



RC 2018 xvii Reunión
del **CONCRETO**

El evento del Cemento, el Concreto y los Prefabricados



LA INGENIERÍA DE TÚNELES EN COLOMBIA

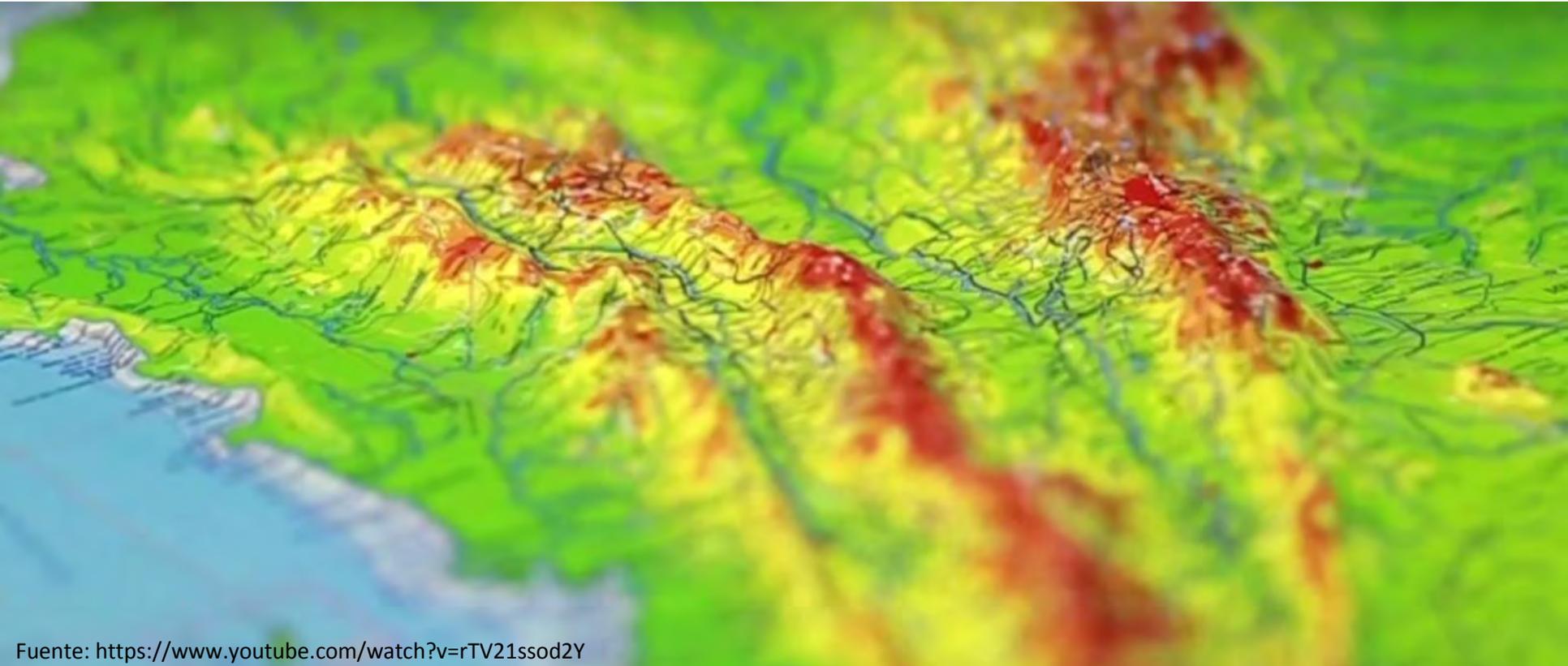
*JUAN MORENO
ARGOS
Colombia*

CONTENIDO

1. Contextualización
2. Túneles LA
3. Túneles Colombia
4. En que estamos
5. Portafolio

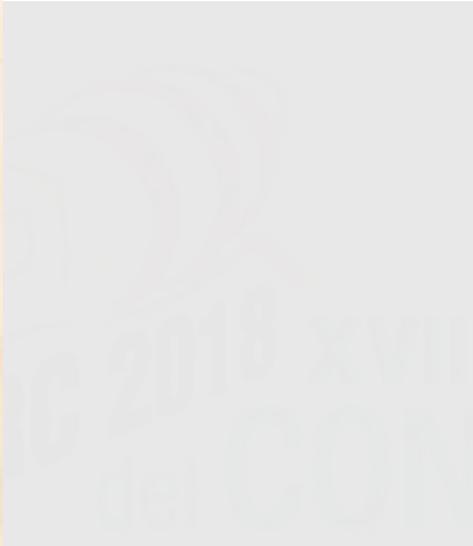
1. CONTEXTUALIZACIÓN

Topografía → “Barreras geográficas”



1. CONTEXTUALIZACIÓN

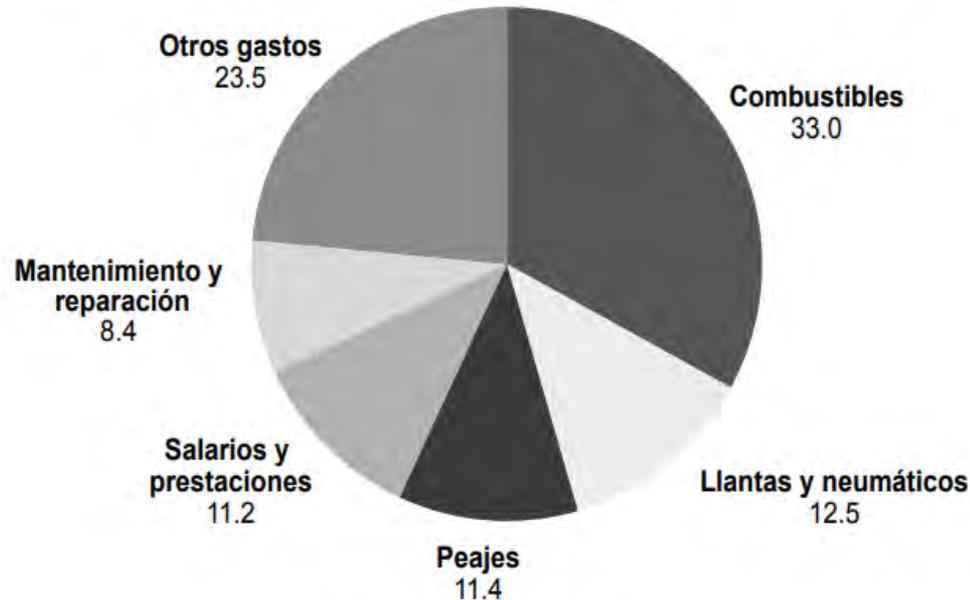
Topografía → “Barreras geográficas”



1. CONTEXTUALIZACIÓN

Topografía → Baja Competitividad

Gráfico 7. Estructura de los costos modalidad de transporte vial en Colombia
(Participación promedio anual 2008-2014; %)



Diseño Geométrico:

Pendientes > 7%
Trazado de la vía

~~Viaductos
Túneles~~

1. CONTEXTUALIZACIÓN

Topografía → Baja Competitividad

Transporte ≈ 20 a 30% Valor producto

Según OCDE: Transporte → + 19% Valor producto (6% prom región)

Según ANIF: Transporte ≈ 10 a 35% Valor producto (6% prom mundial)
→ PROBLEMAS DE INFRAESTRUCTURA

70% productos → Movidos por carretera

1. CONTEXTUALIZACIÓN

Topografía → Baja Competitividad

TLC's ≈ 70% Comercio Internacional Colombiano.

1 contenedor de carga

Costo prom. flete U\$ 1.983 →

Región U\$ 1.310

Chile U\$ 764 y Perú U\$ 822

La CCI resalta: “se requiere infraestructura:

- 1) Trazada corredores más vitales (acceder a la mayor parte de la carga)
- 2) Transporte con mayor productividad (menor tiempo y costo)”

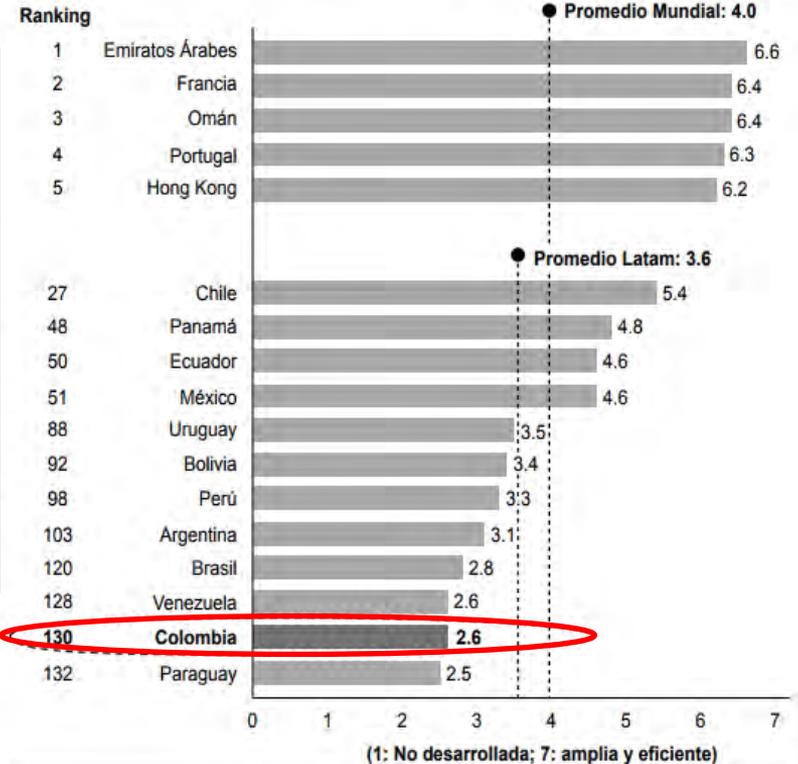
1. CONTEXTUALIZACIÓN

Topografía → Baja Competitividad

Foro Económico Mundial

Colombia = Pobre desempeño logístico

Gráfico 3. Informe de Competitividad Global - Calidad de la infraestructura vial (2013-2014)



1. CONTEXTUALIZACIÓN

Diversidad de materiales (estratigrafía altamente variable)



Tipo de material:
Roca dura (150 a 250 MPa)
Suelo convergente
Estallido de rocas
Suelos Expansivos
Zonas de falla
Presencia de agua
Roca fracturada

1. CONTEXTUALIZACIÓN

Diversidad de materiales (estratigrafía altamente variable)

Tipo	Cobertura [m]
Subsuperficiales	< 50
Poco profundos	50 – 200
Medianamente profundos	200 – 500
Profundos	5000 – 1000
Muy profundos	> 1000

2. TÚNELES EN LATINOAMÉRICA

Túneles vehiculares más largos de Latinoamérica					
Nombre	Localización	País	Longitud [m]	Año inicio de construcción	Año inauguración
Agua Negra	San Juan-La Serena		13900	No existe ni se ha empezado	(en proyecto)1
Carretera Central	Lima		10000	No existe ni se ha empezado	(en proyecto)2
Del Toyo	Cañasgordas-Giraldo		9800	2015	2022 (en construcción)3
De La Línea (Túnel del Bicentenario)	Ibagué-Calarcá		8652	2008	2018 (en construcción)4
De Oriente (Santa Elena 1 y 2)	Medellín-Rionegro		8201	2015	2018 (en construcción)5
Fernando Gómez Martínez (Túnel de Occidente)	Medellín-San Jerónimo		4603	2003	2006
Buena Vista Misael Pastrana Borrero	Villavicencio-Bogotá		4560		1996
Las Raíces	Curacautín-Longuimay		4528		1938
Renacer	Villavicencio-Bogotá		4350	2012	2016
De la Quebra	Medellín-Cisneros		4200	2017	2021 (en construcción)
De Sumapaz -Guillermo León Valencia	Melgar-Bogotá		4200		2010
Macrotúnel Zona Diamante Acapulco	Acapulco de Juárez		3200	2013	2017
TD1 - Rod. Imigrantes	São Paulo-Guarujá		3146		2003
Del Cristo Redentor	Uspallata-Los Andes		3080		1980
Maxitúnel Interurbano Acapulco	Acapulco de Juárez		2953		1996
Lo Prado 2	Santiago-Valparaíso		2886		2001
Lo Prado 1	Santiago-Valparaíso		2880		1968
Baralt	Caracas-La Guaira		2800	2012	2017 (en construcción)
El Sinaloense	Autopista Durango-Mazatlán		2787	2013	2015
El Melón	Santiago-La Serena		2543		1995
Subfluvial Raúl Uranga – Carlos Sylvestre Begnis	Santa Fe-Paraná		2397		1969
Del Boquerón	Bogotá-Villavicencio		2352		1996
Rafael Caldera	El Vigía-Mérida		2342	1973	1998
De Ogrario	Real de Catorce, S.L.P.		2300		1901
La Pólvora 1	Valparaíso		2200		2007
Chacabuco 1	Santiago-Los Andes		2045		1972
Chacabuco 2	Santiago-Los Andes		2000		2011
Del Boquerón I	Caracas-La Guaira		1910	1950	1953
Túnel Línea Amarilla	Lima		1800	2012	2018
De Daza	San Juan de Pasto		1710		2012
El Zoquital	Autopista 32D México-Tuxpan		1380	2012	2015
Punta Olímpica	Áncash		1380		2013

2. TÚNELES EN LATINOAMÉRICA

10 Túneles vehiculares más largos de Latinoamérica

Nombre	Localización	País	Longitud [m]	Año inicio de construcción	Año inauguración
Del Toyo	Cañasgordas-Giraldo		9800	2015	2022 (en construcción) ³
De La Línea (Túnel del Bicentenario)	Ibagué-Calarcá		8652	2008	2018 (en construcción) ⁴
De Oriente (Santa Elena 1 y 2)	Medellín-Rionegro		8201	2015	2018 (en construcción) ⁵
Fernando Gómez Martínez (Túnel de Occidente)	Medellín-San Jerónimo		4603	2003	2006
Buena Vista Misael Pastrana Borrero	Villavicencio-Bogotá		4560		1996
Las Raíces	Curacautín-Lonquimay		4528		1938
Renacer	Villavicencio-Bogotá		4350	2012	2016
De la Quiebra	Medellín-Cisneros		4200	2017	2021 (en construcción)
De Sumapaz -Guillermo León Valencia	Melgar-Bogotá		4200		2010
Macrotúnel Zona Diamante Acapulco	Acapulco de Juárez		3200	2013	2017

3. TÚNELES EN COLOMBIA

La quiebra

Francisco Javier Cisneros (1874)
Quién lo concibió?

Alejandro López Restrepo (1899)
“El Paso de la Quiebra en el
Ferrocarril de Antioquia”

“osada y utópica”



3. TÚNELES EN COLOMBIA

La quiebra

Pedro Nel Ospina (1922-1926)

7540 barriles de cemento
importado

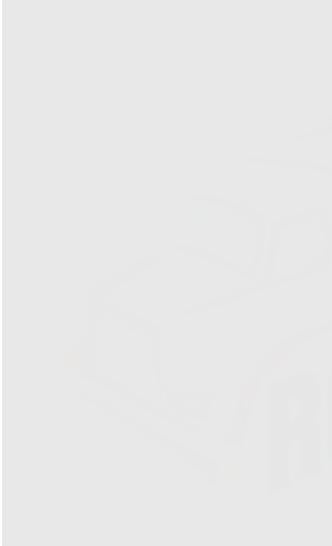
L=3,74 km (**2° AL y 7° Mundo**)!!!

Ferrocarril de Antioquia 1929



3. TÚNELES EN COLOMBIA

La quiebra

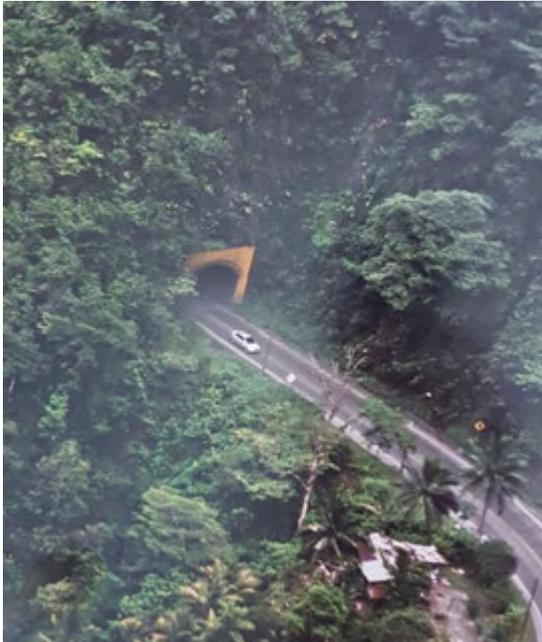


3. TÚNELES EN COLOMBIA

1950 – 1960

Túnel 1 (Loboguerrero – Buenaventura)

L = 220m

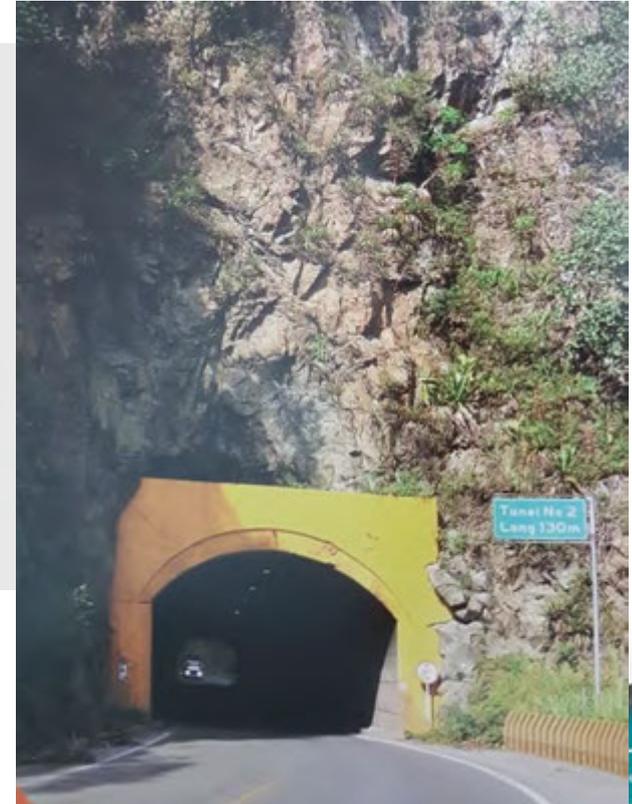


3. TÚNELES EN COLOMBIA

1950 – 1960

Túnel 2 (Loboguerrero – Buenaventura)

$L = 220\text{m}$

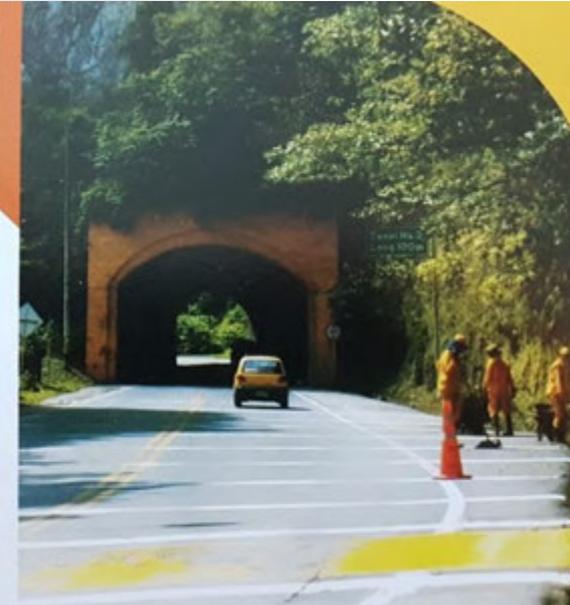


3. TÚNELES EN COLOMBIA

1950 – 1960

Túnel 3 (Loboguerrero – Buenaventura)

L = 100m

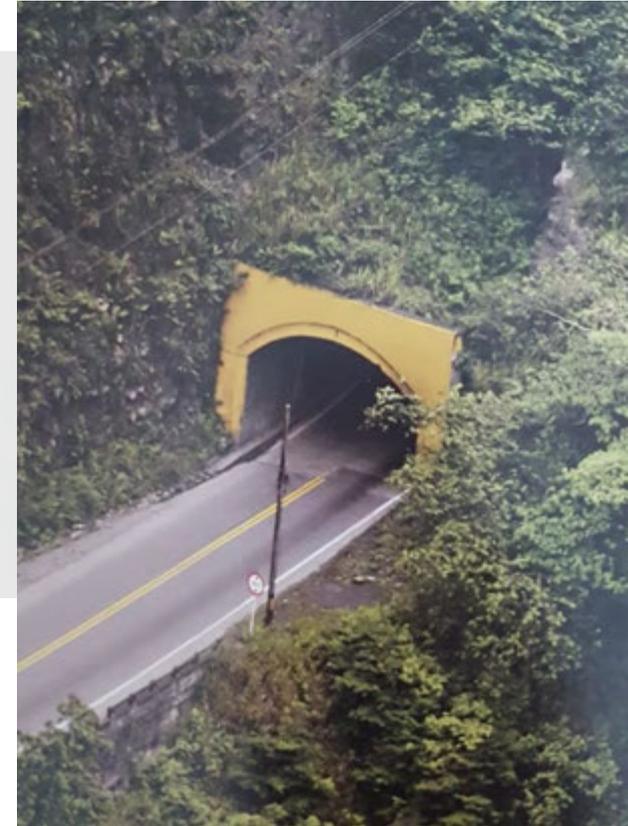


3. TÚNELES EN COLOMBIA

1950 – 1960

Túnel 4 (Loboguerrero – Buenaventura)

$L = 85\text{m}$



3. TÚNELES EN COLOMBIA

1950 – 1960

Túnel 5 (Loboguerrero – Buenaventura)

L = 480m



3. TÚNELES EN COLOMBIA

1970's

Túnel del Guarne (Autopista Medellín – Bogotá)

L = 295m

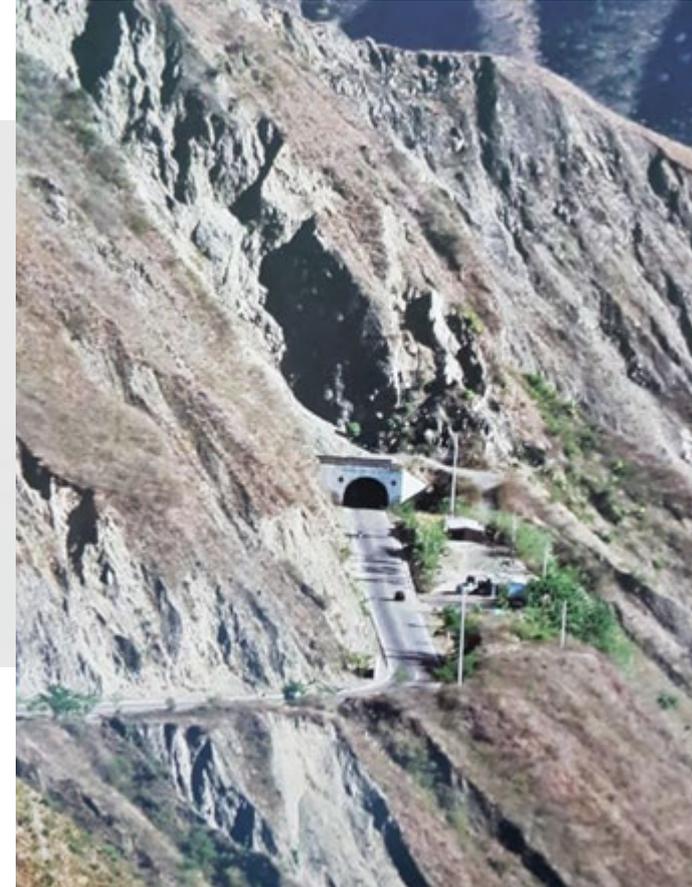


3. TÚNELES EN COLOMBIA

1970's

La Llana (Pasto – Popayán)

L = 204m



3. TÚNELES EN COLOMBIA

1970's

Peñalisa (Pasto – Popayán)

L = 205m



3. TÚNELES EN COLOMBIA

1973

El Espejo (Caldas)

L = 180m



3. TÚNELES EN COLOMBIA

1990's

La Llorona (Medellín – Golfo de Urabá)

L = 435m



3. TÚNELES EN COLOMBIA

1990's

4 túneles (Neiva – Florencia)

$171\text{m} < L < 421\text{m}$



3. TÚNELES EN COLOMBIA

2000's

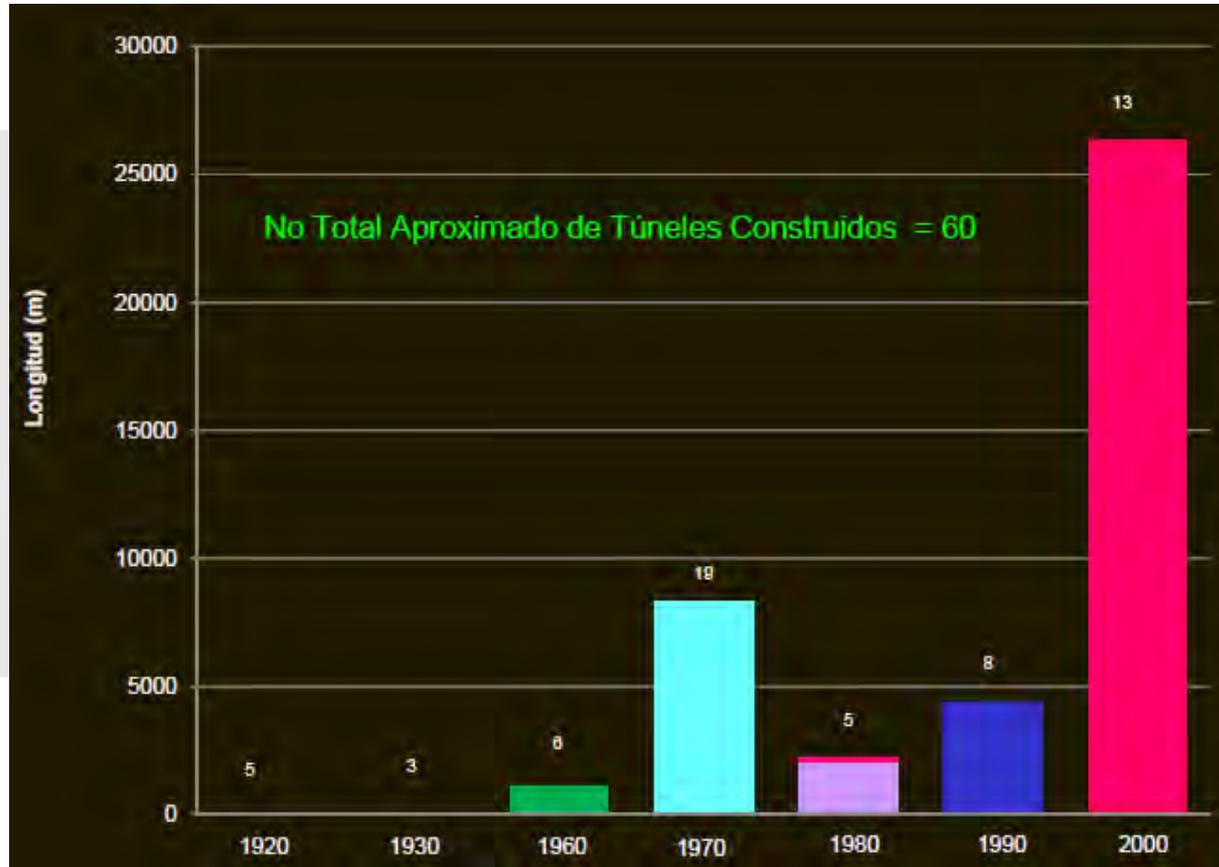
Túnel del Guarne (Autopista Medellín – Bogotá)

L = 295m → PRIMERO CON TRÁNSITO UNIDIRECCIONAL



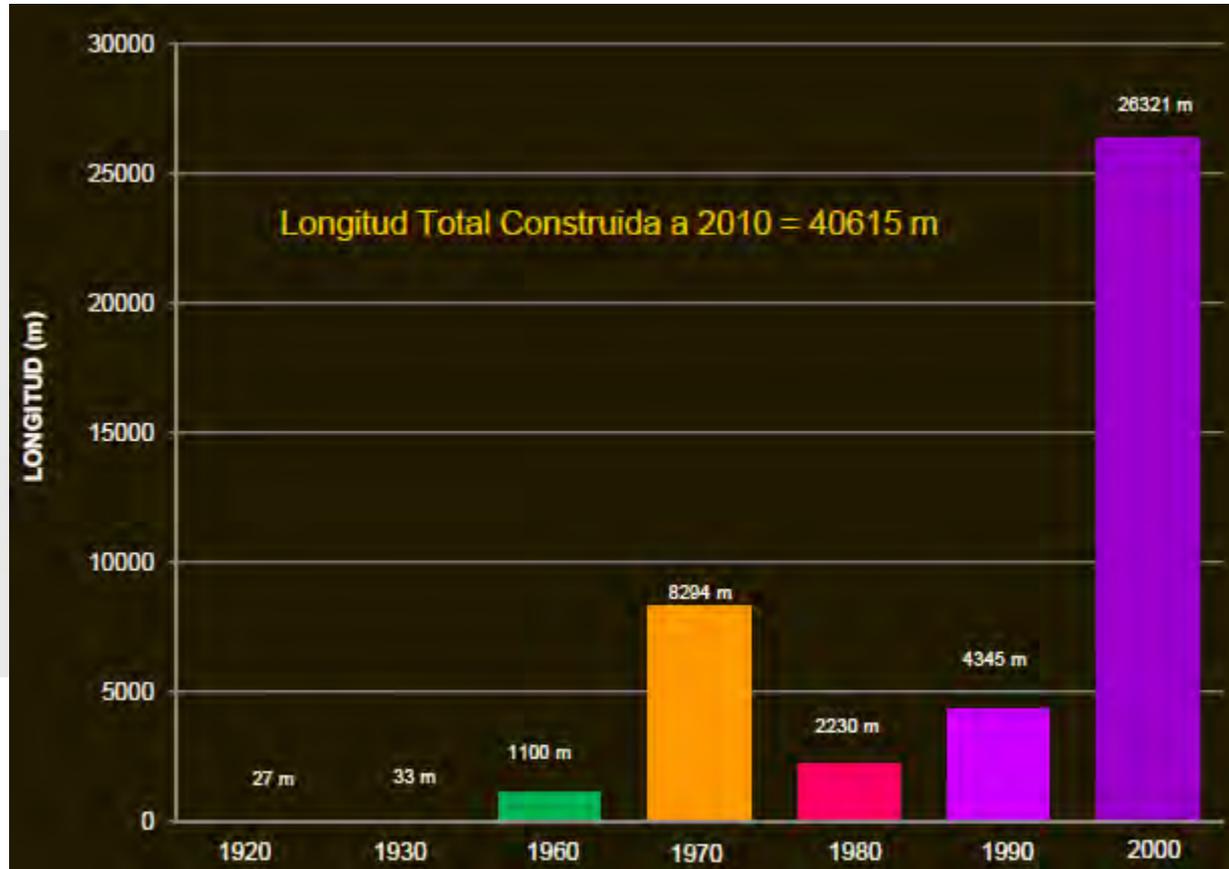
3. TÚNELES EN COLOMBIA

Hasta 2010



3. TÚNELES EN COLOMBIA

Hasta 2010



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel de la línea (L=8,6 km)



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

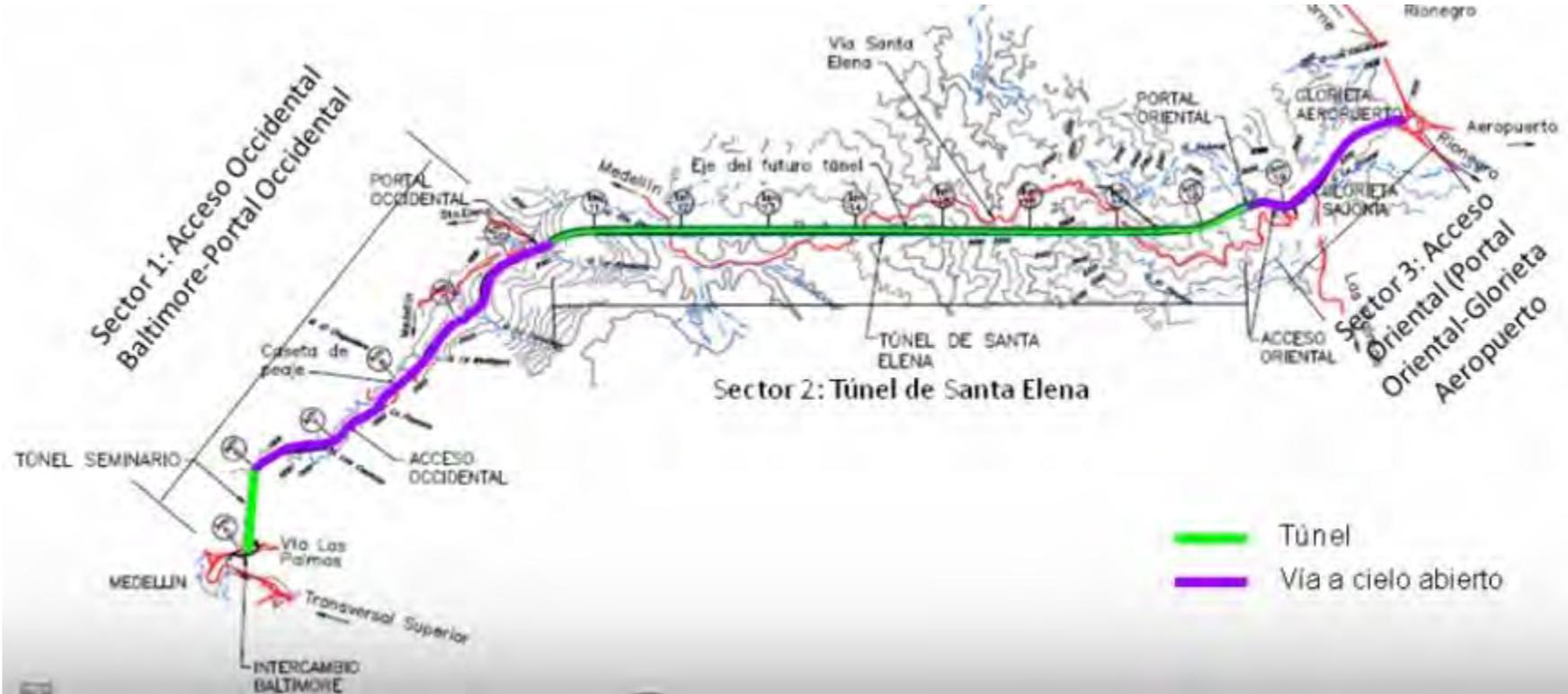
Túnel de la línea (L=8,6 km)



Fuente: <http://www.dataifx.com/noticias/>

4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel de Oriente



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel de Oriente L=8,2 km



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel de Oriente L=8,2 km



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel de Oriente
L=8,2 km



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel de Oriente

L=8,2 km



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel del Toyo
L=9,84 km



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel del Toyo
L=9,84 km



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel del Toyo L=9,84 km



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel del Toyo
L=9,84 km



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel del
Toyo
L=9,84 km



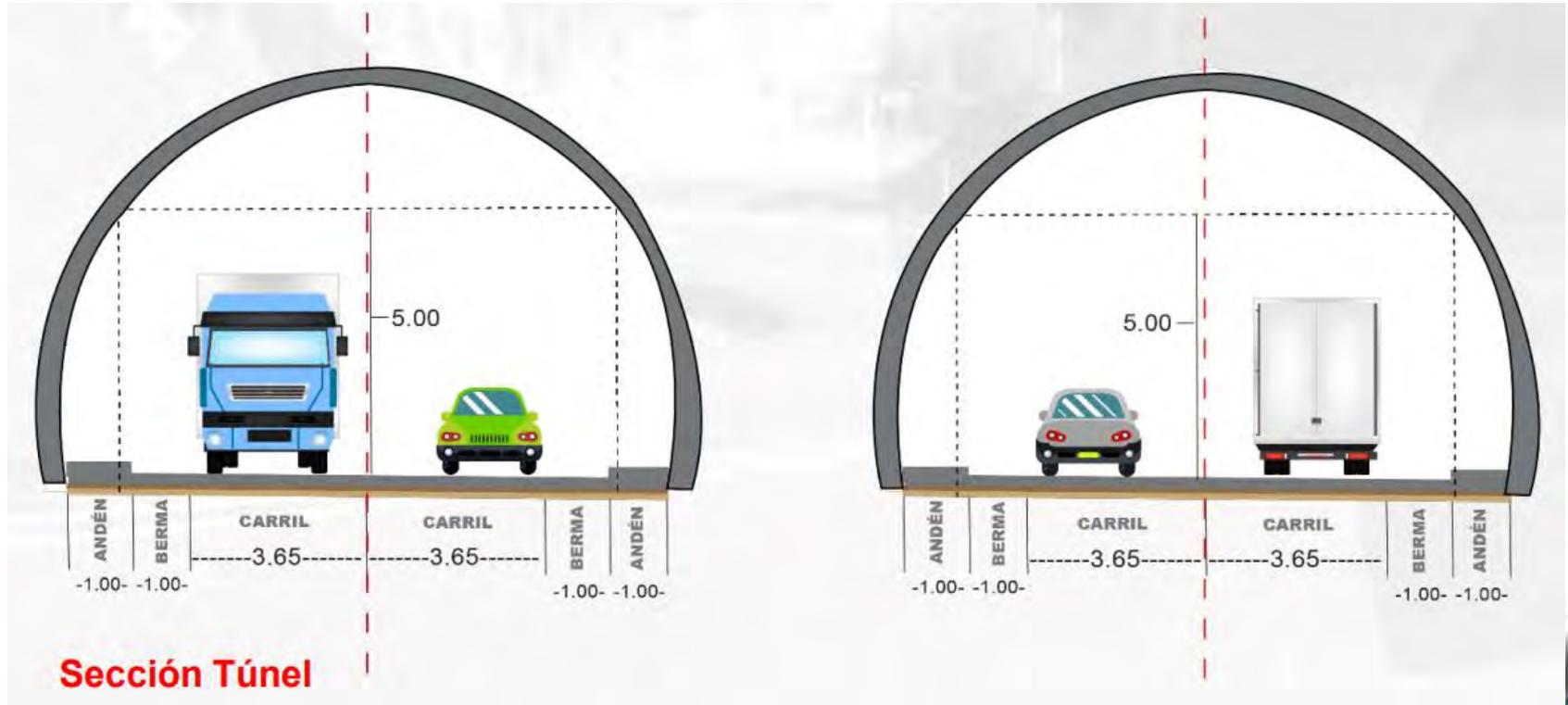
4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel del Toyo L=9,84 km



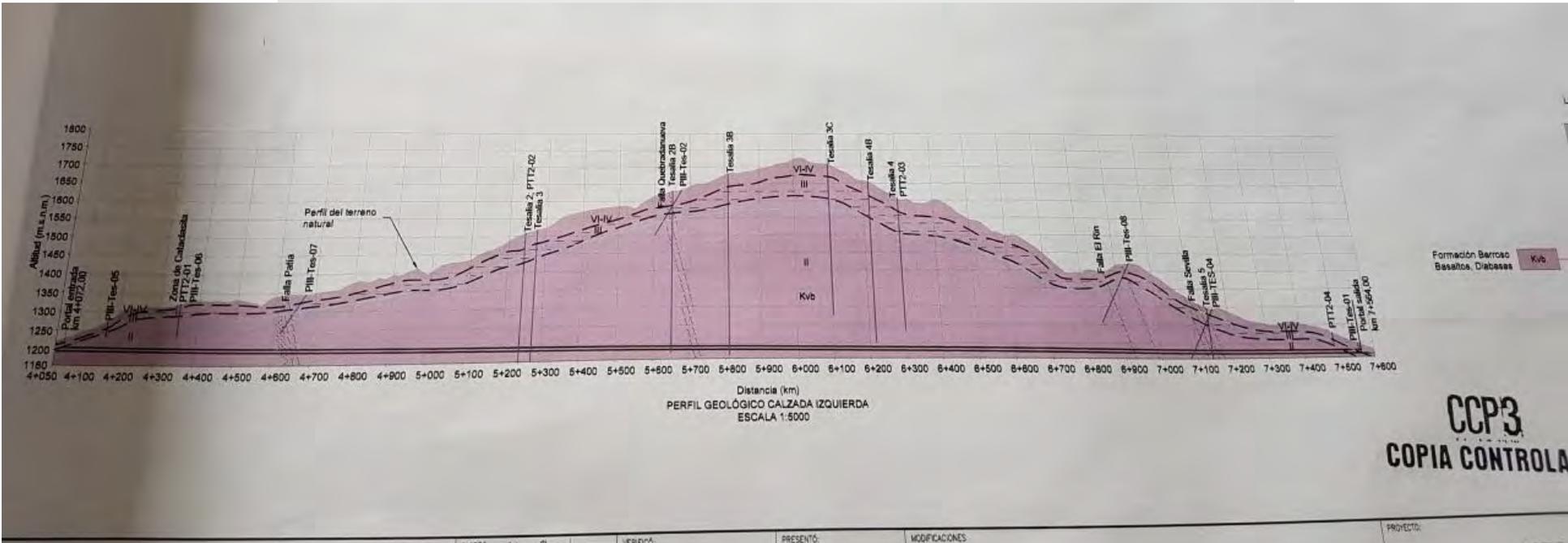
4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel de Mulatos L=2,5 km



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel de Tesalia L=3,4 km



APROBADO: _____ VERIFICADO: _____ PRESENTADO: _____ MODIFICACIONES: _____

PROYECTO:

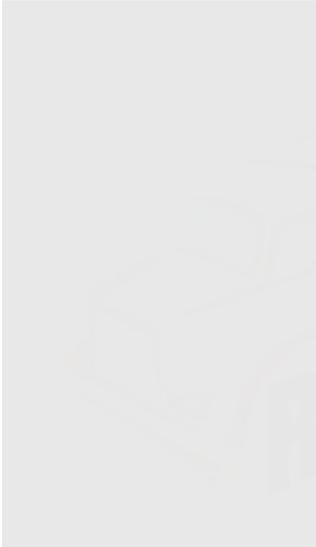
4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel de Tesalia L=3,4 km



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel de Tesalia
L=3,4 km



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel 8
Ruta del Sol 1
L=1,85 km



4. CÓMO ESTAMOS ACTUALMENTE

Túnel 8
Ruta del Sol 1
L=1,85 km



5. PORTAFOLIO

Microcemento



Regulaciones
Ambientales!!

5. PORTAFOLIO

Microcemento



Romantic lake without tunnel beneath

Preservación de las
fuentes hídricas!!!



No lake anymore, but tunnel

5. PORTAFOLIO

Microcemento

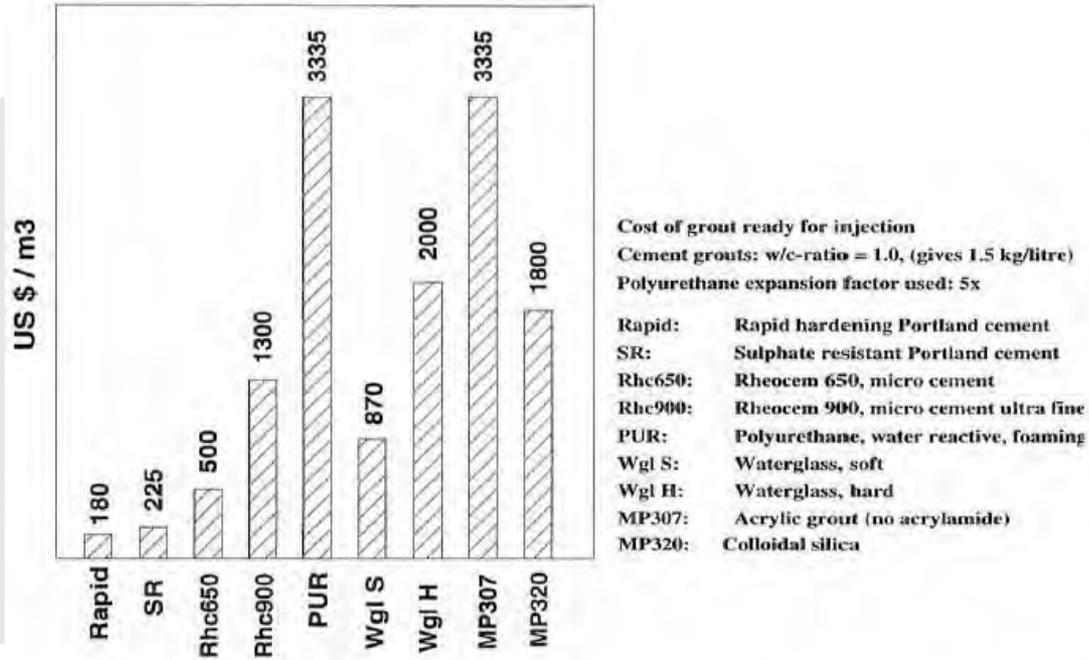
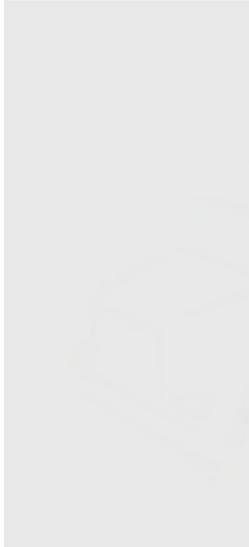
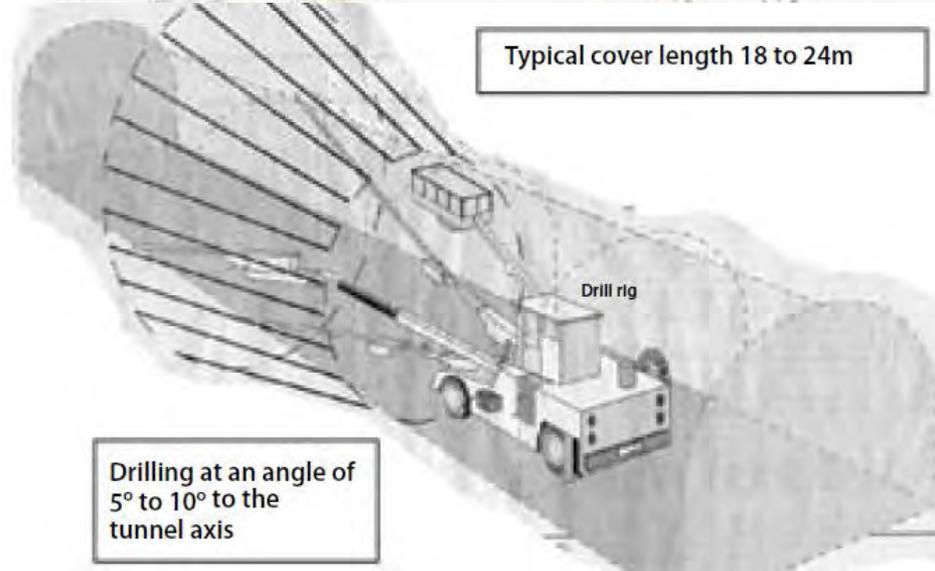


Figure 2. Relative material volume cost of various injection products (Garshol, 2003).

Posinyecciones = (10 a 50) x Preinyecciones

5. PORTAFOLIO

Microcemento



Typical cover length 18 to 24m

**MICROCEMENTO
USO INYECCIONES**

Drilling at an angle of
5° to 10° to the
tunnel axis

5. PORTAFOLIO

Lanzado



**CONCRETO
LANZADO**

5. PORTAFOLIO

Lanzado



**CONCRETO
LANZADO**

5. PORTAFOLIO

Lanzado

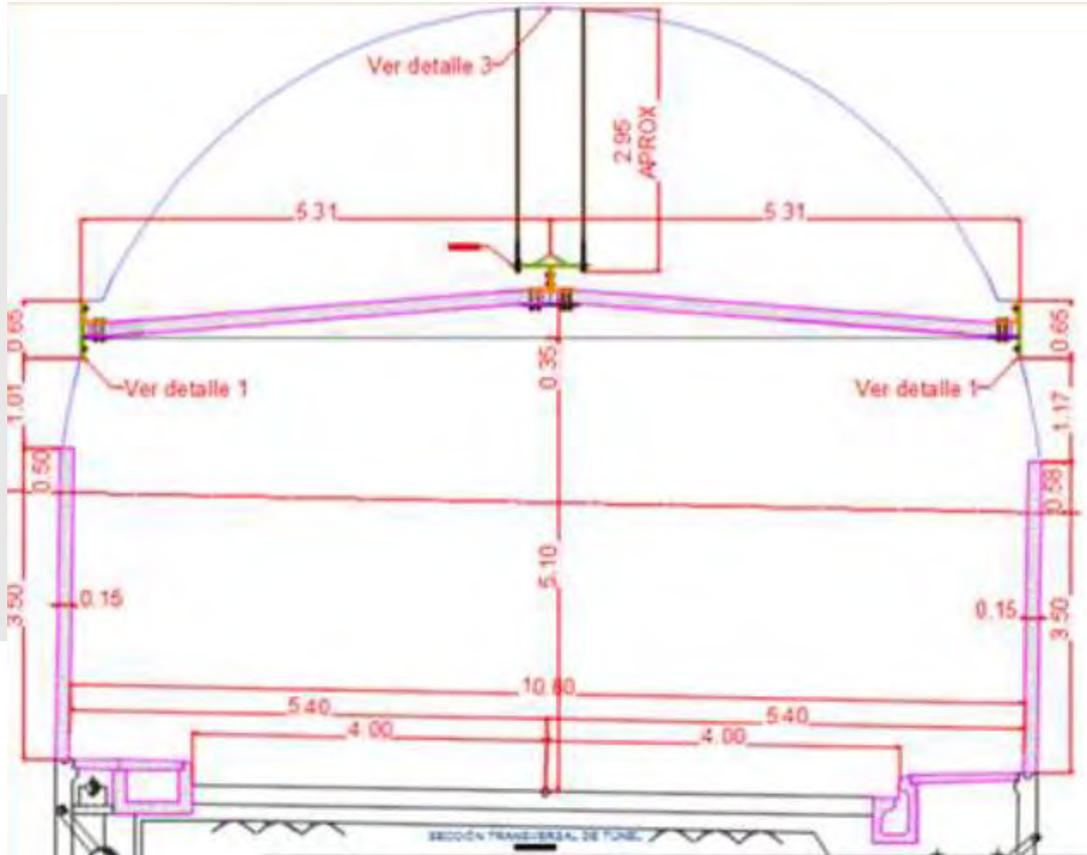
Mano de obra → Fundamental!!!

CONCRETO
LANZADO



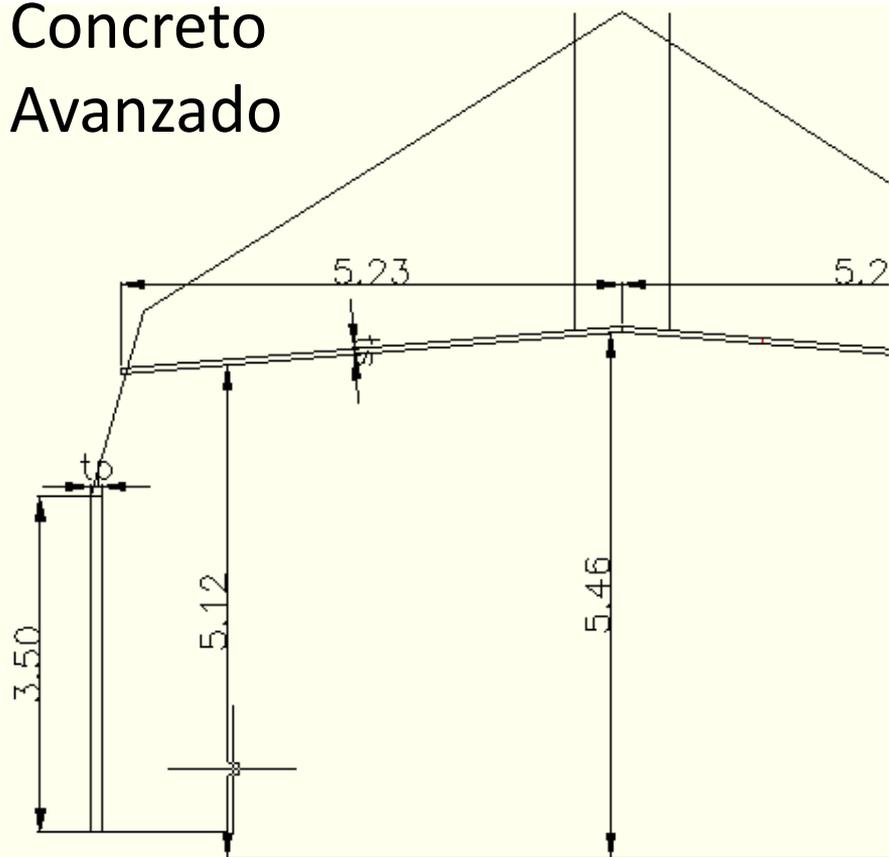
5. PORTAFOLIO

Concreto Avanzado



5. PORTAFOLIO

Concreto Avanzado



ELEMENTO LATERAL				
	$f'c$ (MPa)	150	120	70
Sin refuerzo	t (mm)	66	70	80
Con tensionamiento	t (mm)	37	38	41

ELEMENTO SUPERIOR				
	$f'c$ (MPa)	150	120	70
Sin refuerzo	t (mm)	121	130	150
Con tensionamiento	t (mm)	84	88	96

5. PORTAFOLIO

Cemento Blanco

Pavimento asfáltico IRS < 0.1

Concretos:

Gris IRS \approx 0.3 a 0.4

Blanco IRS \approx 0.7 a 0.8

(x2!!!)



5. PORTAFOLIO

Cemento Blanco

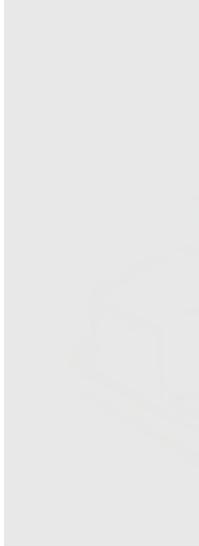
PCA



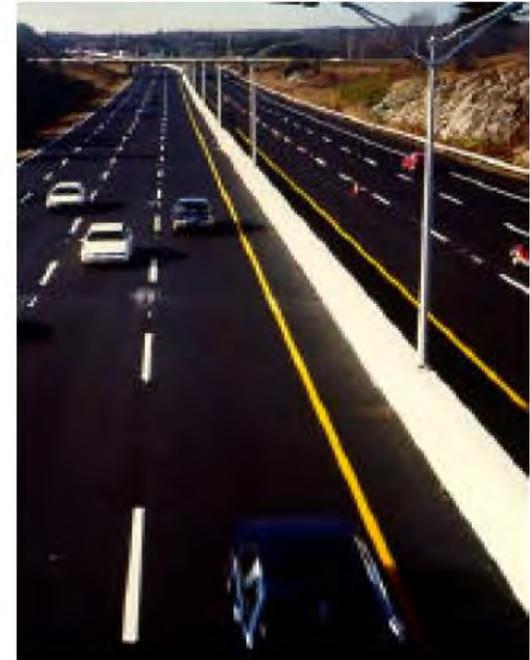
5. PORTAFOLIO

Cemento Blanco

PCA



Photos are representative of concrete barriers tested



Gray Concrete Median Barrier
Five separate readings:
25/23.5/22/23.5/24
Average reading: 23.6 percent

White Concrete Median Barrier
Six separate readings:
56/60/57/57/57/57
Average reading: 57.4 percent

5. PORTAFOLIO

Cemento Blanco - Túneles



Niveles de reflexión:
Gris = 23,6% - Blanco = 57,4%

5. PORTAFOLIO

Cemento Blanco - Túneles

Paredes - Pavimento

Iluminación \$ ↓ 25% **MÍNIMO**

Bajo mantenimiento (chorro agua)

↓ 50 a 75% \$ actividades mantenimiento

Seguridad ↑



DURABLE !!!

5. PORTAFOLIO

Concreto
Avanzado
+
Cemento
Blanco

