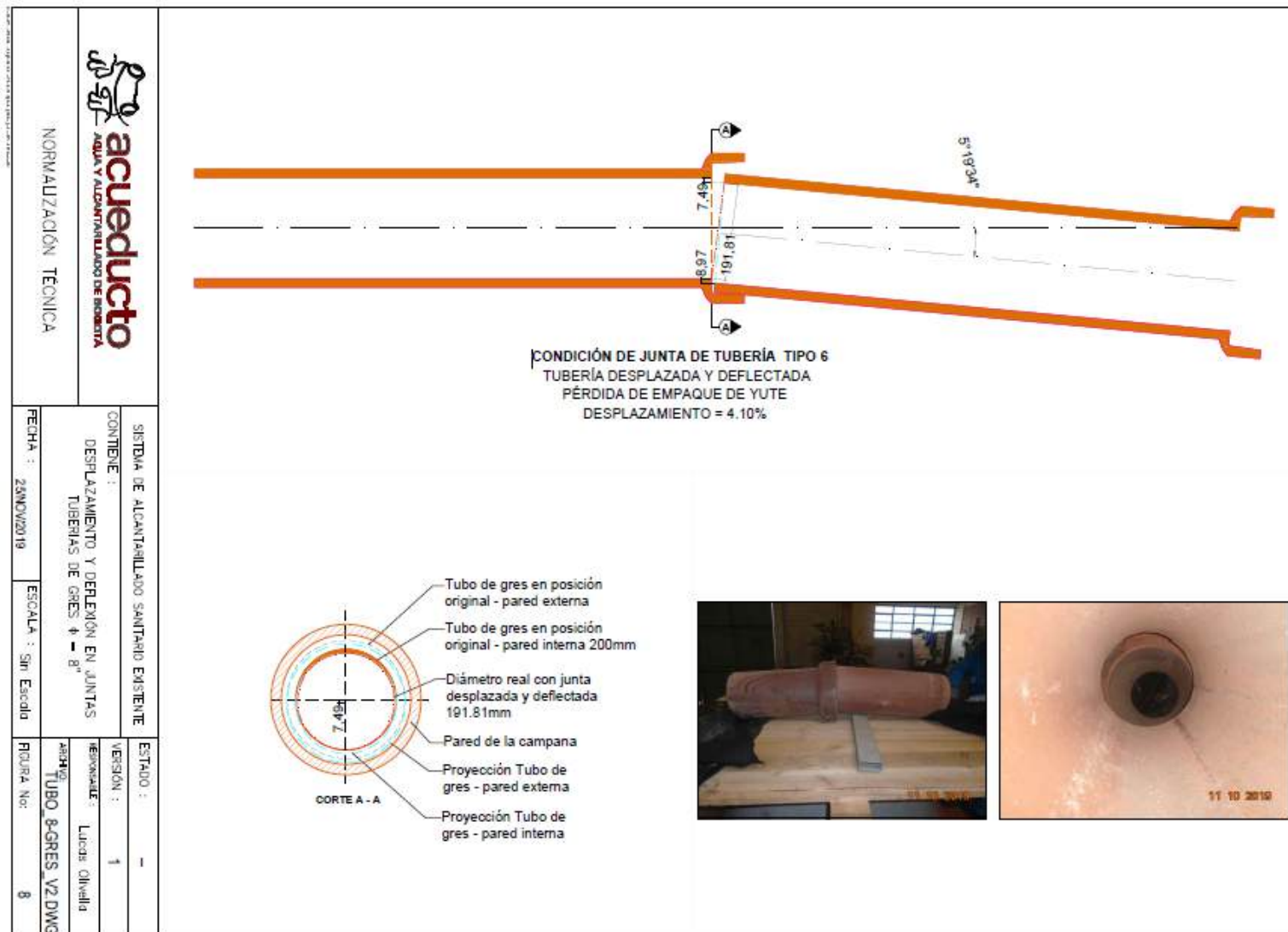
- Junta desplazada verticalmente.
- Pérdida de sello.

ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES

- Junta desplazada y separada.
- Pérdida de sello.
- Infiltración y exfiltración.

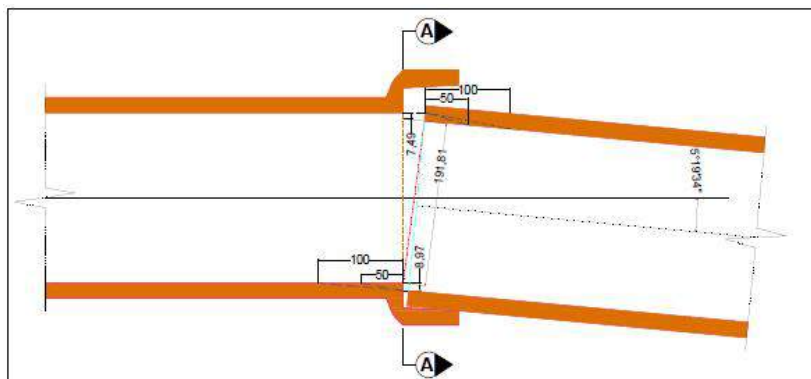


ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES

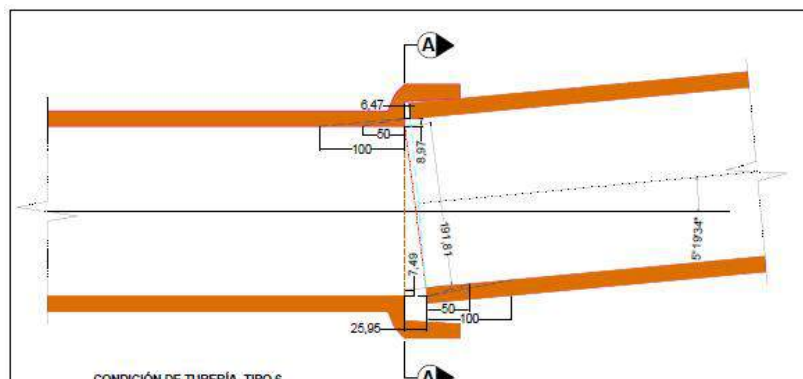
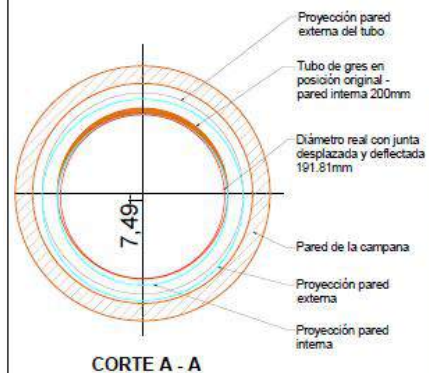


- Junta angular.
- Pérdida de sello.
- Subsistencia local.

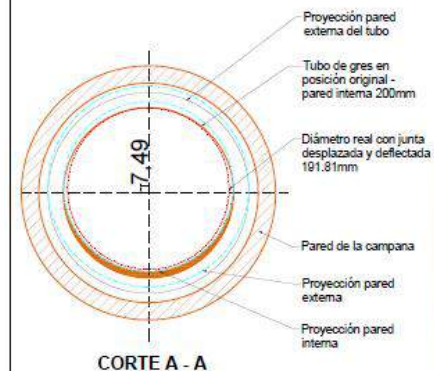
ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERACIONAL DE REDES



CONDICIÓN DE TUBERÍA TIPO 6
TUBERÍA DESPLAZADA Y DEFLECTADA
PÉRDIDA DE EMPAQUE DE YUTE
DESPLAZAMIENTO = 4.10%



CONDICIÓN DE TUBERÍA TIPO 6
TUBERÍA DESPLAZADA Y DEFLECTADA
PÉRDIDA DE EMPAQUE DE YUTE
DESPLAZAMIENTO = 4.10%



- Junta angular.
- Pérdida de sello.
- Subsistencia local.

 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EXISTENTE ESTADO : - CONTIENE : DESPLAZAMIENTO Y DEFLEXIÓN EN JUNTAS TUBERÍAS DE GRES $\phi = 8"$ VERSIÓN : 1 RESPONSABLE : Lucas Olivella ARCHIVO : TUBO_8-GRES_V2.DWG NORMALIZACIÓN TÉCNICA FECHA : 25/NOV/2019 ESCALA : Sin Escala FIGURA No: 9	ESTADO : - VERSIÓN : 1 RESPONSABLE : Lucas Olivella ARCHIVO : TUBO_8-GRES_V2.DWG NORMALIZACIÓN TÉCNICA FECHA : 25/NOV/2019 ESCALA : Sin Escala FIGURA No: 9
--	--

 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EXISTENTE ESTADO : - CONTIENE : DESPLAZAMIENTO Y DEFLEXIÓN EN JUNTAS TUBERÍAS DE GRES $\phi = 8"$ VERSIÓN : 1 RESPONSABLE : Lucas Olivella ARCHIVO : TUBO_8-GRES_V2.DWG NORMALIZACIÓN TÉCNICA FECHA : 25/NOV/2019 ESCALA : Sin Escala FIGURA No: 10	ESTADO : - VERSIÓN : 1 RESPONSABLE : Lucas Olivella ARCHIVO : TUBO_8-GRES_V2.DWG NORMALIZACIÓN TÉCNICA FECHA : 25/NOV/2019 ESCALA : Sin Escala FIGURA No: 10
--	---

ESTADO ESTRUCTURAL Y REHABILITACIÓN DE REDES



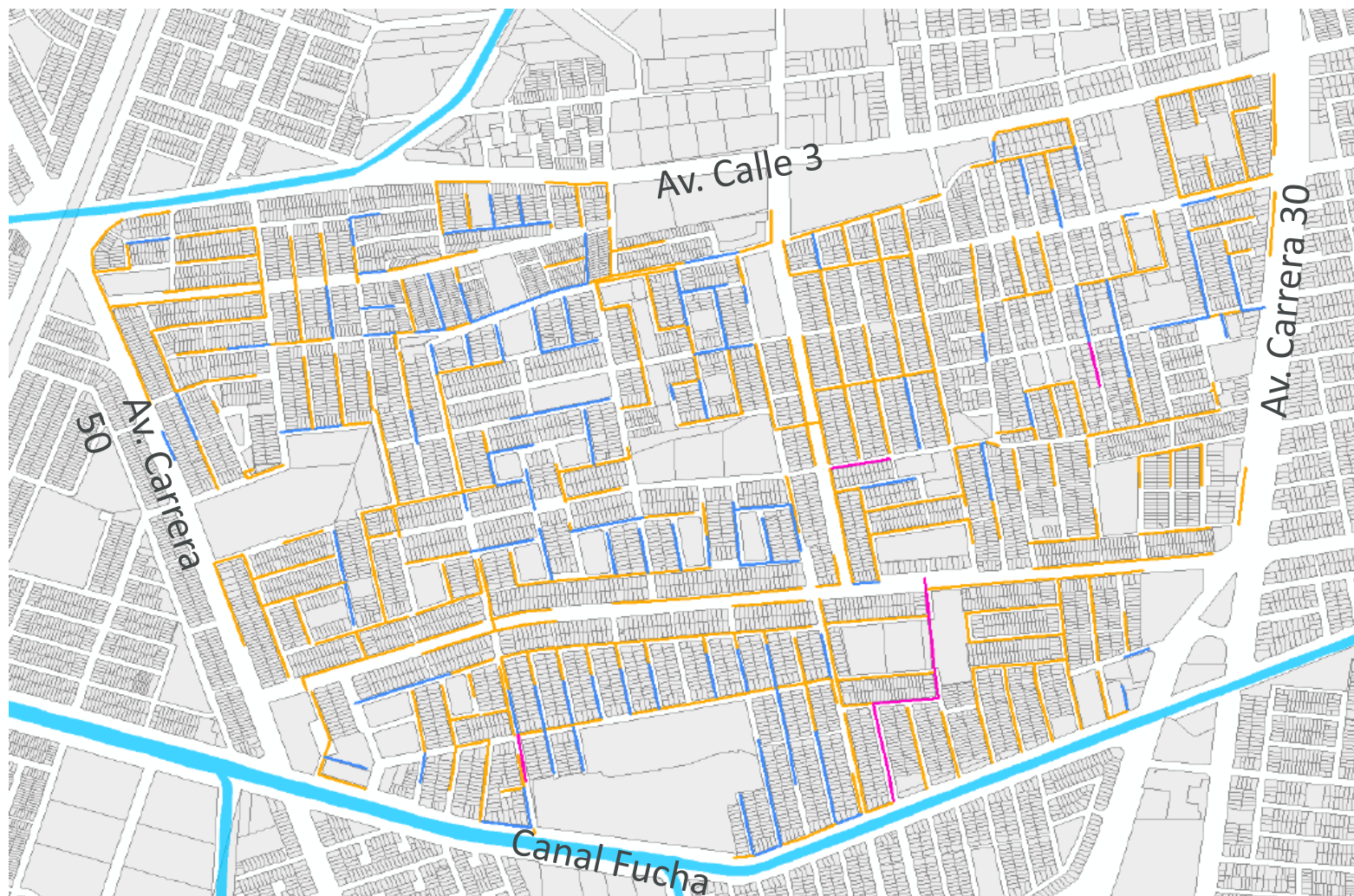
- Juntas herméticas, sin infiltración ni exfiltración, menor caudal en PTAR.

ESTADO ESTRUCTURAL Y REHABILITACIÓN DE REDES






Revestimiento con tubería enrollada en espiral SWP.

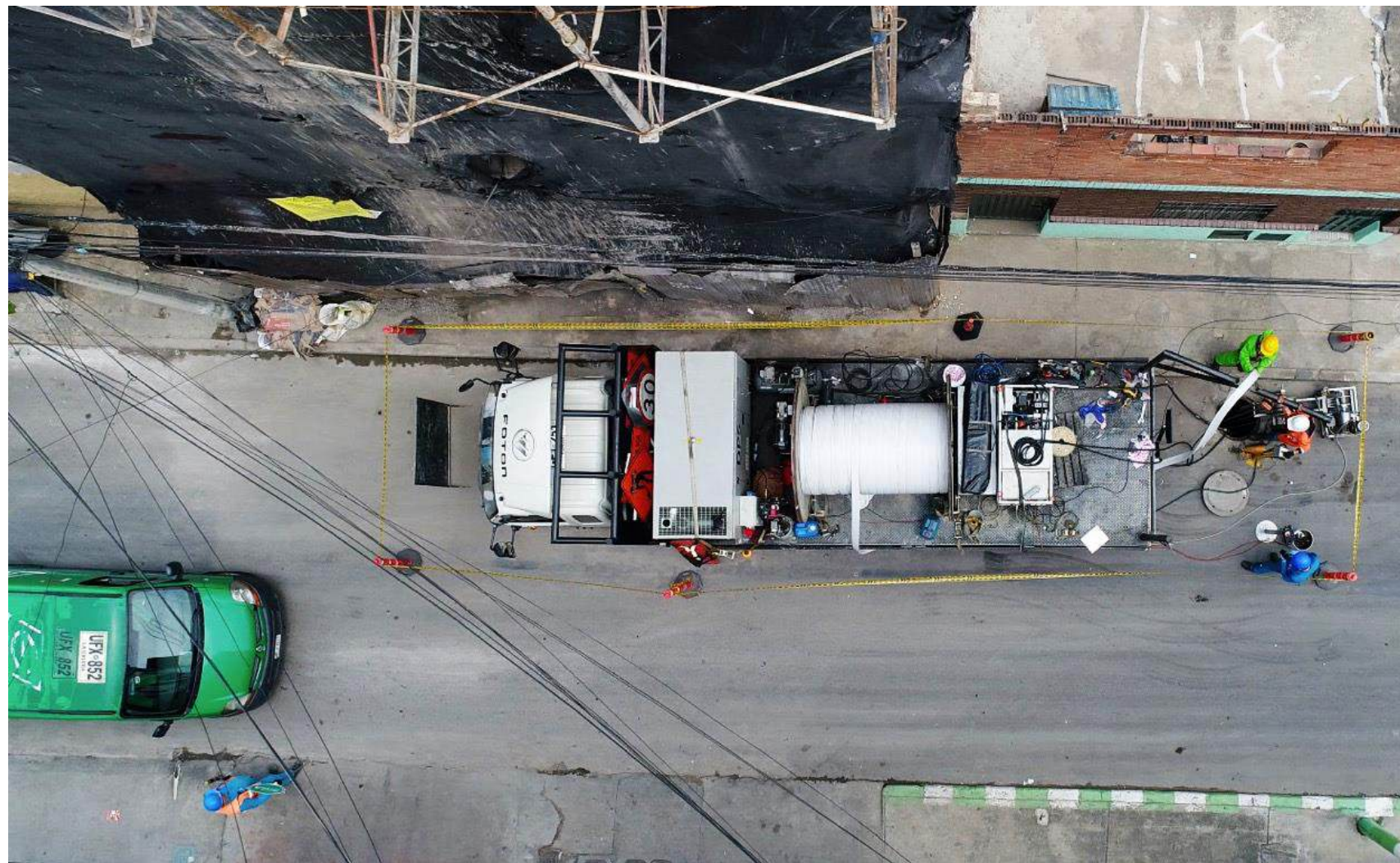
PROYECTO CIUDAD MONTES



Redes rehabilitadas

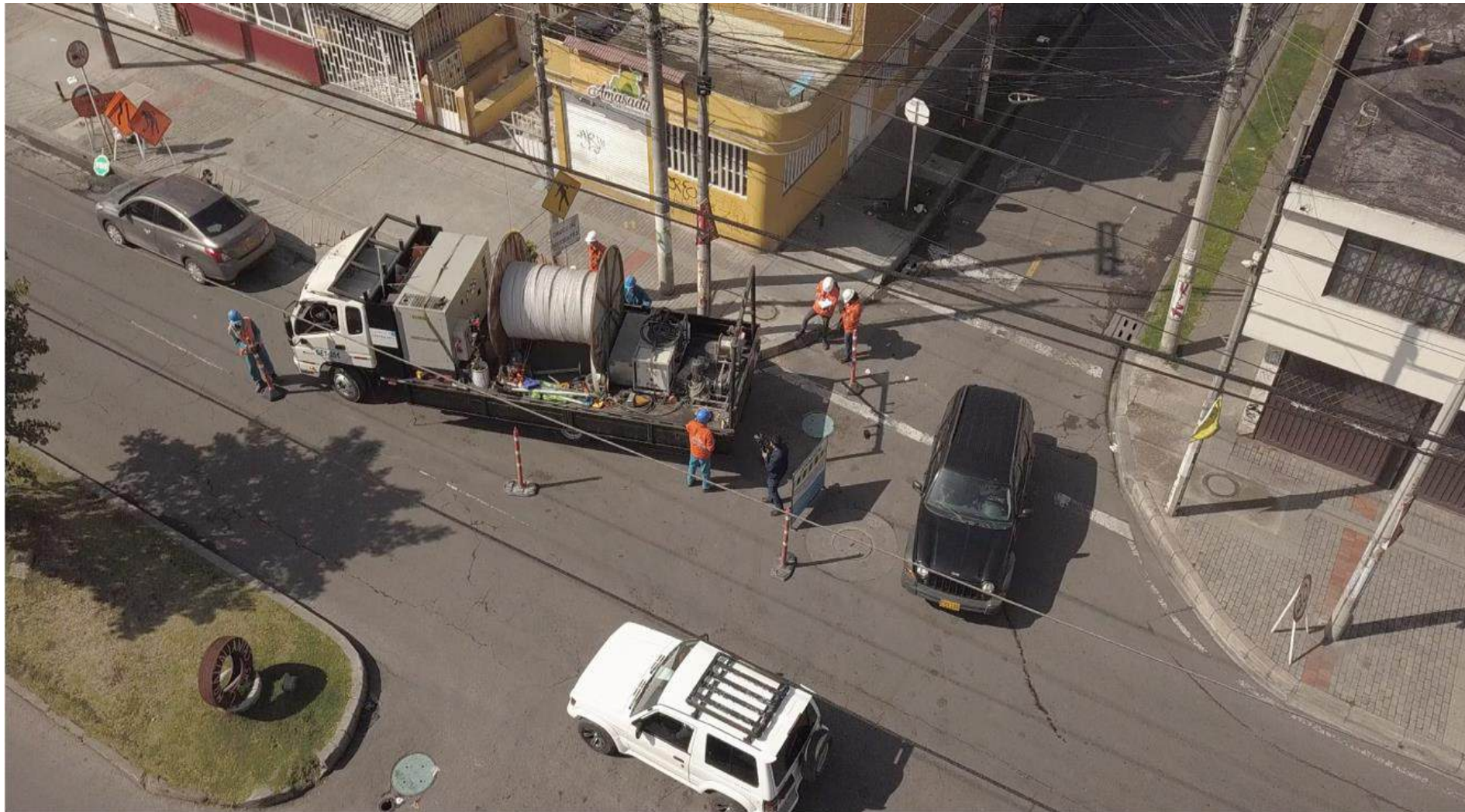
-  Tubería Curada en Sitio CIPP
-  Tubería Enrollada en Espiral SWP
-  Tubería a Zanja Abierta

PROYECTO CIUDAD MONTES



**Bajo
impacto
urbano.**

CARACTERÍSTICAS DE LA RED



Bajo
impacto
urbano.

PROYECTO CIUDAD MONTES



**Alto
Rendimiento
de Instalación.**

**Bajo costo de
Construcción.**

PROYECTO CIUDAD MONTES



Rendimientos promedios de instalación

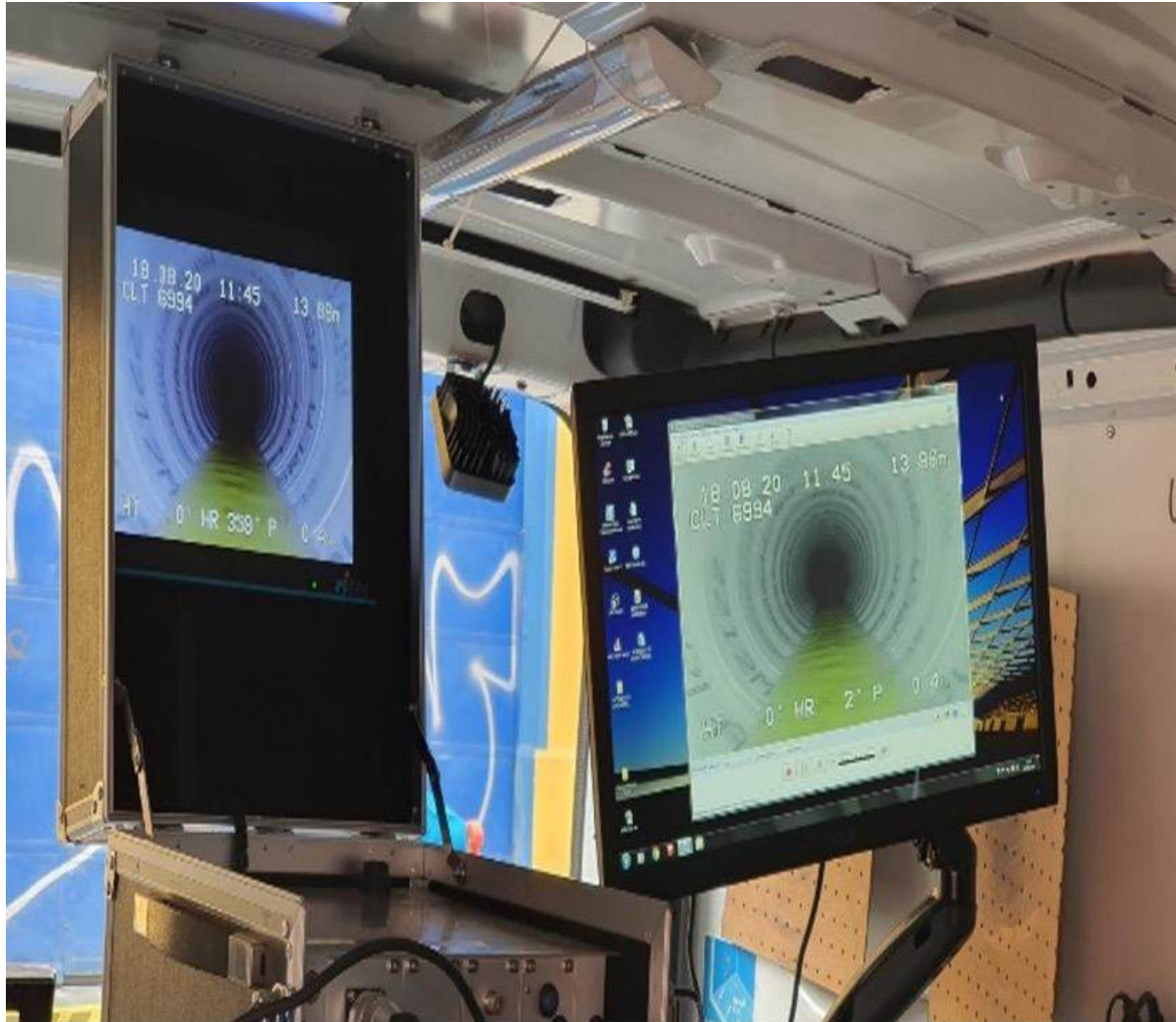
- 100 m en hora y media con SWP.
- 100 m en 8 horas con CIPP.

CARACTERÍSTICAS DE LA RED



Instalación desde
pozo de inspección.

PROYECTO CIUDAD MONTES



**Seguimiento durante
instalación.**

**Instalación con flujo de
agua.**

PROYECTO CIUDAD MONTES



Rehabilitación conexiones domiciliarias.

PROYECTO CIUDAD MONTES



- **Área del proyecto:** 200ha (2 Km²)
- **Número de lotes:** 7.200 Un
- **Población actual:** 46.307 hab
- **Población a 30 años:** 83.600 hab
- **Densidad poblacional actual:** 217 hab/ha
- **Densidad poblacional futura:** 433 hab/ha

PROYECTO CIUDAD MONTES



- Longitud de Redes: 53 Km
- Rango de diámetros: 8" – 36"
- Material de los conductos: Gres, concreto y PVC
- Pozos de inspección: 805 Un
- Diámetro conexiones laterales: 6"
- Longitud conexiones laterales: 29 Km

PROYECTO CIUDAD MONTES



Rehabilitación con SWLP

Longitud redes rehabilitadas:	24,15 Km
Diámetros:	8" a 22"
Número de tramos:	442 Un
Rendimiento máximo instalación:	340 m/día
Frentes de obra:	1

Rehabilitación con CIPP

Longitud redes rehabilitadas:	8,30 Km
Diámetros:	8"
Número de tramos:	127 Un
Rendimiento máximo Instalación:	90 m/día
Frentes de obra:	2

Rehabilitación a Zanja Abierta

Longitud redes rehabilitadas:	2,51 Km
Diámetros:	8", 10" y 12"
Número de tramos:	25 Un
Rendimiento máximo instalación:	6 m/día
Frentes de obra:	3

Actividades Previas

Limpieza de redes:	50,28 Km
Inspección de redes CCTV:	49,74 Km
Eliminación obstrucciones:	1.500 Un
Aplicación removedor de grasa	

PROYECTO CIUDAD MONTES



Mainline Renewal Strategy

Colombian city combines trenchless and traditional cut-in technologies to ease community interruption and cut costs

Diego R. Calderón and Jainer Lucas Olivella

In recent years, the Municipal Water and Wastewater Company of Bogotá, Colombia, (in Spanish, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá) has rehabilitated major main and trunk pipelines projects using trenchless technologies. These projects account for millions of dollars in investments to extend the useful life of deteriorated assets. In the face of rapid urban densification in the city, the Municipal Water and Wastewater Company of Bogotá reconsidered its strategic project planning. It began conducting trenchless renewal of the existing assets along with the construction with semi-deep trunk to improve the system's hydraulic capacity. The Municipal Water and Wastewater Company of Bogotá has been among the leading Latin American public utilities to use many of the trenchless technologies available worldwide successfully.

About Bogotá

The City of Bogotá, the capital of Colombia, is near the center of the country, in the Andes mountains. It sits of 2,640 m (8,712 ft) above sea level. Bogotá has an area of approximately 400 km² (154.4 mi²) and an estimated population of 7.5 million people, making it the largest city in the country. It is located on a high plateau known as the Bogotá savanna, a previously indigenous territory that was part of the Muisca civilization. Before the city was founded, the territory of the Bogotá Metro Area was covered by a grand lake called Funzé. Approximately 30,000 to 40,000 years ago, the Funzé lake began draining out through the Tequendama Falls, leaving behind many relatively small lakes throughout the Bogotá savanna. This great plateau is made from soft soils at an average depth of 400 m (1,320 ft). It is influenced continuously by regional and local subsidence,

groundwater over-exploitation, low magnitude earthquakes, and continued anthropic fills over wetlands for the expansion of urban settlements.

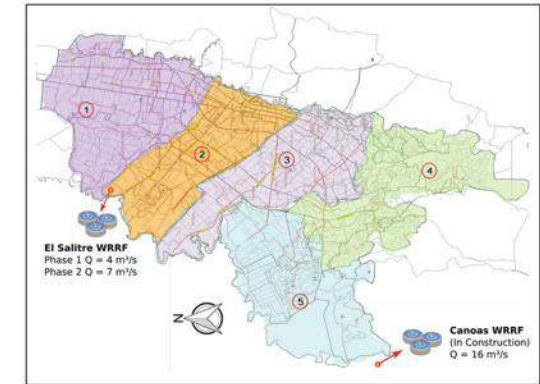
The Municipal Water and Wastewater Company of Bogotá is a public utility established in 1888 that serves most of the municipalities within the Bogotá metro area. The company serves more than 2 million customers, and it has more than 8,800 km (5,500 mi) of water mainlines, more than 9,400 km (5,800 mi) of sewer mainlines, and more than 210,000 wastewater manholes. The area served by the utility is divided into five zones (Figure 1, p. 66), and in all of them, the wastewater collection systems flow by gravity. Since some urbanization took place by occupying small wetlands near the Bogotá River, there are currently 38 pump stations required to lift the wastewater and stormwater either to the water resource recovery facilities (WRRFs) or to the Bogotá River. Municipal Water and Wastewater Company of Bogotá records indicate that 60% of the wastewater network is more than 50 years old and 38% of the system was installed more than 70 years ago. The most common pipe materials are concrete and vitrified clay, and approximately 46% of the wastewater system is 250 mm (10 in.) or less in diameter.

Current Challenges

The scarcity of land for new urban settlements imposes great challenges on the needs of current and future housing, park and recreation areas, education and healthcare facilities, roads, and the like. As with any big city, Bogotá faces high population density, high environmental pollution, and high traffic congestion. The city recently ranked first among the world's most traffic congested places, as indicated in the 2020 and 2019 Global Traffic Score Card by INTRIX — a



Figure 1. Municipal Water and Wastewater Company of Bogotá Service Area



U.S. firm specialized on data and analytics applied to transportation and mobility. Therefore, Bogotá needs to become a compact city, with a growth model based on renewing and densifying core neighborhoods. This consequently would require an increased demand on public utility services.

The current and future urban needs include renewed underground infrastructure. However, given the current conditions, the traditional open-cut approach would add traffic congestion indicators and negatively affect local economies and the community in general. Therefore, any underground infrastructure renewal program needs to consider the best possible techniques to avoid constricting the environment and city dwellers. Techniques also should provide Municipal Water and Wastewater Company of Bogotá high effectiveness and fewer overall expenditures.

To address the capacity and infrastructure rehabilitation need, it is fundamental to first identify the current system's hydraulic capacity and the condition of the pipeline network. Having that in mind, the following main objectives have been considered:

- Provide future hydraulic capacity for drinking water and wastewater.
- Preserve most of the current underground infrastructure.
- Apply trenchless renewal and construction technologies.

One solution to the future capacity needs focuses on designing and constructing new semi-deep trunk mains, strategically located to capture the additional flow that the current system could not convey to the Salitre and Canoas WRRFs, thus preventing system overflows. To achieve this, the sewer systems should be resurveyed, so adequate hydraulic models and future operational flows can be estimated. This will identify both the urban areas requiring semi-deep trunk mains and the existing trunk sewers that can remain in service.

The new trunk mains also will allow for separation of the combined sewer system, reducing the wastewater flowing to the WRRFs and the pollutant discharge on the Bogotá River. Trenchless technologies are being considered for building these new trunk mains.

In some neighborhoods, the small diameter sewer mains and laterals have been renewed, most of them using trenchless technologies, such as cured-in-place pipe (CIPP) and spiral wound lining (SWL). These technologies have been successful in reducing the adverse effects on traffic usually associated to open-cut work. In addition, they have fundamentally reduced overall costs and construction time.

Some examples of trenchless construction and renewal projects in the past six years are listed in Table 1 (p. 67).

PLAN DE OBRAS E INVERSIONES REGULADO

POIR

2026 – 2036

POIR 2026 - 2036

Resolución 688 de 2014.

- Por la cual se establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado con más de 5.000 suscriptores en el área urbana.

POIR 2016 – 2026.

- Conjunto de proyectos que la persona prestadora **considera necesario llevar a cabo**, para cumplir con las metas frente a los estándares del servicio exigidos durante el período de análisis.

- **ARTÍCULO 51. FORMULACIÓN DEL POIR.**
 - Este plan de inversiones debe ser el resultado de la identificación y proyección de las necesidades del servicio asociadas a la expansión, reposición y **rehabilitación del sistema**, para un horizonte de proyección de diez (10) años, expresadas en pesos de diciembre del año base y clasificadas por proyecto, grupo de activos, servicio y actividad, teniendo en cuenta los lineamientos del Plan de Ordenamiento Territorial y en particular lo dispuesto en la Ley 1537 de 2012 o la que la modifique, adicione o derogue.

Maduración de proyectos

- Estudios, diseños y estructuración de proyectos a zanja abierta.
- Estudios, diseños y estructuración de proyectos con **tecnologías sin zanja**.

Planes Maestros de Acueducto y Alcantarillado.

- Expansión de redes (Nuevos territorios).
- **Rehabilitación y ampliación de los sistemas de redes existentes.**

Plan de Ordenamiento Territorial.

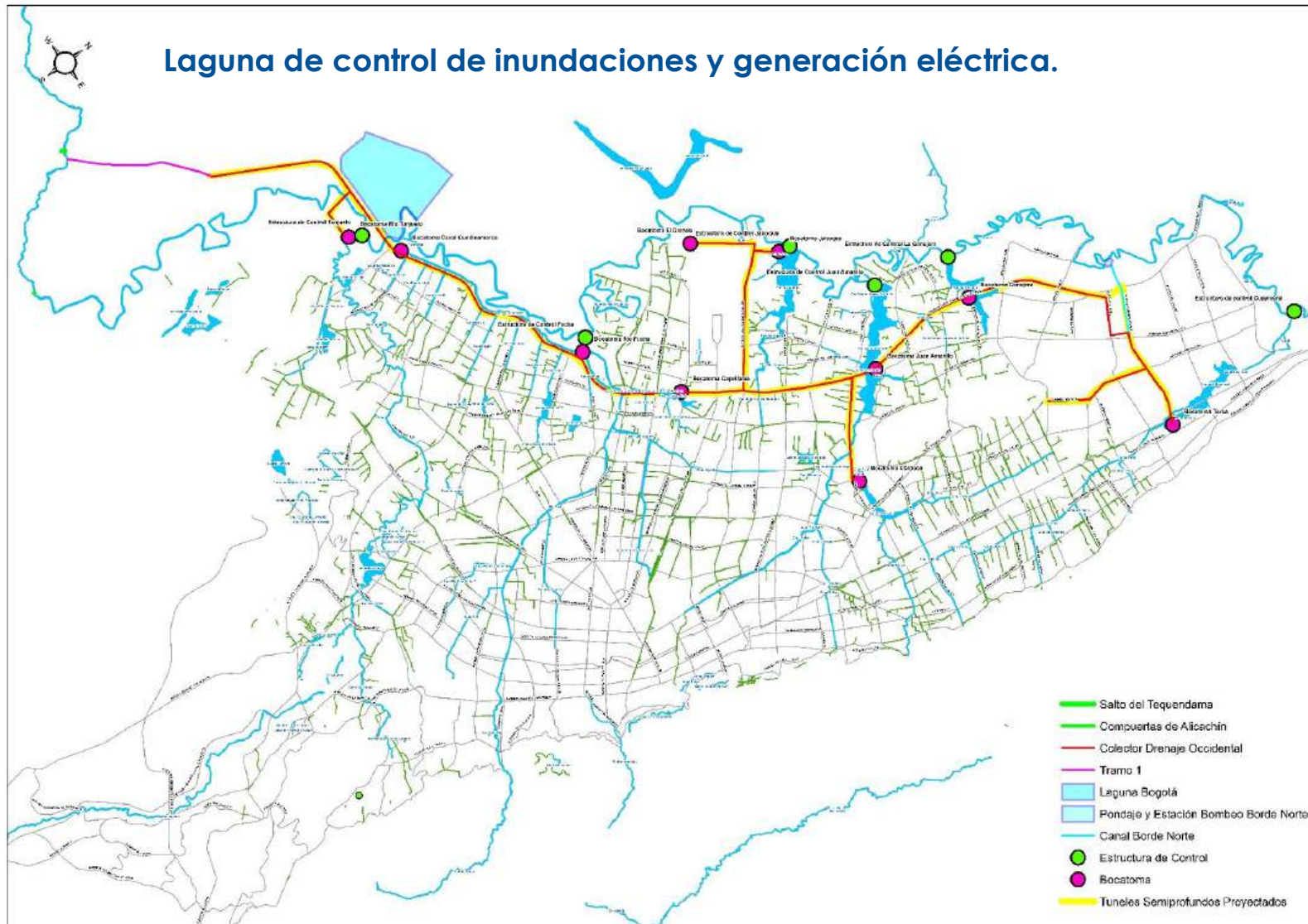
- Proyectos estratégicos de movilidad (Transporte Masivo).
- **Planes Parciales de Renovación Urbana** (Capacidad de los sistemas).

TÚNELES DE DRENAJE PROFUNDO



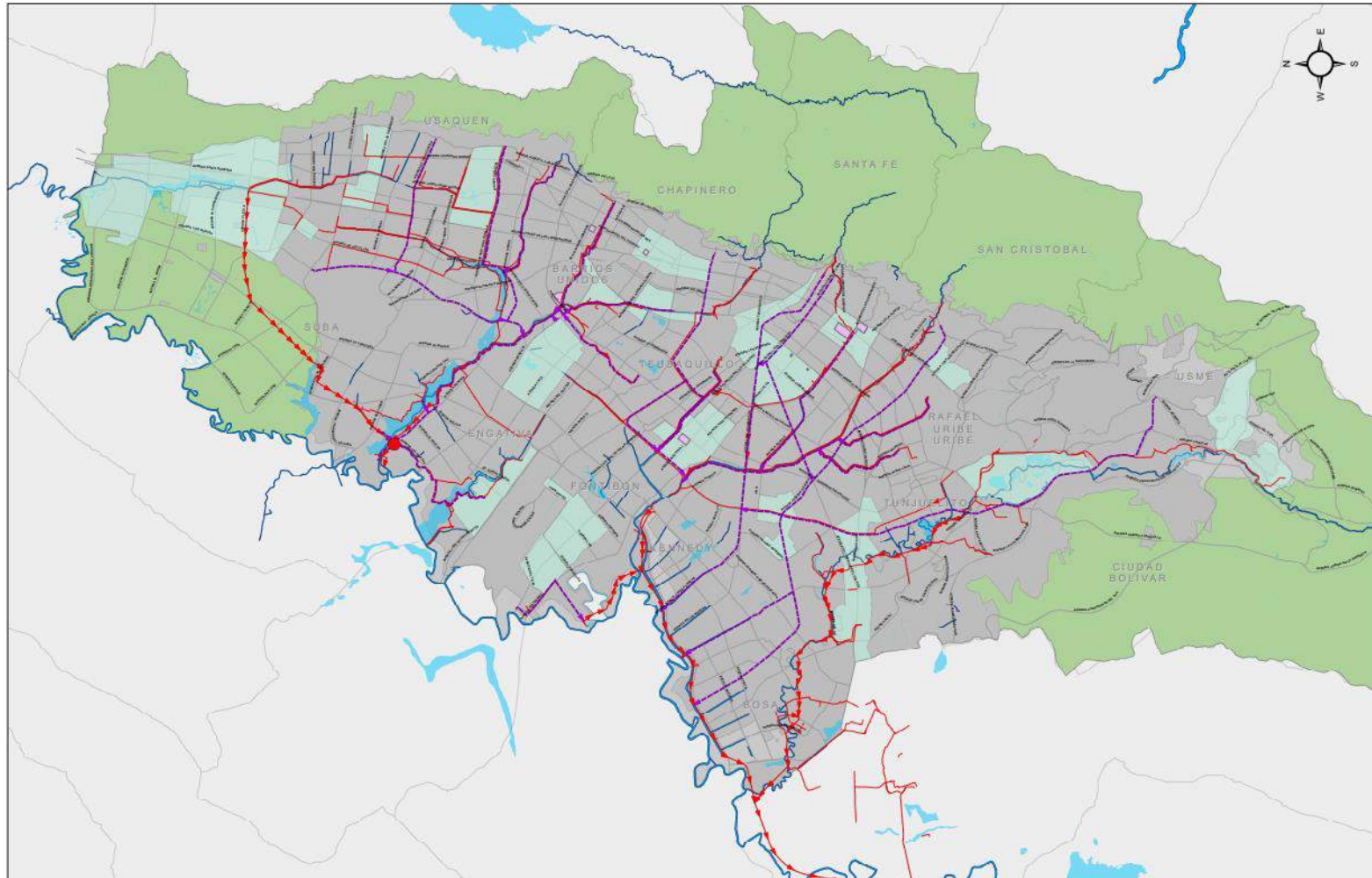
- Fenómeno de la Niña 2010-2011.
- Desbordamiento río Bogotá e inundación vía Chía – Bogotá.
- Inundación universidad de La Sabana.
- Inundación de las localidades de Bosa y Kennedy por ingreso de aguas del río a la ciudad.

TÚNELES DE DRENAJE PROFUNDO



- Drenaje profundo de alcantarillado pluvial.
- 150 Km de túneles.
- 20 m a 60 m de profundidad.
- Solución de problemas estructurales de drenaje pluvial.

DRENAJE SANITARIO Y POT 555-2021



- Actuaciones estratégicas.
- Planes Parciales de Renovación Urbana.
- Crecimiento demográfico.
- Solución de problemas estructurales de Renovación Urbana.



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- **Conocer integralmente el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.**
 - Conocer el territorio y el contexto urbano.
 - Identificar los problemas estructurales del sistema de alcantarillado.
 - Implementar el programa de Catastro de Redes de Alcantarillado.
- **Definir políticas e implementar metodologías generales de Rehabilitación.**
 - Conservar la infraestructura existente con tecnologías sin zanja (TSZ).
 - Ampliar la infraestructura con colectores expresos con TSZ.
 - Separar el sistema combinado con tecnologías sin zanja.
 - Reducir los caudales de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario.
 - Construir 800.000 cajas de inspección de conexiones domiciliarias.

CONCLUSIONES

- **Fortalecer el Sistema de Normalización Técnica.**
 - Crear nuevas normas de tecnologías sin zanja.
 - Revisión y actualización continua de las normas y especificaciones técnicas.
- **Mejorar los procesos de estudios, diseños, construcción, operación y rehabilitación.**
 - Estructurar proyectos de consultoría que incluyan el inventario y la investigación detallada de las redes de alcantarillado existentes.
- **Gestión de ensayos y control de calidad para tecnologías sin zanja.**
- **Incorporar los anteriores componentes en el POIR 2026 – 2036.**

**LA GESTIÓN DE ACTIVOS DE ALCANTARILLADO
SANITARIO Y PLUVIAL EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ DC
SE LLEVA A CABO CON TECNOLOGÍAS SIN ZANJA.**



GESTIÓN DE ACTIVOS DE ALCANTARILLADO EN COLOMBIA:
AVANCES Y PERSPECTIVAS

DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO AL PREVENTIVO: POTENCIAL Y LIMITACIONES

Martes 10 de Septiembre de 2024

**Juan Pablo Rodríguez S.
Profesor Asociado
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
Universidad de los Andes**

1. Retos
2. Manejo de Infraestructura: ¿Qué es?, beneficios, componentes, SUDS
3. Inspección
4. Deterioro operativo: algunas investigaciones
5. Conclusiones: potencial y limitaciones

- Adaptación cambios globales (CC, (de)crecimiento poblacional, crecimiento económico, ...)
- Circularidad – Eficiencia
- Transición ecológica de las ciudades
- Digitalización (IoT, AI, ML, Análisis Predictivo, Visualización Computacional, ...)
- Colaboración y Generación de Conocimiento
- Comunidad
- ...



Asset Management: A Best Practices Guide



Introduction	
<i>Purpose</i>	<p>This guide will help you understand:</p> <ul style="list-style-type: none"> • What asset management means. • The benefits of asset management. • Best practices in asset management. • How to implement an asset management program.
<i>Target Audience</i>	<p>This guide is intended for owners, managers, and operators of water systems, local officials, technical assistance providers, and state personnel.</p>

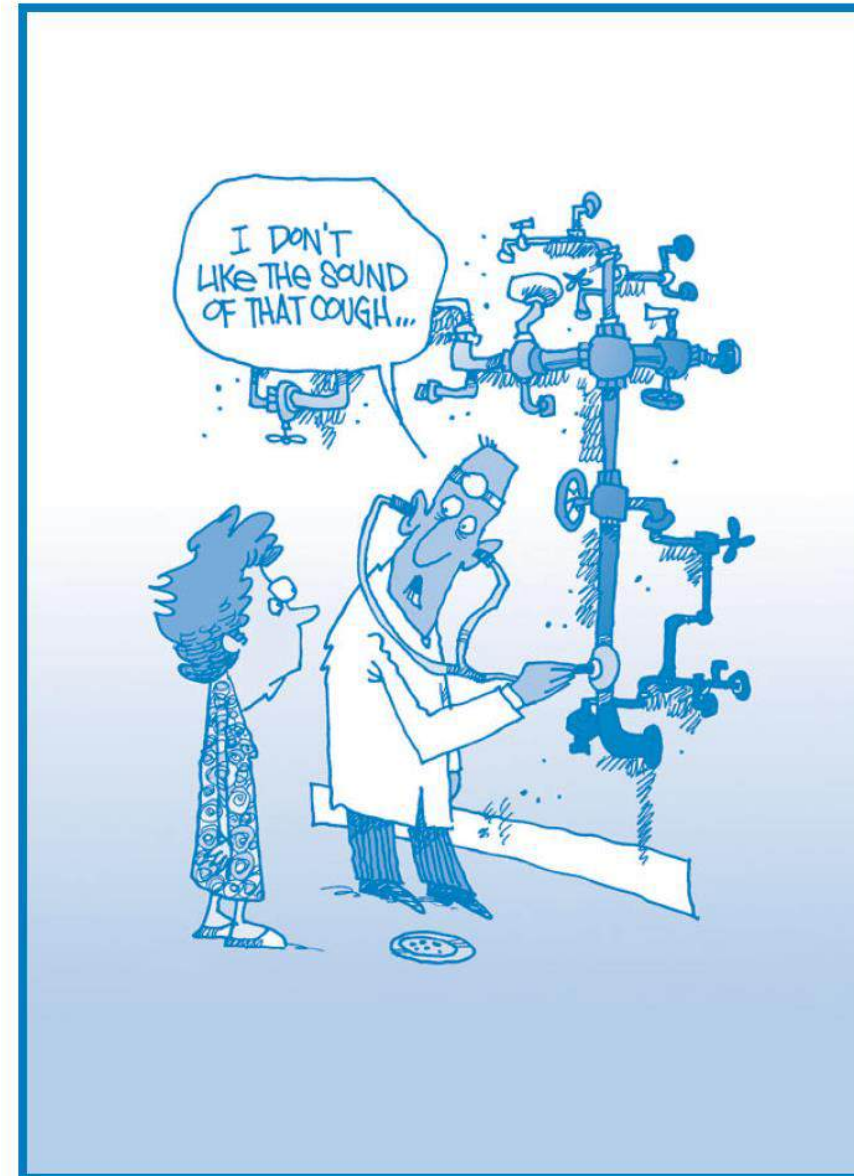
Asset Management

Asset management is maintaining a desired level of service for what you want your assets to provide at the lowest life cycle cost. Lowest life cycle cost refers to the best appropriate cost for rehabilitating, repairing or replacing an asset. Asset management is implemented through an asset management program and typically includes a written asset management plan.

Challenges faced by Water Systems	Benefits of Asset Management
<ul style="list-style-type: none"> • Determining the best (or optimal) time to rehabilitate/repair/replace aging assets. • Increasing demand for services. • Overcoming resistance to rate increases. • Diminishing resources. • Rising service expectations of customers. • Increasingly stringent regulatory requirements. • Responding to emergencies as a result of asset failures. • Protecting assets. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prolonging asset life and aiding in rehabilitate/repair/replacement decisions through efficient and focused operations and maintenance. • Meeting consumer demands with a focus on system sustainability. • Setting rates based on sound operational and financial planning. • Budgeting focused on activities critical to sustained performance. • Meeting service expectations and regulatory requirements. • Improving response to emergencies. • Improving security and safety of assets.

Implementing Asset Management: Five Core Questions Framework

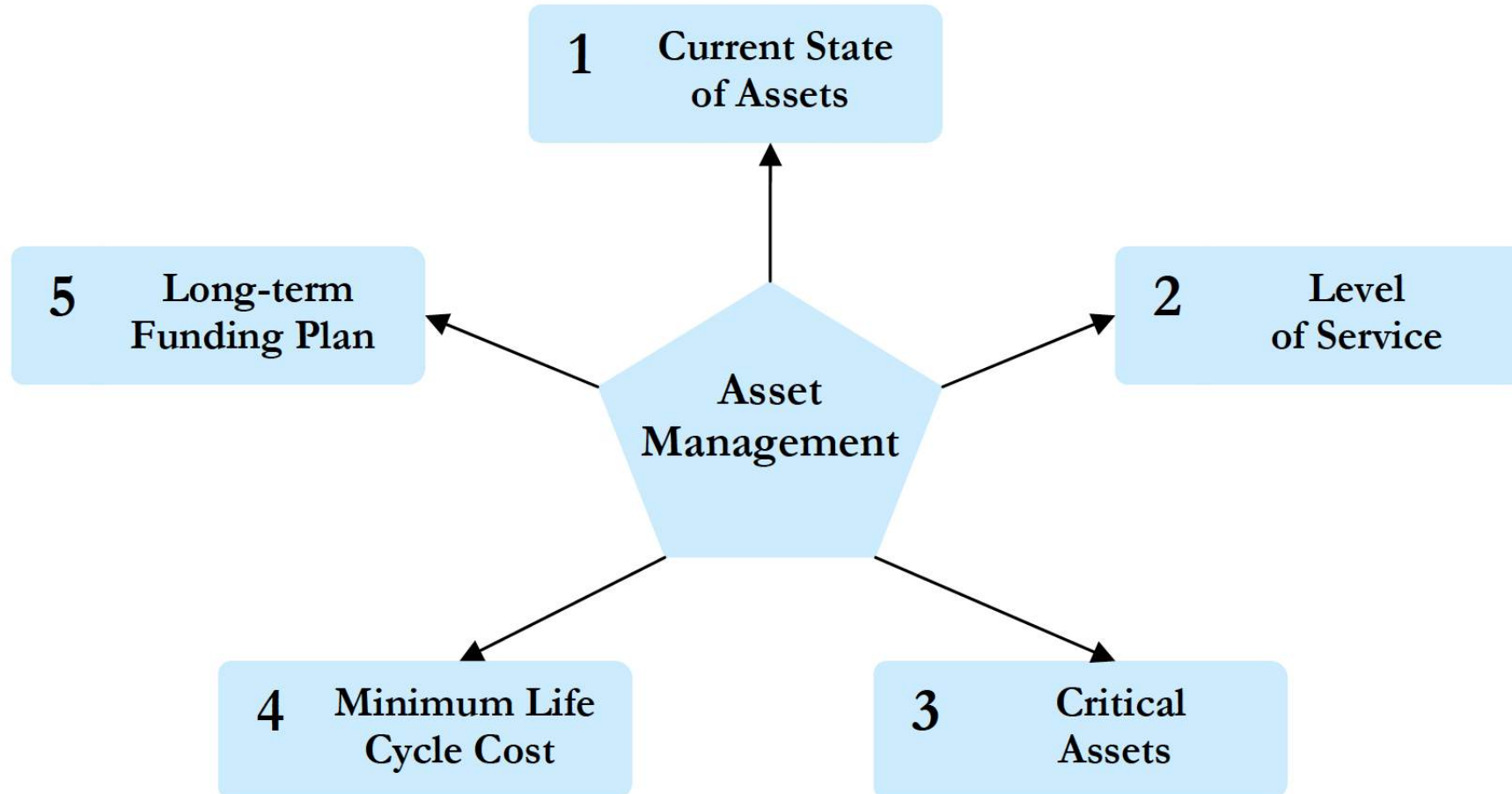
A good starting point for any size water system is the five core questions framework for asset management. This framework walks you through all of the major activities associated with asset management and can be implemented at the level of sophistication reasonable for a given system. These five core framework questions provide the foundation for many asset management best practices. Several asset management best practices are listed for each core question on the following pages. Keep in mind that these best practices are constantly being improved upon.



Asset Management

Asset management is maintaining a desired level of service for what you want your assets to provide at the lowest life cycle cost. Lowest life cycle cost refers to the best appropriate cost for rehabilitating, repairing or replacing an asset. Asset management is implemented through an **asset management program** and typically includes a written **asset management plan**.

Challenges faced by Water Systems	Benefits of Asset Management
<ul style="list-style-type: none">• Determining the best (or optimal) time to rehabilitate/repair/replace aging assets.• Increasing demand for services.• Overcoming resistance to rate increases.• Diminishing resources.• Rising service expectations of customers.• Increasingly stringent regulatory requirements.• Responding to emergencies as a result of asset failures.• Protecting assets.	<ul style="list-style-type: none">• Prolonging asset life and aiding in rehabilitate/repair/replacement decisions through efficient and focused operations and maintenance.• Meeting consumer demands with a focus on system sustainability.• Setting rates based on sound operational and financial planning.• Budgeting focused on activities critical to sustained performance.• Meeting service expectations and regulatory requirements.• Improving response to emergencies.• Improving security and safety of assets.



Sewer asset management – state of the art and research needs

Franz Tschekner-Gratl^a, Nicolas Caradot^b, Frédéric Cherqui^c, Joao P. Leitão^d, Mehdi Ahmadi^e, Jeroen G. Langeveld^{f,g}, Yves Le Gat^h, Lisa Scholtenⁱ, Bardia Roghani^j, Juan Pablo Rodríguez^k, Mathieu Lepot^l, Bram Stegeman^m, Anna Heinrichsenⁿ, Ingo Kropp^o, Karsten Kerres^p, Maria do Céu Almeida^q, Peter M. Bach^{r,s,p}, Matthew Moy de Vitry^{t,u}, Alfeu Sá Marques^v, Nuno Eduardo Simões^w, Pascale Rouault^x, Nathalie Hernandez^y, Andres Torres^z, Caty Wery^z, Bénédicte Rulleau^h and François Clemens^z

^aDepartment of Civil and Environmental Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway; ^bKompetenzzentrum Wasser Berlin, Berlin, Germany; ^cUniversity of Lyon, INSA Lyon, Villeurbanne, France; ^dSwiss Federal Institute of Aquatic Science & Technology (Eawag), Dübendorf, Switzerland; ^eDepartment for Building and Infrastructure, SINTEF, Oslo, Norway; ^fFaculty of Civil Engineering and Geoscience, Department of Water management, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands; ^gPartners4UrbanWater, Nijmegen, The Netherlands; ^hIrstea Bordeaux – ETBX, Cestas, France; ⁱSchool of Civil Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran; ^jDepartamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia; ^kDr.-Ing. Pecher und Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin, Germany; ^l3S Consult GmbH, Dresden, Germany; ^mAachen University of Applied Sciences – FH Aachen, Aachen, Germany; ⁿDepartment of Hydraulics and Environment, LNEC, Lisbon, Portugal; ^oInstitute of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, ETH Zürich, Zurich, Switzerland; ^pDepartment of Civil Engineering, Monash University, Clayton, Australia; ^qINESC Coimbra, Department of Civil Engineering, University of Coimbra, Coimbra, Portugal; ^rFaculty of Engineering, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia; ^sIrstea, UMR GESTE, Enges, Strasbourg, France; ^tDepartment of Hydraulic Engineering, Deltares, Delft, The Netherlands

ABSTRACT

Sewer asset management gained momentum and importance in recent years due to economic considerations, since infrastructure maintenance and rehabilitation directly represent major investments. Because physical urban water infrastructure has life expectancies of up to 100 years or more, contemporary urban drainage systems are strongly influenced by historical decisions and implementations. The current decisions taken in sewer asset management will, therefore, have a long-lasting impact on the functionality and quality of future services provided by these networks. These decisions can be supported by different approaches ranging from various inspection techniques, deterioration models to assess the probability of failure or the technical service life, to sophisticated decision support systems crossing boundaries to other urban infrastructure. This paper presents the state of the art in sewer asset management in its manifold facets spanning a wide field of research and highlights existing research gaps while giving an outlook on future developments and research areas.

ARTICLE HISTORY

Received 27 May 2019
Accepted 3 January 2020

KEYWORDS

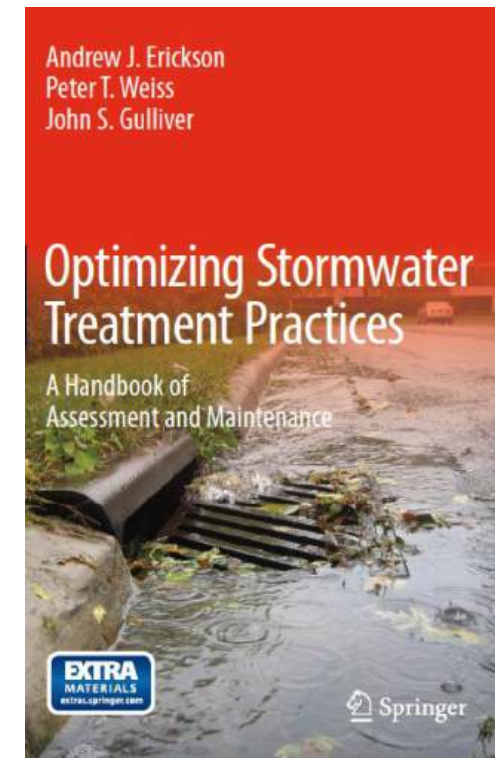
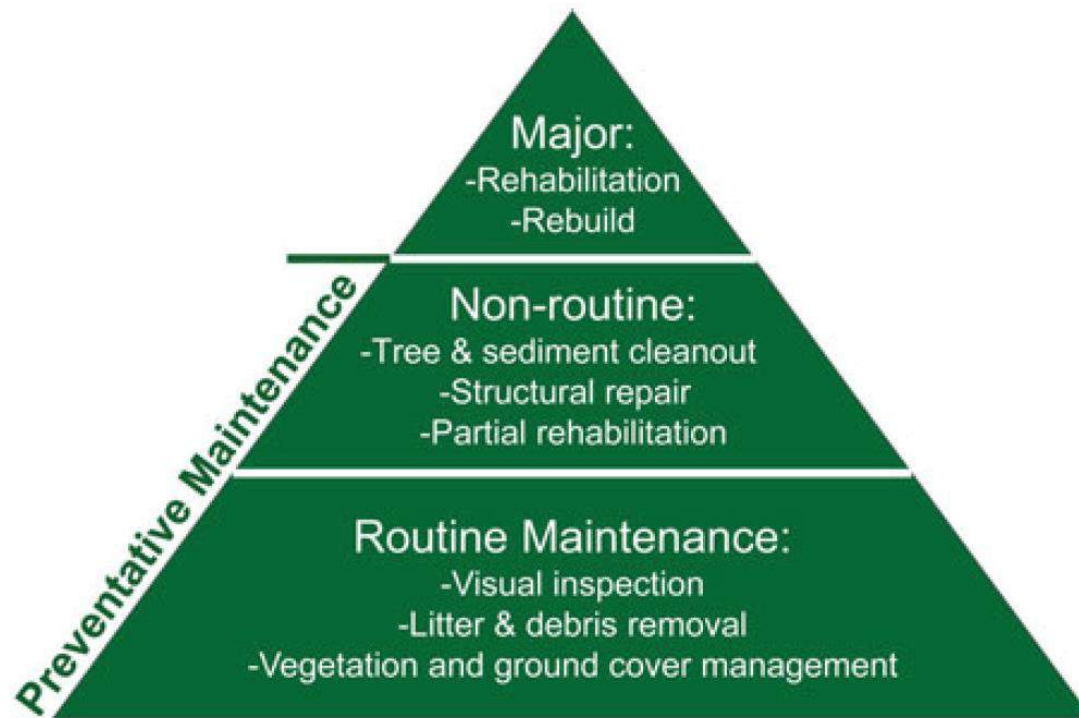
Urban drainage; inspection; deterioration modelling; data management; decision support; costs

- Técnicas de inspección
- Evaluación de Condición/Desempeño
- Manejo de Datos/Información
- Modelación del Deterioro
- Costo de implementación de estrategias de manejo
- Rehabilitación multiinfraestructura



Manejo de Infraestructura: Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible

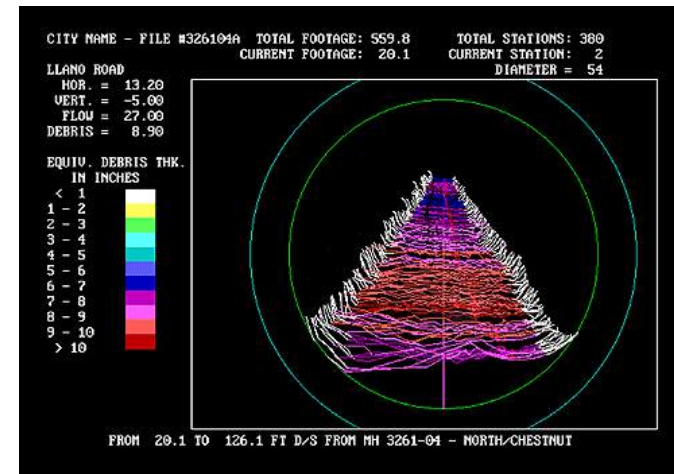
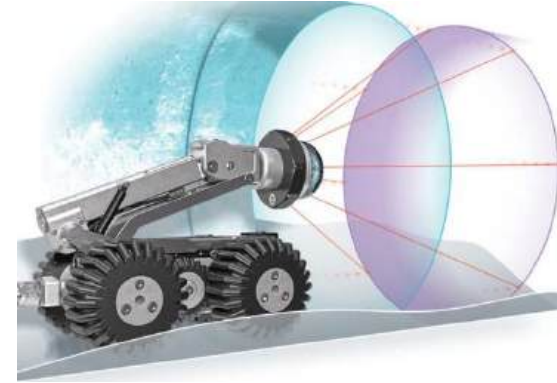
- ✓ Mantenimiento: actividades rutinarias/no rutinarias (preventivo) y mayores
- ✓ Evaluación: Manejo de recursos limitados + lograr que mantenimientos no rutinarios y mayores sean infrecuentes



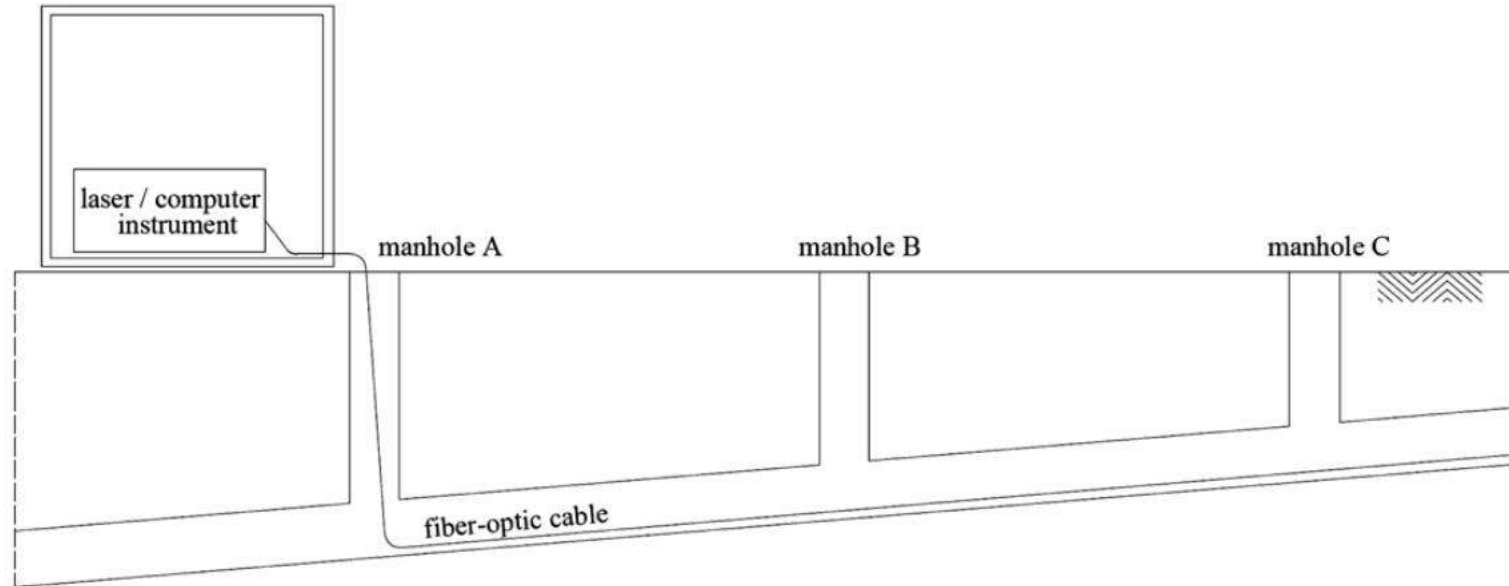
Mecanismos de falla →

- ✓ Restricciones hidráulicas (sedimentos, raices, grasas, basuras)
- ✓ Capacidad hidráulica (I/E, deformaciones, pendientes inadecuadas)
- ✓ Fallas estructurales (desalineación de juntas, deflexión, corrosión, fracturas)

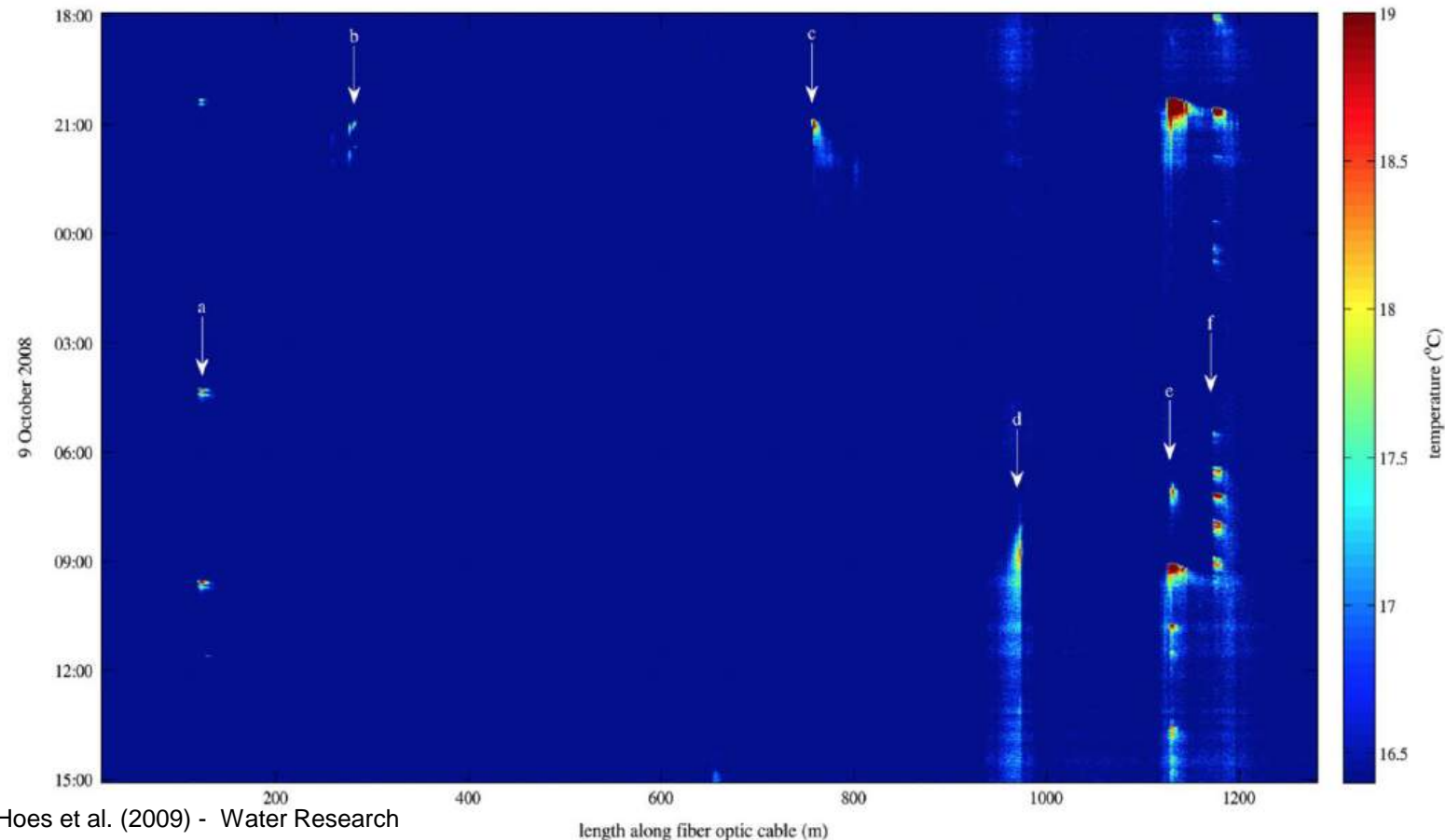
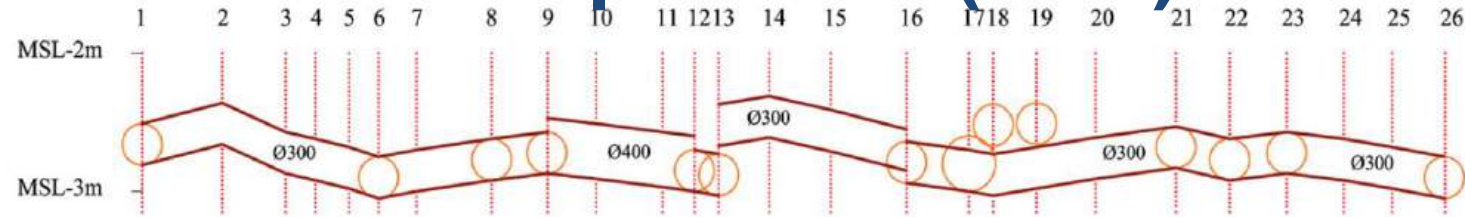
Inspección: CCTV + Sonar + Laser



Inspección – Sensores Distribuidos de Temperatura (DTS)



Inspección – Sensores Distribuidos de Temperatura (DTS)



- ✓ **Inspección Visual**: evaluación cualitativa rápida (identificar, diagnosticar y programar mantenimiento)
- ✓ **Ensayos**: En condiciones no naturales de lluvia (capacidad infiltración/escorrentía sintética)
- ✓ **Monitoreo**: En condiciones naturales de lluvia (entrada/salida) – Requiere de gran cantidad de información de buena calidad (20 eventos de lluvia / 2 años)

Investigación en Deterioro Operativo

Urban Forestry & Urban Greening 25 (2017) 36–42

Contents lists available at ScienceDirect

 Urban Forestry & Urban Greening 

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ufug

Original article







Geostatistical analysis to identify characteristics involved in sewer pipes and urban tree interactions 

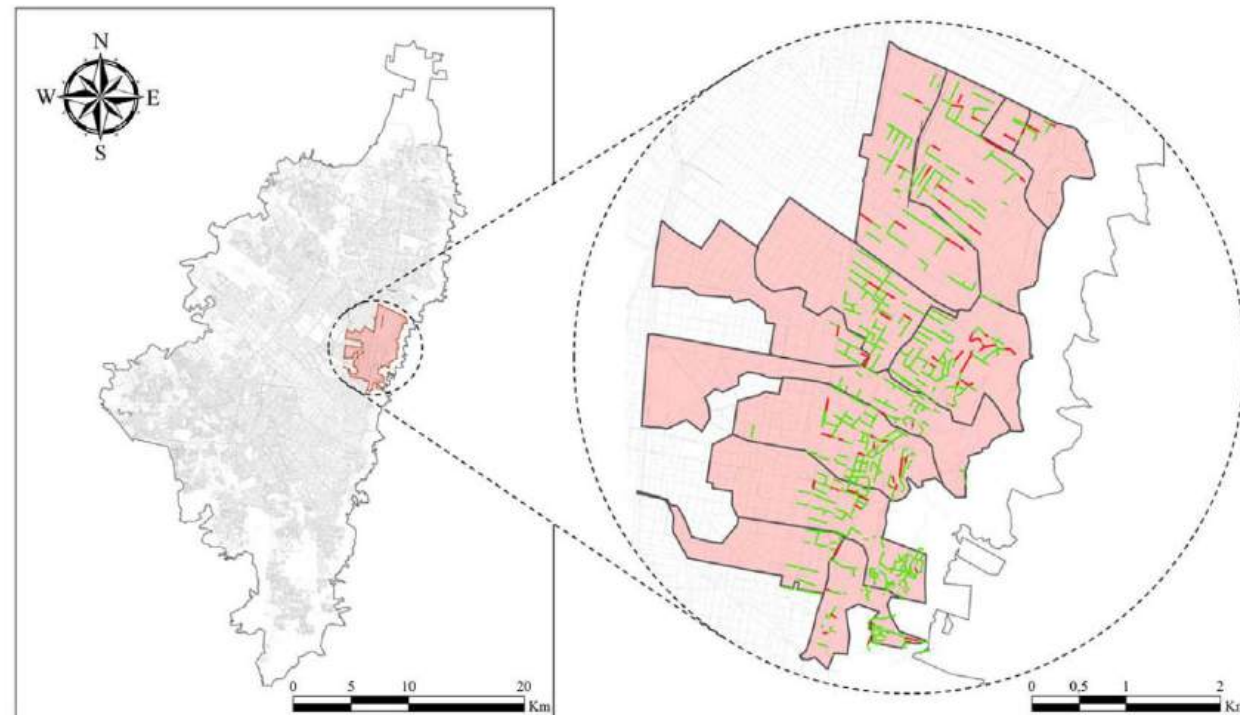
María Nariné Torres^{a,*}, Juan Pablo Rodríguez^a, João Paulo Leitão^b

^a Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes, 111711 Bogotá, Colombia
^b Essag, 8600 Dübendorf, Switzerland



LEGEND

-  Bogotá's urban perimeter
-  Sewer system
-  Case study area
-  Water utility management units
- Inspected sewer pipes
 -  Pipes without root intrusion events
 -  Pipes with at least 1 intrusion event



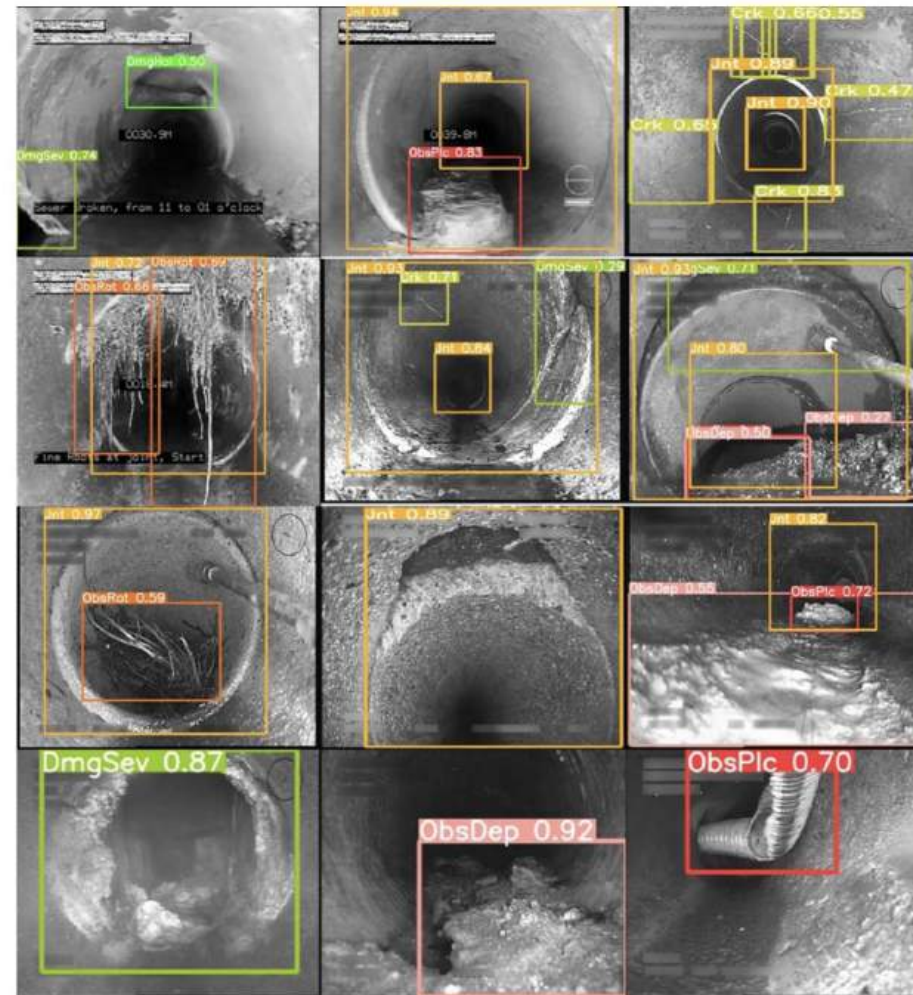
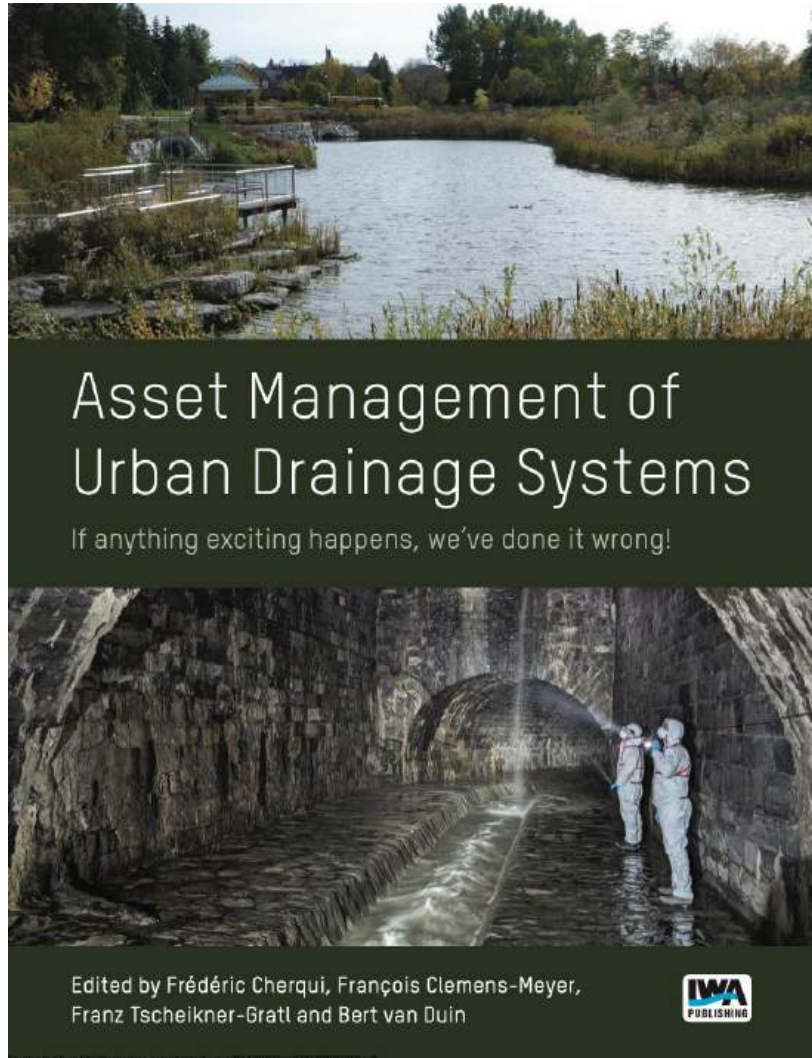
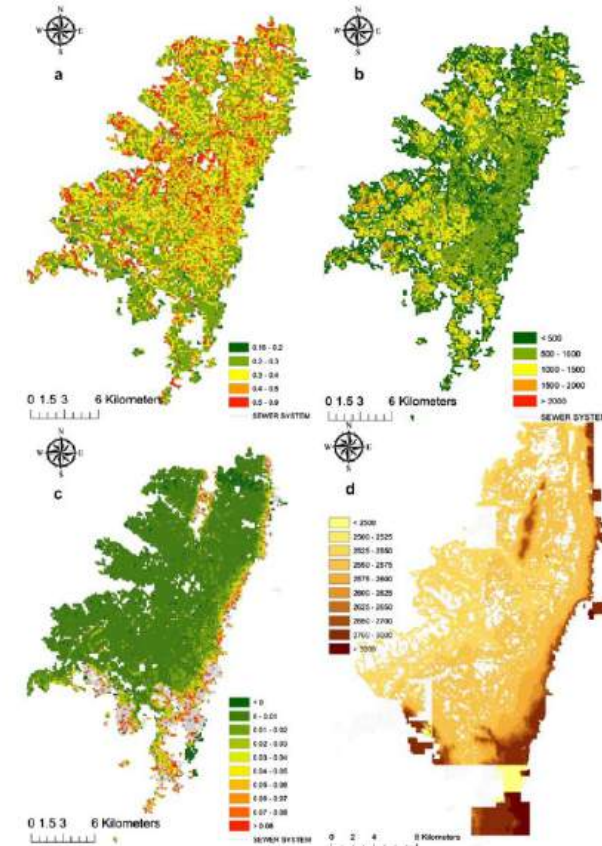
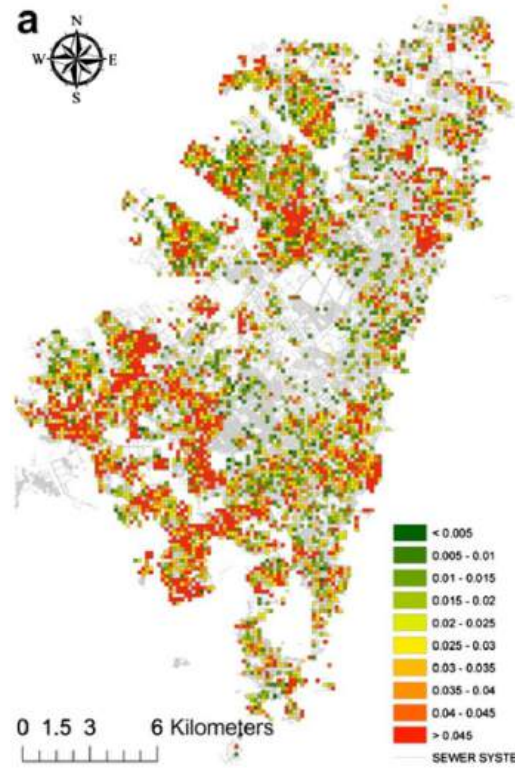
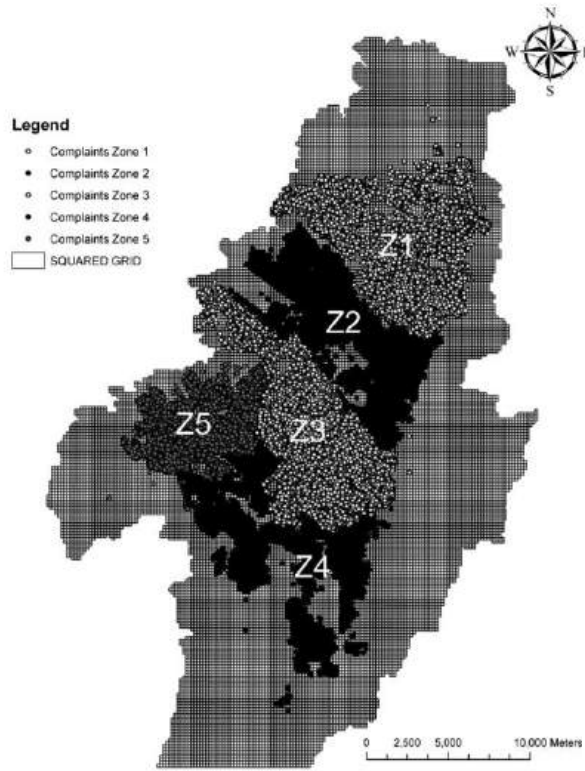


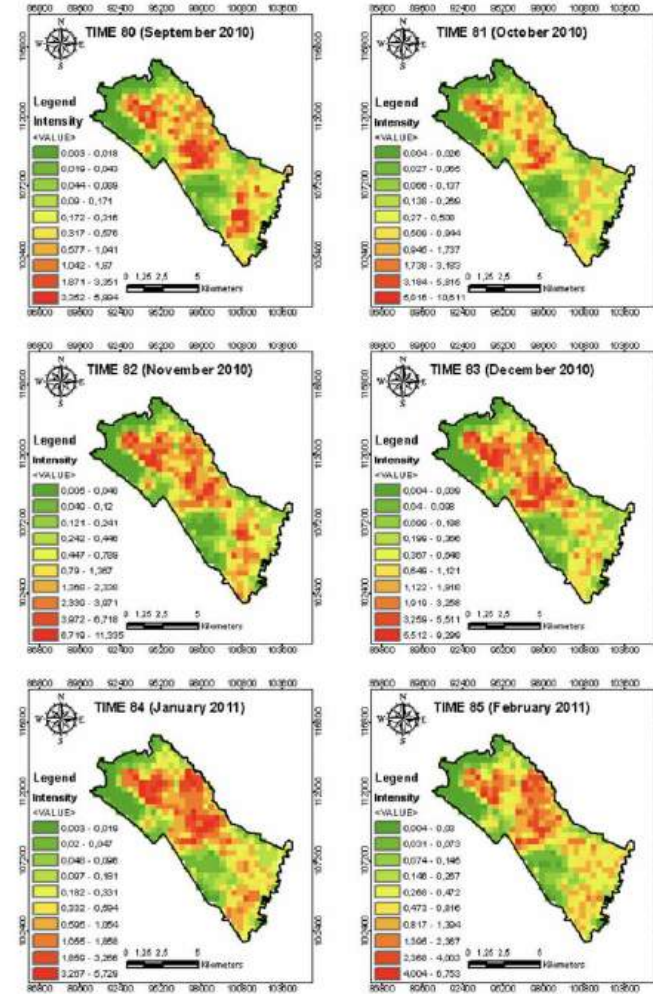
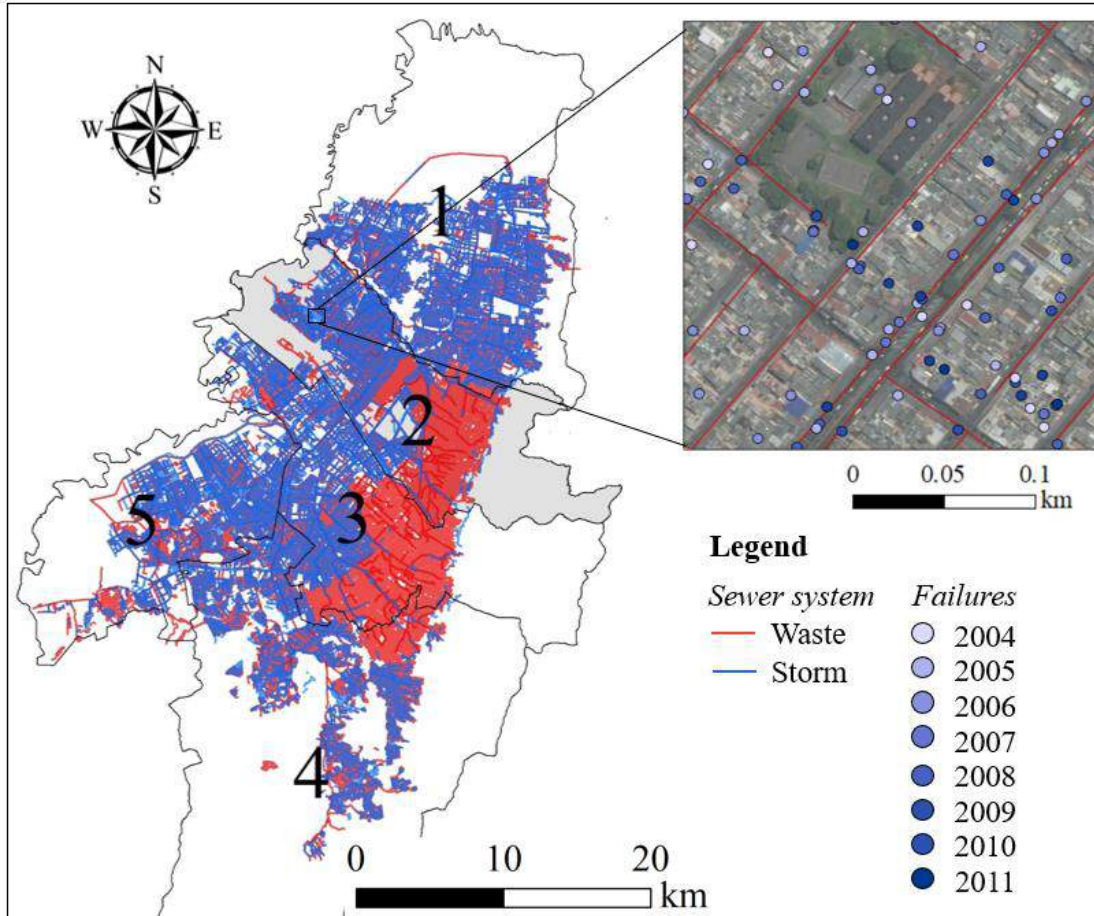
Figure 4.23 Examples of automated defect detection and classification. (After Tait and Kazemi, 2023).





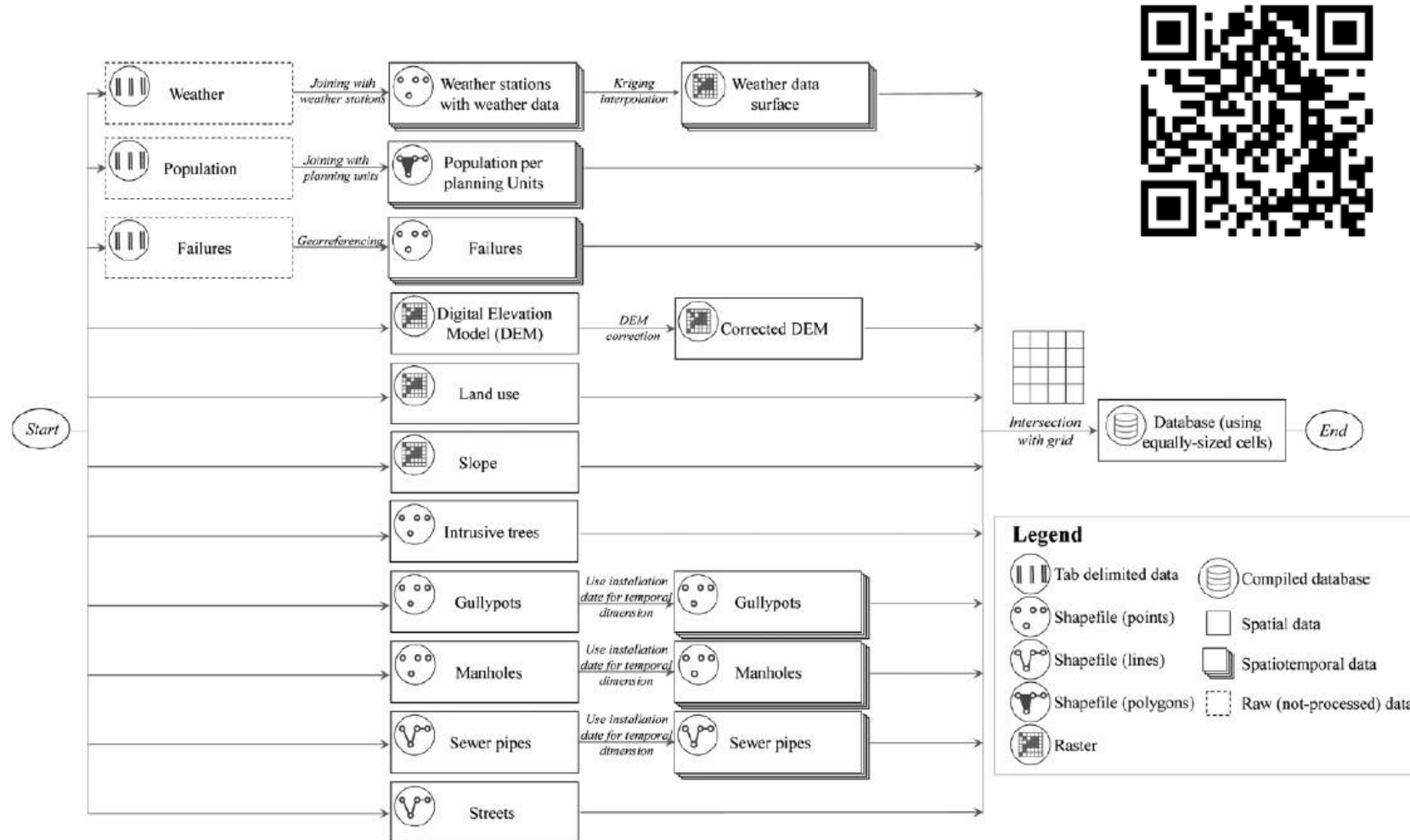
Study of the spatiotemporal correlation between sediment-related blockage events in the sewer system in Bogotá (Colombia)

Eliana Soriano Pulido, Carlos Valencia Arboleda and Juan Pablo Rodríguez Sánchez



A Two-Stage Data-Driven Spatiotemporal Analysis to Predict Failure Risk of Urban Sewer Systems Leveraging Machine Learning Algorithms

John E. Fontecha ¹, Puneet Agarwal ¹, María N. Torres ², Sayanti Mukherjee ^{1,*}, Jose L. Walteros ¹ and Juan P. Rodríguez ³



On the preventive management of sediment-related sewer blockages: a combined maintenance and routing optimization approach

John E. Fontecha, Raha Akhavan-Tabatabaei, Daniel Duque, Andrés L. Medaglia, María N. Torres and Juan Pablo Rodríguez

Annals of Operations Research
<https://doi.org/10.1007/s10479-019-03342-8>

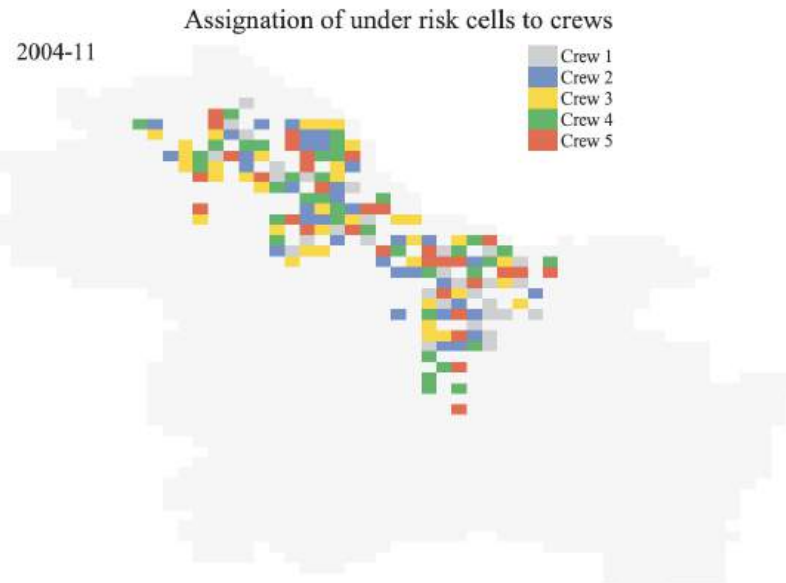
S.I.: CLAIO 2016



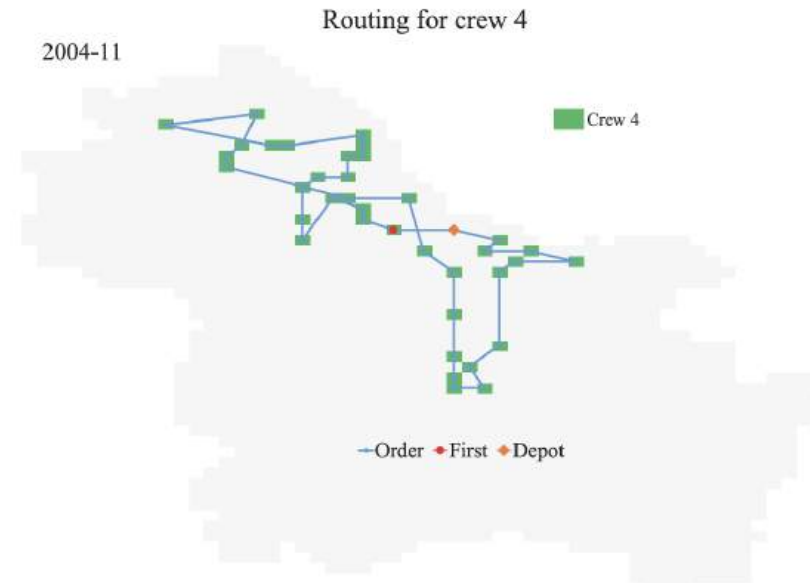
Combined maintenance and routing optimization for large-scale sewage cleaning

John E. Fontecha¹ · Oscar O. Guaje² · Daniel Duque³ · Raha Akhavan-Tabatabaei⁴ · Juan P. Rodríguez⁵ · Andrés L. Medaglia²

© Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2019



(a)



(b)

Conclusiones

- Mantenimiento Preventivo vs. Reactivo
- Bases de Datos
- Necesidad de Inspección
- Utilidad de modelos

!Muchas gracias por su atención!

Juan Pablo Rodríguez Sánchez
pabl-rod@uniandes.edu.co

Pregunta y Respuesta Discusión

MODERADOR: ANDRES TORRES

PRÓXIMOS SEMINARIOS WEB Y EVENTOS DE LA IWA



WEBINAR

Instrumentation for N₂O control

Speakers

- Liu Ye - University of Queensland, Australia
- Christian Baresel - IVL SERI, Sweden
- Wenzel Gruber - Upwater, Switzerland
- Oscar Samuelsson - IVL SERI, Sweden
- Amanda Lake - Jacobs, UK
- Janelcy Alferes - VITO, Belgium
- Jose Porro - Cobalt Water Global, USA

16 September 2024
13:00-14:00 BST

REGISTER NOW
www.iwa-network.org/webinars



IWA
the international
water association

Digital Water Summit
BILBAO SPAIN | 12-14 November 2024
www.digitalwatersummit.org

2 MONTHS TO GO

REGISTER NOW!

Obtenga más información en
<https://iwa-network.org/>

¡ÚNETE A NUESTRA RED DE PROFESIONALES DEL AGUA!



IWA reúne a profesionales de muchas disciplinas para acelerar la ciencia, la innovación y la práctica que pueden marcar la diferencia al abordar los desafíos del agua.

Utilice el código **IWAWEBINARS24**

para un **20%** de descuento
nueva membresía.

Únete antes del 31 de diciembre
de 2024 en:

www.iwaconnectplus.org

inspiring change

