



Taller Convenio Ministerio de Medio Ambiente de Canadá – Pontificia Universidad Católica de Chile

INFRAESTRUCTURA PORTUARIA FRENTE A EVENTOS EXTREMOS

Dr. Rodrigo Cienfuegos (racienfu@ing.puc.cl)

Profesor Asociado

Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental
Pontificia Universidad Católica de Chile

Sub-Director

Centro Nacional de Investigación Integrada de Desastres Naturales

<http://www.cigiden.cl/>

Instituciones Nacionales Asociadas



Centro de Investigación de Excelencia CONICYT
Fondap 2011
contacto@cigiden.cl



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE



UNIVERSIDAD
ANDRÉS BELLO



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA



Taller Convenio Ministerio de Medio Ambiente de Canadá – Pontificia Universidad Católica de Chile

EQUIPO DE TRABAJO

Rodrigo Cienfuegos, responsable del estudio, PUC

Mauricio Molina, efectos del CC sobre costa central de Chile, UV

José Beyá, coordinador del estudio caso, UV

Juan Carlos Domínguez, análisis y propagación de oleaje, PUC

Yoel Geni, ayudante compilación de información, PUC

Iñigo Losada, IH Cantabria



Taller Convenio Ministerio de Medio Ambiente de Canadá – Pontificia Universidad Católica de Chile

RESUMEN DE LA PRESENTACION

I. Impactos Observados a Nivel Global y Local

II. Objetivos del Estudio

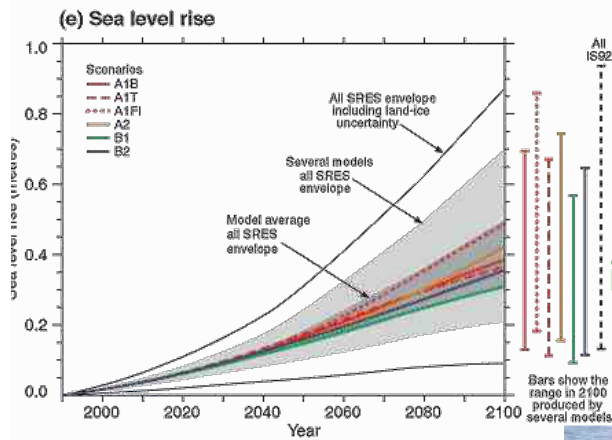
III. Antecedentes del Cambio Climático en las Costas de Chile Central

I. IMPACTOS OBSERVADOS



Environment
Canada

AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR



Erosión

Inundación

Daños en
infraestructuras



I. IMPACTOS OBSERVADOS



Huracán Sandy, EEUU



Venecia, Italia



I. IMPACTOS OBSERVADOS

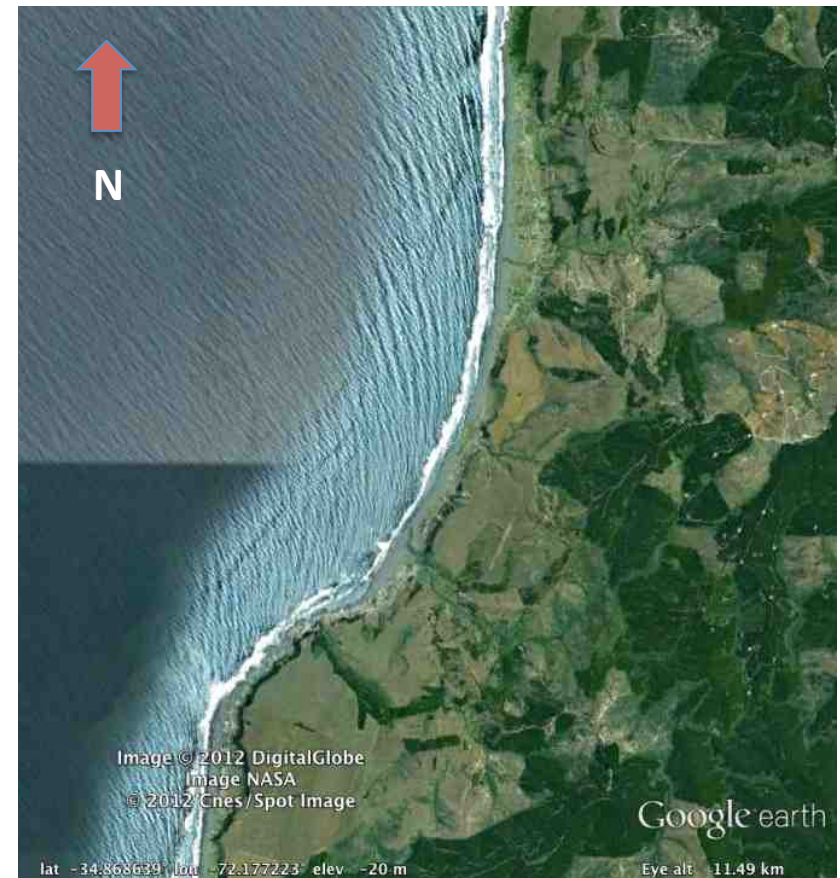


Environment
Canada

EN CHILE CAMBIOS EN EL NIVEL DEL MAR DEBEN SER CONTRASTADOS CON MOVIMIENTOS CO-SISMICOS

**Playa Duao-Lipimávida
(VII Región)**

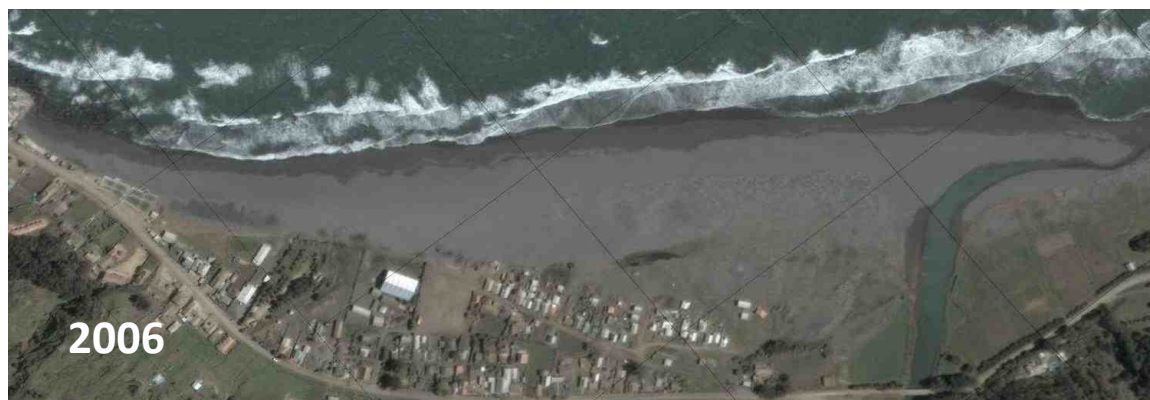
**Subsidencia cercana a los
50cm luego del terremoto
de 2010 (Varga et al.,
2011)**



I. IMPACTOS OBSERVADOS



EN CHILE CAMBIOS EN EL NIVEL DEL MAR DEBEN SER CONTRASTADOS CON MOVIMIENTOS CO-SISMICOS

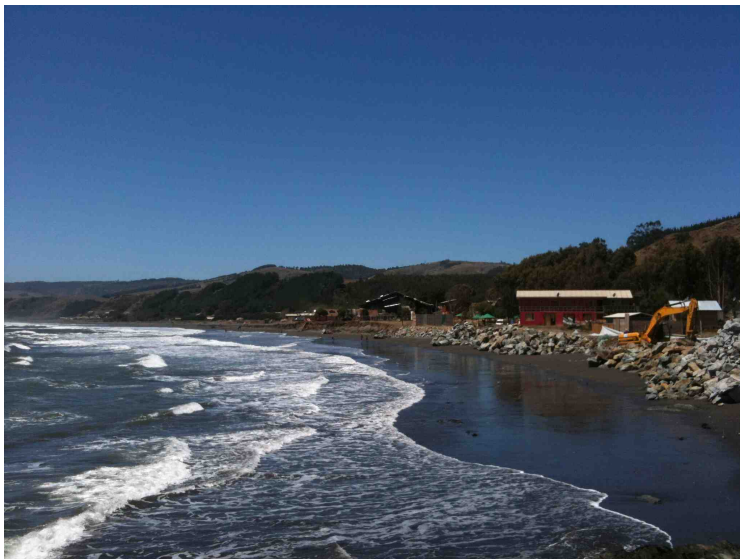


I. IMPACTOS OBSERVADOS



Environment
Canada

EN CHILE CAMBIOS EN EL NIVEL DEL MAR DEBEN SER CONTRASTADOS CON MOVIMIENTOS CO-SISMICOS



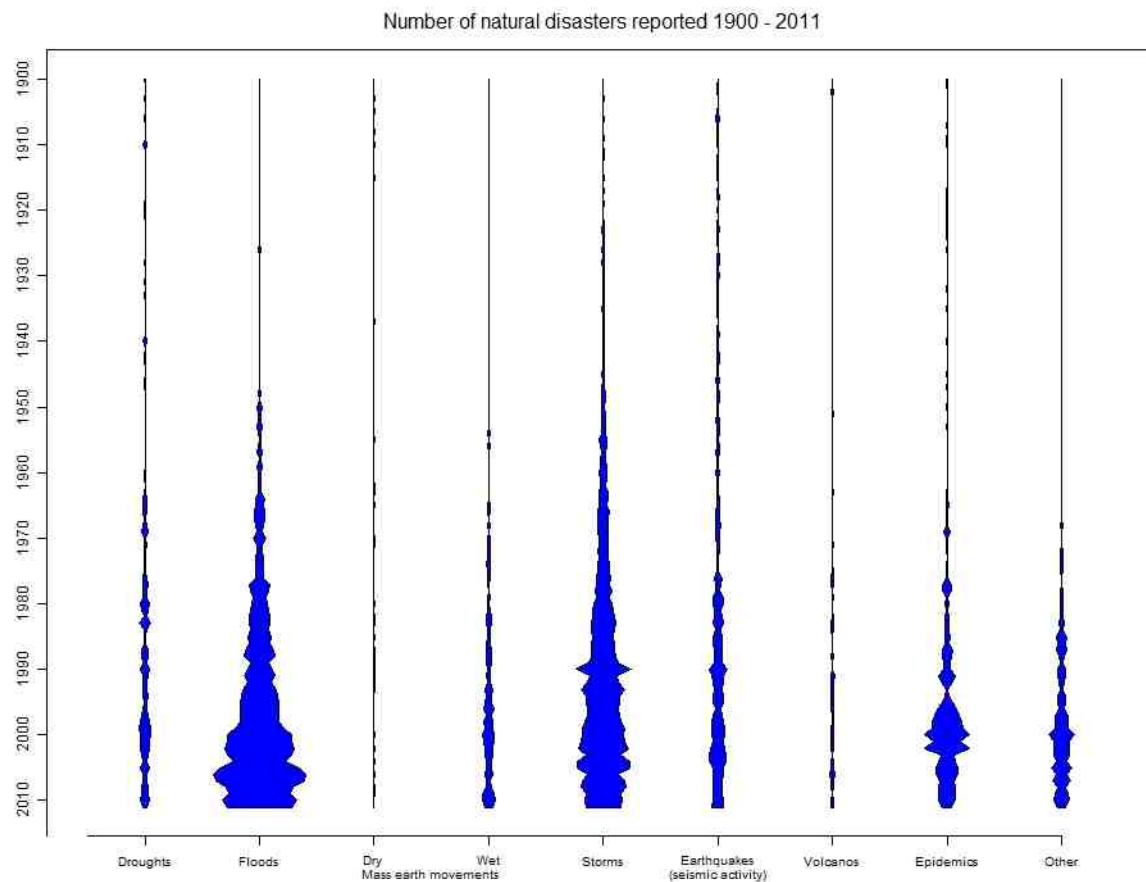
Impacto del descenso del terreno (aumento del nivel del mar)

I. IMPACTOS OBSERVADOS



Environment
Canada

AUMENTO EN FRECUENCIAS DE TORMENTAS Y MAREJADAS



EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database - www.emdat.be - Université Catholique de Louvain, Brussels - Belgium

Fuente : EM-DAT The International Disaster Database

I. IMPACTOS OBSERVADOS



Environment
Canada

En Chile han existido eventos importantes recientes de marejadas



**Fuente : El Mostrador – <http://www.elmostrador.cl/>
August 16th 2012**



Taller Convenio Ministerio de Medio Ambiente de Canadá – Pontificia Universidad Católica de Chile

RESUMEN DE LA PRESENTACION

I. Impactos Observados a Nivel Global y Local

II. Objetivos del Estudio

III. Antecedentes del Cambio Climático en las Costas de Chile Central

I. OBJETIVOS



Environment
Canada

OBJETIVOS DEL ESTUDIO: CARACTERIZACION FISICA

- **PRECISAR LAS TENDENCIAS OBSERVADAS EN LA COSTA CENTRAL DE CHILE (variables climáticas)**
- **DISTINGUIR ENTRE VARIACIONES DE NIVEL DEL MAR Y MOVIMIENTOS CO-SISMICOS**
- **CARACTERIZAR EVOLUCION DE CLIMAS DE OLEAJE (altura, dirección, frecuencia de tormentas)**
- **ESTUDIAR INCIDENCIA DE OSCILACIONES ENSO EN EL IMPACTO DE OLEAJE DE TORMENTA**

I. OBJETIVOS



Environment
Canada

OBJETIVOS DEL ESTUDIO: IMPACTO EN EL CICLO DE VIDA DE OBRAS PORTUARIAS

- **ANALIZAR LA INCIDENCIA DE ESTOS CAMBIOS EN EL CICLO DE VIDA DE LA INFRAESTRUCTURA PORTUARIA**
- **REALIZAR RECOMENDACIONES PARA INCOPORAR TENDENCIAS CLIMATICAS SIGNIFICATIVAS EN EL DISEÑO DE ESTA INFRAESTRUCTURA**
- **REALIZAR RECOMENDACIONES PARA LA ADAPTACION Y SEGUIMIENTO DE OBRAS PORTUARIAS EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMATICO**
- **HACERLO EN EL CONTEXTO DE UN SITIO ESPECIFICO DE ESTUDIO**

I. OBJETIVOS



Environment
Canada

CICLO DE VIDA DE LAS INFRAESTRUCTURAS

1. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO/UBICACIÓN

Puerto exterior

Las tres fases de la ampliación



EL CORREO GALEGO

Fuente: Puerto de A Coruña

2. CONSTRUCCIÓN



3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO



4. ADECUACIÓN/DESMANTELAMIENTO

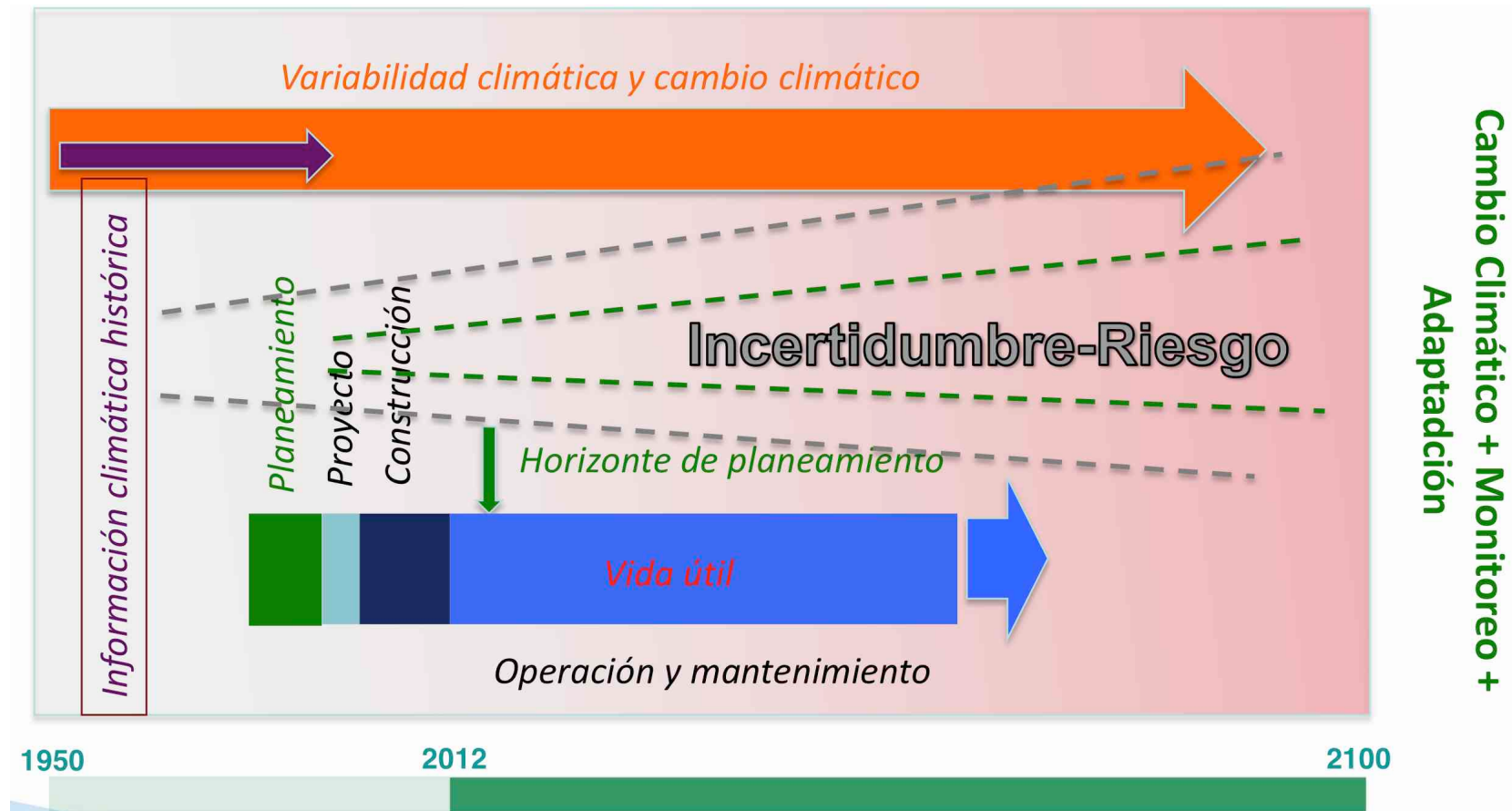


IH CANTABRIA

I. OBJETIVOS



Environment
Canada



I. OBJETIVOS



Environment
Canada

A NIVEL PORTUARIO EL CAMBIO CLIMATICO PUEDE AFECTAR:

- **DEMANDA**
- **NAVEGACION Y ATRAQUE**
- **GESTION Y OPERACION DE CARGAS**
- **ALMACENAMIENTO**
- **MOVIMIENTO DE VEHICULOS AL INTERIOR DEL PUERTO**
- **INFRAESTRUCTURA**
- **ACCESOS Y REDES DE CONEXION**

I. OBJETIVOS



Environment
Canada

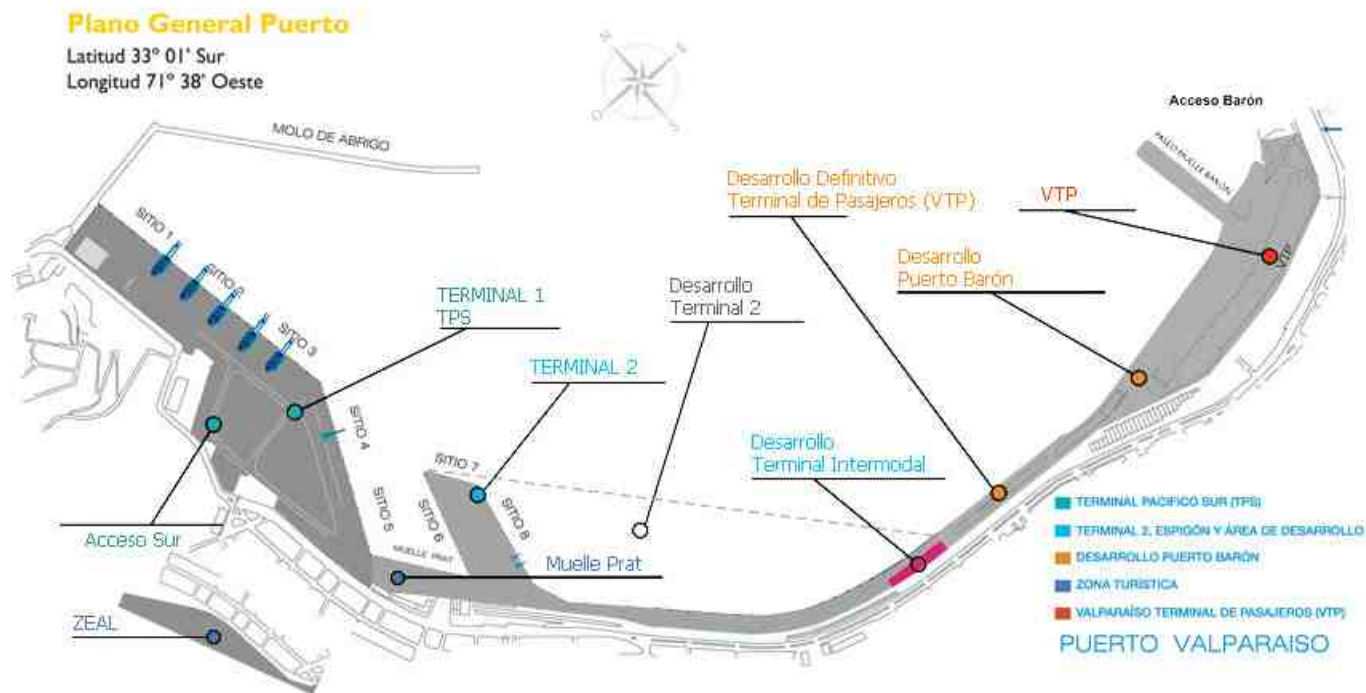
SE REQUIERE INFORMACION ESPECIFICA DEL PUERTO PARA DESARROLLAR ANALISIS ACABADOS

- **INFORMACION DE ALTA RESOLUCION (batimetría, layout, infraestructura, oleaje, vientos, mareas, temperatura, etc.)**
- **EVALUACION DEL FUNCIONAMIENTO GENERAL (flujos, downtime, etc.) Y PROYECCIONES FUTURAS**
- **EL ANALISIS DEBE PERMITIR EVALUAR IMPACTOS Y DECIDIR EL MOMENTO EN QUE SE DEBEN ADOPTAR MEDIDAS DE ADAPTACION PARA NO PERDER COMPETITIVIDAD**

Caso de Estudio

Puerto de Valparaíso:

- Mapa General:



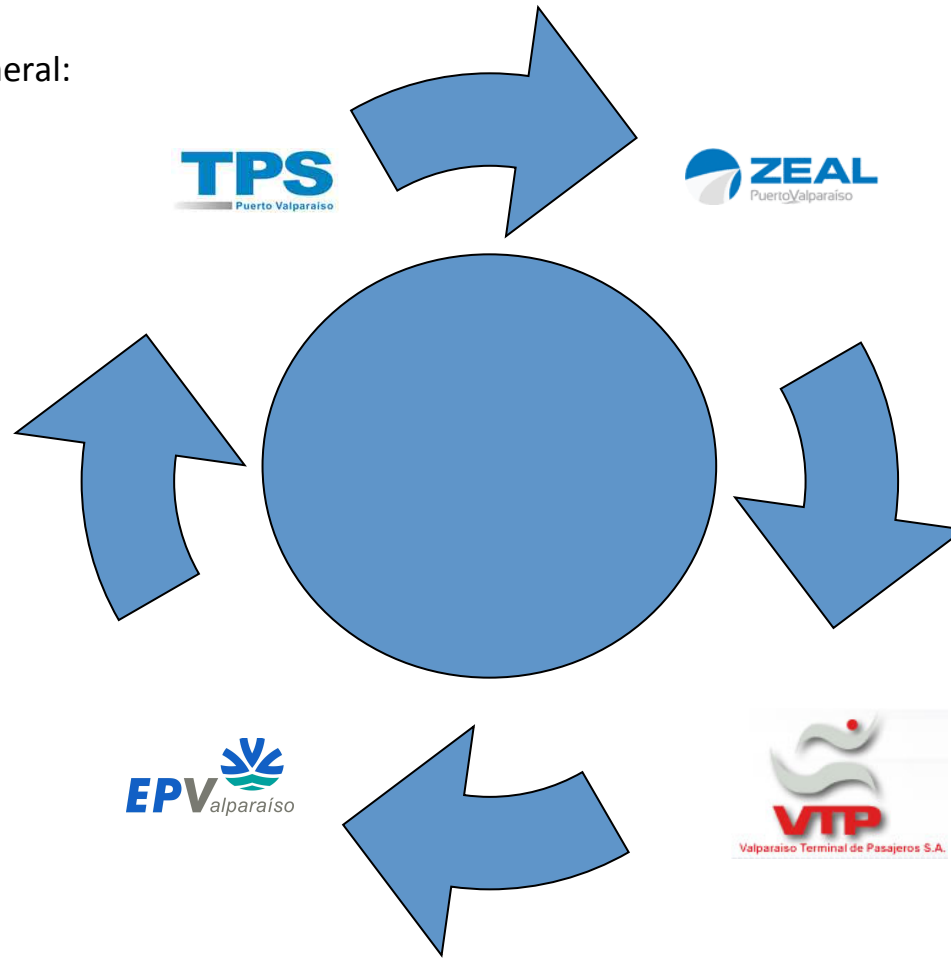
Fuente: EPV (Empresa Puerto Valparaíso)



Caso de Estudio

Puerto de Valparaíso:

- Administración General:





Manejo y Control de Información

Fuentes de Registro Históricas:

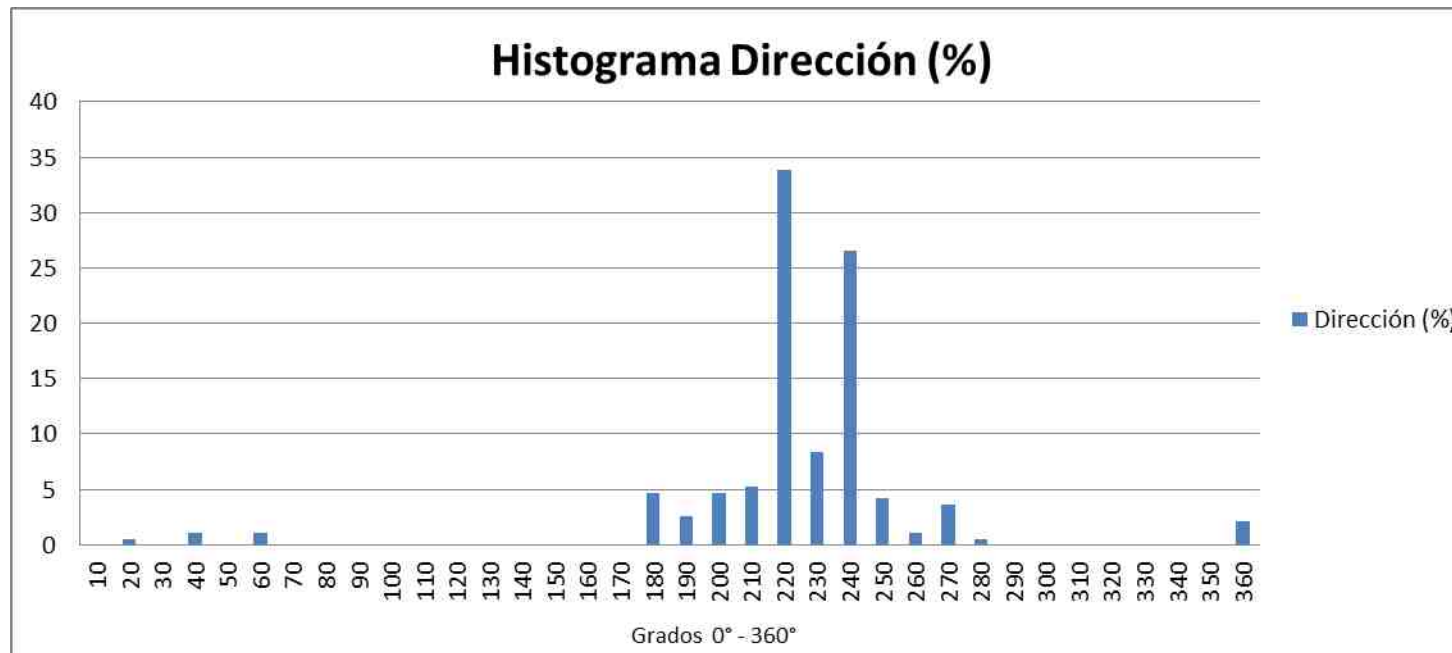
- Centro Climatológico de la Armada.
- SHOA.
- Universidad de Valparaíso.
- EPV (Empresa Puerto Valparaíso).
- Capitanía de Puerto de Valparaíso.
- Directemar.
- NOAA.
- Universidad de Cantabria.
- DOP (Dirección de Obras Portuarias).

Compromiso de confidencialidad y uso académico de la información

Estudios en Desarrollo

Registros Históricos:

- Datos de Dirección de Viento.
- Fuente: Centro Climatológico de la Armada.
- Lugar: Faro “Punta Ángeles”.
- Año: 1988 - 2000



Estudios en Desarrollo

Registros Históricos:

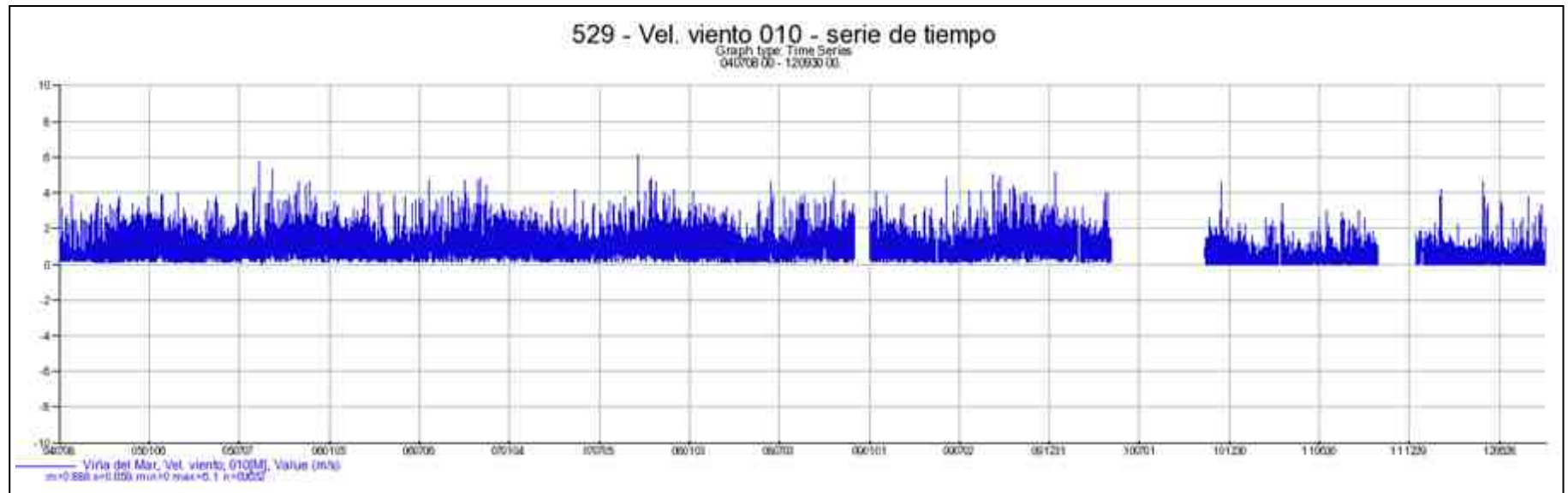
- Datos de Velocidades de Viento.
- Fuente: Centro Climatológico de la Armada.
- Lugar: Faro “Punta Ángeles”.
- Año: 1988 - 2000



Estudios en Desarrollo

Registros Históricos:

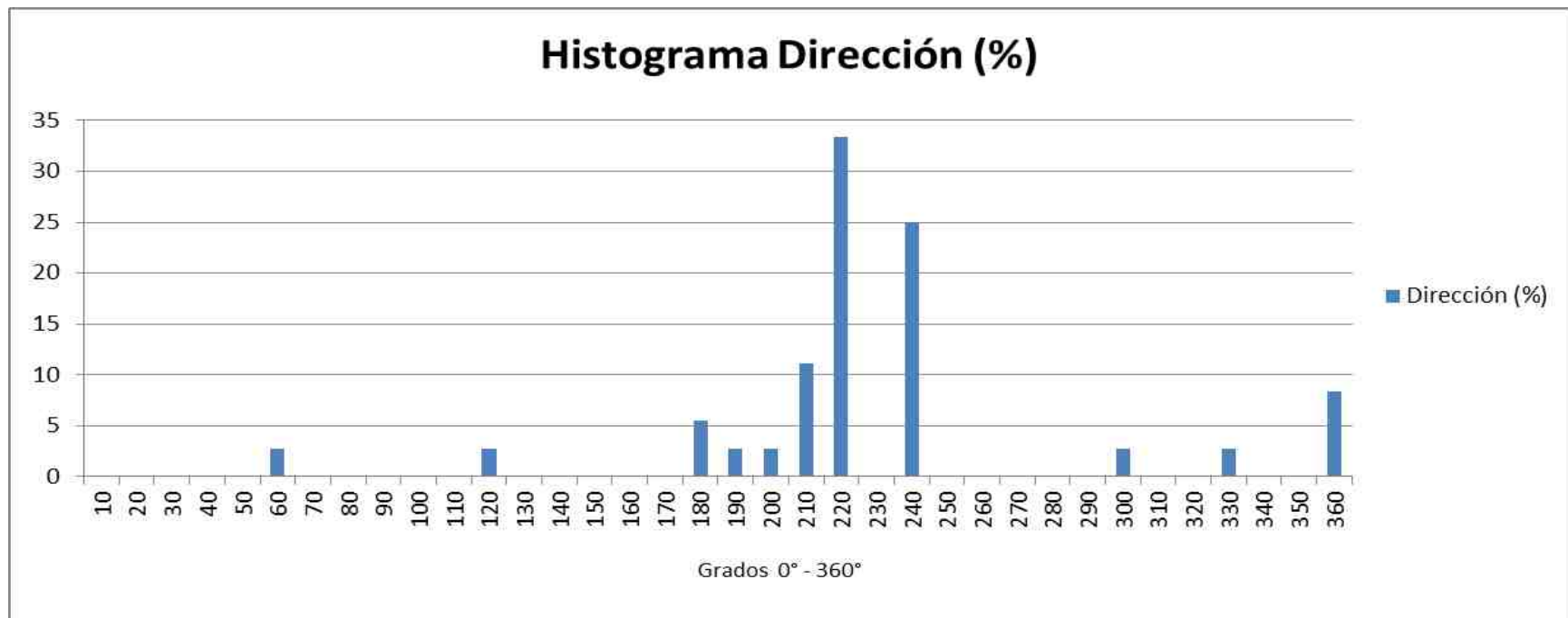
- Datos de Velocidades de Viento.
- Fuente: SINCA (Sistema de Información Nacional de Calidad de Aire).
- Lugar: Nodo Viña del Mar.
- Año: 2004 - 2012



Estudios en Desarrollo

Registros Históricos:

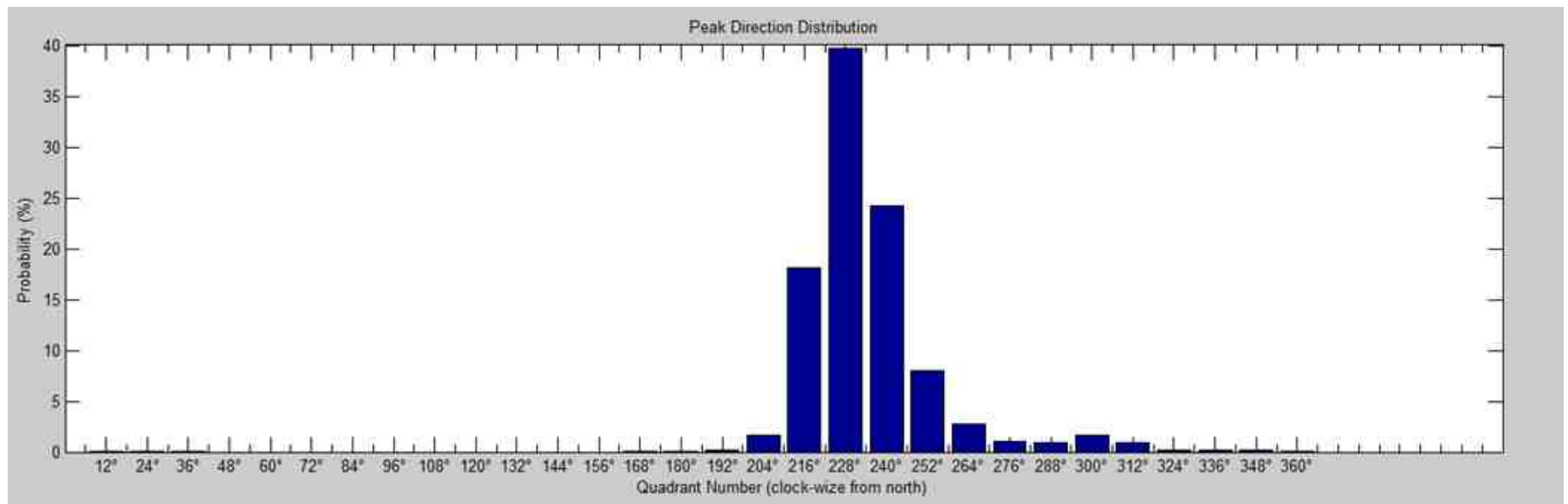
- Datos de Dirección de Olas.
- Fuente: Centro Climatológico de la Armada.
- Lugar: Faro “Punta Ángeles”.
- Año: 1988 - 2000



Estudios en Desarrollo

Registros Históricos:

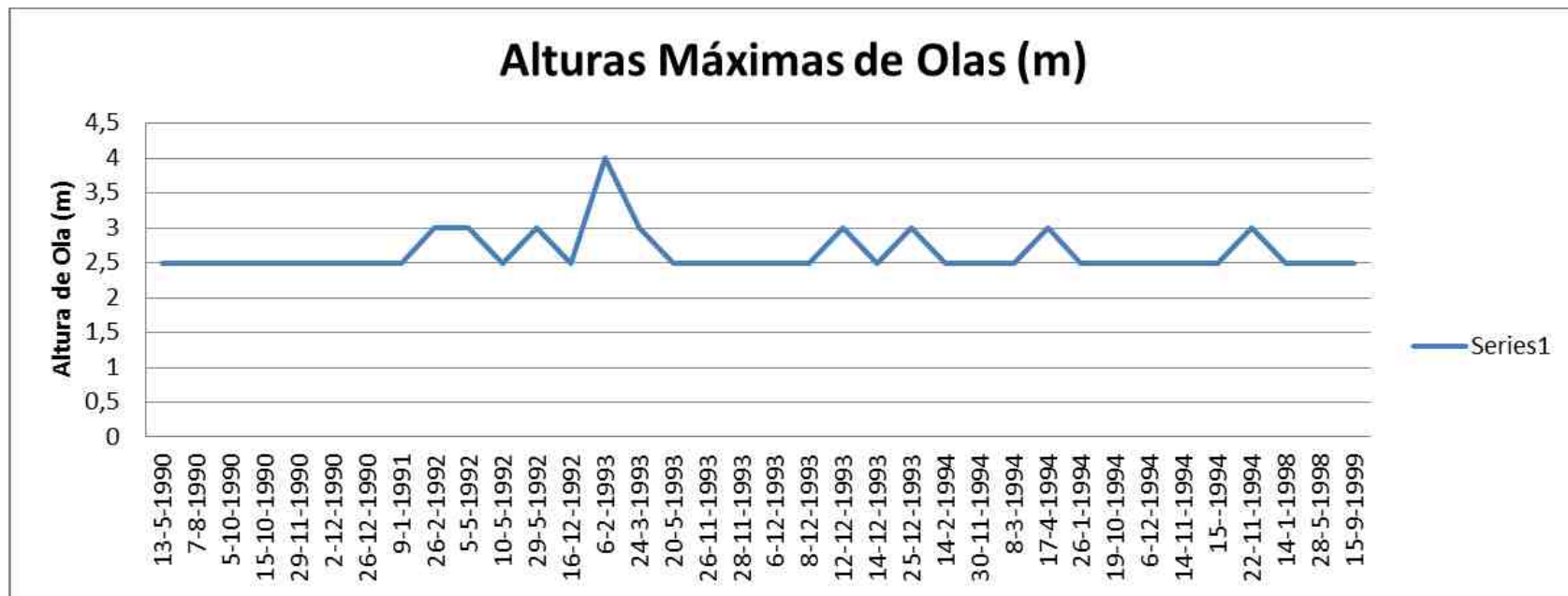
- Datos de Dirección de Olas con alturas significantes (H_s).
- Fuente: NOAA.
- Lugar: Nodo N°33.
- Año: 1997 - 2010



Estudios en Desarrollo

Registros Históricos:

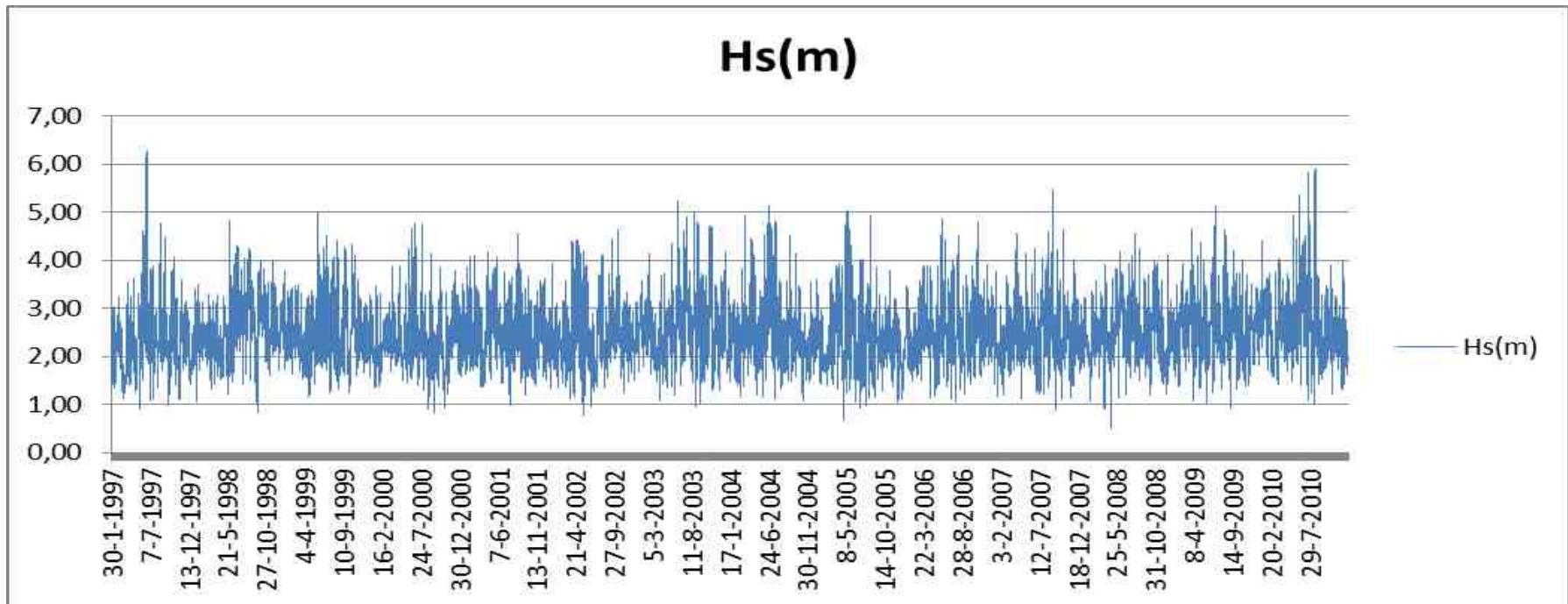
- Datos de Alturas Máximas de Olas.
- Fuente: Centro Climatológico de la Armada.
- Lugar: Faro “Punta Ángeles”.
- Año: 1988 - 2000



Estudios en Desarrollo

Registros Históricos:

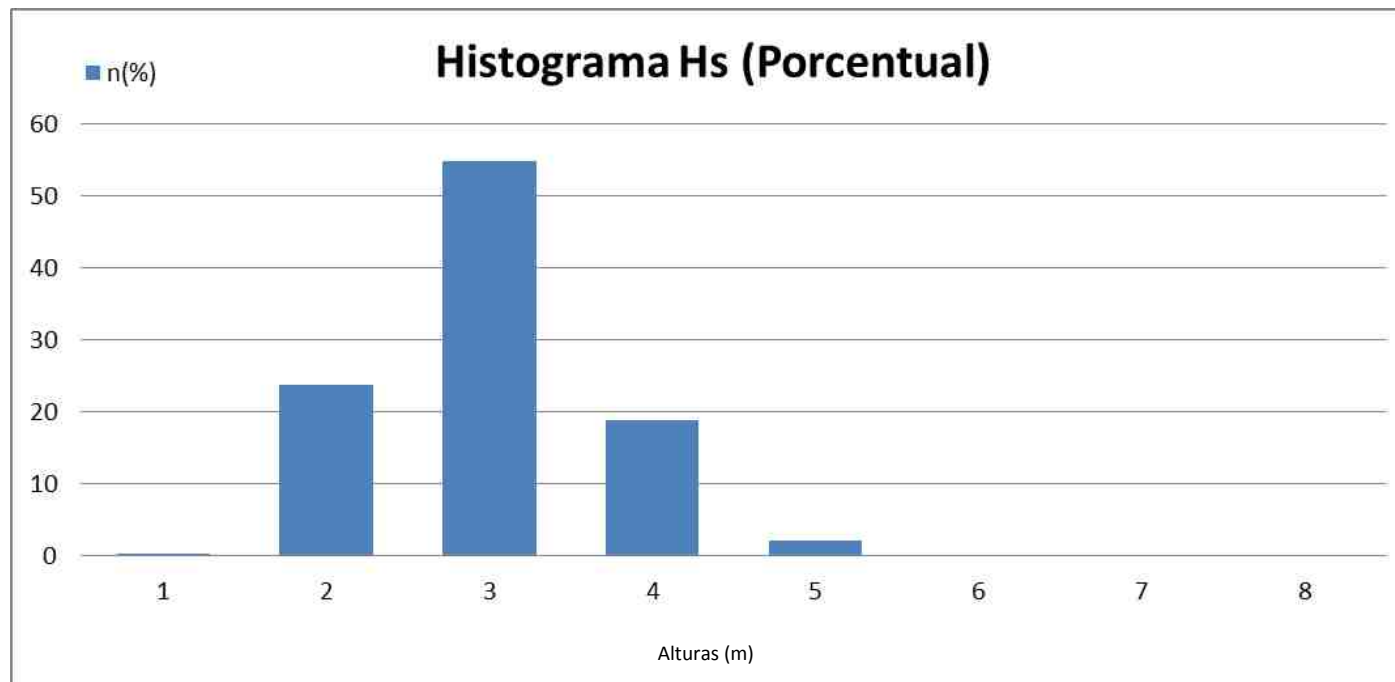
- Datos de Alturas Significantes de Olas (Hs).
- Fuente: NOAA.
- Lugar: Nodo N°33.
- Año: 1997 - 2010



Estudios en Desarrollo

Registros Históricos:

- Datos de Porcentajes de Olas según altura (Hs).
- Fuente: NOAA.
- Lugar: Nodo N°33.
- Año: 1997 - 2010



Estudios en Desarrollo

Registros Históricos:

- Datos de Alturas de Olas Máximas anuales.
- Fuente: NOAA.
- Lugar: Nodo N°33.
- Año: 1997 - 2010

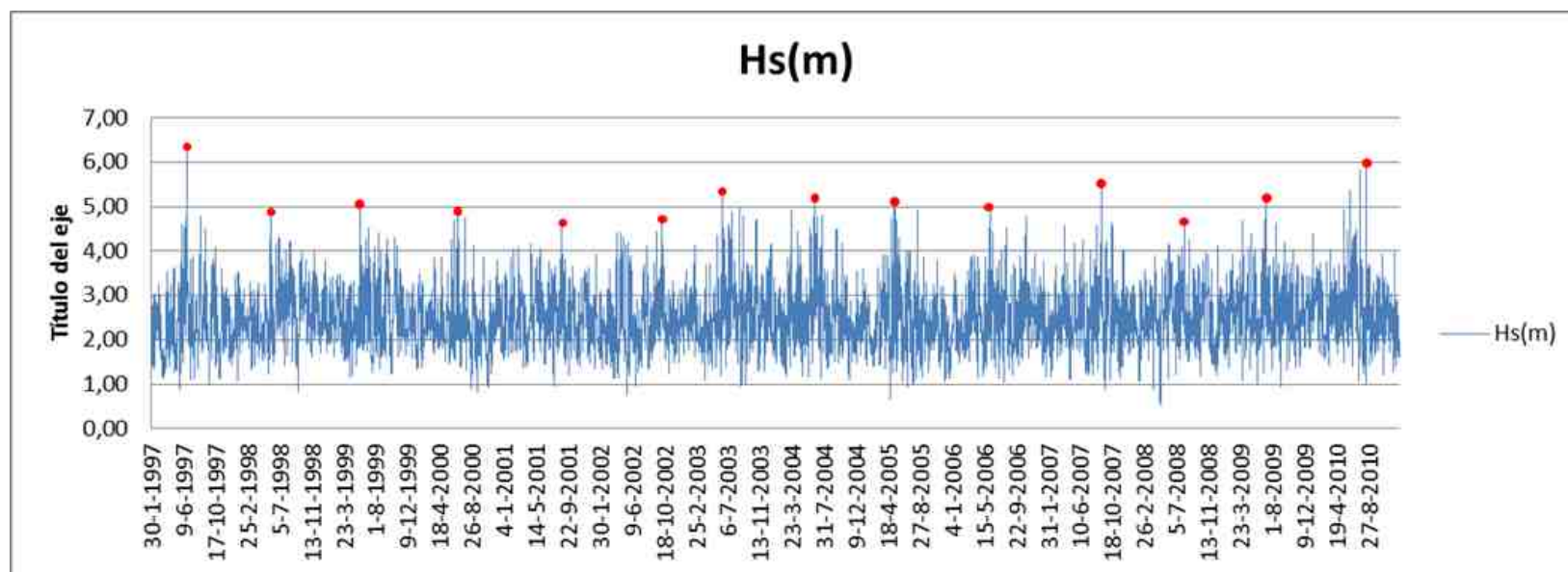


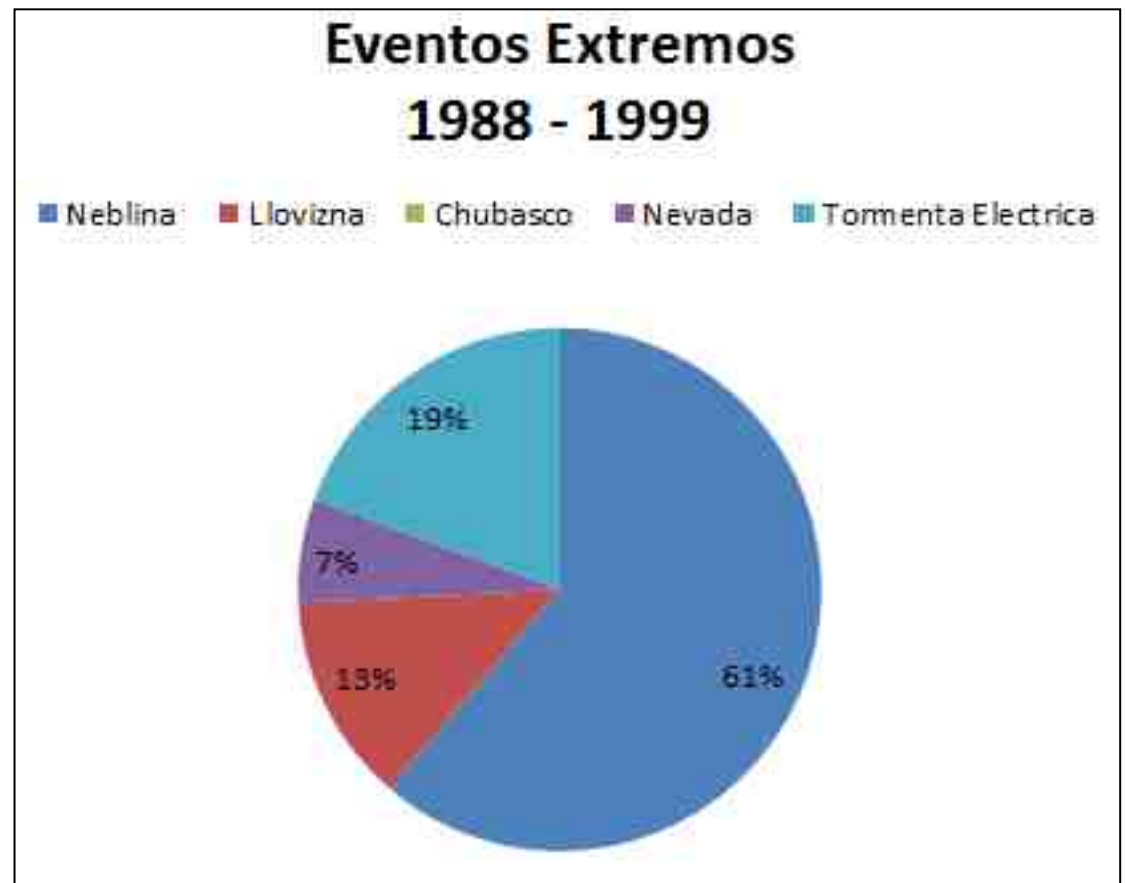
Tabla valores máximos anuales (m)

1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
6,28	4,83	5,00	4,77	4,56	4,64	5,24	5,13	5,02	4,88	5,46	4,57	5,13	5,91

Estudios en Desarrollo

Registros Históricos:

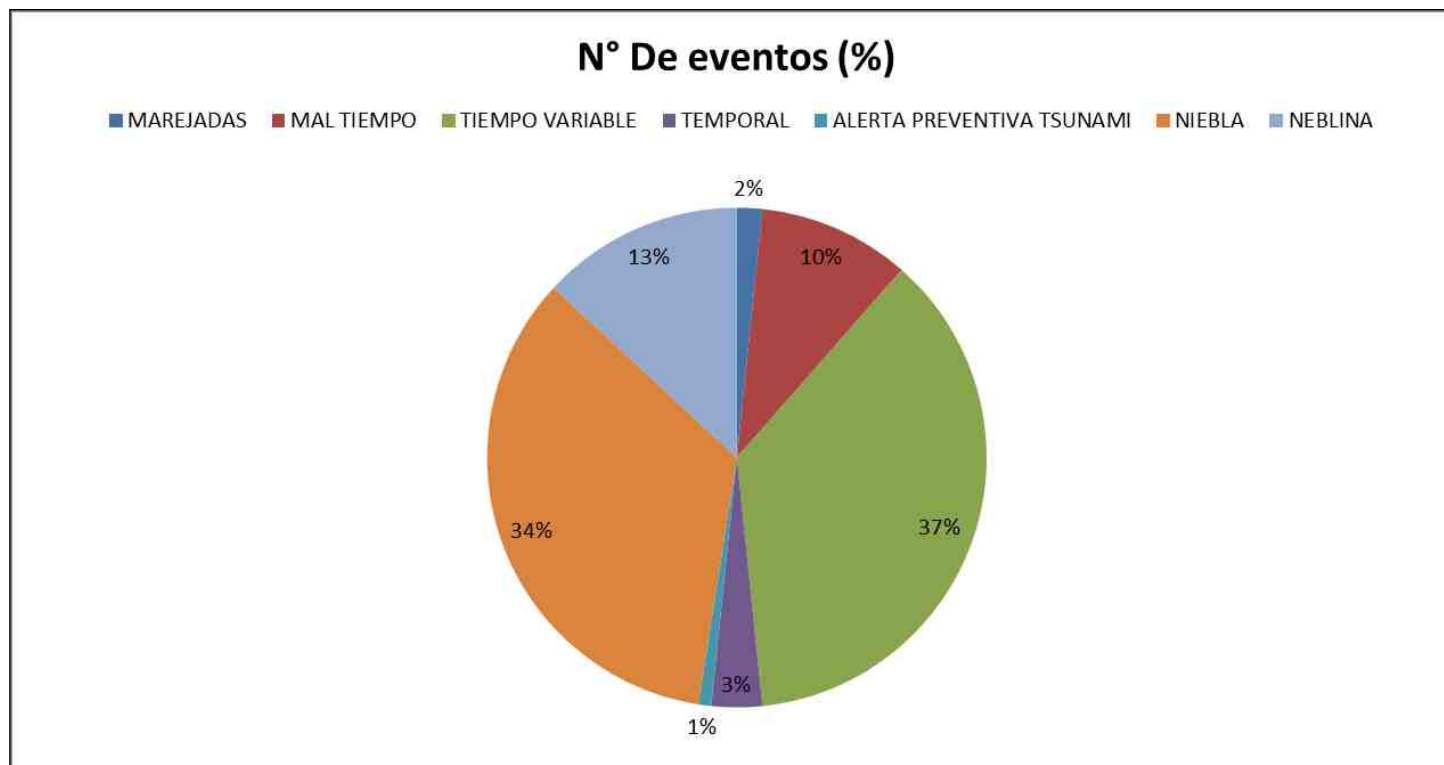
- Datos de Eventos causantes de Cierre de Puerto.
- Fuente: Centro Climatológico de la Armada.
- Lugar: Faro “Punta Ángeles”.
- Año: 1988 - 2000



Estudios en Desarrollo

Registros Históricos:

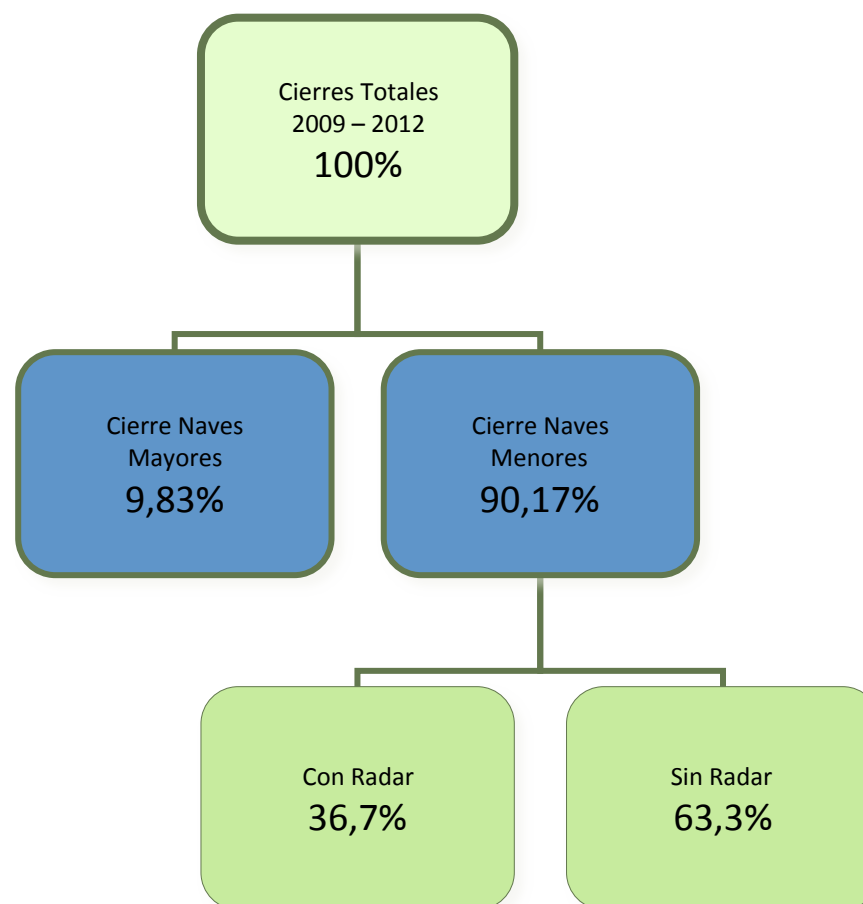
- Datos de Eventos causantes de Cierre de Puerto.
- Fuente: Capitanía de Puerto de Valparaíso.
- Lugar: Capitanía de Puerto.
- Año: 2009 - 2012



Estudios en Desarrollo

Registros Históricos:

- Datos de Eventos causantes de Cierre de Puerto.
- Fuente: Capitanía de Puerto de Valparaíso.
- Lugar: Capitanía de Puerto.
- Año: 2009 – 2012
- **TOTAL DE CIERRES: 122**





Estudios en Desarrollo

Tendencia a futuro de la Dinámica Oceanográfica:

- **Nivel Medio del Mar:**
 - La tendencia del nivel medio del mar es a crecer.
 - El aumento del nivel medio del mar tenderá a acelerar, tal como lo ha hecho las ultimas décadas.
 - El nivel medio del mar aumenta 3,3 mm/año.
 - En promedio el nivel medio del mar tendrá un aumento de 20cm para el 2070
- **Viento:**
 - La tendencia en zonas de Sudamérica será de aumentar en 1m/s su velocidad en el 2050.
 - Su dirección tenderá a cambiar de diversas formas según la zona de referencia en el continente.
- **Oleaje:**
 - La tendencia es de un aumento de 2,5cm/año aproximadamente en la zona Sureste del continente.
 - Se espera un descenso de 1cm/año en la zona Noroeste del continente.
 - Tanto las condiciones medias como extremas de oleaje están aumentando.
 - Hay una alta probabilidad de un aumento de hasta 5m en la altura significativa para el 2050.
 - La dirección media del oleaje presenta en Chile un giro de 0,1°/año en el sentido del reloj.



Investigación a Desarrollar

- Determinar la existencia de una tendencia de cambio en las variables oceanográficas.
- Determinar la existencia de un aumento en los periodos de “Downtime”.
- Determinar relación existente entre eventos climáticos extremos y periodos de “Downtime”.
- Establecer el impacto económico que generan los cambios en las variables oceanográficas y los periodos de “Downtime” en el puerto.
- Generar una estrategia que incorpore medidas de adaptación de los puertos ante el Cambio Climático con el fin de minimizar el impacto económico provocado.

Esta información se obtendrá por medio del apoyo de la EPV



Potenciales alcances del estudio

- Desarrollo de estrategia de adaptación de puertos.
- Elaboración de documento publico sobre el estudio realizado.
- Elaboración de seminarios y talleres sobre la mitigación del impacto económico del Cambio Climático en los procesos propios de los puertos.
- Publicación oficial de la estrategia de adaptación de la infraestructura nacional al cambio climático