



3^{ras} Jornadas de Túneles y Espacios Subterráneos

Túnel Sumergido Santos – Guarujá Una posible Tendencia en Brasil

Tarcísio B. Celestino
Antonio Cavagliano

Por que Túneles?

Tipos de Cruces

- Balsa
- Puente
- Túnel escavado
- Túnel sumergido

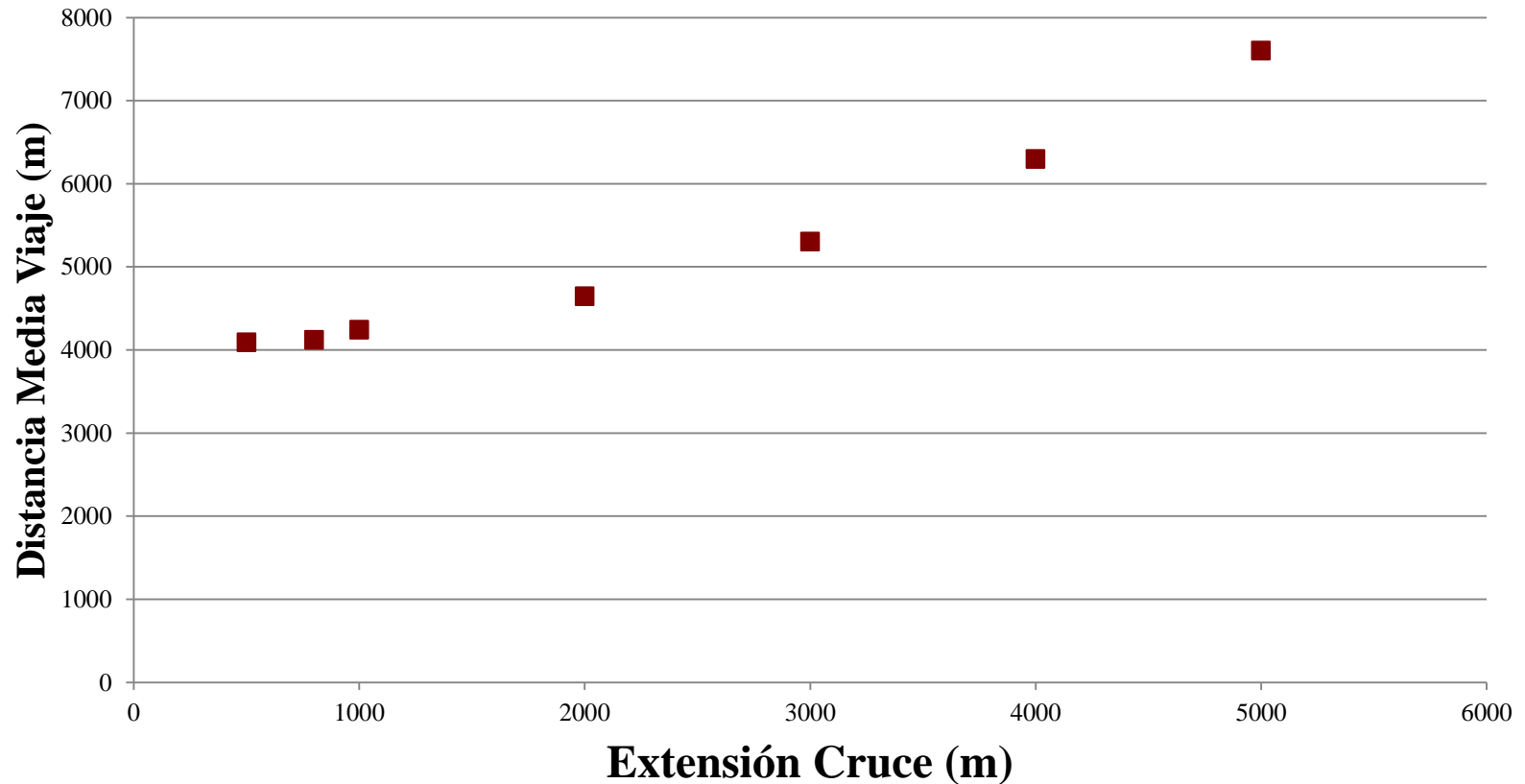
Puentes e Túneles



Distancias de Aproximación



Aumento trayecto viajes con aumento extensión del cruce





Distancias de Aproximación en Luagres con Navegación

- Puentes – muy grandes
- Túneles escavados – intermediarias
- Túneis sumergidos – mínimas

200 ft
100 m

Elevados Urbanos

Degradación, desvalorización, etc.



Tendencia Mundial

“Enterrar” Elevados de los Años 70

Década de 70



Década de 2000



Estacionamiento en la plaza Etienne d'Orves
Marseille – Francia

Boston, Big Dig, Años 2000

- US\$13 billiones
- Para demoler elevado
- Sustitución por subterranos
- Ganancia urbanística
- Transformación de un área degradada en noble

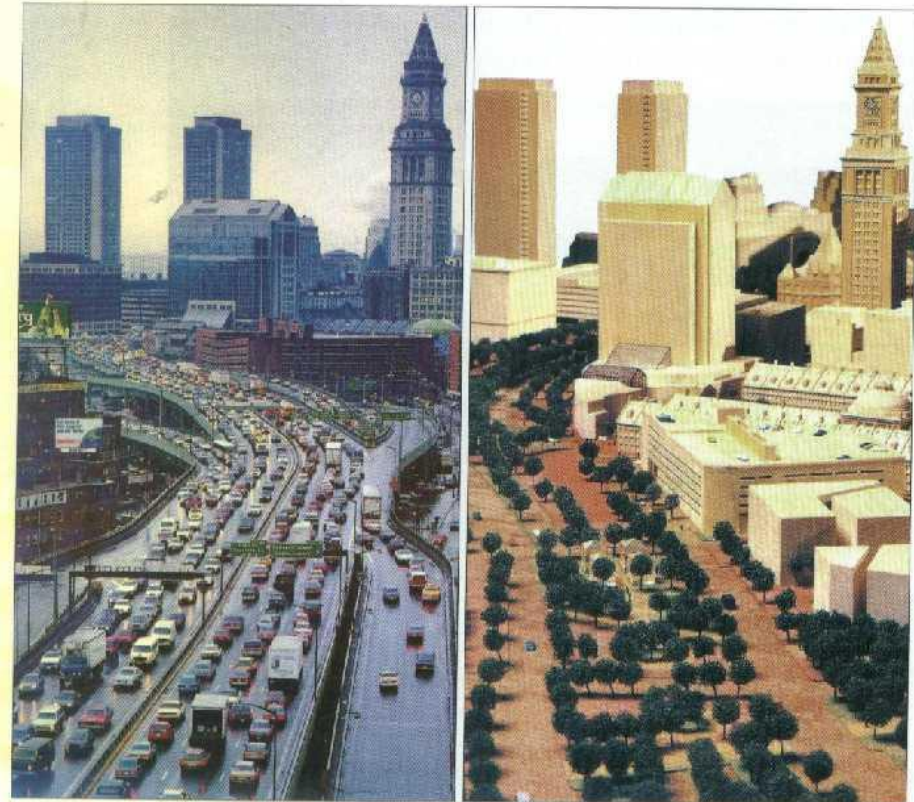
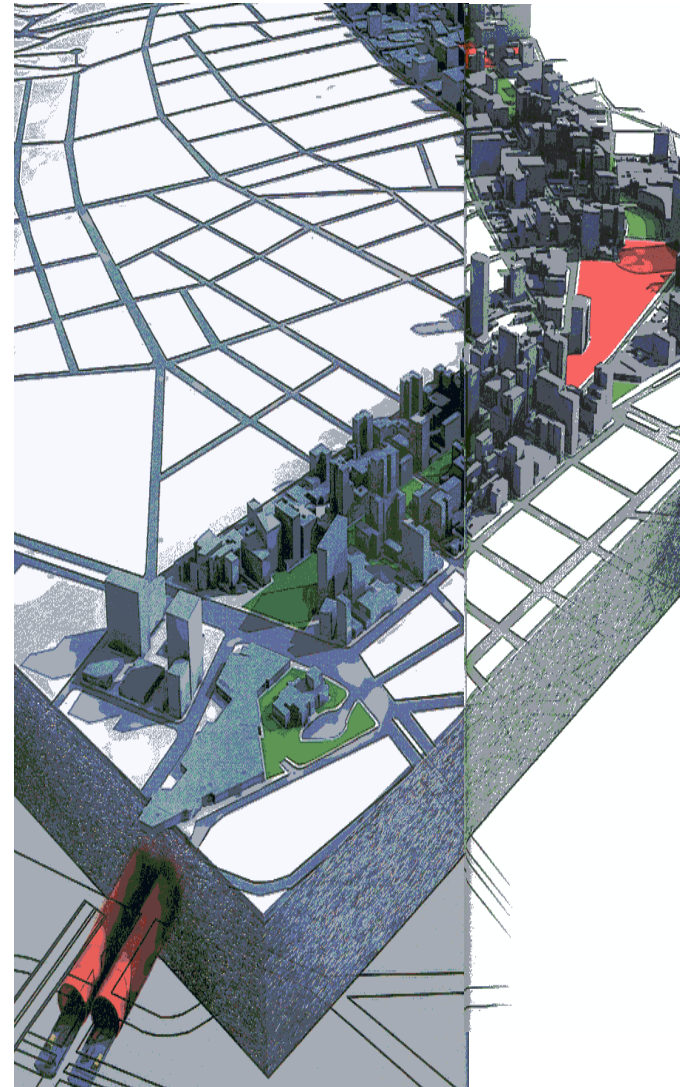


Fig 37 : The Central Artery - Boston, (USA)

Elevado Costa & Silva, São Paulo



ABAIXO O ELEVADO!
Como tornar São Paulo uma cidade melhor





Plaza Mauá Actual – Rio de Janeiro



Vista para el Mar



Google Street View

Después de retirado el Elevado – Porto Maravilha



Puentes: ex. Golden Gate

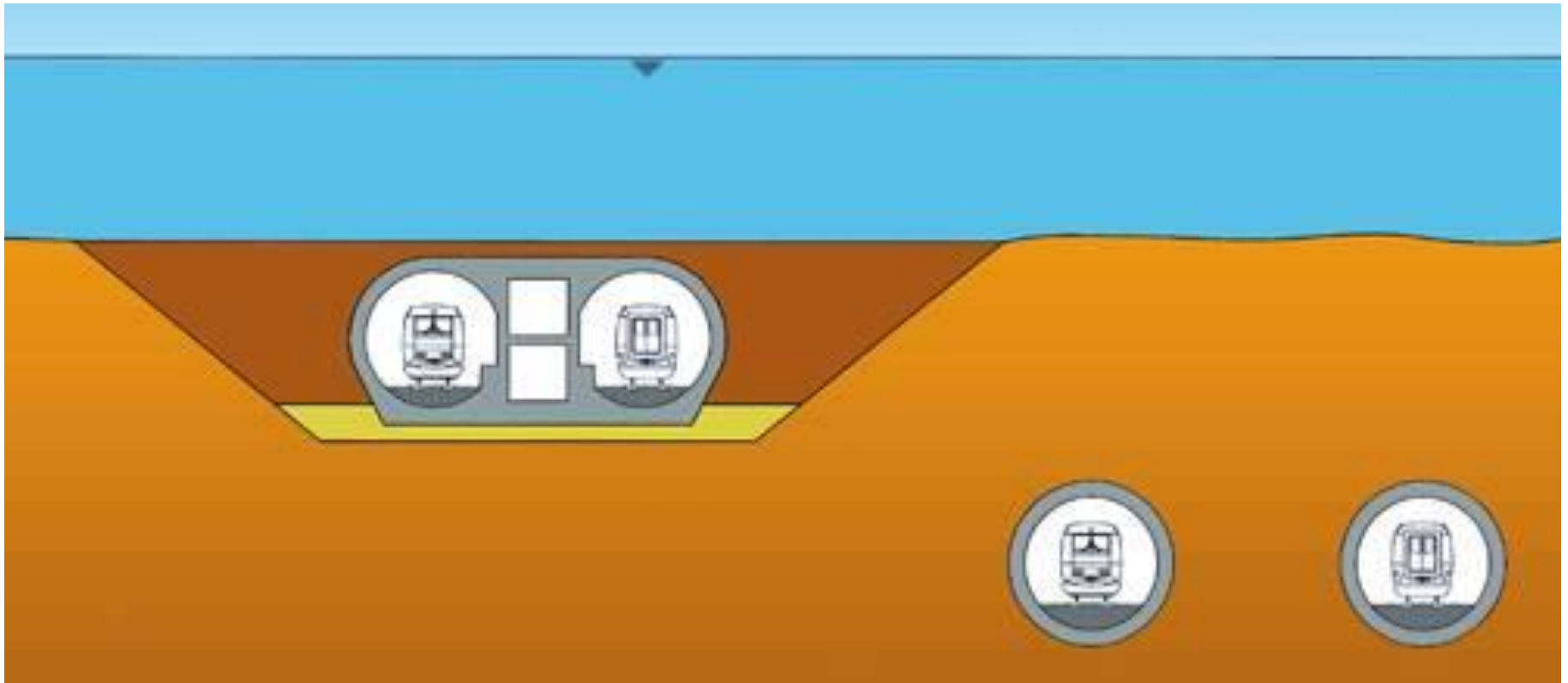
Encuentros de grande altura



Golden Gate



Túneles Escavados y Sumergidos



Túneles Sumergidos

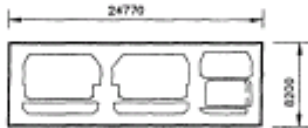


Levantamiento de túneles sumergidos, 1996

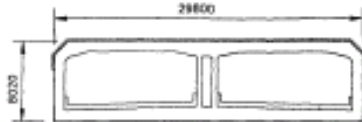
WG 11 de la Asociación Internacional de Túneles (ITA)

- 41 túneles de servicio (cloaca, agua, correa transportadora, etc.) construídos desde 1893
- Ejemplo brasileño no consta
- 108 túneles para transporte (autopista, ferrovía, metro, ciclovia, peatones, mixtos) construídos desde 1910
- Profundidades hasta 58m
- Segmentos: largo $>170\text{m}$, ancho $>40\text{m}$

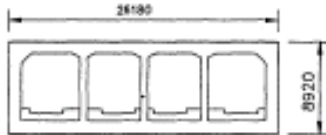
Cortes transversales típicos



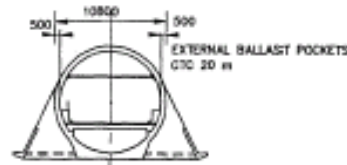
MAASTUNNEL 1940
ROTTERDAM



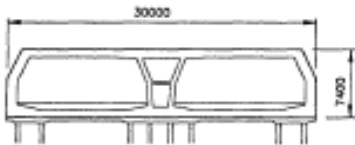
VLAKE TUNNEL 1975
MIJSSINGEN



RALAKY TUNNEL 1992
ROTTERDAM



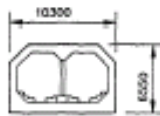
PARANA TUNNEL - SANTA FE ARGENTINA 1960



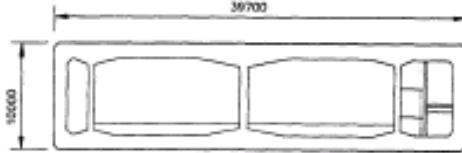
TINGSTAD TUNNEL 1968
GOTHENBURG



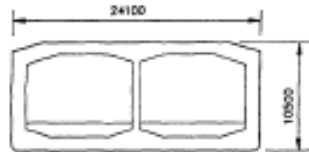
KEY YO LINE TUNNEL 1980
DAIBA TOKYO



METRO TUNNEL 1985
SPIJKENISSE (THE NETHERLANDS)



TAMA RIVER TUNNEL 1984
TOKYO



CONRY TUNNEL 1991
WALES



SERVICE TUNNEL 1973
HOLLANDSCH DIEP
(THE NETHERLANDS)



SERVICE TUNNEL 1988
PULAU SERAYA
SINGAPORE

Túnel Paraná – Santa Fe Argentina

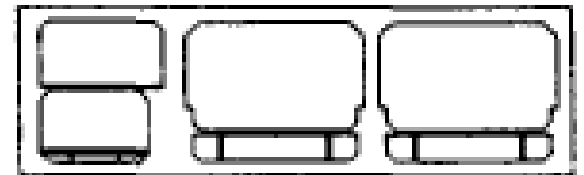
- Año de construcción: 1958
- Extensión: 2.367m
- Numero de elementos: 36 x 65.5m
- Ancho: 10.8m
- Dique seco: 156x46x13 m
- Ciclos de hormigonado: 4 elementos
- Duración de cada ciclo: 3 meses

Túnel Maas

Rotterdam, Holanda

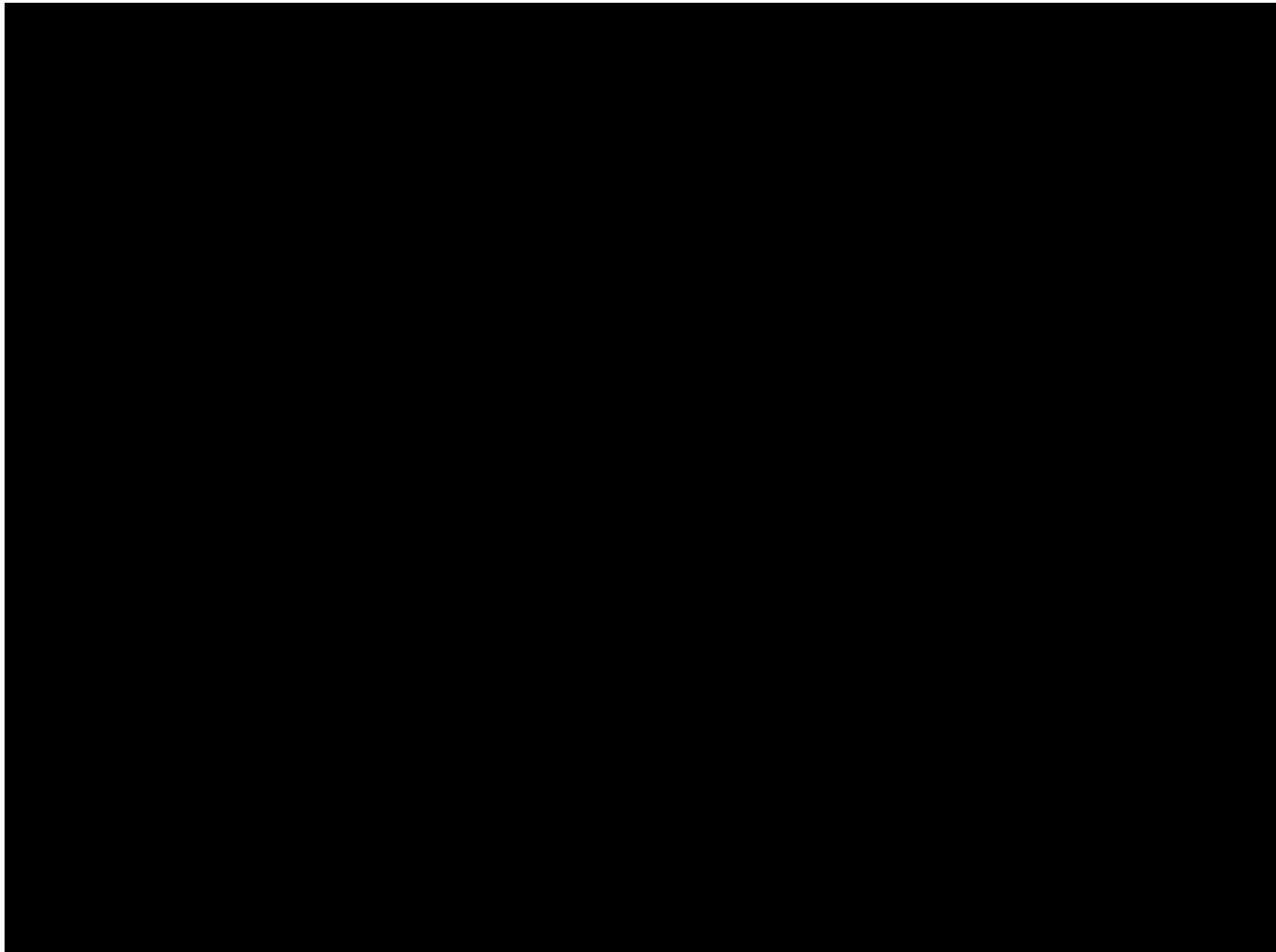
- Finalidad: 4 pistas de tráfico, ciclovia y peatones
- Año de construcción: 1943
- No. Segmentos: 9 (61,35x24,77x8,39m)
- Largo total: 584m
- Profundidad: 22,5m

T.9 - Maas



Túnel Maas

Rotterdam, Holanda



Oresund

Largo total 3.510 m

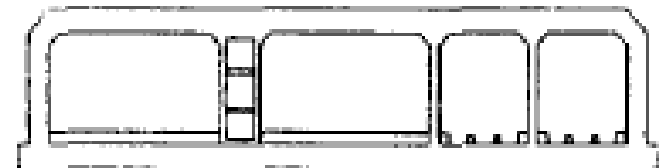
Dimensiones segmentos: 175,2x42x8,5 m

No. Segmentos: 20

Profundidad: 22m

Ventaja con relación a puente

T.106 - Drogden





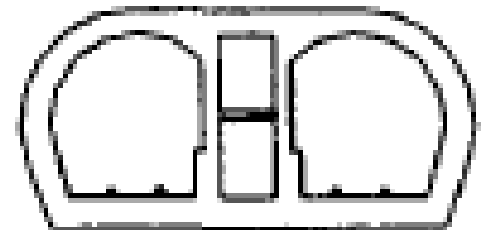
Oresund

BART – Bay Area Rapid Transit

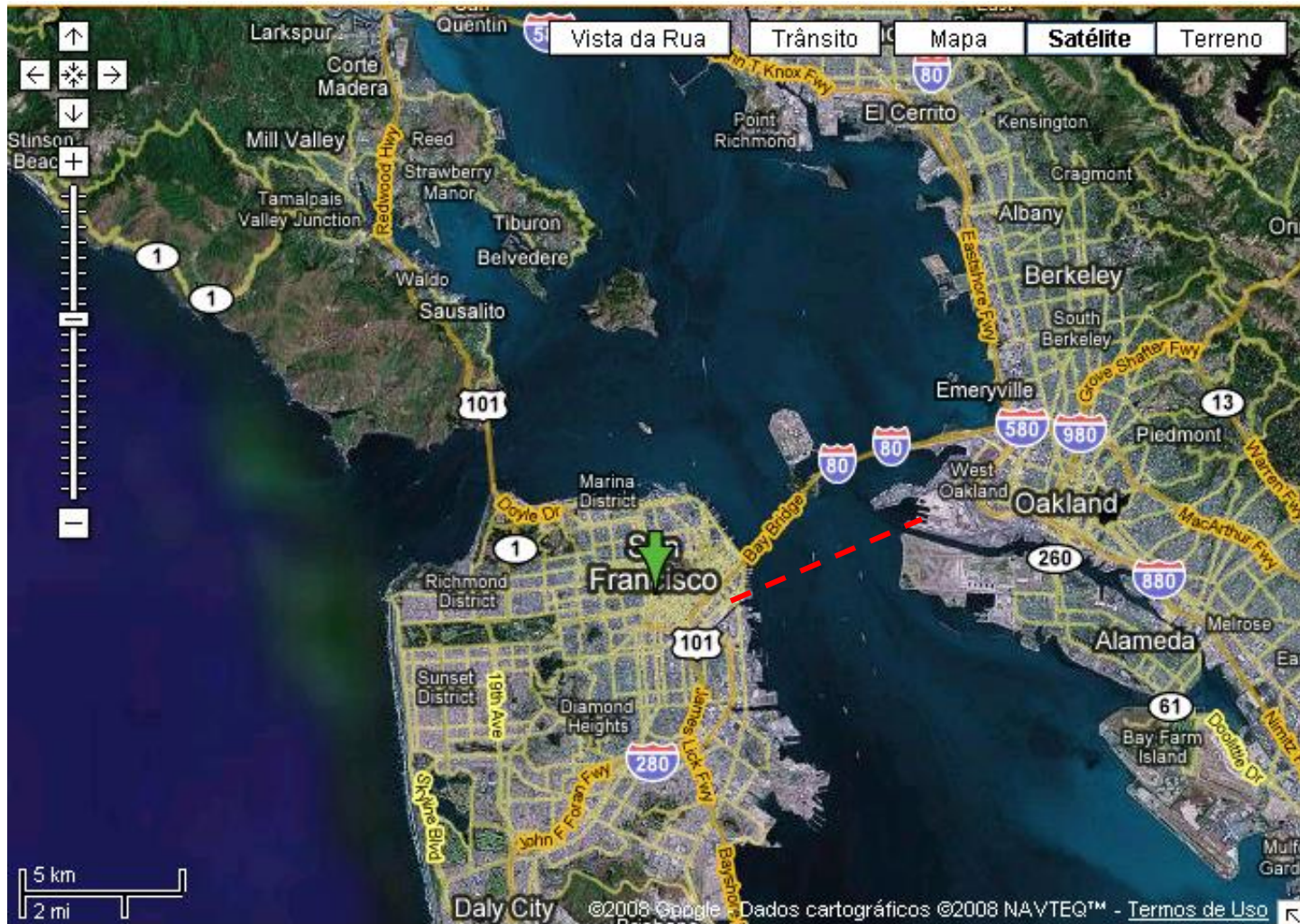
San Francisco, California

- Largo total: 5.825m
- No. Segmentos: 58 (83,2 a 11,6m)
- Ancho x altura: 14,6 x 6,5 m
- Profundidad: 40,5m
- Corta la falla activa de Hayward

T.41 - BART



Bahía de San Francisco



Terremoto de Loma Prieta

17/10/1989

- Magnitud: 7,1 Richter
- Distancia epicentro: 100 km
- Puente (Bay Bridge): daños severos, colapso de un tramo
- Túnel: volvió a operar 24 horas después de visto; tren andando en el túnel en el momento del terremoto, nadie lo notó

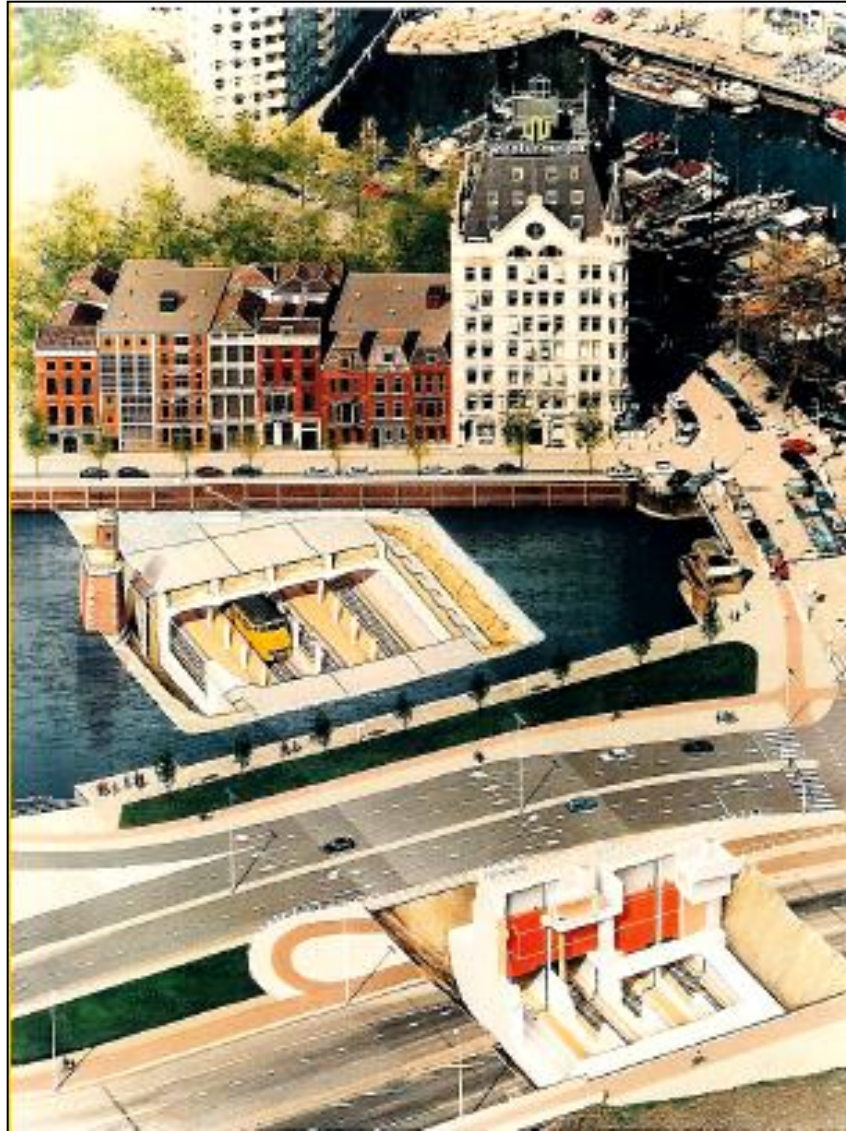
Terremoto de Loma Prieta 17/10/1989

Daños en el Puente – centenas de muertos



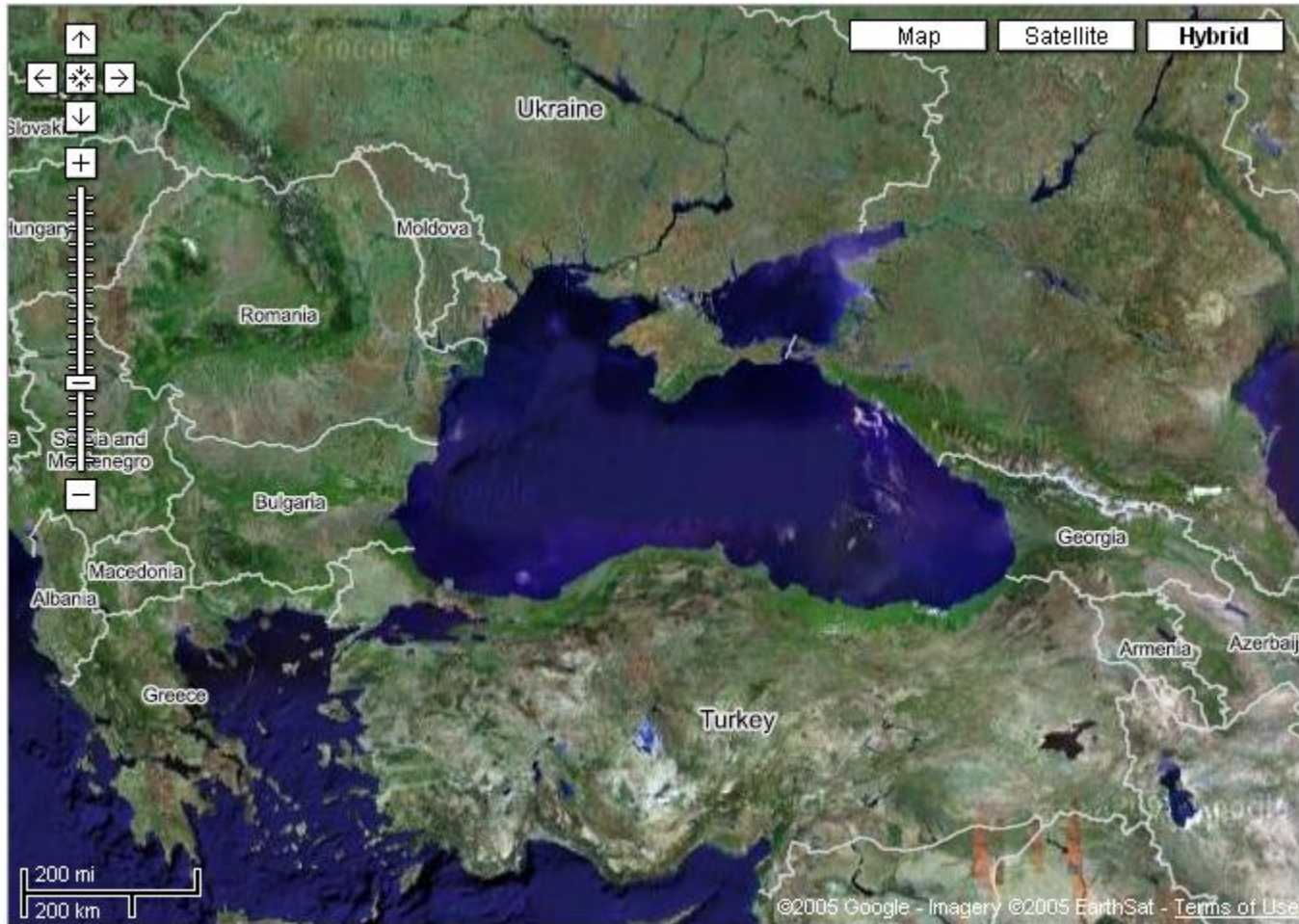
Estación Baak

Estocolmo - Suecia



ESTAMBUL

Ligación bajo el Estrecho de Bósforo



Navegación Intensa en el Estrecho

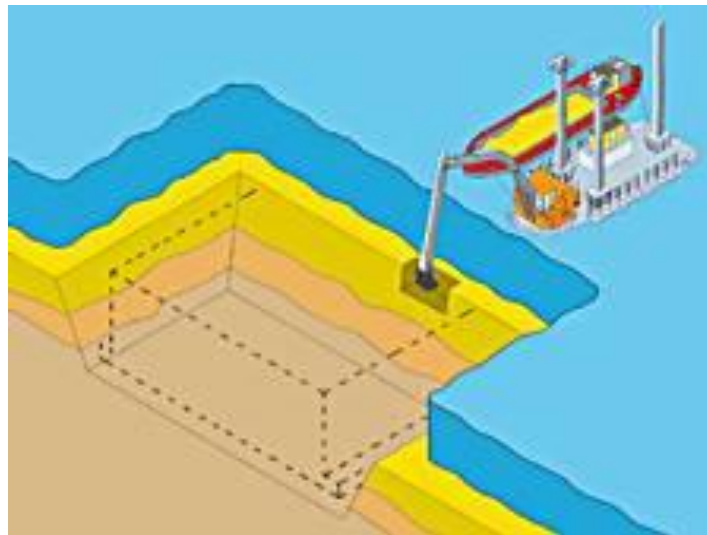
- Ligación Mar Negro – Mediterraneo
- Pasaje para varios puertos (Mar Negro, Rio Volga, etc. Ex Volgagrado, antigua Stalingrado)



Bósforo

Proceso Constructivo

1 – Dragado del lecho



2 – Construcción en paralelo de elementos premoldeados



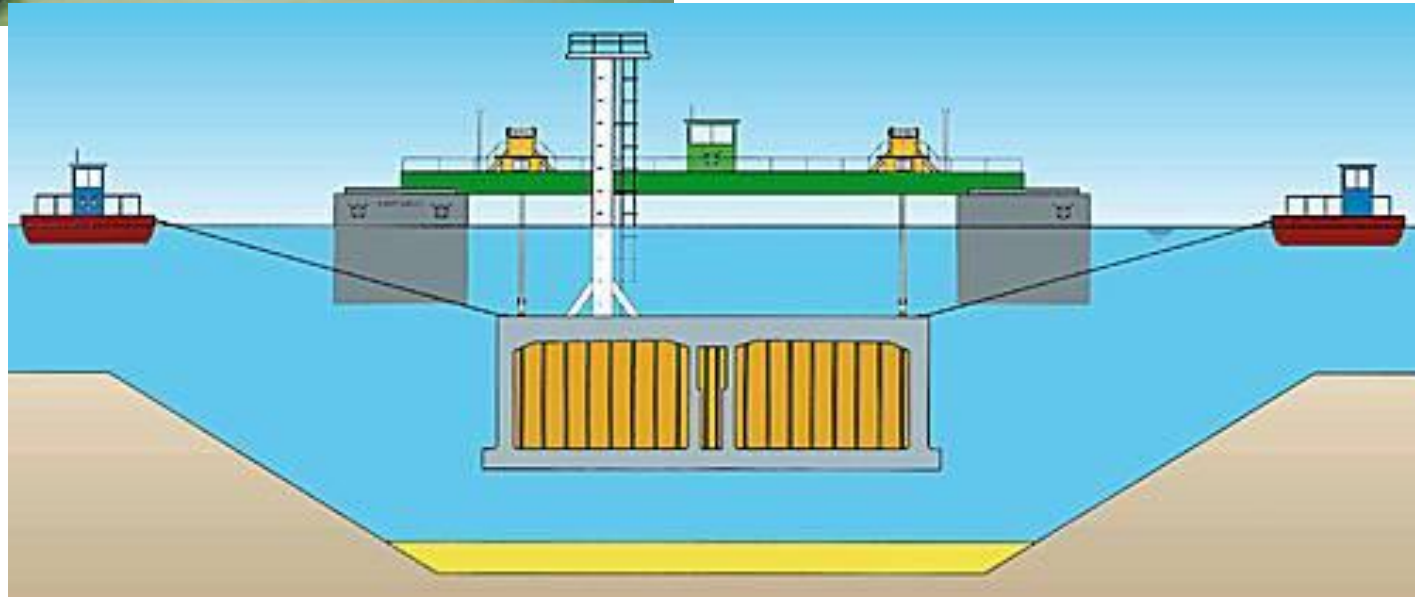
Inundación del dique seco y transporte de los módulos



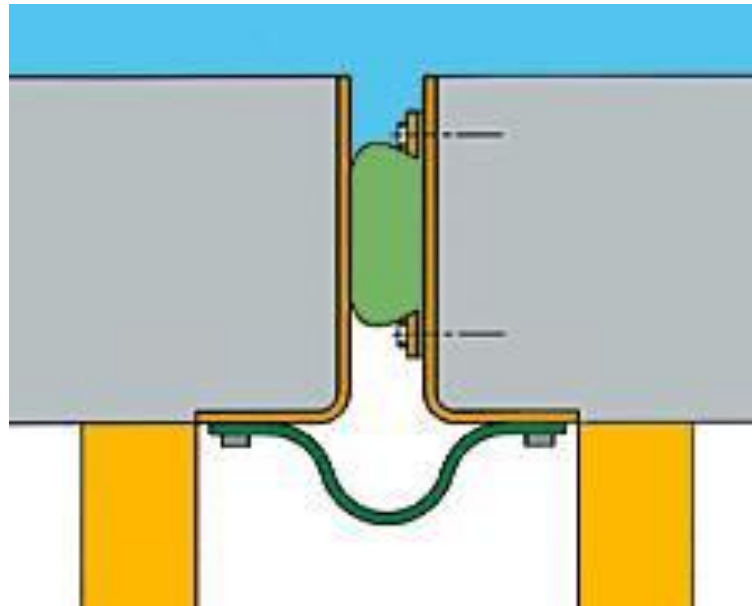
3 – Transporte de elementos premoldeado



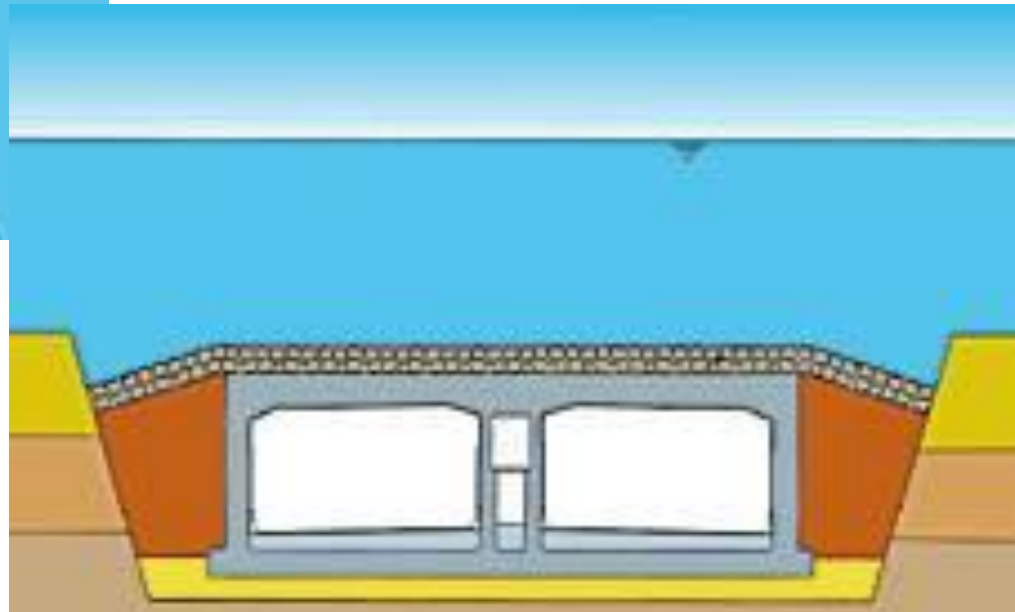
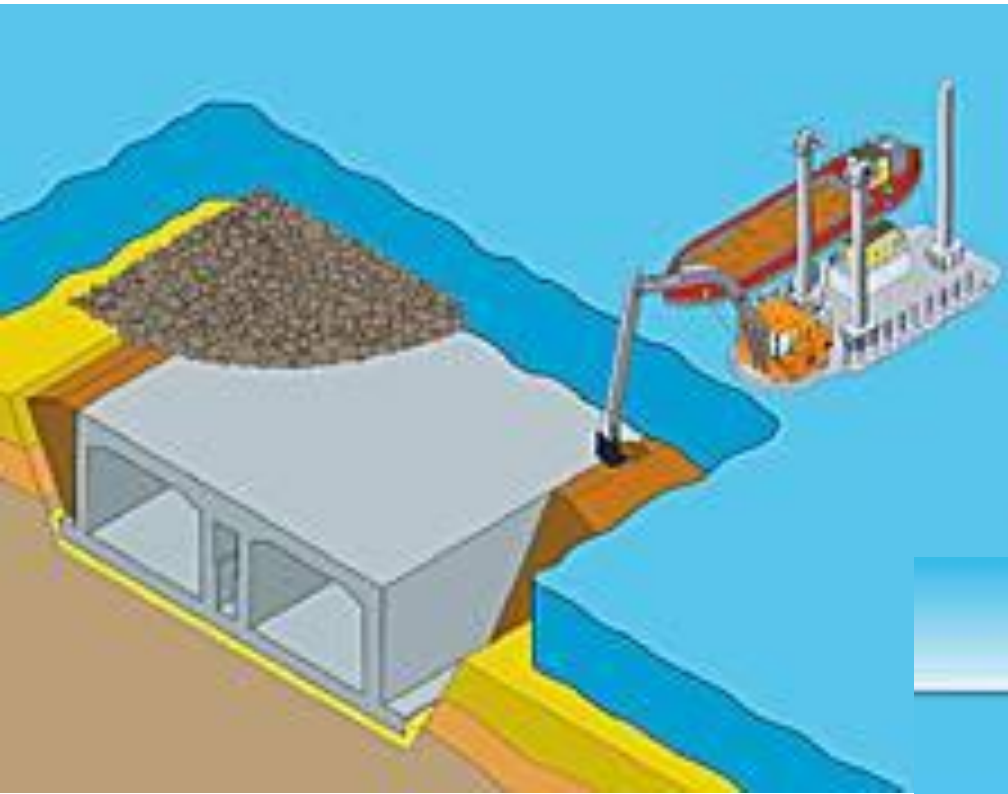
4 - Posicionamiento



5 - Vedación



Reaterro



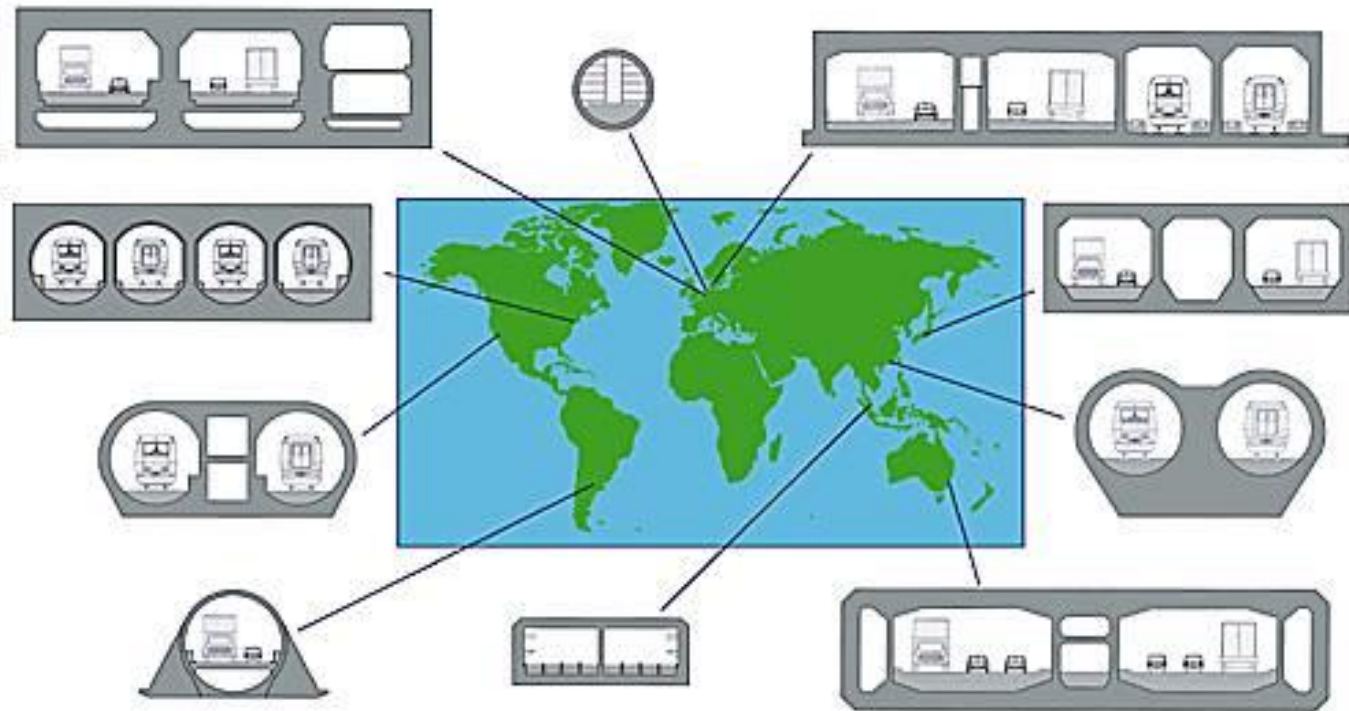
Preguntas Frecuentes

1 - Interferencia con navegación

- Yá construídos en locales de navegación más intensa que el Puerto de Santos, ej. Puerto de Rotterdam, Estrecho de Bósforo (52.000 buques/año) etc.
- Transtornos durante construcción son comunes y acomodados em función de beneficio posterior

2 – Ideia nueva?

Usada hace más de 100 años!



3 - Infiltraciones?

Normalmente más estanques que túneles
excavados.

4 – Impedimento a embarcaciones?

Túnel

- Calado hoy: 13,30m
- Calado con túnel: 20,00m

Puente

- Puente: altura igual a altura de buques actuales
- Plataformas petróleo: altura ilimitada. **Excluir Santos como base de apoyo durante Pré-Sal?**

5 – Distancias de trayecto?

Túnel

- 900 m

Puente

- 4.600 m (para altura de 80 m)

Sección transversal



Conclusiones

- Menor trayecto (5 veces menor que puente)
- Rampas de acceso enterradas: ningún impacto
- Evita elevados en Santos y Guarujá
- Condiciones adecuadas de geometría y geología
- Ninguna restricción a la navegación futura (puente impone serias restricciones)
- Viabilidad técnica
- Cuestiones técnicas resueltas
- Muchos proyectos más complejos ya construidos