

# **PASADO Y PRESENTE DE LA TUBERIA HINCADA EN COLOMBIA**



**Alexander Vargas R**



# ANTECEDENTES EN COLOMBIA

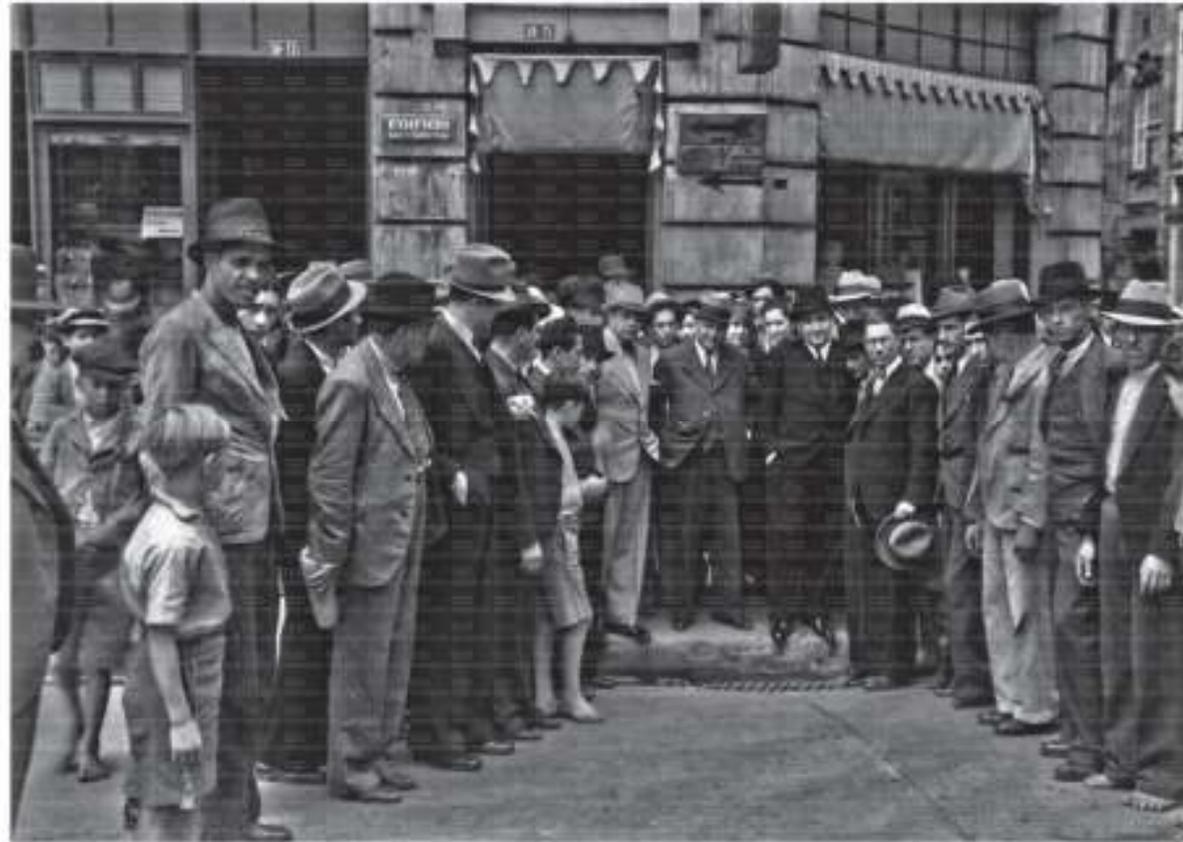
**1906** Estudio Pearson para **descontaminar río Bogotá** y afluentes.

**1913** Estudio René Regal para **abastimiento y alcantarillado de Medellín**.

**1927** La compañía White J.G. Engineering Corporation plantea la **necesidad de construir interceptores y una planta en Fucha** para Bogotá.

**1944** Tesis José Tejada sobre **necesidad de construir interceptor del río Medellín**.

**1956** Estudio de saneamiento Greeley and Hansen de Medellín.



*Instalación de alcantarillado 1936.*

# ANTECEDENTES EN COLOMBIA



*Construcción del alcantarillado en la carrera Junín en Medellín la segunda mitad de la década de 1940 – Quebrada Santa Elena*

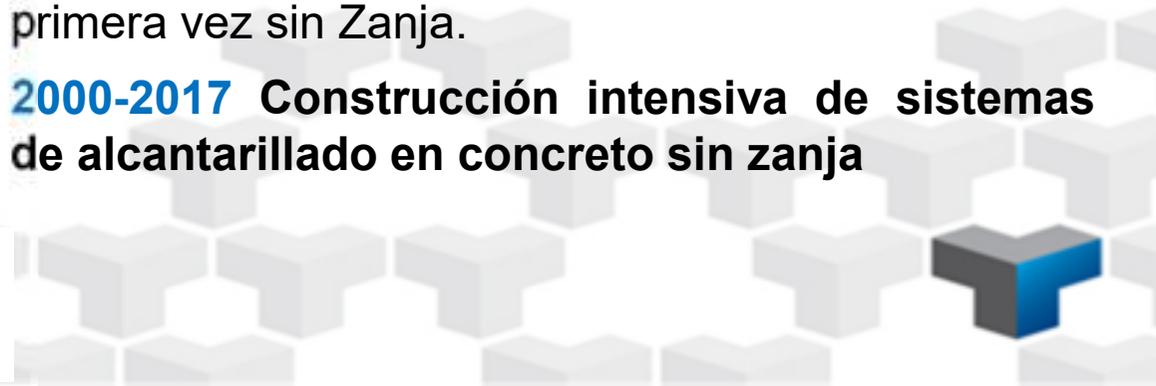
**1966** Inicia plan piloto de alcantarillado sanitario de Medellín, el cual se extendió hasta 1979

**1979** El Banco Mundial propone **construir un interceptor que lleve las aguas hasta Tunjuelo en Bogotá** donde se construiría una planta de tratamiento.

**80s** Programas de saneamiento principales ciudades

**90s** Estudio de **alternativas para construcción alcantarillados planes de saneamiento y definición sistemas constructivos**, algunos por primera vez sin Zanja.

**2000-2017** Construcción intensiva de sistemas de alcantarillado en concreto sin zanja



# ANTECEDENTES INTERNACIONALES

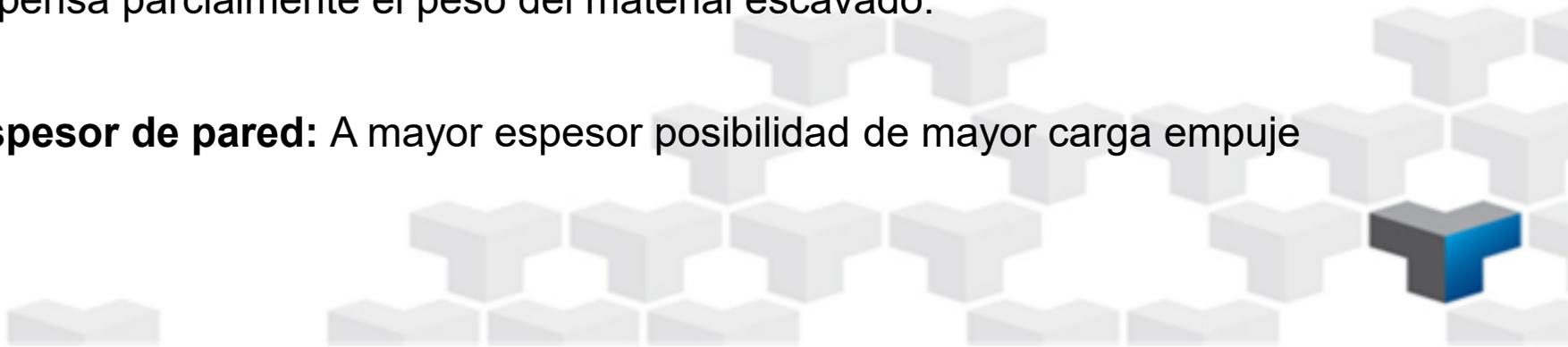


- **1964** Asociación japonesa de aguas residuales
- **1973** Primera norma japonesa para pipe jacking
- **1978** Asociación de hincado de tubería, Londres PJA
- **1989** BS 5911 parte 120 incluye en normas británicas una sección para tubos hincados
- **1990** DWA 125E Norma Alemana para tubos hincados
- **2000** ASCE 27 Diseño directo para tubos hincados
- **2001** ASCE 36 Diseño y construcción de microtuneles



# TUBOS CONCRETO PARA EMPUJE

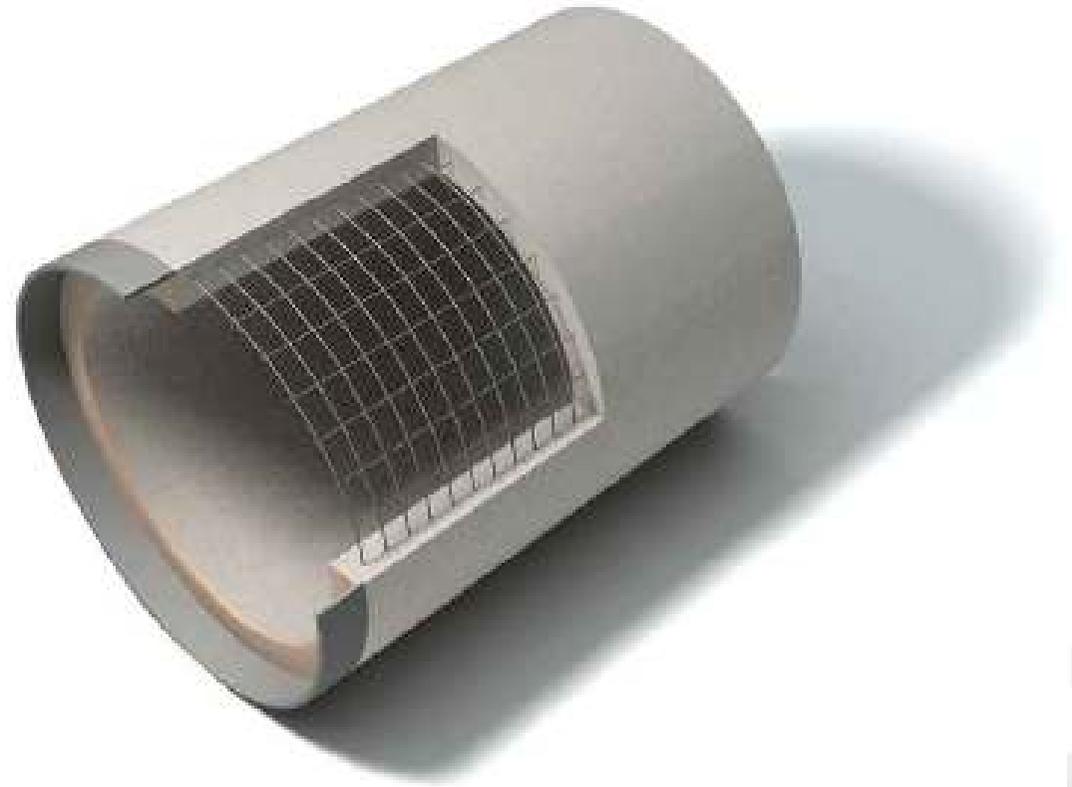
- **Sostenibilidad:** Baja emisión de carbono  
Fabricación local  
Materia prima local  
Utilización material reciclado
- **Durabilidad:** Medición mediante ensayos y comprobado
- **Resistencia:** Cargas de empuje mayores a otros materiales
- **Alto Peso:** Compensa parcialmente el peso del material escavado.
- **Tres tipos de espesor de pared:** A mayor espesor posibilidad de mayor carga empuje



# EVOLUCIÓN TUBOS DE CONCRETO PARA HINCADO

## 2000

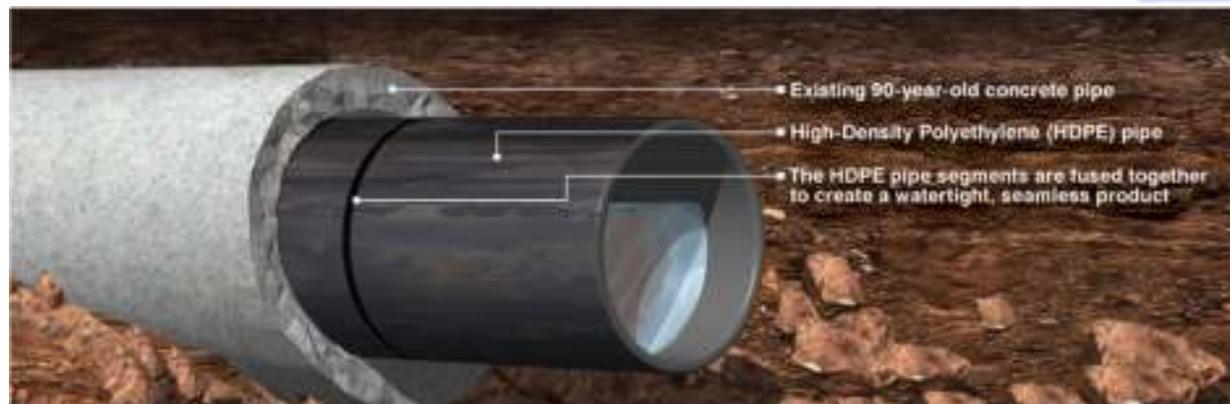
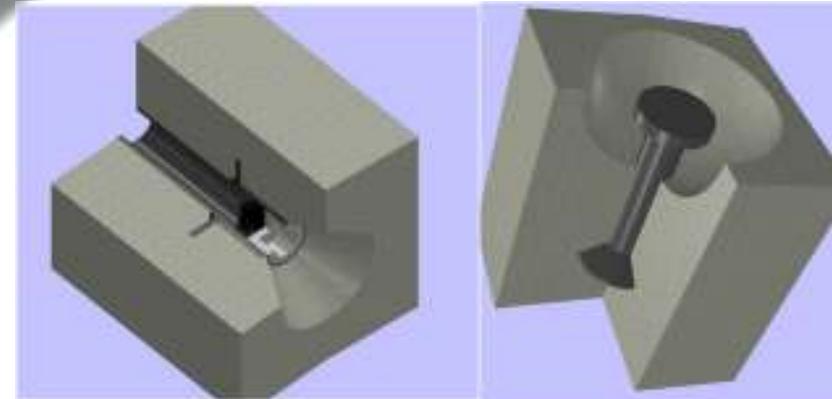
- Resistencia del concreto a la compresión de 35 MPa
- Pases de lubricación simples
- Juntas en acero
- Campanas con corta gotero con empaque sencillo
- Longitud 2.0 m



# EVOLUCIÓN TUBOS DE CONCRETO PARA HINCADO

## 2017 en Colombia

- Resistencia del concreto a la compresión hasta 65 MPa
- Pase lubricación con válvula anti retorno
- Juntas Galvanizadas o Acero Inoxidable
- Campanas sin corta gotero con doble empaque
- Refuerzo de confinamiento en los espigos
- Recubrimiento interno y/o externo
- Longitud 1.00, 2.0 y 2.5 m
- Sistema de izaje Swift lift (Bulones)



# APLICACIONES

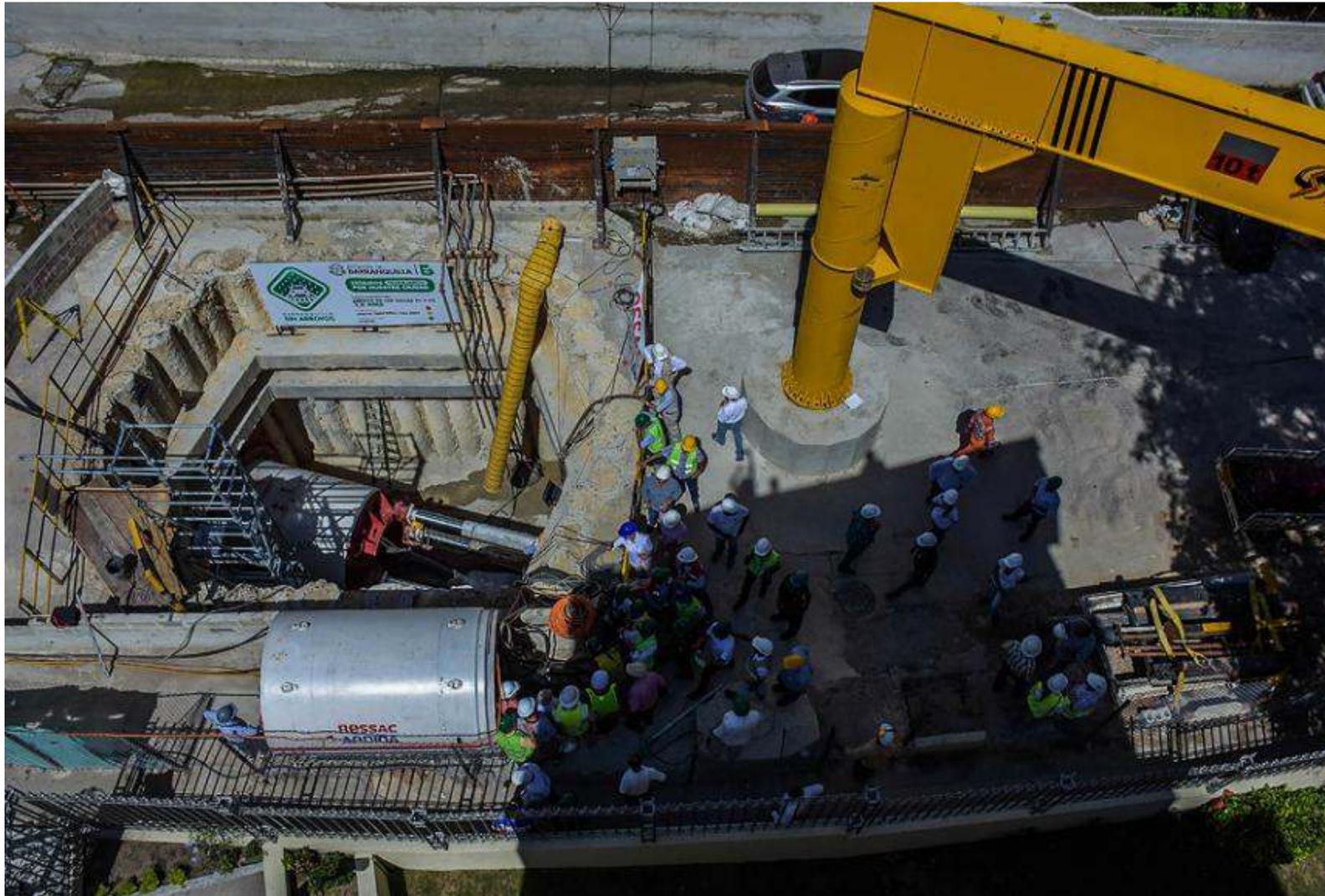
- Canalización de arroyos
- Grandes Interceptores
- Alcantarillados y proyectos de renovación
- Pasos cortos (*Vías o subfluvial*)



# CANALIZACION ARROYO DE LA 91, GRAN DIAMETRO



# CANALIZACION ARROYO DE LA 91, GRAN DIAMETRO



Fuente: Periódico El Heraldo



# CANALIZACION ARROYO DE LA 91, GRAN DIAMETRO

**Proyecto** Canalización del arroyo de las calle 91 y 92.

**Diámetros** 2.00m y 1.50m

**Longitud** 1.5 km de tubería Hincada.

**Ejecución** 2017-2018



**Especificaciones** Velocidades Altas  
Recubrimiento interior en HDPE  
8m de profundidad



# CANALIZACION ARROYO DE LA 91, GRAN DIAMETRO



# CANALIZACION ARROYO DE LA 91, GRAN DIAMETRO



# CANALIZACION ARROYO DE LA 91, GRAN DIAMETRO



# INTERCEPTORES RIO BOGOTA



Fuente EAB

# GRANDES INTERCEPTORES

- 2000** Río Bogotá 9.8 km de tubería hincada.
- 2008** Fucha Tunjuelo 9.4 km de dovelas.
- 2009** Tunjuelo bajo 8.3 km de tubería Hincada.
- 2011** Tunjuelo – Canoas 11.2 km de dovelas.
- 2012** Norte del río Medellín 7.7 km de tubería hincada.



# GRANDES INTERCEPTORES

## Construcción de interceptores

- **Aprendizaje para la ingeniería nacional** en el campo del diseño y el **desarrollo de tecnología**, tanto de las tuneladoras, como de los equipos de apoyo y monitoreo.
- Obras realizadas en **suelos blandos de la sabana** de Bogotá y **materiales granulares con bolos de Medellín**, dejando sentado un precedente en la aplicación de tecnologías limpias y de **poca afectación urbana**.
- Abre la puerta para el **empleo de procedimientos similares** en la construcción de otros colectores de aguas lluvias o de aguas residuales y **traslado de redes** para el corredor del metro.



# GRANDES INTERCEPTORES

- **Calidad** de construcción
- Cumplimiento en los **cronogramas pactados** y de los montos contractuales
- Es posible **gestar proyectos de diseño y construcción a precio global fijo** sin generar efectos derivados de sobrecostos e imprevistos



# ALCANTARILLADO Y RENOVACION

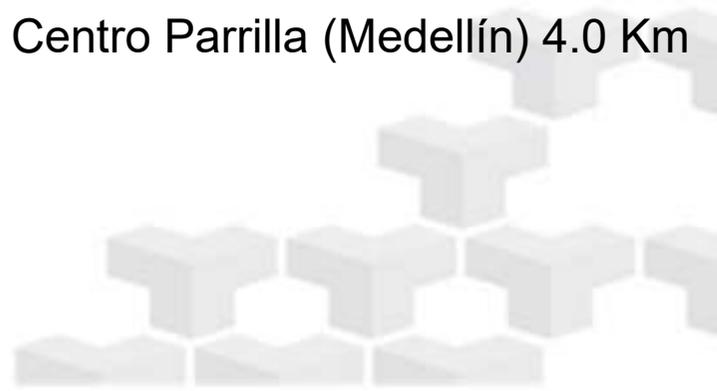


**2006 -2008** Alcantarillado pluvial Fontibón 5.0 km

**2007** Alcantarillado sanitario y pluvial chico (Bogotá) 1.5 km

**2010** Alcantarillado Barrancabermeja. 1.0 km.

**2015** Centro Parrilla (Medellín) 4.0 Km



# PASOS CORTOS

- 2010** Autopista norte entre calle 180 y 193
- 2011** Drenaje relleno Sanitario Doña Juana
- 2011** Obras eliminación vertimientos de aguas residuales a canal Fucha y arzobispo en tiempo seco
- 2011** Conexión final ciudad verde
- 2012** Avenida Primero de Mayo carrera 69 y 70 b
- 2012** Intersección Avenida ciudad de Cali
- 2016** Colector Cuencas Medellín



# OBRAS EJECUTADAS POR APLICACION

APLICACIÓN	LONGITUD
Interceptores	51km
Alcantarillado y Renovación	22km
Pasos cortos	3km
<b>TOTAL</b>	<b>76km</b>



# OBRAS EJECUTADAS POR TECNOLOGIA

Tubería Hincada

{ Empuje longitudinal a su posición  
" Tripulada"

30 km



Diseño tubos  
para empuje  
y cargas  
de servicio

Micro túnel

{ Control remoto

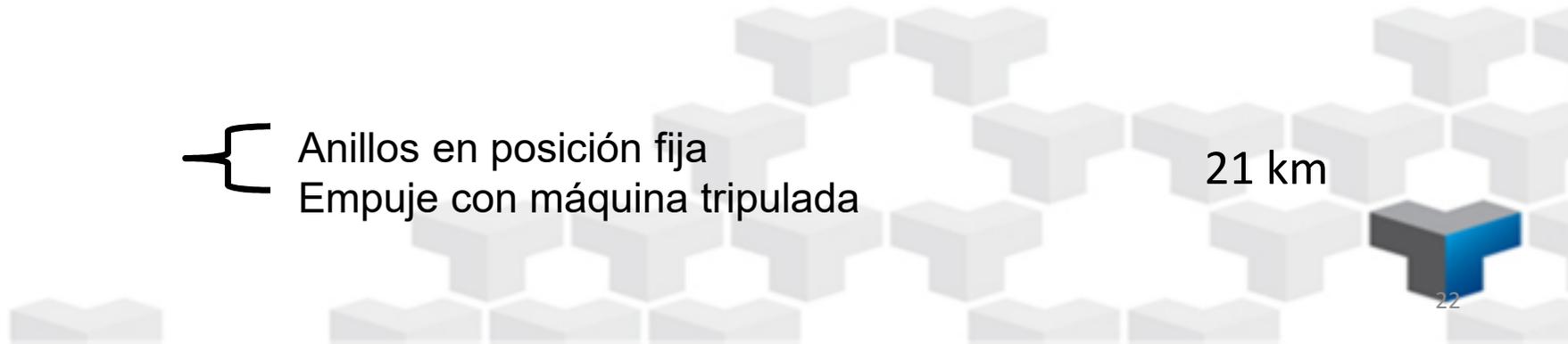
25 km



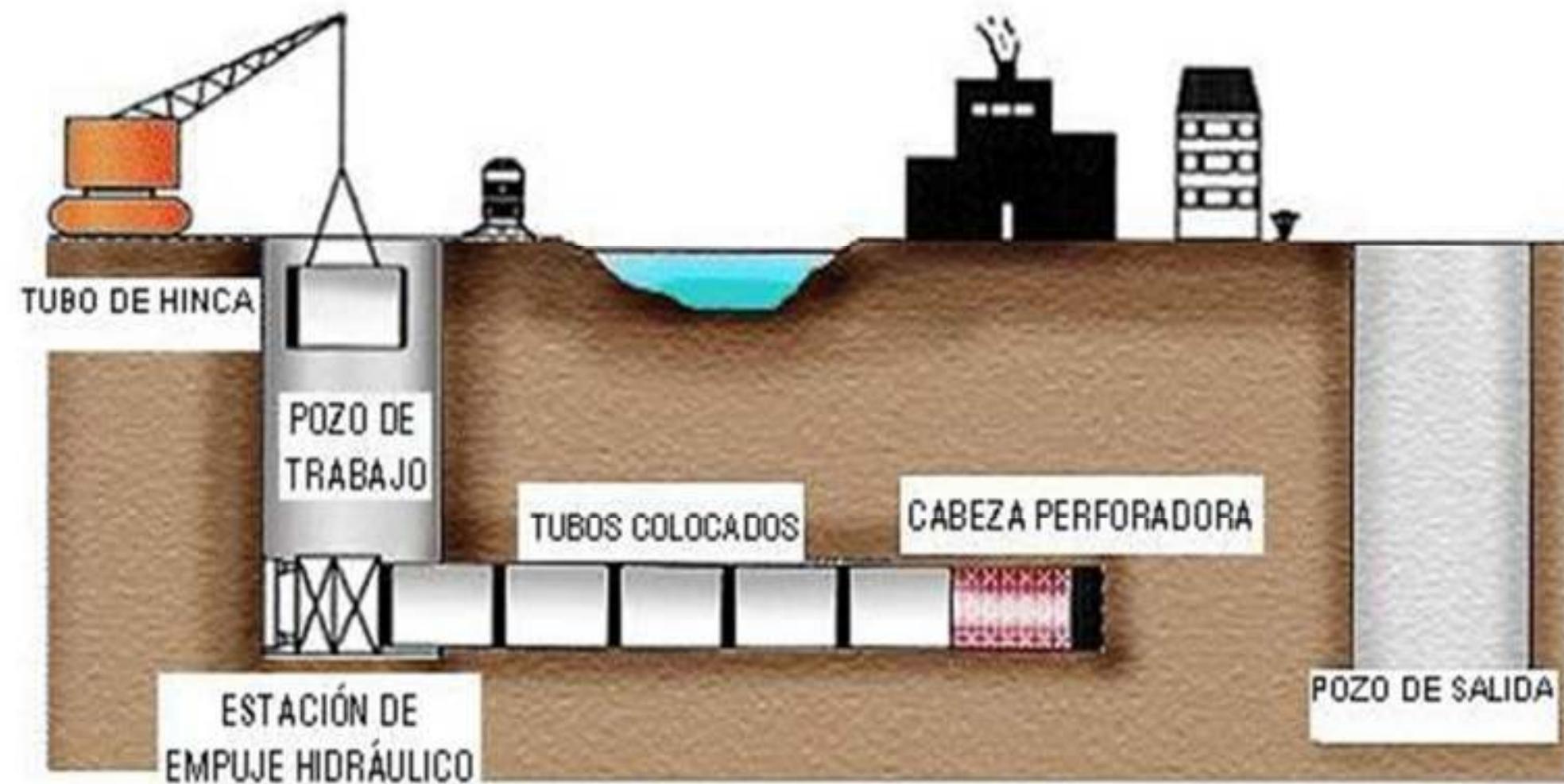
Dovelas

{ Anillos en posición fija  
Empuje con máquina tripulada

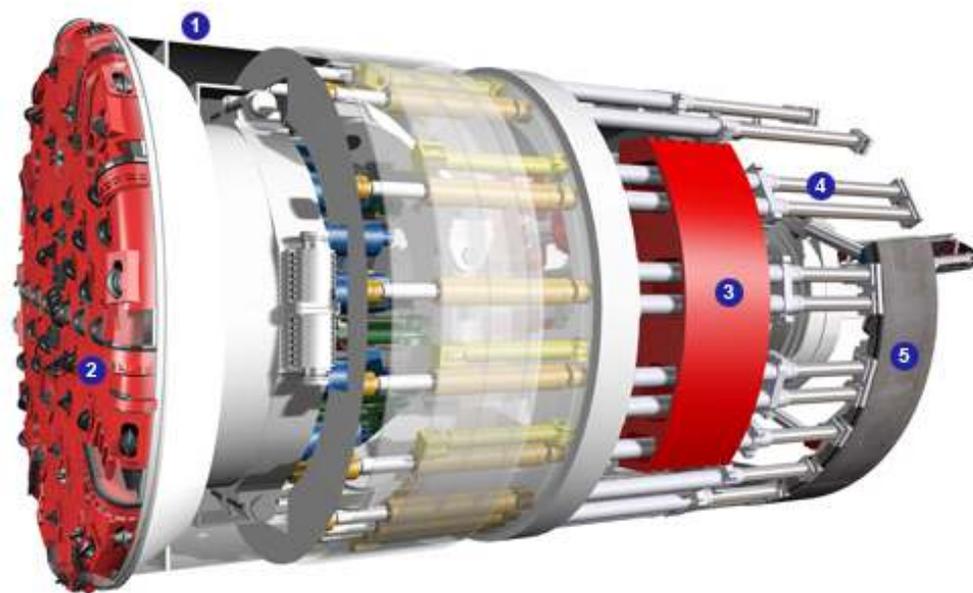
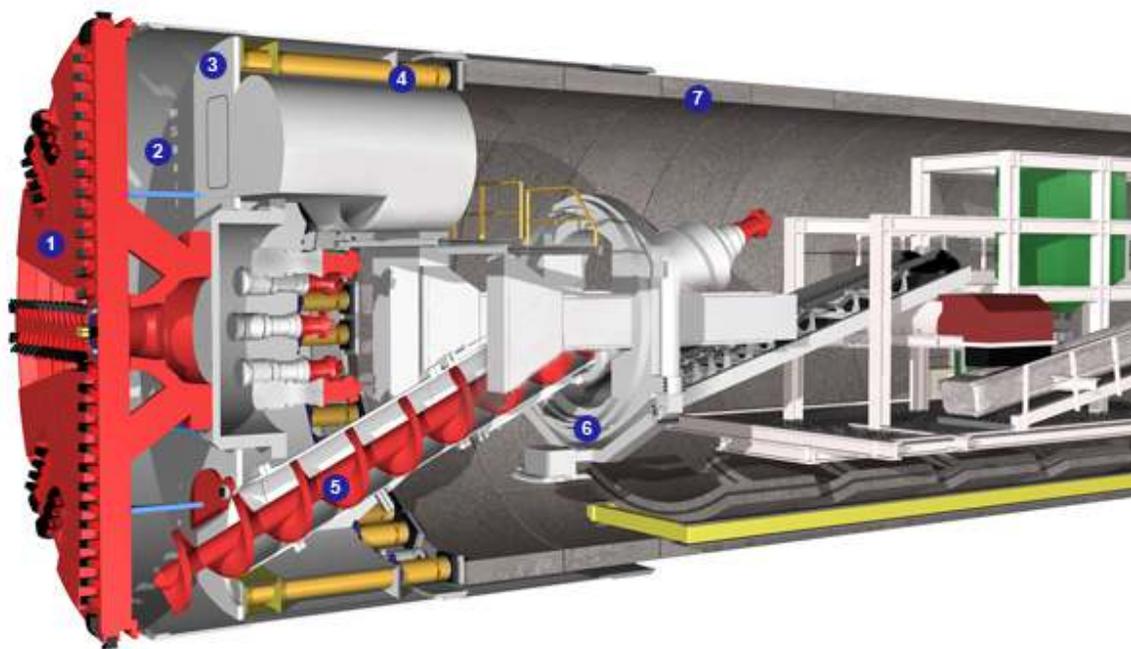
21 km



# TUBERIA HINCADA – MICROTUNEL



# DOVELAS



# DOVELAS



Fig. 1: Estructuración de un túnel construido con dovelas (Luttikholt 2007).

Cada sección de arco se **diseña geométrica y estructuralmente** para cada caso basándose en las **necesidades de cada proyecto**, como son el diámetro, las cargas, profundidad de instalación, la longitud, tipo de suelo y requerimientos en la secuencia de construcción.

# DOVELAS



# OBRAS REALIZADAS



# 2000 INTERCEPTOR RIO BOGOTA

**Diámetros:** 2.2 m – 2.45 m - 2.75 m

**Longitud:** 2.2 Km – 3.3 Km – 4.3 Km

**Profundidad :** hasta 22 m

## Desafíos

- Tecnología utilizada por **primera vez**
  - Tubos **nunca antes producidos** en Colombia
- Precisión en la geometría**
- Estaciones intermedias**
- Zonas abiertas y densamente pobladas**
- Tramos Curvos
- Alto nivel freático**



# 2000 INTERCEPTOR RIO BOGOTA

**Diámetros:** 2.2 m – 2.45 m - 2.75 m

**Longitud:** 2.2 Km – 3.3 Km – 4.3 Km

**Profundidad :** hasta 22 m

## Desafíos

- Gran diámetro
- Capacidad para **cumplir con plazos y presupuestos**
- Incertidumbre** en confiabilidad de las tuneladoras
- Construcción **túnel sobre roca**



# 2008 INTERCEPTOR FUCHA TUNJUELO

**Diámetro:** 3.75 m

**Longitud:** 9.4 Km

**Caudal Máximo:** 20.8 m<sup>3</sup>/s

**Profundidad :** entre 9 y 13 m

## Desafíos

- Tecnología utilizada por primera vez
- Capacidad del prefabricador
- Selección de equipos

## Obras complementarias:

- 1 Pozo de trabajo.
- 2 Pozos de salida
- 4 Pozos de conexión de interceptores afluentes.
- 10 Pozos de inspección.
- 5 km de vías de acceso a pozos.
- 210 m de conexiones a pozos.



# 2008 INTERCEPTOR FUCHA TUNJUELO



Ingreso dovelas



Instalación dovelas



# 2009 INTERCEPTOR TUNJUELO BAJO

**Diámetros:** 2.45 m - 2.75 m - 1.60 m

**Longitud:** 4.6 Km - 3.7 Km - 3.4 Km

**Profundidad:** 12 m a 22 m

**Pozos de trabajo:** 26

**Característica:** Túnel con revestimiento tipo pipe-jacking



# 2011 INTERCEPTOR TUNJUELO - CANOAS

**Diámetros:** 3.2 m - 4.2 m

**Longitud:** 11.2 Km

**Profundidad:** 12 m y 17 m.



TBM – Interceptor Canoas



# 2012 INTERCEPTOR NORTE RIO MEDELLIN

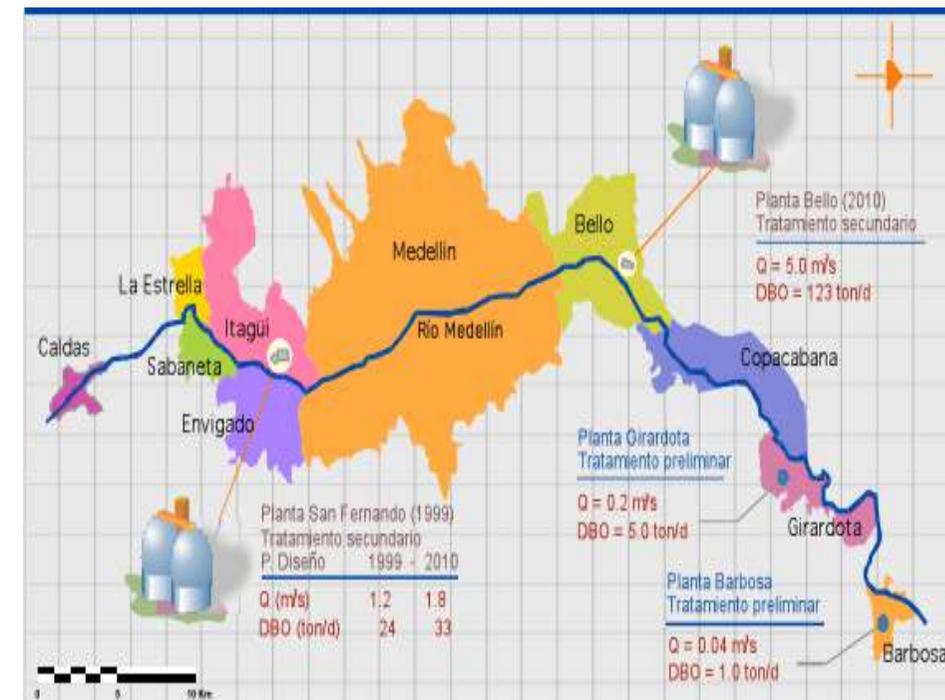
**Diámetros:** 2.2 m y 2.4

**Longitud:** 8.3 Km

**Profundidad:** entre 8 m a 17 m.

27 pozos.

Tramos desde 400 hasta 750 metros



Programa de saneamiento del río Medellín y sus quebradas afluentes, segunda etapa. EPM

## Proyecto inicial

- ❑ 2002 Trazado box
- ❑ Sector densamente poblado
- ❑ Corredor férreo, el Metro y la vía regional occidentalacueducto, gas y poliducto
- ❑ Matriz de
- ❑ Posibilidad de inundación.

Aguas residuales del norte de Medellín a planta de Bello.

# 2012 INTERCEPTOR NORTE RIO MEDELLIN

## Desafíos

- ❑ **Complejas** condiciones **topográficas**
- ❑ Cruces por **debajo** del sistema **Metro**
- ❑ **Cruce del río** Medellín hacia el costado occidental donde estará localizada la planta Bello
- ❑ Suelo conformado por **arenas, gravas y Bolos**
- ❑ “No subestimar las limitaciones de ningún sistema y tener planes para cubrir riesgos”\*
- ❑ Tres rescates de máquina



\*EPM Fernando Rojas

# ESTADO DEL ARTE

## Tubería Hincada

➤ **CARGAS VERTICALES**



- Carga muerta
- Carga del terreno

Análisis geotécnico



- Cargas de relleno

- Características
- Método frontal de excavación.
- Espacio sobre excavación.

➤ **PRESION Y CARGA DEL FLUIDO**

➤ **CARGAS VIVAS**

- Camión de diseño (tren – avión)

# ESTADO DEL ARTE

## Tubería Hincada

### INSTALADOR

- Máxima carga concéntrica
- Máximo cambio de alineación
- Características del collar de empuje
- Capacidad del gato
- Capacidad del bloque de apoyo o reacción
- Estructura de lanzamiento
- Previsiones para control de agua
- Disposición y capacidad de carga estaciones intermedia



# ESTADO DEL ARTE

## Tubería Hincada

### FABRICANTE

- Espesor de pared
- Resistencia del concreto
- Refuerzo cuando sea aplicable
- Longitud del tubo
- Información de junta
- Pases de lubricación



# VIAS CONGESTIONADAS

**Proyecto :** Colector de aguas lluvias en la ampliación de la Autopista Norte en Bogotá

**Año:** 2009

**Diámetros:** 1.6 m / 1.2 m

**Longitud:** 0.9 Km / 1.0 Km



BESSAC ANDINA S.A – EAAB-ESP IDU

# VIAS CONGESTIONADAS

**Proyecto :** Construcción  
alcantarillado Av. Primero de Mayo en  
Bogotá

**Año:** 2013

**Diámetros:** 0.6 m

**Longitud:** 0.5 Km



**Proyecto :** Colector Cuencas Medellín

**Año:** 2016

**Diametro:** 1.2 m

**Longitud:** 0.15 Km



# EL DIAMETRO MAS PEQUEÑO

**Proyecto :** Construcción alcantarillado calle 92

**Diámetro:** 0.40 m

**Longitud:** 170 m



# PRIMERAS EN CIUDADES INTERMEDIAS



**Proyecto :** Colector comuna 10 – Neiva Bogotá  
**Diámetro:** 1.2 m  
**Longitud:** 1.0 Km  
**Año:** 2008



**Proyecto :** Alcantarillado Barrancabermeja  
**Diámetro:** 3.5 m  
**Longitud:** 1.0 Km  
**Año:** 2010



# MAYOR CURVATURA

**Proyecto :** Rehabilitación de redes de Alcantarillado pluvial de los Barrios Marco Fidel y San Jorge Etapa III - Bogotá

**Año:** 2015

**Diametros:** 1.6 m - 1.2 m

**Tramos:** 0.7 Km - 0.2 m



BESSAC ANDINA S.A – EAAB-ESP IDU

# EN PEQUEÑOS MUNICIPIOS



BESSAC ANDINA S.A

**Proyecto :** Alcantarillado Vereda el Verganzo en Tocancipá  
**Año:** 2013  
**Diametros:** 0.6 m  
**Tramos:** 0.4 Km



BESSAC ANDINA S.A

# MAS PROFUNDO EN TUBERIA

**Proyecto :** Cruce en el Relleno Sanitario Doña Juana en Bogotá  
**Año:** 2011  
**Diametros:** 1.2 m  
**Tramos:** 0.3 Km  
**Profundidad:** 30 m debajo del relleno

Arenizca y arcillolitas



BESSAC ANDINA S.A



BESSAC ANDINA S.A

# MAS SUPERFICIAL

**Proyecto :** Interceptor para el Canal Arzobispo  
**Año:** 2011  
**Diametros:** 1.2 m  
**Tramos:** 0.2 Km  
**Profundidad:** 1.20 m  
**Característica:** Sin asentamientos ni daños en el pavimento



# TRAMO CON DOS CURVAS



**Proyecto :** Colector urbanización verde en Soacha  
**Año:** 2013  
**Diámetro:** 1.2 m  
**Tramos:** 0.4 Km



# POR PRIMERA VEZ 1600 m

**Proyecto :** Construcción de manijas para el interceptor Rio Tunjuelo bajo en Bogotá

**Diametros:** 1.6 m - 0.6 m

**Tramos:** 0.6 Km – 1.6 Km



# TRAMO INDIVIDUAL MAS LARGO

**Proyecto :** Colector expreso sur deprimido calle 26 frente al consejo de Bogotá  
**Año:** 2010  
**Diametros:** 1.6 m  
**Tramos:** 0.9 Km



# PRIMEROS URBANISTAS

**Proyecto :** Colector Urbanización Parques de Granada en Bogotá

**Año:** 2014

**Diametro:** 1.2 m

**Longitud:** 0.2 Km

**Proyecto :** Cruce Av. Ciudad de Calidad

**Año:** 2017

**Diametro:** 2.0 m

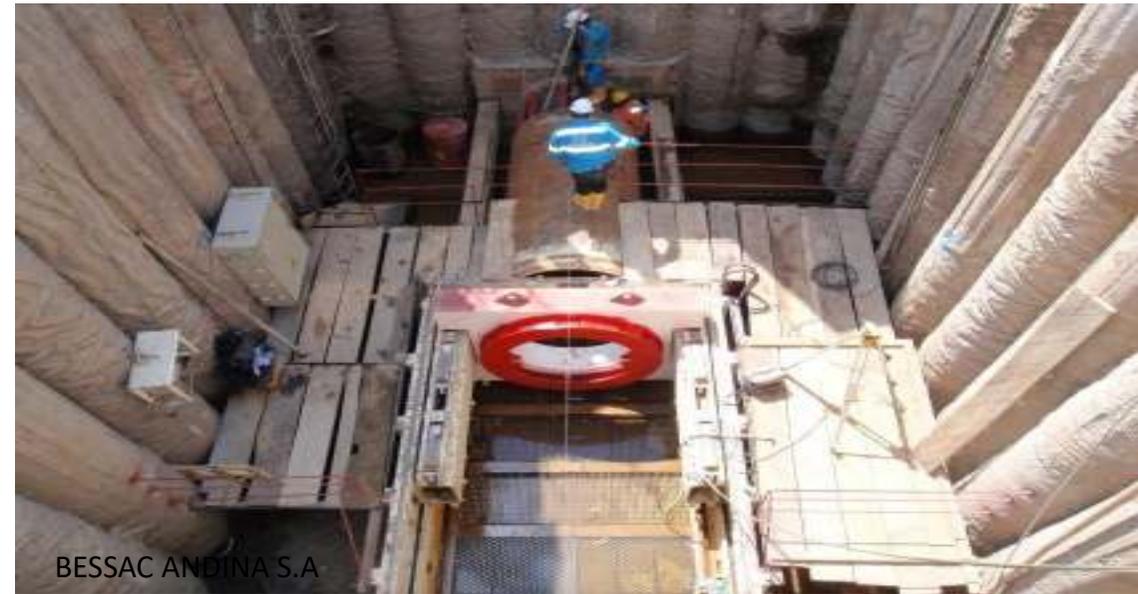
**Longitud:** 0.06 Km



# PASOS CORTOS

**Proyecto :** Cruces en la Cra 39 Cll 25 en Cali  
**Año:** 2012  
**Diametros:** 1.2 m - 0.6 m  
**Tramos:** 0.5 Km – 0.5 m

**Proyecto :** Cruce vial en la Vía Indumil, Soacha  
**Año:** 2012  
**Diametros:** 1.4 m  
**Tramos:** 0.1 Km



# POZOS PREFABRICADOS



BESSAC ANDINA S.A



# SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO

**Proyecto :** Reemplazo de colector aguas lluvias en la obra Estación de Transmilenio y glorieta elevada calle Sexta en Bogotá

**Año:** 2013

**Diametro:**1.6m

**Longitud:** 0.5 Km

**Proyecto :** Construcción del colector para la obra del cruce deprimido Troncal Agua blanca en Cali

**Año:** 2010

**Diámetro:** 0.60 m

**Longitud:** 0.5 Km



# EN DEPRIMIDOS

**Proyecto :** Colectores de aguas lluvias en el deprimido de la calle 26

**Año:** 2011

**Diametro:** 0.60 m

**Tramos:** 0.12 Km



**Proyecto :** Colectores Pluvial y Sanitario en la obra Deprimido calle 94 en Bogotá.

**Año:**2013

**Diametros:** 0.90m - 1.7m

**Tramos:** 1.1 Km - 0.5m



# ALCANTARILLADOS CON VARIOS DIAMETROS

**Proyecto :** Alcantarillado Fontibón en Bogotá

**Año:** 2012

**Diámetros:** 0.60m – 0.9m – 1.2m

**Longitud:** 0.5Km – 0.2 Km – 0.12 Km



**Proyecto :** Colector Pluvial Calle 169 y calle 170

**Año:** 2014

**Diámetros:** 2.0 m y 1.4 m

**Longitud:** 0.4 Km – 1.0 Km



# MAYOR RENOVACION

- **Proyecto** Alcantarillado Centro Parilla Medellín
- **Año:** 2015
- **Diámetros:** 0.6m – 0.8m - 09
- **Longitud:** 3.0 Km – 0.4 Km - 0.6 Km



# TUBOS DE EXPORTACION

Destino : Panamá

Año: 2017

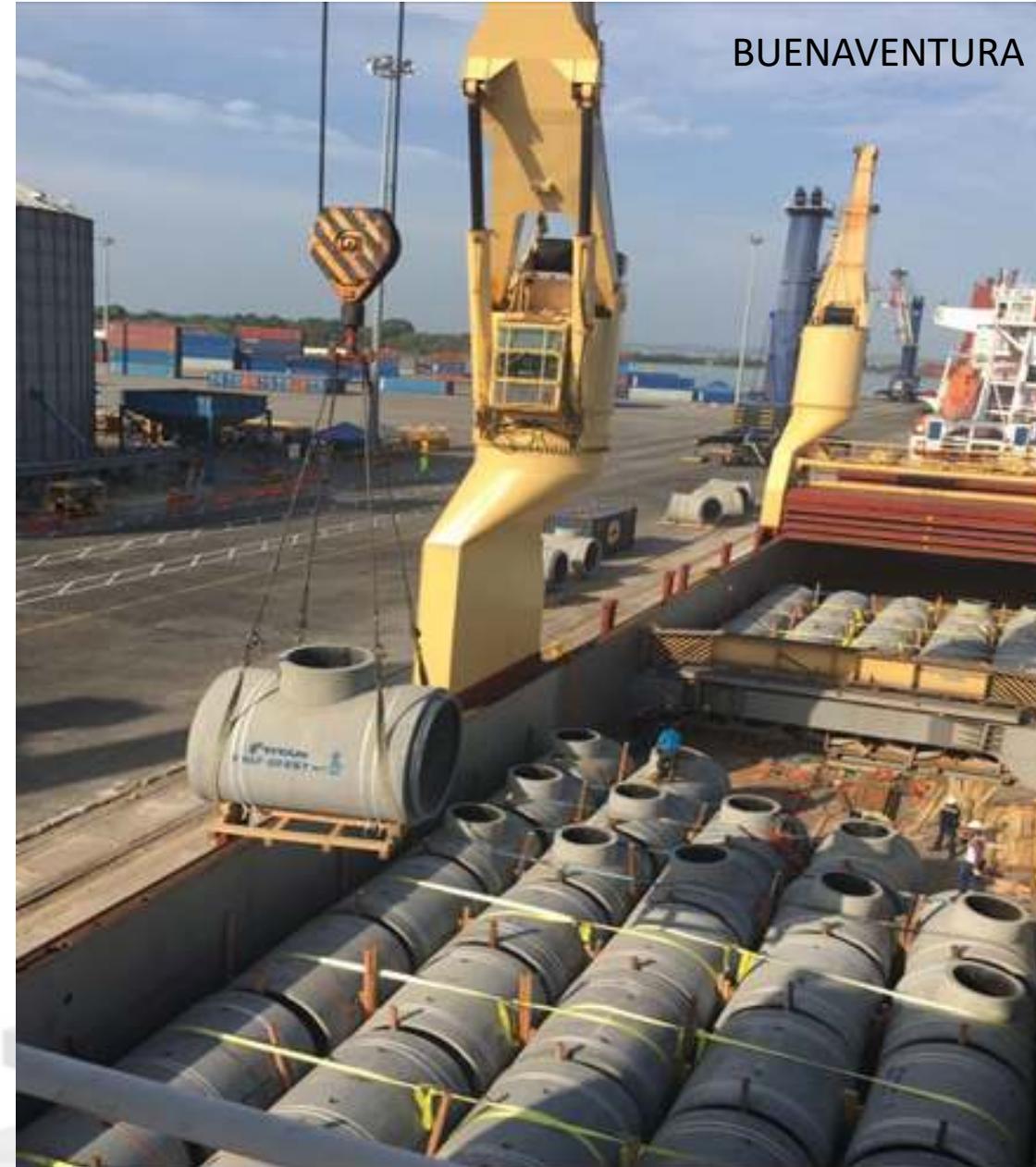


BESSAC ANDINA S.A

Colector Interceptor Rio Juan Díaz

Diámetro: 1.5 m

Longitud: 0.4 Km



BUENAVENTURA

# AHORA!

**Proyecto :** Arroyos Urbanos Barranquilla

**Diámetro:** 2.00 m

**Tramo:** 1.5 Km

**Caudal Máximo :** 29.3 m<sup>3</sup>/s



Calle 91 y 92

4 m de profundidad

Descarga en canal Villa Carolina

Velocidad 6.12 m/s

Recubrimiento interno polietileno

# INSTALACIÓN SIN ZANJA ALMACENAMIENTO DE TUBOS



CALLE 116

# ANALISIS DE COSTOS



[www.izcaragua.com](http://www.izcaragua.com)

## DETERMINACIÓN DEL TUBO A UTILIZAR

- ✓ Diseño hidráulico.
- ✓ Método de diseño de cimentación.
- ✓ Profundidad.
- ✓ Forma de instalación.
- ✓ Características Suelo de cimentación y relleno.
- ✓ Nivel freático.



# ANÁLISIS DE COSTOS

## ANÁLISIS DEL MENOR COSTO

Permite evaluar alternativas con diferentes vidas de servicio o equivalencia económica

- Vida de diseño del proyecto: Número de años con desempeño libre de mantenimiento\*
- Duración del material
- Primer costo
- Tasa de interés
- Tasa de inflación
- Costos de reemplazo
- Valor residual.

\* Durability of drainage pipe. National cooperative Highway research program



# ANALISIS DE COSTOS

## VIDA DE DISEÑO DEL PROYECTO

Proyecto	Vida de diseño (años)
Vía primaria (Aguas lluvias)	100
Vía secundaria (Aguas lluvias)	50
Aguas residuales*	100

\* Están localizadas en áreas urbanas con dificultad para construcción.



*Thirty year-old 1350 mm diameter RCP ready for reuse as a storm sewer.*

# ANÁLISIS DE COSTOS

## COSTO EFECTIVO

El primer costo es importante para el ingeniero y el propietario, pero no revela el costo completo de la tubería.

### **Caso 1 :**

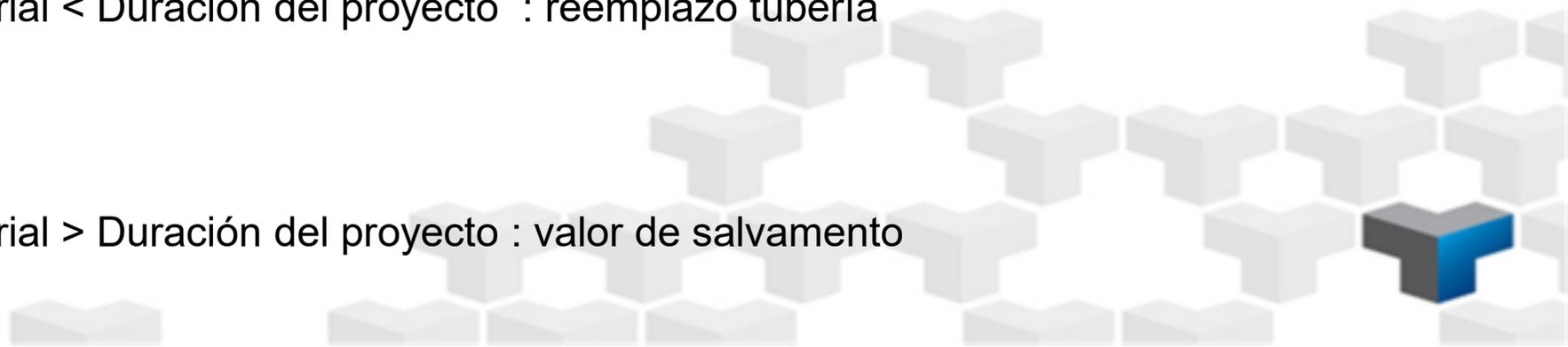
Duración del material = Duración del proyecto

### **Caso 2:**

Duración del material < Duración del proyecto : reemplazo tubería

### **Caso 3:**

Duración del material > Duración del proyecto : valor de salvamento



# ANALISIS DE COSTOS

## PRIMER COSTO

Costo de Instalación:

- Equipos empleados
- Costo Tubería
- Valoración del impacto social y velocidad de ejecución de obra



<http://www.titancemento.com/>

La comparación para seleccionar el alcantarillado más económico se hace después de correr dos diseños considerando las secciones y las formas de cada diseño.



# GRACIAS

**Alexander Vargas R**  
**DIRECTOR TECNICO COMERCIAL**  
**[avargas@titancemento.com](mailto:avargas@titancemento.com)**