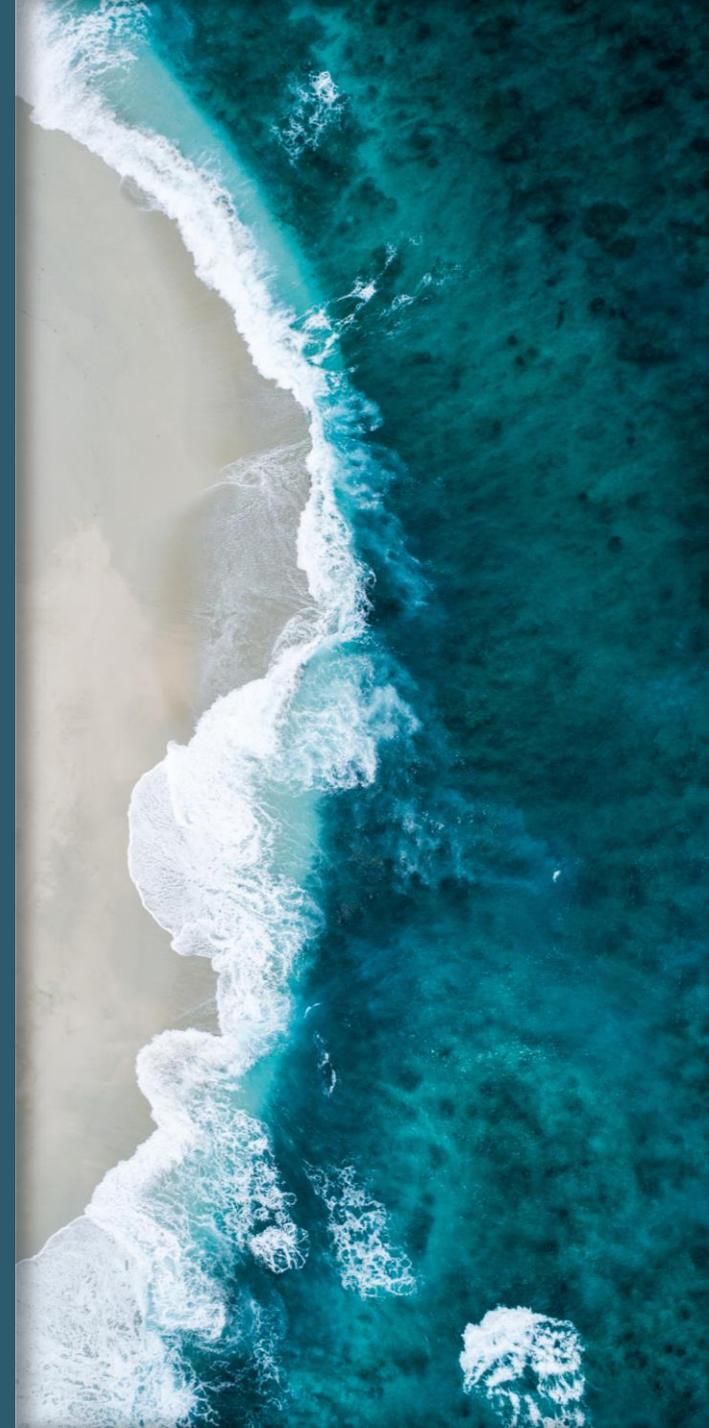


# Ingeniería Costera y Soluciones Prácticas para Estabilización de Playas

Junio 2023



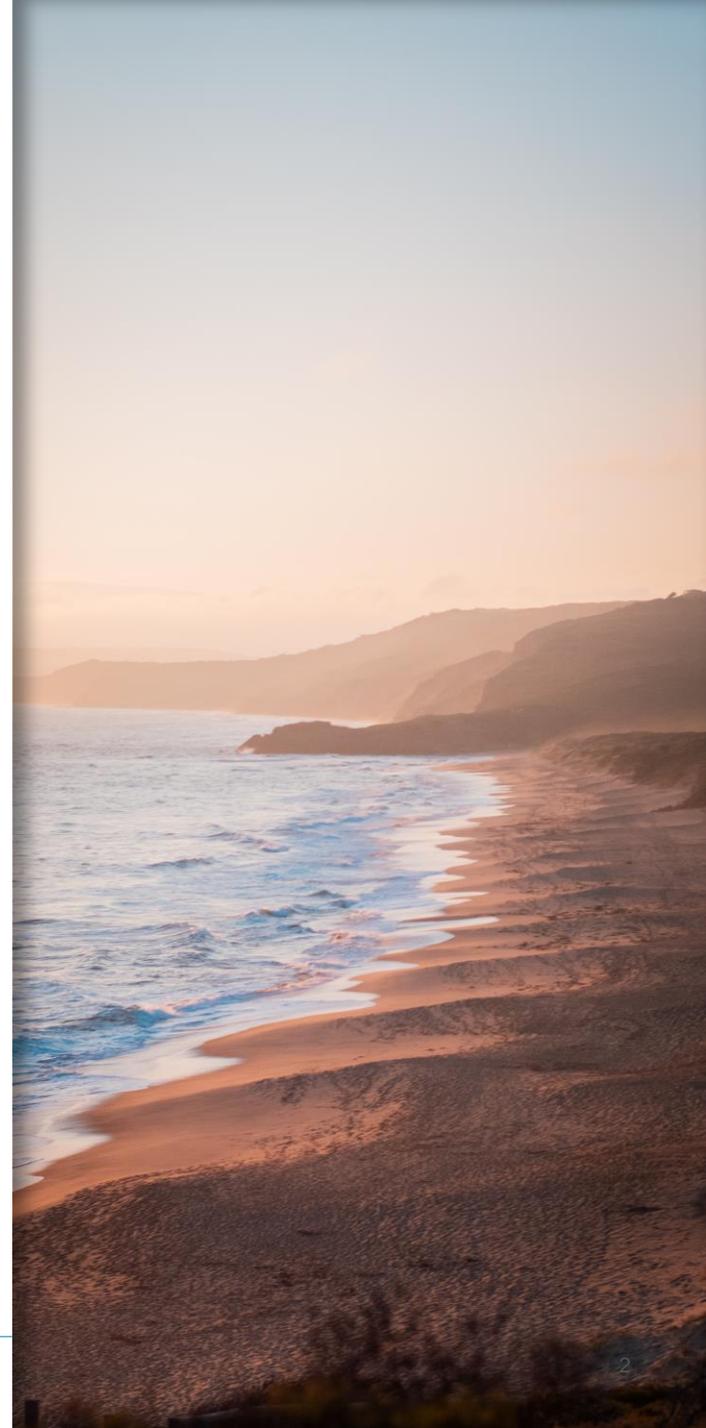
moffatt & nichol



# Agenda

---

- › Moffatt & Nichol
- › Marco Teórico
- › Simulaciones Numéricas
- › Proyectos de Restauración y Estabilización de Playas
- › Comentarios Finales



# Moffatt & Nichol Hoy



FOUNDED

1945



AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS  
JOHN G. MOFFATT-FRANKE NICHOL  
HARBOR & COASTAL ENGINEERING AWARD

OUR MOTTO:  
'TO BE THE  
NOT THE **BEST**  
**BIGGEST!**

11,000+  
PROJECTS COMPLETED

80%  
REPEAT  
BUSINESS

**ENR**

Engineering News-Record

**TOP 100**  
DESIGN FIRM

**#1**  
MARINE & PORT  
FACILITIES

# Ubicación de Oficinas



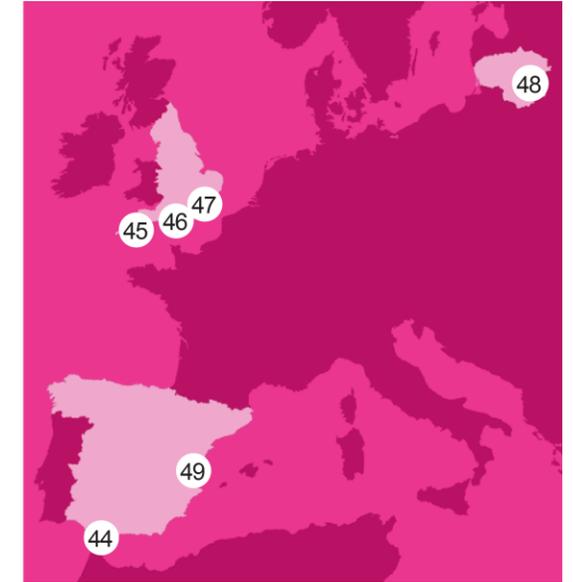
## NORTH AMERICA

- |                    |                        |                      |                         |
|--------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|
| 1. Anchorage, AK   | 11. Federal Way, WA    | 21. New York, NY     | 31. San Diego, CA       |
| 2. Atlanta, GA     | 12. Miami, FL          | 22. Norfolk, VA      | 32. Savannah, GA        |
| 3. Baltimore, MD   | 13. Honolulu, HI       | 23. Oakland, CA      | 33. Seattle, WA         |
| 4. Baton Rouge, LA | 14. Houston, TX        | 24. Ontario, CA      | 34. Tallahassee, FL     |
| 5. Boston, MA      | 15. Katy, TX           | 25. Orlando, FL      | 35. Tampa, FL           |
| 6. Bridgeport, CT  | 16. Long Beach, CA     | 26. Pensacola, FL    | 36. Vancouver, BC       |
| 7. Carlsbad, CA    | 17. Ft. Lauderdale, FL | 27. Philadelphia, PA | 37. Walnut Creek, CA    |
| 8. Charlotte, NC   | 18. Mobile, AL         | 28. Raleigh, NC      | 38. West Palm Beach, FL |
| 9. Chipley, FL     | 19. Morehead City, NC  | 29. Richmond, VA     | 39. Wilmington, NC      |
| 10. Costa Mesa, CA | 20. New Orleans, LA    | 30. Rochester, NY    |                         |



## SOUTH AMERICA

- 40. Bogotá, Colombia
- 41. Panama City, Panama
- 42. Santiago, Chile
- 43. São Paulo, Brazil



## EUROPE

- 44. Algeciras, Spain
- 45. Exeter, United Kingdom
- 46. Farnborough, United Kingdom
- 47. London, United Kingdom
- 48. Vilnius, Lithuania
- 49. Valencia, Spain

# Moffatt & Nichol: Servicios – Costas, Agua y Medio Ambiente

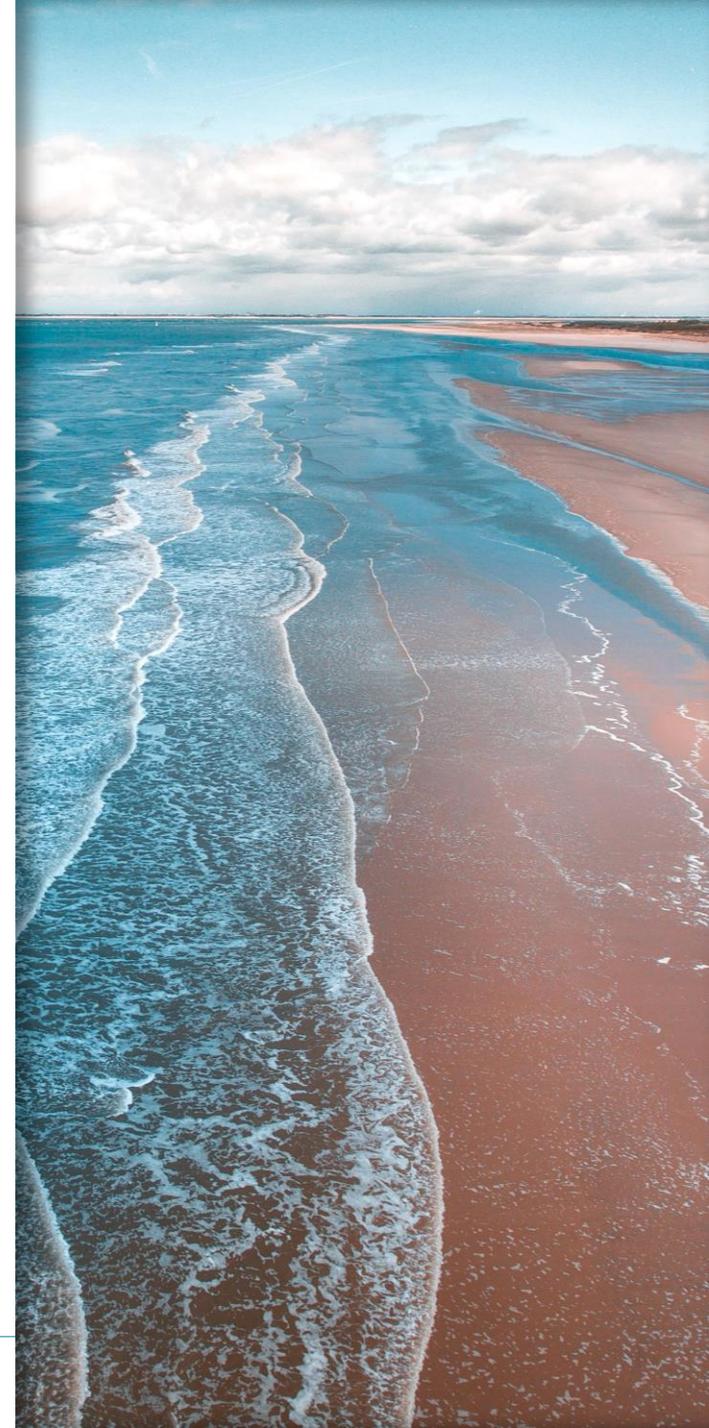
---

- › Modelación Hidrodinámica y de Transformación del Oleaje
- › Análisis y Modelación de Transporte de Sedimentos y Cambios de Costeros
- › Análisis y Modelación de Sobreelevación de Temporal
- › Modelación Hidrológica, Hidráulica y de Aguas Subterráneas
- › Planificación y Evaluación de Cuencas
- › Planificación de Recursos Hídricos y Desarrollo de Políticas
- › Análisis de Calidad de Aguas y Aire
- › Análisis de Sedimentos Contaminados
- › Documentación Ambiental, Permisos y Mitigación
- › Selección y Diseño de Mejores Prácticas para Aguas Gestión de Aguas Pluviales
- › Planificación y Diseño de Restauración de Ecosistemas
- › Estudios de Amarre y Maniobras de Buques
- › Análisis de Fuerzas por Vientos, Oleaje y Corrientes
- › Diseño Estructural Costero, Ribereño e Hidráulico
- › Documentos de Diseño y Administración de Construcción

# Marco Teórico

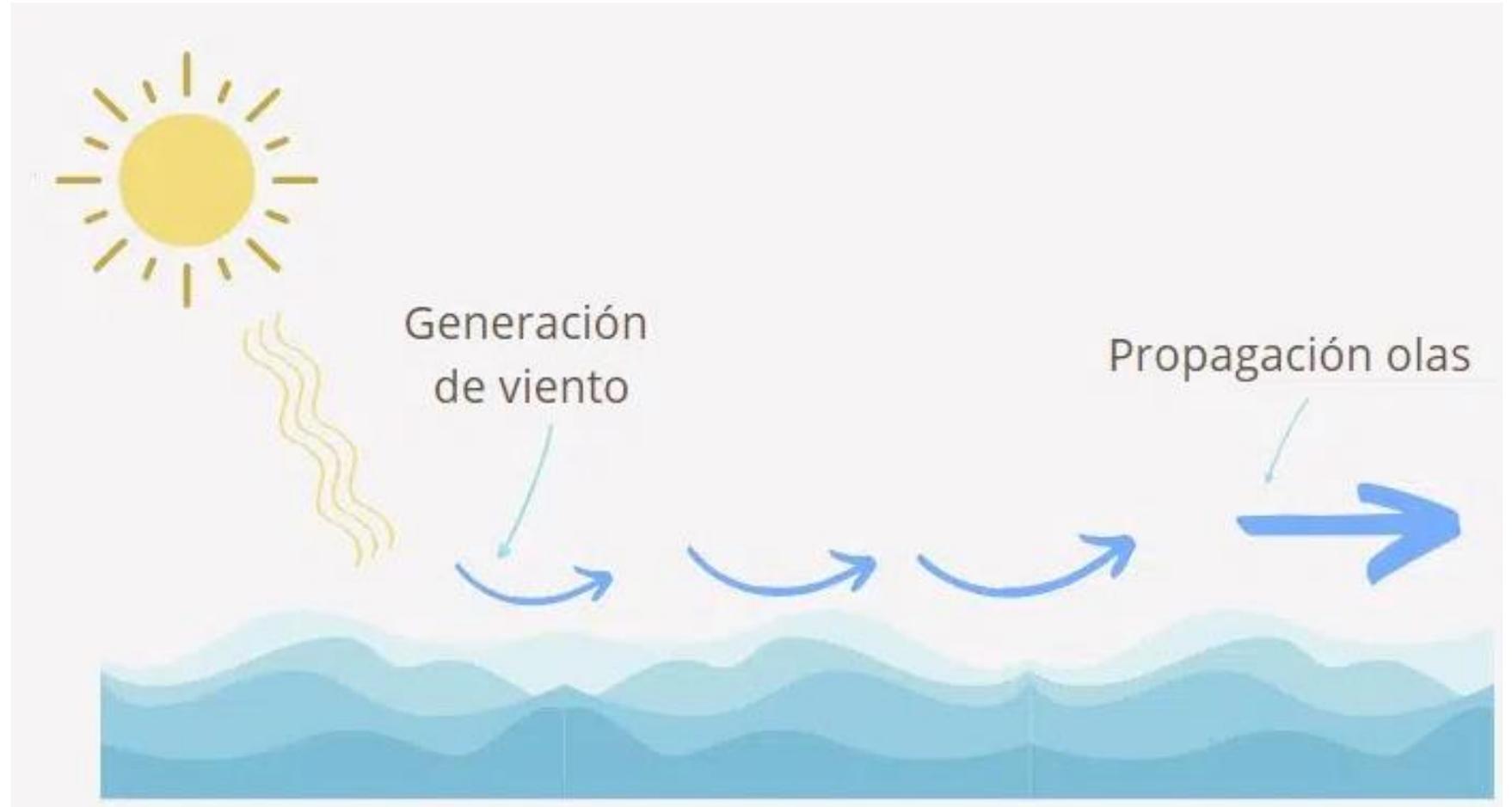
---

- › Conceptos de la Teoría de Olas
- › Oleaje Operacional
- › Oleaje Extremo
- › Propagación Hacia Aguas Someras
- › Morfología Costera
- › Oleaje hoy en Día

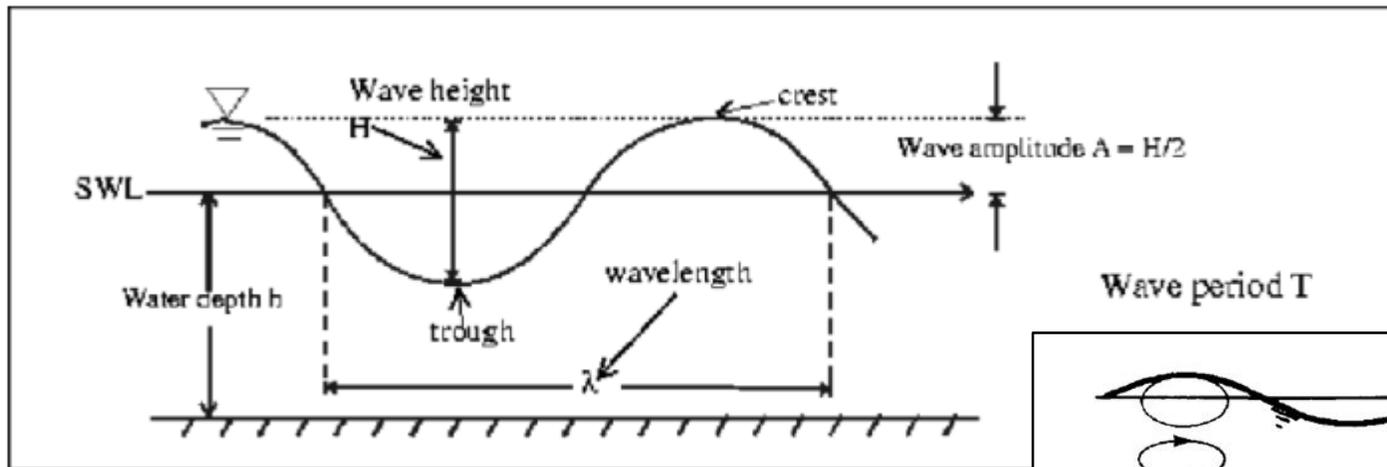


# Marco Teórico: Conceptos de la Teoría de Olas

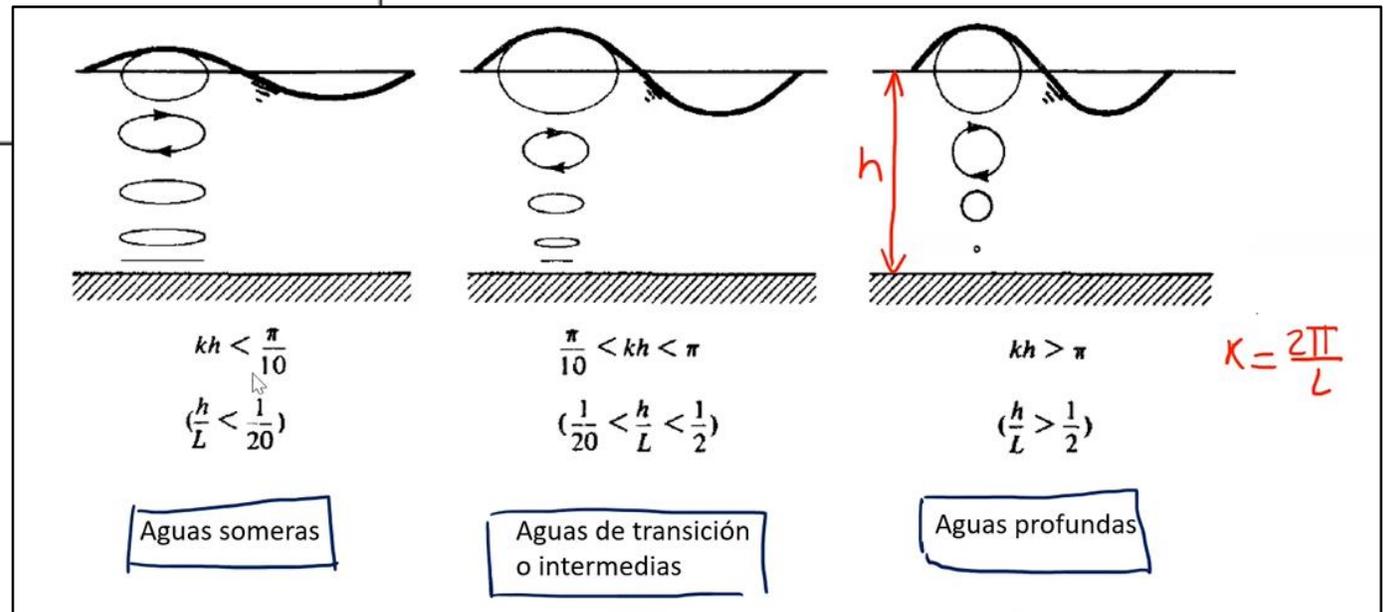
- › Diferencias de Presiones
- › Generación de Vientos
- › Generación de Olas
- › Propagación de Olas



# Marco Teórico: Conceptos de la Teoría de Olas

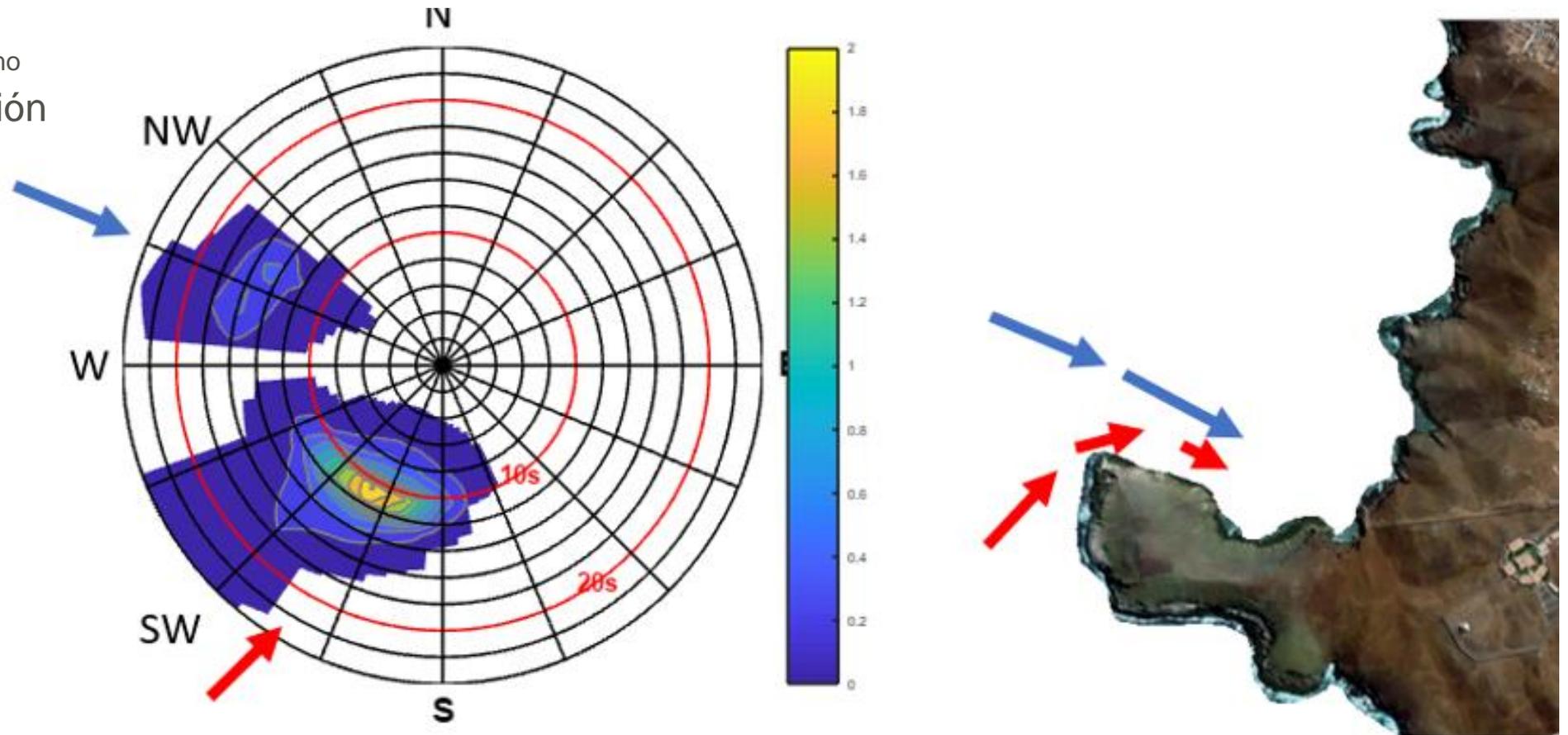


- >  $H$  : Altura de Olas
- >  $h$  : Profundidad
- >  $T$  : Periodo de la Ola
- >  $L$  : Largo entre Crestas
- >  $H_s/H_{mo}$  : Altura Significativa



# Marco Teórico: Espectro de Olas

- › Energía de Oleaje
- › Altura Significativa,  $H_{mo}$
- › No se pierde información
- › Estados de Mar



# Marco Teórico: Oleaje Operacional

- › Oleaje Predominante
  - › Altura de Ola ( $H_s$ )
  - › Periodo de la Ola ( $T$ )
  - › Dirección de Olas ( $Dir$ )
- › Condiciones de Oleaje mas Frecuente
- › Importante para Operaciones, y definiciones a Largo Plazo

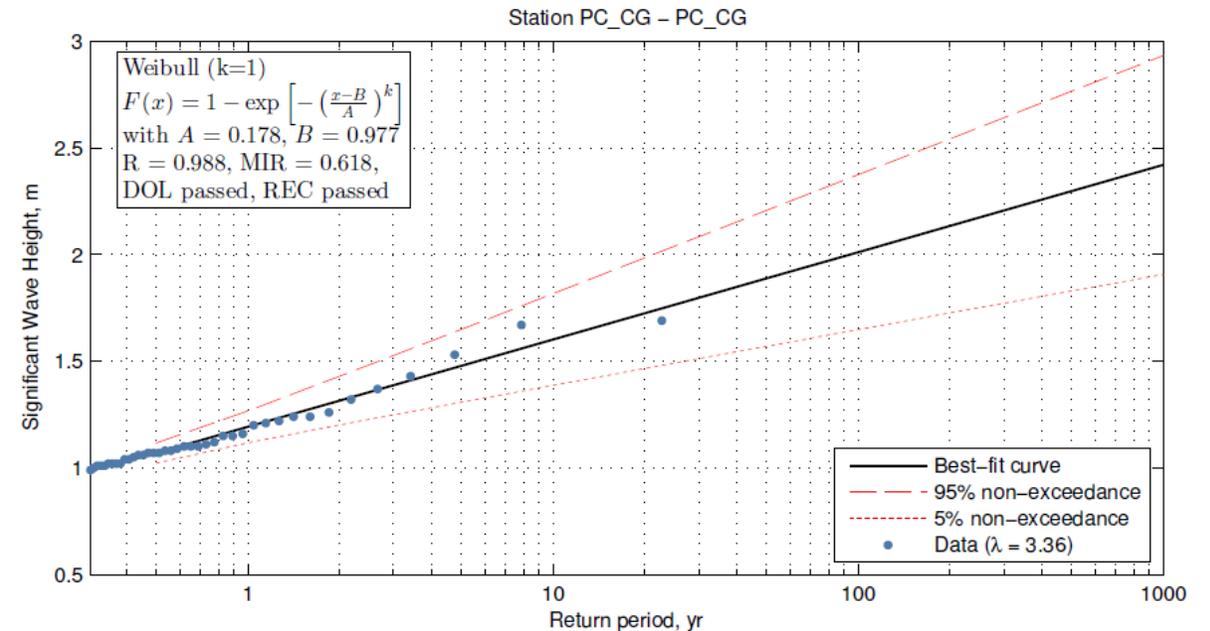


# Marco Teórico: Oleaje Extremo

- › Oleaje de Eventos Extremos
- › Oleaje asociado a un Periodo de Retorno (Estadística)



- › Importante para el Diseño de Estructuras, Alturas de Diseño, Etc
- › Periodos de Retorno de 100, 50, 25, 10, 5, y 2 años.



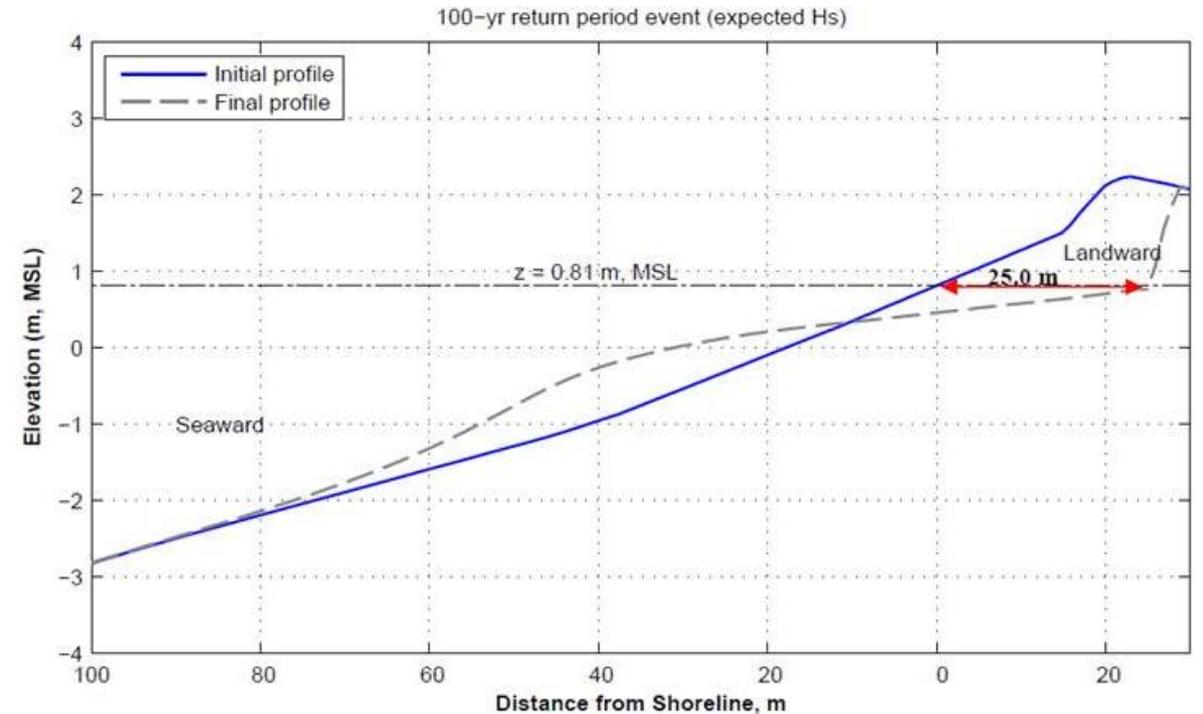
# Marco Teórico: Propagación Hacia Aguas Someras

- › Fenómenos de Propagación desde Aguas Profundas Hacia Aguas Someras
  - › Asomeramiento (Shoaling)
  - › Refracción
  - › Difracción
  - › Reflexión



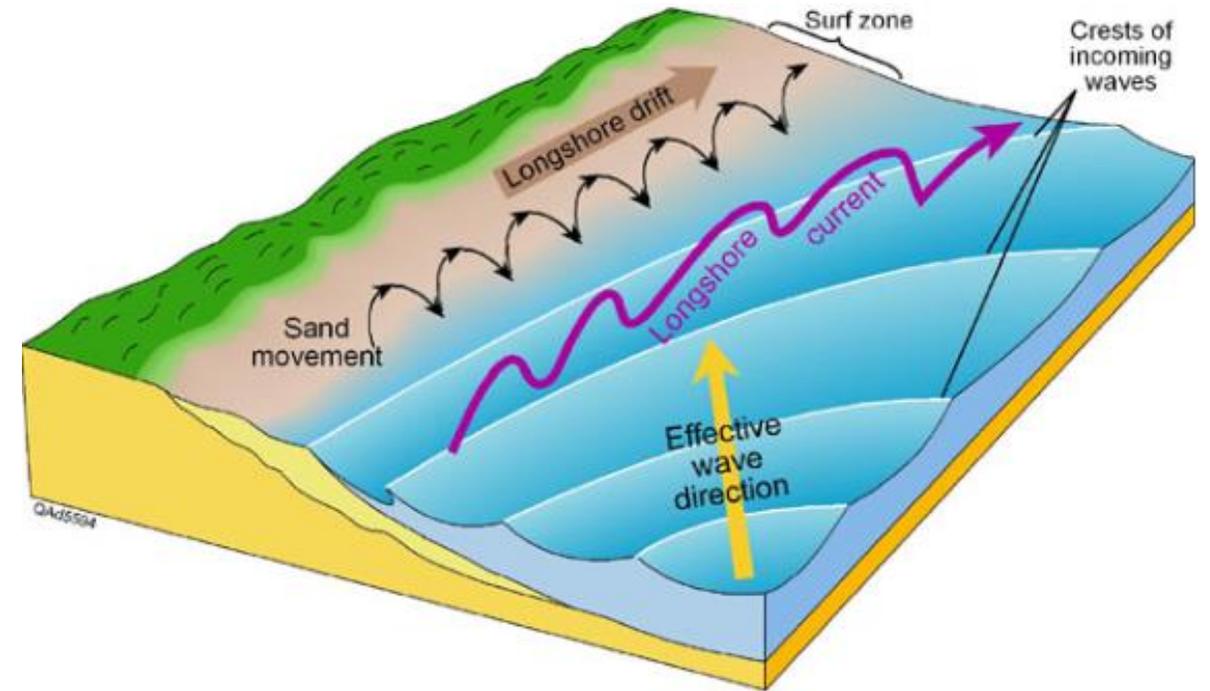
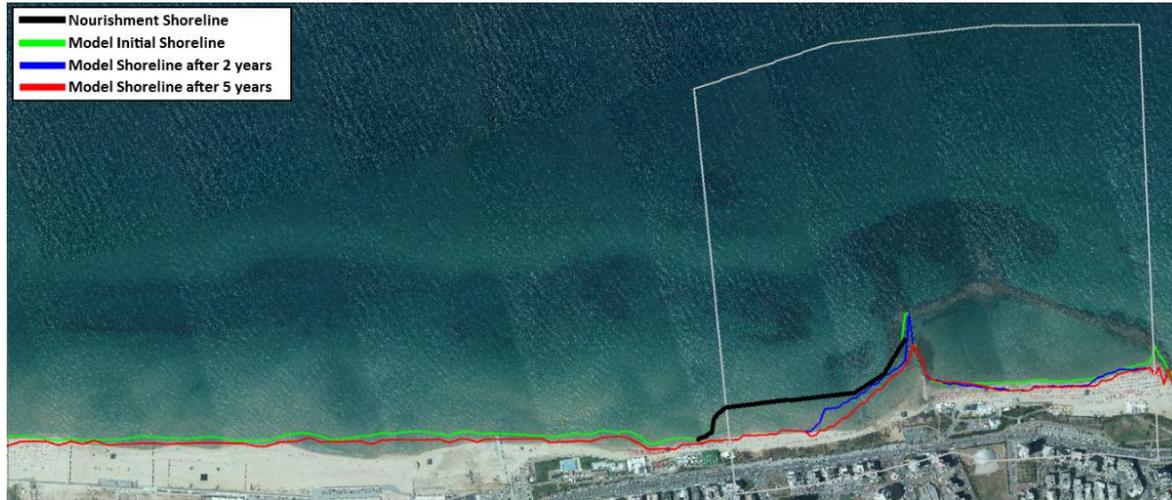
# Marco Teórico: Morfología Costera

- › Transporte de Sedimentos Cross-Shore
- › Efectos debido a Oleaje Extremo
- › Erosión depende del Periodo de Retorno de la Tormenta



# Marco Teórico: Morfología Costera

- › Transporte de Sedimentos Long-Shore
- › Efectos debido a Oleaje Predominante (Operacional)



# Marco Teórico: Oleaje hoy en Día

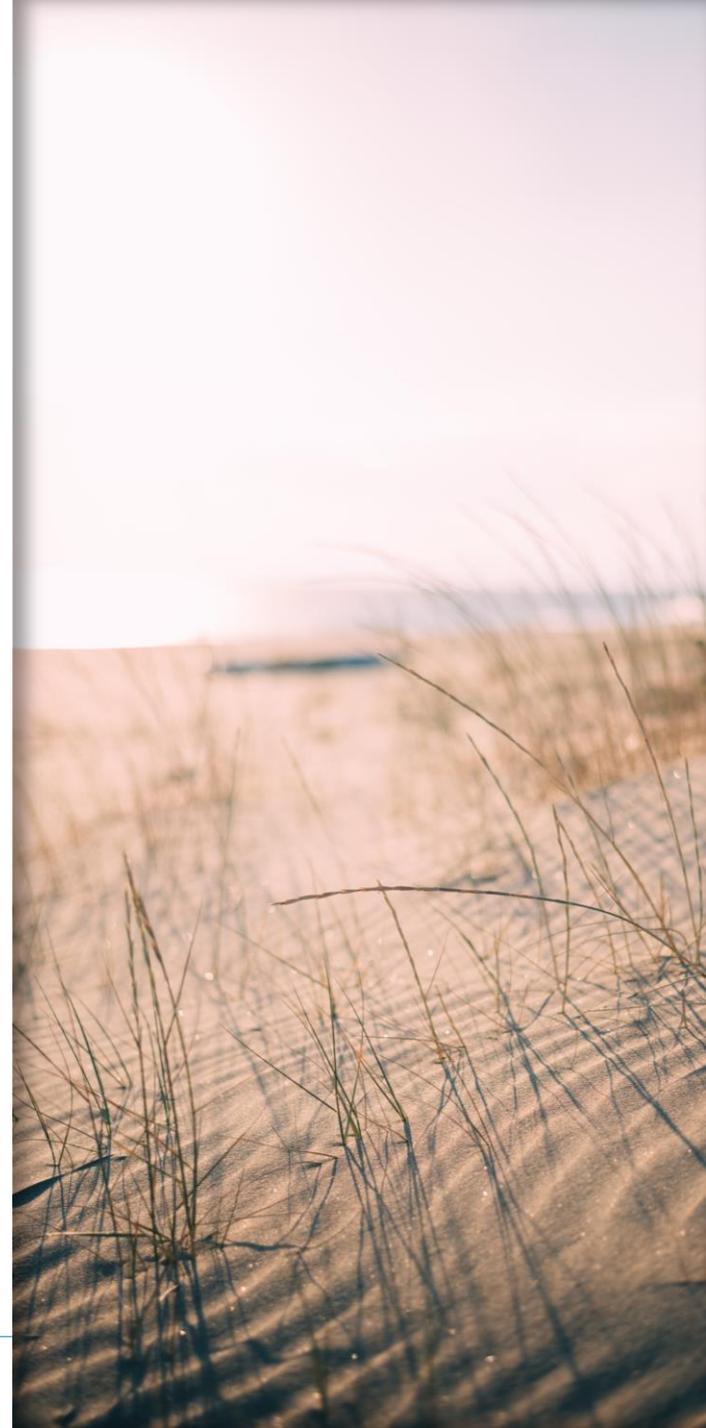
- › Aumento de frecuencia de Eventos Extremos
- › Existen más años de datos que antes
- › Fuertes Marejadas
- › Afectan a Estructuras y Playas
- › Aumento Nivel Medio del Mar



# Simulación Numérica

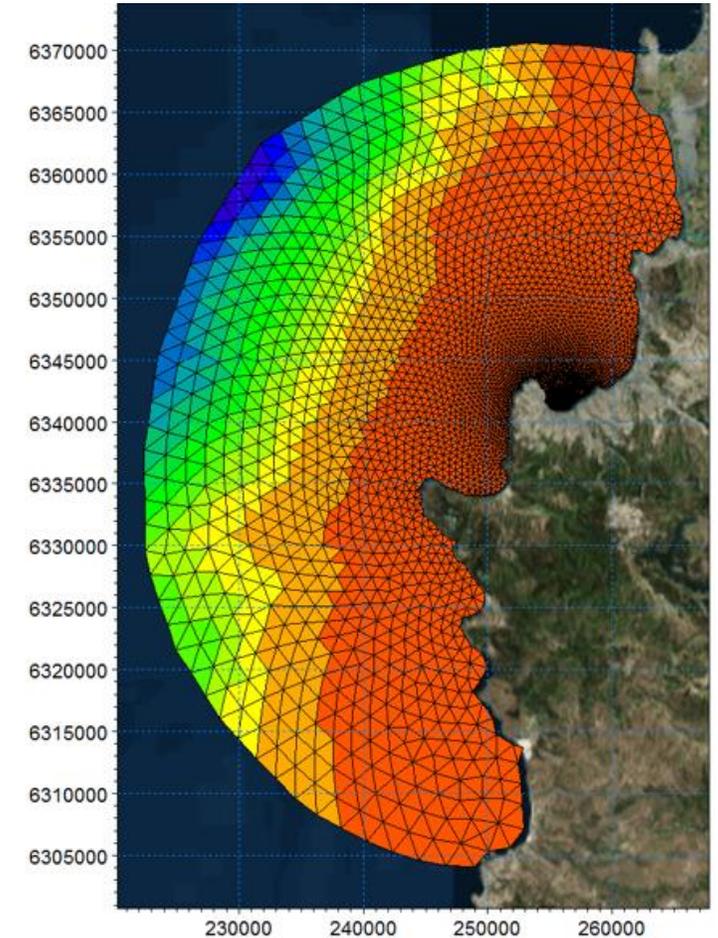
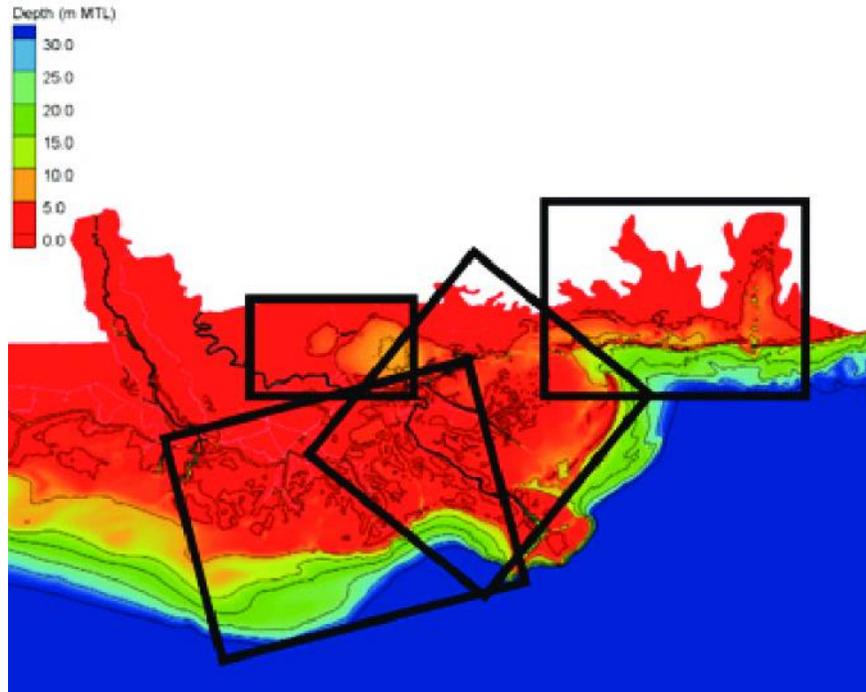
---

- › Evolución de la Modelación
- › Datos de Entrada
- › Ejemplos
- › Validación con datos



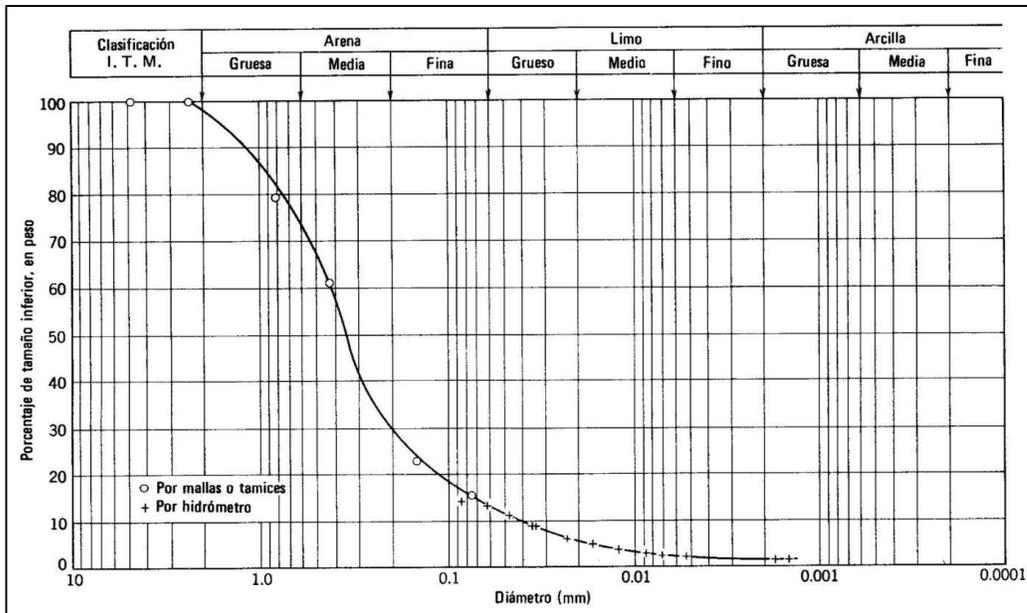
# Simulación Numérica: Evolución de la Modelación

- › Capacidad de Resolver Mallas más finas (mayor precisión)
- › Computadores más Potentes
- › Mallas circulares en vez de Cuadriculadas
- › Mayor Cantidad de Datos para Validación

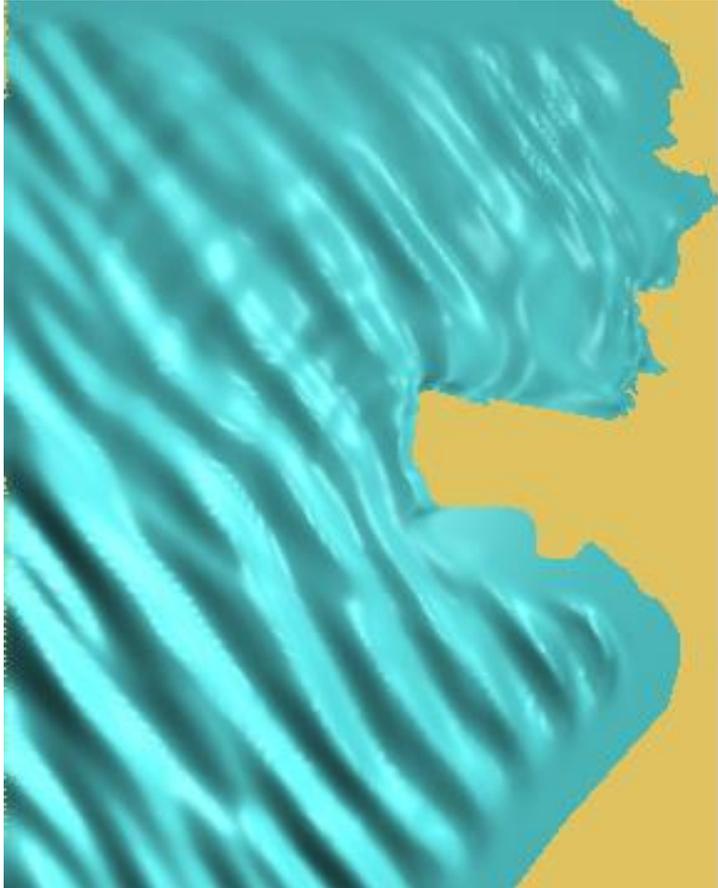


# Simulación Numérica: Datos de Entrada

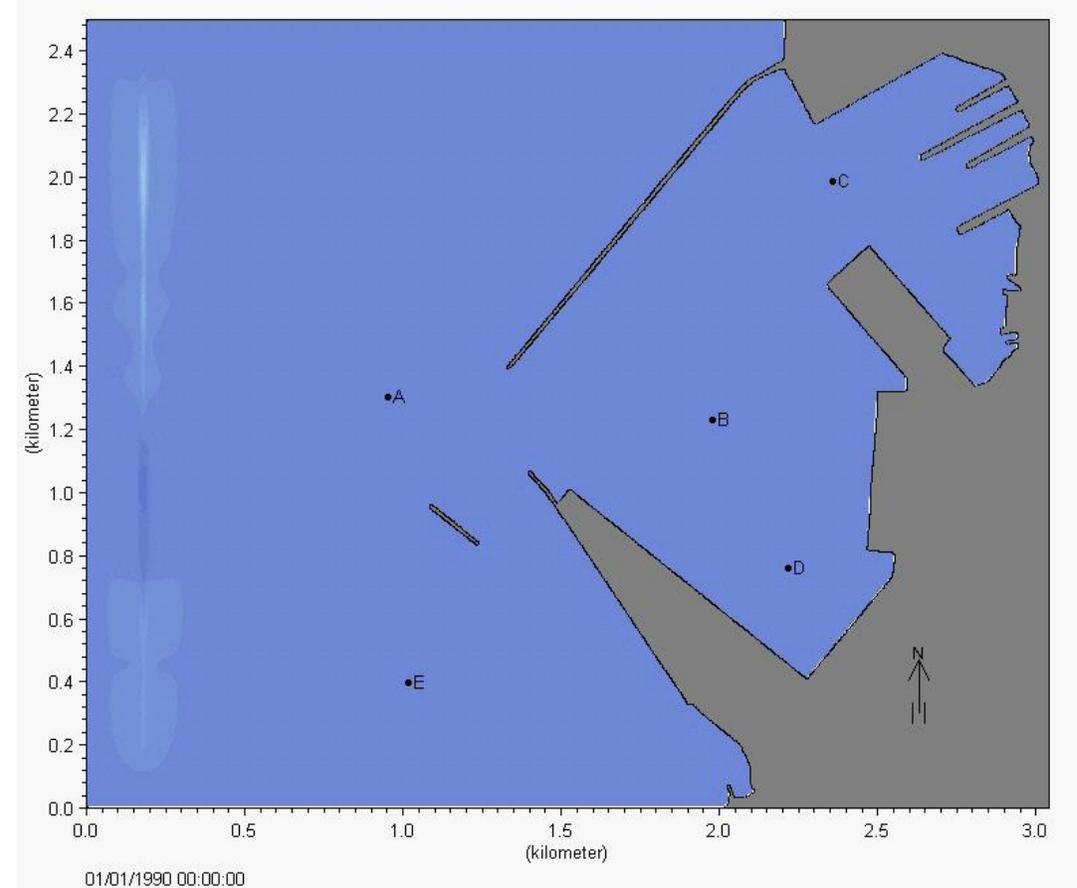
- › Topo-Batimetría
- › Olas en Aguas Profundas (NOAA)
- › Vientos, mareas, Corrientes
- › Información de Suelos
- › Rios



# Simulación Numérica: Ejemplos – Propagación de Olas

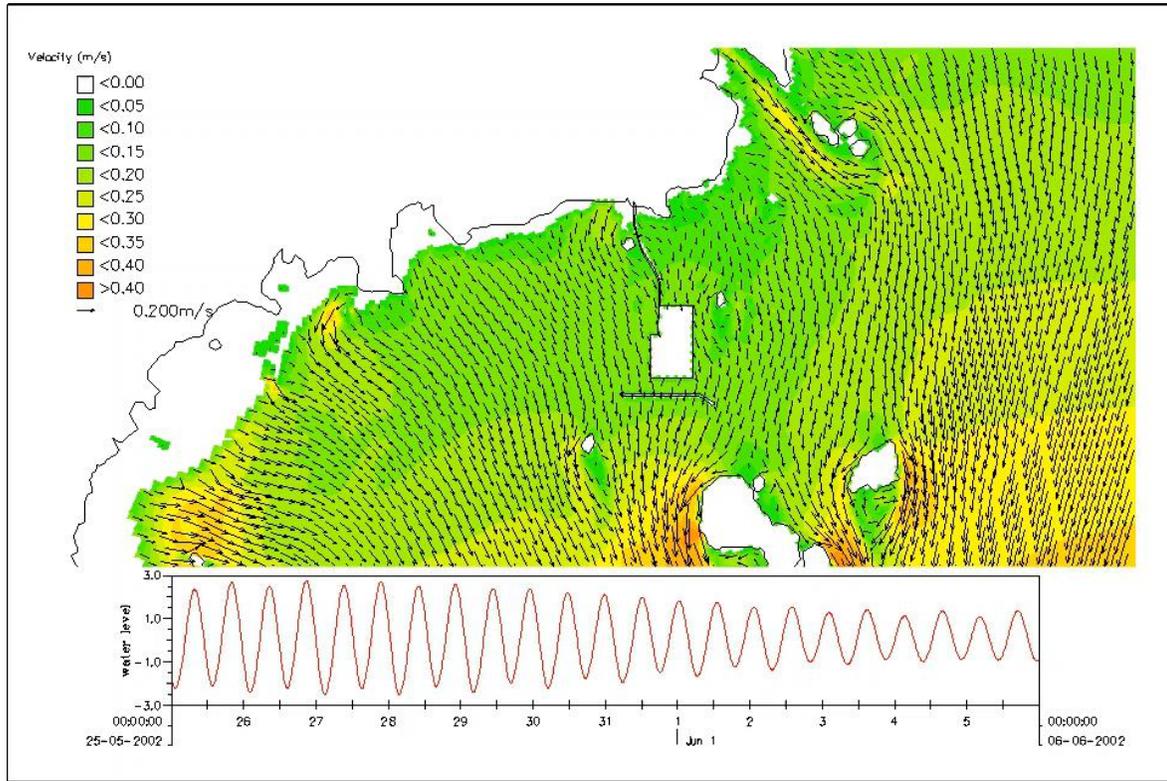


Pucusana, Perú

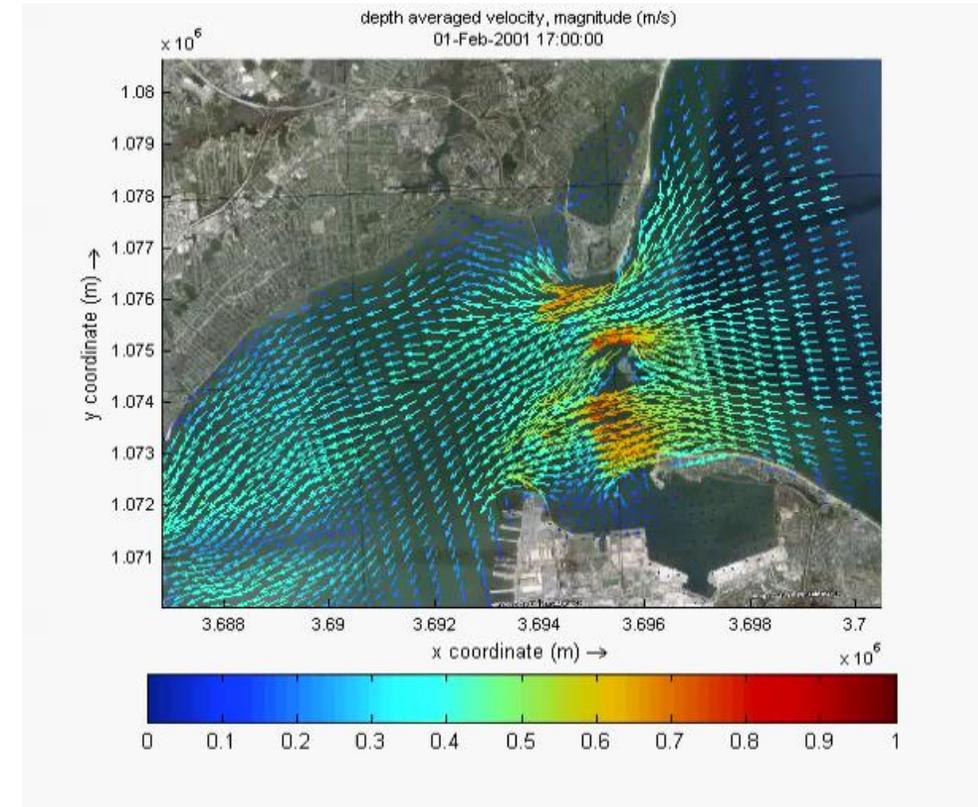


Puerto del Callao, Perú

# Simulación Numérica: Ejemplos – Corrientes y Circulación



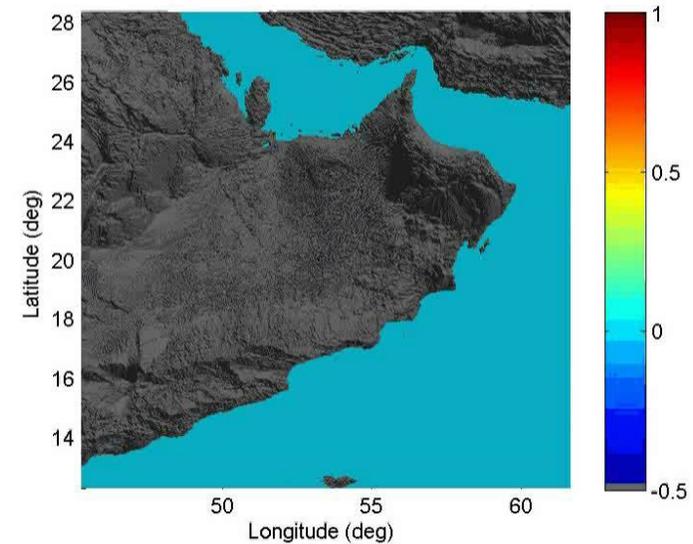
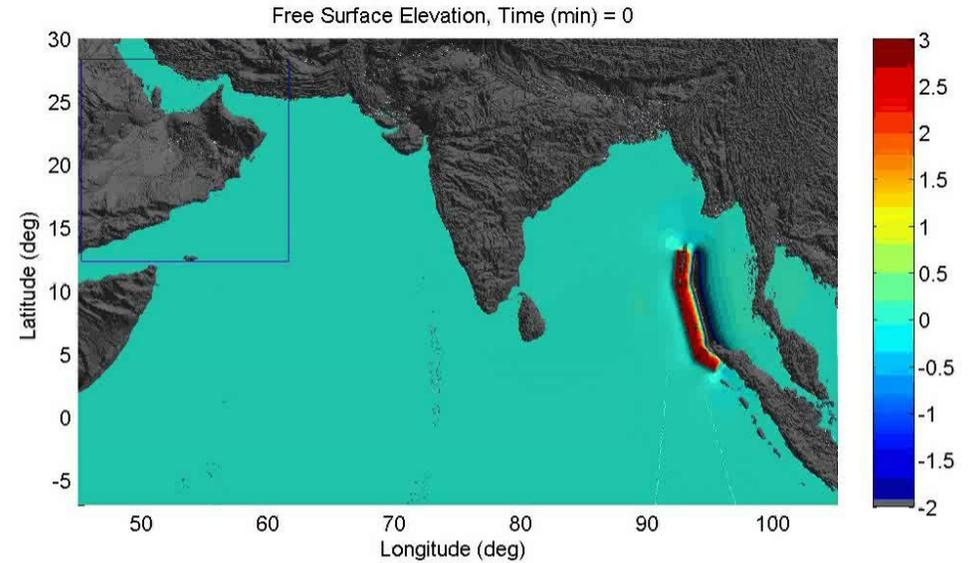
Evaluación de impactos en corrientes y mareas de una isla artificial en la Bahía de Panamá



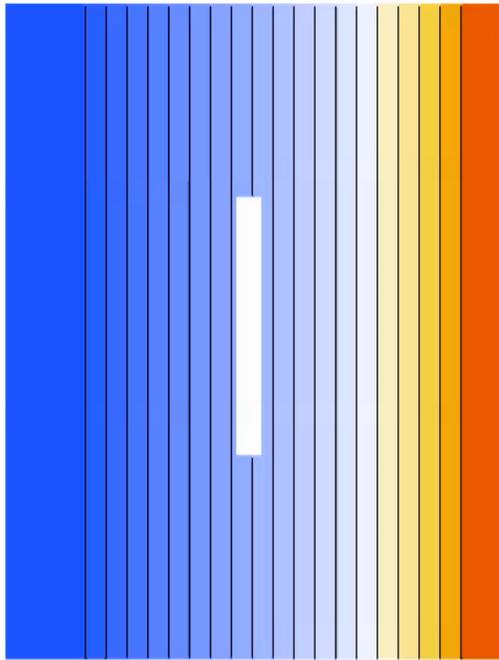
Corrientes en el Río Elizabeth, canal de acceso al Puerto de Norfolk, Virginia, Oregon, EE.UU.

# Simulación Numérica: Ejemplos – Tsunamis

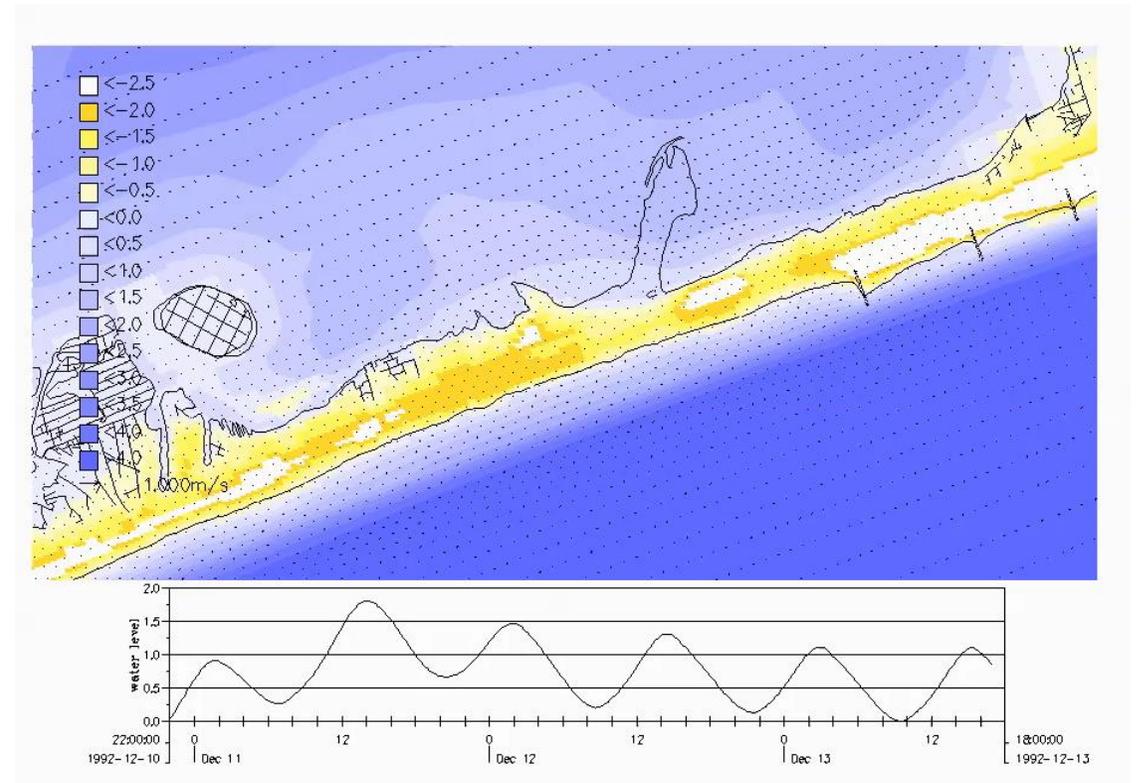
- › Simulación de Tsunami generado por el Terremoto de Sumatra en Diciembre de 2004. Mw 9.4 grados



# Simulación Numérica: Ejemplos – Morfología Costera

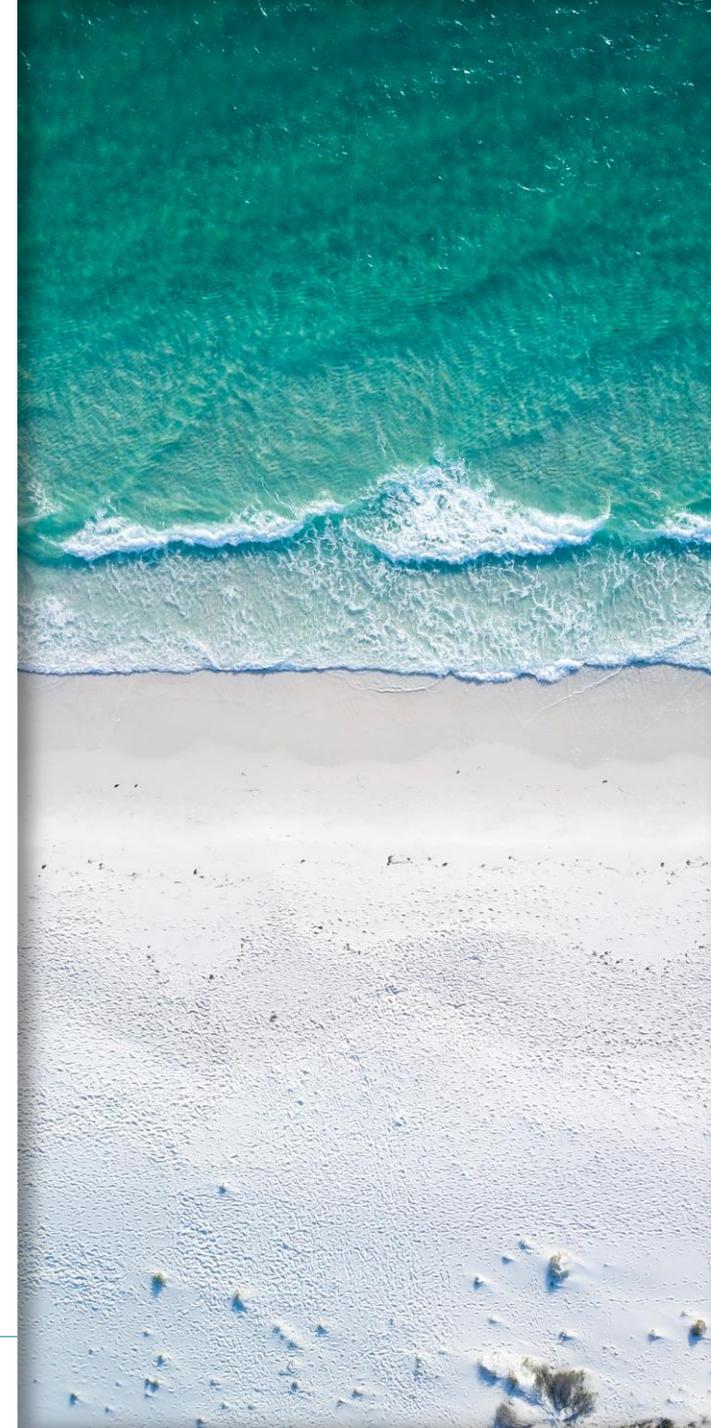
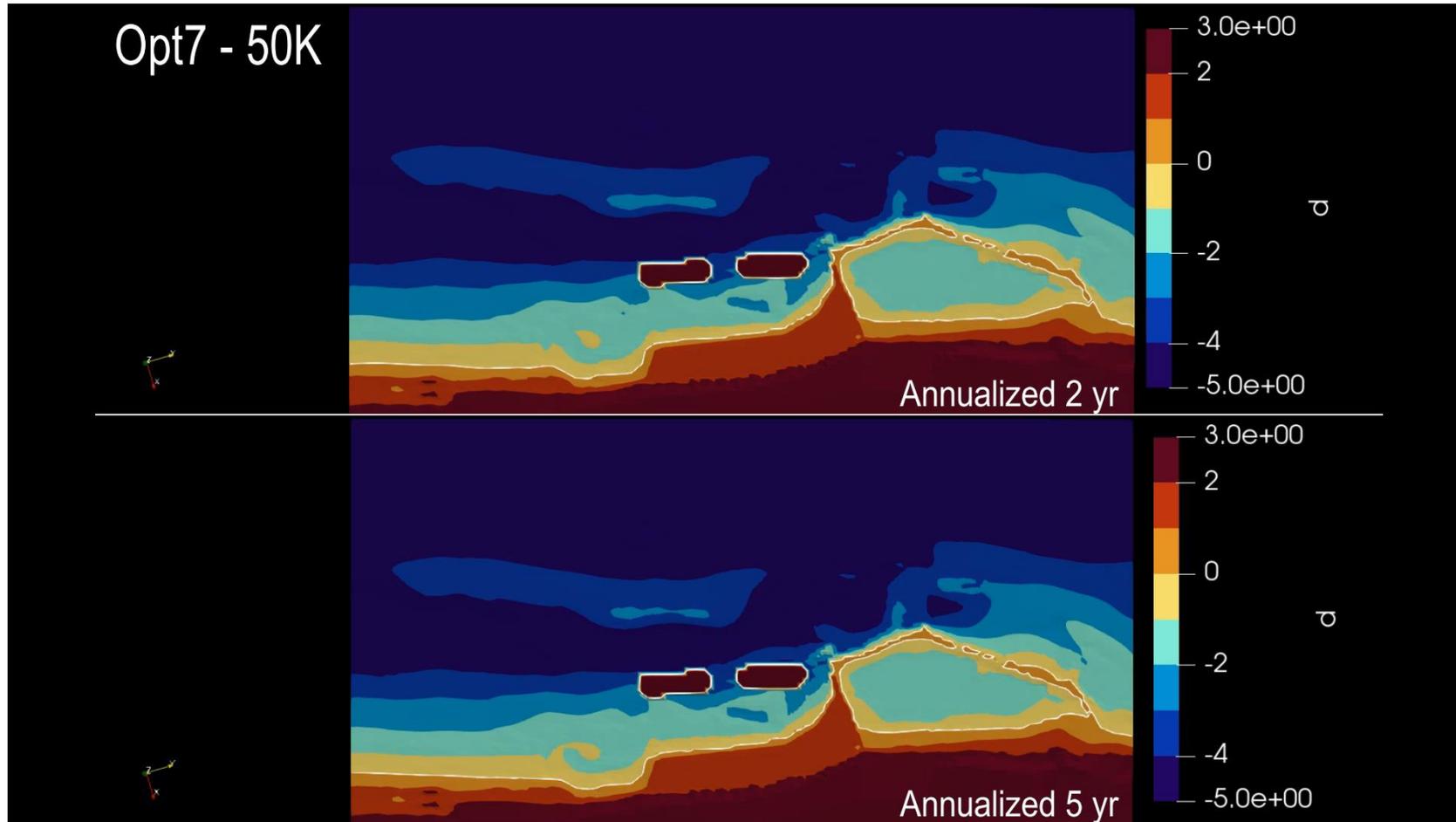


Formación de un tombolo causada por un rompeolas



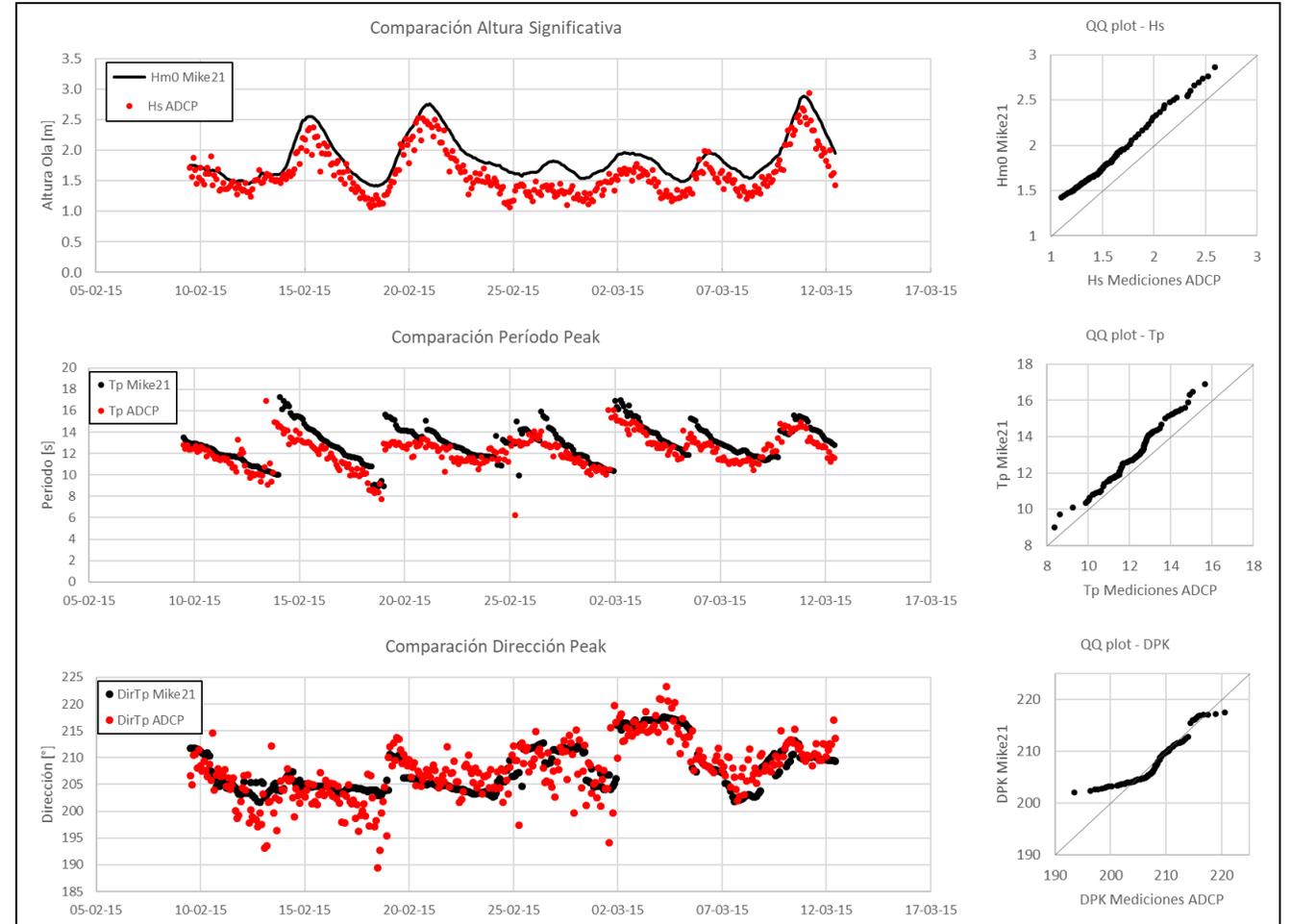
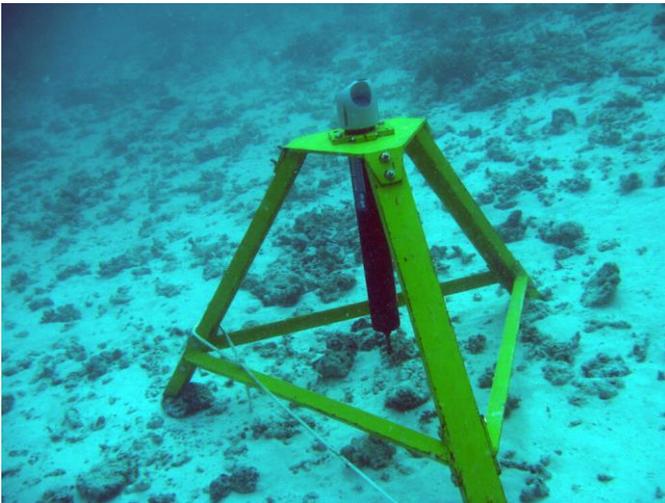
Simulación de la rotura de la barra de costa en 1992 causada por tormentas. Costa sur de Long Island, New York, EE.UU.

# Simulación Numérica: Ejemplos – Morfología Costera



# Simulación Numérica: Validación de Datos

- › Validación de Datos con Mediciones Reales
- › Calibración de los Modelos para mayor precisión
- › Importancia de usar modelos probados y reconocidos
- › Usar datos de entradas confiables



# Proyectos de Restauración y Estabilización de Playas

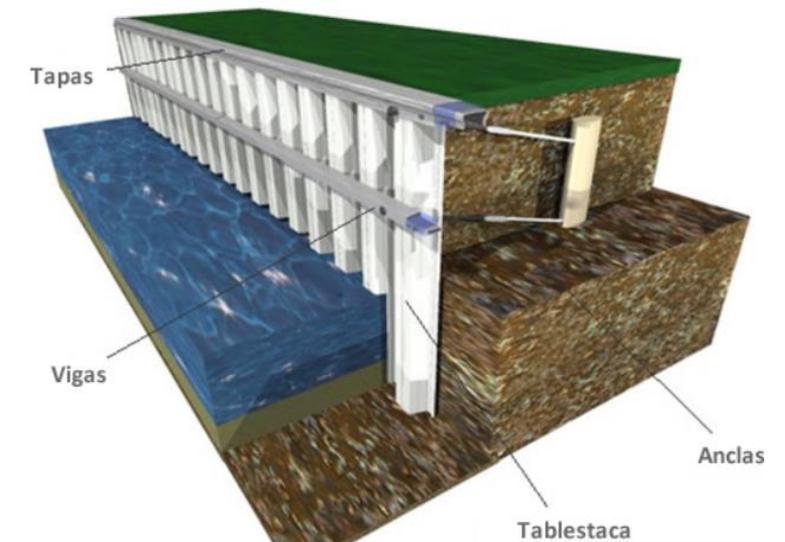
---

- › Tipos de Estructuras Costeras
- › Antiguos
- › Resiliencia
- › Turismo
- › Protección costera



# Proyectos: Tipos de Estructuras Costeras

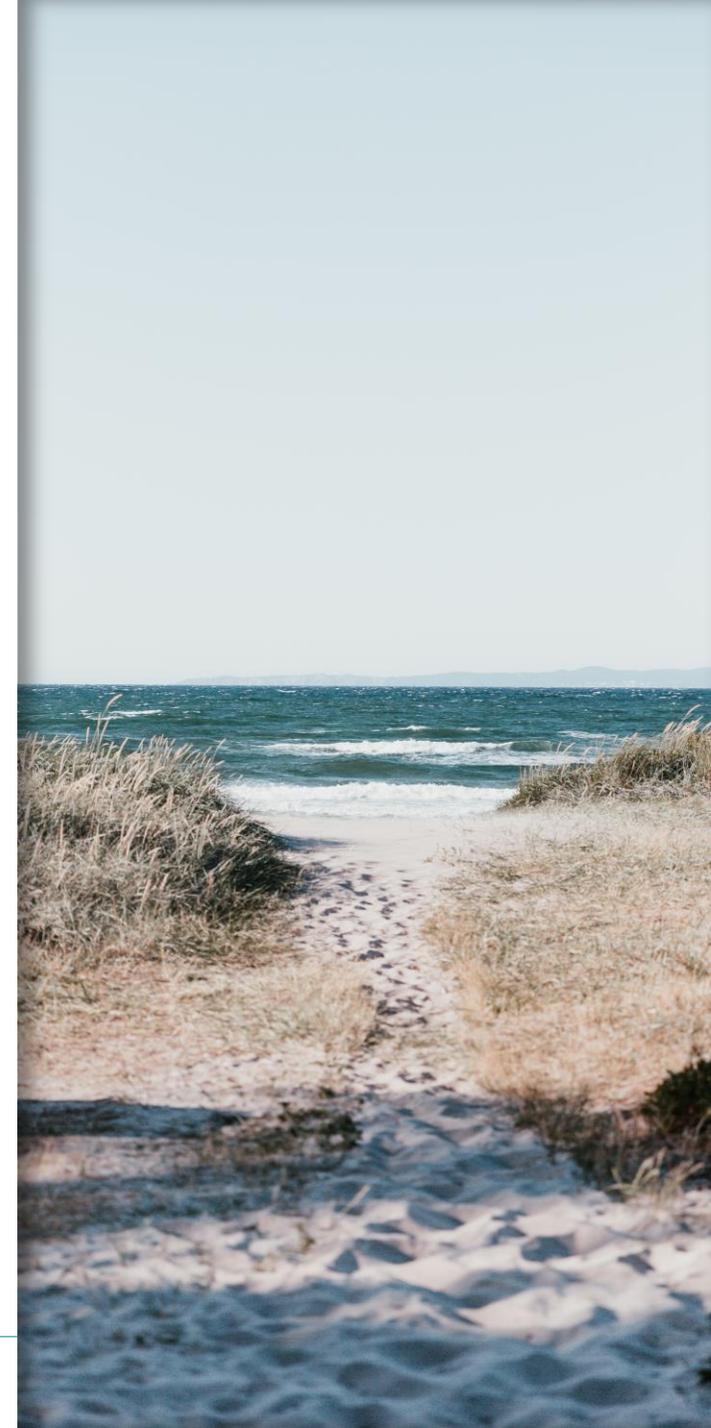
- › Espigones (Groins)
- › Rompeolas
- › Tabla Estacas
- › Pared Vertical
- › Protección con Elementos Naturales
- › Protección para
  - › Inundaciones
  - › Erosión
  - › Overtopping y Run up
  - › Socavación



# Proyectos: Tipos de Estructuras Costeras

---

- › Consideraciones
  - › Estructurales
  - › Sísmicas
  - › Meta Oceánicas
  - › Geotécnicas
  - › Urbanas
  - › Impactos

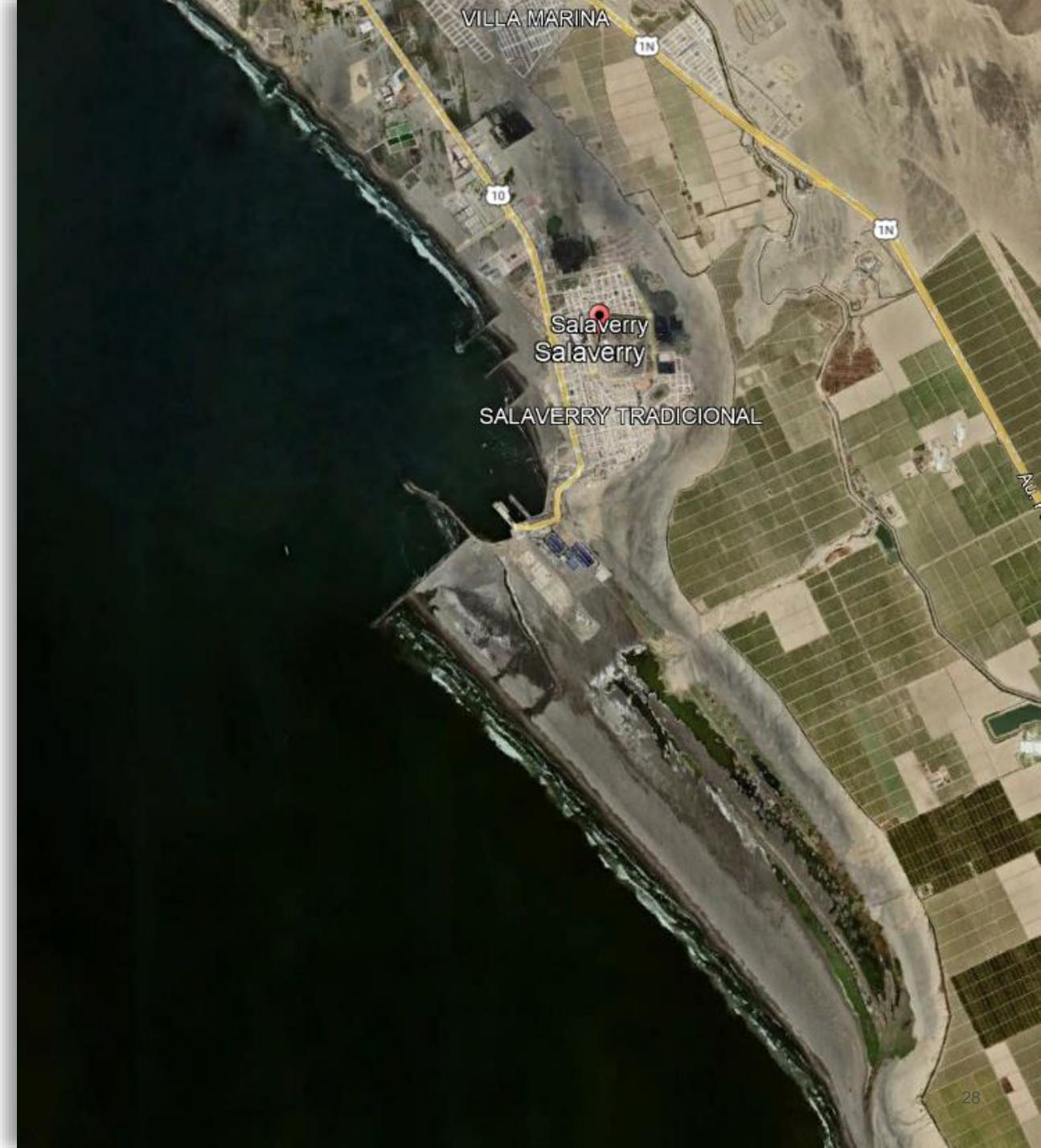


# Proyectos: Antiguos

---

## Salaverry, Perú

- › Soluciona Problema Local
- › No mira impactos aguas abajo de las estructuras
- › Erosión aguas abajo



# Proyectos: Antiguos

## Cartagena, Colombia

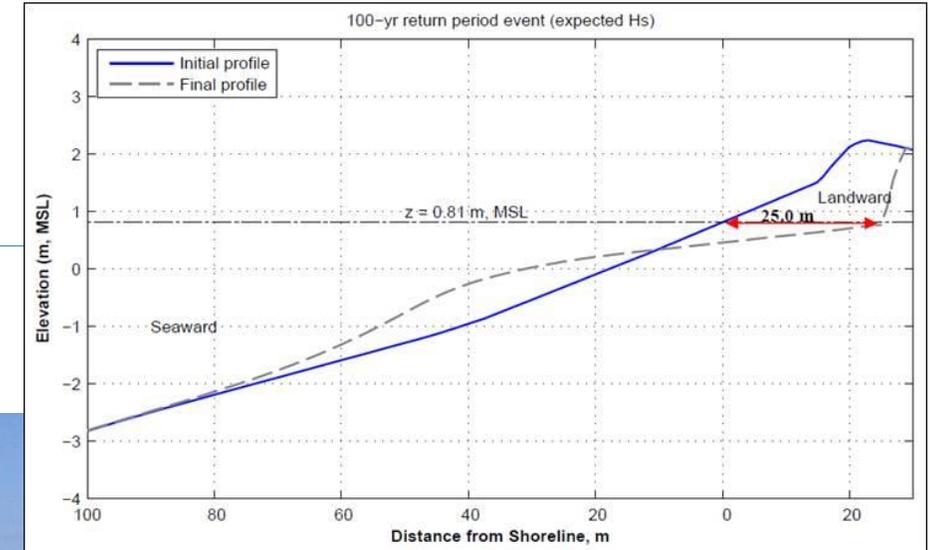
- › Dos tipos de soluciones
  - › Espigones (Groins)
  - › Rompeolas Exentos



# Proyectos: Antiguos

Quintero, Chile

› Equilibrio Natural



# Proyectos: Resiliencia

## Structural Approach



## Nature-Based Approach



## Blended Approach



# Proyectos: Turismo / Protección Costera

## Turneffe Island, Belize

- › Espigones en T
- › Restauración de Playa



# Proyectos: Turismo / Protección Costera

## St. Thomas, USVI

- › Recuperación de Playa
- › Arene proveniente de Bancos Externos



Before: Ritz Carlton, St. Thomas, USVI



After: Ritz Carlton, St. Thomas, USVI

# Proyectos: Turismo / Protección Costera



## Coco Cay, Bahamas

- › Mejoramiento de Playa
- › Relleno de Playa
- › Re-organización de estructuras costeras

# Proyectos: Turismo / Protección Costera



## Labadee, Haiti

- › Protección costera
- › Rehabilitación de Playa
- › Estructuras costeras
- › Visualización > Ejecución



Before: Labadee, Haiti



Design Rendering: Labadee, Haiti



After: Labadee, Haiti

# Proyectos: Turismo / Protección Costera

---

## Carolina del Norte, USA

- › Creación de Duna con Elementos Naturales

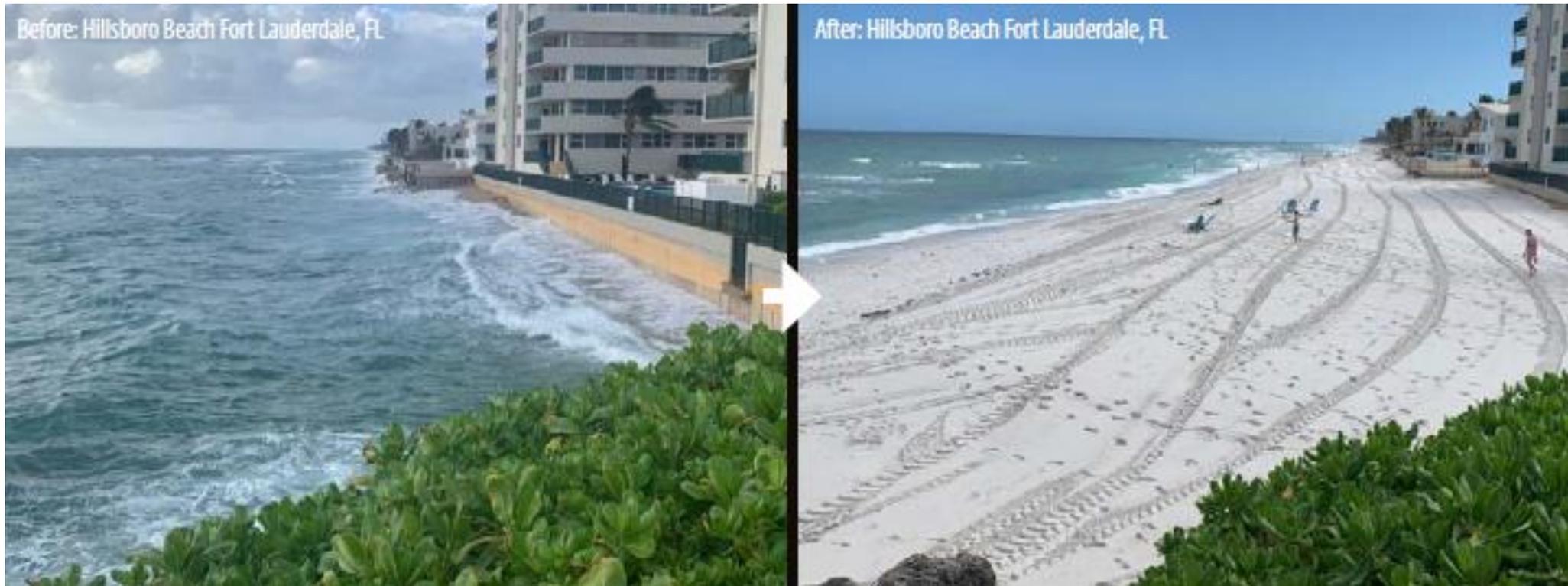


# Proyectos: Turismo / Protección Costera

---

## Fort Lauderdale, USA

### › Relleno de Playa con Arena



# Proyectos: Turismo / Protección Costera

## Coney Island, USA

- › Control de Erosión
- › Estructuras costeras
- › Estabilización de Playa
- › Relleno inicial

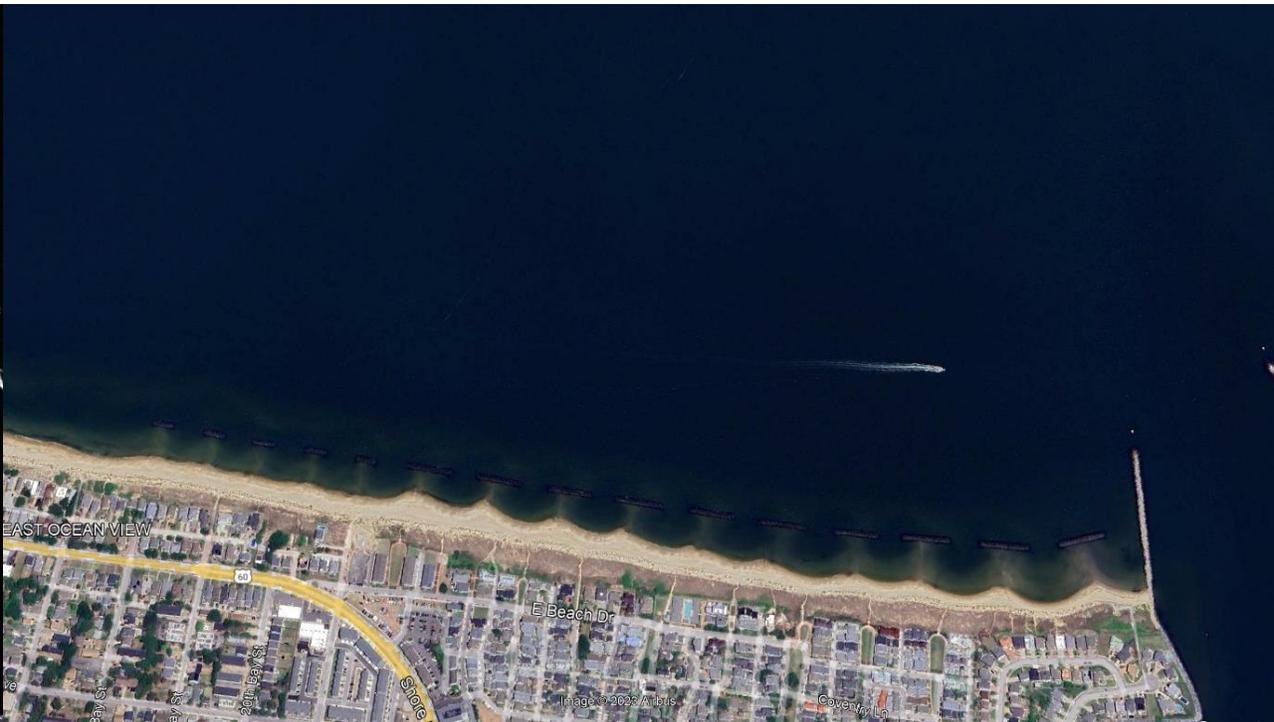
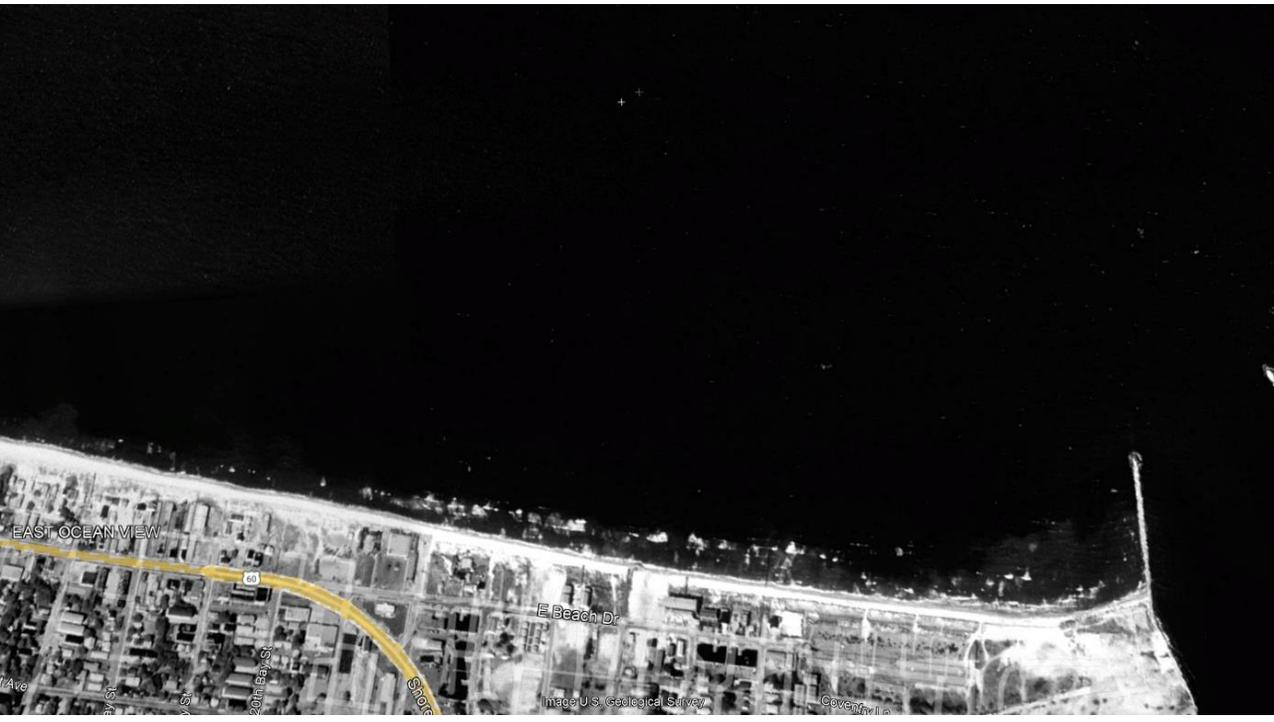


# Proyectos: Turismo / Protección Costera

---

## Virginia, USA

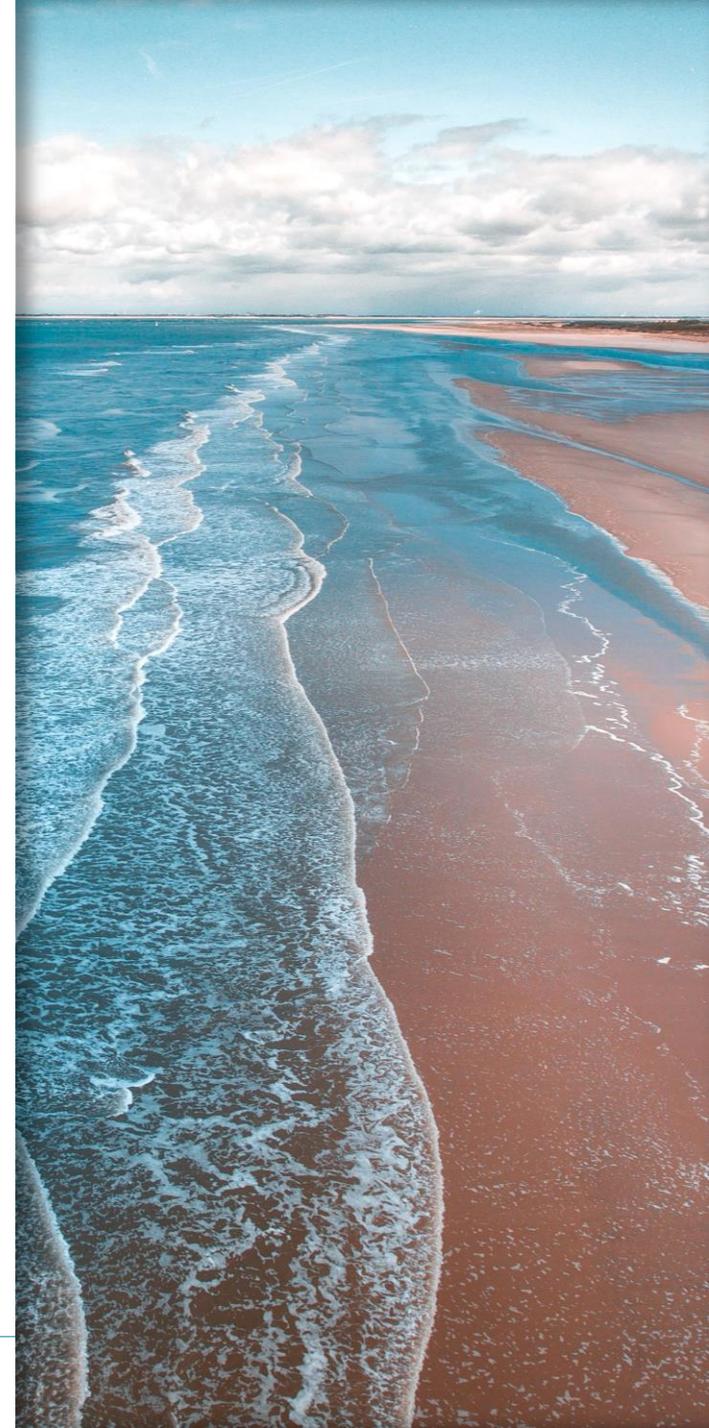
- › Control de Erosión
- › Estructuras costeras
- › Estabilización de Playa



# Comentarios Finales

---

- › Problema dinámico
- › Cada problema es único
- › Importancia de entender el problema a escala regional y local
- › Validación de datos
- › Importancia de Información Confiable
- › Solucionar problema local, sin empeorar problema en otras locaciones.



# Gracias Preguntas?

