

Mitigación de daños en infraestructura marina debido a desastres naturales

**XXII Congreso Latinoamericano de Puertos
Bogotá, Colombia, Junio 25-28, 2013**



Carlos E. Ospina, PhD, PE, FACI

Gerente Senior de Proyectos, BergerABAM Inc.

Bitácora

- Descripción del problema
- Objetivos
- Marco de referencia
 - Enfasis en terremotos
 - Filosofía de diseño sismo-resistente
 - Análisis y evaluación de riesgo sísmico
 - Protocolo de inspecciones post-desastre
- Conclusiones y Recomendaciones

Problema

- El negocio del transporte marítimo ha sido descrito por muchos como un “buen” negocio.
- La factibilidad y viabilidad de un proyecto está íntimamente ligada a los resultados positivos de un complejo modelo económico.



- Pero.....se han tenido todos los factores en cuenta?

A satellite image of Hurricane Wilma, showing a well-defined eye and a dense, swirling cloud structure over the Atlantic Ocean. The hurricane is positioned in the upper right quadrant of the image, with the coastline of Central America visible in the lower left.

Huracán Wilma (Oct '05)

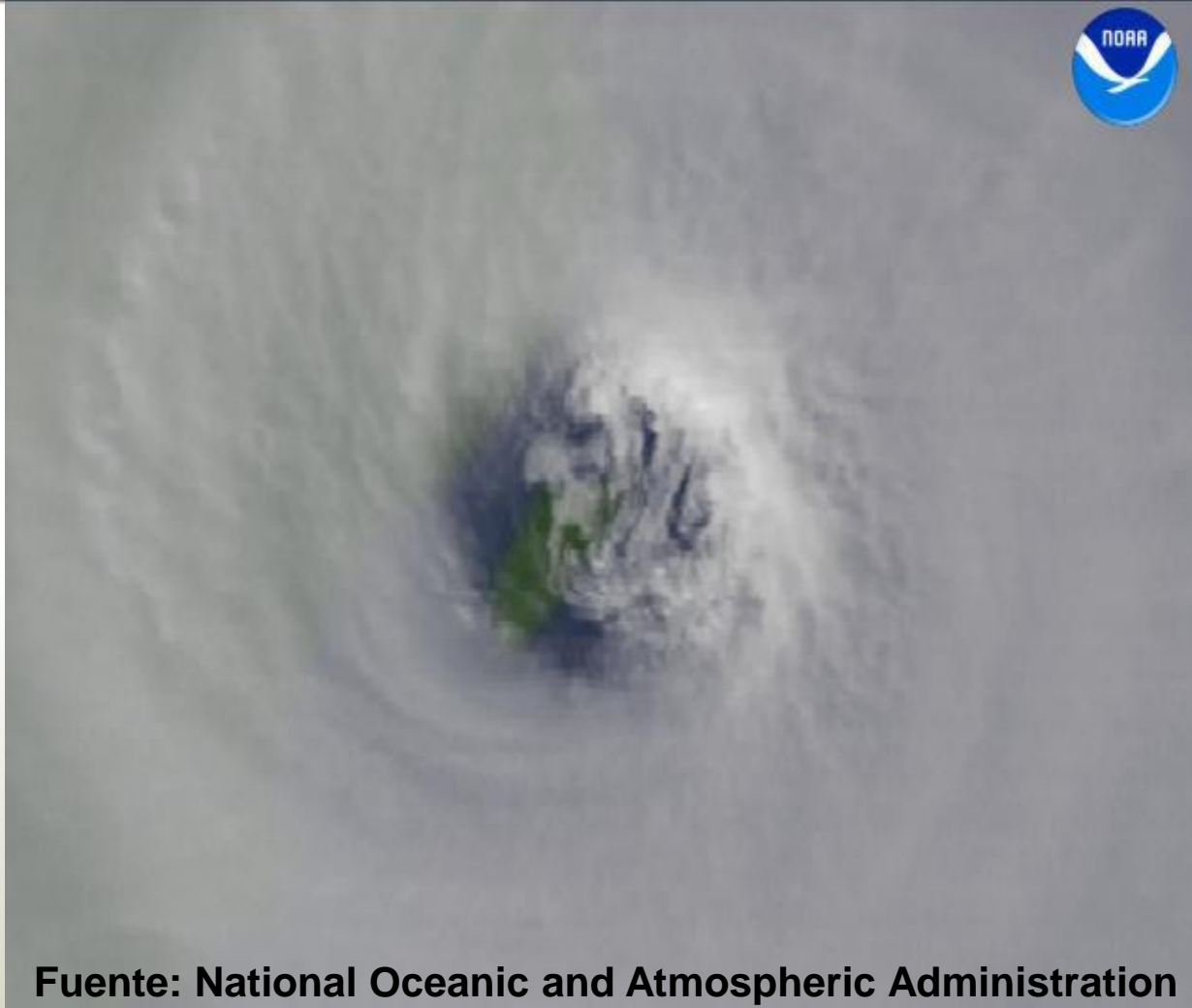
El más intenso huracán jamás ocurrido en el atlántico. Uno de los 5 más devastadores.

Cuarto huracán clase 5 en azotar la zona en 2005.

Gran destrucción en Yucatán y en la Florida.

63 muertos. US\$29.1B en pérdidas.

Wilma sobre Cozumel (Oct 21, 2005)



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration

Destrucción parcial de terminal de cruceros



Daños



Daños



Daños



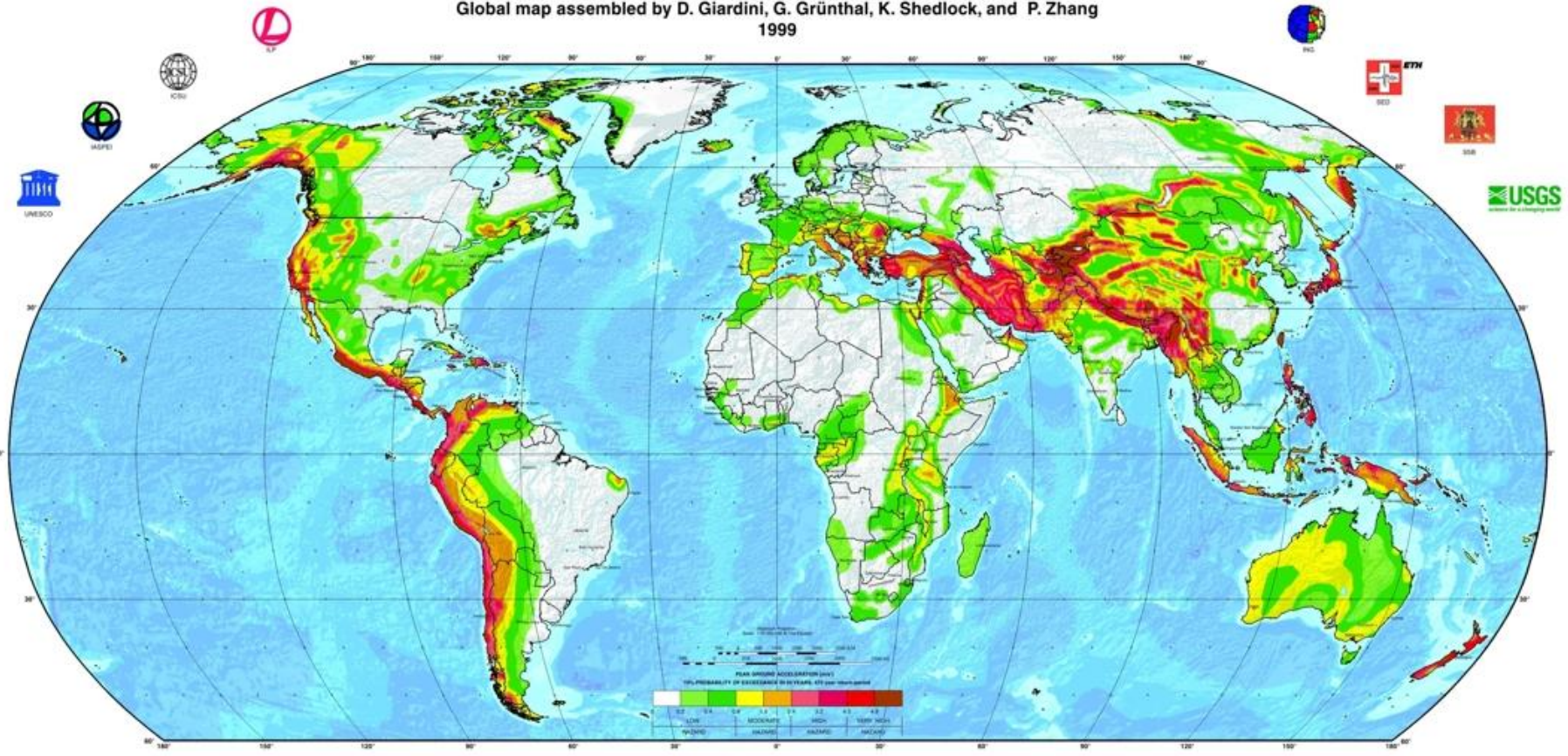
GLOBAL SEISMIC HAZARD MAP

Produced by the Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP),
a demonstration project of the UN/International Decade of Natural Disaster Reduction, conducted by the
International Lithosphere Program.

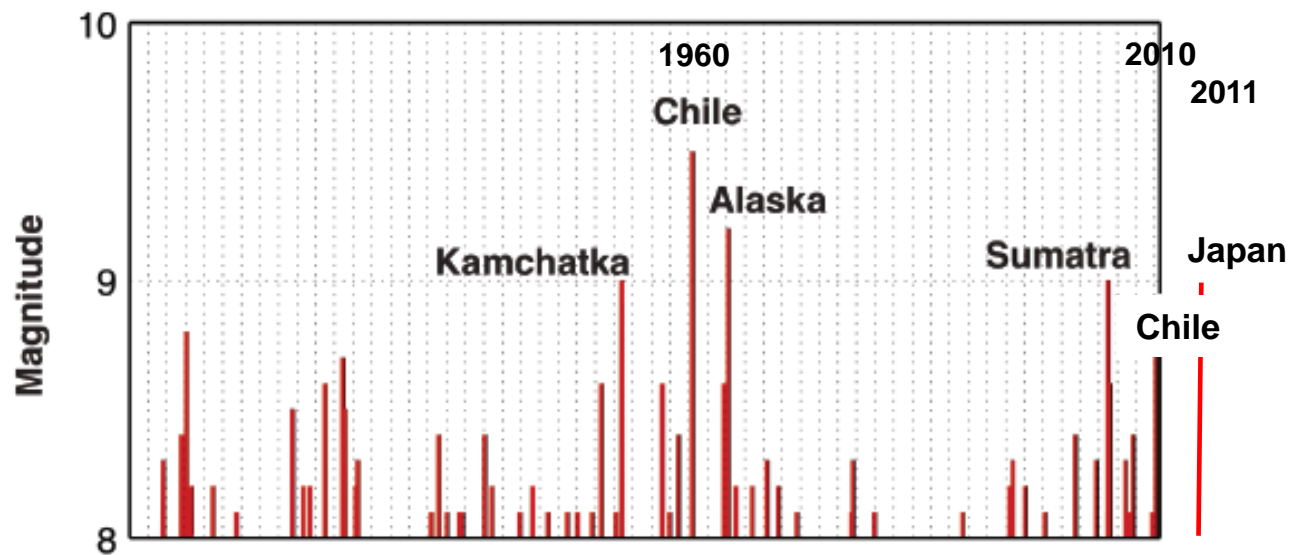
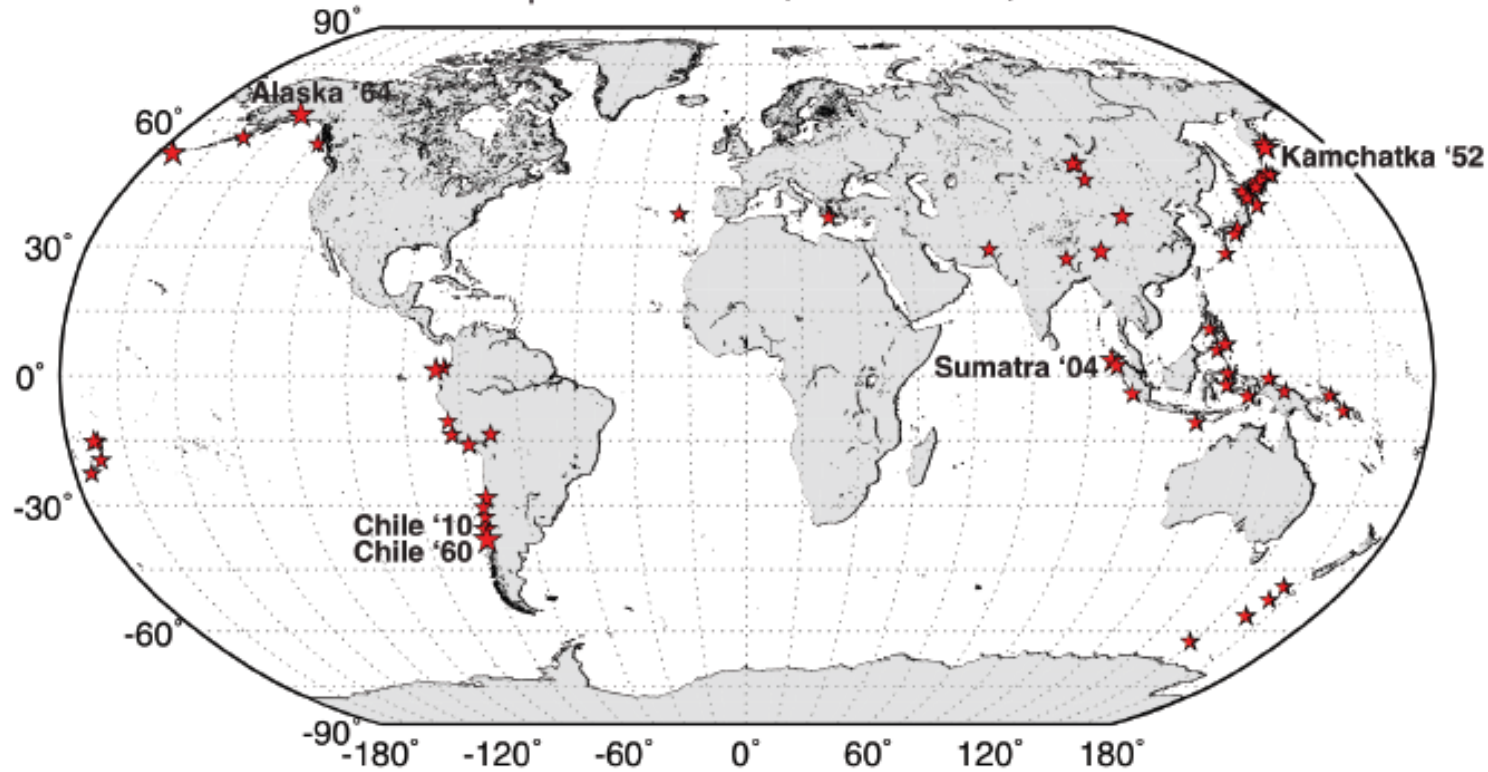
Global map assembled by D. Giardini, G. Grünthal, K. Shedlock, and P. Zhang
1999

International Decade for Natural Disaster Reduction
IDNDR
1990 - 2000
Building a Culture of Prevention

GFZ
POTSDAM

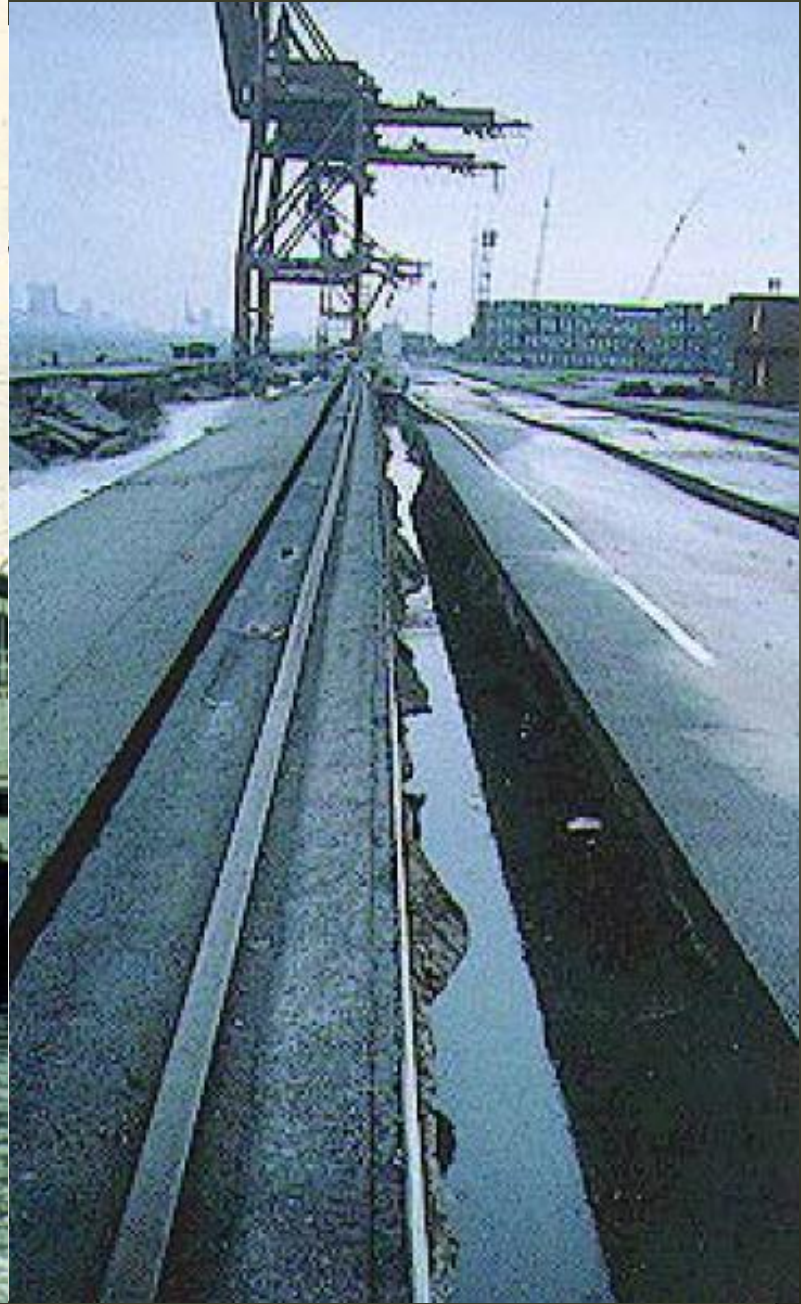


Global Earthquakes with $M \geq 8$ (Centennial/PDE) Since 1900



Kobe (Japón) 1995

- 27 puestos de atraque; 67 grúas STS.
- Sexto puerto de contenedores más grande del mundo en 1995.
- US\$11B en daños (gran terremoto de Hanshin)
- Ni siquiera figura en los top 50 en 2013.
- Clientes absorbidos por otros puertos (Osaka, Yokohama, Corea del Sur) **y la mayoría no recuperados.**



Kobe (Japón) 1995



Kobe (Japón) 1995



Kobe (Japón) 1995



Kobe (Japón) 1995



Haití 2010



Haití 2010



Haití 2010



Chile 2010



Talcahuano (Chile)



San Vicente (Chile)

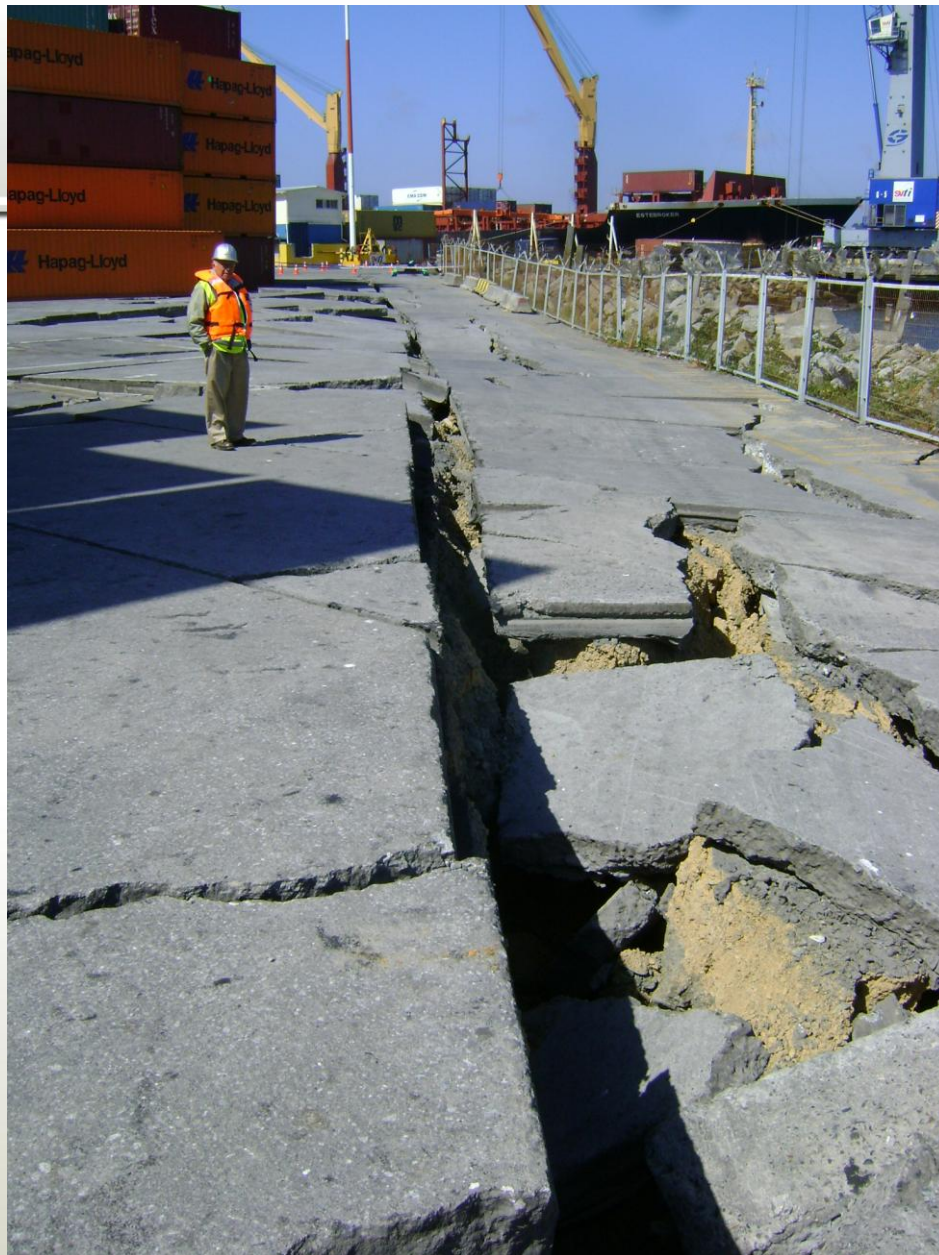


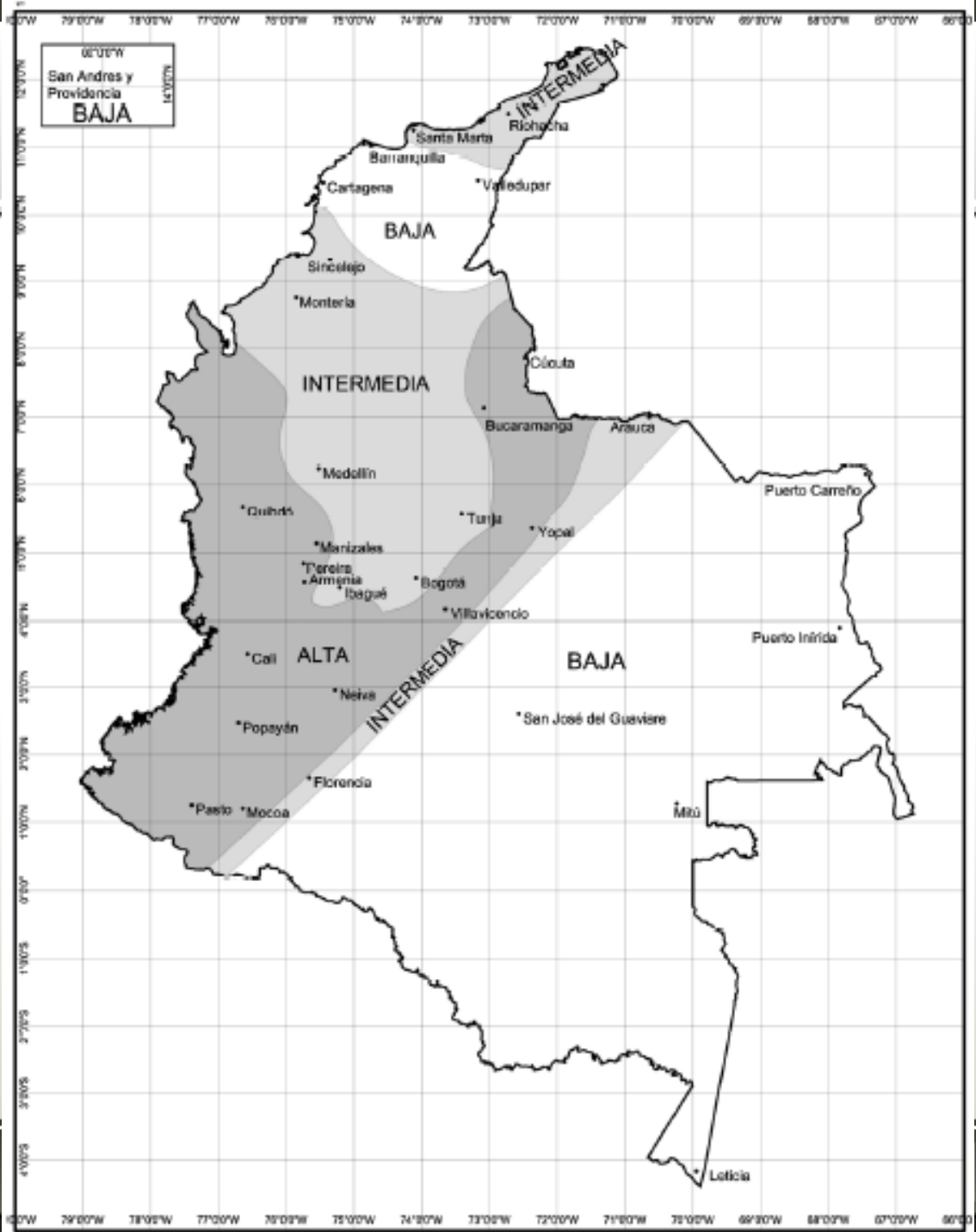












Pregunta obligatoria

- Qué iniciativas se pueden tomar para evitar que un desastre natural afecte el adecuado devenir de un “buen” negocio?
- Se sobreentiende que hay desastres naturales que son incontrolables e impredecibles pero los daños futuros se pueden mitigar

Estrategia



VS



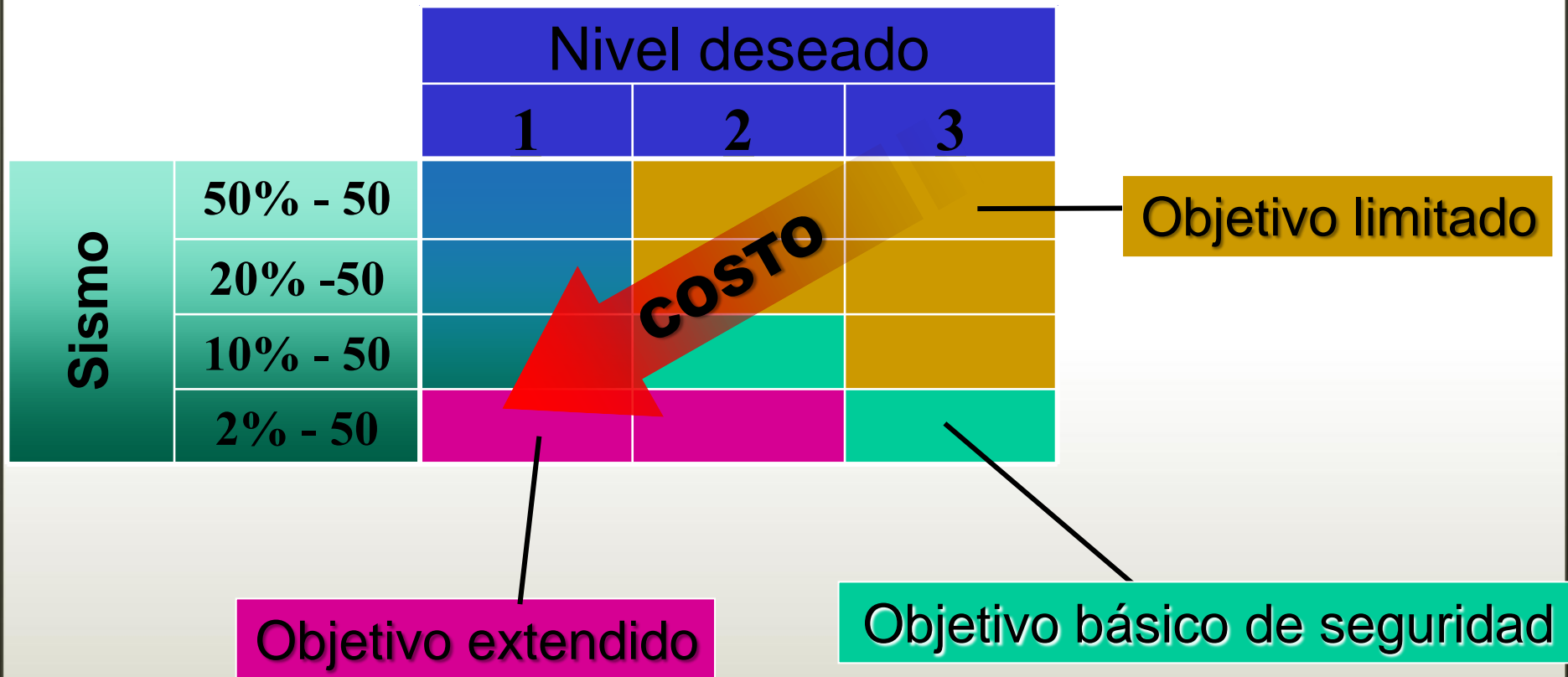
Estrategias de mitigación de daños

- Varían según las condiciones de la concesión:
 - El concesionario recibe una terminal existente, con problemas o deficiencias
 - El concesionario construye una nueva terminal dispuesto a cumplir con las normativas locales o internacionales aplicables
 - Las condiciones pueden variar
- Cada condición tiene su correspondiente cuota de riesgo, compromiso, responsabilidad y costos




Diseño sismo-resistente de muelles

- 2 Terremotos de diseño:
 - Terremoto de nivel operacional (OLE)
 - 50% prob. de exceder evento en 50 años
 - Período de retorno de 72 años
 - Terremoto de nivel de contingencia (CLE)
 - 10% prob. de exceder evento en 50 años
 - Período de retorno de 475 años

Diseño basado en desempeño



Niveles de desempeño sísmico

- Protección de vidas humanas (Hay daños extensos pero no hay colapso) 
- Daño controlado y reparable (pérdida temporal de funcionalidad) 
- Daño mínimo (estructura casi intacta; se preserva la funcionalidad) 

Clases de Estructuras

Nivel de desempeño	Definición
S	Estructuras esenciales / imprescindibles
A	Estructuras importantes, difíciles de reparar
B	Estructuras convencionales
C	Estructuras pequeñas de fácil reparación

Niveles de daño

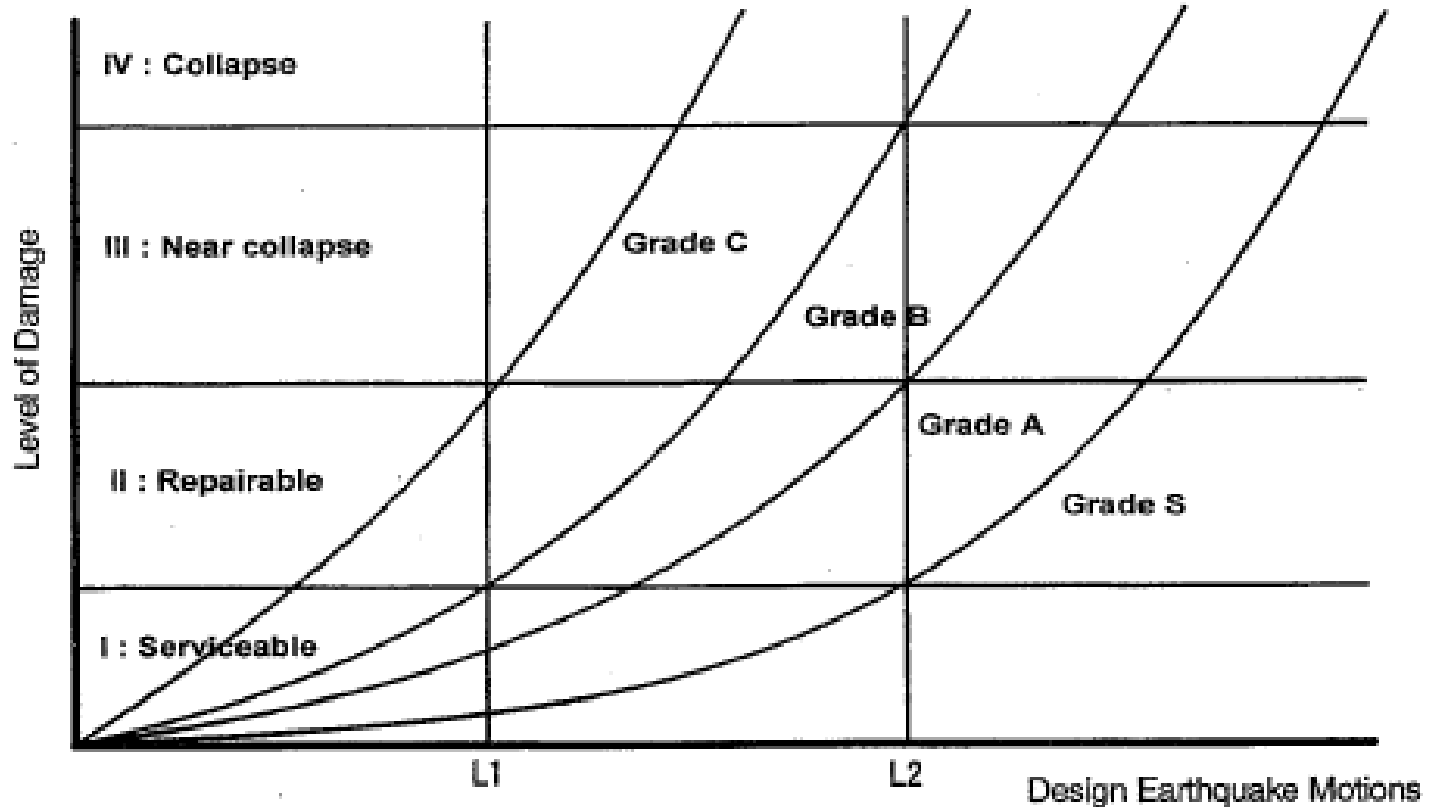


Table 2 Performance grades S, A, B, and C

Performance grade	Design earthquake	
	Level 1(L1)	Level 2(L2)
Grade S	Degree I: Serviceable	Degree I: Serviceable
Grade A	Degree I: Serviceable	Degree II: Repairable
Grade B	Degree I: Serviceable	Degree III: Near collapse
Grade C	Degree II: Repairable	Degree IV: Collapse

Análisis de riesgo sísmico en puertos

- Misión y componentes del puerto
- Efectos del terremoto
 - Impacto
 - Daños
 - Pérdidas
- Evaluación de riesgos
 - Es imposible (o muy costoso) eliminar los riesgos.
 - Qué riesgos se pueden aceptar?
 - Cómo puedo planear para reducir riesgos?

Análisis de riesgo sísmico en puertos

- Inventario de los componentes del puerto
 - Muelles (tipos, función)
 - Grúas (tipos, cantidad, características)
 - Patios y condiciones del suelo
 - Sistema de potencia y electrificación; Comunicaciones
 - Vías de acceso
 - Edificaciones y demás obras civiles
- Carga: tipo, volumen, ventas, tasa de crecimiento proyectada
- Las pérdidas debido a la interrupción de operaciones pueden exceder con creces los costos de reparación.

Manejo de riesgos

- Criterio de aceptación de riesgos
 - Varía de puerto a puerto, según la misión del puerto.
 - No existe consenso cuantitativo para definir qué hacer.
 - Hay condiciones políticas, legales, económicas, estéticas, sociológicas, ambientales y administrativas que usualmente coaccionan las decisiones.
 - La decisión usualmente requiere de un profundo escrutinio por parte de los accionistas y socios.
- Hay que evaluar la consecuencia del daño, el costo de la reparación, el downtime y la pérdida de capacidad.

Marco de referencia para toma de decisiones

- Identificación de opciones para reducir el riesgo sísmico:
 - Ingeniería
 - Repotenciación estructural
 - Mejoras
 - Conceptos
 - Costos
 - Plan de respuesta, reparación y recuperación
 - Se requiere la interacción de muchas disciplinas
 - Reservas financieras?
 - Transferencia de riesgo?

Repotenciación estructural de muelles

- Identificar el nivel de desempeño al que se quiere llevar la estructura después de la “intervención”
- Meta: eliminar modos de falla **frágil**; se buscan modos de falla **dúctil** (capacidad de absorber energía a través de deformación sin perder resistencia)
- La repotenciación puede ser a nivel global o local, según la deficiencia identificada.

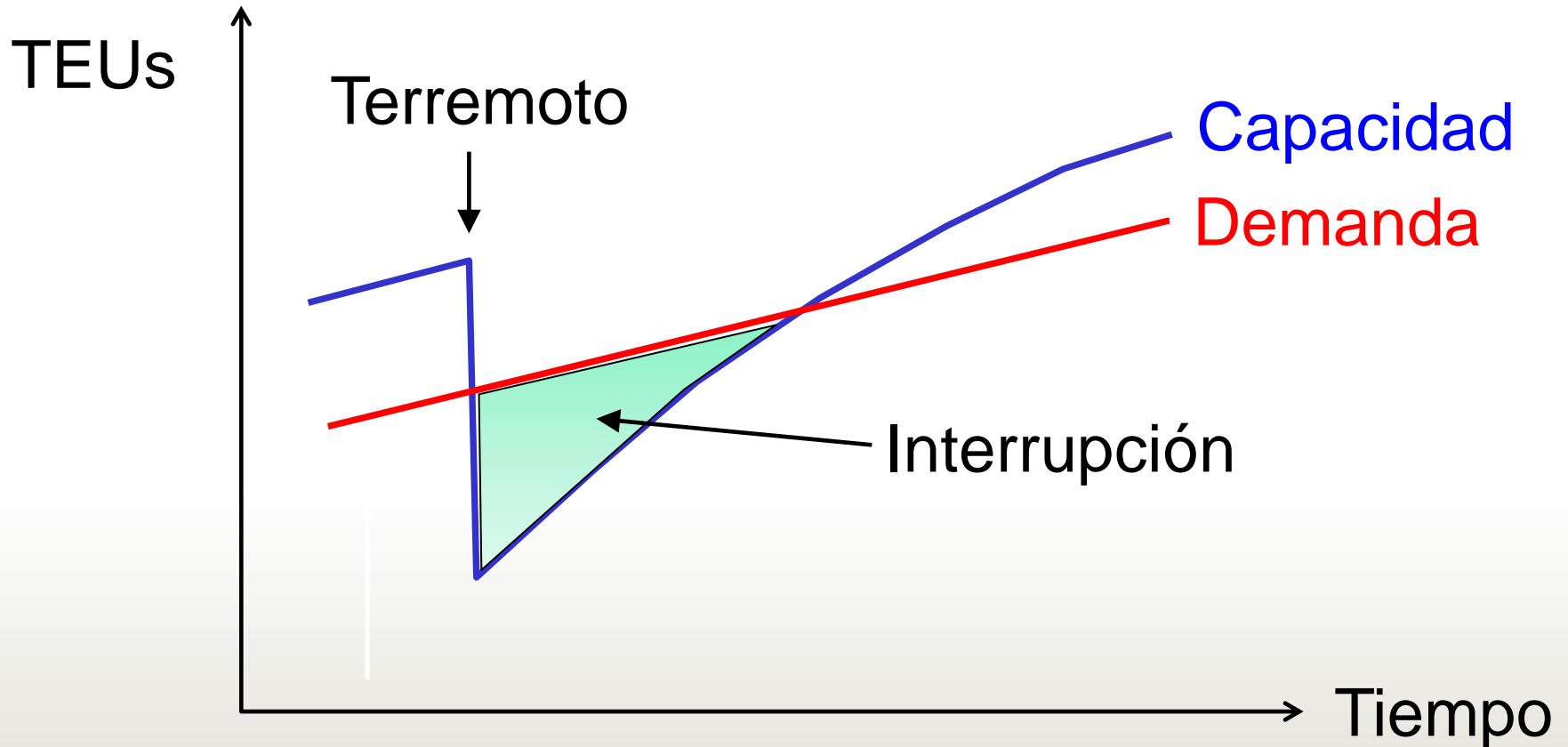
Mejoras al suelo



Mejoras al suelo

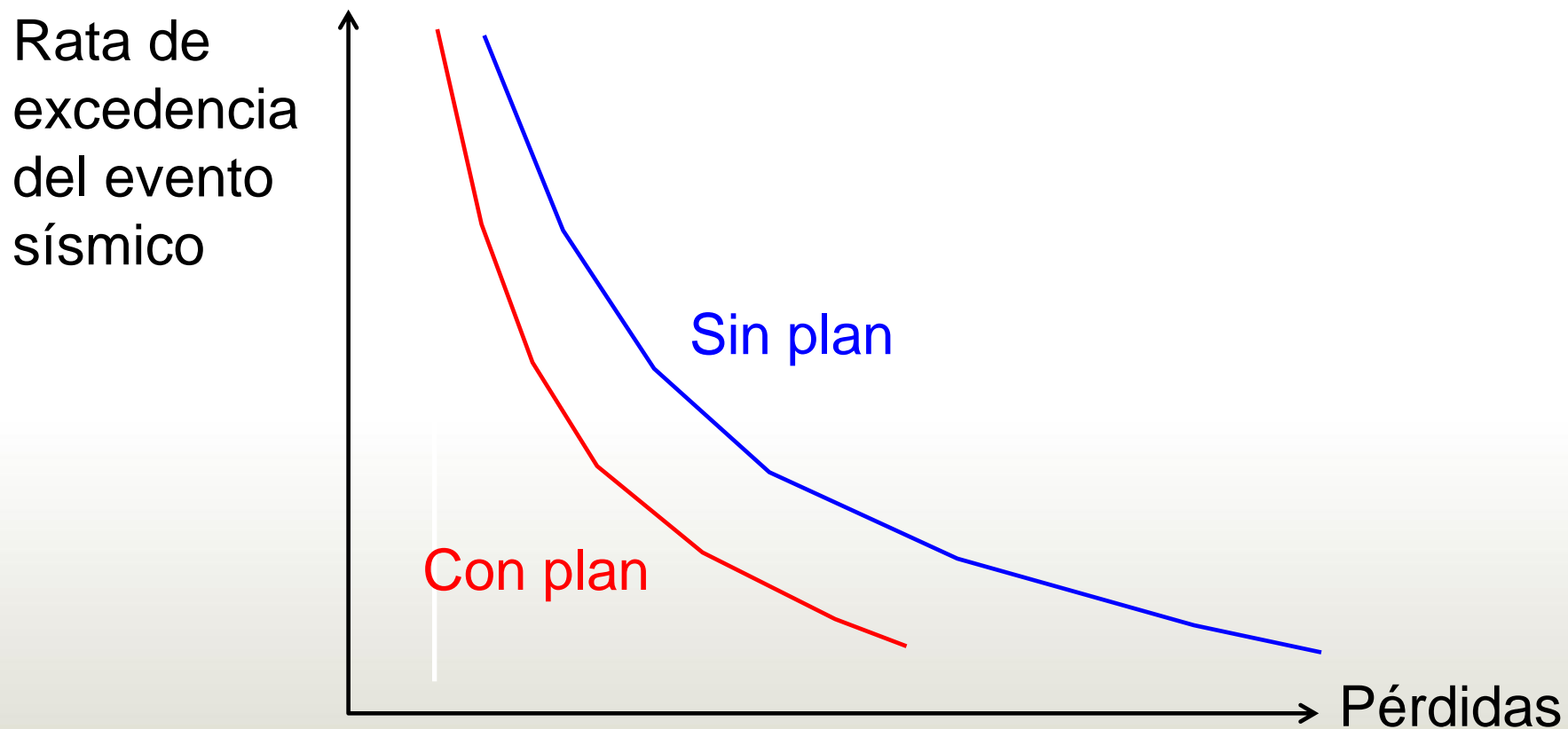


Control de Pérdidas



Pérdida total = Σ pérdidas en el tiempo + costos de reparación

Efecto de un plan de mitigación



Estrategia Post-terremoto

- Es clave reaccionar a tiempo.
- Despachar equipo de inspección y reconocimiento inmediatamente después del sismo, según lo permitan las condiciones existentes.
- Metas:
 - Evaluar daños
 - Definir soluciones temporales
 - Implementar plan de recuperación (es posible que la terminal quede inclusive mejor que las vecinas)

Inspecciones post-terremoto

La mayoría de los protocolos de inspección son para edificios.

ATC 20 *Procedures for Post-earthquake Safety Evaluation of Buildings*

ATC 20-1 *Field Manual: Post-earthquake Safety Evaluation of Buildings, 2nd Ed.*

Protocolos de evaluación “rápida” y “detallada” de edificios afectados por terremotos:

INSPECCIONADO (aparentemente seguro, tarjeta verde)

ACCESO LIMITADO (tarjeta amarilla)

INSEGURO (tarjeta roja)

ATC 20-2 *Addendum to the ATC-20 Post-earthquake Building Safety Evaluation Procedures*

ATC 20-3 *Case Studies in Rapid Post-earthquake Safety Evaluation of Buildings*

Forma “rápida” (ATC 20) para evaluación post- terremoto de edificaciones

ATC-20 Rapid Evaluation Safety Assessment Form

Inspection

Inspector ID: _____ Inspection date and time: _____ AM PM
Affiliation: _____ Areas inspected: Exterior only Exterior and interior

Building Description

Building name: _____
Address: _____
Building contact/phone: _____

Number of stories above ground: _____ below ground: _____
Approx. "Footprint area" (square feet): _____
Number of residential units: _____
Number of residential units not habitable: _____

Type of Construction

Wood frame Concrete shear wall
 Steel frame Unreinforced masonry
 Tilt-up concrete Reinforced masonry
 Concrete frame Other: _____

Primary Occupancy

Dwelling Commercial Government
 Other residential Offices Historic
 Public assembly Industrial School
 Emergency services Other: _____

Evaluation

Investigate the building for the conditions below and check the appropriate column.

Observed Conditions:	Estimated Building Damage (excluding contents)		
	Minor/None	Moderate	Severe
Collapse, partial collapse, or building off foundation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Building or story leaning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Racking damage to walls, other structural damage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chimney, parapet, or other falling hazard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ground slope movement or cracking	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Other (specify) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Comments: _____

Posting

Choose a posting based on the evaluation and team judgment. *Severe* conditions endangering the overall building are grounds for an *Unsafe* posting. Localized *Severe* and overall *Moderate* conditions may allow a *Restricted Use* posting. Post **INSPECTED** placard at main entrance. Post **RESTRICTED USE** and **UNSAFE** placards at all entrances.

INSPECTED (Green placard) **RESTRICTED USE** (Yellow placard) **UNSAFE** (Red placard)

Record any use and entry restrictions exactly as written on placard: _____

Further Actions

Check the boxes below only if further actions are needed.

Barricades needed in the following areas: _____

Detailed Evaluation recommended: Structural Geotechnical Other: _____

Other recommendations: _____

Comments: _____

Conclusiones

- Es importante identificar temprano la vulnerabilidad de un lugar o de una estructura ante los efectos de un desastre natural.
- Un buen plan de mitigación de daños debido a terremotos (u otros desastres naturales) es un elemento clave dentro del desarrollo y sostenibilidad de un puerto.
- El proceso de evaluación y aceptación de riesgos en un puerto debido a daños inducidos por terremotos (u otros desastres naturales) es un proceso complejo, afectado por muchas variables.



carlos.ospina@abam.com