

INGENIERÍA DE TSUNAMIS

PARA APLICACIONES PORTUARIAS



Charla
Seminario de Ingeniería y Operaciones Portuarias
Talcahuano, 8 Noviembre 2018





MAURICIO REYES
Ingeniero Civil, MSc.



PATRICIO WINCKLER
Ingeniero Civil, PhD



RAFAEL ARANGUIZ
Ingeniero Civil, PhD



IGNACIO SEPÚLVEDA
Ingeniero Civil, PhD..

EXPLORACIÓN

MERCANCÍA

EMBARCACIÓN

MAQUINARIA

TRANSPORTE

ACCESOS

URBANAS

AMBIENTALES

JURÍDICAS

SOCIALES

ATMOSFÉRICAS

TEMPERATURA

PRESIÓN
ATMOSFÉRICA

NUBOSIDAD

VIENTO

HIDROLÓGICAS

PRECIPITACIÓN

EVAPORACIÓN

ESCORRENTÍA

MARÍTIMAS

NIVEL MEDIO MAR

OLEAJE

ONDAS LARGAS

TSUNAMIS

MAREA
ASTRONÓMICA

MAREA
METEOROLÓGICA

CORRIENTES

MORFOLÓGICAS

TOPOGRAFÍA

BATIMETRÍA

SUELOS

SEDIMENTOS

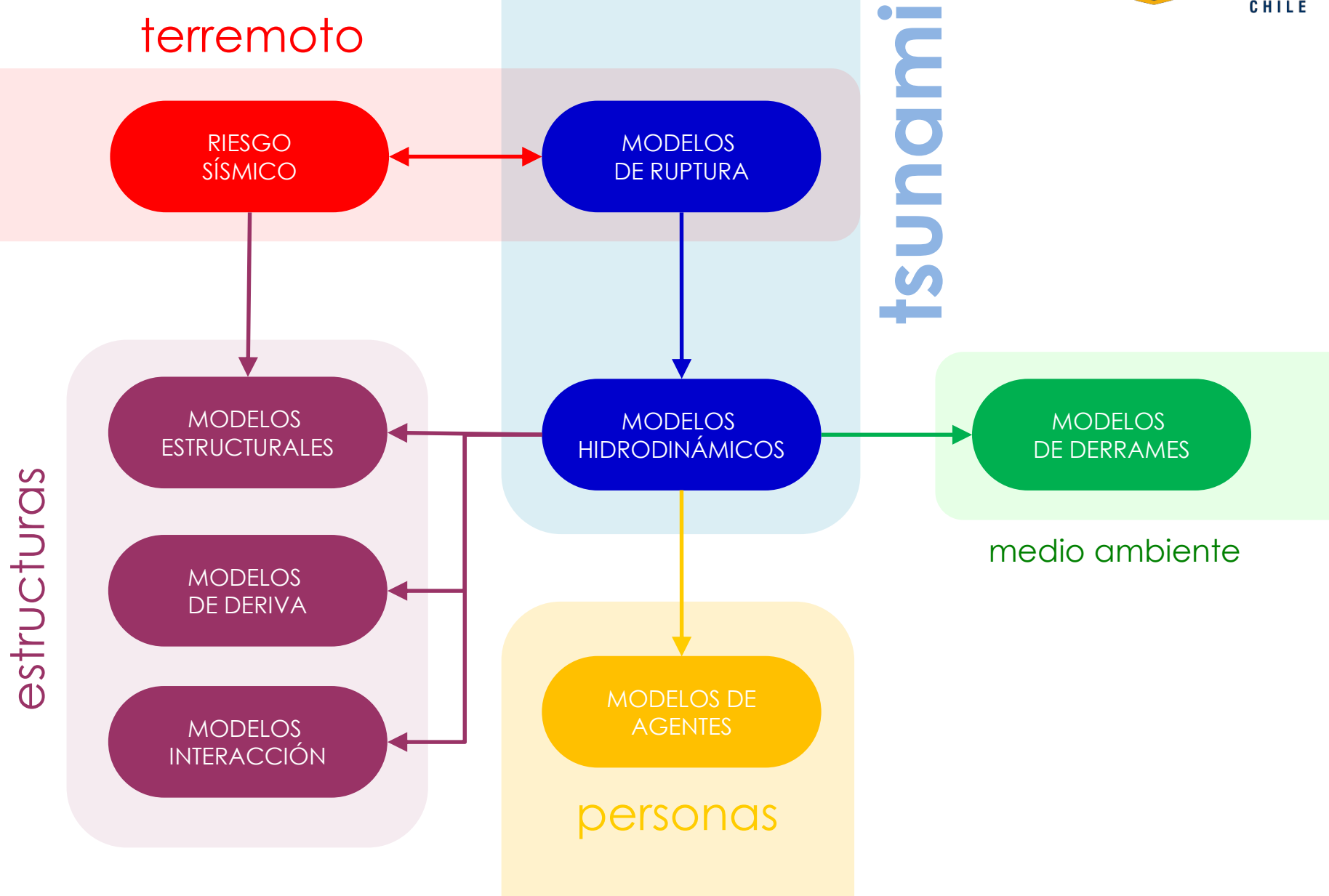
MORFODINÁMICA

SISMOS

TECTÓNICA

**VARIABLES
DISEÑO MARÍTIMO**



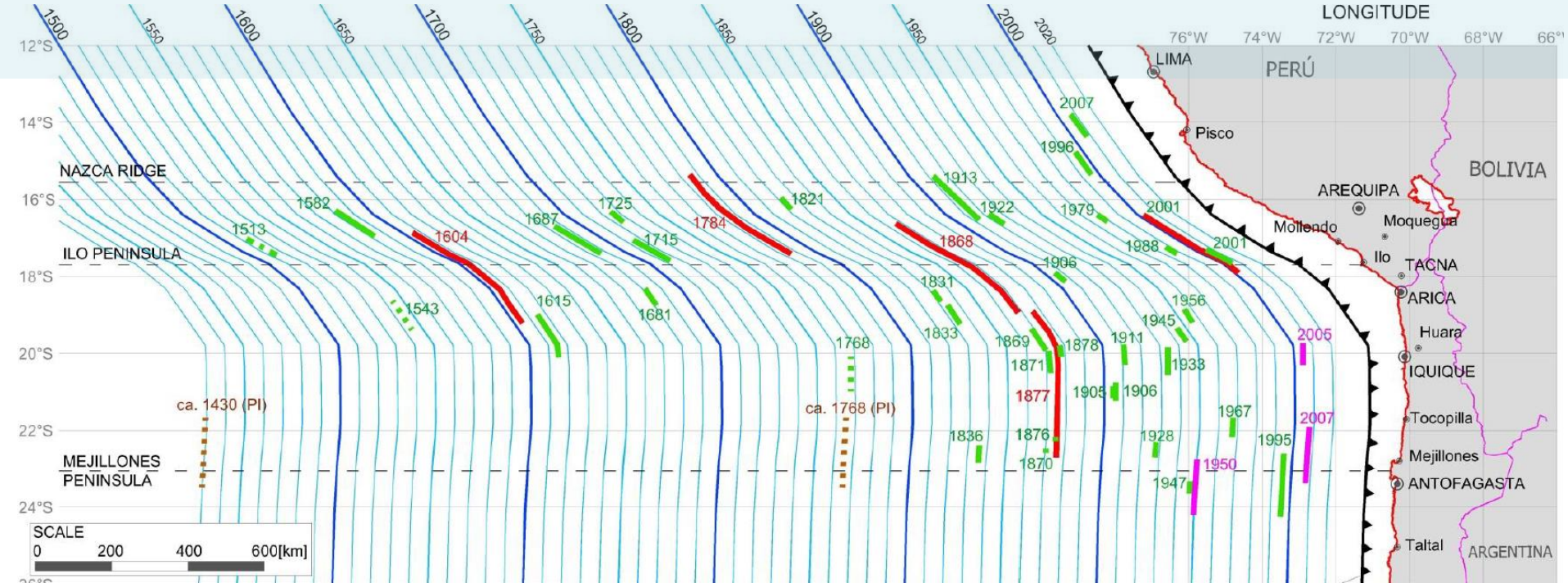


MODELOS DE RUPTURA !



Charla
Seminario de Ingeniería y Operaciones Portuarias
Talcahuano, 8 Noviembre 2018





HISTORIA

PALEOSISMOLOGÍA

TESTIMONIOS

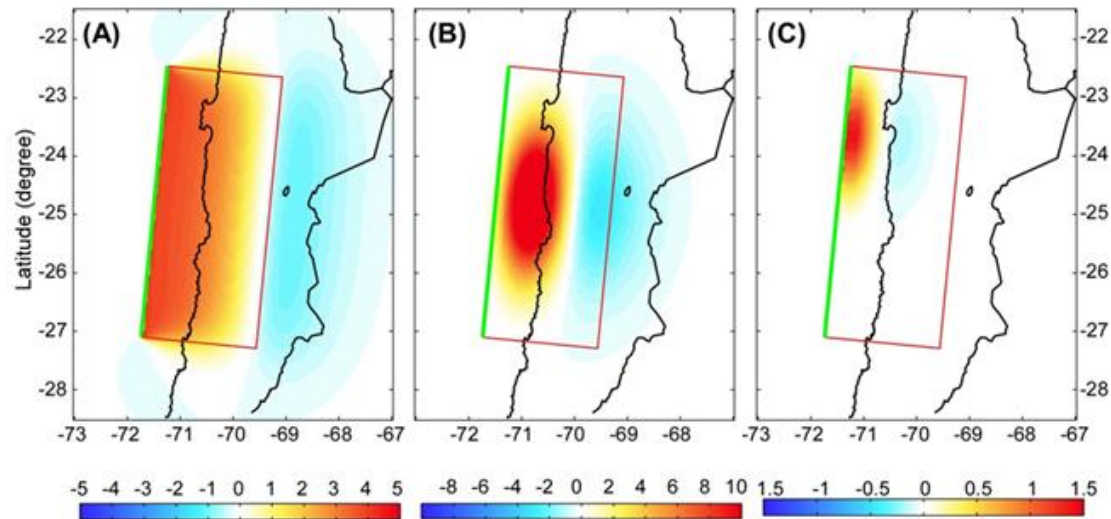
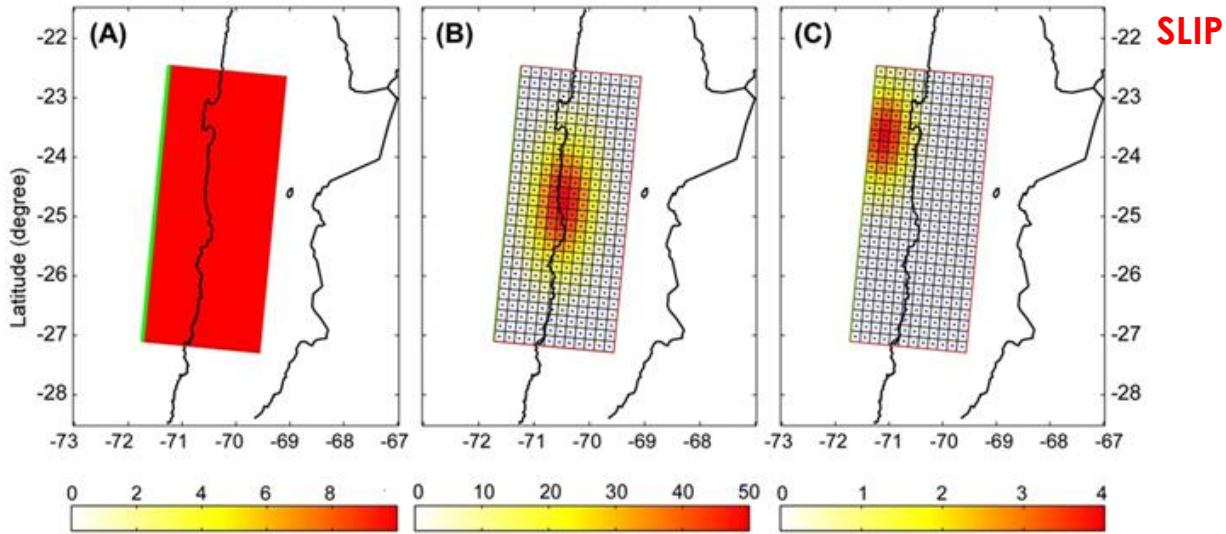
LEVANTAMIENTOS POST-TSUNAMI

GPS

REGISTRO SÍSMICO (CHILE)

REGISTRO SÍSMICO (DISTANTE)

MODELACIÓN

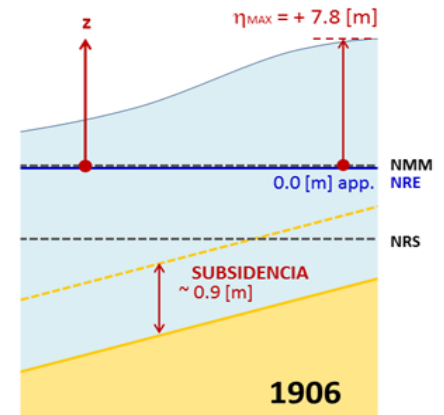
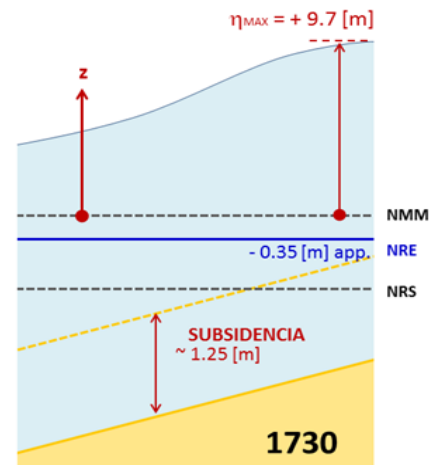
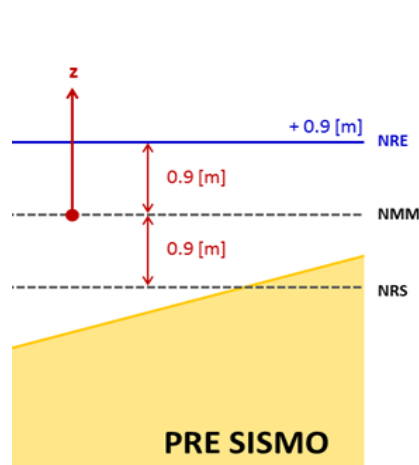
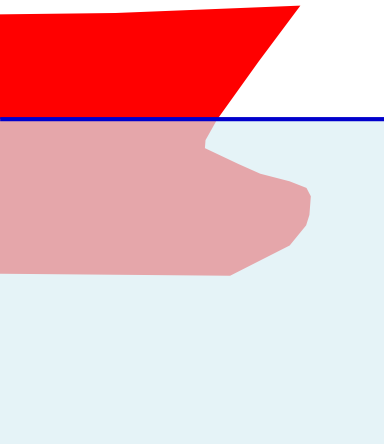








SOLEVANTAMIENTO PÉRDIDA DE CALADO



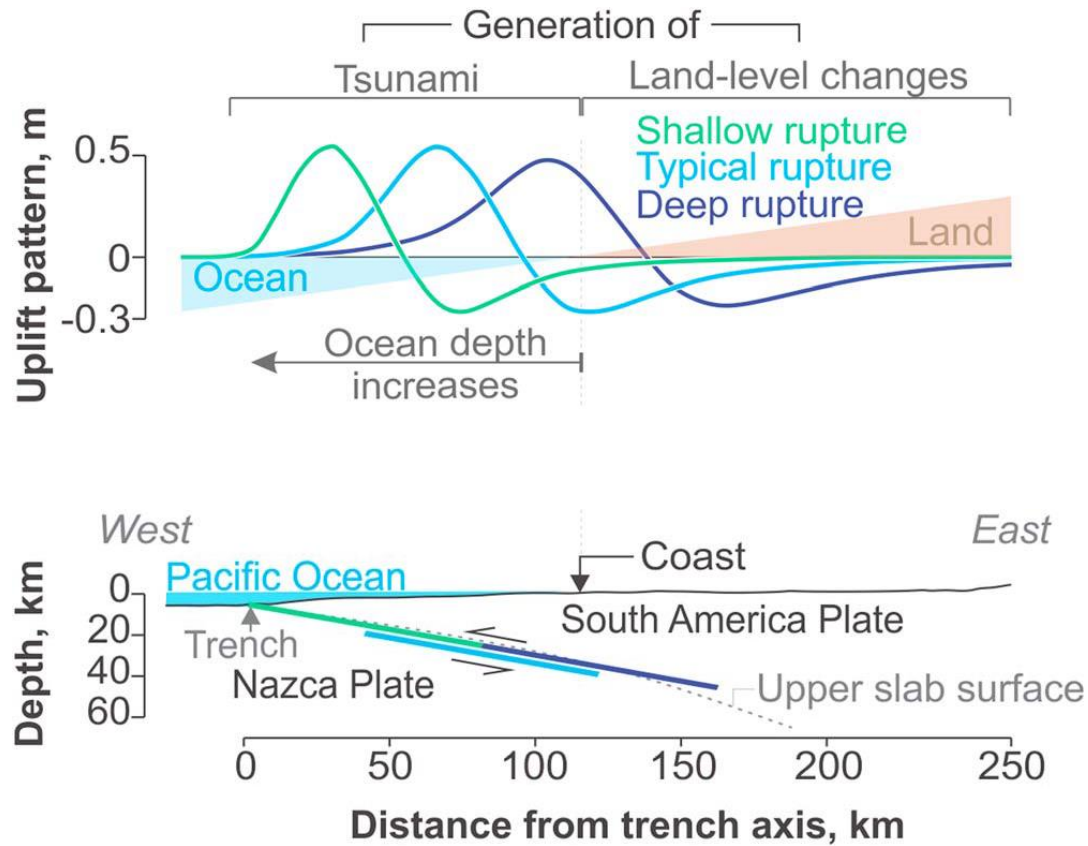
SUBSIDENCIA



SUBSIDENCIA



SUBSIDENCIA ↓ ↓ ↑ **SOLEVANTAMIENTO**



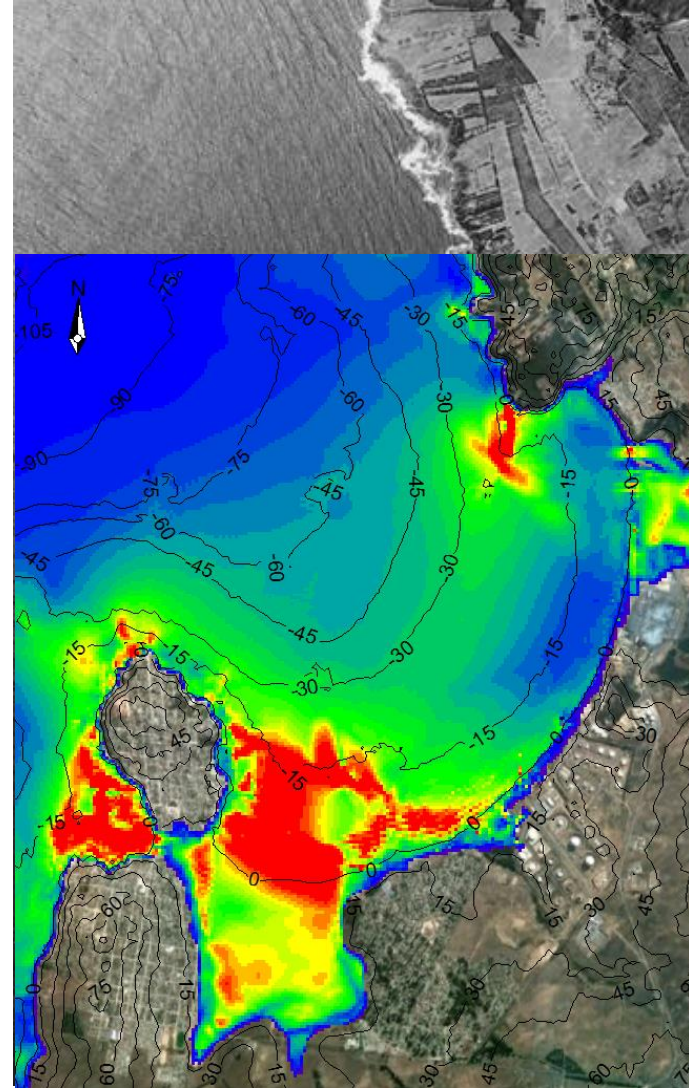
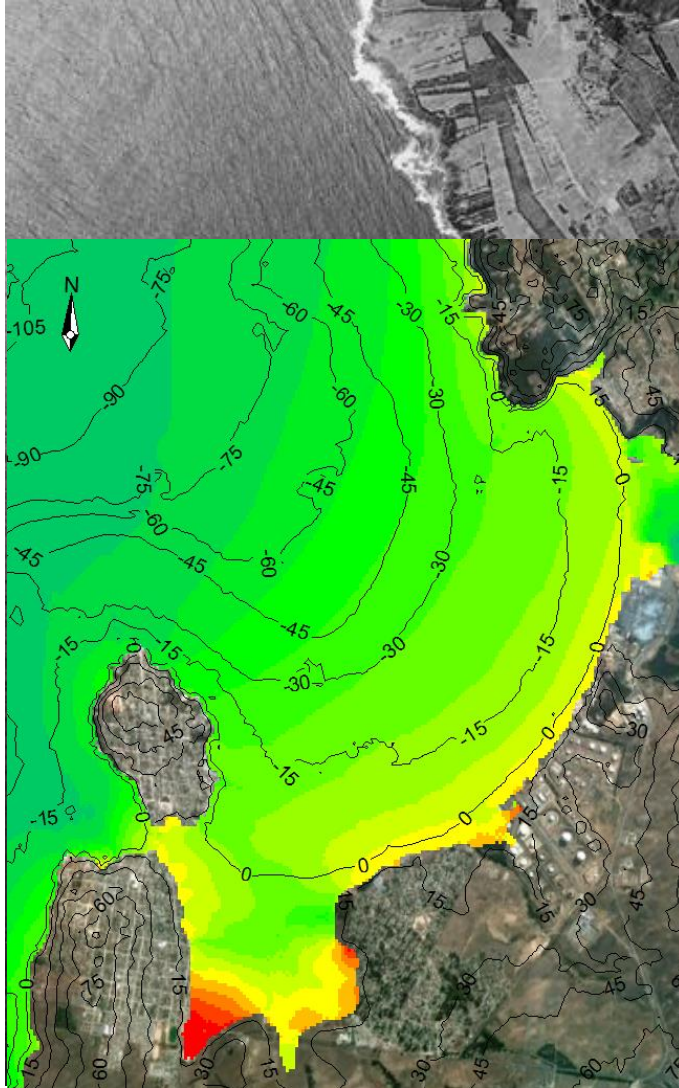
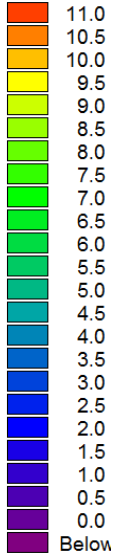
MODELOS HIDRODINÁMICOS !



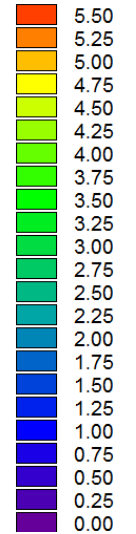
Charla
Seminario de Ingeniería y Operaciones Portuarias
Talcahuano, 8 Noviembre 2018

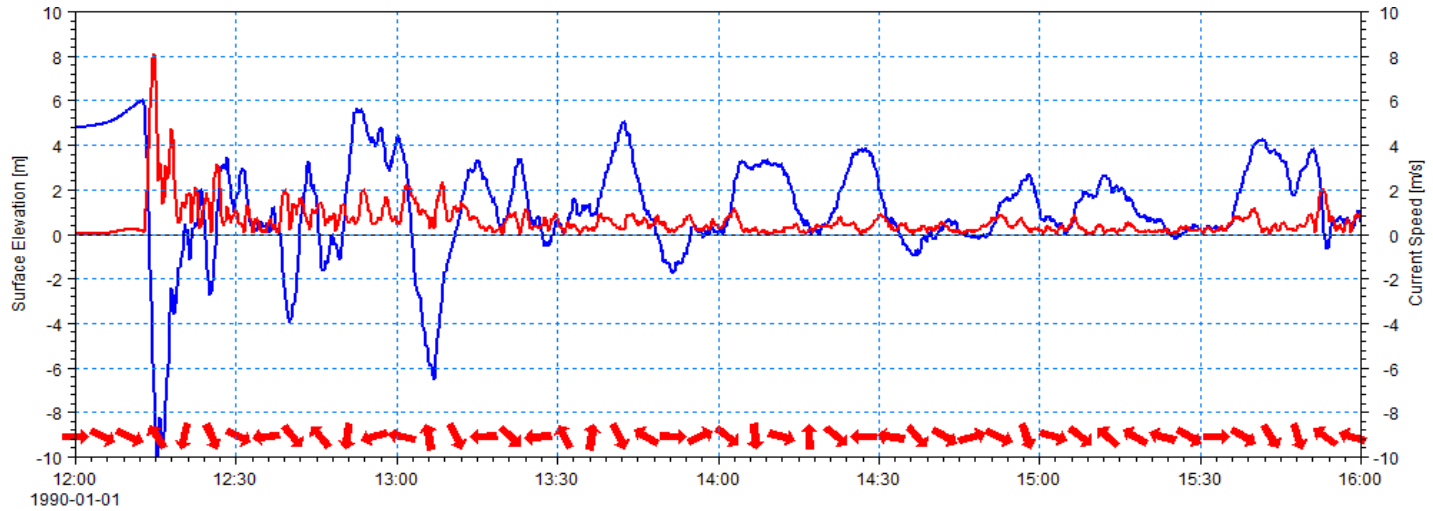


1730
MÁXIMA
ELEVACIÓN
(m)



1730
MÁXIMA
VELOCIDAD
(m/s)





FUERZAS hidrodinámicas



HYDROSTATIC FORCES

Hydrostatic force $F_h = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot b \cdot h_w (2 \cdot d - h_w)$

Buoyancy $F_b = \gamma \cdot V_d$

HYDRODYNAMIC FORCES (HORIZONTAL)

Drag $F_d = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot b (d \cdot u^2)_{\text{máx.}}$

Wave impact $F_I = 1,5 \cdot F_d$

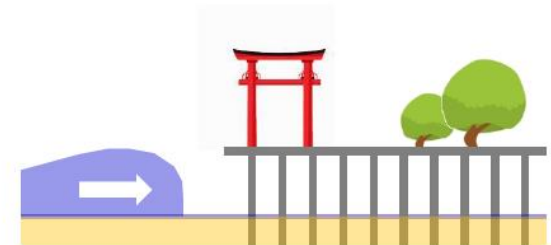
Debris impact $F_{IF} = 500 \times \left(\frac{Ub}{\Delta t} \right)$

Piling up of debris $F_{dd} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot B_d \cdot (d \cdot u^2)_{\text{máx.}}$

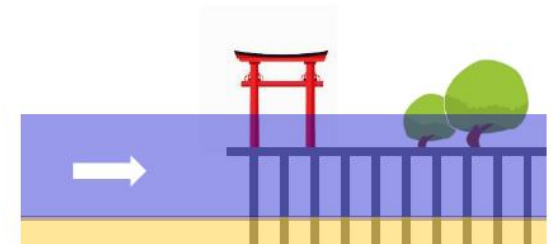
HYDRODYNAMIC FORCES (VERTICAL)

Lift $F_u = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_u \cdot A_f \cdot (u \cdot \tan \alpha)^2$

Surcharge $f_{sg} = \gamma \cdot h_t$



Initial impact
Wave impact
Debris impact

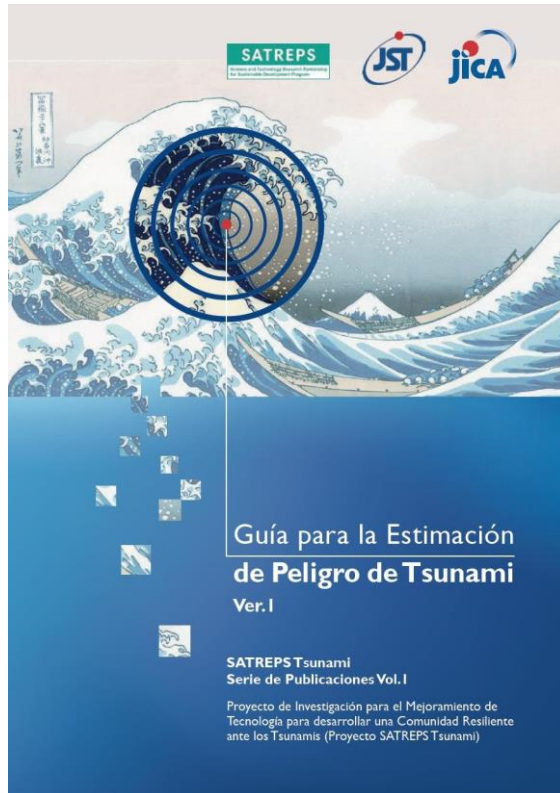


Post impact
Hydrostatic force
Buoyancy
Drag
Piling up of debris
Lift
Surcharge

Diseño estructural para edificaciones en áreas de riesgo de inundación por tsunamis o seiche

Ministerio de Vivienda y Urbanismo

NTM
007



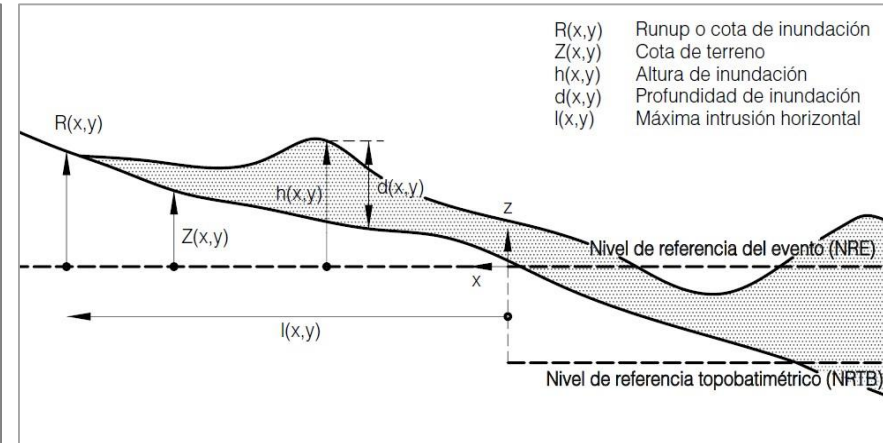
NORMA
CHILENA

NCh
3363

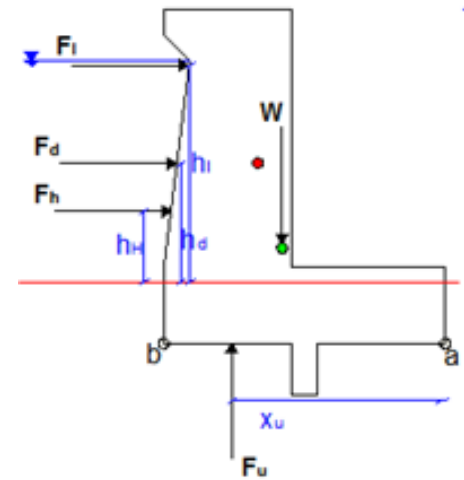
Primera edición
2015.03.24

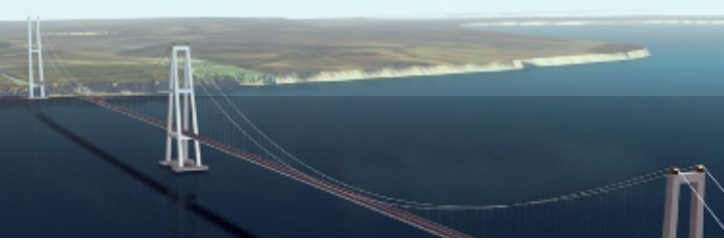
Diseño estructural — Edificaciones en áreas de riesgo de inundación por tsunamis o seiche

Structural design - Buildings in risk areas of flooding due tsunamis or seiche



INSTALACIONES
INDUSTRIALES ?



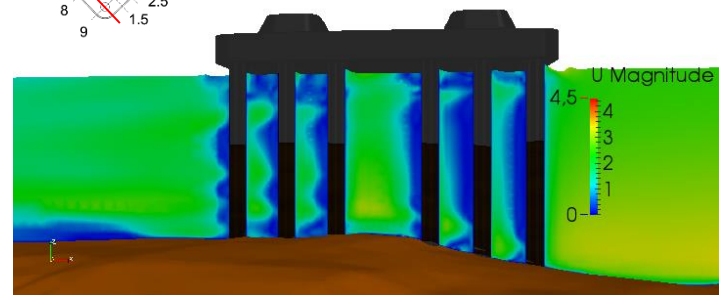
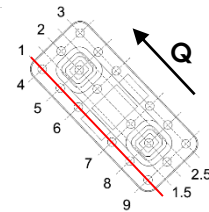
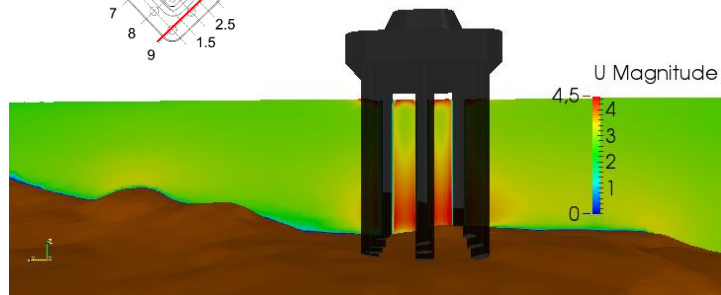
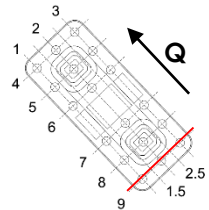
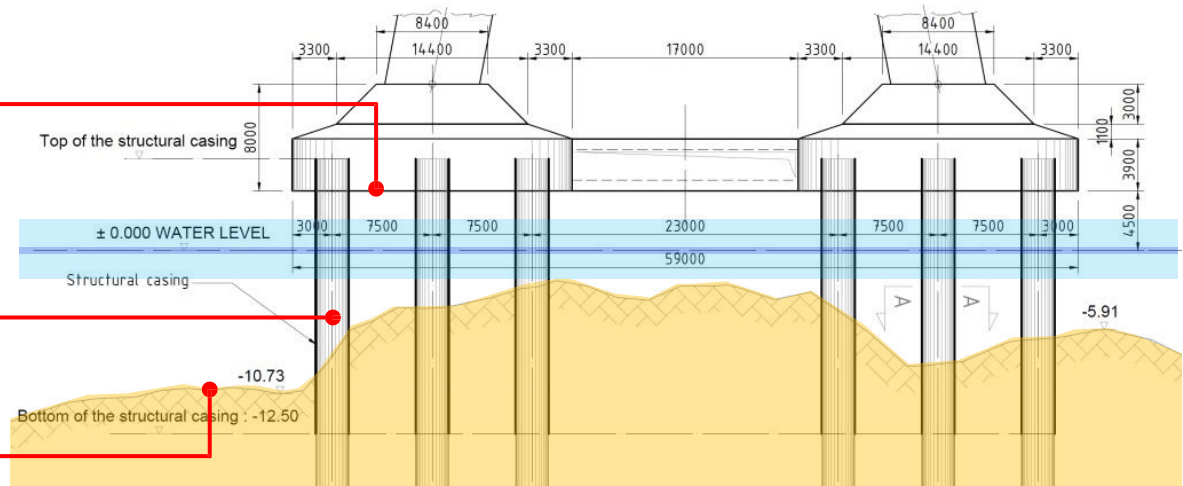


IMPACTO

FUERZAS

ABRASION

SOCAVACIÓN



MODELOS DE DERIVA

NAVES



Charla
Seminario de Ingeniería y Operaciones Portuarias
Talcahuano, 8 Noviembre 2018





ASMAR

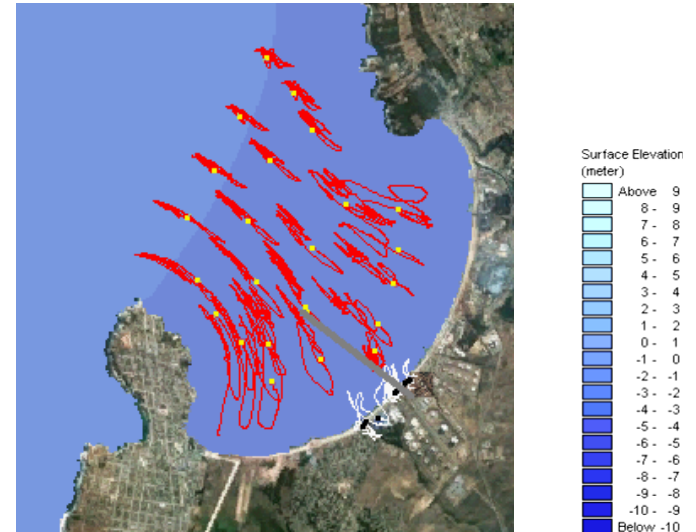
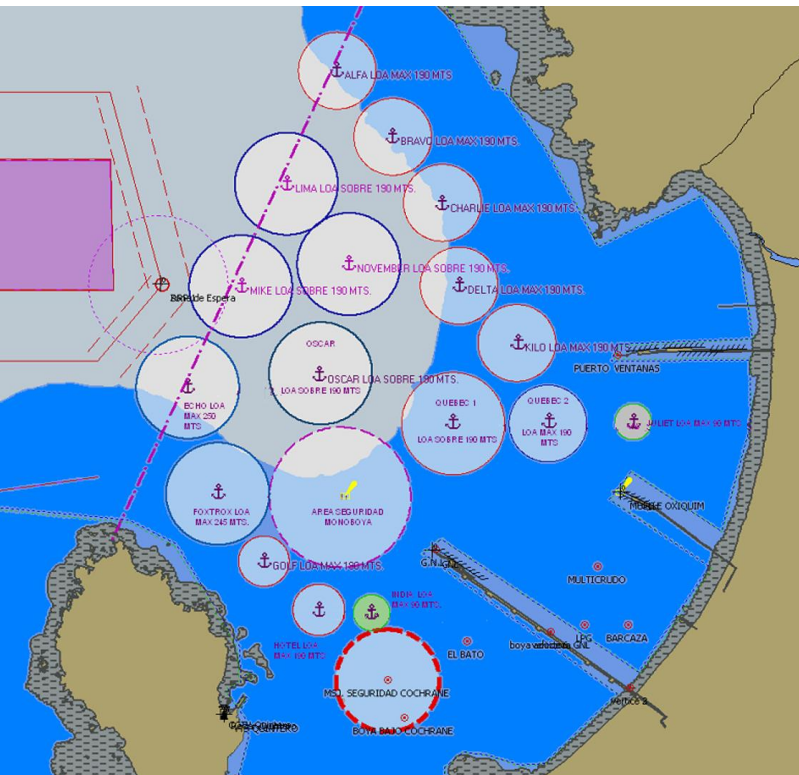
175 m

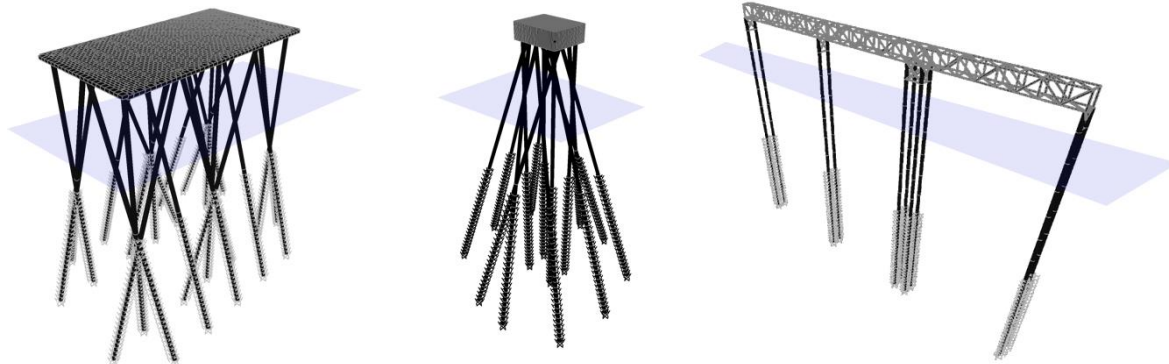
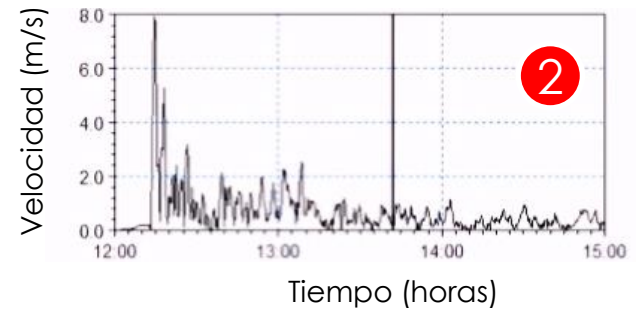
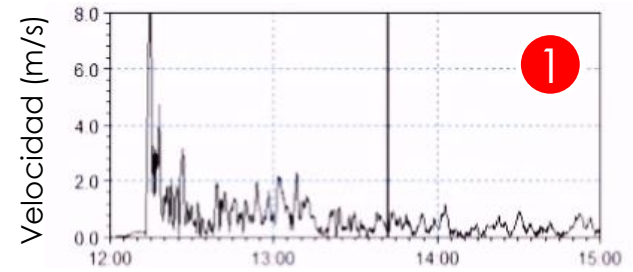
25000 ton





- ✓ Cargas hidrodinámicas en estructuras costeras
- ✓ Cargas de impacto por eventual colisión
- ✓ Buques en tránsito vs fondeados
- ✓ Probabilidad de presencia de buques en cada fondeo
- ✓ Ubicación de cuerpos flotantes o potencialmente flotantes.
- ✓ Estudio de rutas de acceso a la bahía
- ✓ **Protocolos de evacuación de naves**
- ✓ **Protocolo de acopio de objetos flotantes**





IMPACTO ?



1

ROTURA
SHIP LOADER

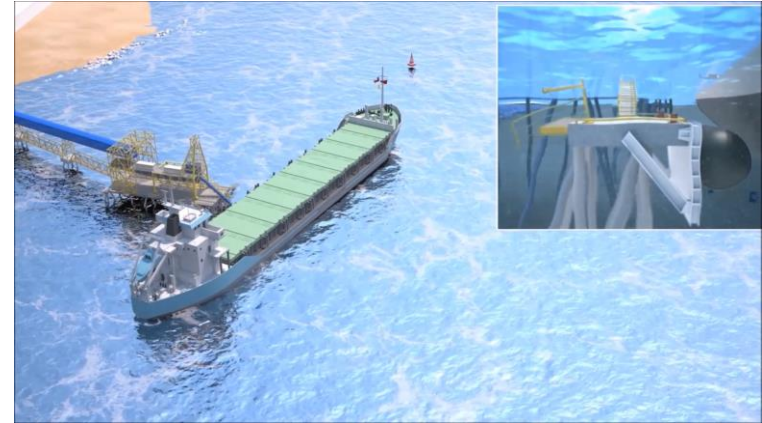


2

ROTURA
AMARRAS

3

IMPACTO
CABEZO



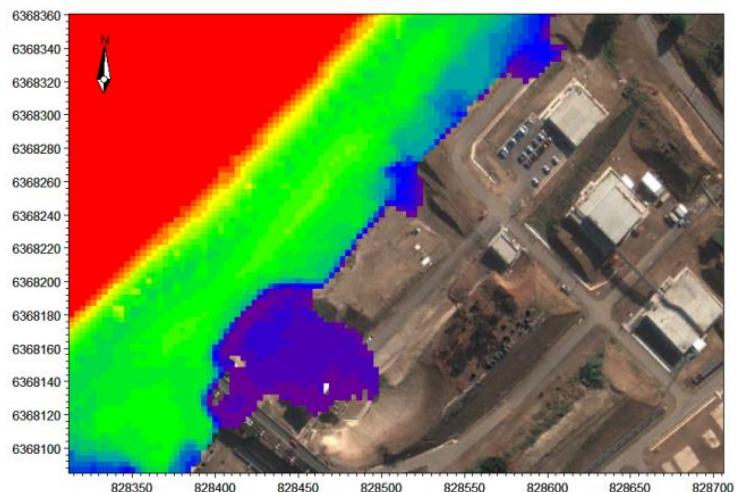
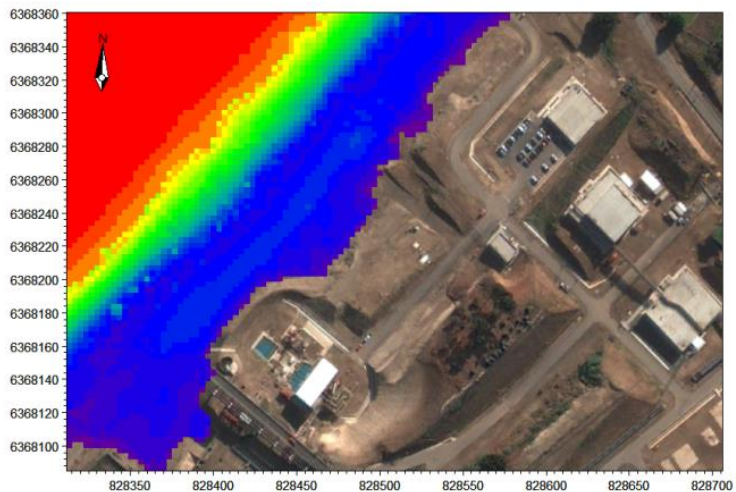
4

IMPACTO
PUENTE

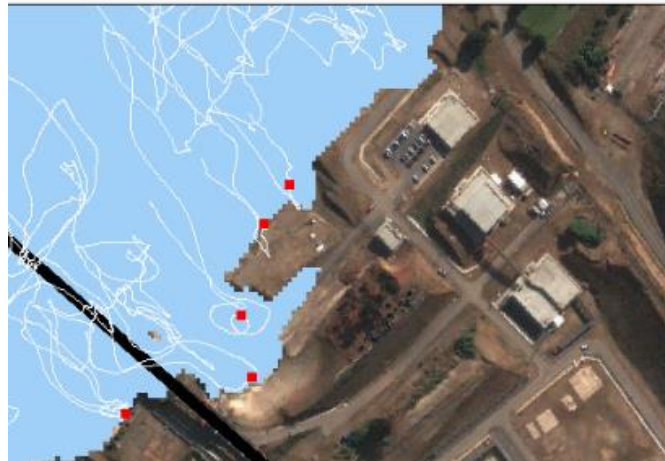
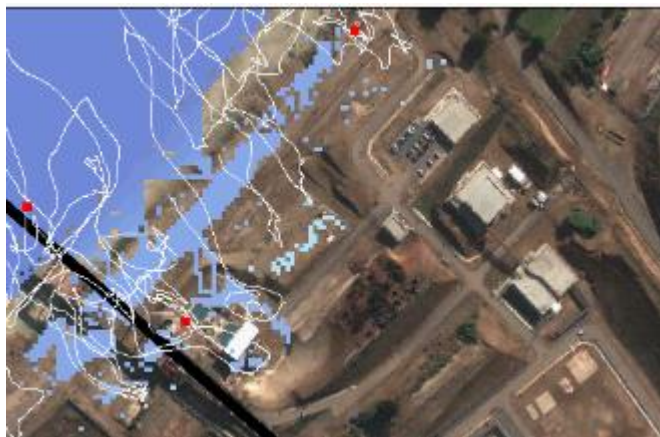
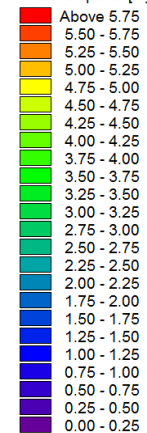


1906

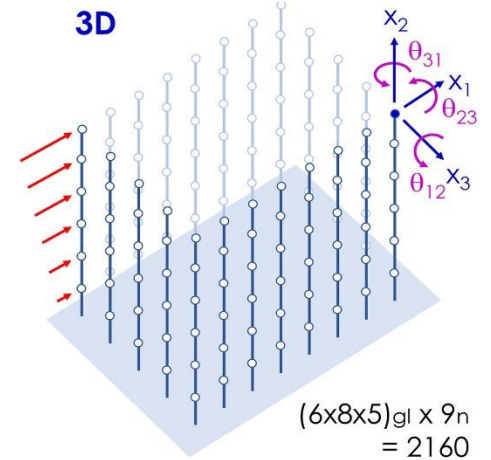
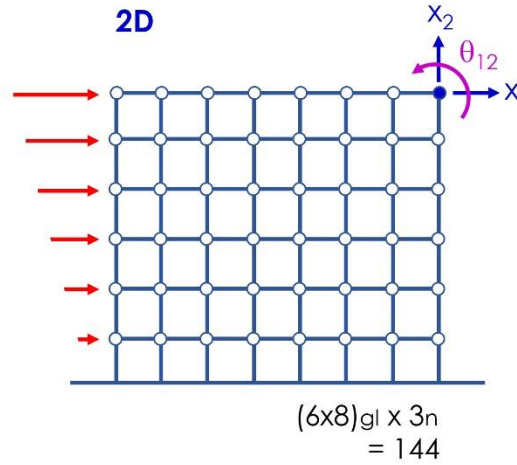
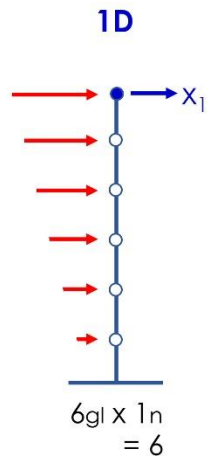
1730



Maximum values from:
Water Depth m [m]



MAYOR COMPLEJIDAD



MAYOR RAPIDEZ

MEDIDAS DE MITIGACIÓN !



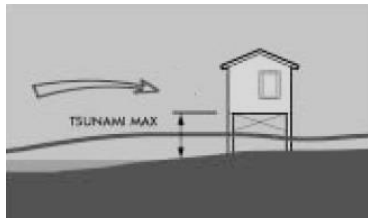
Charla
Seminario de Ingeniería y Operaciones Portuarias
Talcahuano, 8 Noviembre 2018



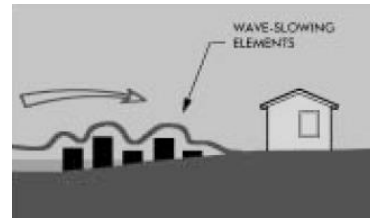
INFRAESTRUCTURA TERRESTRE

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

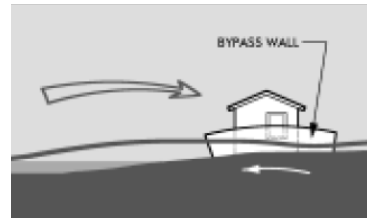
Evitar



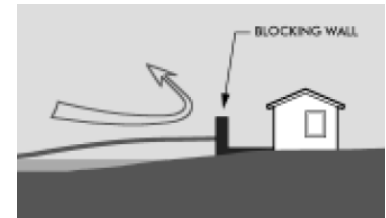
Disipar



Canalizar



Bloquear



Integración
disciplinaria



Relocalizar

Reforzar

Norma de diseño

