

Nuevas Tecnologías de Investigación Geológica para infraestructura marítima y fluvial



dr. ir. Peteralv Brabers

Capitán de Navío (ret.) Juan Carlos Gómez (Oceanógrafo)

www.demco-surveys.com

SeaOnet

19 de Mayo 2020



Aquares

**Modelización 3D del subsuelo
(IDGM: Integrated Digital Ground Model)**

Rheocable

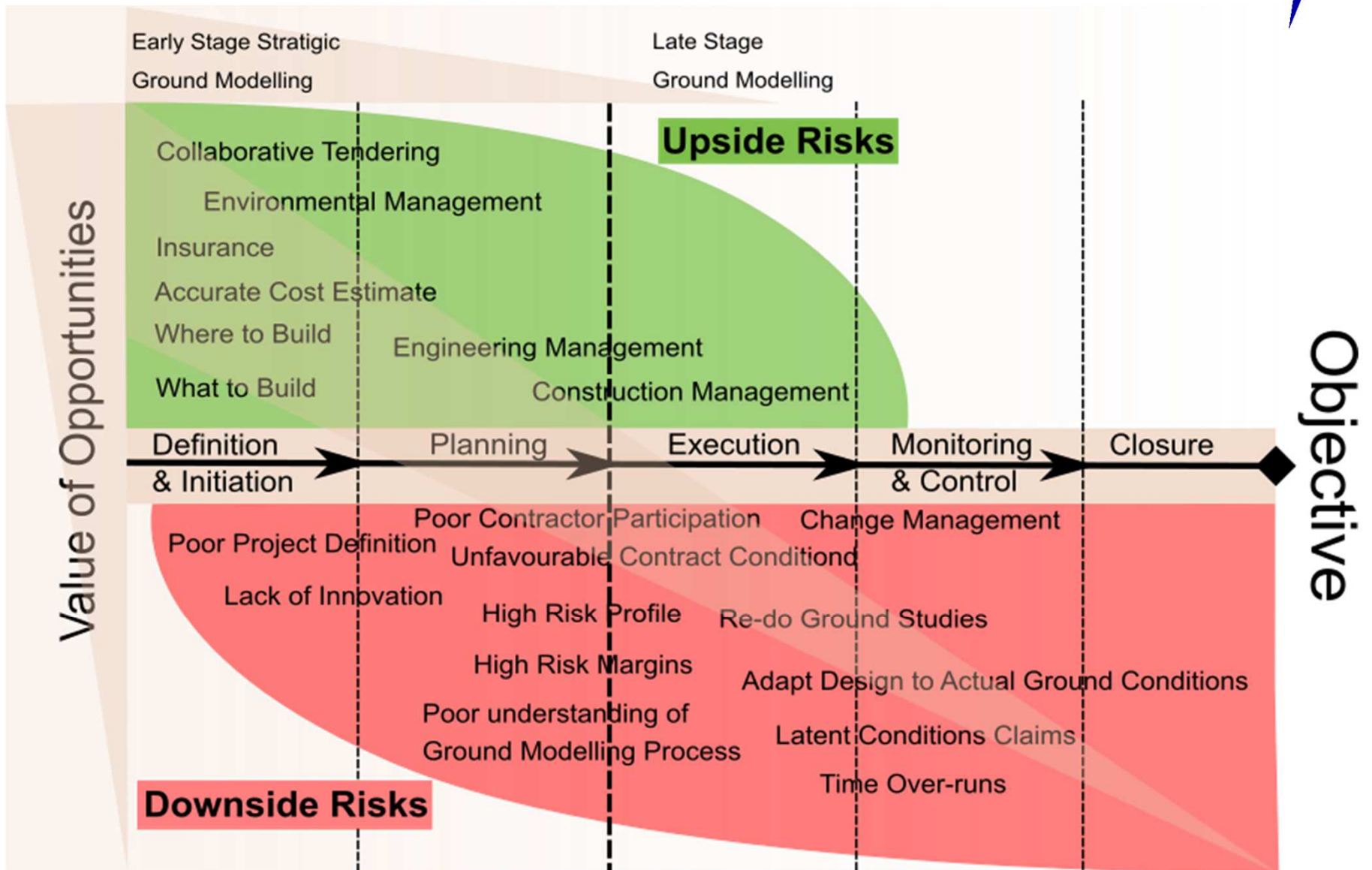
Investigación de capas de lodo fluido



Aquares

**Como manejar riesgos geológicos
IDGM
(Integrated Digital Ground Model)**

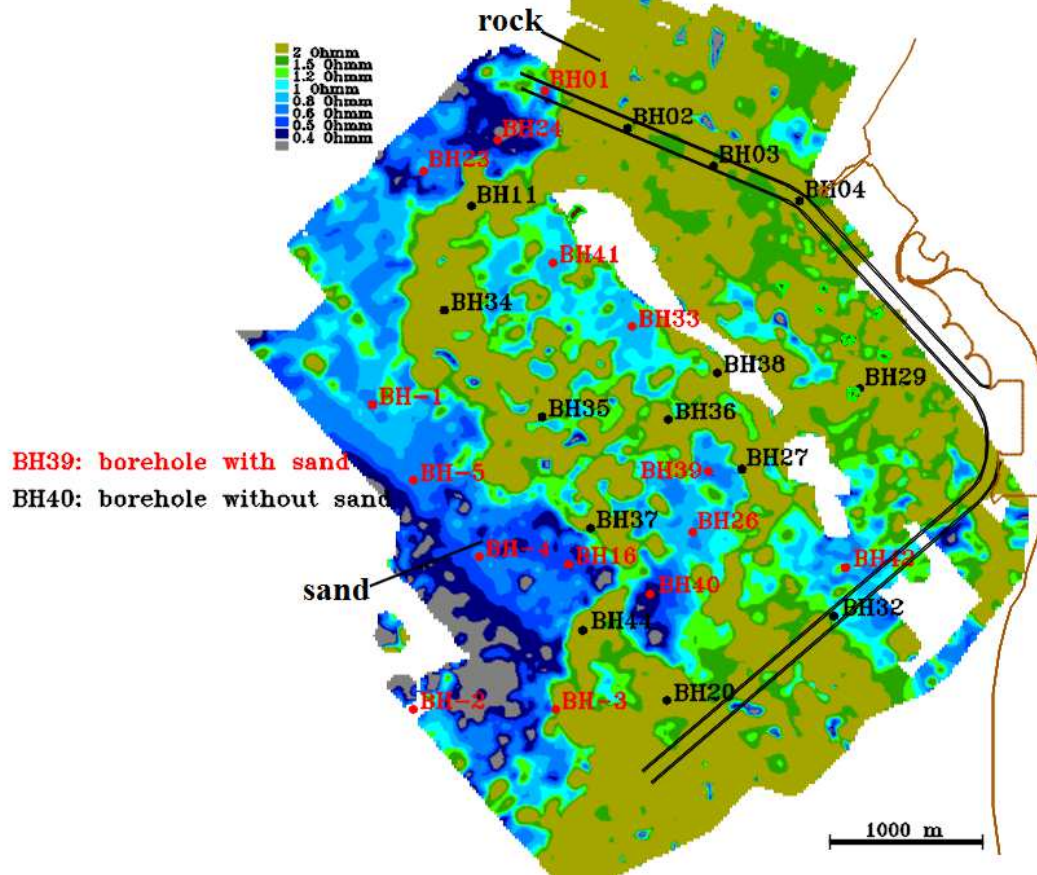
Manejando riesgos geológicos





Como estudiar la geología? Perforaciones???

horizontal resistivity section
1 m below seabed level

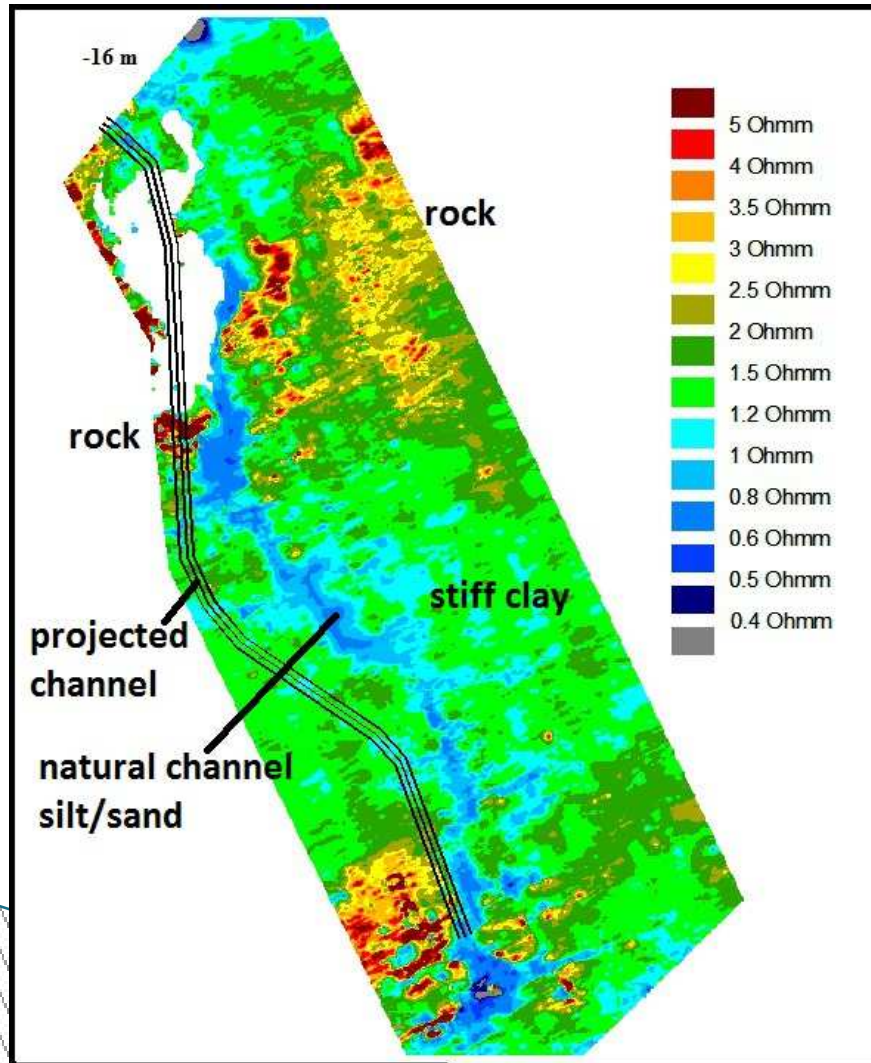


**Una campaña de exploración solo con perforaciones
no sirve para conocer las estructuras geológicas!**



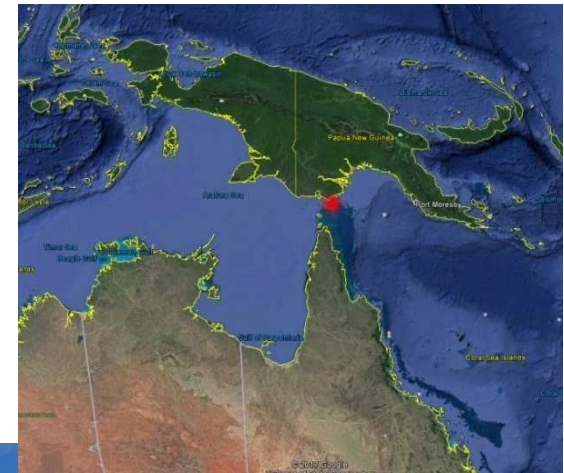
Que pasa si las estructuras geológicas quedan desconocidas?

Papúa Nueva Guinea
Puerto Darú



Estudios anteriores:

- sísmica reflexión
- 77 vibrocores y 116 perforaciones posicionadas al azar
- 12 millones de dolares gastos de exploración
- sin encontrar arena
- sin definir riesgos de dragado
- incertidumbre sobre viabilidad del proyecto





Métodos de investigación geológica

Geofísica

- Definir extensión horizontal y vertical de estructuras geológicas
- Definir volúmenes (para dragar)
- Relativamente rápido y económico

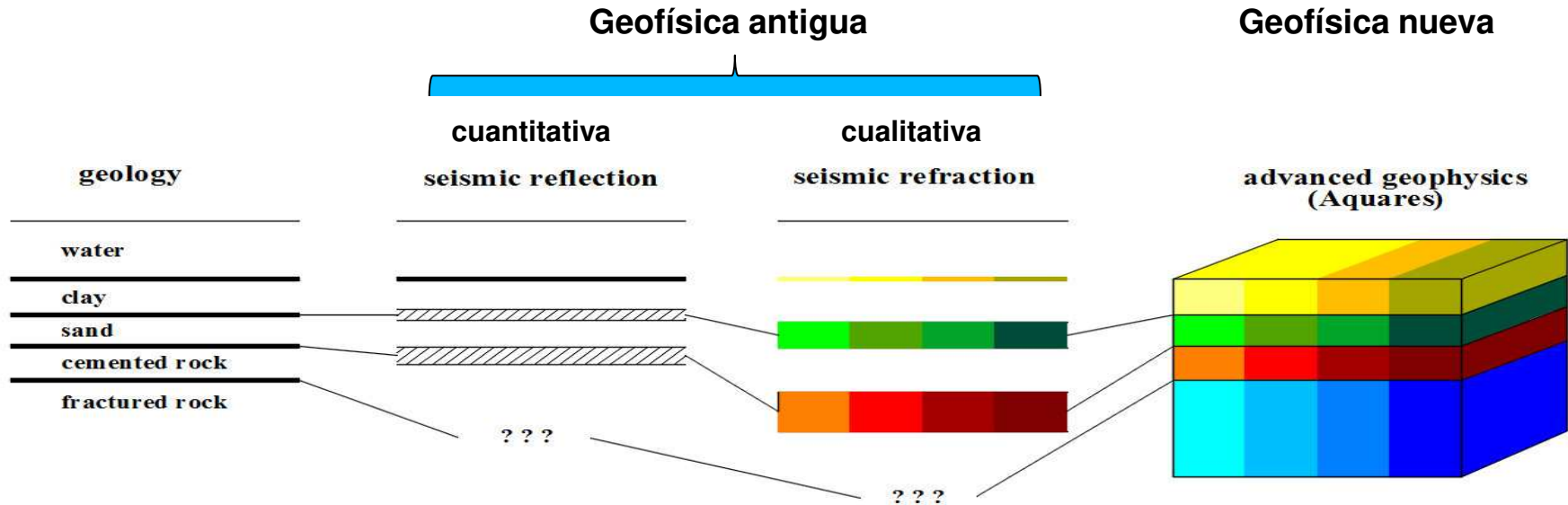
Perforaciones

- Focalizando estructuras geofísicas definidas por los métodos geofísicos
- Definir parámetros geotécnicos
- Costoso y toma tiempo

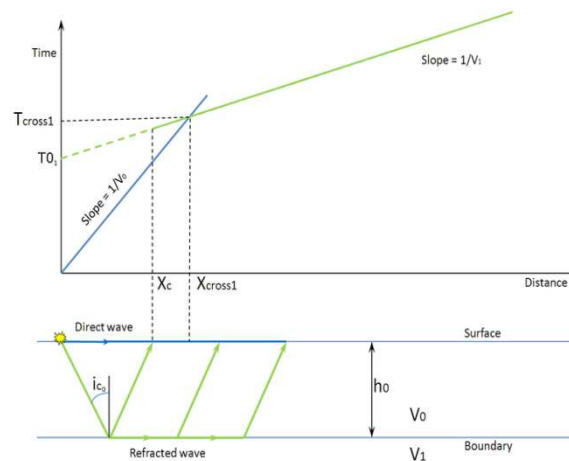


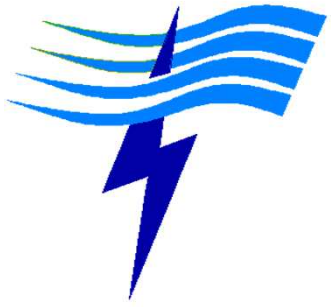
Métodos geofísicos avanzados

Método geofísico de **alta calidad** que genera información **precisa cuantitativa y cualitativa** presentada en un **modelo 4D georeferenciado**.



Aquares

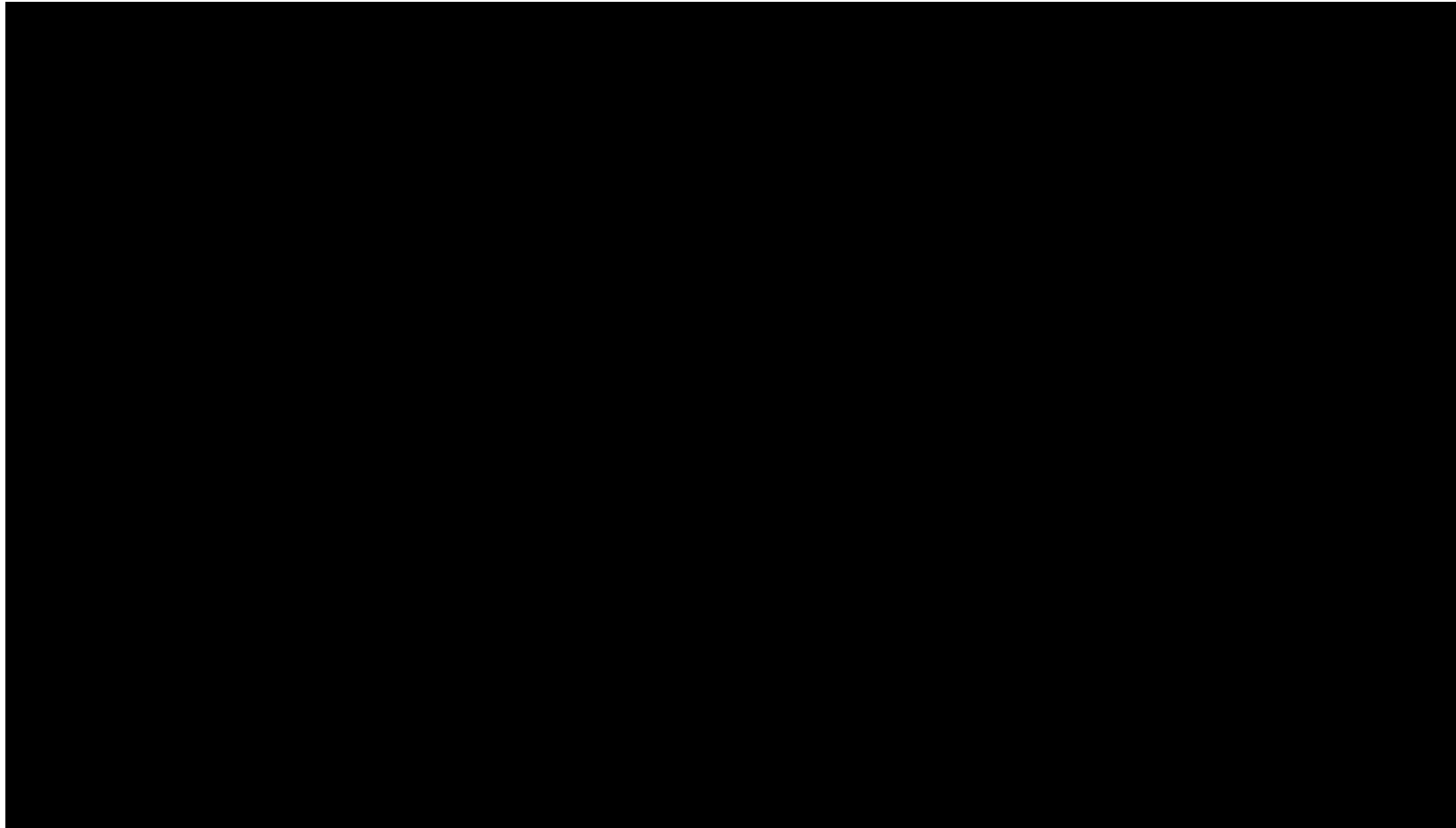




Aquares: cómo funciona



Escanear el subsuelo
Modelo 4D





Equipos Geofísicos



Manguera (protección conector)

Planta Eléctrica

Cables

CTD



Fuente de poder 6kVA (agua salada)

Fuente de poder 0.6kVA (agua dulce)



Electrónica



Aplicaciones

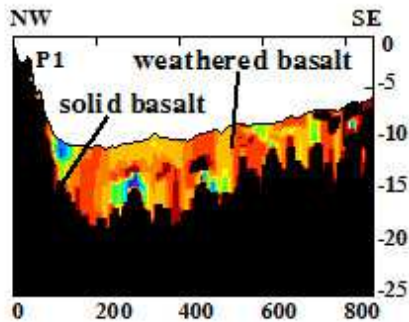
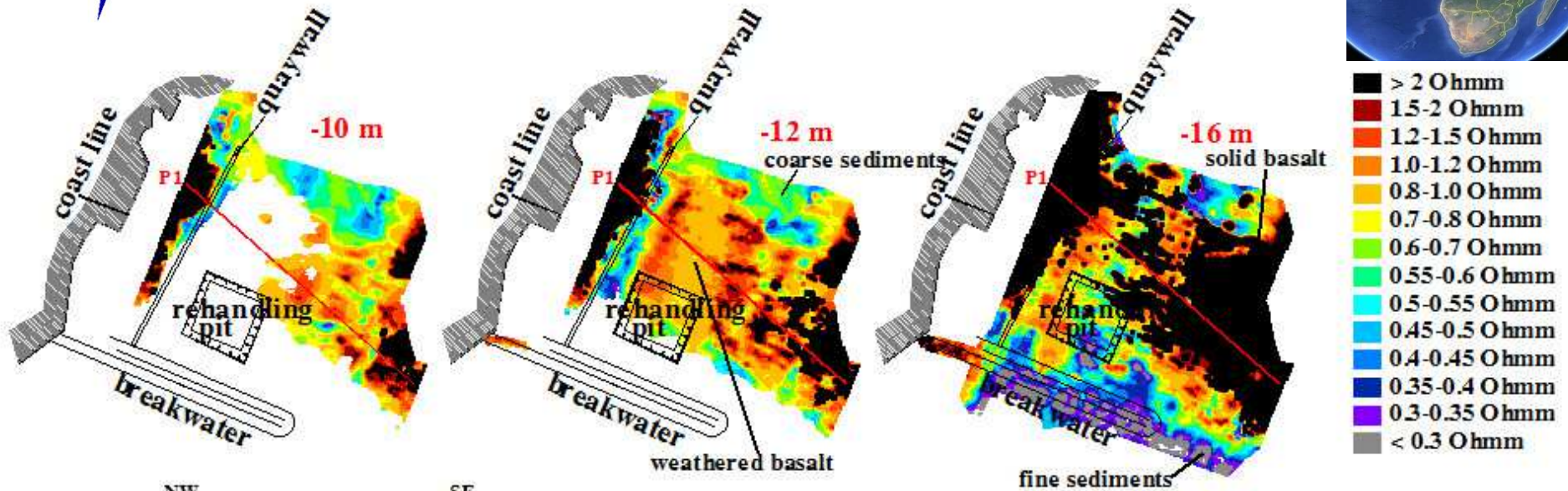
- Proyectos de dragado
- Diseños portuarios
- Exploración minera aluvial (grava / arena / oro / diamantes)
- Trazados de conductos

Características:

- Información
 - cuantitativa: espesores / profundidades de estructuras geológicas
 - cualitativa: calidad de roca /sedimento
- Penetración en grava
- Penetración en capa de roca
- Insensible a efectos “gas-masking” (enmascaramiento de gas)
- Buenos resultados en agua poco profunda
- **Genera modelos 4D**



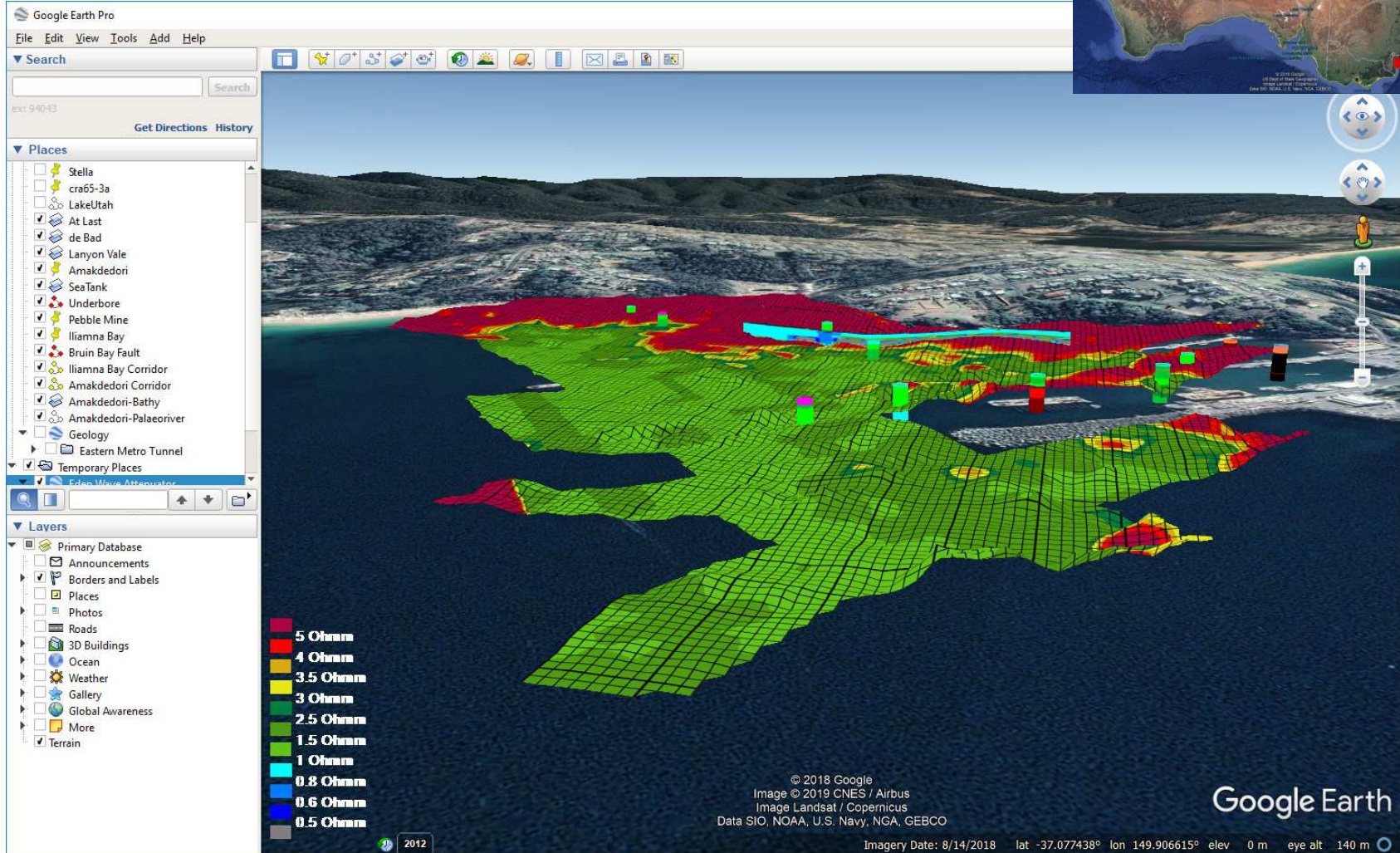
Puerto de Limbe, Camerún



Adaptando el diseño a las condiciones geológicas:
+/-50% de ahorros en construcción!



Port of Eden - Atenuador de olas



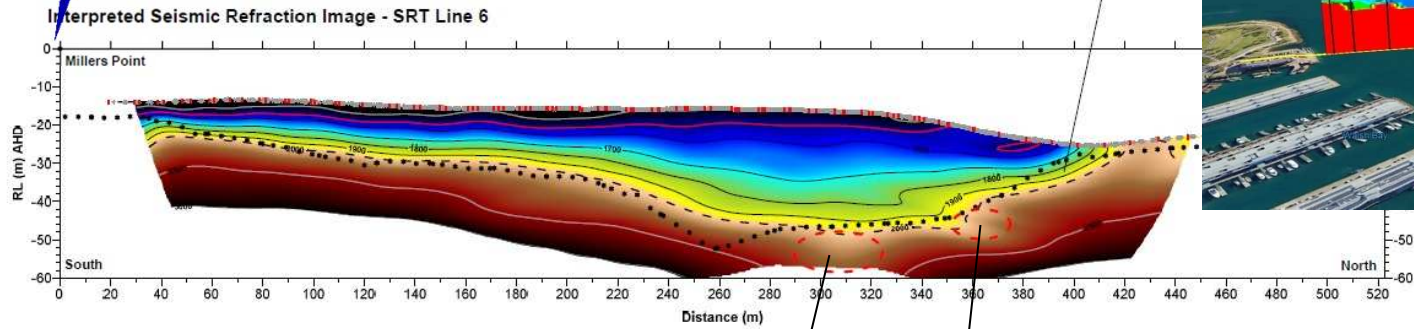
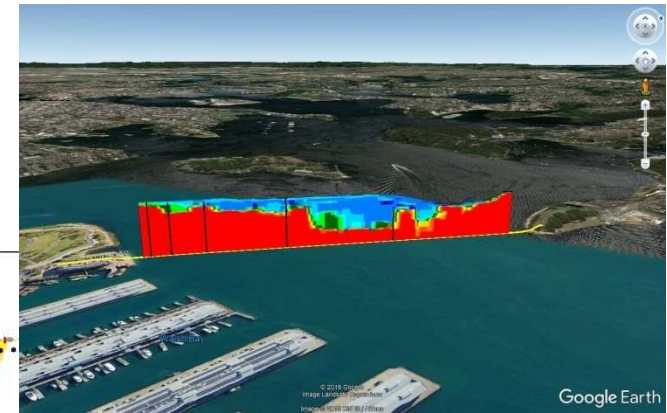
Costo del estudio Aquares: 92,000 \$

Ahorros estimados: 5,000,000 \$

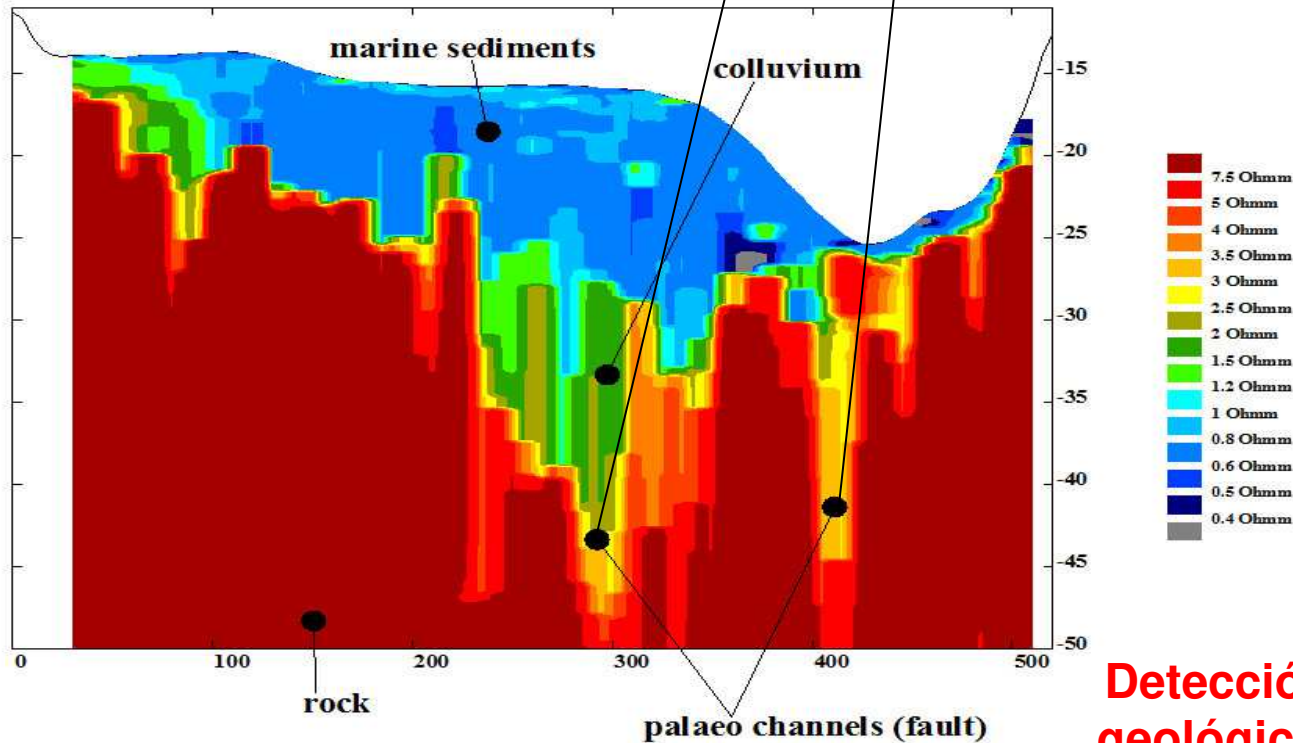


Sydney Bay Metro Works

Refracción sísmica



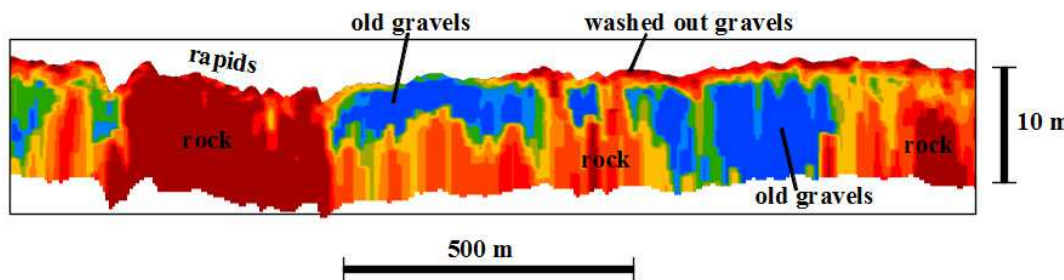
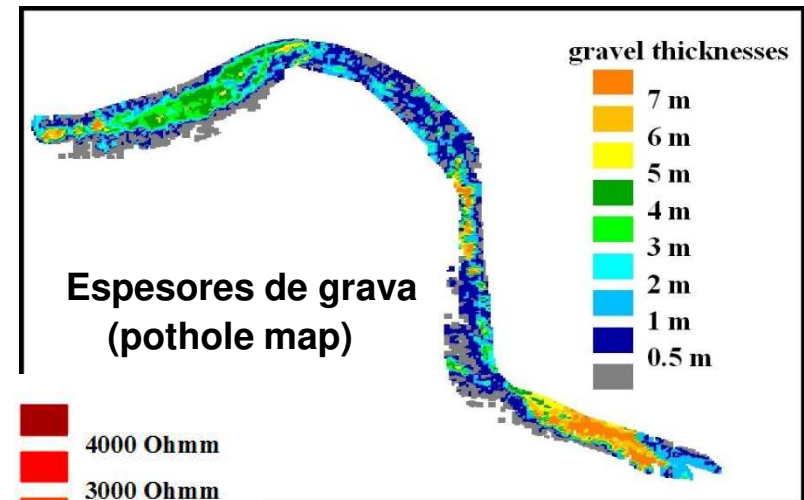
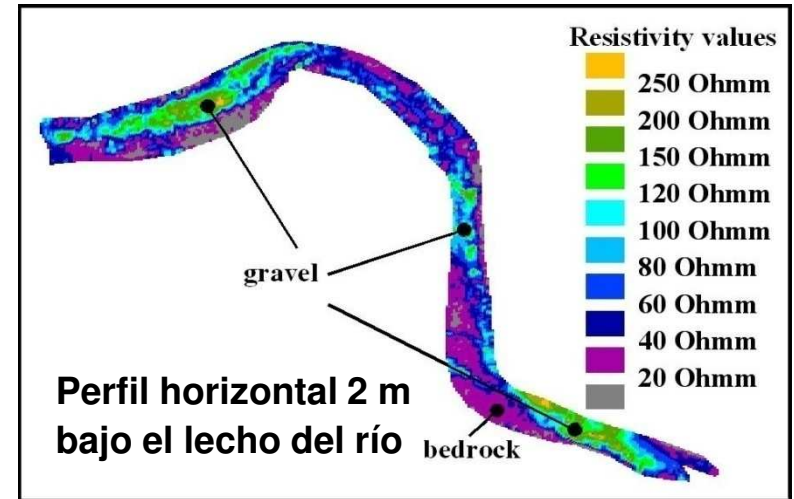
Aquares



Detección de estructuras geológicas problemáticas



Exploración de diamantes en el río Sankuru



Aumento de producción: 800%



Canal de Panamá

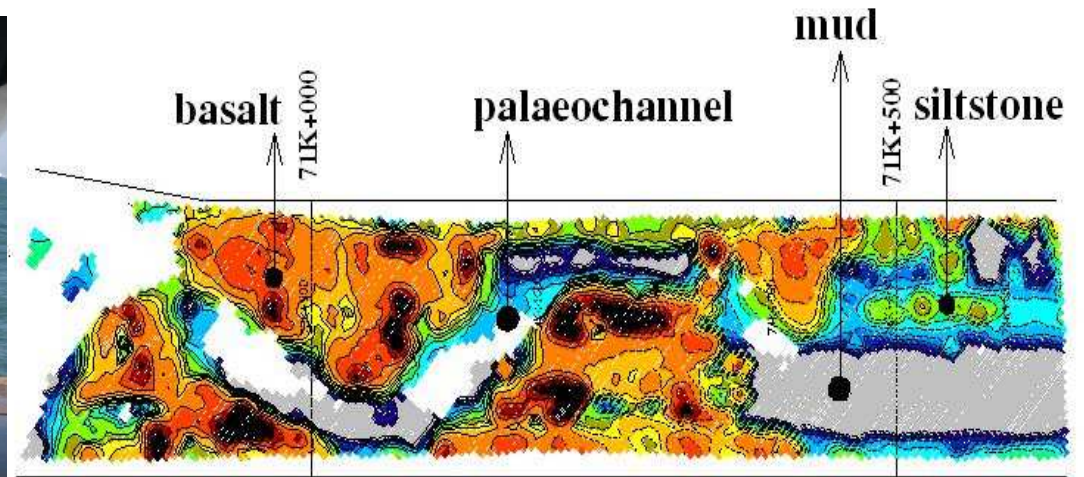
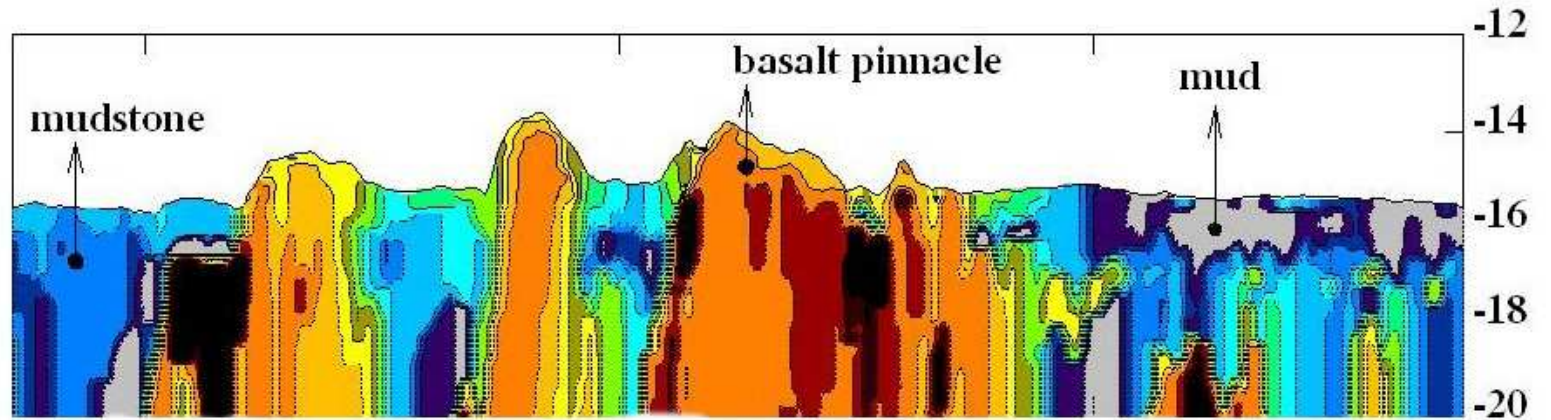


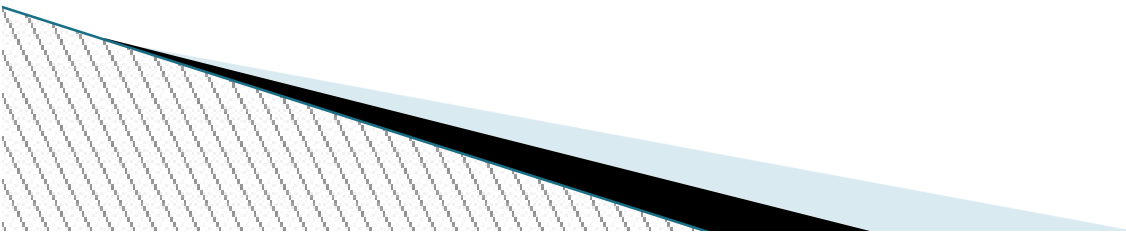
Chart Datum -14.8 m

Proyecto de dragado realizado a 30% del presupuesto de ACP!



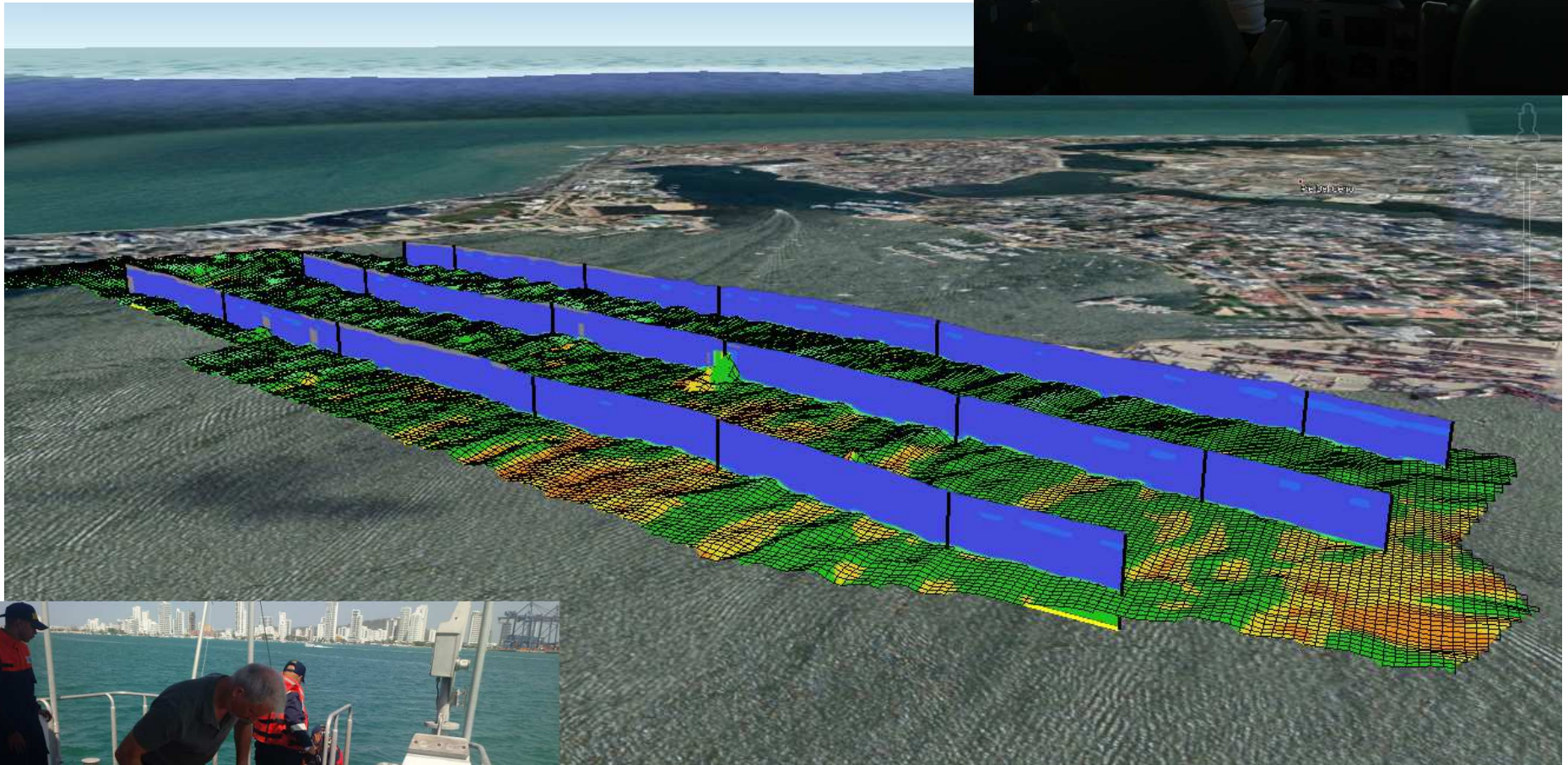
Aquares

Para que sirve en Colombia?





Dimar - Cartagena



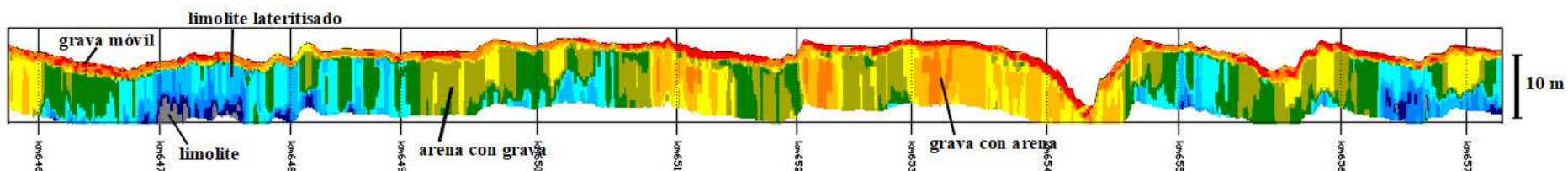


Rio Magdalena

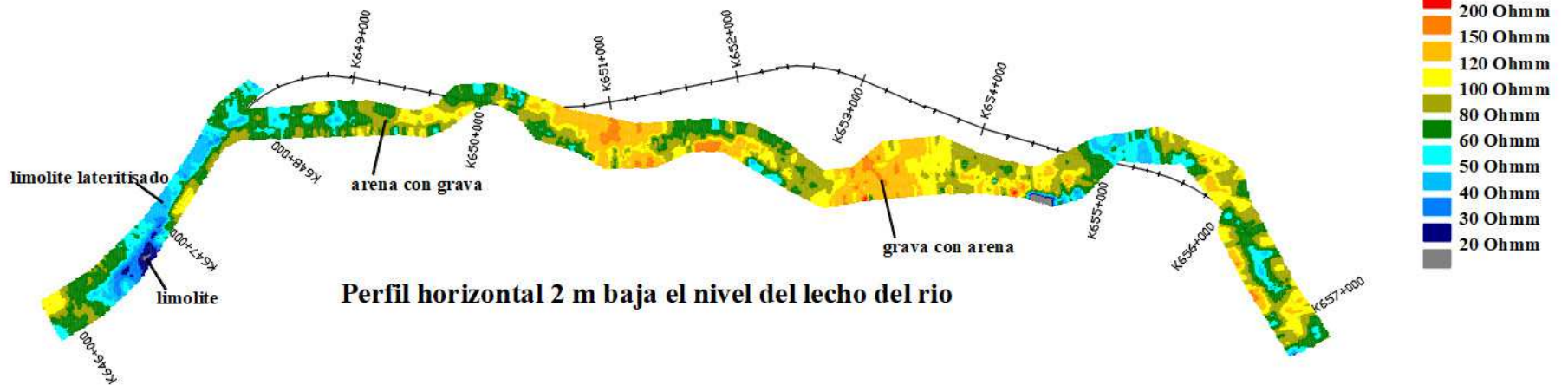
Barrancabermeja – Puerto Salgar



Formación Mesa: roca
arcillolites – lodolites – limolites
quartzites - conglomerados



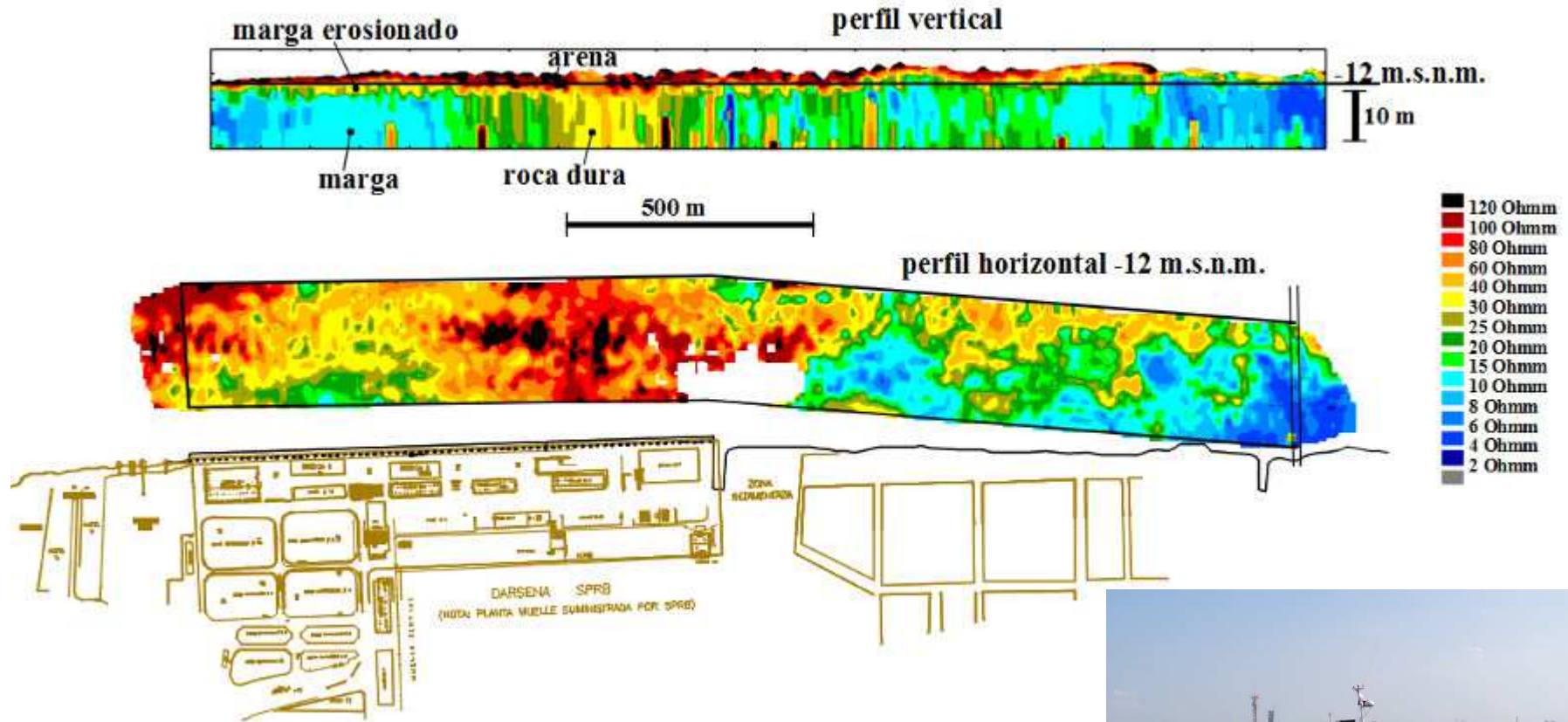
Perfil Vertical



Perfil horizontal 2 m baja el nivel del lecho del rio



Puerto de Barranquilla



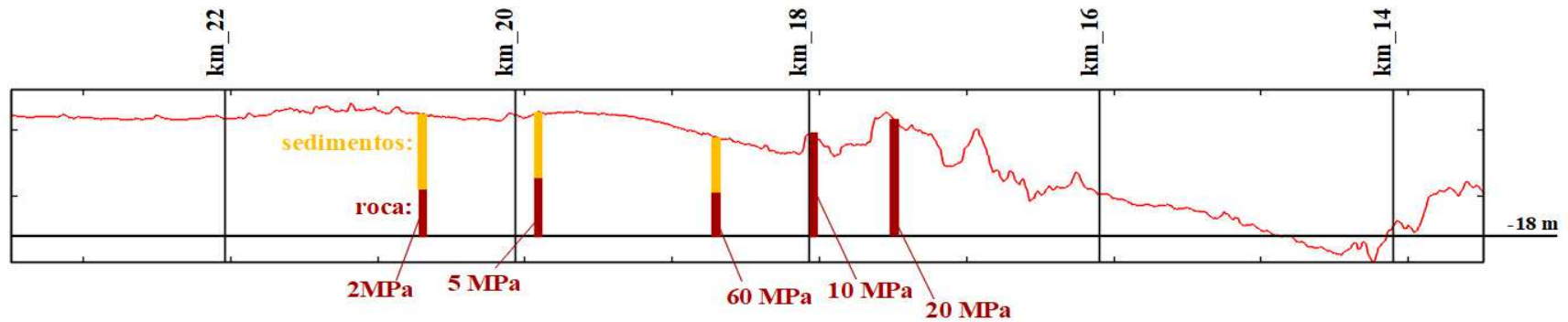
3DScanner





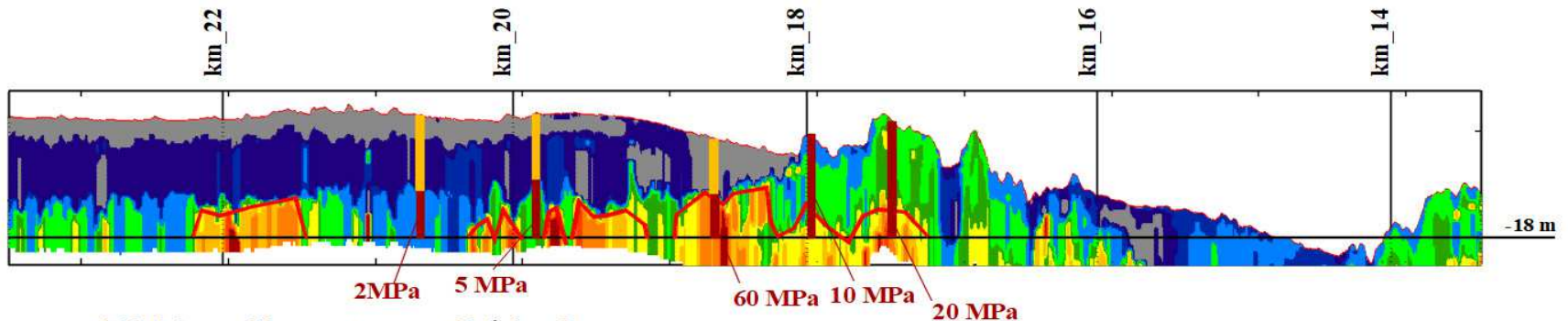
Proyecto de dragado Buenaventura

Estimación del presupuesto



30% sedimentos a 5 \$/m³
70% roca dura a 23 \$/m³

Promedio: 17.6 \$/m³



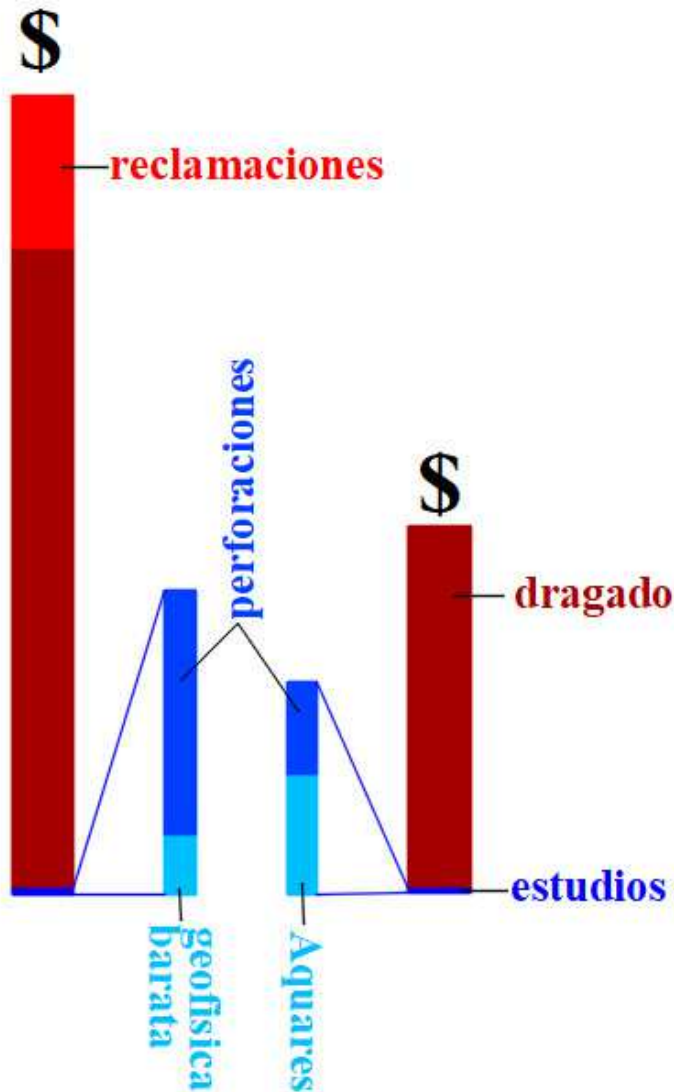
70% sedimentos a 5 \$/m³
25% roca a 13 \$/m³
5% roca dura a 23 \$/m³

Promedio: 7.9 \$/m³

Estimados ahorros: 34 millón \$



Economía de Aguas



Reducción en gastos de perforaciones

- reducción significativa de cantidad de perforaciones
- perforaciones solo para tomar muestras de estructuras geofísicas
- no hay necesidad de perforaciones para ubicar estructuras geológicas

Reducción de gastos de dragado/construcción

- diseños mas económicos
- reducción de riesgos geológicos

Evitar reclamaciones

- relacionadas con sorpresas geológicas

➔ **Mas económico!!!**





El Rheocable

Que es lodo fluido?

Cual es el problema?

Como manejar lodo fluido

Lodo fluido – lodo solido



Lodo fluido: se mueve con el corriente y la marea, navegable y no necesita dragar

Lodo solido: fijo, no es navegable, necesita dragar





Lodo fluido / Solido – estado físico

Suspended load

unhindered settling

Particulos en suspension

Sedimentación sin interferencia

----- water content $5W_L$

Fluid mud

hindered settling - flocculation

Particulos en suspension

Sedimentación con interferencia

Aerobic

Low yieldstress

Navigable

- floculación

- ambiente aeróbico

- **baja viscosidad**

- navegable

----- water content $2.5W_L$ ←rheological transition

Solid mud

consolidation

Anaerobic

High yieldstress

Not navigable

- Consolidación

- Ambiente anaeróbico

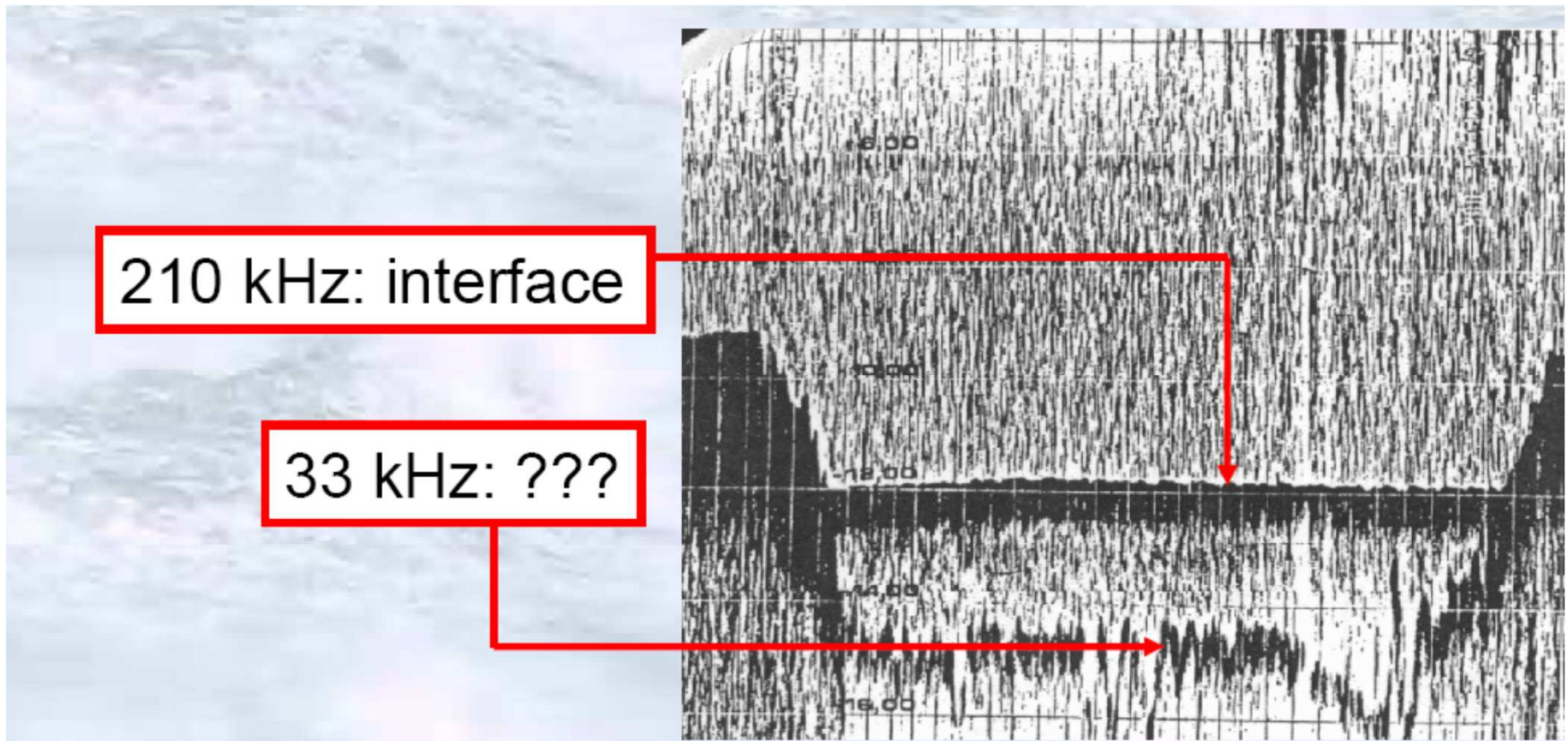
- **alta viscosidad**

- No navegable



Problemas de medición batimétrica Puerto de Zeebrugge

Resultados de ecosonda incorrectos!

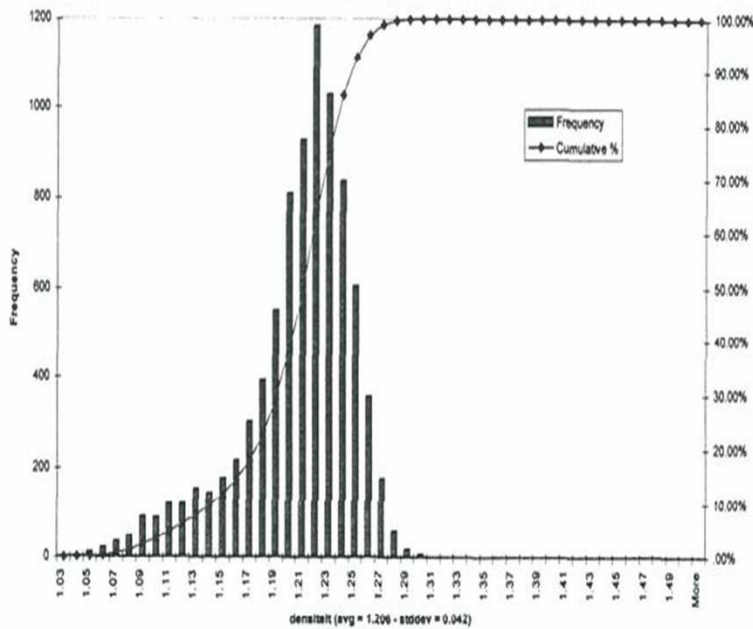




Diferencia entre lodo fluido y lodo solido

Observaciones en la tubería de dragado

Mixture Density Histogram

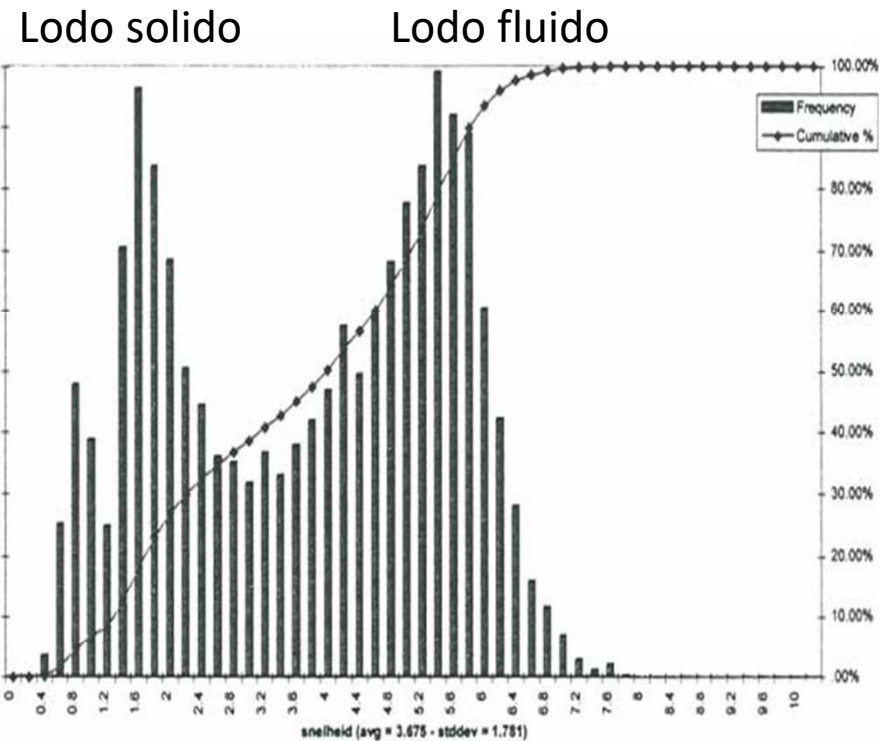


Histogram Densiteit

Sleepopperzuiger 2000m³ weken 47-48 1997 8494 samples

1 población de la densidad

Mixture Velocity Histogram



Histogram Mengselsnelheid

Sleepopperzuiger 2000m³ weken 47-48 1997 8494 samples

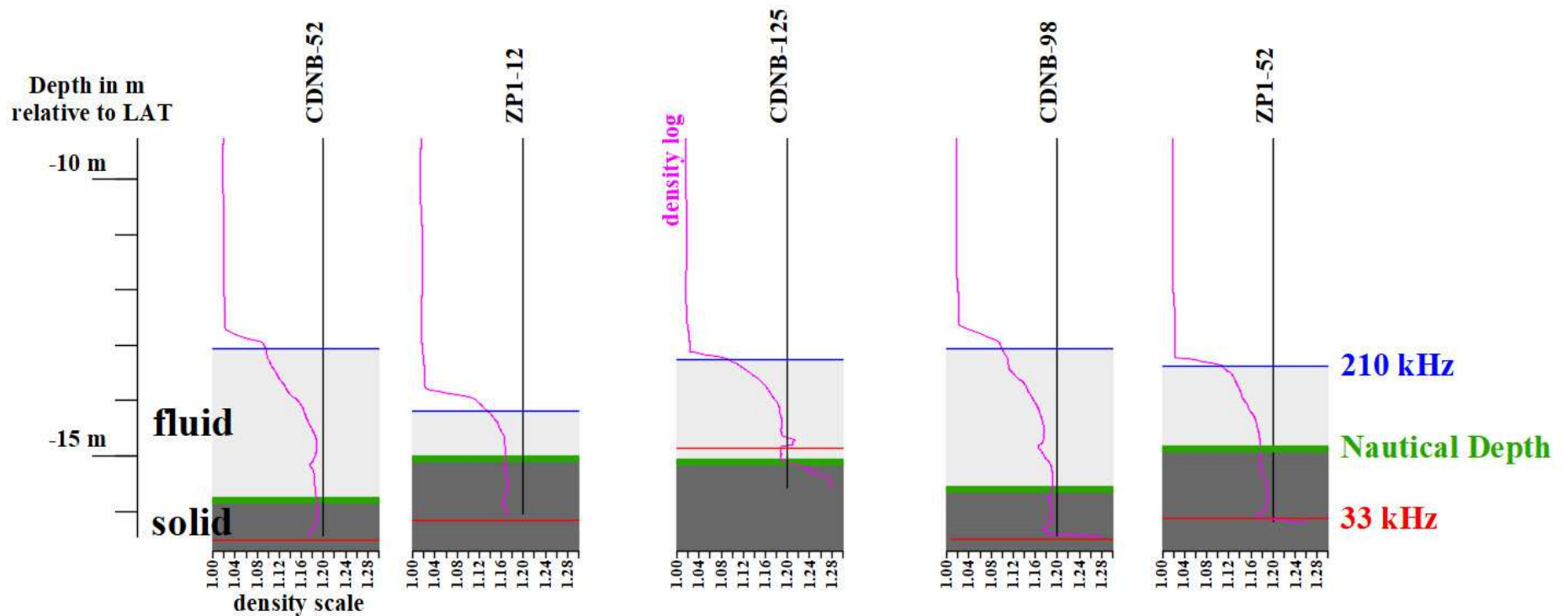
2 poblaciones de la velocidad (~viscosidad)

1 densidad – 2 viscosidades (fluido y solido)!



Mediciones de perfiles de densidad con sondas

Referencia: 1.2 densidad ???



Correlation between density log, echosounding depth and nautical depth

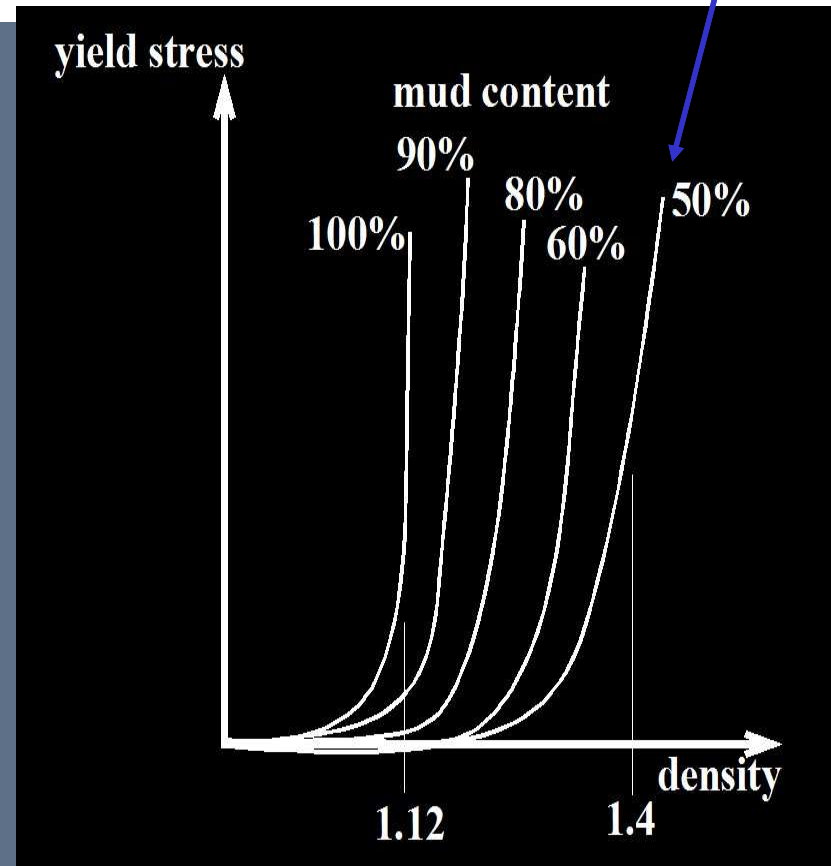
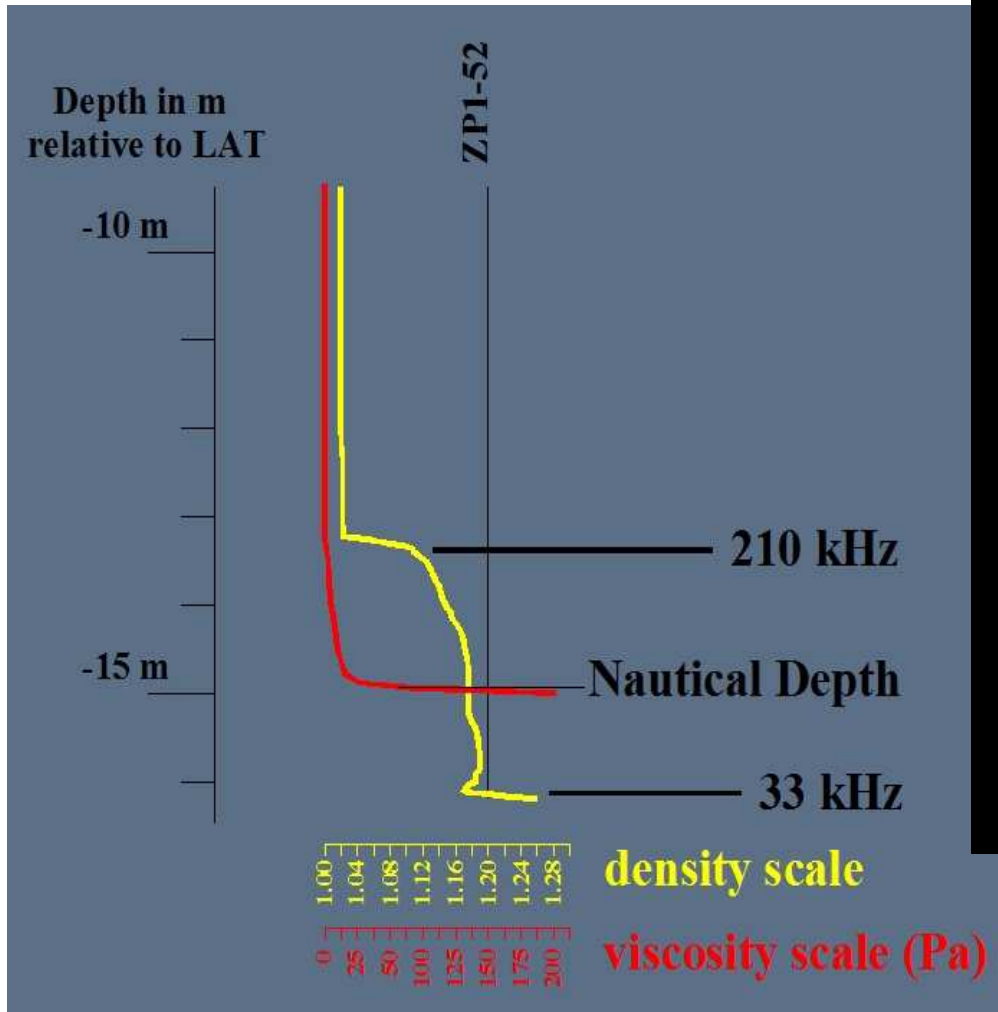
La densidad no es el parámetro para distinguir entre lodo fluido y lodo solido!



Mediciones de perfiles de densidad

Referencia: 1.2 densidad ???

Lodo con arena

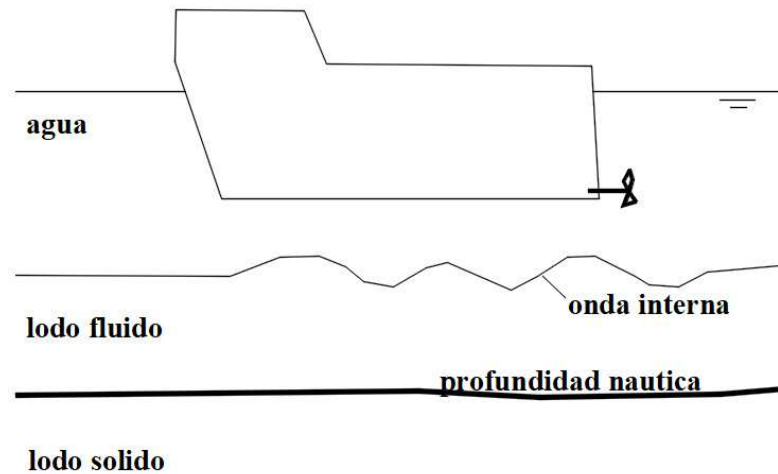
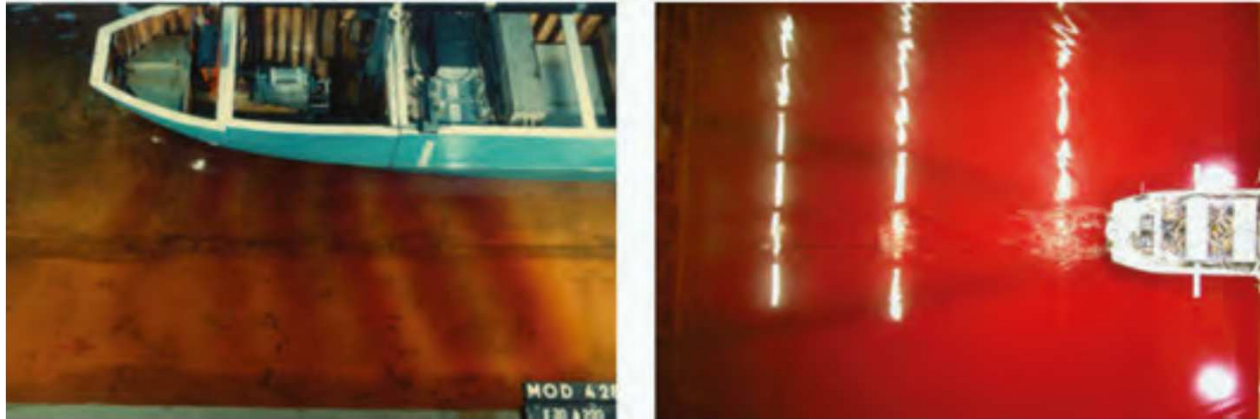


La viscosidad si es el parámetro para distinguir entre lodo fluido y lodo solido!



Problemas de maniobra náutica

Ondas Internas



Problema de maniobra: mayor parte de la energía de propulsión se pierde en la formación de ondas internas entre agua y lodo fluido!

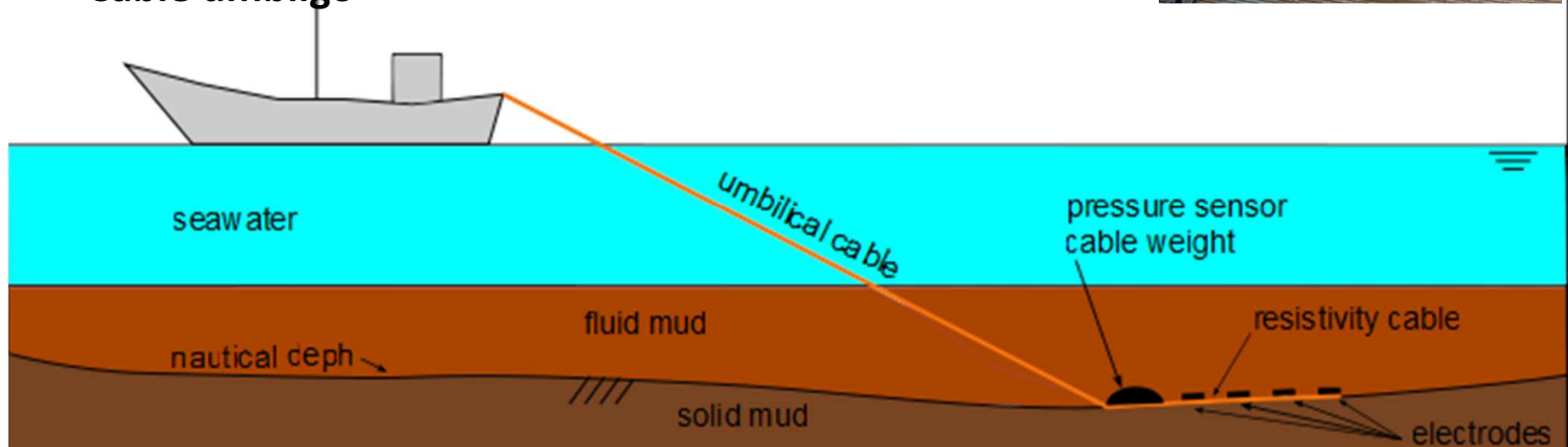
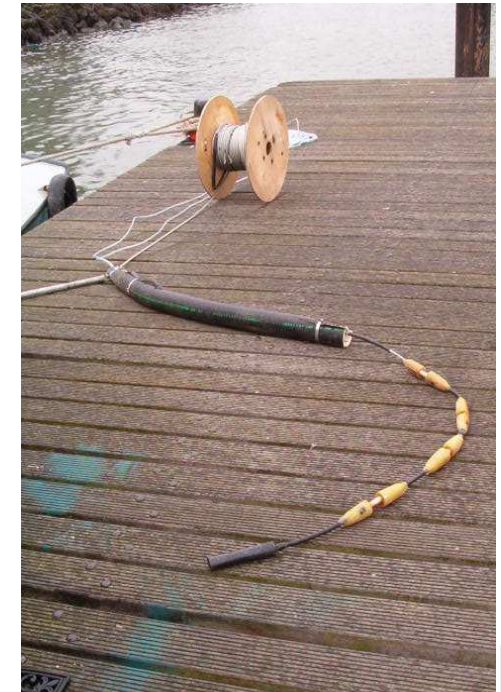


Mediciones continuas de viscosidad

El Rheocable

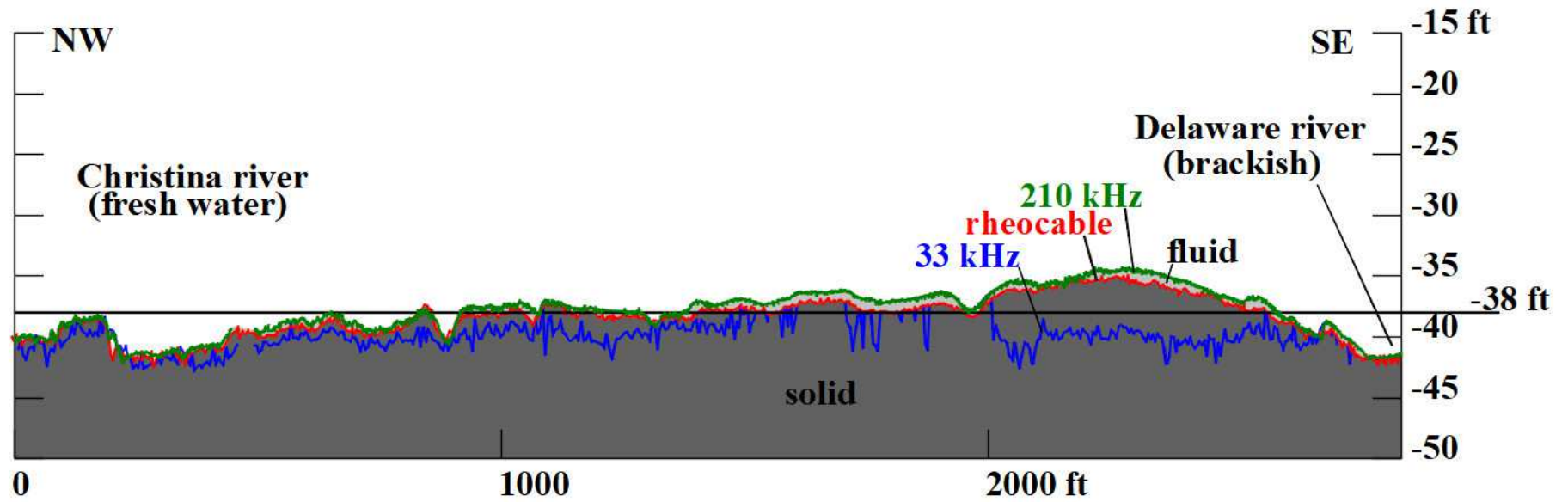
Elementos:

- Sensor de presión
- Plomo
- Cable de resistividad (95 cm) – control de contacto con el suelo
- Cable umbiligo



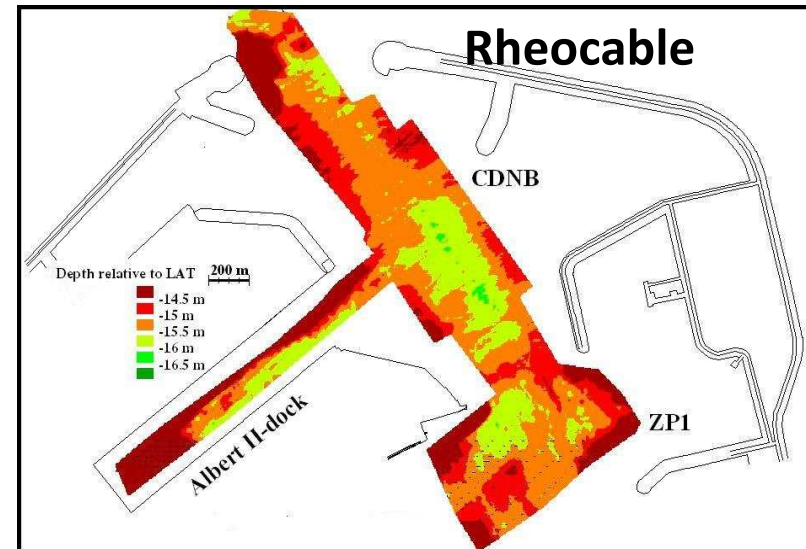
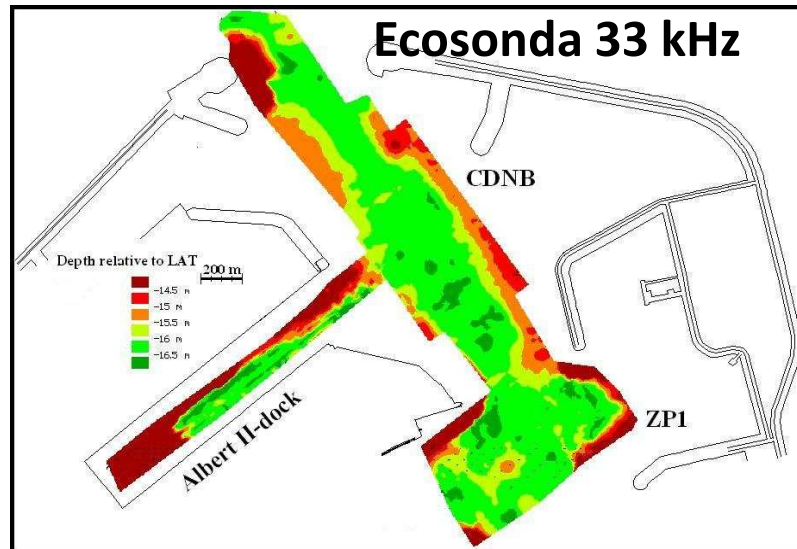
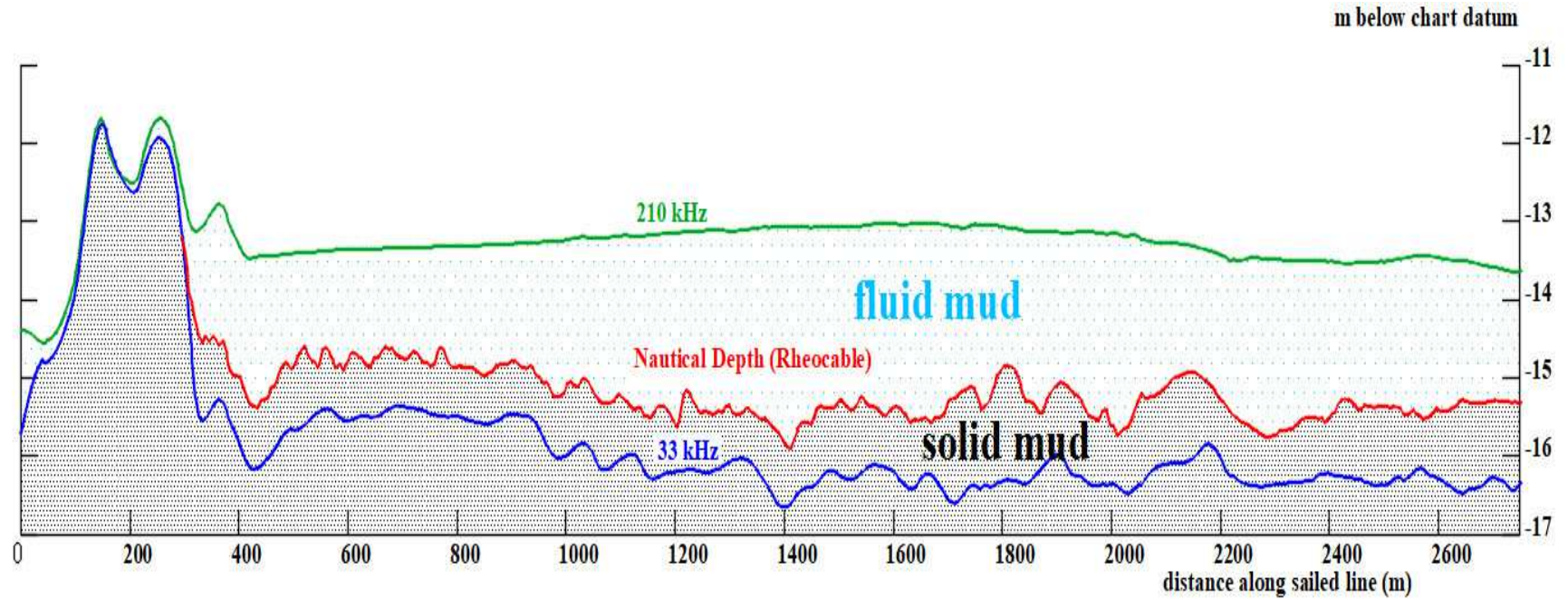


Ejemplo: Puerto de Wilmington



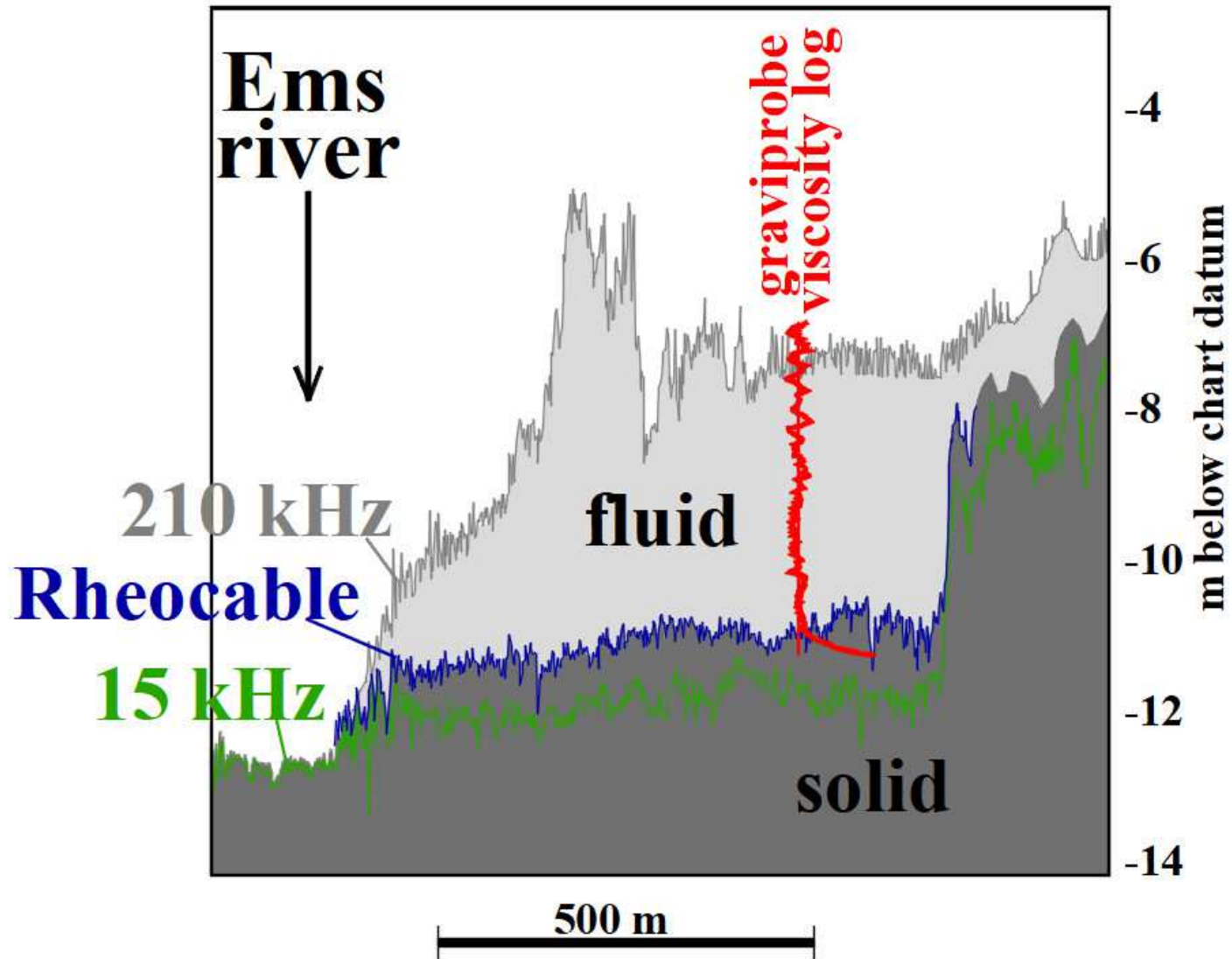


Ejemplo: Puerto de Zeebrugge





Ejemplo: Puerto de Emden





Bocas de Ceniza

Existe lodo fluido?

Observaciones:

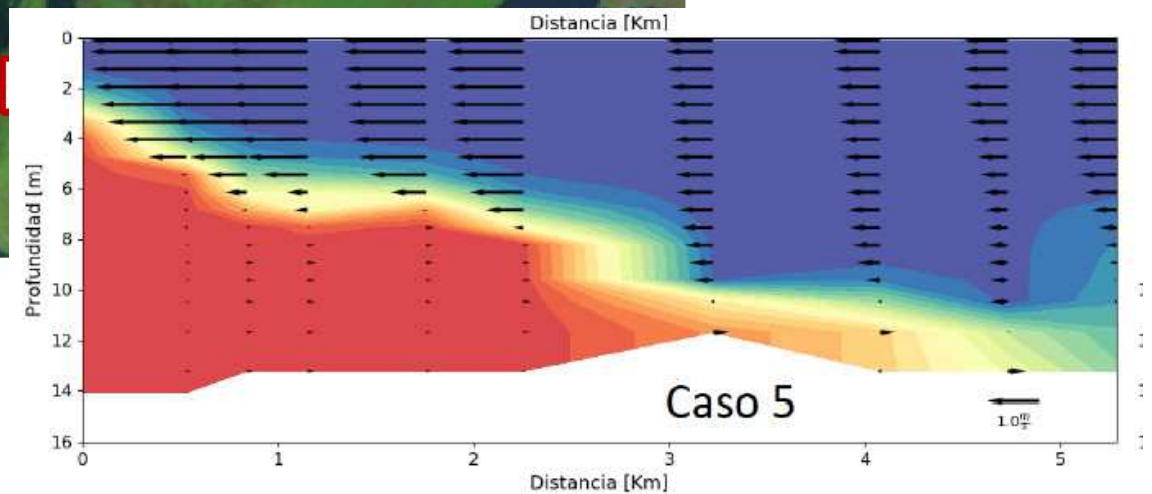
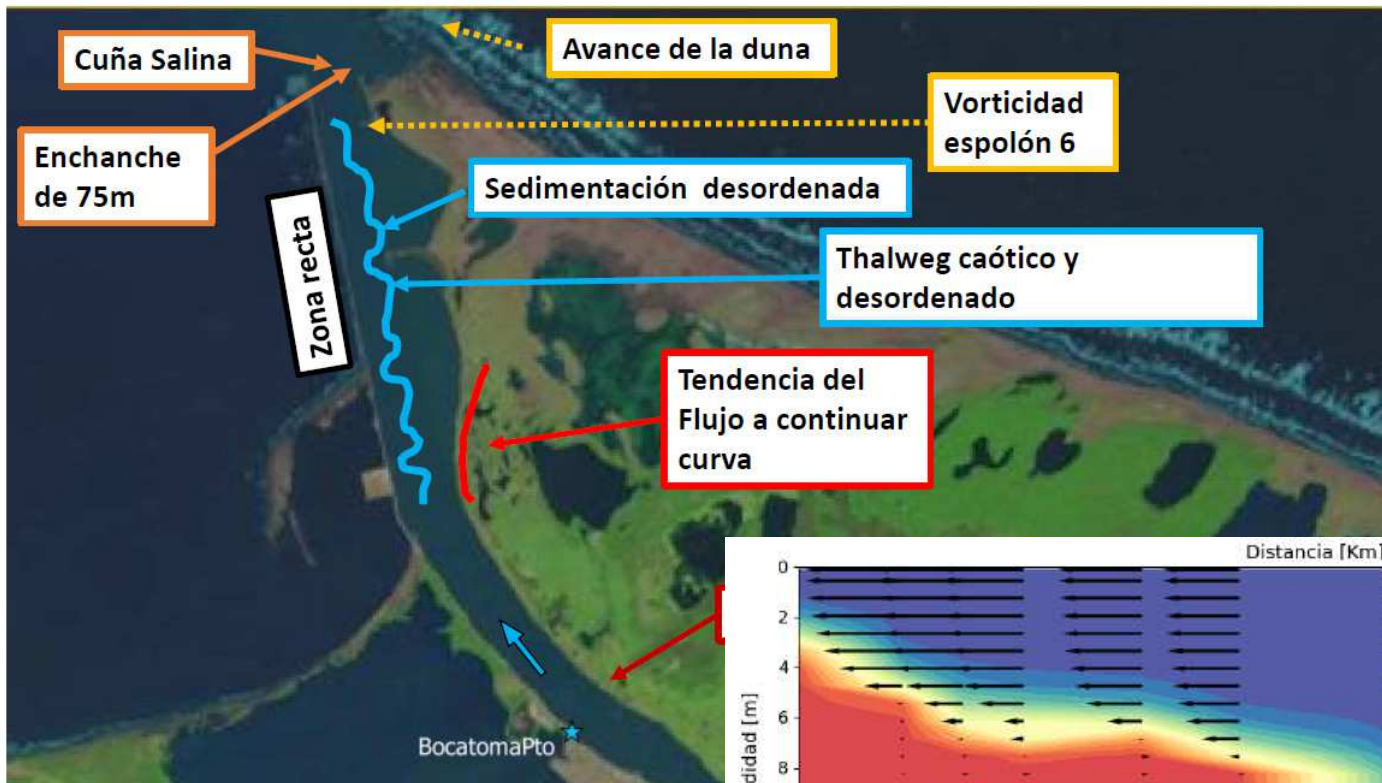
- Nunca ha sido estudiado – nadie lo ha mencionado
- Existe una cuña salina en contacto con agua dulce encima (-> posibilidades de flocculación y formación de una capa de lodo fluido)
- Encontraron zonas de sedimentación de lodo (CIIC)
- Un test con ecosonda de doble frecuencia encontró diferencias entre nivel de 33 kHz y 210 kHz (CIIC)
- Los pilotos prácticos del puerto de Barranquilla mencionan problemas ocasionales inexplicables de maniobra en Bocas de Ceniza (ondas internas?)



Bocas de Ceniza

Sedimentación desordenada?

EVOLUCIÓN, TENDENCIAS Y PROBLEMÁTICA BOCAS DE CENIZA





Importancia económica de las investigaciones

• ***Presupuesto de dragado 2020: 6.5 millón de dolares***

• ***Métodos alternativos de dragado:***

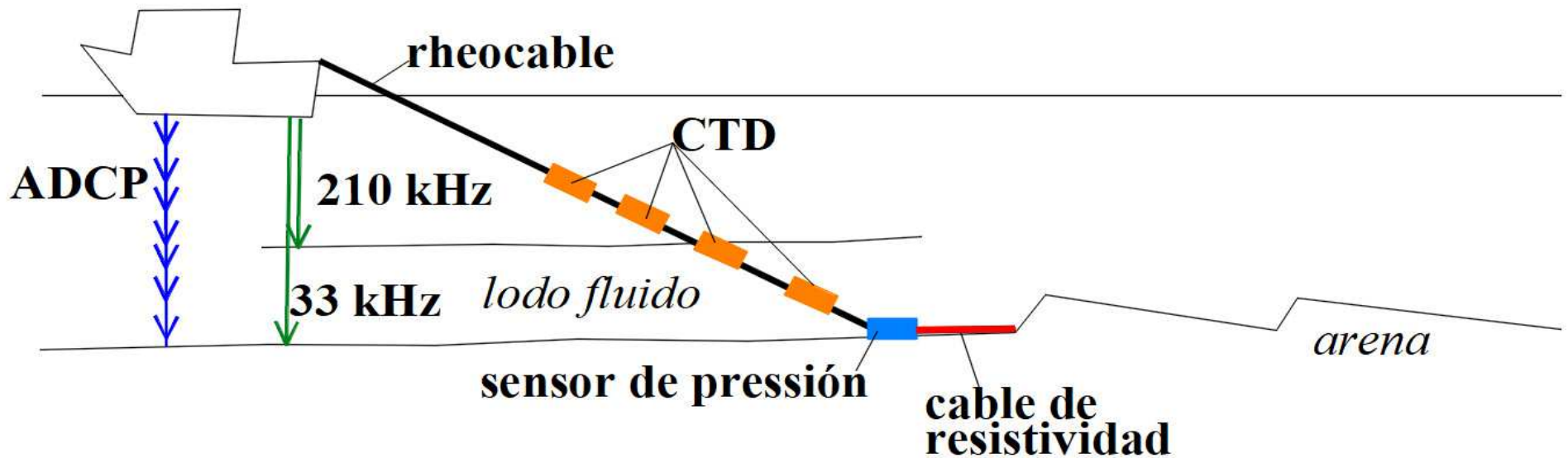
- Ejemplo: inyección de agua
- Cuesta 20% del metodo clásico

• ***Métodos alternativos de mediciones batimétricas:***

- Ecosonda doble frecuencia (para confirmar si hay lodo fluido o no)
- Rheocable
- Graviprobe



Dispositivo de medición



- *Ecosonda doble frecuencia: detectar si existe lodo fluido*
- *ADCP: cambios verticales de la velocidad del corriente*
- *Rheocable: medir batimetría correcta interfaz lodo fluido/sólido
presencia y espesor de lodo fluido
variaciones verticales de la conductividad
variaciones geológicas del fondo del río*
- *Aquares: modelo 3D de la geología*



**Aquares
Rheocable**

Muchas gracias!

Preguntas?

**dr. ir. Peteralv Brabers
Capitán de Navío Juan Carlos Gómez (Oceanógrafo)
www.demco-surveys.com**