



Evaluación del Riesgo asociado a Eventos de Oleaje Extremo en la costa de Viña del Mar y Concón

Defensa del proyecto para optar al
Título de Ingeniero Civil Oceánico

Catalina A. Tejo R.

Agosto, 2017

Contenidos

- ▶ INTRODUCCIÓN
- ▶ OBJETIVOS
- ▶ METODOLOGÍA
 - ▶ ANÁLISIS DE AMENAZA
 - ▶ ANÁLISIS DE IMPACTO
 - ▶ EVALUACIÓN DE RIESGO
- ▶ RESULTADOS
- ▶ CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

Motivación

- **RECURRENCIA** de marejadas que provocan impacto en el borde costero

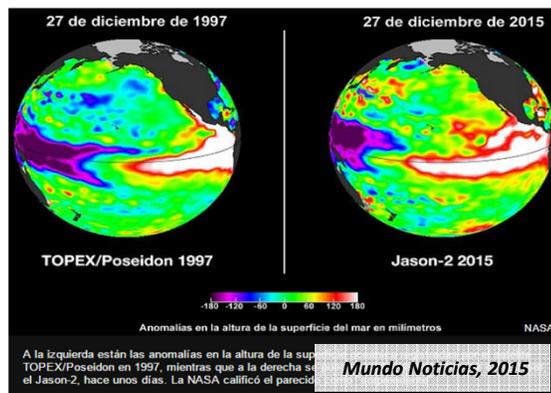
INGENIERÍA CIVIL
OCEÁNICA



INTRODUCCIÓN

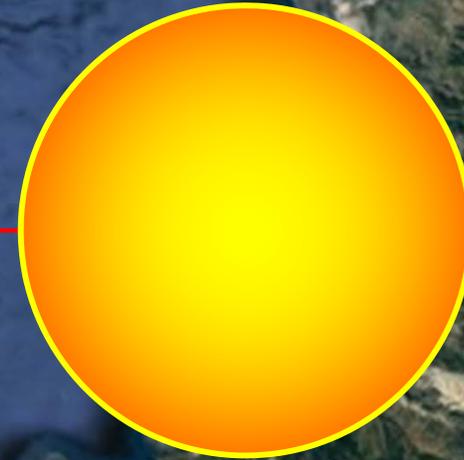


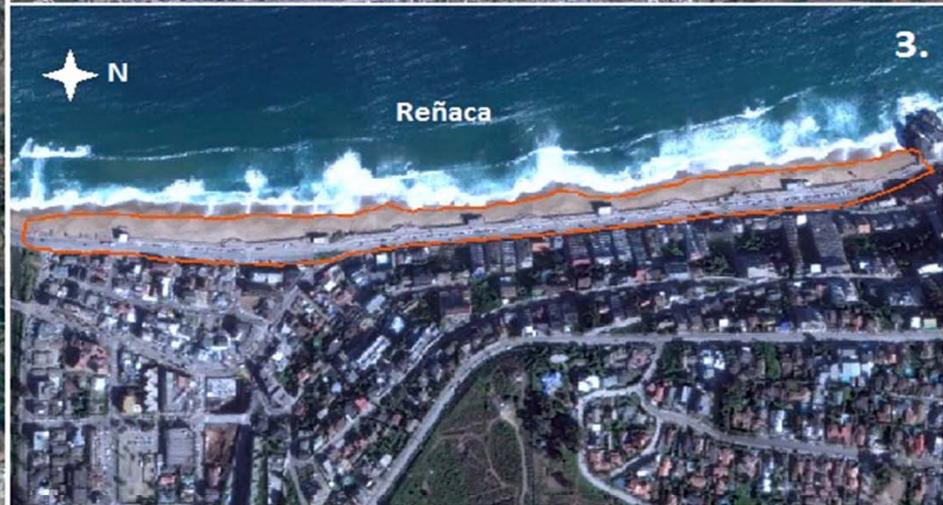
- EVIDENCIA DE VULNERABILIDADES. A nivel de calle, el borde costero tiene una **cota promedio de 4,2 [msnmm]**, y los eventos observados **evidencian la existencia de vulnerabilidades**.
- CONDICIONES DE EOE
El cambio climático podría incrementar los eventos extremos, especialmente en años Niño.



- PROPUESTA
METODOLÓGICA

Zona de estudio





OBJETIVOS



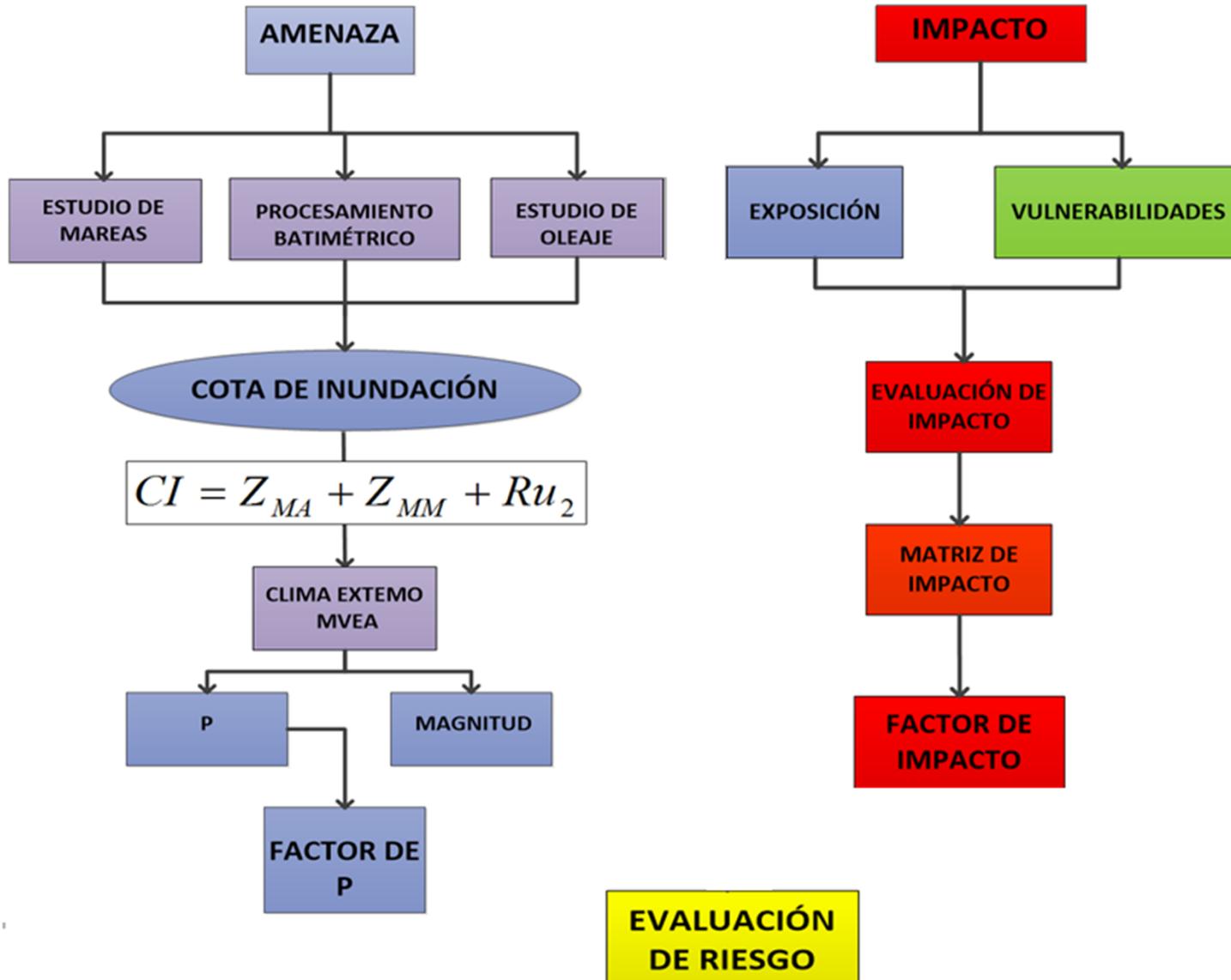
- Proponer un procedimiento para evaluar el riesgo ante eventos de oleaje extremo caracterizados por la cota de inundación

La información proporcionada a partir de este análisis servirá eventualmente para establecer medidas de contingencia, mitigación y/o recomendaciones en un estudio posterior a fin de disminuir el riesgo

Objetivos específicos

1. Determinar la cota de inundación (CI)
2. Analizar las vulnerabilidades del sistema para evaluar el impacto
3. Evaluar el riesgo en las zonas urbanas costeras próximas a los sitios de estudio donde se obtuvieron las respectivas CI

METODOLOGÍA



Definición de conceptos

$$R = P \times I$$

- ▶ **Riesgo.** Probabilidades perjudiciales de pérdida de vidas, propiedades, medios de subsistencia e interrupción de actividad económica.
- ▶ **Amenaza.** Evento natural en si (EOE) caracterizado por la Cota de Inundación CI y representado por P , Probabilidad de ocurrencia de la amenaza.
- ▶ **Impacto.** Conjunto de daños que afectan a la sociedad y que se relacionan con las características de los deterioros provocados por la amenaza.



ANÁLISIS DE LA AMENAZA

Probabilidad de ocurrencia
del escenario de peligro



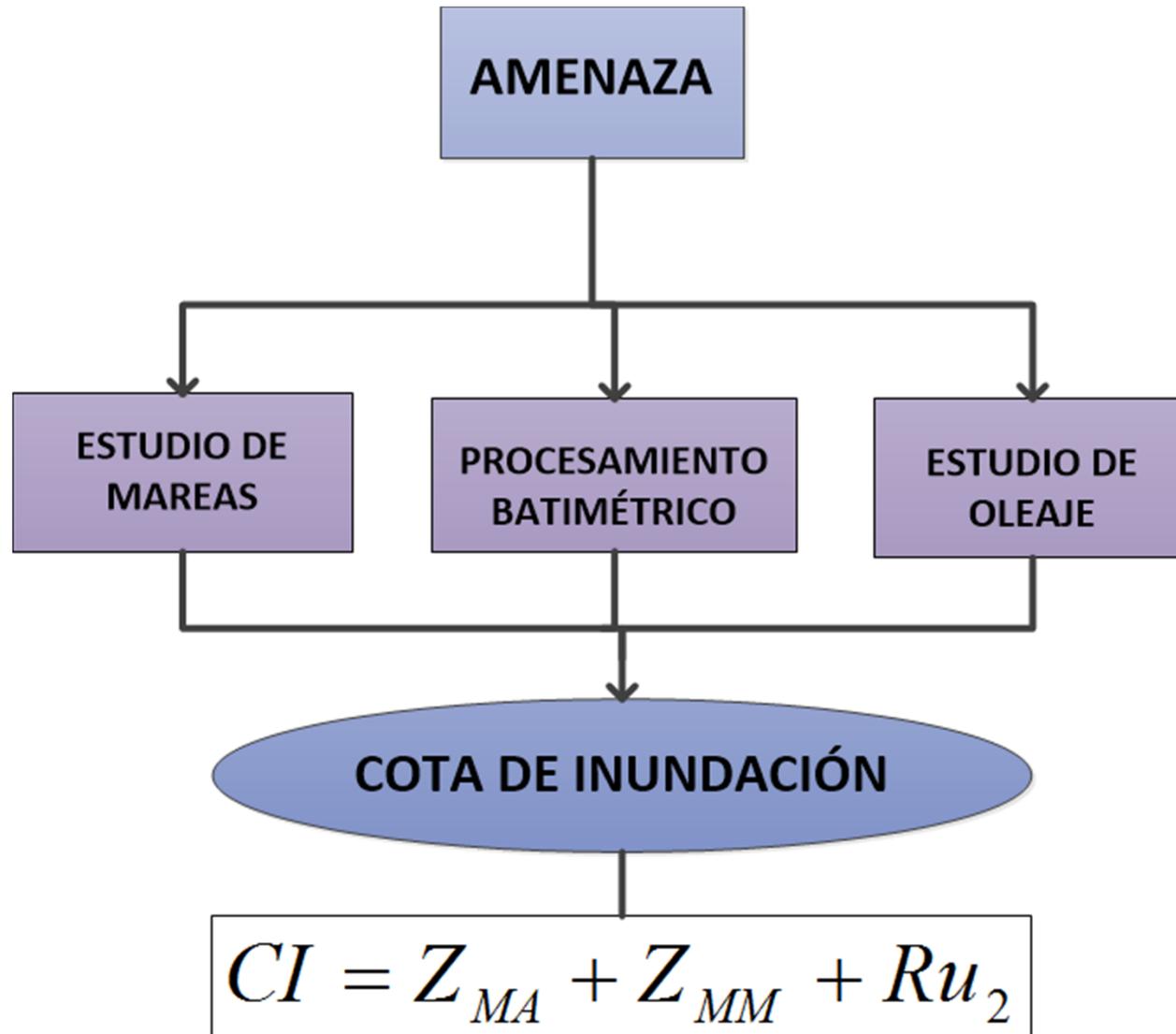
EOE



$$CI = SMA + SMM + Ru2$$



ANÁLISIS DE LA AMENAZA



Estudio de Oleaje

- ▶ Hindcasting
- ▶ Propagación del oleaje
 - ▶ Método
 - ▶ Propagación numérica SWAN. Espectros unitarios (U_i, U'_i)
 - ▶ Transferencia espectral (K_a)
 - ▶ Espectros reales en el sitio
 - ▶ Parámetros de resumen en el sitio
- ▶ Oleaje en el sitio de interés (H_p)
 - ▶ Runup



deep w.

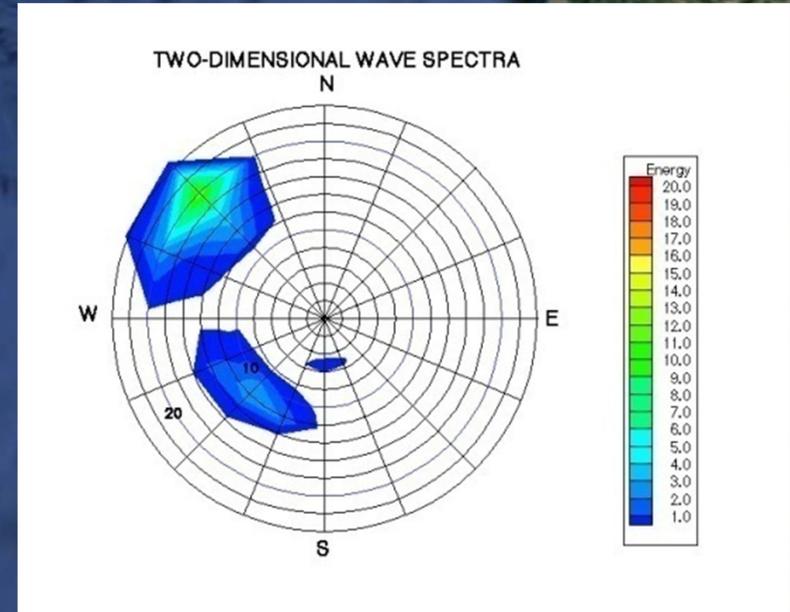
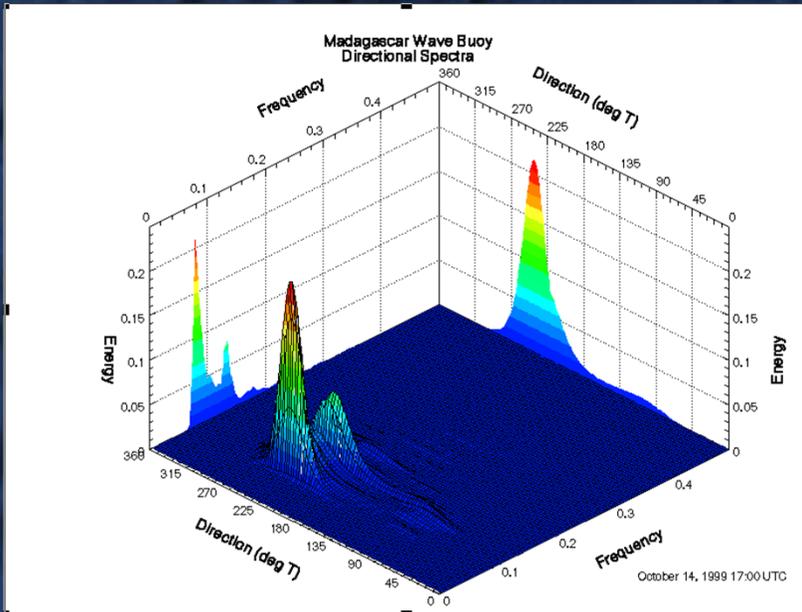


Modelo SWAN

Propagación oleaje

shallow w.

FUGRO

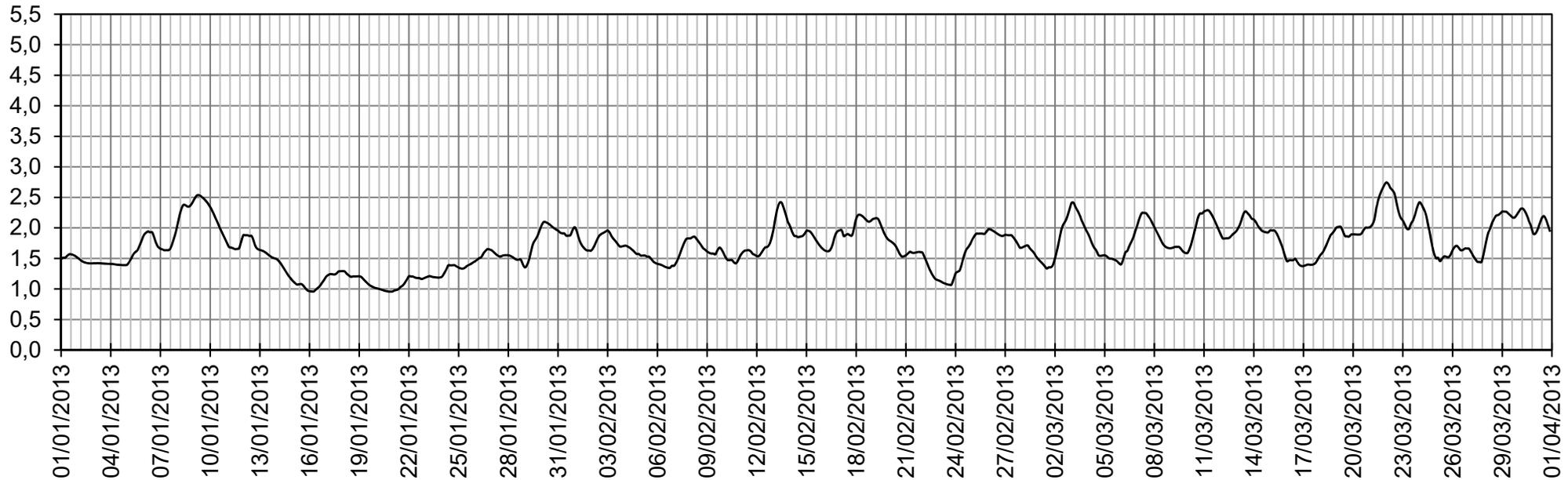


Runup



H_p

[m]



$$Ru_2 = (0.83 * \xi + 0.2) H_p$$

(Stockdon, 2006)

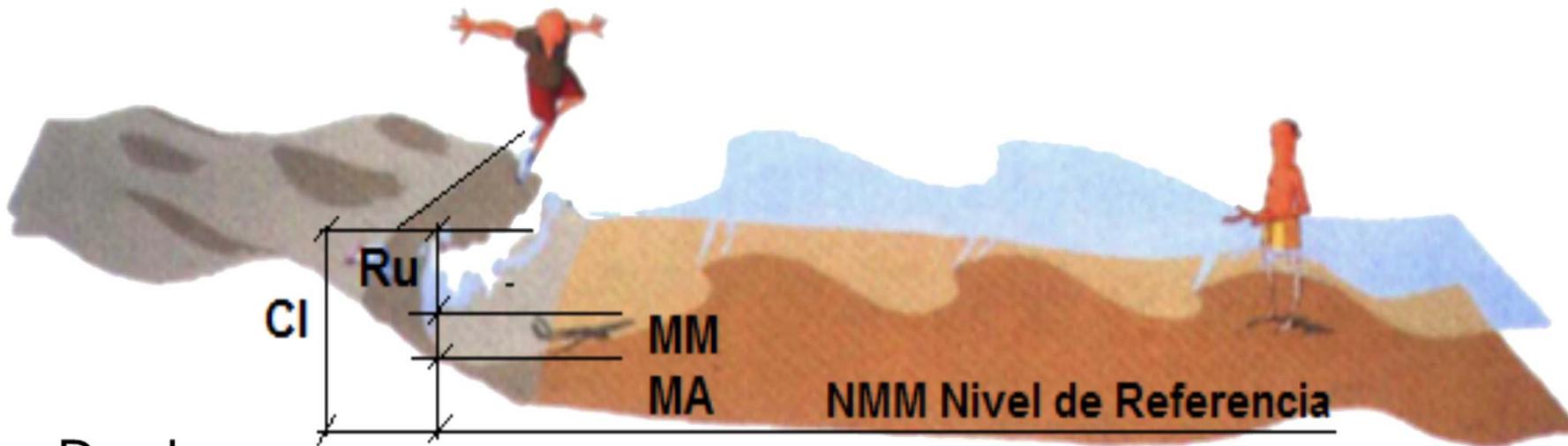
$$\xi = \frac{\tan \beta}{\sqrt{(H_p/L)}}$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi h}{L}\right) \approx T\sqrt{gh} \text{ (aguas someras)}$$

Cota de Inundación



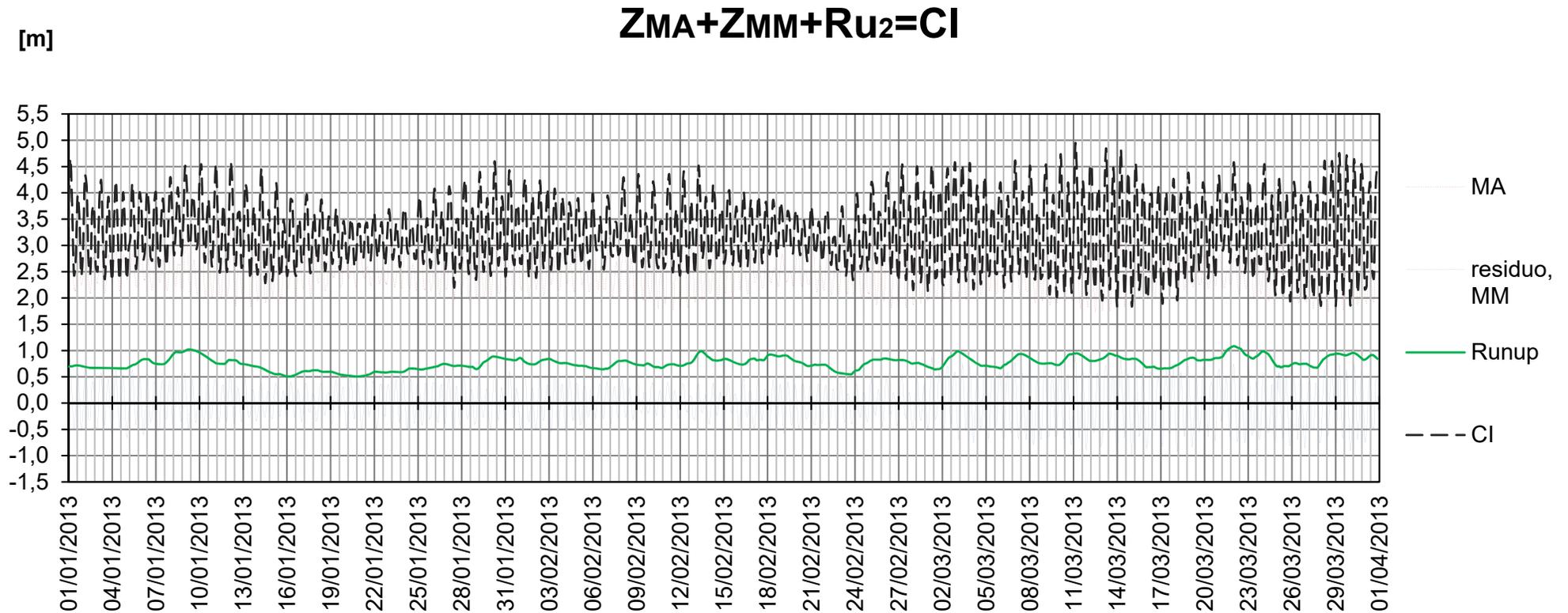
$$CI = Z_{MA} + Z_{MM} + Ru_2$$



Donde

- ▶ CI Cota de inundación
- ▶ Z_{MA} Nivel de marea astronómica
- ▶ Z_{MM} Nivel de marea meteorológica
- ▶ Ru_2 Valor de excedencia del 2 % del *runup*

Serie de tiempo CI



Evaluación de la Amenaza: Clima Extremo

- ▶ Se aplica a la cota de inundación CI
- ▶ Se utiliza el MVEA
- ▶ Ajuste Distribución Gumbel
- ▶ Tr
- ▶ Probabilidad de ocurrencia de la amenaza, P Probabilidad de que una determinada CI sea sobrepasada



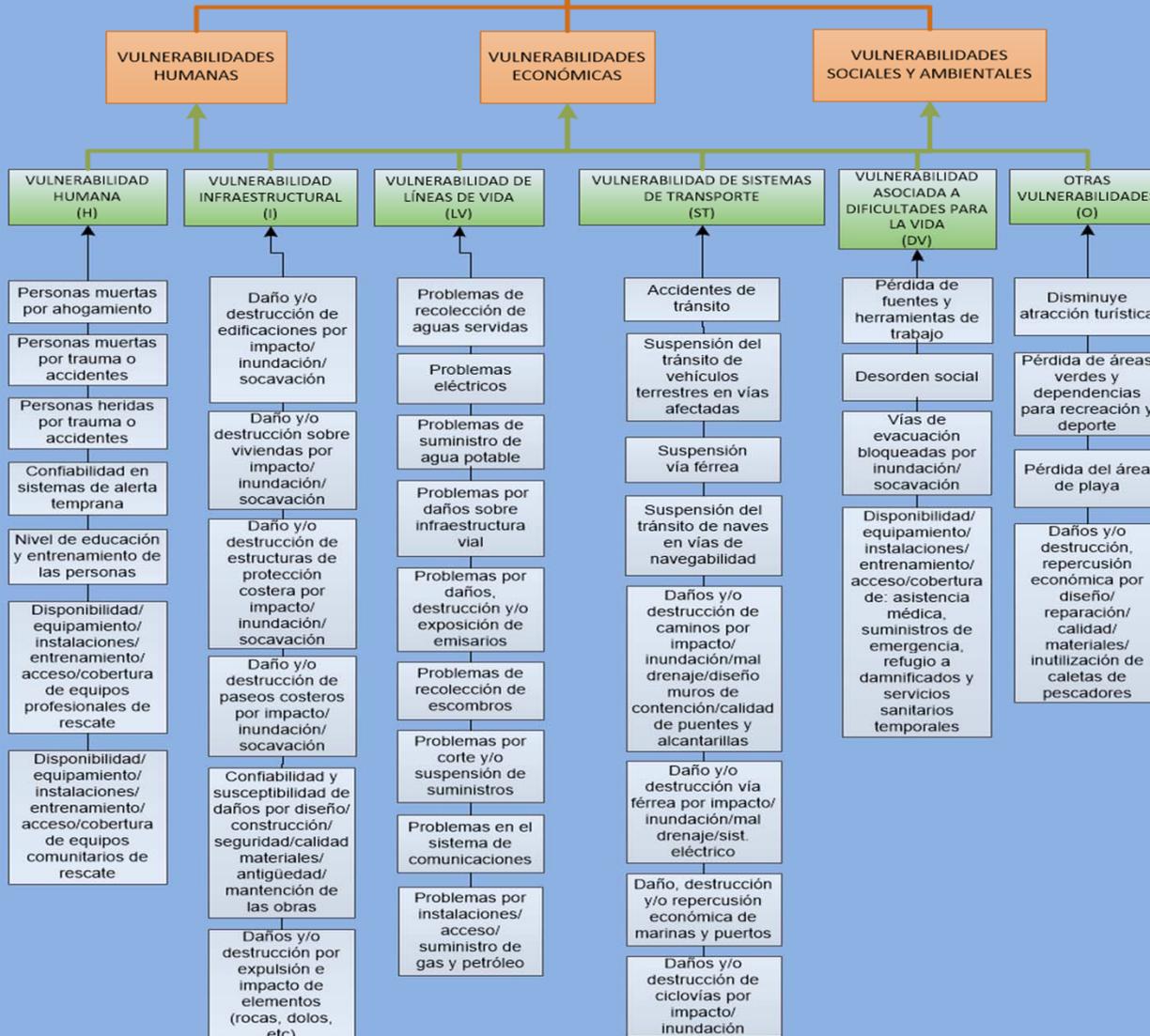
ANÁLISIS DE IMPACTO



AMENAZA

EXPOSICIÓN

VULNERABILIDAD GENERAL DEL SISTEMA ANTE AMENAZAS DE
EVENTOS DE OLEAJE EXTREMO CARACTRIZADOS POR CI



Exposición

Magnitud de la amenaza

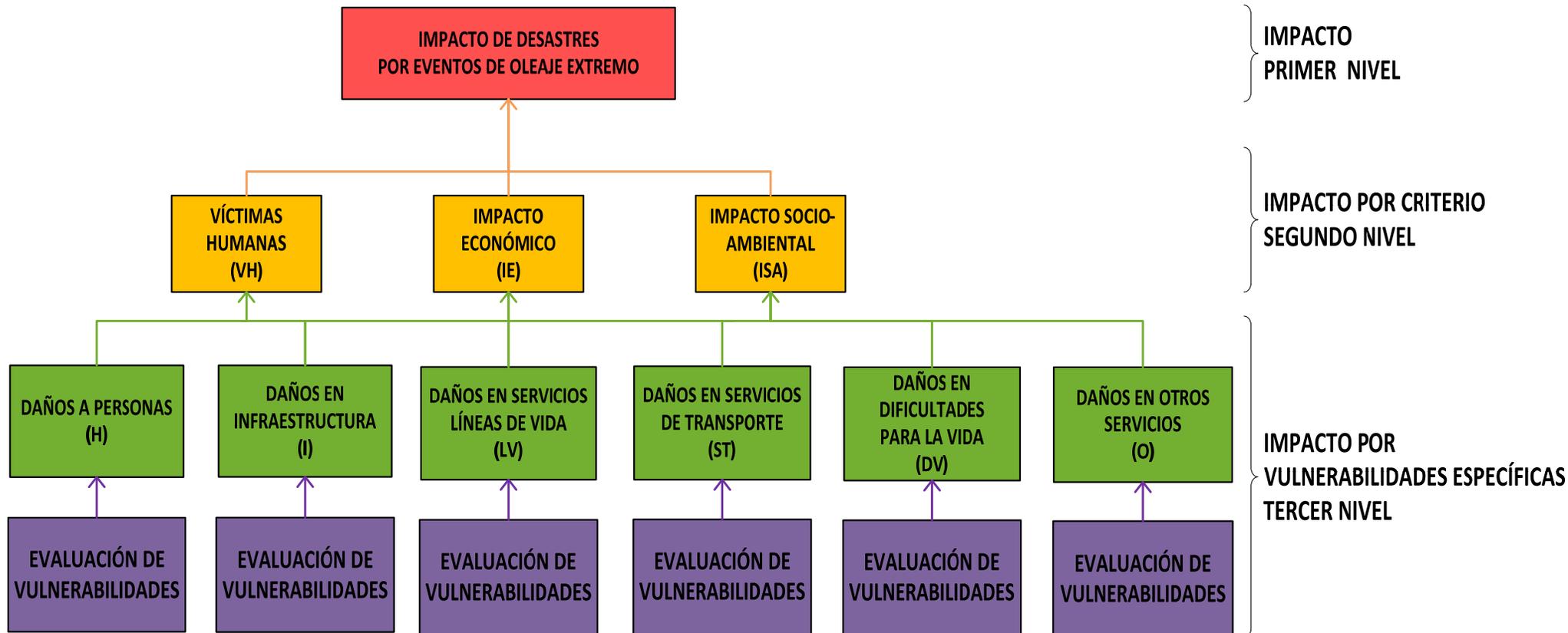
Vulnerabilidades

PCM

Análisis de actores

Árbol de problemas

ANÁLISIS DE IMPACTO



Impacto cualitativo

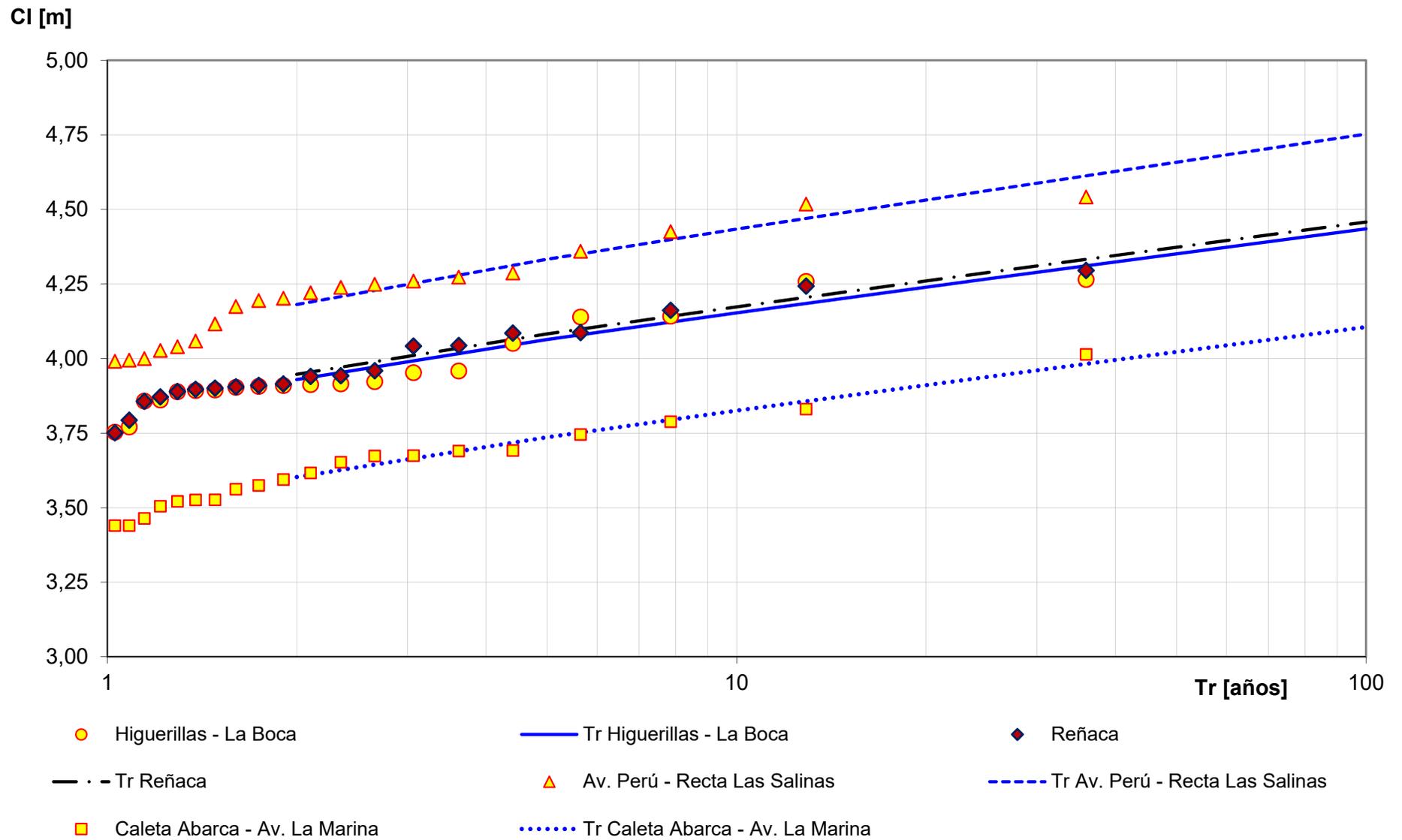
IMPACTO POR CRITERIO	SEVERIDAD DEL IMPACTO		IMPACTO		
	DESPRECIABLE			SERIO	SEVERO
	1			4	5
IMPACTO POR CRITERIO	- Cantidad de personas muertas por ahogamiento, trauma o accidente: ninguna.		ahogamiento, trauma	- Cantidad de personas muertas por ahogamiento, trauma o accidente: 3.	- Cantidad de personas muertas por ahogamiento, trauma o accidente: más de 3.
	- Cantidad de personas heridas por trauma o accidente: ninguna.		trauma o accidente: de	- Cantidad de personas heridas por trauma o accidente: de 5 a 8.	- Cantidad de personas heridas por trauma o accidente: más de 8.
VÍCTIMAS HUMANAS (VH)	- Confiabilidad de los sistemas de alerta temprana: 100%.		Alerta temprana: 50%.	- Confiabilidad de los sistemas de alerta temprana: 20%.	- Confiabilidad de los sistemas de alerta temprana: 0%.
	- Nivel de educación y entrenamiento de las personas (óptimo 100%): 100%.		o de las personas	- Nivel de educación y entrenamiento de las personas (óptimo 100%): 20%.	- Nivel de educación y entrenamiento de las personas (óptimo 100%): 0%.
VÍCTIMAS HUMANAS (VH)	- Disponibilidad de equipamiento/ instalaciones/ acceso/ cobertura de equipos de rescate (óptimo 100%): 100%.		instalaciones/ de equipos de rescate (óptimo	- Disponibilidad de equipamiento/ instalaciones/ acceso/ cobertura de equipos profesionales y comunitarios de rescate (óptimo 100%): 20%.	- Disponibilidad de equipamiento/ instalaciones/ acceso/ cobertura de equipos profesionales y comunitarios de rescate (óptimo 100%): 0%.
	- Disponibilidad de equipamiento/ instalaciones/ acceso/ cobertura de equipos profesionales y comunitarios de rescate (óptimo 100%): 100%.		para habitacionales y ocupación: 10%.	- % de daño en construcciones costeras habitacionales y privados por impacto/ inundación/ socavación: 10%.	- % de daño en construcciones costeras habitacionales y privados por impacto/ inundación/ socavación: 30%.
				SEVERIDAD DEL IMPACTO	
				SEVERO	
IMPACTO POR CRITERIO				5	
VÍCTIMAS HUMANAS (VH)				- Cantidad de personas muertas por ahogamiento, trauma o accidente: más de 3.	
				- Cantidad de personas heridas por trauma o accidente: más de 8.	
IMPACTO SOCIO-AMBIENTAL (ISA)	- Disponibilidad/ equipamiento/ instalaciones/ entrenamiento/ acceso/ cobertura de asistencia médica, suministros de emergencia, refugio a damnificados y servicios sanitarios temporales: 100% cubiertos.		del tránsito.	- Confiabilidad de los sistemas de alerta temprana: 0%.	
	- Pérdida de fuentes y herramientas de trabajo: inexistente.		- Suspensión del tránsito en vías terrestres y marítimas: menor con reincorporación inmediata durante el día.	- Nivel de educación y entrenamiento de las personas (óptimo 100%): 0%.	
IMPACTO SOCIO-AMBIENTAL (ISA)	- Vías de evacuación: libres.		del tránsito.	- Disponibilidad de equipamiento/ instalaciones/ entrenamiento/ acceso/ cobertura de equipos profesionales y comunitarios de rescate (óptimo 100%): 0%.	
	- Pérdida del área de playa en planta a lo ancho: 0 m.		- Suspensión del tránsito en vías terrestres y marítimas: menor con reincorporación inmediata durante el día.	- Disponibilidad de equipamiento/ instalaciones/ entrenamiento/ acceso/ cobertura de equipos profesionales y comunitarios de rescate (óptimo 100%): 0%.	
IMPACTO SOCIO-AMBIENTAL (ISA)	- Pérdida de áreas verdes y dependencias para recreación y deporte: inexistente.		del tránsito.	- Disponibilidad de equipamiento/ instalaciones/ entrenamiento/ acceso/ cobertura de equipos profesionales y comunitarios de rescate (óptimo 100%): 0%.	
	- Disminución del turismo: no hay.		- Suspensión del tránsito en vías terrestres y marítimas: menor con reincorporación inmediata durante el día.	- Disponibilidad de equipamiento/ instalaciones/ entrenamiento/ acceso/ cobertura de equipos profesionales y comunitarios de rescate (óptimo 100%): 0%.	

EVALUACIÓN DE RIESGO

MATRIZ DE RIESGO		FACTOR DE I				
		DESPRECIABLE	MENOR	MODERADO	SERIO	SEVERO
FACTOR DE P		1	2	3	4	5
		MUY PROBABLE	1	1	$R = P \times I$	
PROBABLE	2	2	4	6	8	10
MEDIO PROBABLE	3	3	6	9	12	15
POCO PROBABLE	4	4	8	12	16	20
MUY POCO PROBABLE	5	5	10	15	20	25

CLASIFICACIÓN DE RIESGO	
BAJO - ACEPTABLE	$1 \leq R < 3$
BAJO - TOLERABLE	$3 \leq R < 5$
MEDIO - TOLERABLE	$5 \leq R < 10$
ALTO - INTOLERABLE	$10 \leq R < 15$
ALTO - INTOLERABLE	$15 \leq R \leq 25$

RESULTADOS





Factor de Probabilidad de ocurrencia de la amenaza, P

Probabilidad de ocurrencia de la amenaza, P		
Probabilidad de excedencia de CI	P	factor de P
90%	muy probable	1
60%	probable	2
50%	medio probable	3
20%	poco probable	4
5%	muy poco probable	

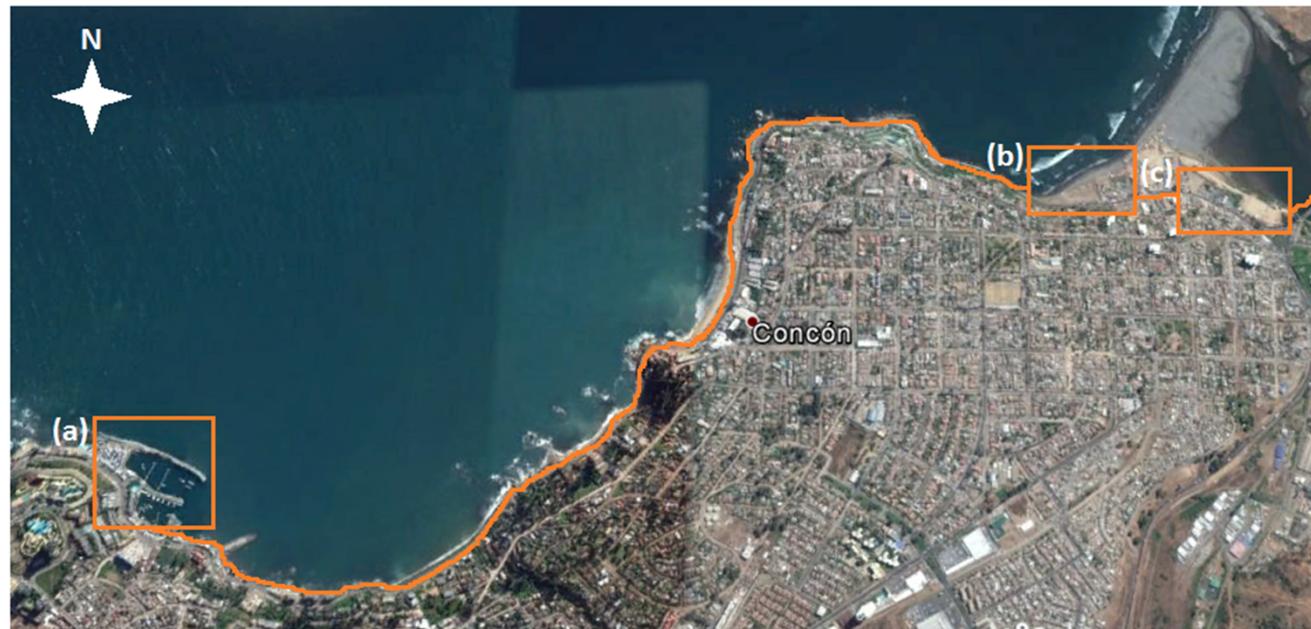
	Probabilidad de ocurrencia de la Amenaza, P					
	MUY PROBABLE	PROBABLE	MEDIO PROBABLE	POCO PROBABLE	MUY POCO PROBABLE	
Factor de P	1	2	3	4	5	
4. Higuierillas - La Boca	3.75	3.80	3.90	4.10	4.25	Cota de Inundación CI m
3. Reñaca	3.75	3.80	3.90	4.20	4.30	
2. Av. Perú - Recta Las Salinas	4.00	4.20	4.20	4.35	4.60	
1. Caleta Abarca - Av. La Marina	3.40	3.60	3.65	3.75	3.90	

Factor de Impacto

FACTOR DE IMPACTO	
DESPRECIABLE	1
MENOR	2
MODERADO	3
SERIO	4
SEVERO	5

	SEVERIDAD DEL IMPACTO				
	DESPRECIABLE	MENOR	MODERADO	SERIO	SEVERO
IMPACTO POR CRITERIO	1	2	3	4	5
VÍCTIMAS HUMANAS (VH)		° Caleta Abarca - Av. La Marina	° Higuierillas - La Boca ° Reñaca ° Av. Perú - Recta Las Salinas		
IMPACTO ECONÓMICO (IE)			° Higuierillas - La Boca	° Reñaca ° Caleta Abarca - Av. La Marina	° Av. Perú - Recta Las Salinas
IMPACTO SOCIO-AMBIENTAL (ISA)				° Higuierillas - La Boca ° Reñaca ° Caleta Abarca - Av. La Marina	° Av. Perú - Recta Las Salinas

Sitio 4

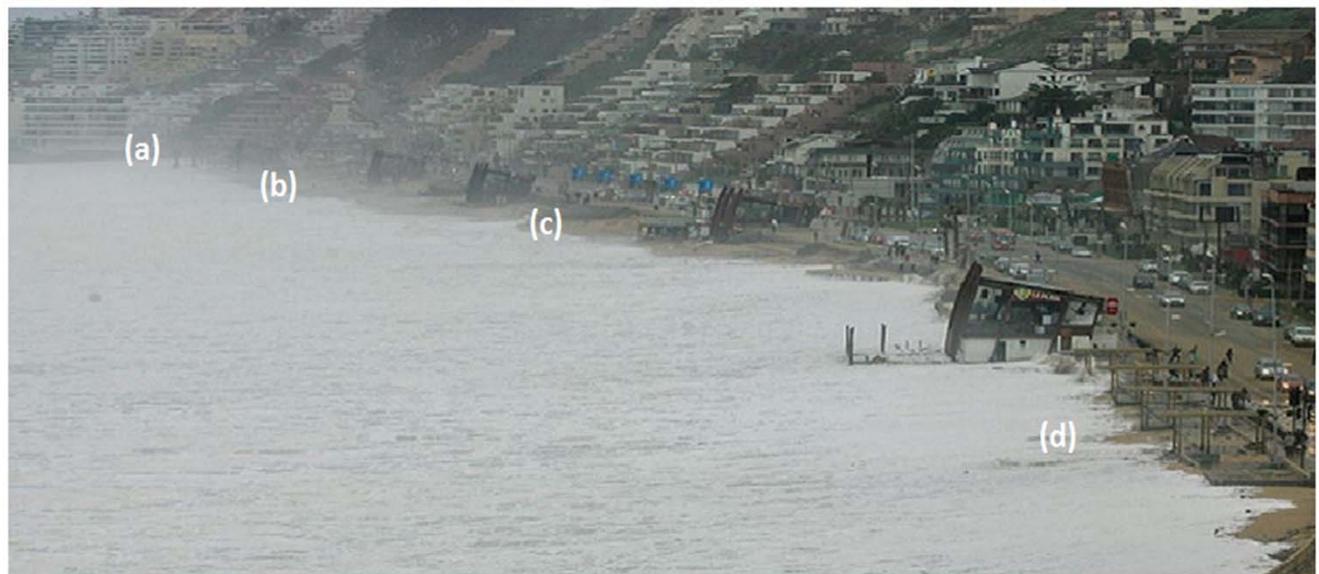


<i>Higuerillas - La Boca</i>		
<i>Escenario</i>	A (FACTOR)	B (FACTOR)
Cl m	3.80	4.25
Impacto	MENOR (2)	SERIO (4)
Riesgo	BAJO-TOLERABLE (4)	CRÍTICO (20)

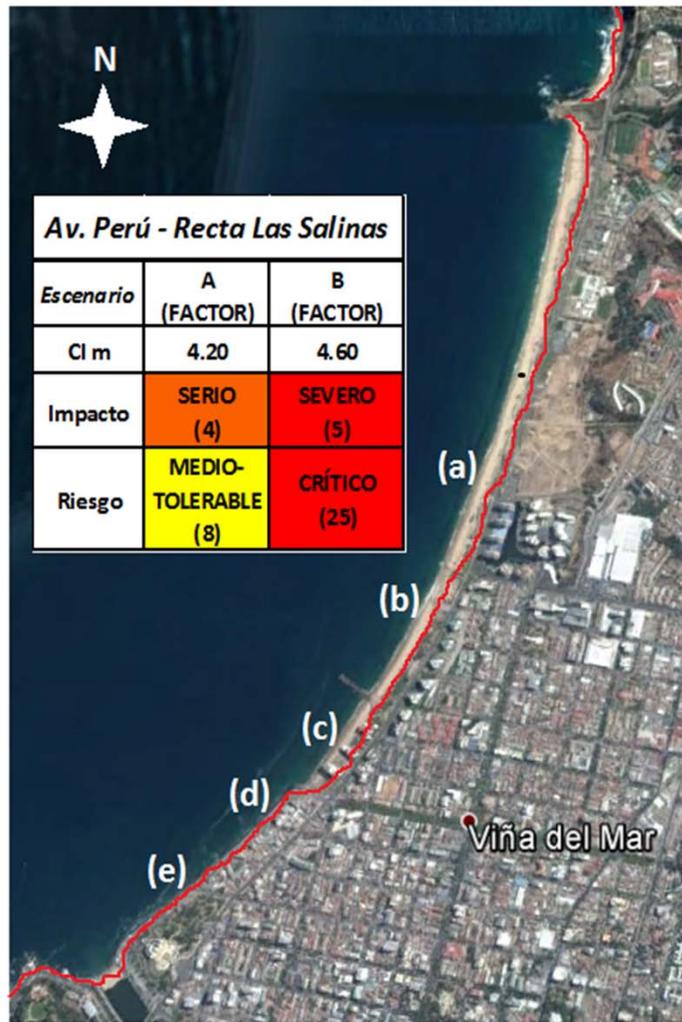
Sitio 3



Reñaca		
Escenario	A (FACTOR)	B (FACTOR)
Cl m	3.80	4.30
Impacto	MODERADO (3)	SERIO (4)
Riesgo	MEDIO-TOLERABLE (6)	CRÍTICO (20)



Sitio 2



Sitio 1



CONCLUSIONES

- La evaluación del riesgo, al ser el producto entre los factores de la probabilidad de ocurrencia de la amenaza P y el impacto I , está directamente relacionada con la magnitud de la cota de inundación, puesto que a raíz de ella se determina la exposición del sistema.
- Un mayor detalle en la caracterización de la amenaza local, favorece la precisión de las zonas expuestas, (orientación geográfica / incidencia del oleaje).
- La consideración y análisis de impacto, como parte de un sistema estructurado sobre una lógica de causa-efecto, posibilita la comprensión, análisis y control de las vulnerabilidades del sistema urbano en sus diversas componentes.
- Propósito de disminuir el riesgo



CONCLUSIONES



En síntesis, las condiciones locales del sector de estudio

- Topo-batimetría
- Orientación geográfica respecto de la dirección del oleaje y
- Configuración estructural del borde costero,

Elementos centrales



cálculo de CI



Determinación de la amenaza



En futuras investigaciones, se recomienda estudiar a la población a través de encuestas ciudadanas por ejemplo, evaluación de la **percepción** de cada individuo como turista, comerciante, habitante, niño, adulto, con y sin conocimiento en el tema marítimo, al exponerse a la ocurrencia de eventos de oleaje extremo.

Además se sugiere la consolidación de una base de datos nacional de impacto por marejada.



UNIVERSIDAD
DE
VALPARAISO

Muchas G

Catalina A. Tejo Roa

