



# Reunión de Trabajo del Grupo Técnico Ejecutivo sobre Gestión de Riesgos de Desastres

2 y 3 de junio de 2016

Lima, Perú





# **Análisis de Riesgos e Identificación de posibles medidas de reducción de riesgos**

**Ruben Boroschek, PhD  
Rodrigo Retamales, PhD  
Carlos Avelar, MSc**

**ERN-RBA**

**ERN Evaluación de Riesgos Naturales  
RBA Rubén Boroschek y Asociados Ltda.**

**Lima, 2 de Junio de 2016**

# ERN - RBA



Fue fundada en la Ciudad de México en el año de 1996, a la fecha cuenta con 20 años de experiencia en la evaluación de riesgo sísmico y otros fenómenos naturales como inundación, deslizamiento, tsunami, huracán, entre otros, en la region de América Latina y otros países; desarrollando software y proyectos específicos de evaluación de riesgo para instituciones internacionales como el BID, así como para aseguradoras, re-aseguradoras y firmas de ingeniería.



Rubén Boroschek y Asociados Ltda. (RBA) con oficinas en Chile y Perú es una empresa de ingeniería líder en consultorías de proyectos de alta complejidad. Fundada en el año 1998 ha desarrollado proyectos en las más diversas áreas de la ingeniería estructural y sismorresistente, entre las que se encuentran minería, energía, petroquímica, hospitalaria, edificios, infraestructura vial, portuaria e industrial, entre otros.

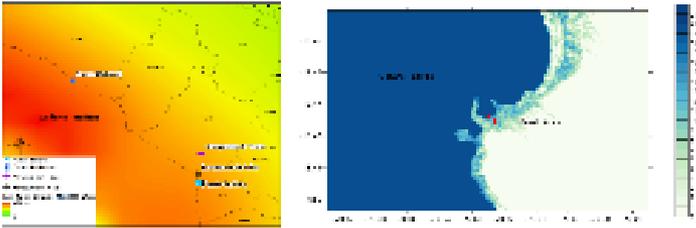


# Contenidos

- Infraestructura seleccionada
- Resumen metodología
- Sismicidad regional
- Observaciones de campo
- Evaluación de fragilidad
- Evaluación de peligro
- Análisis de Riesgo
- Conclusiones

# Elementos del Análisis de Riesgo

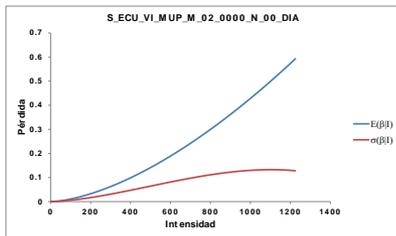
## Amenaza



## Exposición



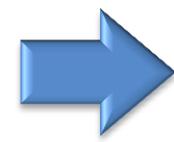
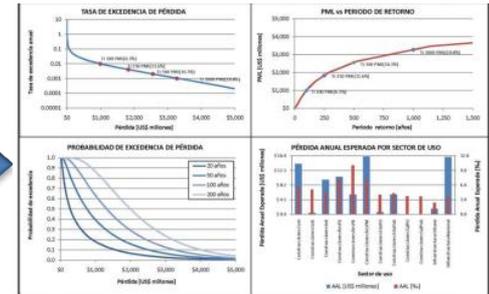
## Vulnerabilidad



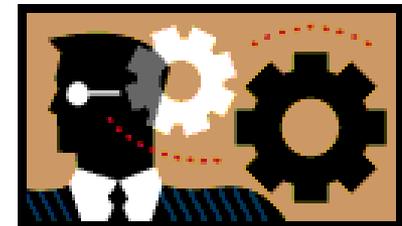
## Daño



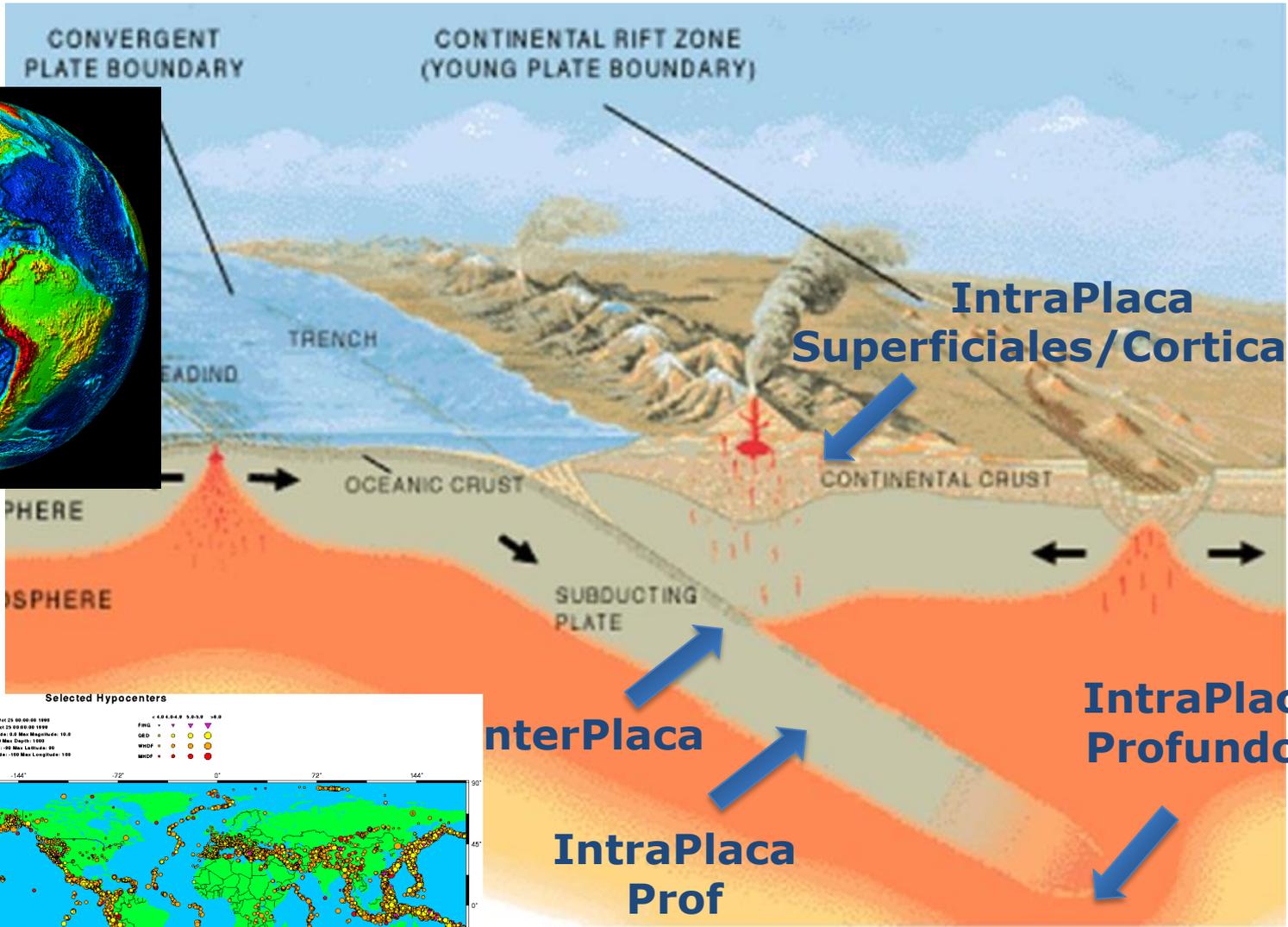
## Pérdida Económica



## Toma de decisiones



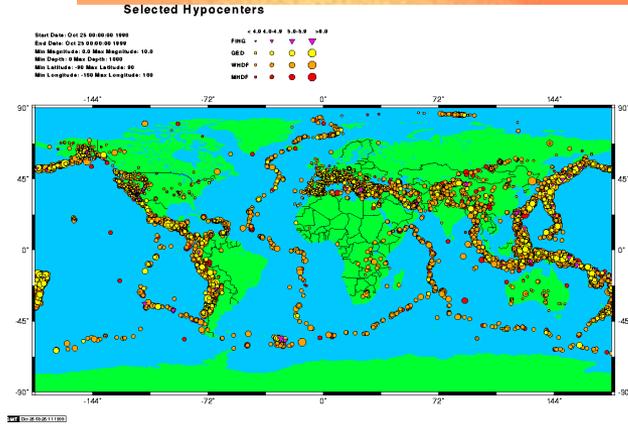
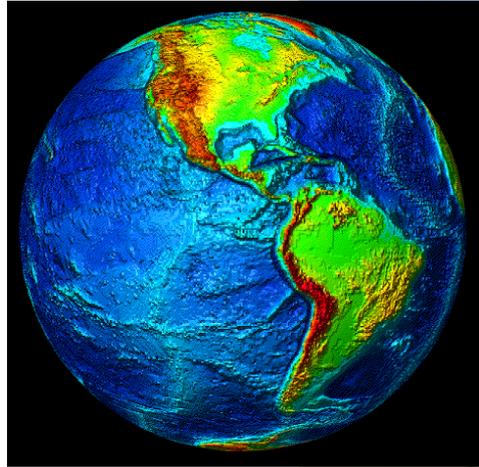
# Mecanismos Predominantes

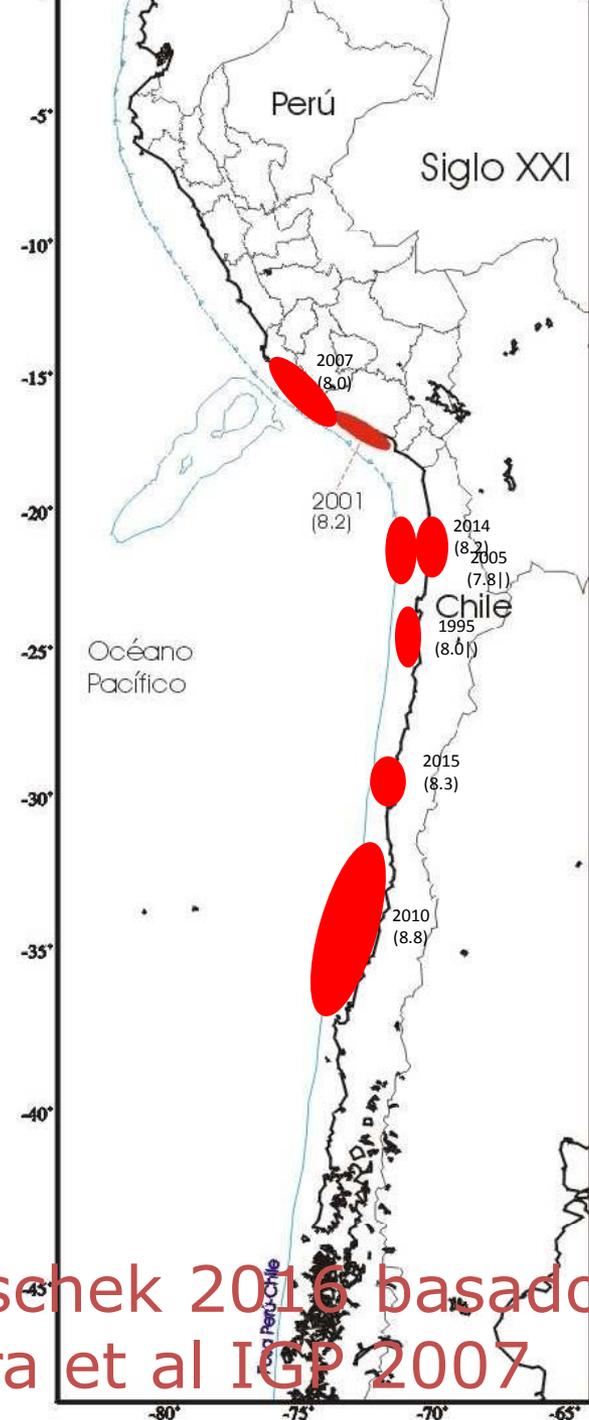
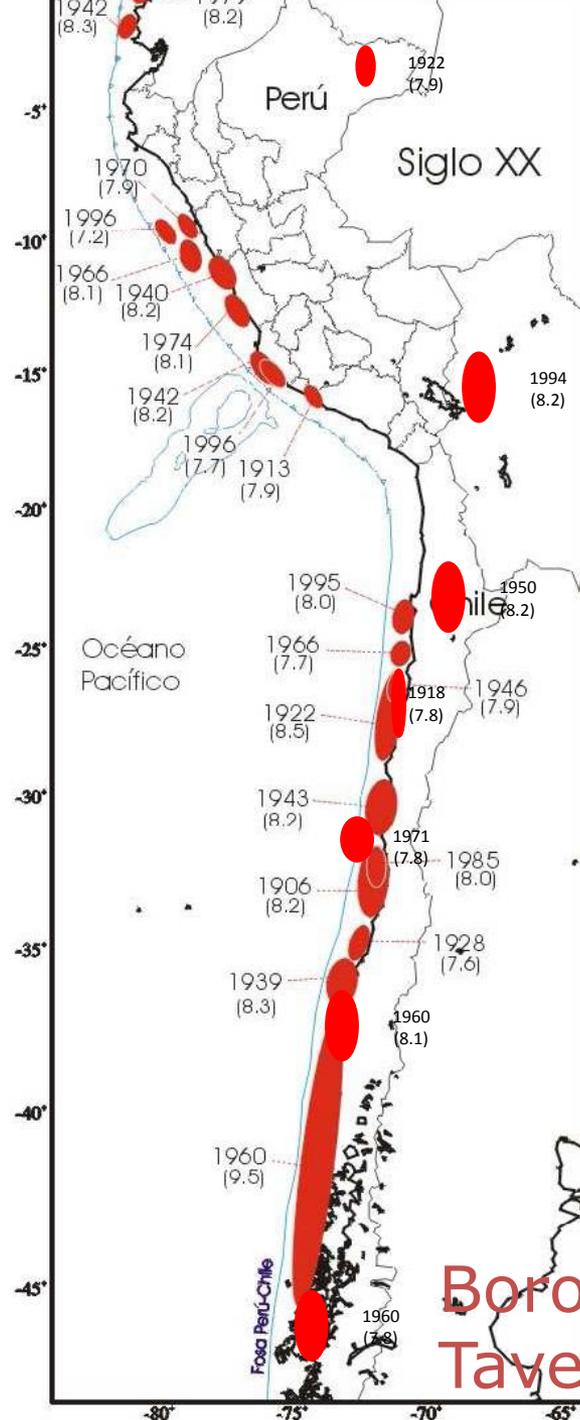


**IntraPlaca Superficiales/Corticales**

**IntraPlaca Prof Intermedio**

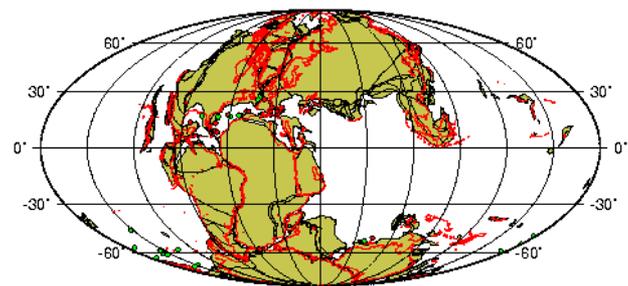
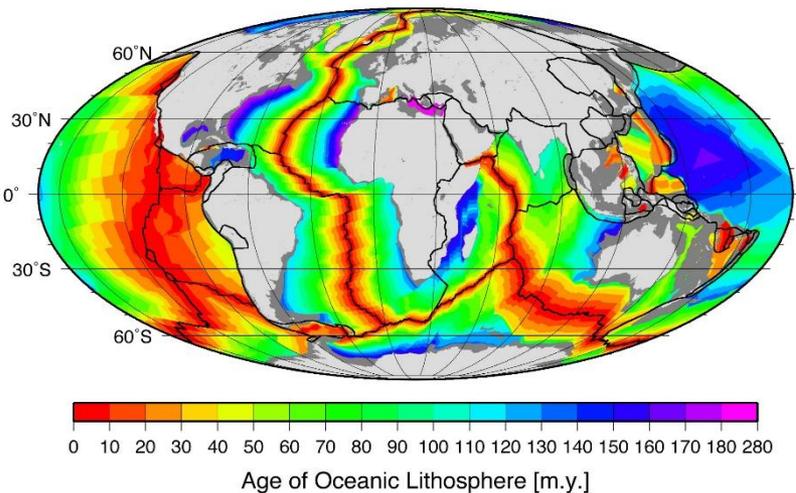
**IntraPlaca Profundos**





Boroschek 2016 basado en Tavera et al IGP 2007 BA

# Ruff - Kanomori 1980



150 My Reconstruction

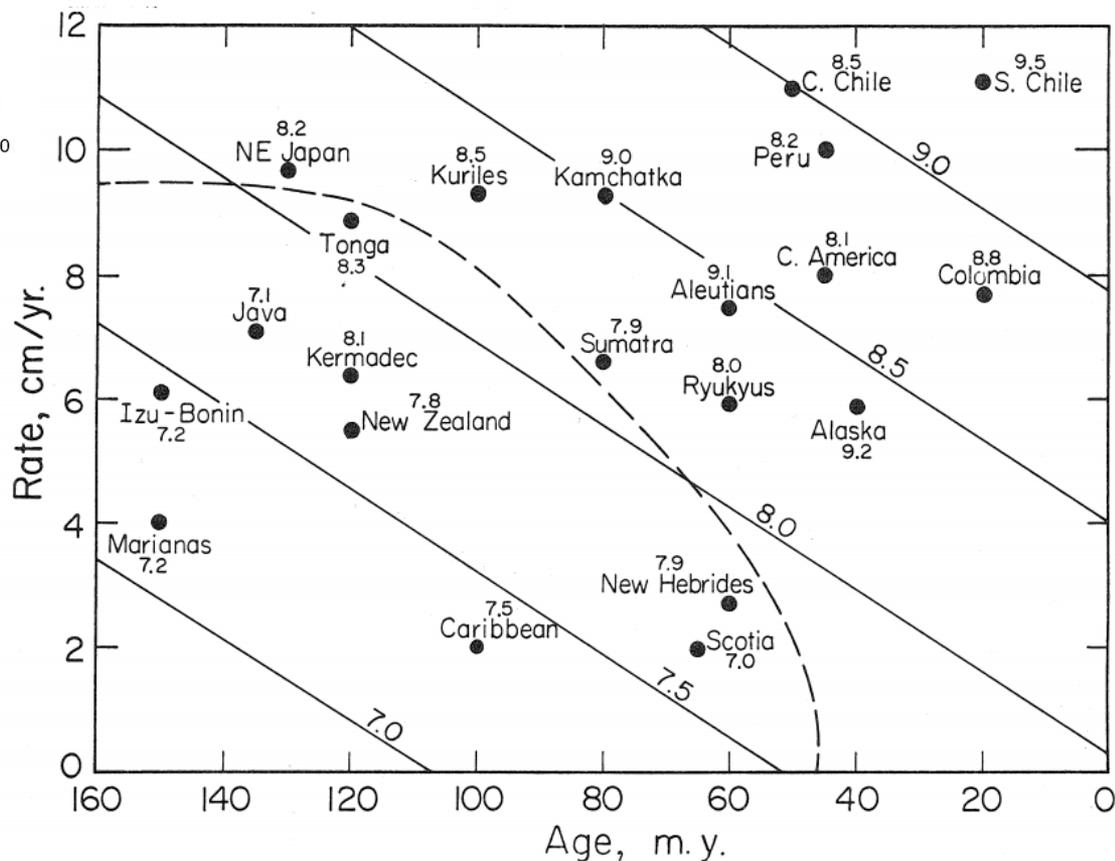
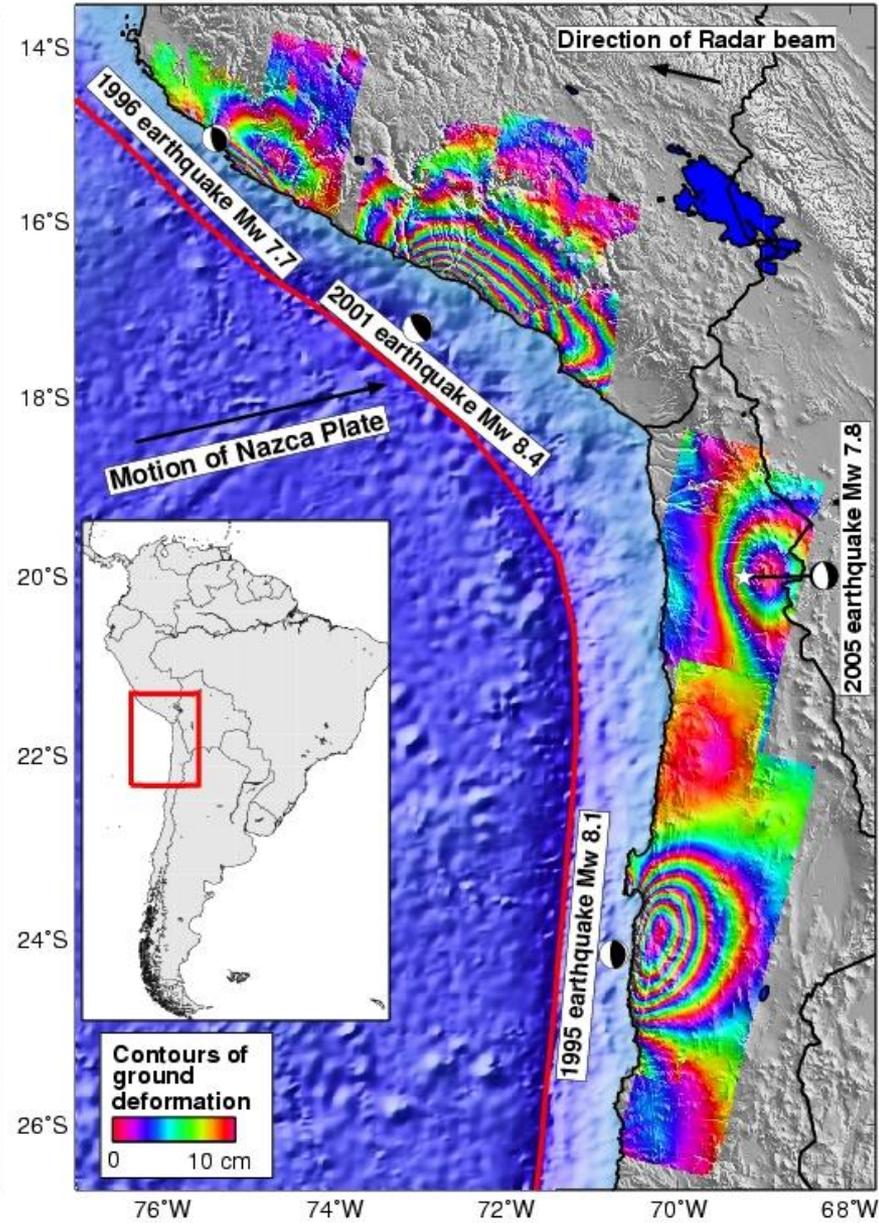
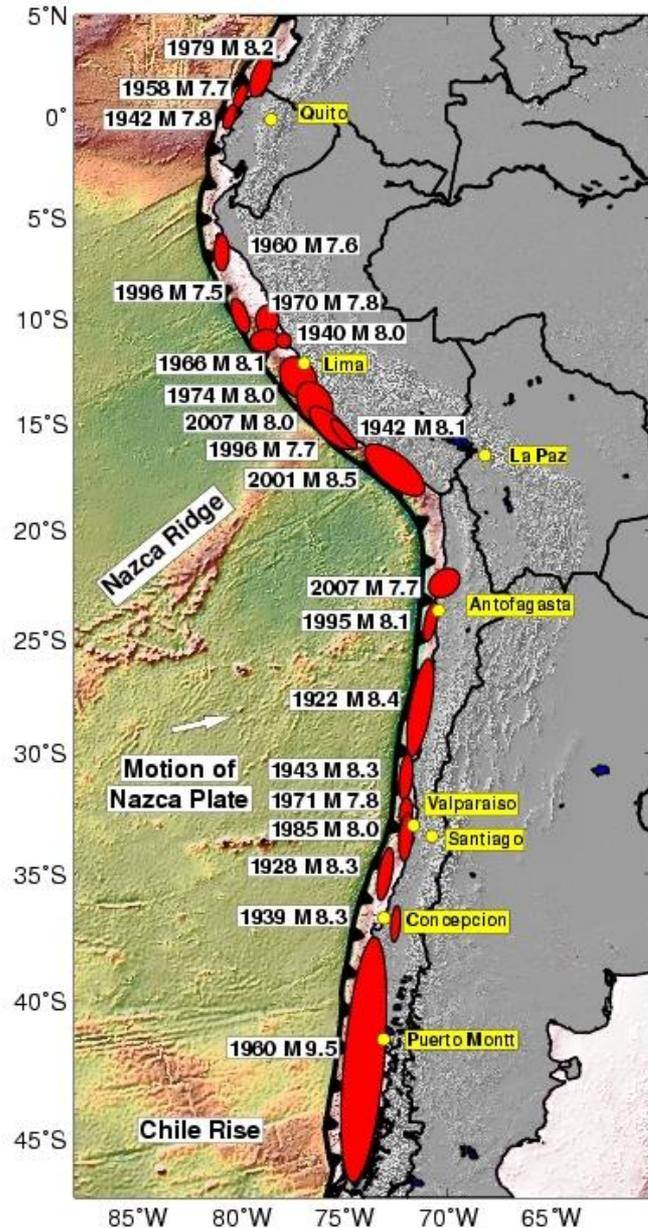
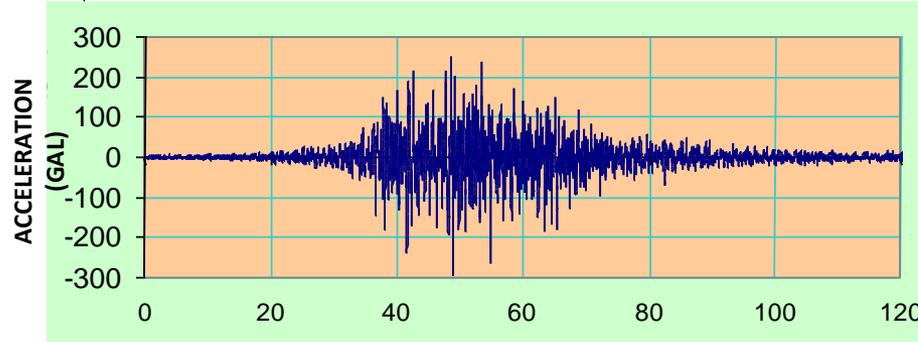
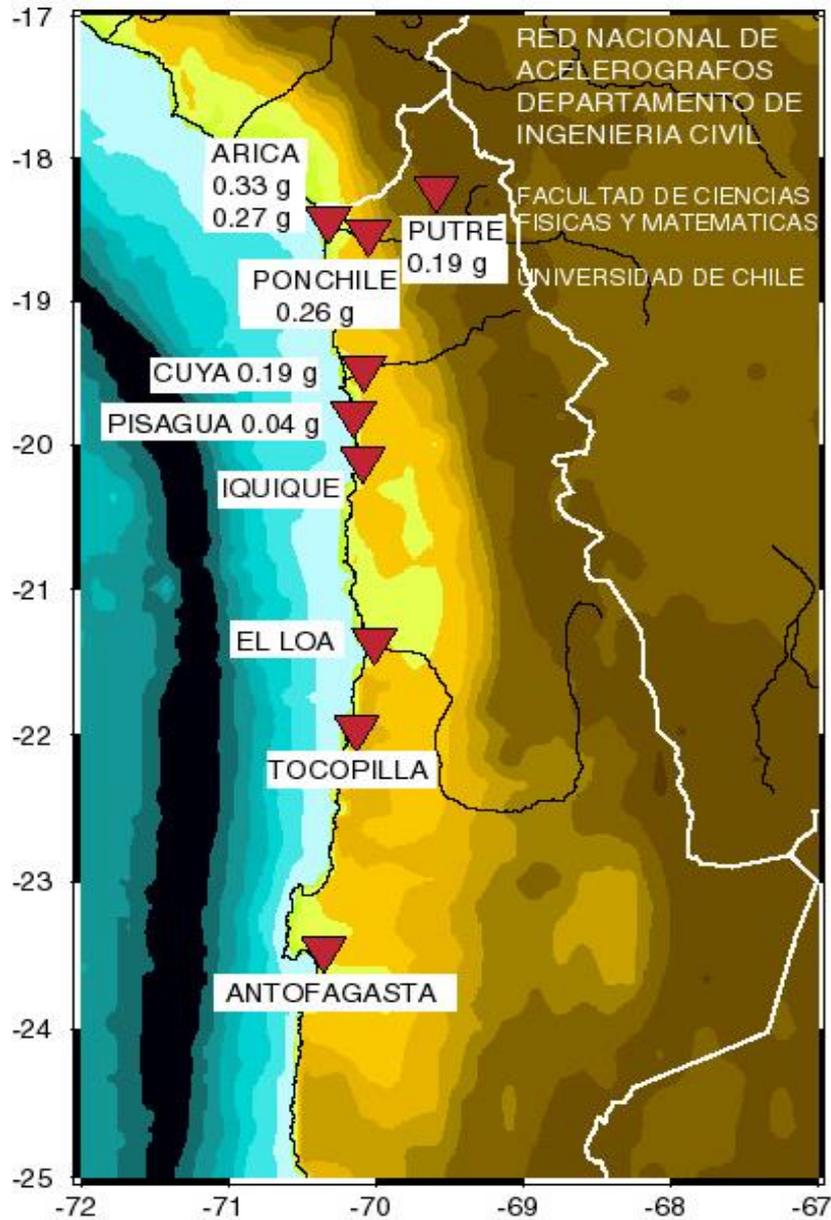


Fig. 2. The relationship of seismicity to the two variables: convergence rate and age of the subducting oceanic lithosphere. The number at each subduction zone is the associated  $M_w$  and the contours of constant  $M_w$  define the resultant plane from the regression analysis. The broken line in the lower left corner delimits the subduction regions where there is either confirmed or suspected back-arc spreading.



# Ruptura de Sismos Mayores

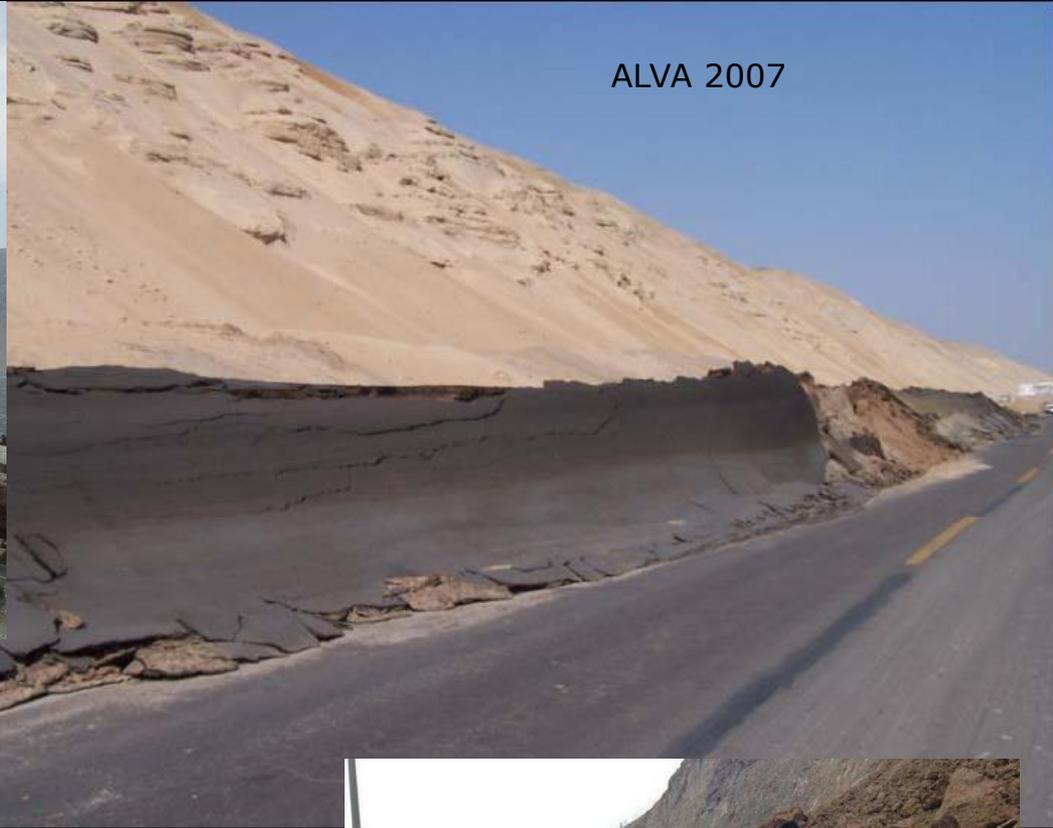








ALVA 2007

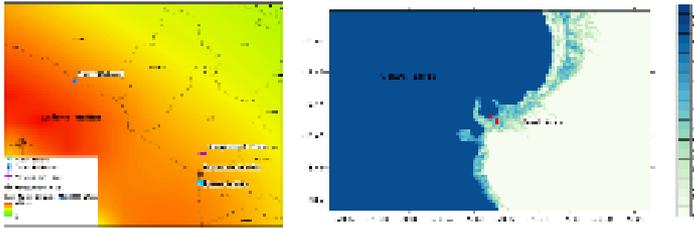


R Verdugo



# Elementos del Análisis de Riesgo

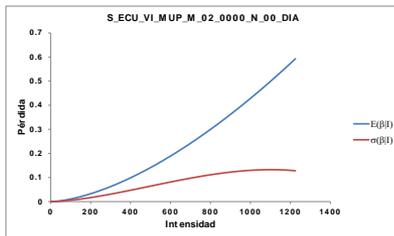
## Amenaza



## Exposición



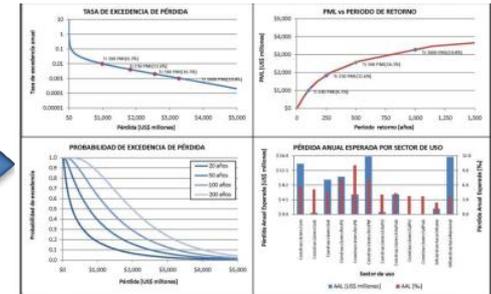
## Vulnerabilidad



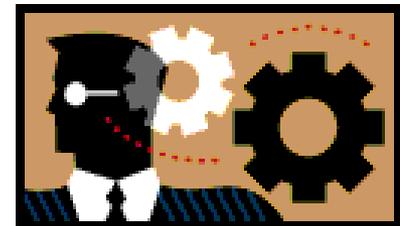
## Daño



## Pérdida Económica



## Toma de decisiones



# Infraestructuras seleccionadas para aplicación piloto

Infraestructura de integración seleccionada			
Chile		Perú	
Nombre Proyecto	Tipo infraestructura	Nombre Proyecto	Tipo infraestructura
Puerto de Arica	Puerto Marítimo	Puerto de Ilo	Puerto Marítimo
Puerto de Iquique	Puerto Marítimo	Puerto de Matarani	Puerto Marítimo
Aeropuerto de Iquique	Aeropuerto	Aeropuerto de Tacna	Aeropuerto
Aeropuerto de Arica	Aeropuerto	Carretera Panamericana Sur, Tramo Dv. Quilca - Dv. Arequipa - Dv. Moquegua - Tacna - Frontera con Chile	Carretera
Carretera Arica-Tambo Quemado (11CH)	Carretera	Carretera Camaná - Matarani - Ilo	Carretera

**Selección de infraestructura en función de evaluación preliminar de asesores y consultores del BID, información disponible, tiempo requerido para la evaluación y disponibilidad de recursos disponibles para el estudio piloto**

# Inspección Visual de Infraestructura y Equipos



- Entorno geográfico y geotécnico
- Emplazamiento y condiciones locales
- Materiales y estado de la construcción
- Estructuración – Detallamiento estructural
- Equipamiento – Detallamiento no estructural

# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna



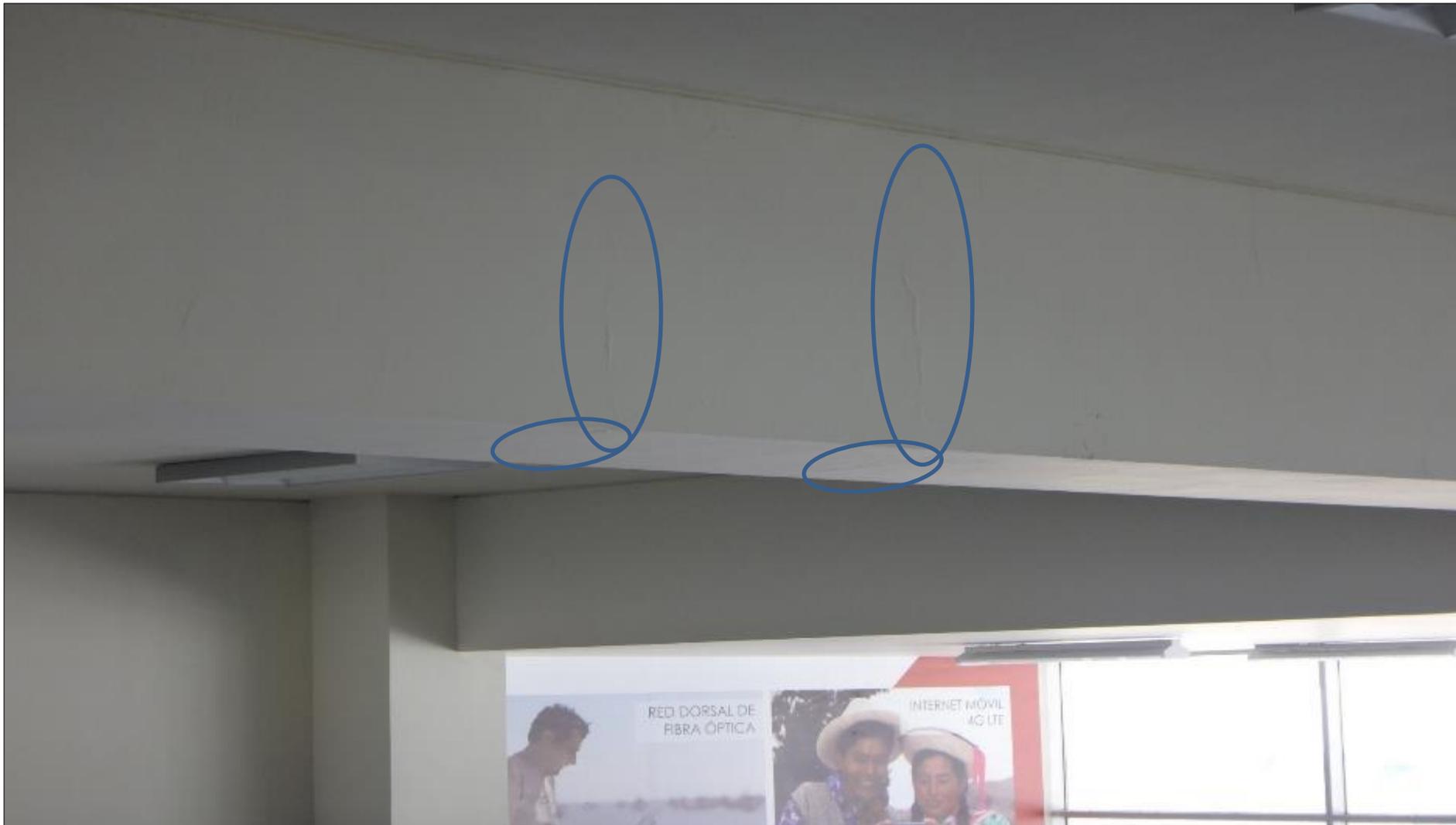
Se inspecciona:

- Terminal de pasajeros
- Pista de aterrizaje
- Cuarteles S.E.I.  
(Servicio de Extinción de Incendio)



# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Vigas de gran luz con fisuras por flexión (Tacna)



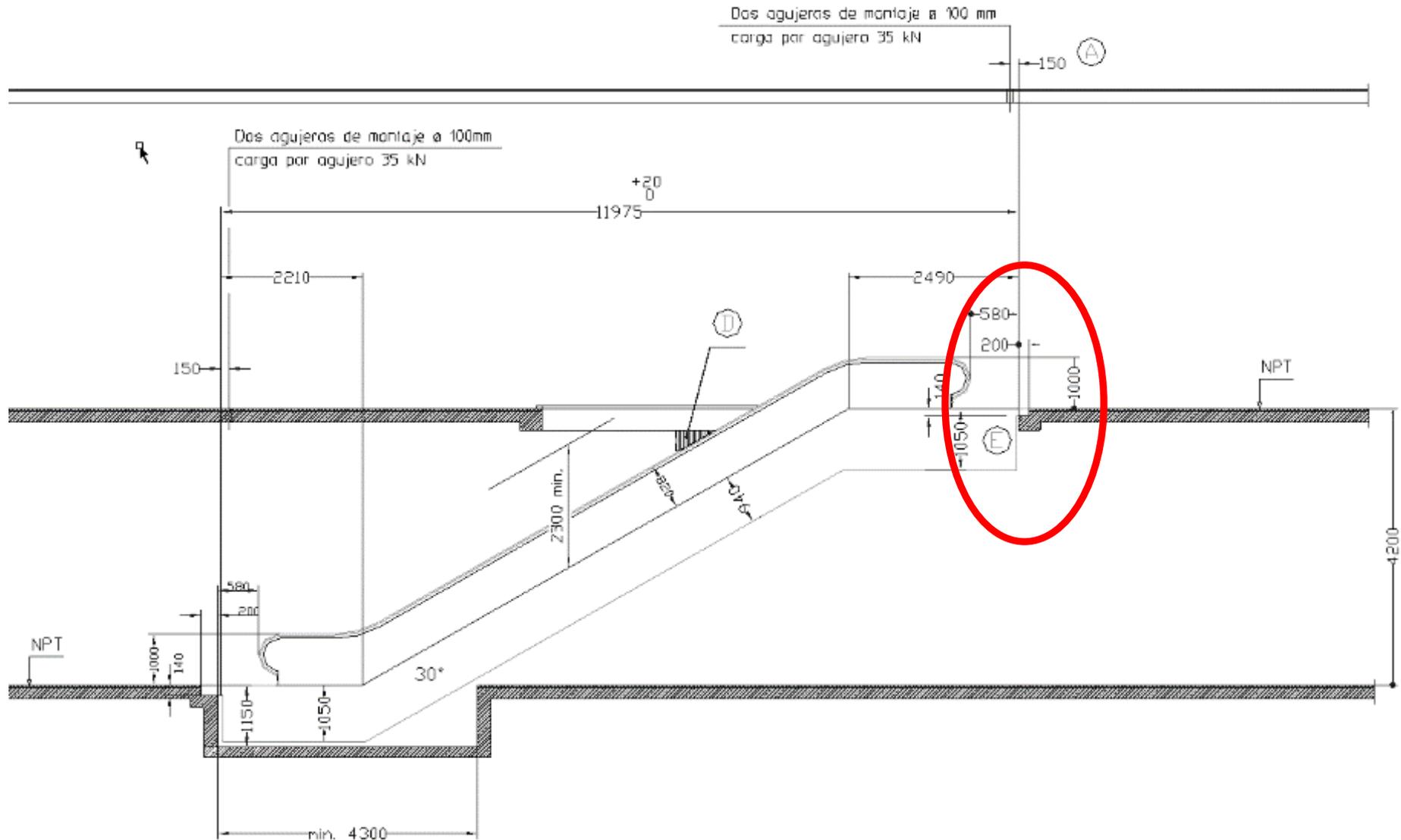
# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

## Elementos en junta de dilatación (Arica)



# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Escalera mecánica con mesa de apoyo de 20 cm



# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Particiones sin detallamiento sísmico



# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Cielos rasos sin detallamiento sísmico



# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Cielos rasos sin detallamiento sísmico



# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Sistemas distribuidos sin arrioste sísmico



# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Equipos y mobiliario susceptible de volcar o deslizar



# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

## Pistas de aterrizaje



# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Cuarteles S.E.I. (Servicio de Extinción de Incendio)



# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Cuartel S.E.I. (Servicio de Extinción de Incendio)



# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Cuartel S.E.I. (Servicio de Extinción de Incendio)



# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Cuarte S.E.I.

Potencial vuelco de recipientes de petróleo y aceite



# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Cuarteles S.E.I.

Potencial vuelco de mobiliario



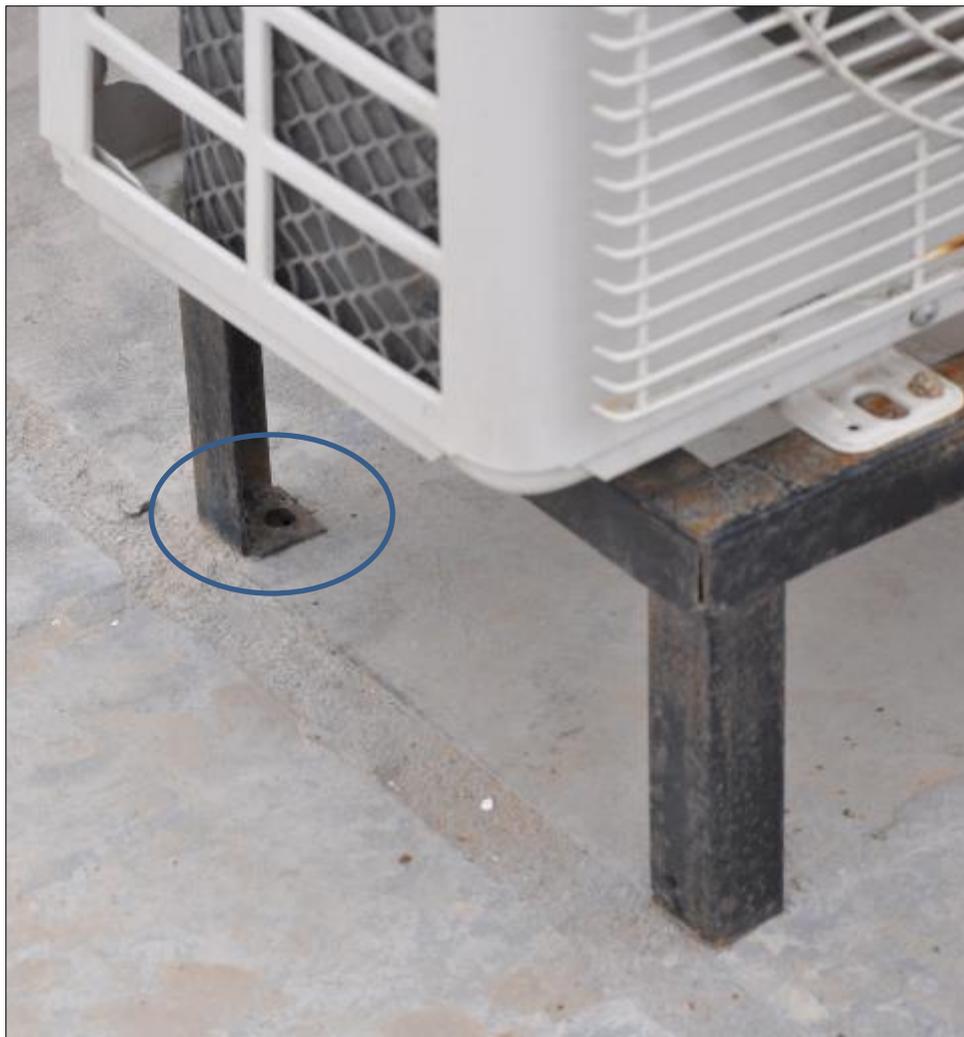
# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Otros aspectos de detallamiento  
sísmico no estructural



# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Equipos de ventilación sin anclaje

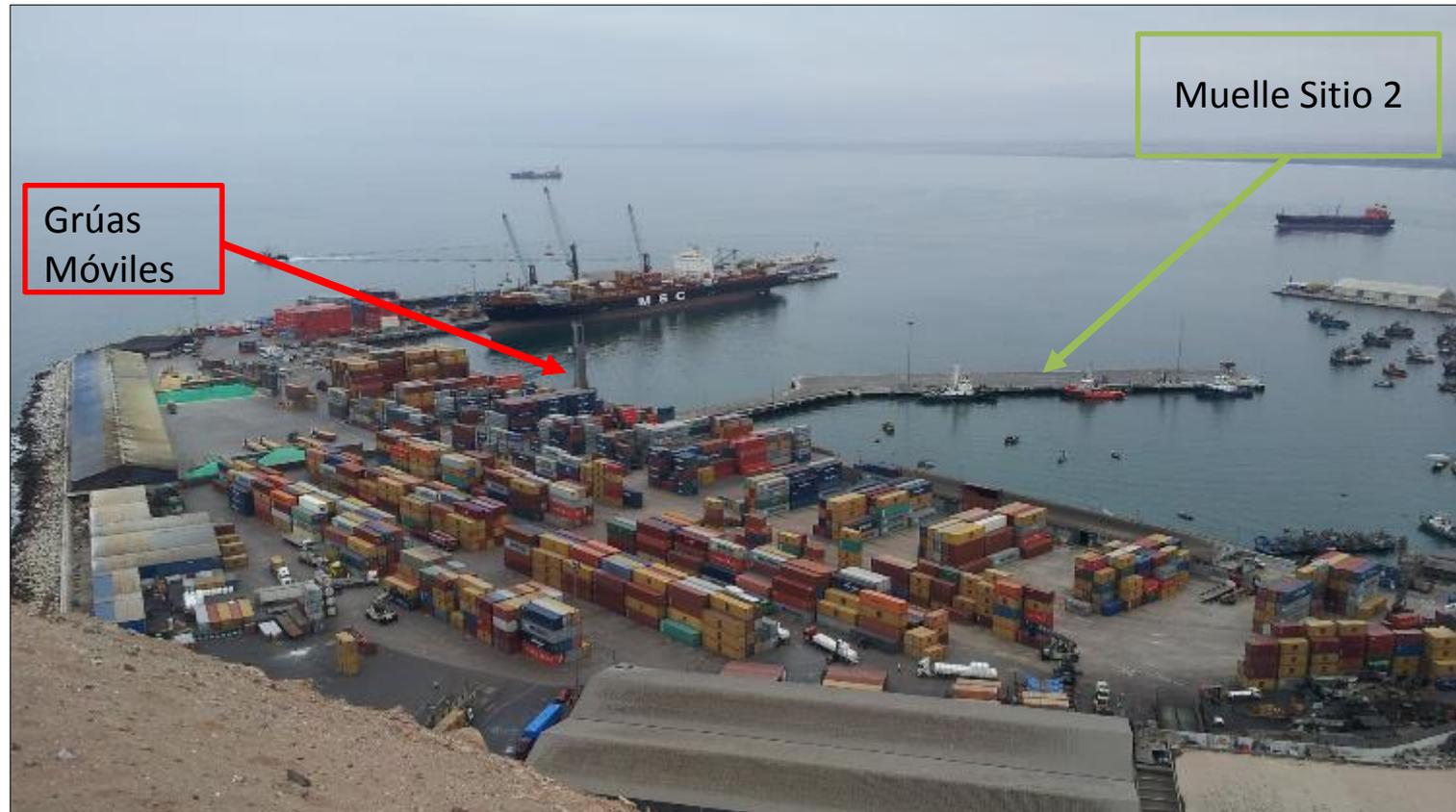


# Inspección Visual Aeropuertos Arica y Tacna

Subestación eléctrica



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani



Se inspecciona:

- Edificio de oficinas administrativas
- Grúas móviles
- Muelle Sitio 2

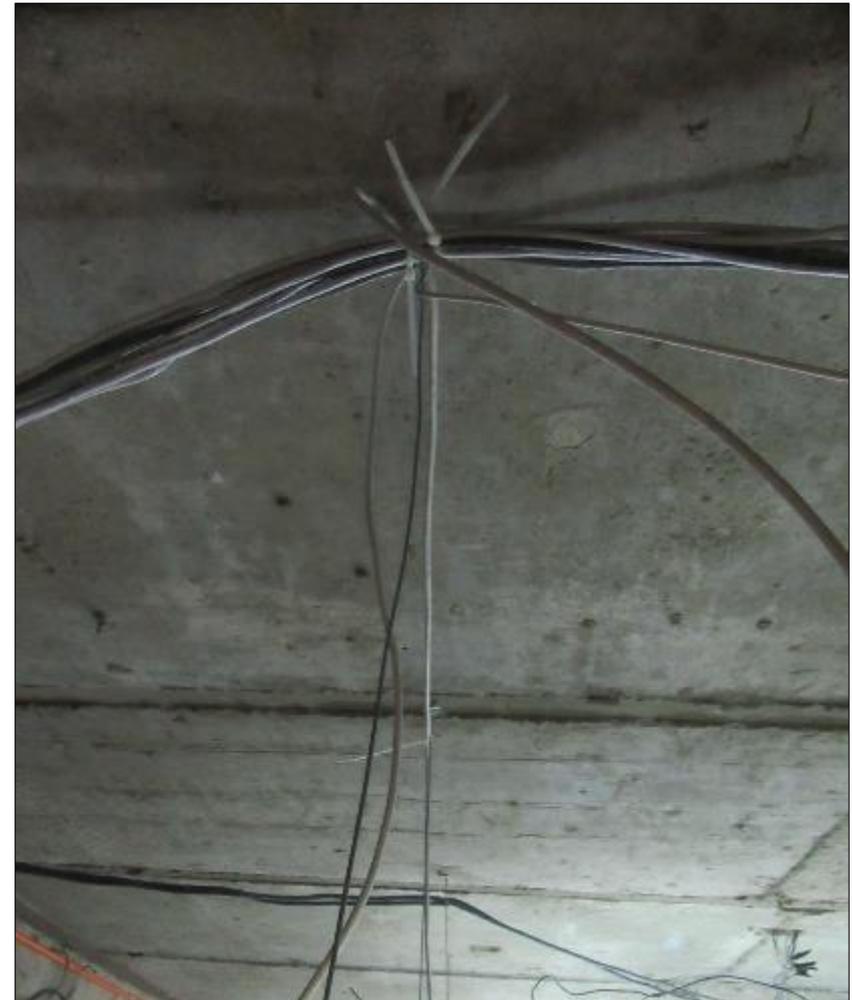
# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

Elementos de fachada con daños estructurales



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

Cielos rasos sin detallamiento sísmico y/o fijos a estructura flexible



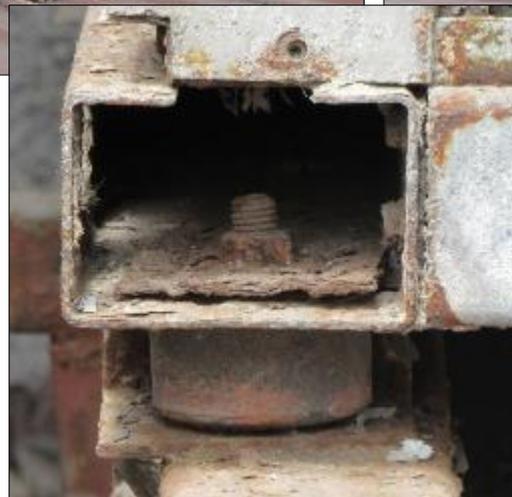
# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

Cielos rasos sin detallamiento sísmico y/o fijos a estructura flexible



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

Anclajes de sistemas de aire acondicionado deficientes o deteriorados



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

Equipos y mobiliario susceptible de volcar o deslizar



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

## Grúas móviles

Grúa Tacora



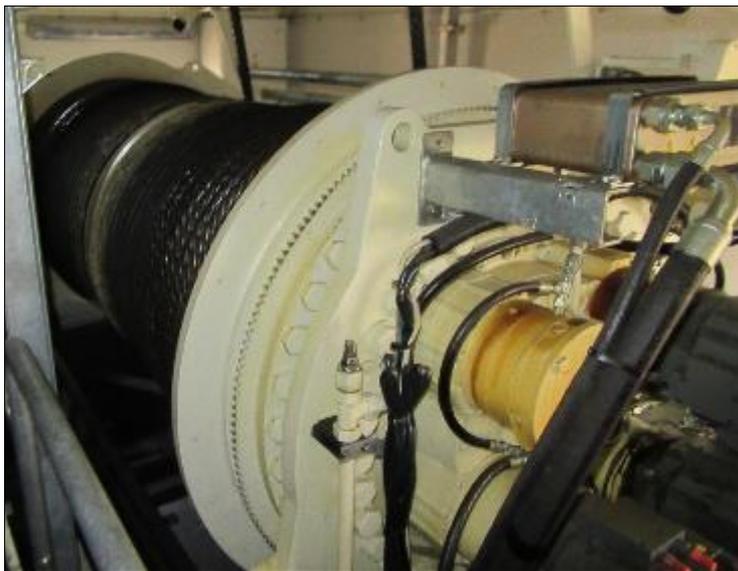
Grúa Parinacota



Grúa Arica



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

## Muelle Sitio 2 Arica



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

## Muelle Sitio 2 Arica



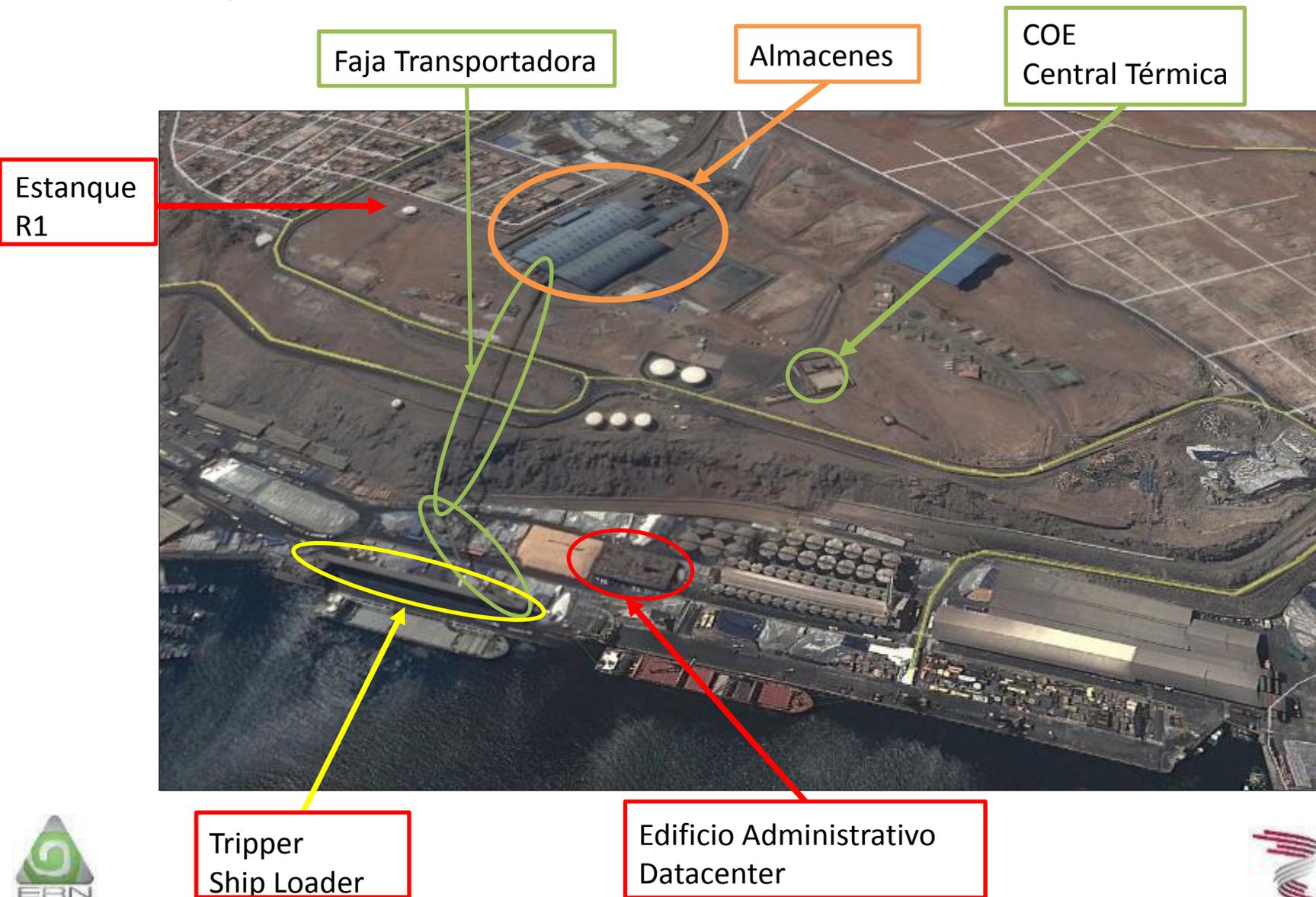
# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

## Muelle Sitio 2 Arica



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

Se inspecciona: Ruta Crítica de Minerales



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

## Almacenes Matarani



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

## Almacenes Matarani



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

## Almacenes Matarani



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

## Fajas Matarani



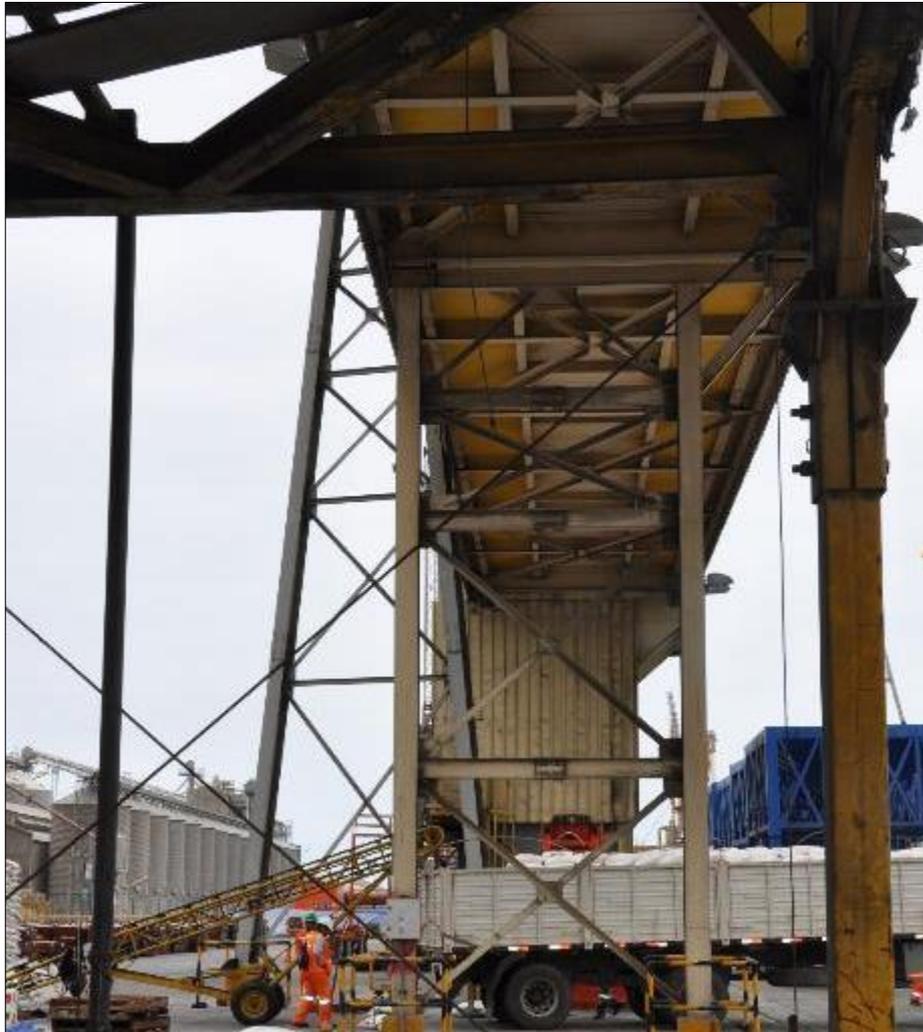
# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

## Fajas Matarani



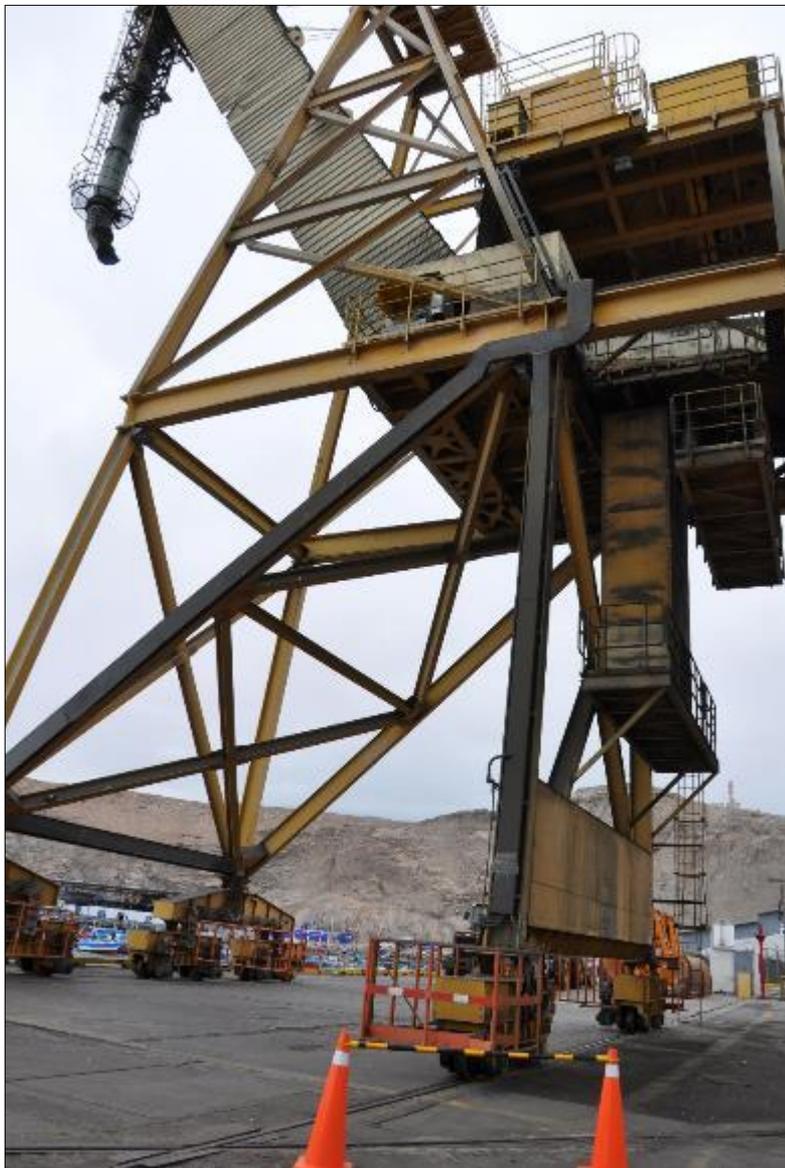
# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

Tripper y Ship Loader



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

Tripper y Ship Loader



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

Tripper y Ship Loader



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

Tripper y Ship Loader



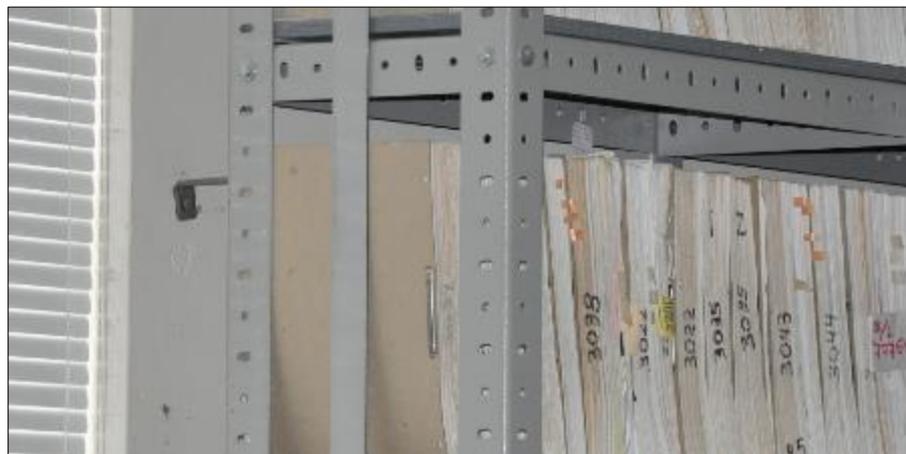
# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

## Edificio Administrativo Matarani



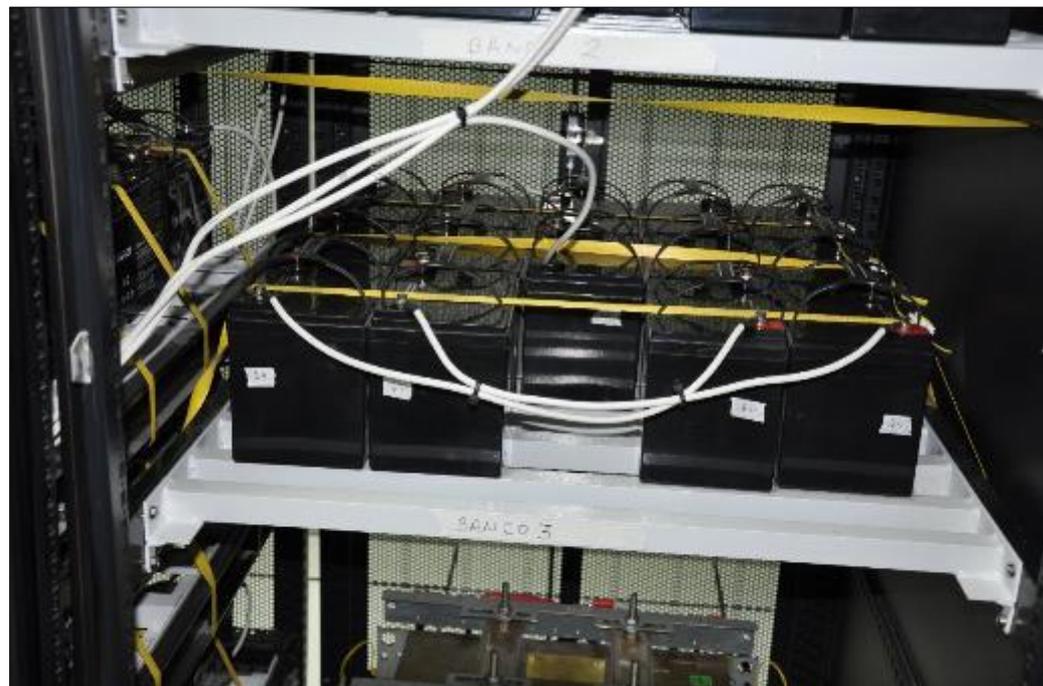
# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

## Edificio Administrativo



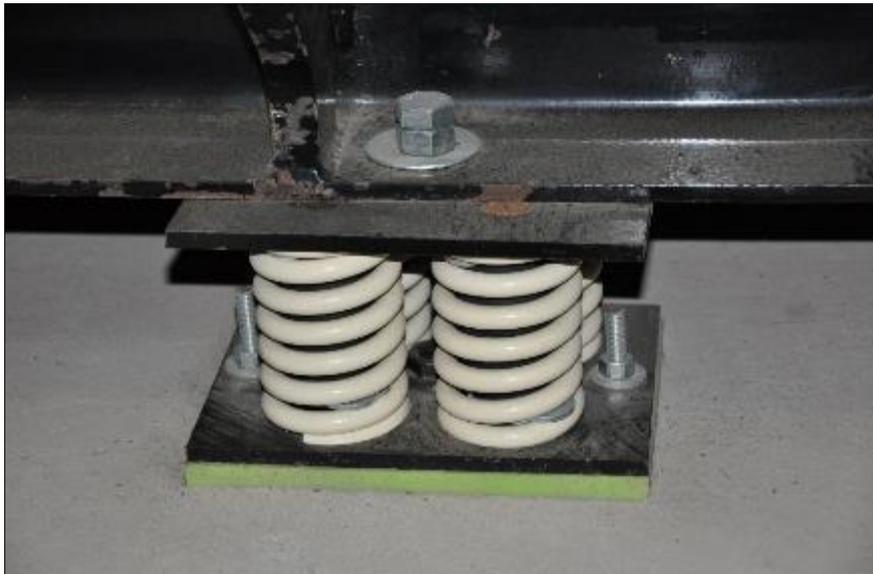
# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

Sala datacenter



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

## Central térmica



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

Central térmica



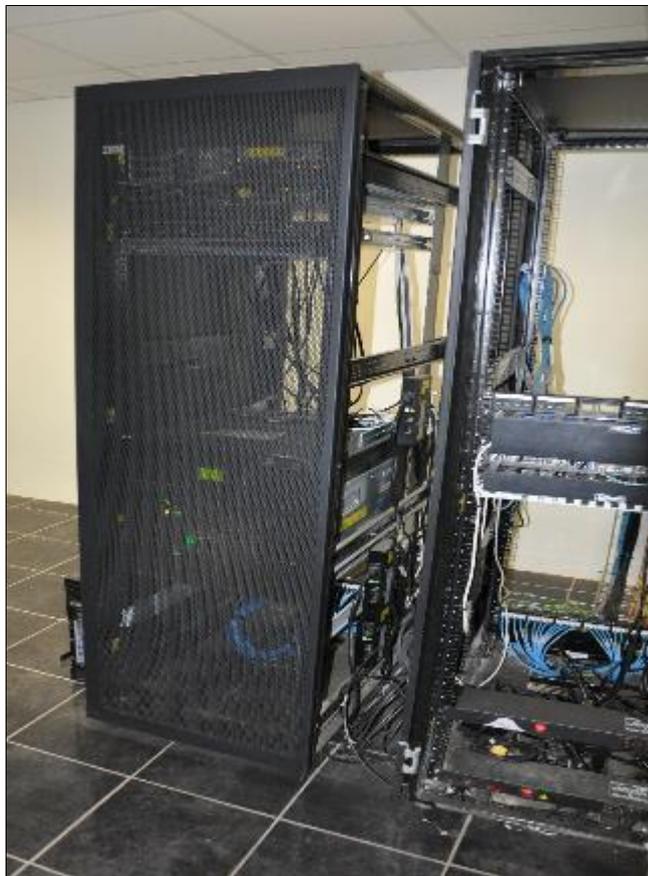
# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

## Central térmica



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

COE



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

## Estanque de agua "R1" Matarani



# Inspección Visual Puertos Arica y Matarani

Otras observaciones en Edificio Administrativo



# Análisis de Fragilidad Sísmica

$$P(D \geq DS_i | X = x) = \Phi \left( \frac{\ln \left( \frac{x}{x_{mi}} \right)}{\beta_i} \right)$$

Las curvas de fragilidad que se presentan se basan en la información provista por el Mandante y complementada con las observaciones efectuadas durante la visita de campo.

Los parámetros considerados para definir la demanda sísmica ( $X$ ) en un sitio específico pueden corresponder a:

- aceleración máxima del suelo (PGA)
- aceleración máxima de piso (PFA)
- aceleración espectral para periodo de 1 segundo ( $Sa_1$ )
- deformación de entrepiso (ID)
- velocidad máxima del suelo (PGV)
- desplazamiento máximo del suelo (PGD)
- desplazamiento permanente del suelo ( $P_pGD$ )

# Análisis de Fragilidad Sísmica

En particular, las curvas de fragilidad o curvas de daños, caracterizadas por los parámetros  $x_{mi}$  y  $\beta_i$ , se establecen típicamente para 4 estados de daño ( $DS_i$ ,  $i = 1, 2, 3$  y  $4$ ), definidos en términos de la magnitud del daño y de las acciones requeridas para su reparación, a saber:

- $DS_1$ . Daño estructural o no-estructural leve. Reparaciones menores son requeridas.
- $DS_2$ . Daño estructural o no-estructural moderado. Reparaciones locales de las estructuras o de los componentes son requeridas.
- $DS_3$ . Daño estructural o no-estructural severo. Reparaciones mayores de las estructuras o de los componentes, en términos económicos y de plazos, son requeridas.
- $DS_4$ . Daño estructural o no-estructural total. Reemplazo de las estructuras o de los componentes son requeridos.

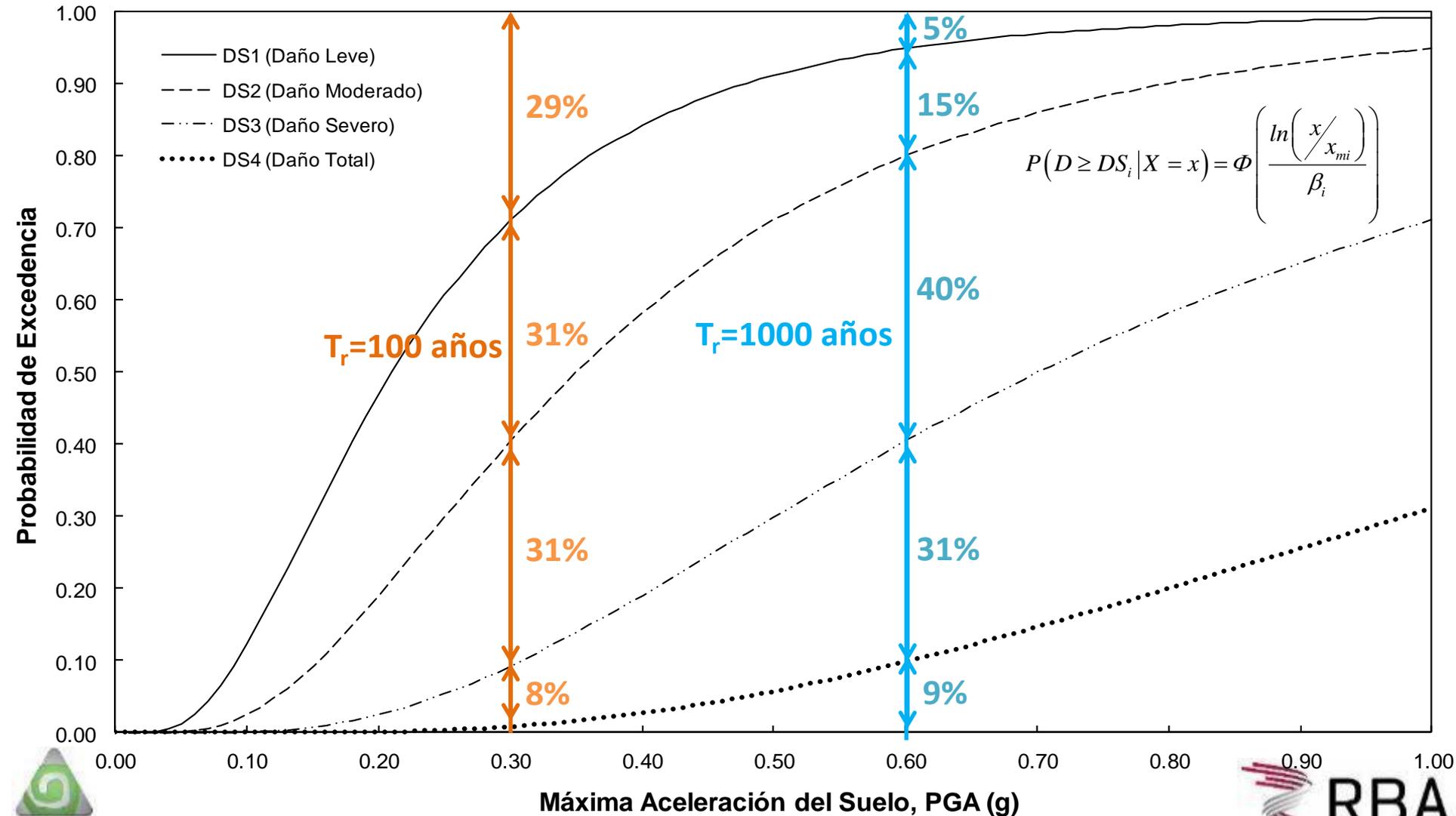
# Análisis de Fragilidad Sísmica

## Ejemplo de fragilidad sísmica estructural terminal Arica

Descripción estructura o sistema	Parámetro Fragilidad	DS1			DS2			DS3			DS4		
		Descripción	$x$	$\beta$	Descripción	$x$	$\beta$	Descripción	$x$	$\beta$	Descripción	$x$	$\beta$
Estructura de concreto reforzado de uno y dos pisos con columnas en voladizo diseñada en conformidad con NCh433.Of96 y ACI318-95	PGA (g)	Daño estructural leve. Agrietamiento menor de algunas vigas y columnas en encuentros con nudos o en nudos. Daño no requiere mas que reparaciones cosméticas.	0.21	0.64	Daño estructural moderado. La mayoría de las vigas y columnas presentan grietas menores. Algunos elementos del marco han alcanzado la fluencia, lo que queda de manifiesto en grietas de mayor tamaño que son observables y perdida del recubrimiento de hormigón en algunos sectores.	0.35	0.64	Daño estructural extenso. Algunos elementos alcanzan su resistencia última, evidenciado por notorias grietas de flexión, pérdida de recubrimientos de hormigón y pandeo de refuerzo longitudinal.	0.70	0.64	Daño estructural total. Colapso estructural inminente por pérdida de estabilidad. Es esperable que el 13% de la estructura haya colapsado.	1.37	0.64

# Fragilidad Sísmica Aeropuerto Arica

Ejemplo fragilidad sísmica estructural terminal aeropuerto Arica



# Funciones de Vulnerabilidad

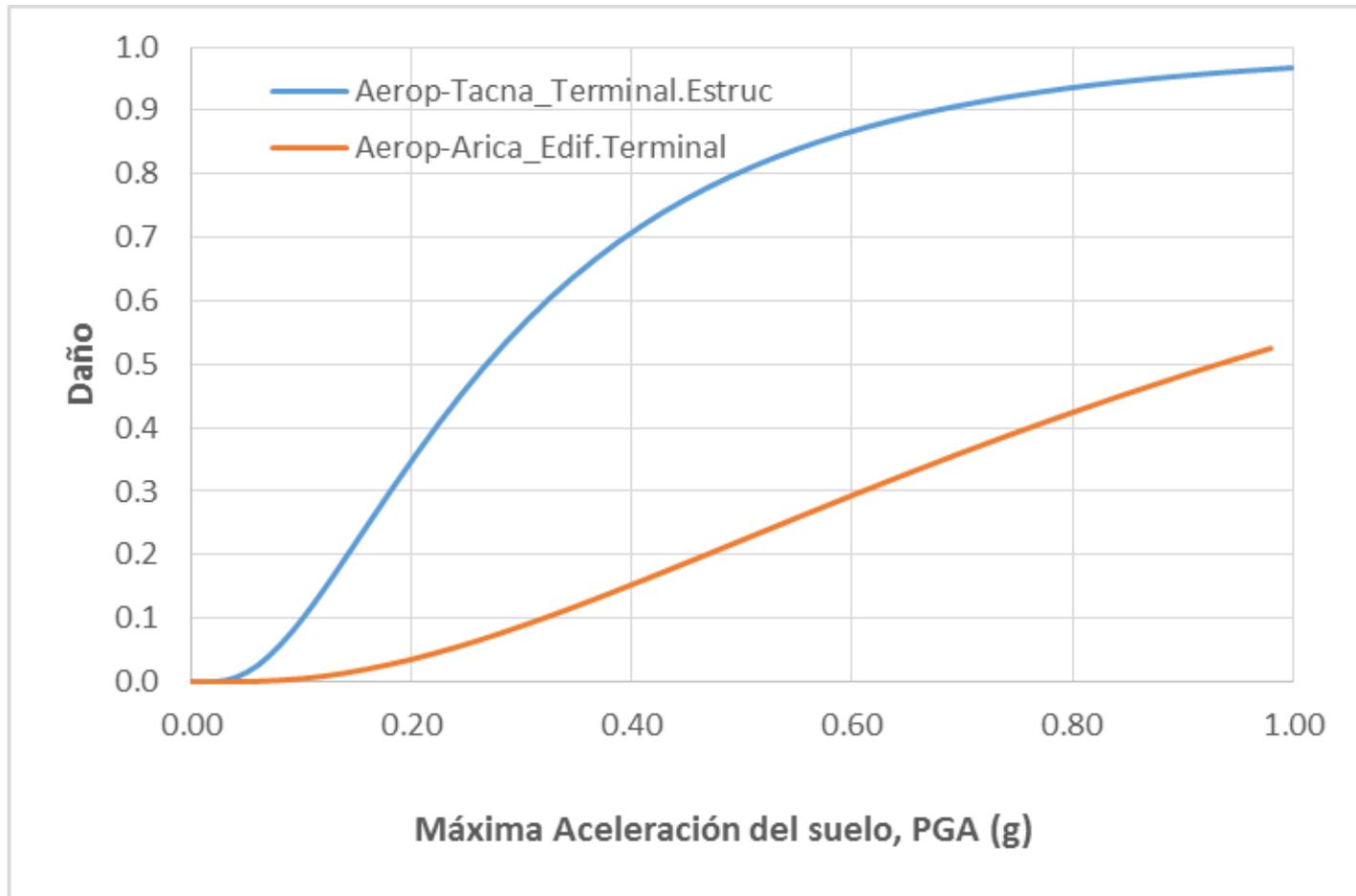
Para cada componente de infraestructura analizado, a partir de las funciones de fragilidad se obtienen funciones de vulnerabilidad, las cuales relacionan la intensidad del fenómeno natural (aceleración máxima del suelo para el caso de sismo y altura de inundación para el caso de tsunami) vs el valor esperado del daño.

		Demanda			
		<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>
Estado de daño	0	$Pr(ED=0)   S1$	$Pr(ED=0)   S2$	$Pr(ED=0)   S3$	$Pr(ED=0)   S4$
	1	$Pr(ED=1)   S1$	$Pr(ED=1)   S2$	$Pr(ED=1)   S3$	$Pr(ED=1)   S4$
	2	$Pr(ED=2)   S1$	$Pr(ED=2)   S2$	$Pr(ED=2)   S3$	$Pr(ED=2)   S4$
	3	$Pr(ED=3)   S1$	$Pr(ED=3)   S2$	$Pr(ED=3)   S3$	$Pr(ED=3)   S4$
	...	...	...	...	...
	N	$Pr(ED=N)   S1$	$Pr(ED=N)   S2$	$Pr(ED=N)   S3$	$Pr(ED=N)   S4$

$$E(L^k | S) = \sum_{i=0}^N L_i^k Pr(ED = i | S)$$

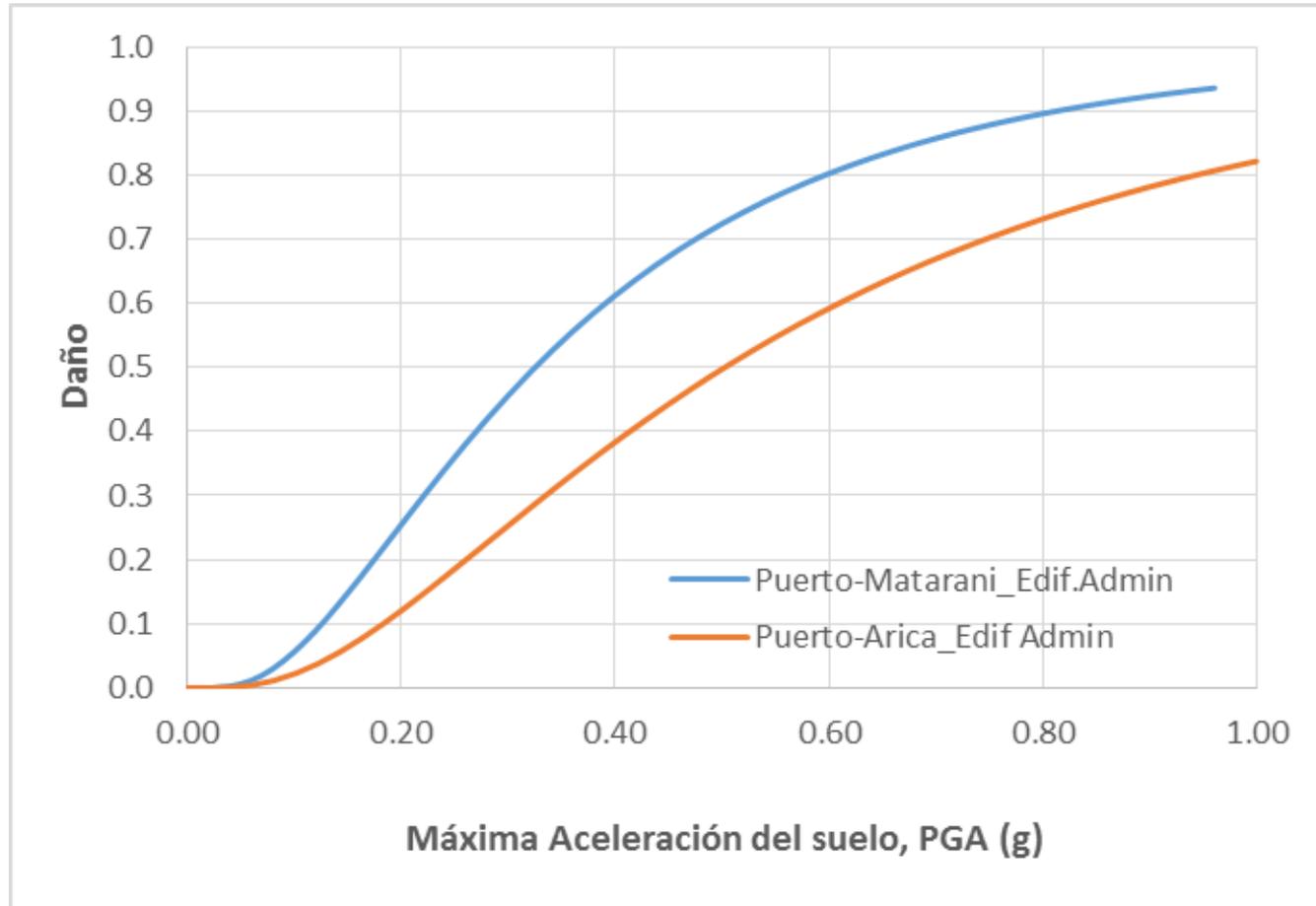
# Análisis de Vulnerabilidad Sísmica

- Aeropuerto de Arica y Tacna

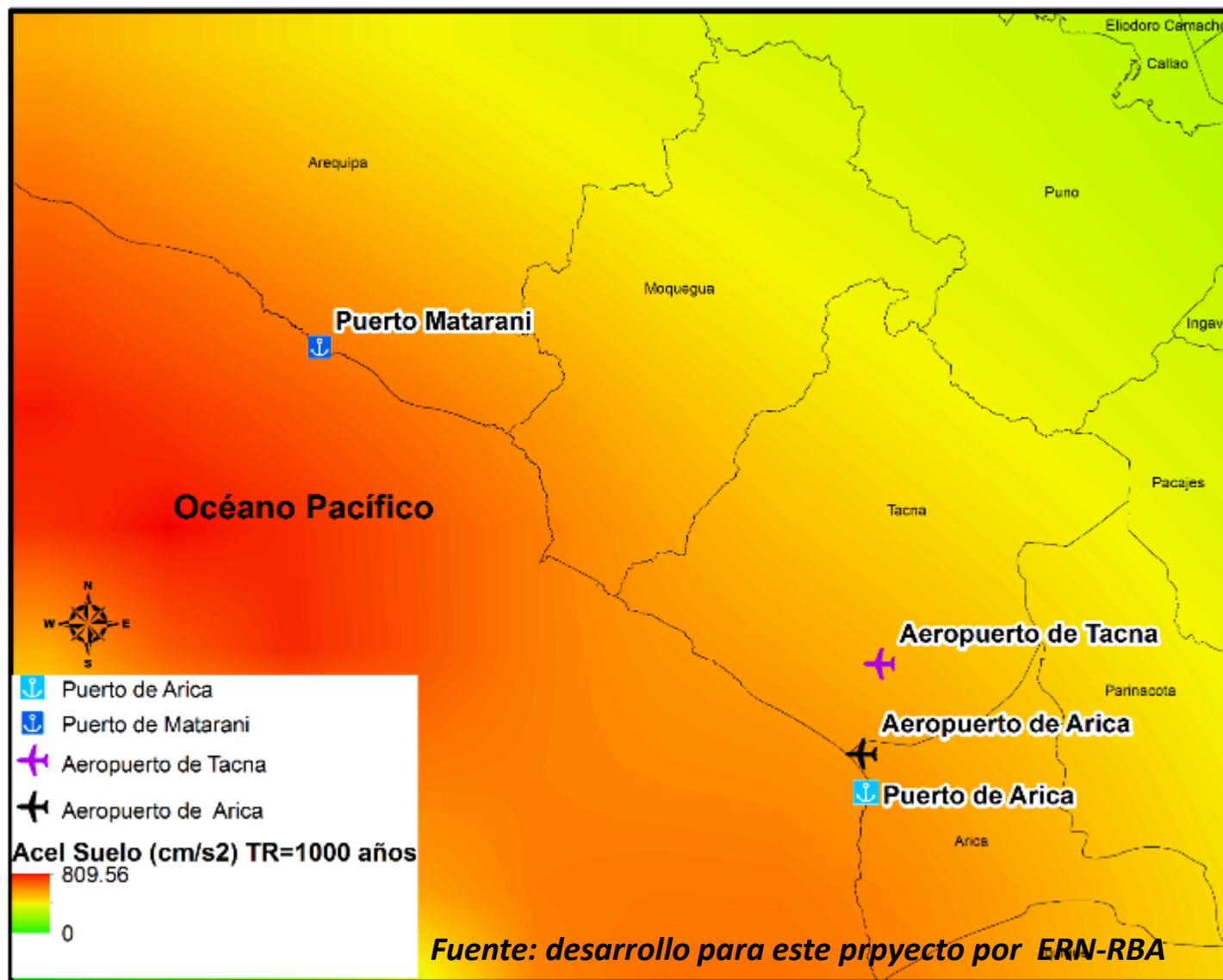


# Vulnerabilidad Sísmica

- Puerto de Arica y Matarani



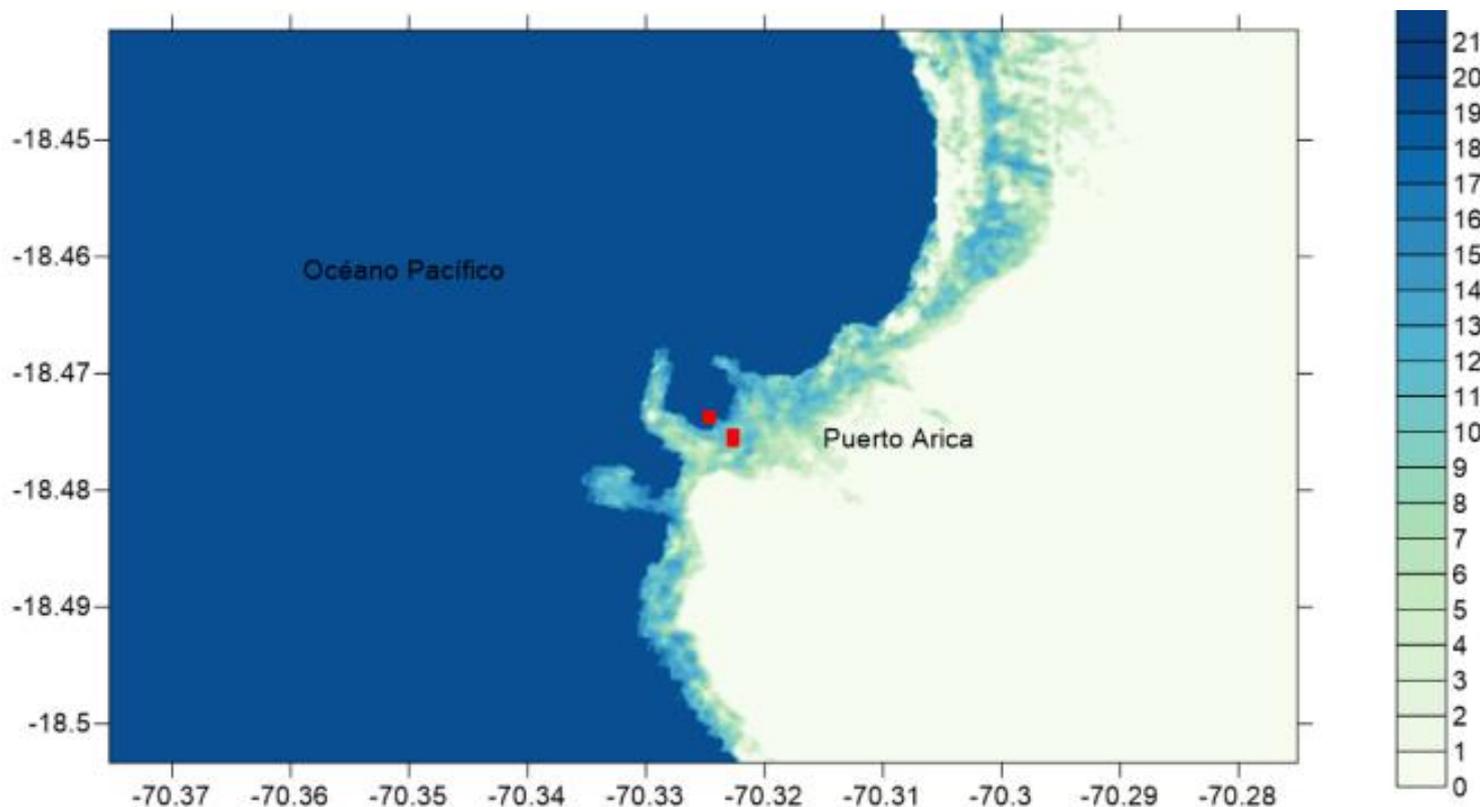
# Estimación de Amenaza Sísmica probabilista para el área de estudio



# Tsunami

Resultados análisis amenaza por tsunami representados a través de mapas de inundación, a fin de estimar afectación a infraestructura

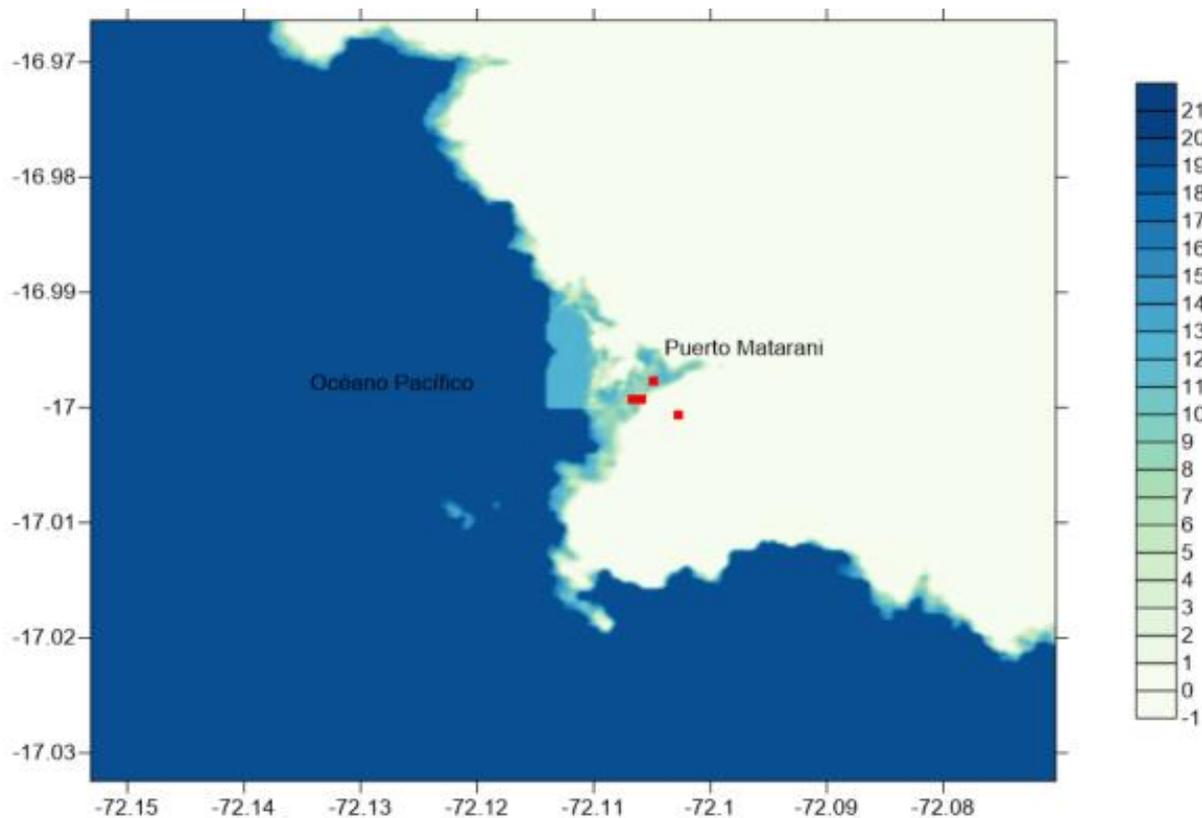
## Puerto de Arica



Peligro de tsunami en el puerto de Arica para evento que ocasiona una variación máxima del nivel del mar de 20m, similar al evento del 13/08/1868

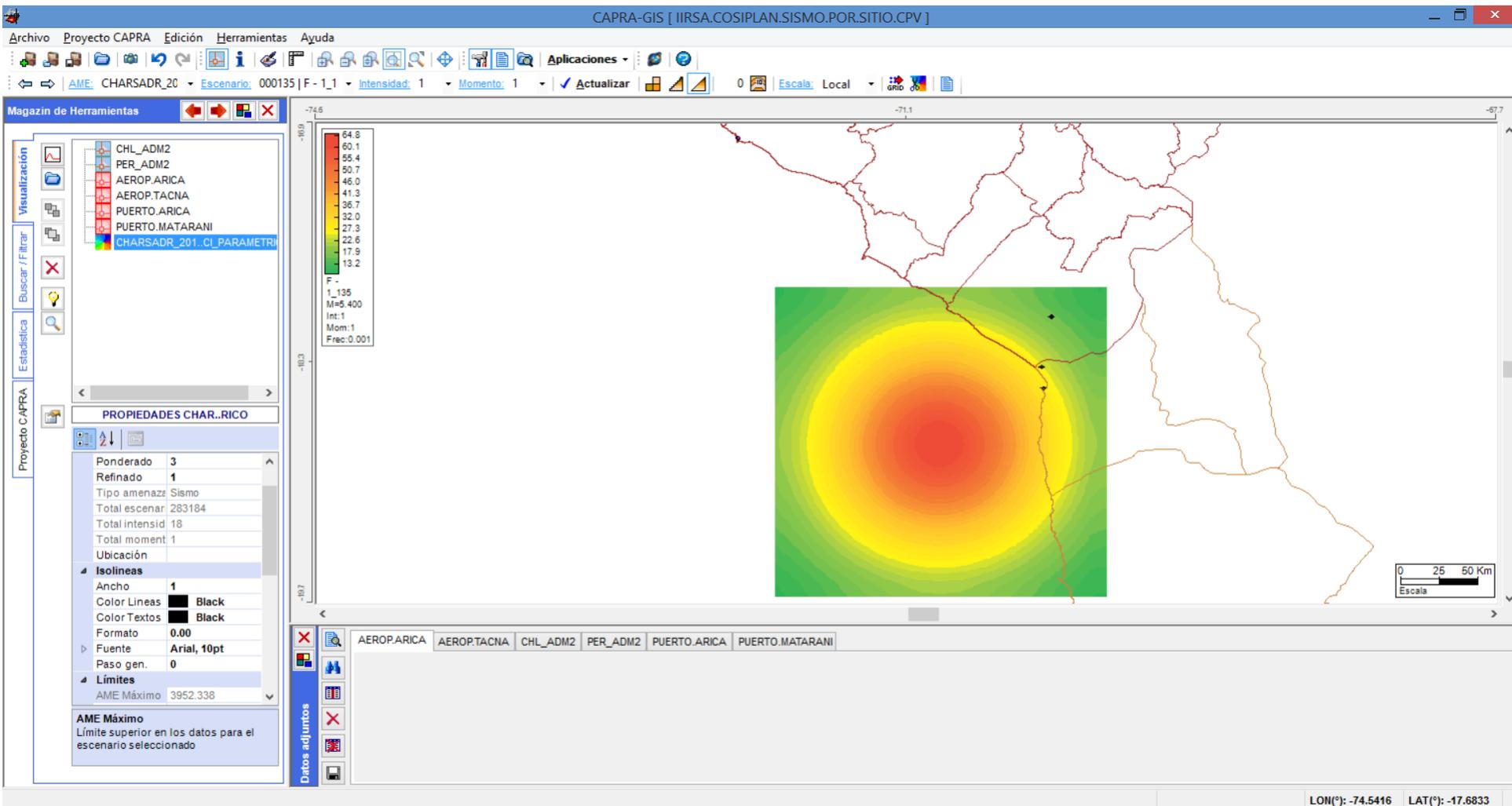
# Tsunami

## Puerto de Matarani

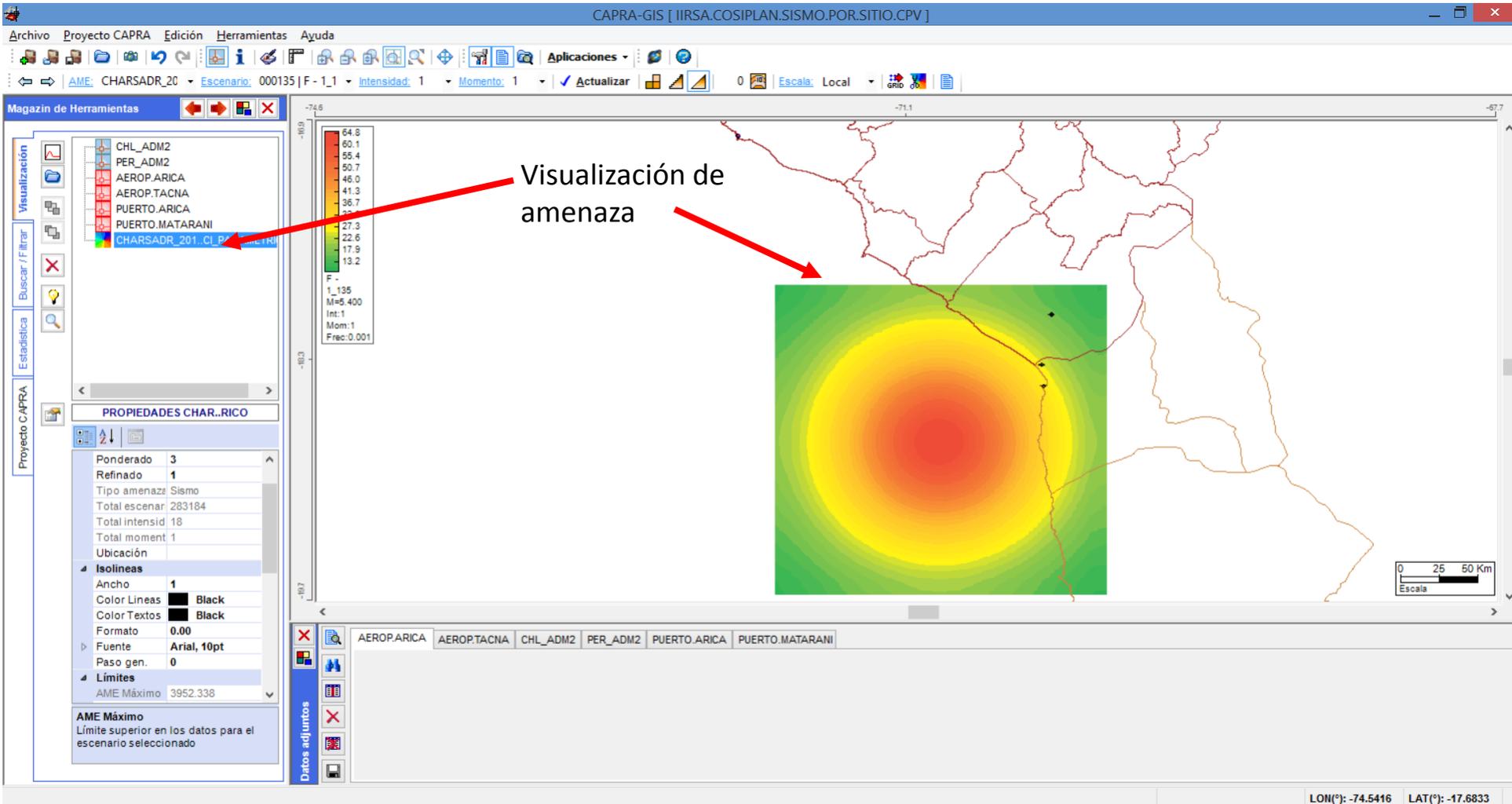


Peligro de tsunami en el puerto de Matarani para un evento que ocasionaría alturas de inundación hasta la cota de elevación de 10 m en el puerto.

# Plataforma CAPRA para Análisis Probabilista de Riesgo



# Visualización de amenaza



# Escenarios probabilistas

CAPRA-GIS [ IIRSA.COSIPLAN.SISMO.POR.SITIO.CPV ]

Archivo Proyecto CAPRA Edición Herramientas Ayuda

Magazin de Herramientas

Visualización

Buscar / Filtrar

Estadística

Proyecto CAPRA

PROPIEDADES CHL\_ADM2

FieldNamVIS VISHA314

Visualización

Ancho 1

Color de bord Peru

Color de fond 255, 255, 255

Color Textos Transparent

Degradación 0

Escala Global 1

Fuente Arial, 10pt

Opacidad 1

Ubicación

Ver Escala No

Ver Paleta No

Visible Si

Visualización datos

Adicionales No

Color de fondo

Color de fondo

Datos adjuntos

038291 | F - 7\_2291 M=7.143  
 038292 | F - 7\_2292 M=7.143  
 038293 | F - 7\_2293 M=7.143  
 038294 | F - 7\_2294 M=7.143  
 038295 | F - 7\_2295 M=7.143  
 038296 | F - 7\_2296 M=7.143  
 038297 | F - 7\_2297 M=7.143  
 038298 | F - 7\_2298 M=7.143  
 038299 | F - 7\_2299 M=7.143  
 038300 | F - 7\_2300 M=7.143  
 038301 | F - 7\_2301 M=7.143  
 038302 | F - 7\_2302 M=7.143  
 038303 | F - 7\_2303 M=7.143  
 038304 | F - 7\_2304 M=7.143  
 038305 | F - 7\_2305 M=5.096  
 038306 | F - 7\_2306 M=5.096  
 038307 | F - 7\_2307 M=5.096  
 038308 | F - 7\_2308 M=5.096  
 038309 | F - 7\_2309 M=5.096  
 038310 | F - 7\_2310 M=5.096  
 038311 | F - 7\_2311 M=5.096  
 038312 | F - 7\_2312 M=5.096  
 038313 | F - 7\_2313 M=5.096  
 038314 | F - 7\_2314 M=5.096  
 038315 | F - 7\_2315 M=5.096  
 038316 | F - 7\_2316 M=5.096  
 038317 | F - 7\_2317 M=5.096  
 038318 | F - 7\_2318 M=5.096  
 038319 | F - 7\_2319 M=5.096  
 038320 | F - 7\_2320 M=5.096

Sismos probabilistas

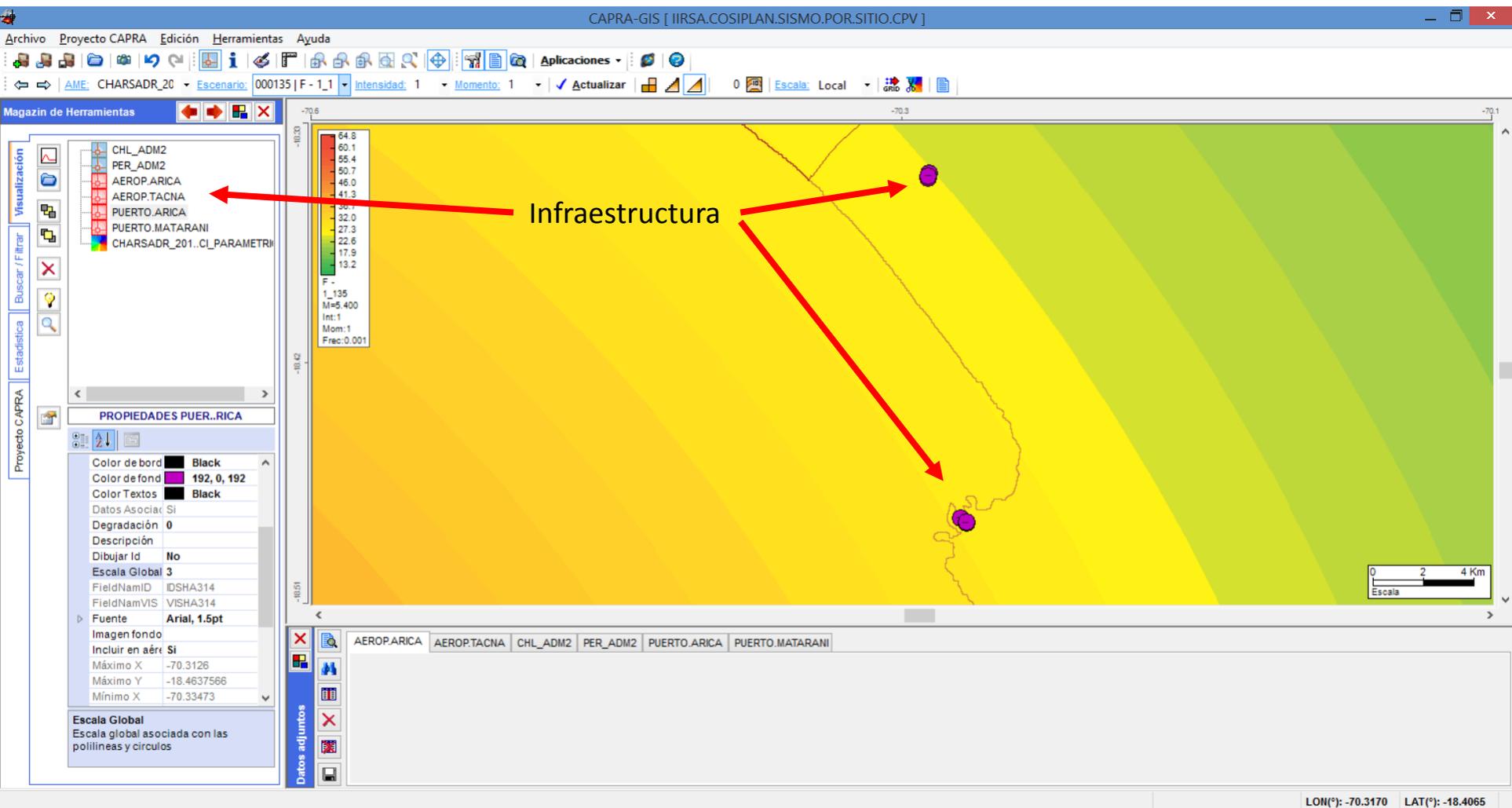
0 25 50 Km  
Escala

AEROPARICA AEROPTACNA CHL\_ADM2 PER\_ADM2 PUERTO\_ARICA PUERTO\_MATARANI

Proyecto guardado en disco satisfactoriamente

LON(°): -69.0689 LAT(°): -18.0229

# Infraestructura



# Vulnerabilidad

CAPRA-GIS [ IIRSA.COSIPLAN.SISMO.POR.SITIO.CPV ]

Archivo Proyecto CAPRA Edición Herramientas Ayuda

Magazin de Herramientas

Proyectos disponibles

- ken
  - EJ-CAPRA-KENYA.CPV
- mex
  - EJ-01-TSUNAMI.CPV
  - EJ-02-SISMO Y TSUNAI
  - EQ-EXAMPLE-01.CPV
  - IIRSA.COSIPLAN.SISMO**
  - COR: 00:00:31
  - CRE: 26/04/16 06:2:
  - EDI: 15/05/16 07:0:
  - USU: CAF
  - IIRSA.COSIPLAN.SISMO

Parámetros de cálculo

- Configuración
  - Probabilístico
  - Por escenario
  - Esc:
- Amenazas disponibles
  - CHARSADR\_2014(130620)
  - Vul: Vul-Sismo-IIRSA
- Exposición disponible
  - AEROP.ARICA [4]
  - AEROP.TACNA [4]
  - PUERTO.ARICA [3]
  - PUERTO.MATARANI [4]
- Efectos de sitio
- Shape áreas cálculo
- Archivos de procesamiento
  - puerto.matarani\_riesgo.dbf
  - Archivo informe de proces

Visualización curvas de vulnerabilidad

Vista previa curva

Física  Humana

S\_PER\_ME\_GRM\_A\_00\_0000\_N\_00\_000.Fvu

ID	INT	Nombre	Tipo	MedFis
S...	0	S_CHI_OF_MU...	Estru...	443.297
S...	0	S_PER_ME_G...	Estru...	176.898
S...	0	S_CHI_AE_TP...	Estru...	536.413
S...	0	S_PER_PII M	Estru...	AAA ????

Información adicional

Tipo Amenaza: Estructura de acero, que podría

Creador: UCA-IINGEN

Fecha: 01/06/2016 12:00

Buscar Cancelar

Vulnerabilidad

AEROP.ARICA AEROP.TACNA CHL\_ADM2 PER\_ADM2 PUERTO.ARICA PUERTO.MATARANI

Datos adjuntos

# Análisis de Probabilista de Riesgo

CAPRA-GIS [ IIRSA.COSIPLAN.SISMO.POR.SITIO.CPV ]

Archivo Proyecto CAPRA Edición Herramientas Ayuda

Magazin de Herramientas

Proyectos disponibles

- ken
  - EJ-CAPRA-KENYA.CPV
- mex
  - EJ-01-TSUNAMI.CPV
  - EJ-02-SISMO Y TSUNAMI
  - EQ-EXAMPLE-01.CPV
  - IIRSA.COSIPLAN.SISMO**
  - COR: 00:00:31
  - CRE: 26/04/16 06:2:
  - EDI: 15/05/16 07:0:
  - USU: CAF
  - IIRSA.COSIPLAN.SISMO

Parametros de cálculo

- Configuración
  - Probabilístico
  - Por escenario
  - Esc:
- Amenazas disponibles
  - CHASACADR\_2014(130620)
  - Vul: Vol: Sismo-IIRSA.C
- Exposición disponible
  - AEROP.ARICA [4]
  - AEROP.TACNA [4]
  - PUERTO.ARICA [3]
  - PUERTO.MATARANI [4]
- Efectos de sitio
- Shape áreas cálculo
- Archivos de procesamiento

Asistente de cálculo de riesgo y post-procesamiento de proyecto

**CAPRA**

\*\*\*\*\*PARAMETROS DE CÁLCULO\*\*\*\*\*

\* TIPO DE ANALISIS:  
PROBABILISTICO - TEMPORALIDADES (1)

\* EXPOSICIÓN PARA CÁLCULO:

Reiniciar Proceso actual:

Calcular Avance Total:

Pausar Fecha de inicio:

Detener Tiempo transcurido:

Anterior Siguiente Cerrar X

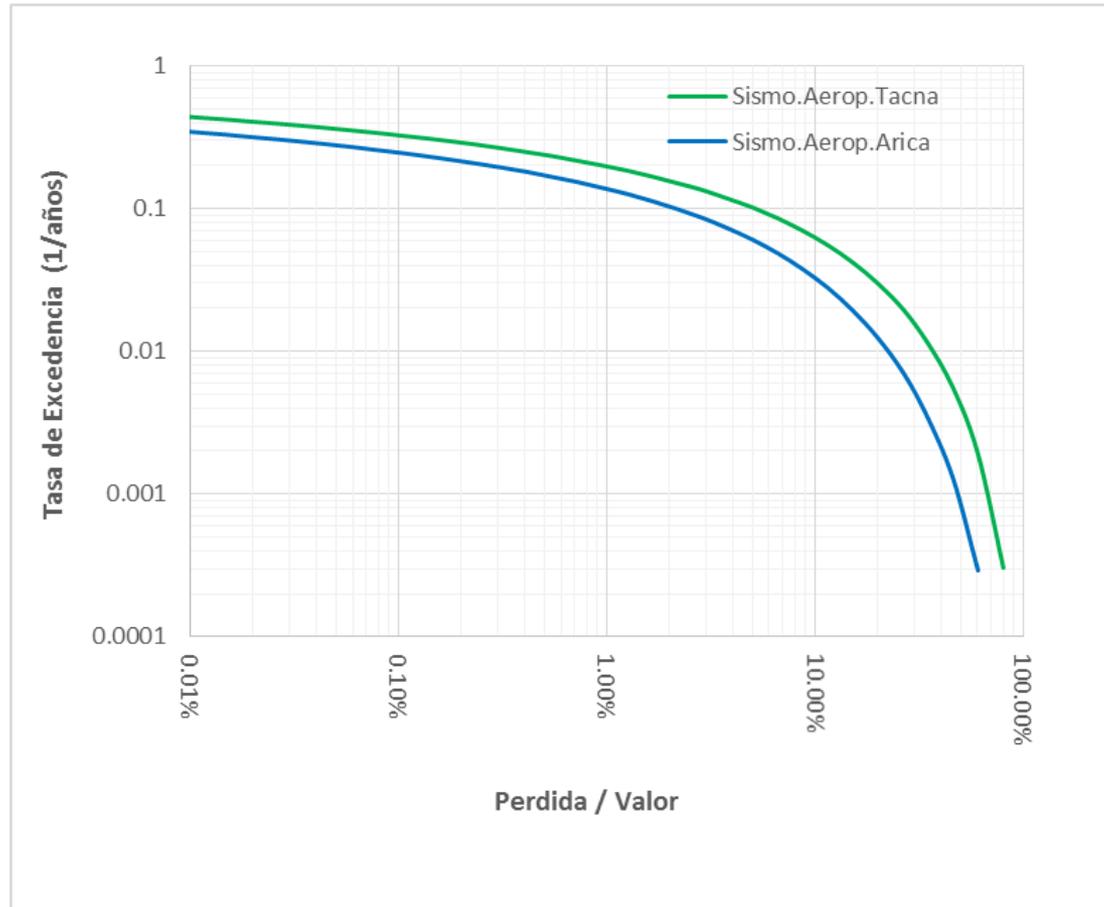
Análisis Probabilista de Riesgo

AEROP.ARICA AEROP.TACNA CHL\_ADM2 PER\_ADM2 PUERTO.ARICA PUERTO.MATARANI

0 2 4 Km  
Escala

# Resultados del Análisis de Riesgo

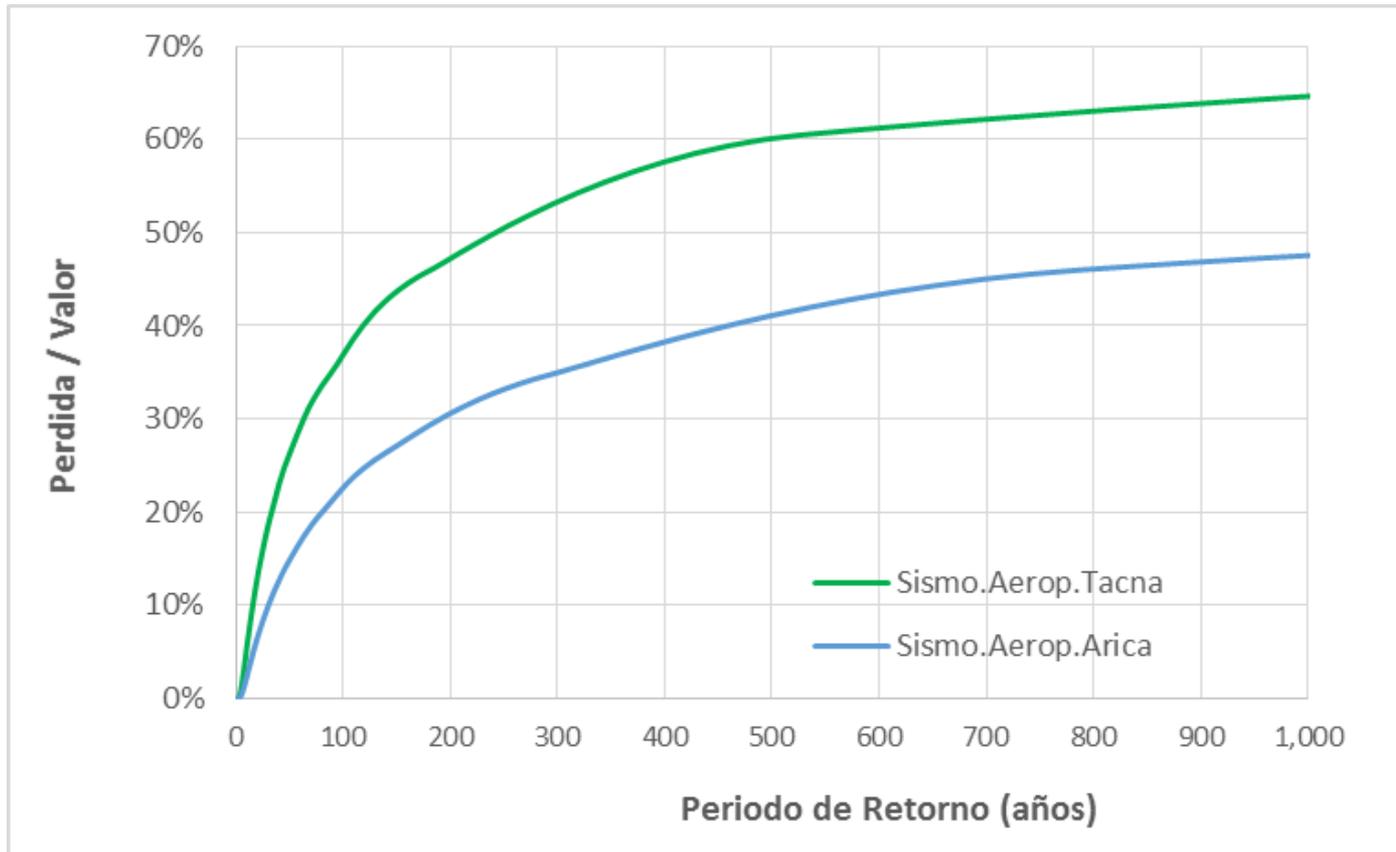
## Tasa de Excedencia de Pérdida por Sismo



Sitio	Componentes analizados
Aeropuerto Arica	Terminal de Pasajeros, Edificio S.E.I. (oficinas y techumbre), Sala eléctrica.
Aeropuerto Tacna	Terminal de Pasajeros (estructura y techumbre), Edificio S.E.I. (oficinas y techumbre).

# Resultados del Análisis de Riesgo

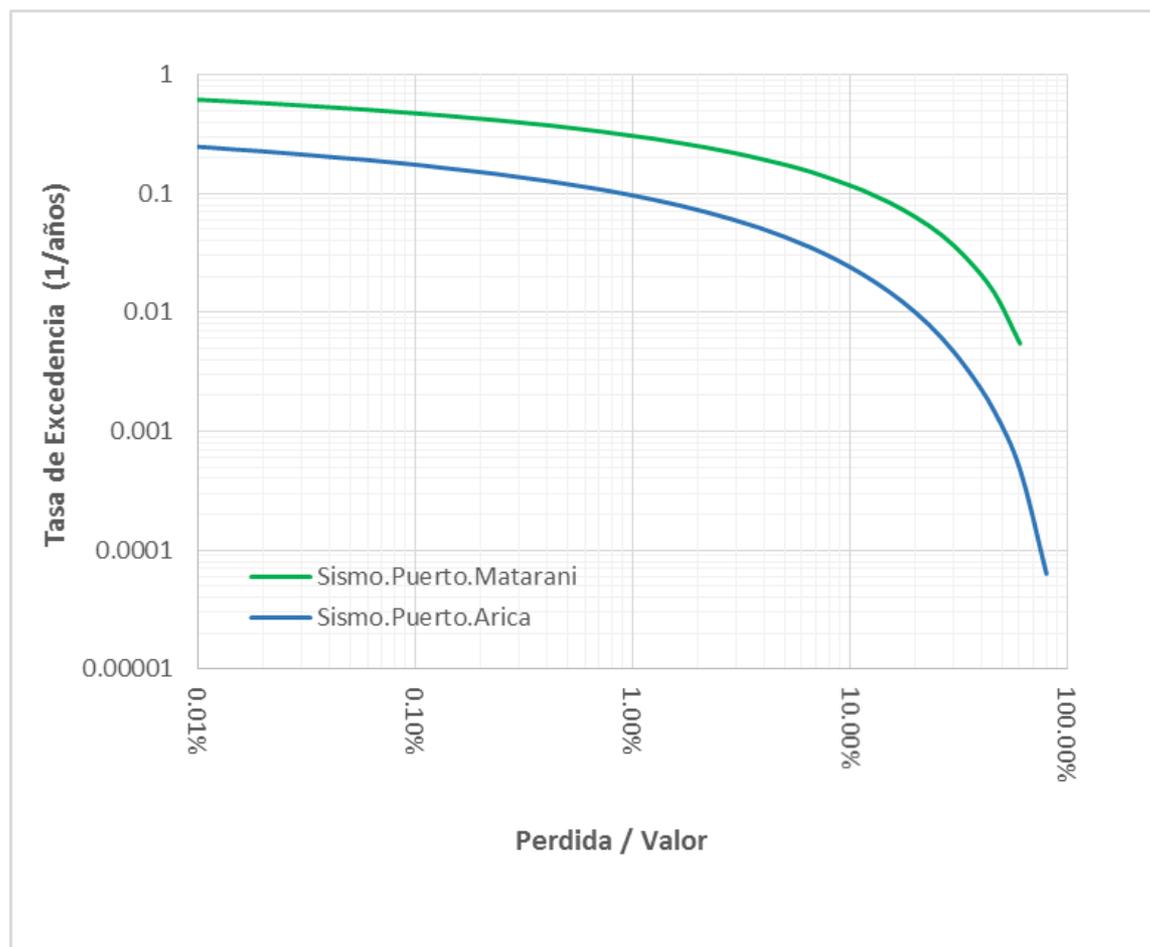
PML  
Sismo



Sitio	Componentes analizados
Aeropuerto Arica	Terminal de Pasajeros, Edificio S.E.I. (oficinas y techumbre), Sala eléctrica.
Aeropuerto Tacna	Terminal de Pasajeros (estructura y techumbre), Edificio S.E.I. (oficinas y techumbre).

# Resultados del Análisis de Riesgo

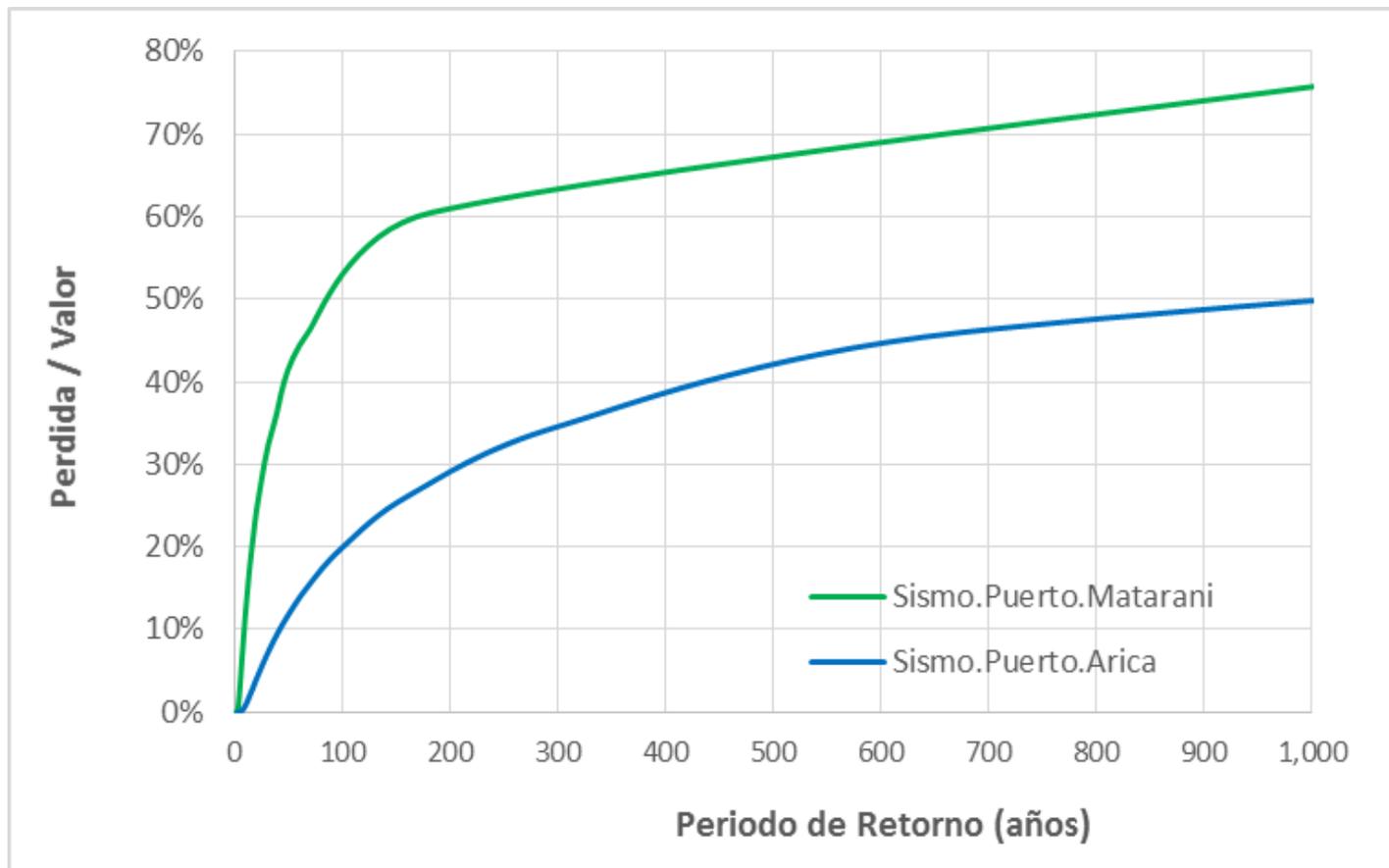
## Tasa de Excedencia de Pérdida por Sismo



Sitio	Componentes analizados
Puerto Arica	Edificio Administrativo, Sala Eléctrica, Muelle Sitio 2.
Puerto Matarani	Edificio Administrativo, Almacenes Recepción de Minerales, Muelle, Ship Loader.

# Resultados del Análisis de Riesgo

PML  
Sismo



Sitio	Componentes analizados
Puerto Arica	Edificio Administrativo, Sala Eléctrica, Muelle Sitio 2.
Puerto Matarani	Edificio Administrativo, Almacenes Recepción de Minerales, Muelle, Ship Loader.

# Resultados del Análisis de Riesgo

## Sismo

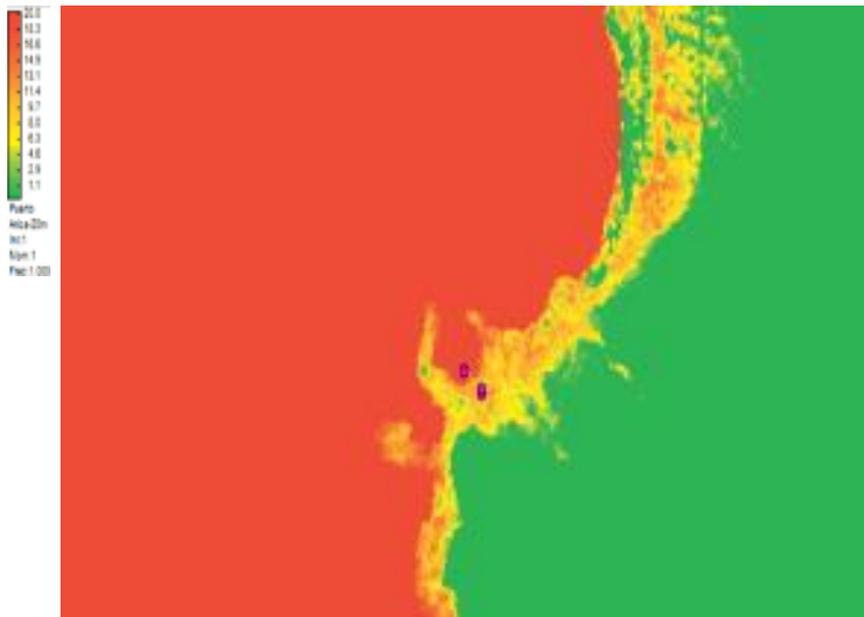
Sitio	Pérdida Anual Esperada (PAE)
Aeropuerto Arica	1.11%
Aeropuerto Tacna	2.08%
Puerto Arica	0.83%
Puerto Matarani	3.92%

Sitio	Componentes analizados
Aeropuerto Arica	Terminal de Pasajeros, Edificio S.E.I. (oficinas y techumbre), Sala eléctrica.
Puerto Arica	Edificio Administrativo, Sala Eléctrica, Muelle Sitio 2.
Aeropuerto Tacna	Terminal de Pasajeros (estructura y techumbre), Edificio S.E.I. (oficinas y techumbre).
Puerto Matarani	Edificio Administrativo, Almacenes Recepción de Minerales, Muelle, Ship Loader.

# Resultados del Análisis de Riesgo

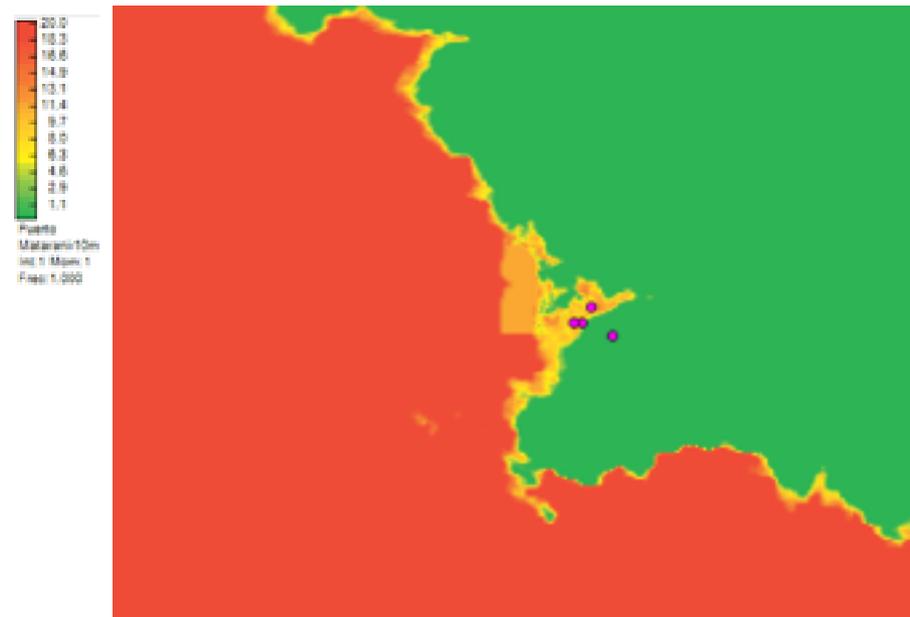
## Tsunami

Puerto de Arica



Ante un evento que ocasiona una variación máxima del nivel del mar de 20m, similar al evento del 13/08/1868, se esperaría una pérdida del **57%** del **valor de la infraestructura evaluada.**

Puerto de Matarani



Ante un evento que inunda hasta la cota de elevación de 10m sobre el nivel del mar, tal como lo documenta la Dirección de Hidrografía y Navegación del Departamento de Oceanografía de Perú , se esperaría una pérdida del **46%** del **valor de la infraestructura evaluada.**

# Beneficio de la Mitigación

## Sismo

Sitio	Pérdida Anual Esperada (PAE)		% Ahorro en PAE respecto a Estado Actual
	Estado actual	Estado mitigado	
Aeropuerto Arica	1.11%	0.085%	92%
Puerto Arica	0.83%	0.153%	82%
Aeropuerto Tacna	2.08%	0.080%	96%
Puerto Matarani	3.92%	0.52%	87%

Sitio	Componentes analizados
Aeropuerto Arica	Terminal de Pasajeros, Edificio S.E.I. (oficinas y techumbre), Sala eléctrica.
Puerto Arica	Edificio Administrativo, Sala Eléctrica, Muelle Sitio 2.
Aeropuerto Tacna	Terminal de Pasajeros (estructura y techumbre), Edificio S.E.I. (oficinas y techumbre).
Puerto Matarani	Edificio Administrativo, Almacenes Recepción de Minerales, Muelle, Ship Loader.

# Estimación de Costos Medidas de Mitigación Vulnerabilidad Sísmica Aeropuerto de Arica

Aeropuerto Arica				
Estructura / Componente	Unidad	Cant.	Costo Unitario (USD)	Costo total (USD)
Edificio Terminal de pasajeros	m <sup>2</sup>	5181	TBD	TBD
Edificio Captación agua Potable	m <sup>2</sup>	191	TBD	TBD
Edificio Subestación eléctrica Terminal	m <sup>2</sup>	259	TBD	TBD
<b>Total Mitigación Vulnerabilidad Estructural</b>			<b>TBD</b>	<b>TBD</b>
Cielos rasos	m <sup>2</sup>	900	19	17,100
Tabiquería liviana (metros lineales)	m	455	119	54,145
Gabinetes y mobiliario	ea	26	750	19,500
Equipos eléctricos y mecánicos	ea	176	230	40,480
Sistemas HVAC (estimado)	m	274	50	13,680
Sistemas incendio (estimado)	m	274	50	13,680
Sistemas de agua (estimado)	m	274	50	13,680
Estructura Edificios S.E.I. (superficie Total)	m <sup>2</sup>	312	102	31,824
Mobiliario Edificios S.E.I.	ea	12	750	9,000
<b>Total Mitigación Vulnerabilidad No Estructural</b>				<b>213,089</b>
Gastos generales, utilidades e imprevistos	(100%)			<b>213,089</b>
			<b>Total</b>	<b>426,178</b>

Valores referenciales, preliminares y aproximados

# Estimación de Costos Medidas de Mitigación Vulnerabilidad Sísmica Aeropuerto de Tacna

Aeropuerto Tacna				
Estructura / Componente	Unidad	Cant.	Costo Unitario (USD)	Costo total (USD)
Terminal de pasajeros	m <sup>2</sup>	4,320	TBD	TBD
<b>Total Mitigación Vulnerabilidad Estructural</b>			<b>TBD</b>	<b>TBD</b>
Cielos rasos	m <sup>2</sup>	2,160	19	41,040
Tabiquería liviana	m	190	119	22,610
Tabiquería pesada	m	236	199	46,964
Gabinetes y mobiliario	ea	22	750	16,500
Equipos eléctricos y mecánicos	ea	128	230	29,440
Sistemas HVAC (estimado)	m	350	50	17,500
Sistemas incendio (estimado)	m	350	50	17,500
Sistemas de agua (estimado)	m	350	50	17,500
Estructura Edificios S.E.I. (superficie Total)	m <sup>2</sup>	600	102	61,200
Mobiliario Edificios S.E.I.	ea	14	750	10,500
<b>Total Mitigación Vulnerabilidad No Estructural</b>				<b>280,754</b>
Gastos generales, utilidades e imprevistos	(100%)			<b>280,754</b>
			<b>Total</b>	<b>561,508</b>

Valores referenciales, preliminares y aproximados

# Estimación de Costos Medidas de Mitigación

## Vulnerabilidad Sísmica Puerto de Arica

Puerto Arica				
Estructura / Componente	Unidad	Cant.	Costo Unitario (USD)	Costo total (USD)
Oficinas administrativas	m <sup>2</sup>	1,160	TBD	TBD
<b>Total Mitigación Vulnerabilidad Estructural</b>			<b>TBD</b>	<b>TBD</b>
Cielos rasos	m <sup>2</sup>	1,160	19	22,039
Tabiquería liviana	m	341	119	40,627
Tabiquería pesada	m	114	199	22,686
Gabinetes y mobiliario	ea	48	750	36,000
Equipos eléctricos y mecánicos	ea	304	230	69,920
Sistemas HVAC y otros sistemas distribuidos	m	480	50	24,000
Sistemas incendio (estimado)	m	480	50	24,000
Sistemas de agua (estimado)	m	480	50	24,000
Datacenter (contenidos)	m <sup>2</sup>	60	107	6,420
Vulnerabilidad ante Tsunami	ea	2	500,000	1,000,000
<b>Total Mitigación Vulnerabilidad No Estructural</b>				<b>1,269,691</b>
Gastos generales, utilidades e imprevistos	(100%)			<b>1,269,691</b>
			<b>Total</b>	<b>2,539,383</b>

Valores referenciales, preliminares y aproximados

# Estimación de Costos de Medidas de Mitigación

## Vulnerabilidad Sísmica Puerto de Matarani

Puerto Matarani				
Estructura / Componente	Unidad	Cant.	Costo Unitario (USD)	Costo total (USD)
Almacenes	m <sup>2</sup>	23,211	TBD	TBD
Edificio Administrativo	m <sup>2</sup>	2,765	TBD	TBD
Subestaciones	m <sup>2</sup>	276	TBD	TBD
Sistema de Mineral	m <sup>2</sup>	14,672	TBD	TBD
<b>Total Mitigación Vulnerabilidad Estructural</b>			<b>TBD</b>	<b>TBD</b>
Comedores	m <sup>2</sup>	285	TBD	TBD
Cielos rasos	m <sup>2</sup>	2,765	19	52,535
Tabiquería liviana	m	287	119	34,153
Tabiquería pesada	m	550	199	109,450
Gabinetes y mobiliario	ea	90	750	67,500
Equipos eléctricos y mecánicos	ea	200	230	46,000
Sistemas HVAC y otros sistemas distribuidos	m	1,640	50	82,000
Sistemas incendio (estimado)	m	1,640	50	82,000
Sistemas de agua (estimado)	m	1,640	50	82,000
Datacenter (contenidos)	m <sup>2</sup>	47	107	4,992
Losas de cielo	m <sup>2</sup>	2,765	300	829,500
Vulnerabilidad ante Tsunami	ea	2	500,000	1,000,000
<b>Total Mitigación Vulnerabilidad No Estructural</b>				<b>2,390,130</b>
Gastos generales, utilidades e imprevistos	(100%)			<b>2,390,130</b>
			<b>Total</b>	<b>4,780,259</b>

Valores referenciales, preliminares y aproximados

# Conclusiones

- Se ha seleccionado 4 infraestructuras de integración para la aplicación del estudio piloto de riesgo
- Las amenazas para todas las infraestructuras seleccionadas corresponden a sismo, y tsunami, para el caso de los puertos
- En todas las infraestructuras inspeccionadas se requieren intervenciones para mejorar el detallamiento y resistencia sísmica de componentes y sistemas no estructurales, incluyendo (cielos rasos, paredes, mobiliario y equipamiento eléctrico y mecánico, entre otros)
- Se observan estructuras vulnerables en los edificios administrativos de los puertos de Arica y Matarani y en el terminal de pasajeros del aeropuerto de Tacna
- Las estructura de los edificios S.E.I. de los aeropuertos de Tacna y Arica requieren intervenciones para mejorar su detallamiento y capacidad sísmica

# Conclusiones

- En las fajas del puerto de Matarani se observan cepas con diagonales pandeadas, que reducen su capacidad sísmica. Se observa que el ship loader no tendría capacidad sísmica
- En el puerto de Arica se requiere reparar los hormigones en los accesos al Sitio 2
- Se recomienda ejecutar estudios de ingeniería de detalles para definir los refuerzos estructurales y no estructurales requeridos para cada infraestructura
- Las Primas Puras de Riesgo de las estructuras analizadas se encuentran entre 0.83 y 3.92%, las que se pueden reducir en un 82 a 96% si se implementan medidas de mitigación



**Gracias !**





# Otras Láminas de Respaldo (en caso de ser necesarias)



# Conclusiones

## Reducción de vulnerabilidad:

Se ha definido una serie de medidas que se deben implementar para la reducción de las vulnerabilidades sísmicas detectadas, definidas como medidas de mitigación. Estas medidas contemplan una intervención en el detallamiento de los componentes estructurales y no estructurales como las siguientes:

- Incorporar anclajes y topes sísmicos para prevenir el deslizamiento y vuelco de equipos eléctricos y mecánicos.
- Incorporar exoestructuras para prevenir el vaciamiento de tabiquerías livianas y pesadas.
- Incorporar estanterías con diseño sismorresistente para prevenir la caída de contenidos.
- Incorporar arriostres, puntales y anclajes sísmicos en sistemas distribuidos y cielos rasos.

El estudio incorpora soluciones esquemáticas a nivel de ingeniería pre-básica, cuantificando estas soluciones en términos monetarios estimativos.

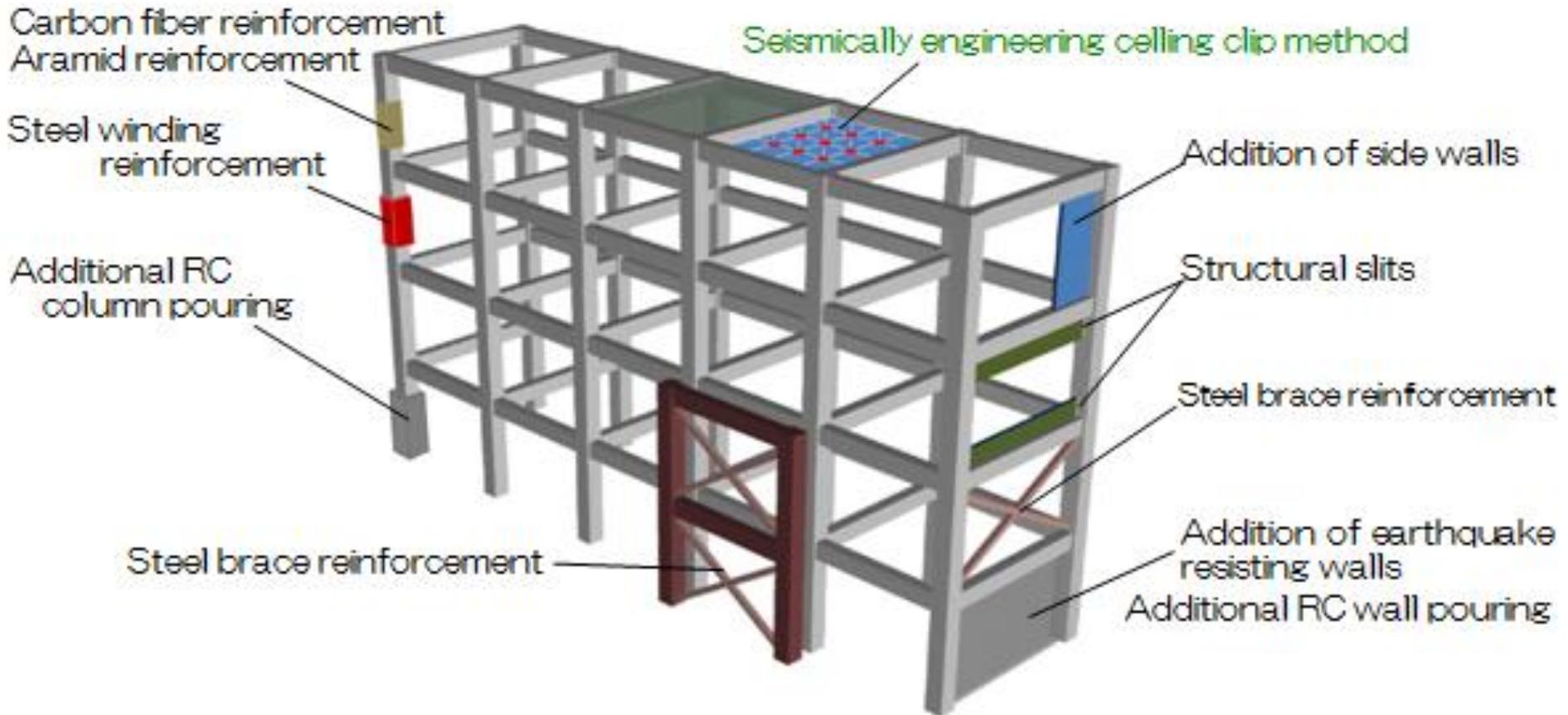
Las soluciones presentadas en este informe deben ser refrendadas mediante un estudio de ingeniería de detalles desarrollado por una empresa con experiencia demostrable en diseño y refuerzo estructural y no estructural.

# Conclusiones

## Lecciones aprendidas:

- Se requiere la definición por parte del Mandante de los flujos económicos correspondientes a las estructuras para las cuales se generará el estudio de riesgo sísmico con la finalidad de estimar las pérdidas debido a paradas funcionales de la infraestructura producto de las amenazas consideradas.
- De igual manera se requiere la definición por parte de los Mandantes de los objetivos de desempeño requeridos para la infraestructura, de los componentes estructurales y no estructurales.
- La entrega de la documentación requerida para un estudio de ingeniería de detalle, consistente principalmente de planos y memorias de cálculo de cada especialidad y la mecánica de suelos vigente.
- Las funciones de vulnerabilidad física consideradas en este estudio están basadas en la práctica internacional, y están orientadas a caracterizar el comportamiento de la infraestructura de acuerdo a sus características e información disponible como: año de construcción, sistema estructural resistente, altura de entepiso, reglamento de construcciones vigente, material de construcción, detallamiento sísmico, entre otros.

# PROPUESTAS DE REFUERZO





RBA



# Disipadores de Energía Viscosos



**Coronado Bridge Seismic**

**Equipment:** 3400 m long box girder bridge

**Qualification:** Customized test criteria on component level

**Solution:** (20) Enidine Viscous Damper 300 KIP X 18 inch stroke



**3-COM Building** Equipment: Construction / Building application

**Qualification:** Customized test criteria on component level

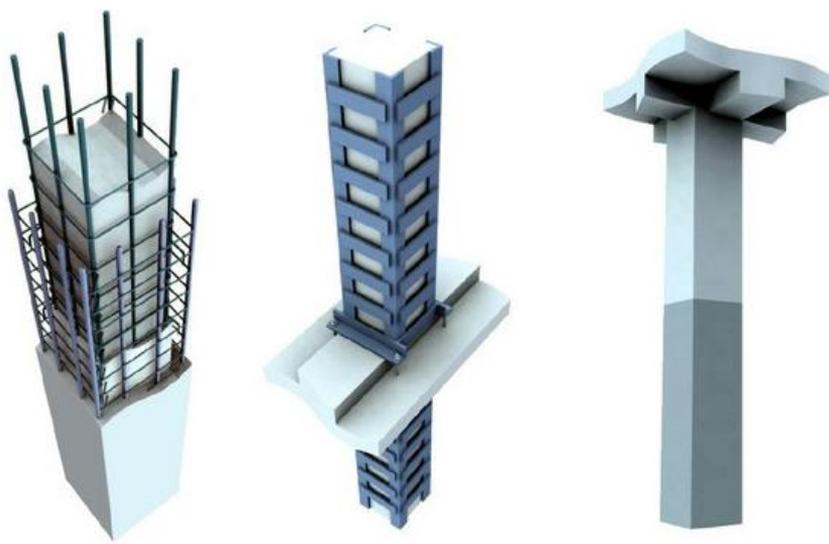
**Solution:** (63) Enidine Viscous Dampers 200 KIP X 4 inch stroke

# Diagonales de Pandeo Restringido (BRB's)



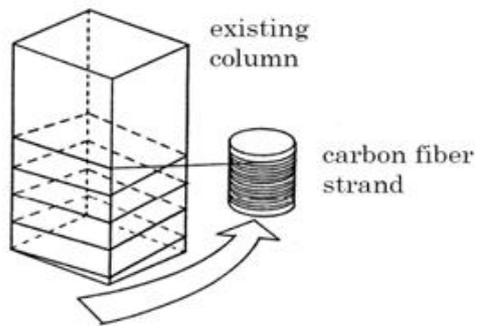
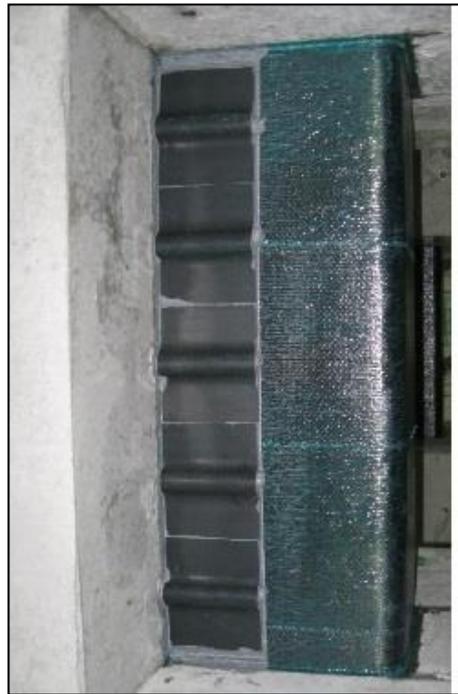
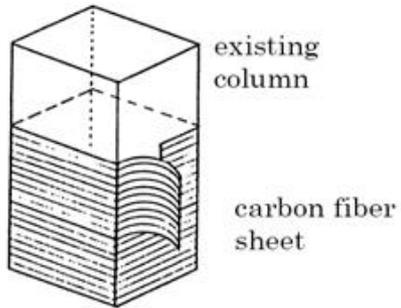
- El casing evita el pandeo de la diagonal, aumentando sustancialmente la capacidad de disipación de energía





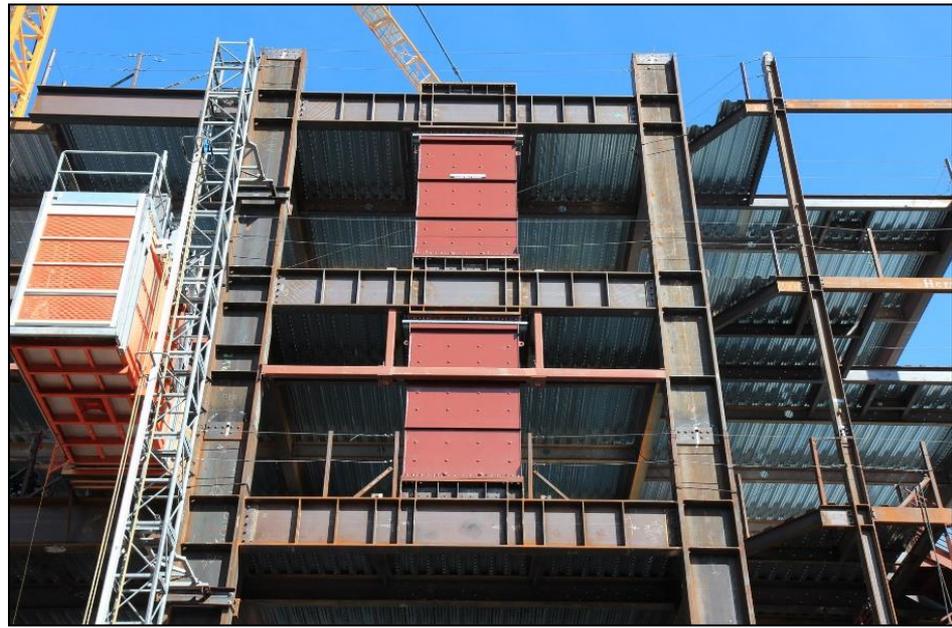
### Example:

- Existing infrastructure can be **reinforced** by wrapping steel frames around the pillars of buildings and bridges, or by placing steel rods in existing structures



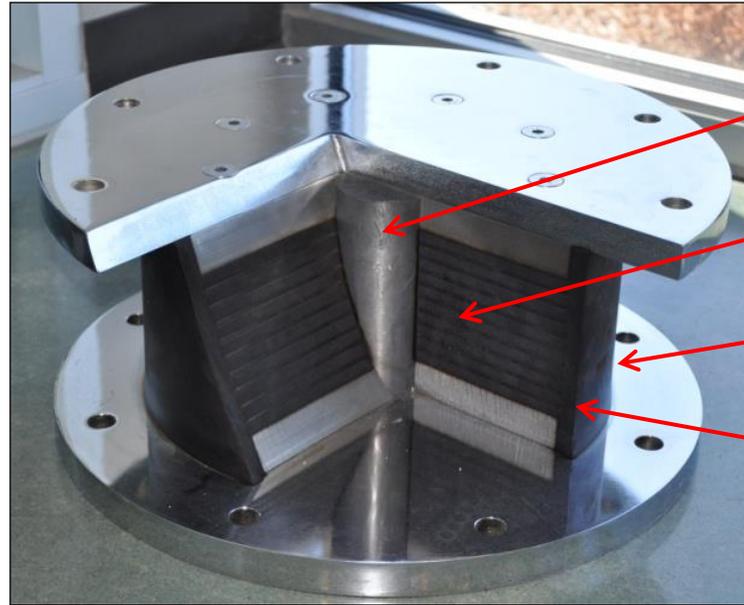
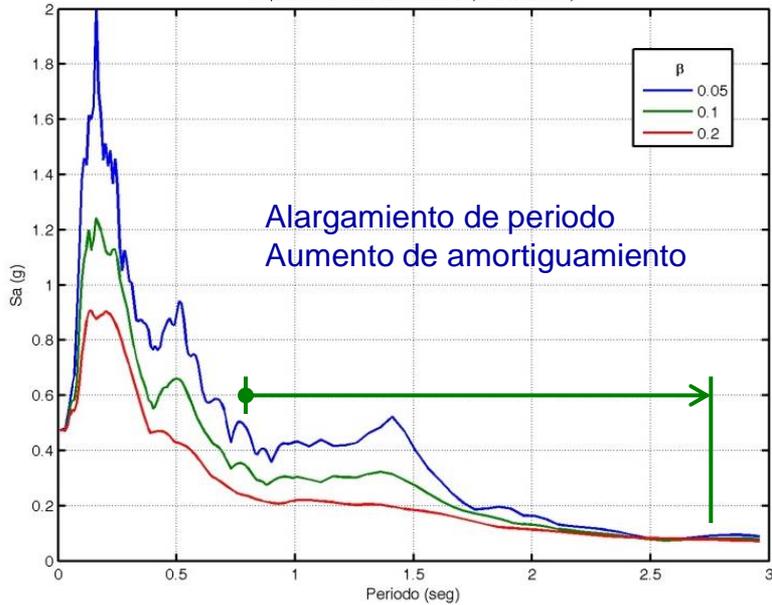
RBA





# ¿Cómo funciona?

Espectro de Aceleración Curico(R. Boroschek)



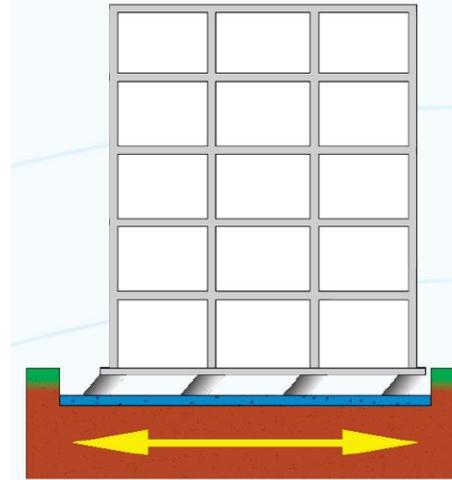
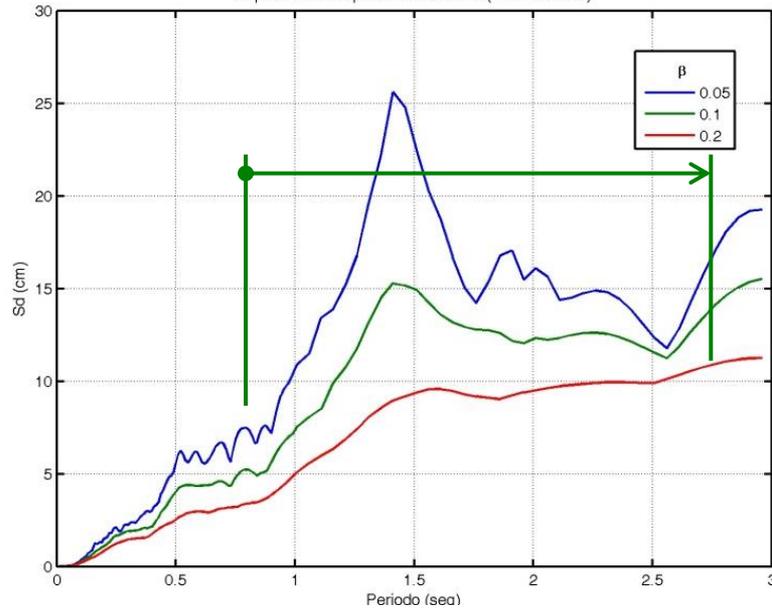
Núcleo de Plomo  
(Provee rigidez y  
amortiguamiento)

Capas de acero y  
goma vulcanizadas

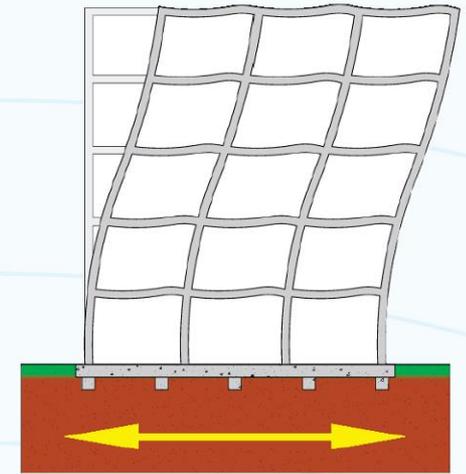
Placa de montaje

Cubierta de  
protección  
Ozono y UV

Espectro de Desplazamiento Curico(R. Boroschek)

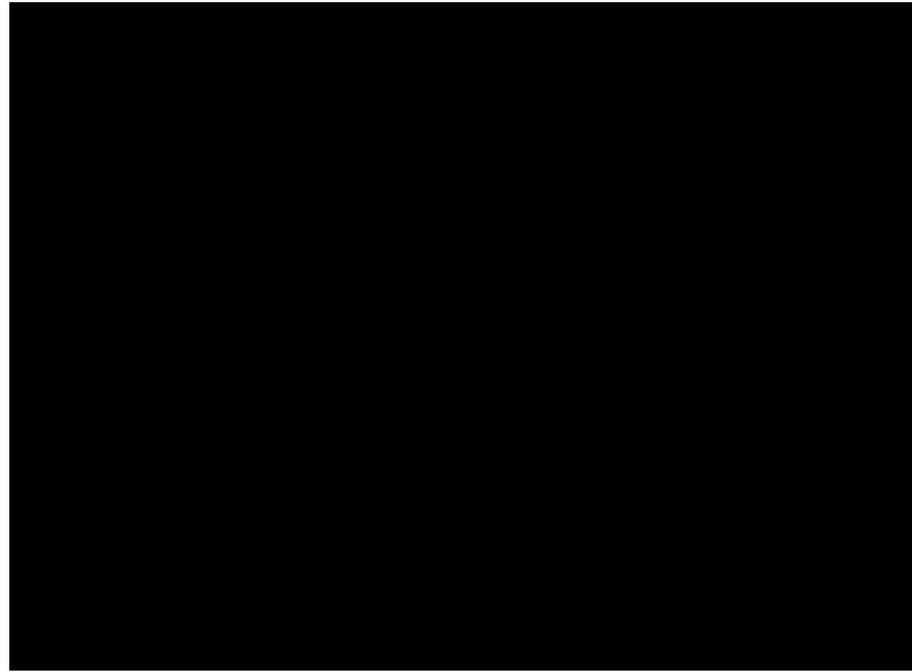
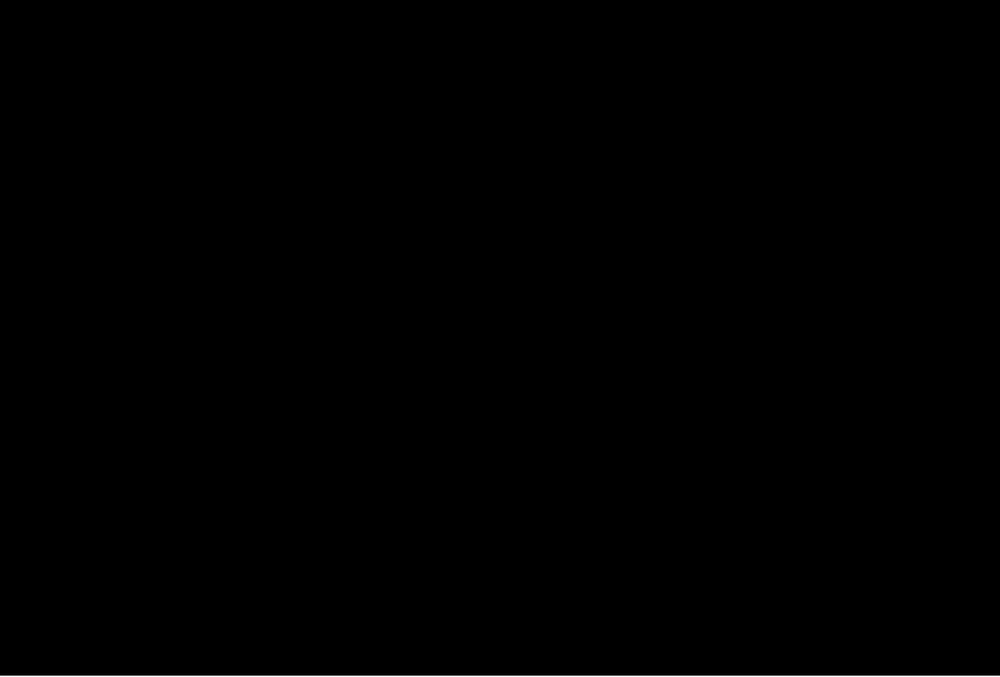


Estructura con Aislación  
Sísmica



Estructura sin Aislación  
Sísmica

# Aislación Sísmica: ¿Cómo funciona?



Videos disponibles en [www.dis-inc.com](http://www.dis-inc.com)

Ensayos efectuados en Universidad de California, San Diego



# Aislación Sísmica

- **EEUU: 80 edificios y 150 puentes aislados**
- **Japón: 1000 edificios y 50 puentes aislados**
- **Chile: ~10 edificios, puentes y 1 muelle aislados**



**San Francisco City Hall**



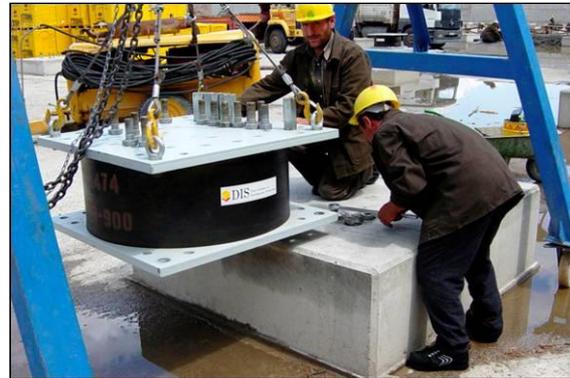
**Utah State Capitol Building**



**Patria Acueducto Mexico**



**Oakland City Hall California**



**Erzurum Hospital (Turquía)**

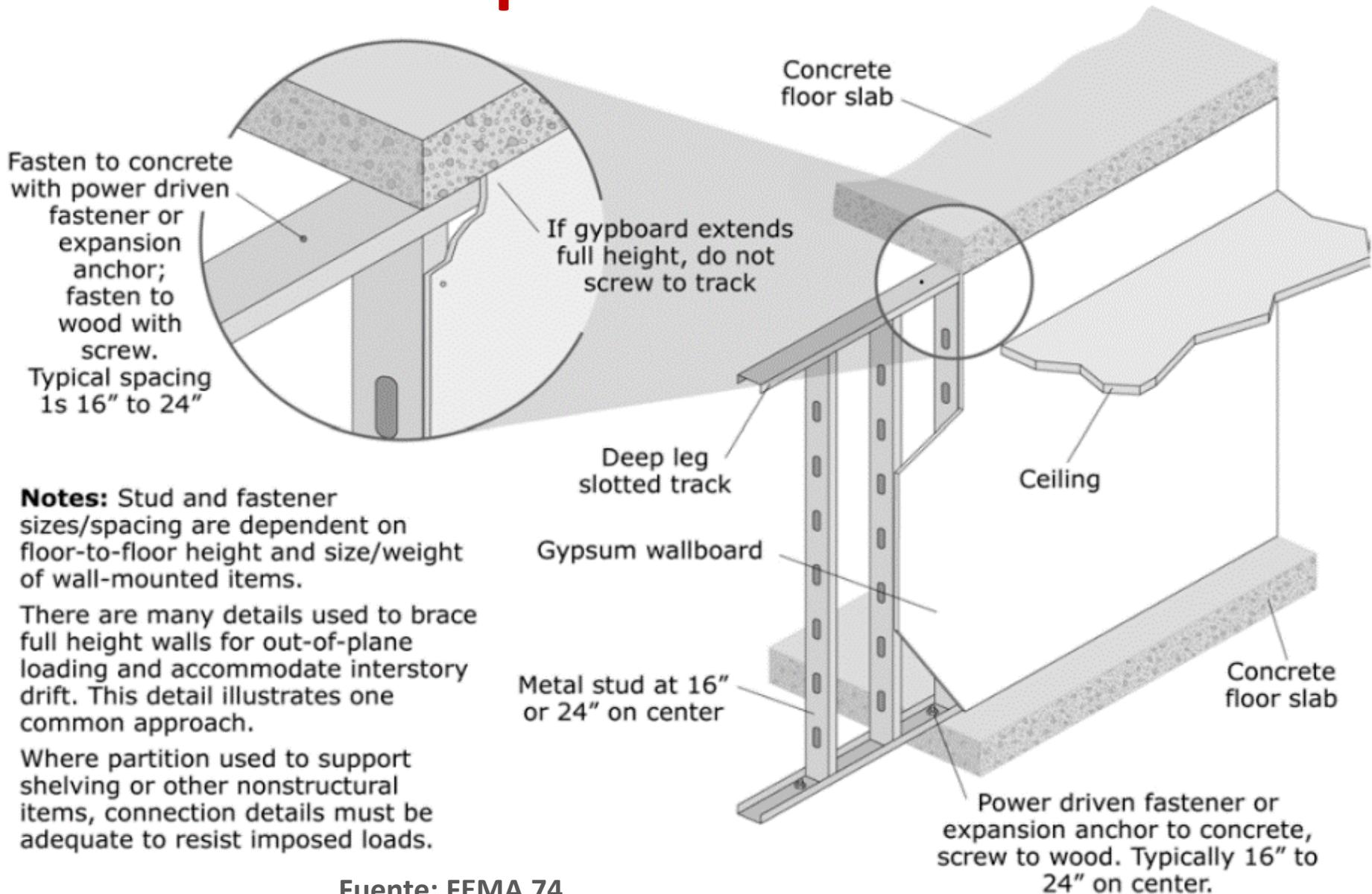


**Takasu Hospital (Japón)**

**DIS**



# Detalles: Tabiquerías



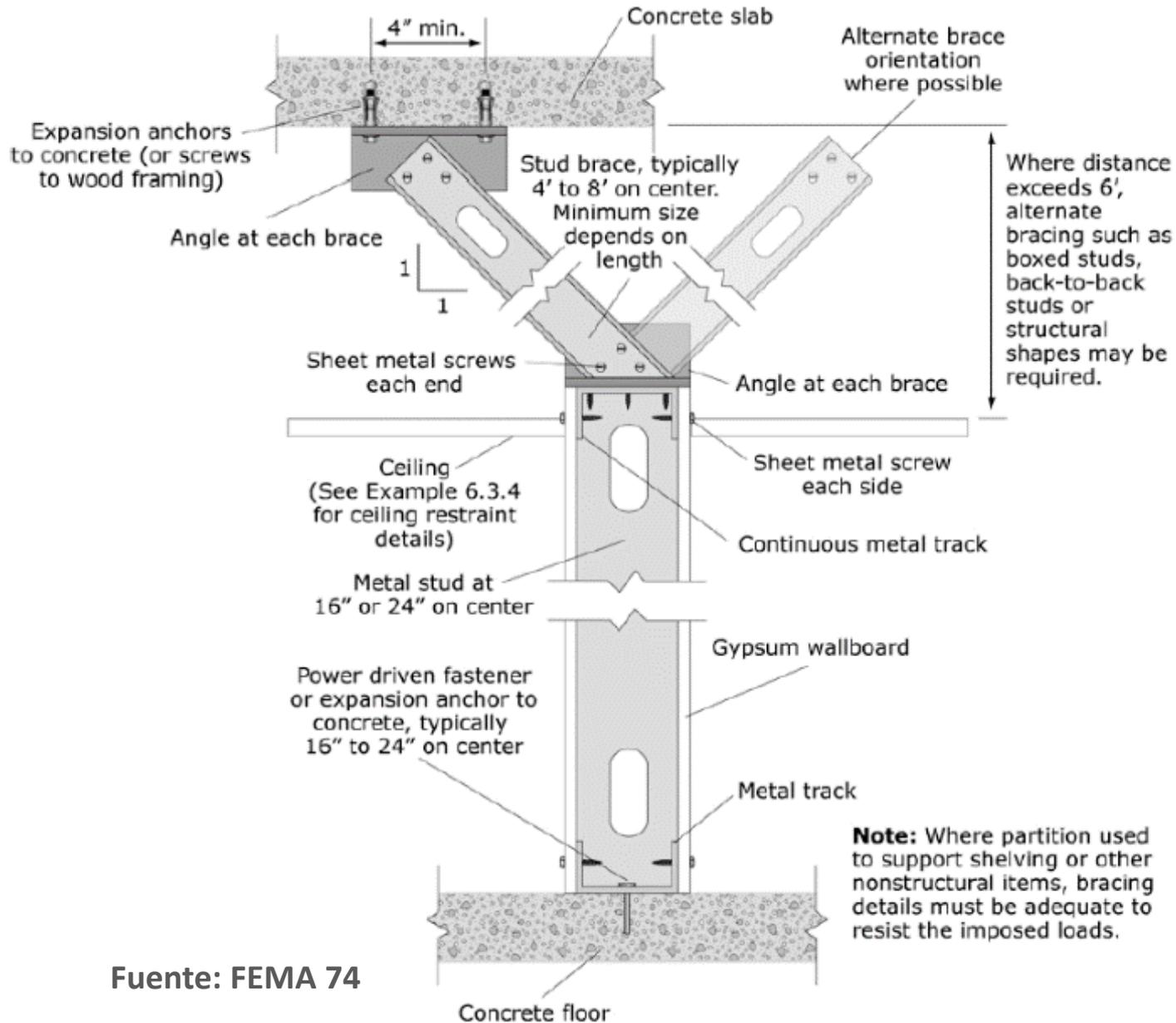
**Notes:** Stud and fastener sizes/spacing are dependent on floor-to-floor height and size/weight of wall-mounted items.

There are many details used to brace full height walls for out-of-plane loading and accommodate interstory drift. This detail illustrates one common approach.

Where partition used to support shelving or other nonstructural items, connection details must be adequate to resist imposed loads.

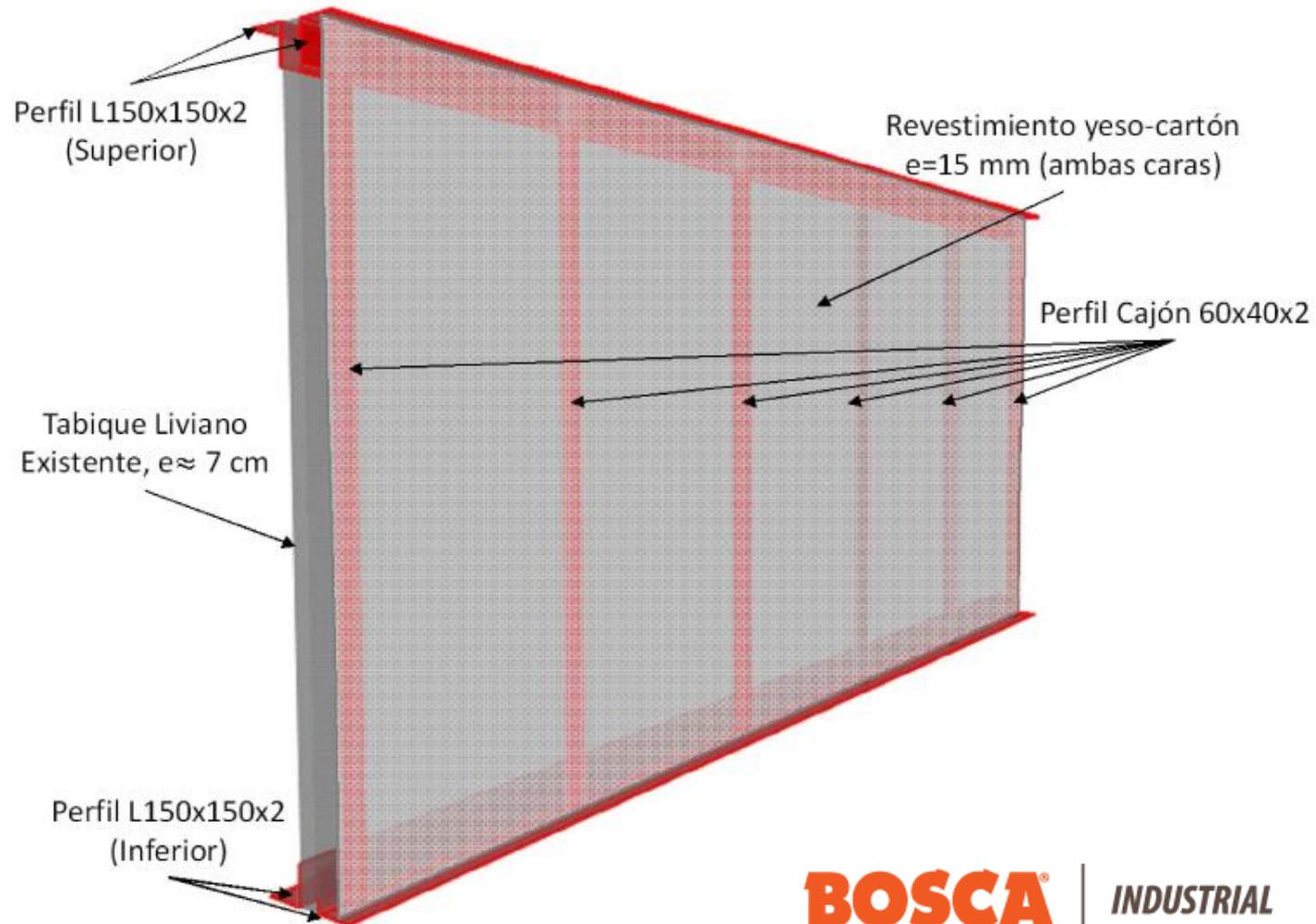
Fuente: FEMA 74

# Detalles: Tabique altura parcial

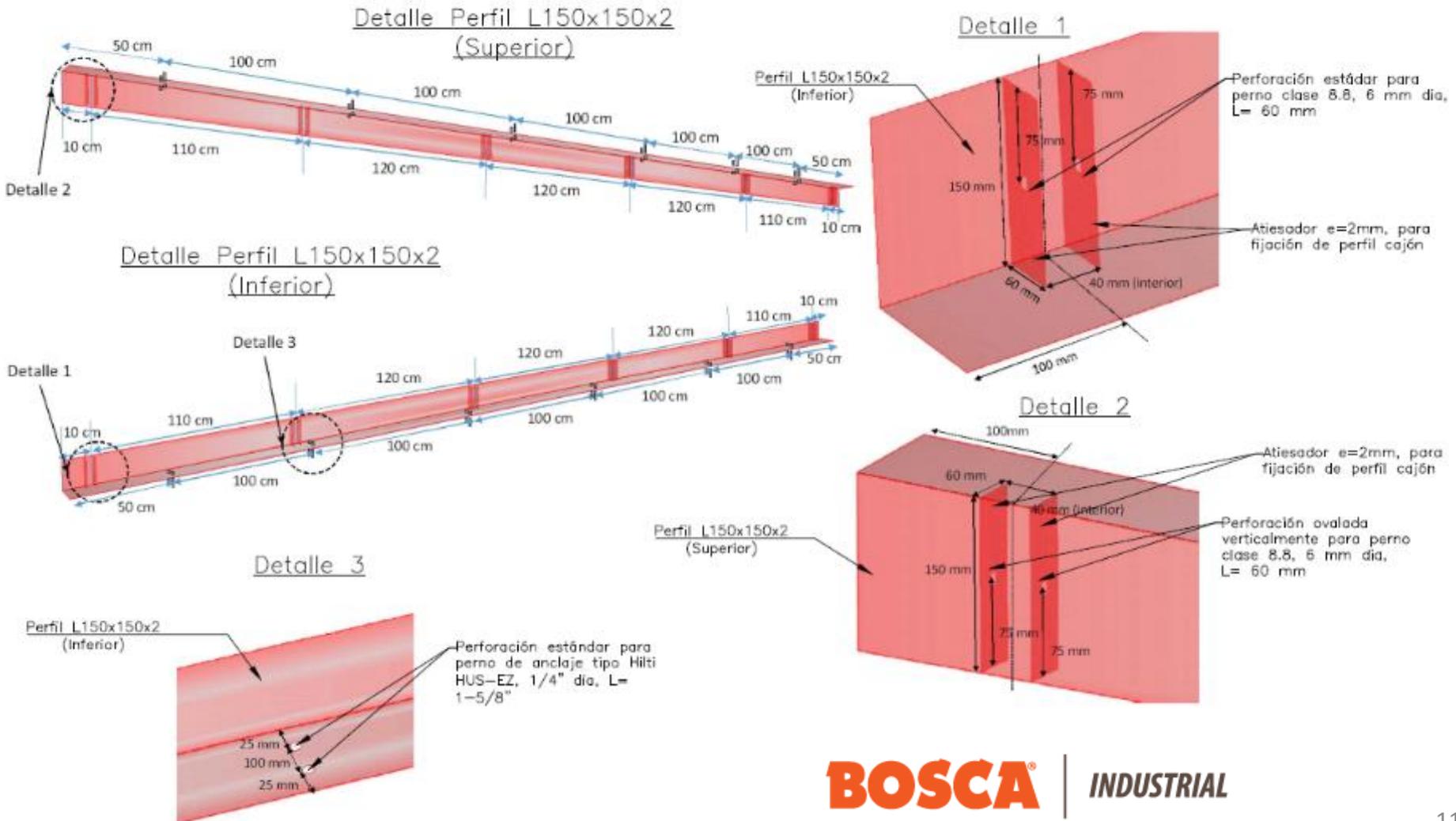


Fuente: FEMA 74

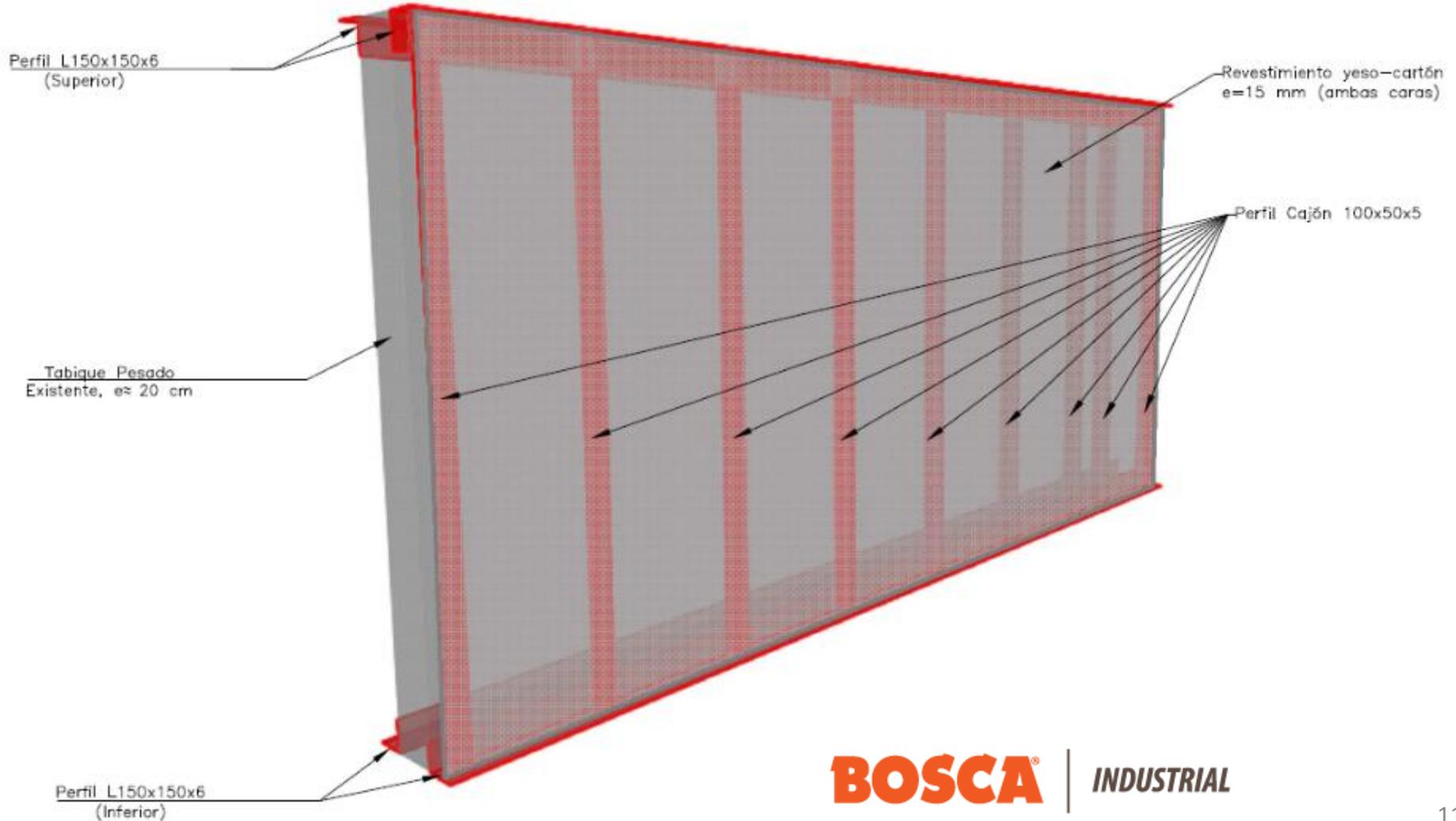
## Refuerzos para Tabiques Livianos



## Refuerzos para Tabiques Livianos

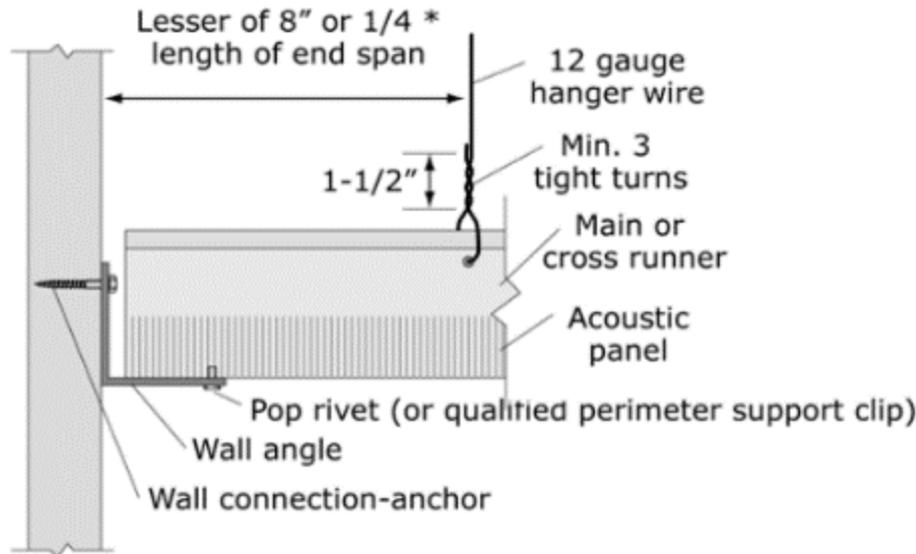


## Refuerzos para Tabiques Pesados

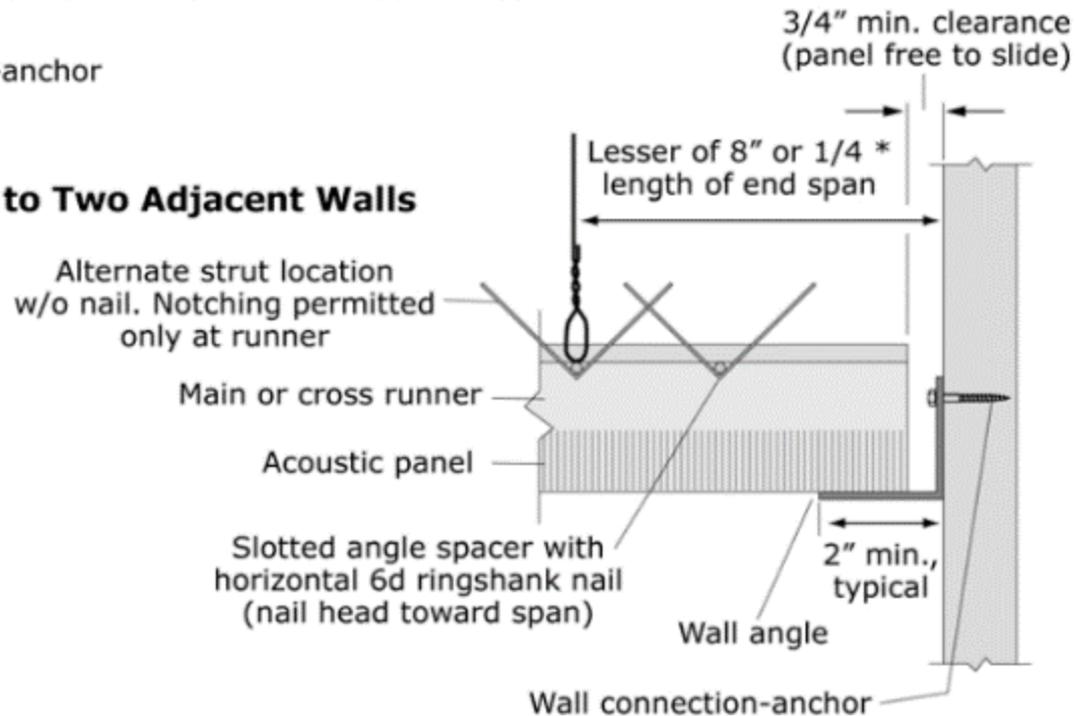




# Mitigación Vulnerabilidad Cielos Rasos



**(a) "Fixed" Connection to Two Adjacent Walls**

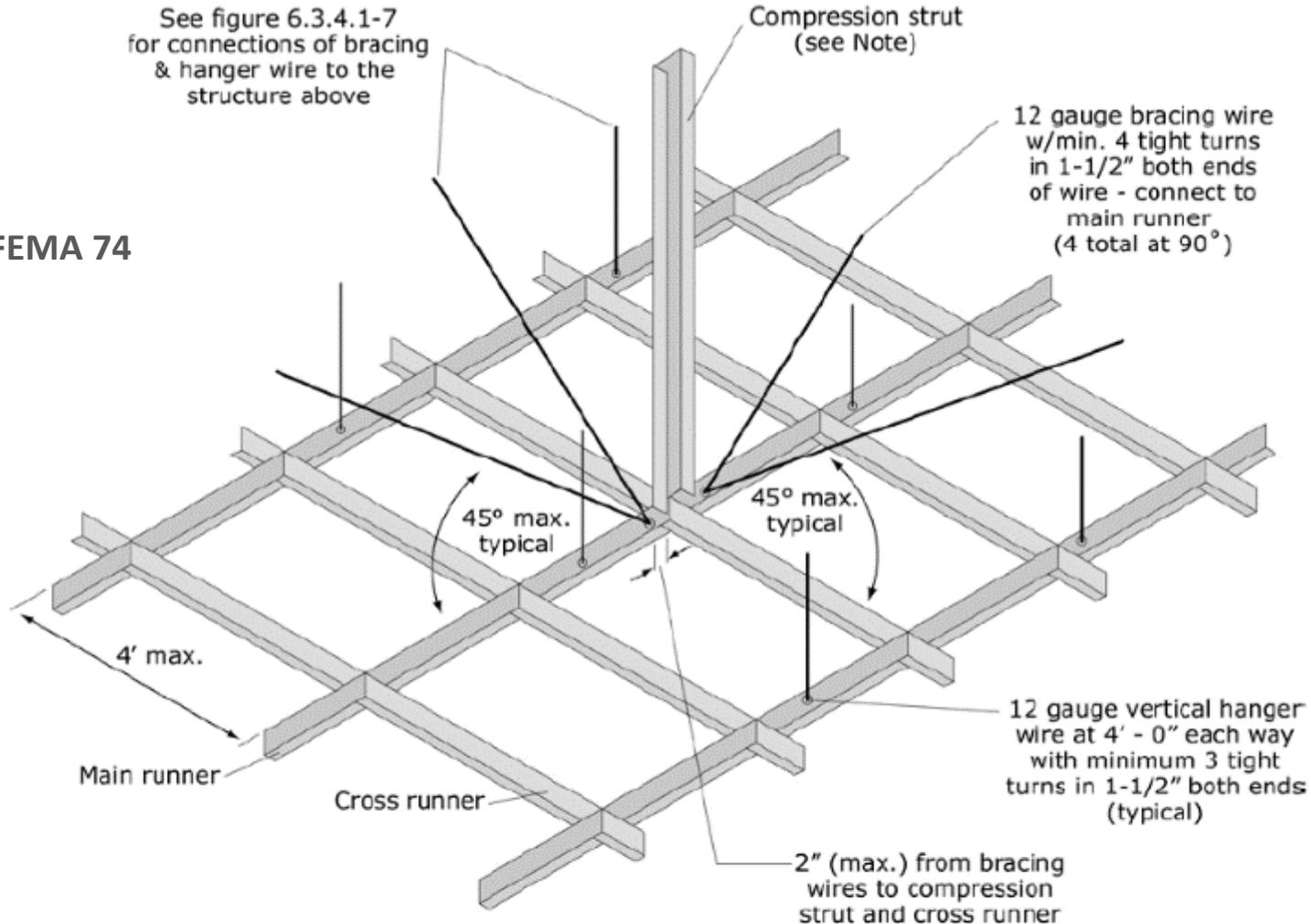


**(b) "Free" Connection to Two Adjacent Walls**

Fuente: FEMA 74

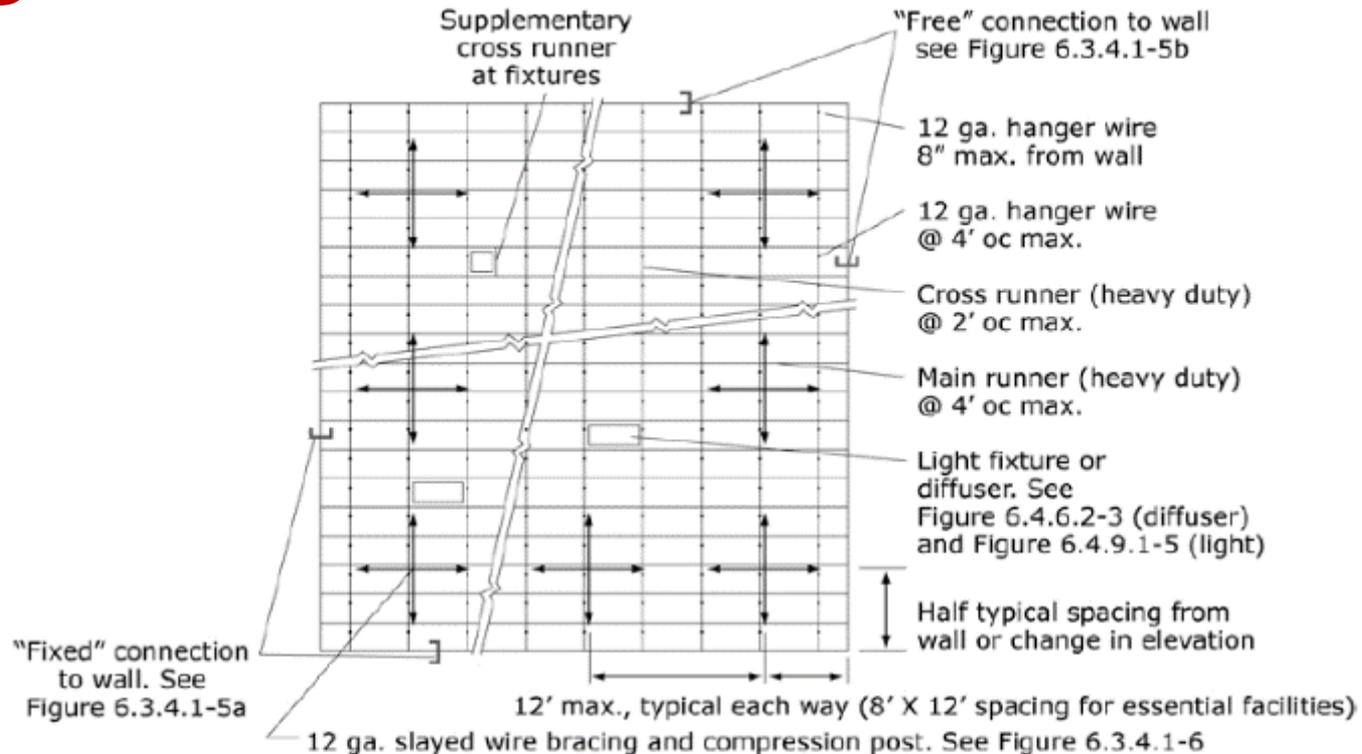
# Mitigación Vulnerabilidad Cielos Rasos

Fuente: FEMA 74

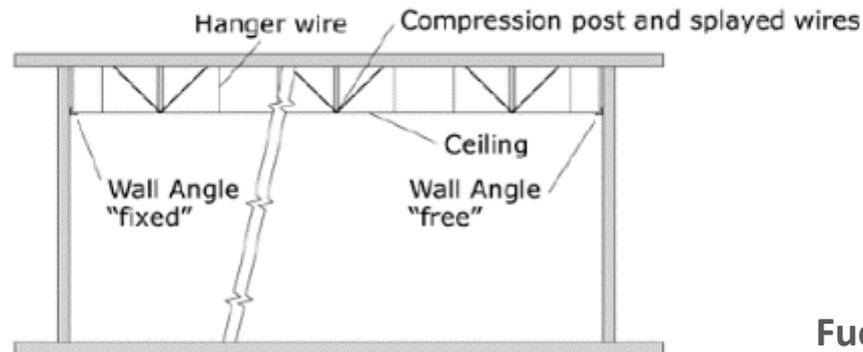


**Note:** Compression strut shall not replace hanger wire. Compression strut consists of a steel section attached to main runner with 2 - #12 sheet metal screws and to structure with 2 - #12 screws to wood or 1/4" min. expansion anchor to structure. Size of strut is dependent on distance between ceiling and structure ( $I/r \leq 200$ ). A 1" diameter conduit can be used for up to 6', a 1-5/8" X 1-1/4" metal stud can be used for up to 10'

# Mitigación Vulnerabilidad Cielos Rasos



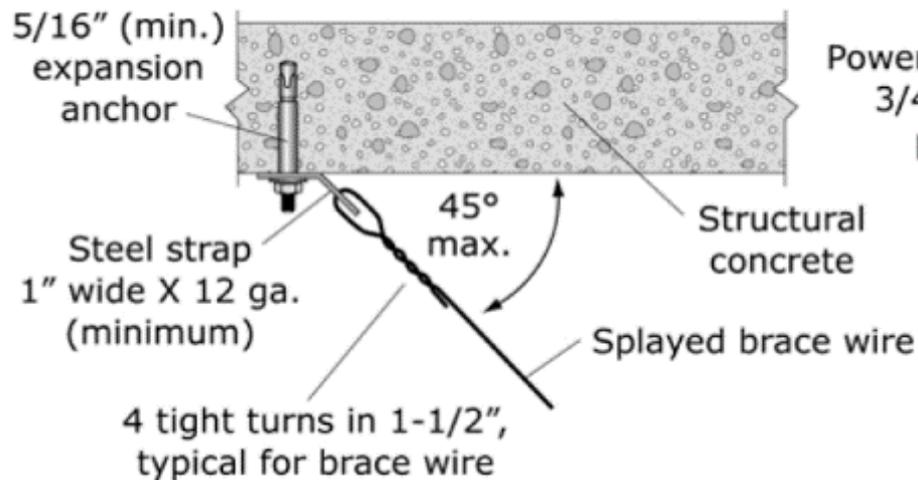
**Plan**



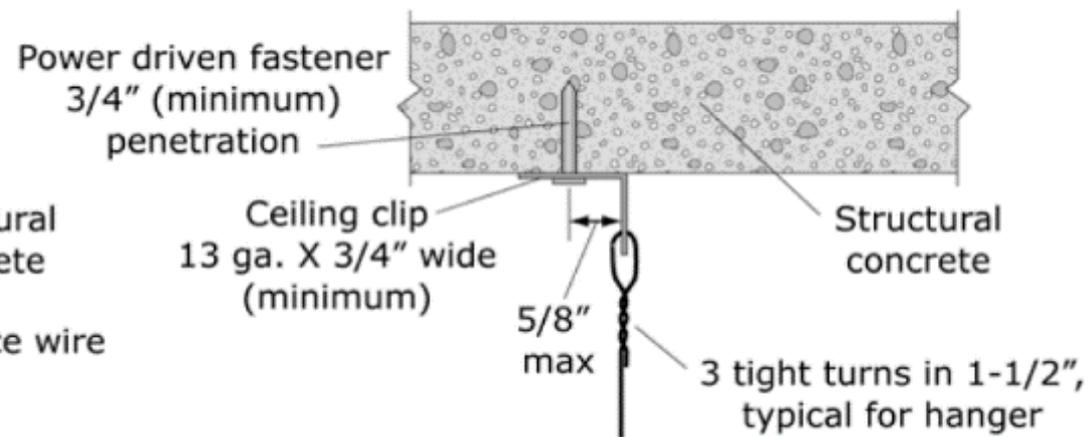
**Section**

Fuente: FEMA 74

# Mitigación Vulnerabilidad Cielos Rasos



**Splayed Bracing Wire Attachment at Concrete Floor/Roof**



**Vertical Hanger Wire Attachment at Concrete Floor/Roof**

**Note:** See California DSA IR 25-5 (06-22-09) for additional information.

Fuente: FEMA 74

# Rehabilitación cielos rasos sin detallamiento sísmico

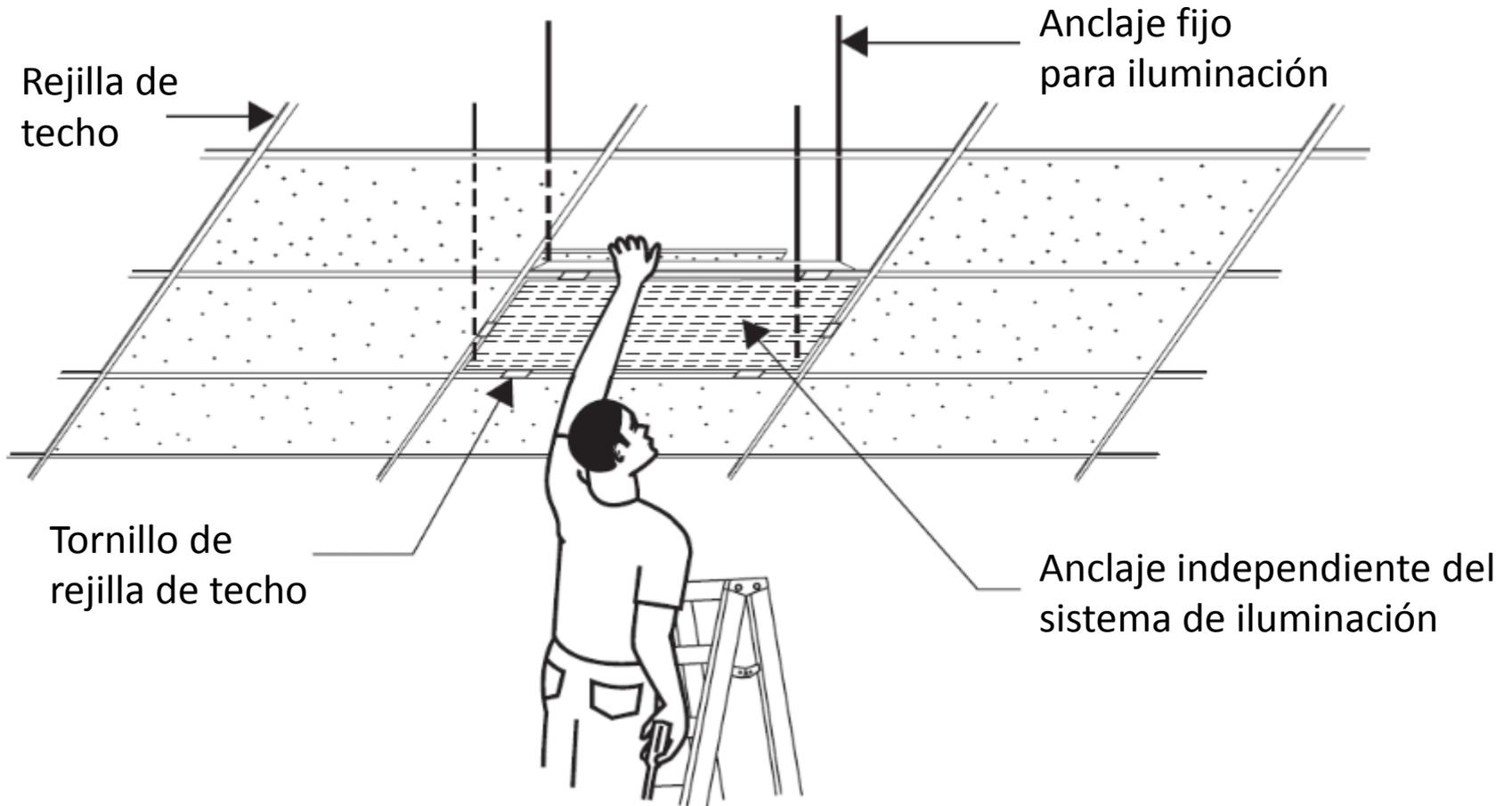


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

# Rehabilitación sistemas distribuidos

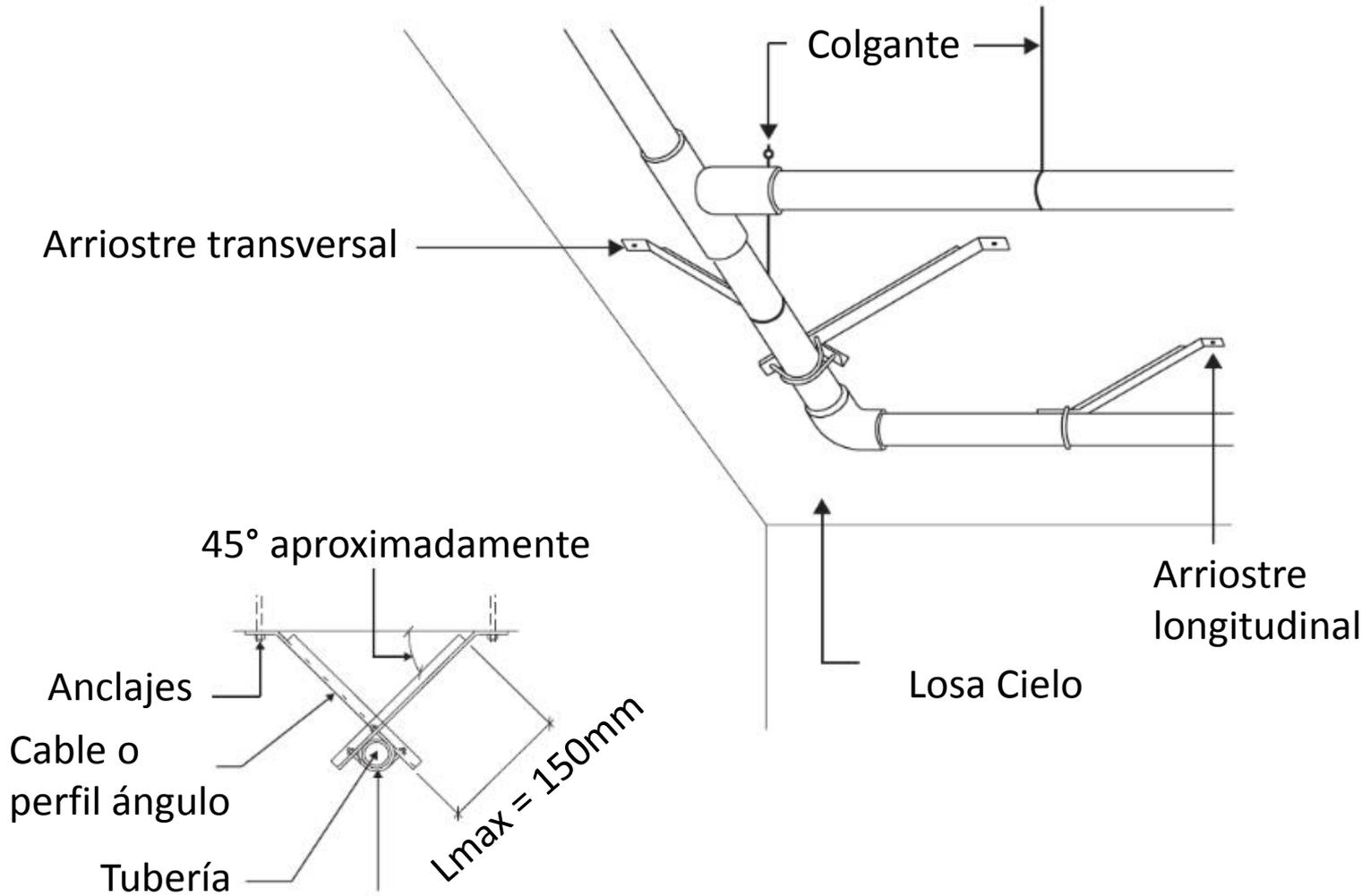


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

# Rehabilitación tuberías

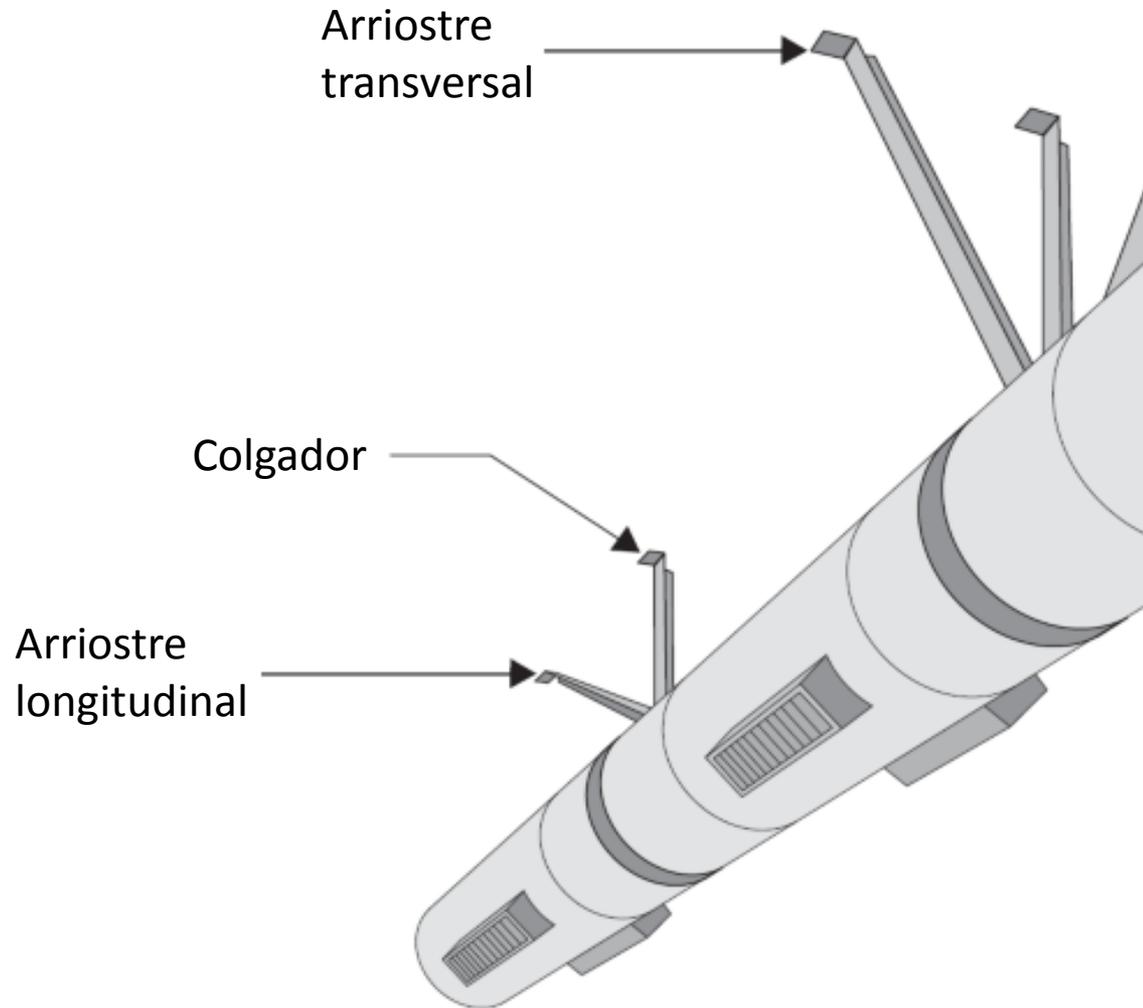
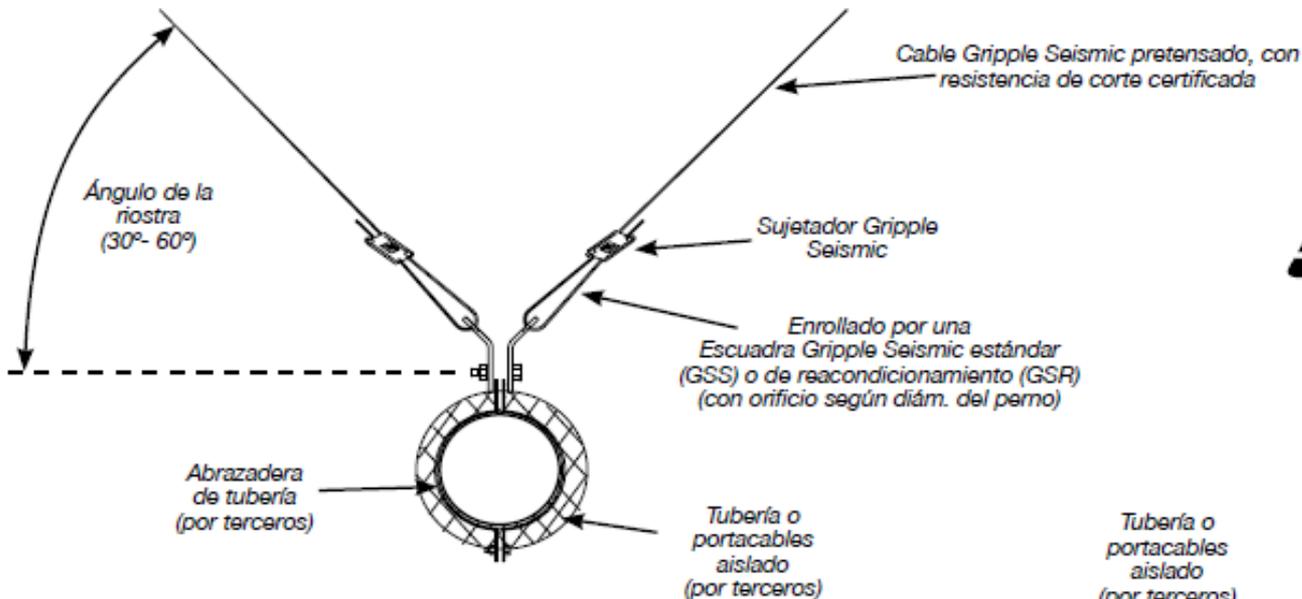
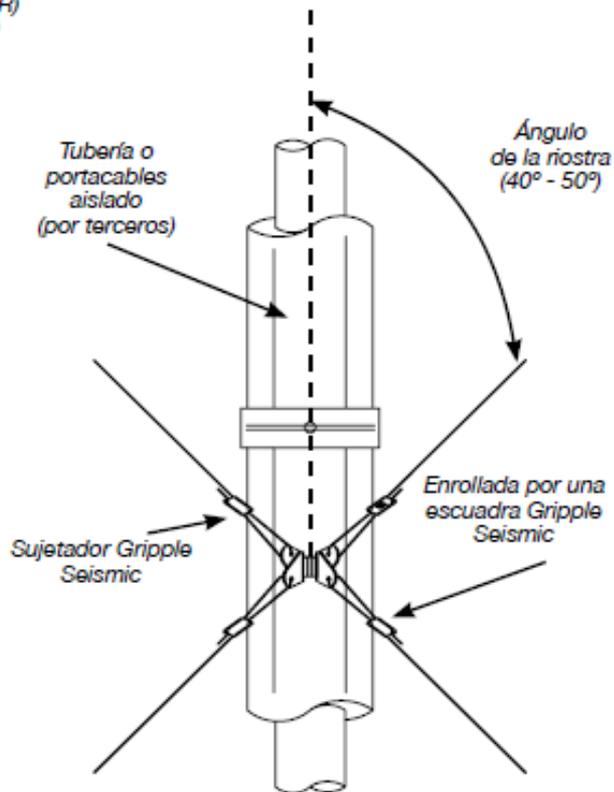


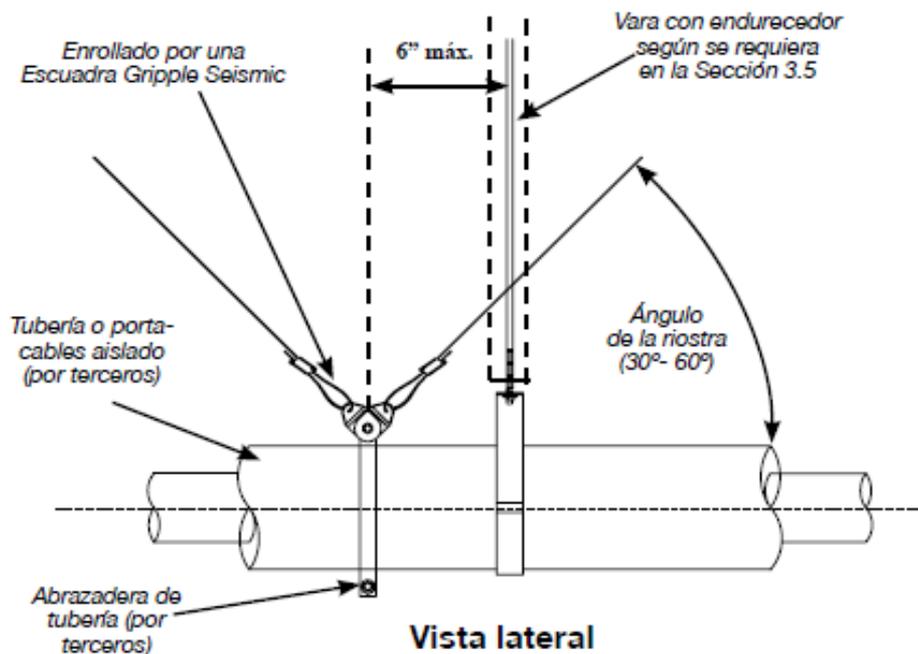
Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools



Vista de la sección



Vista superior

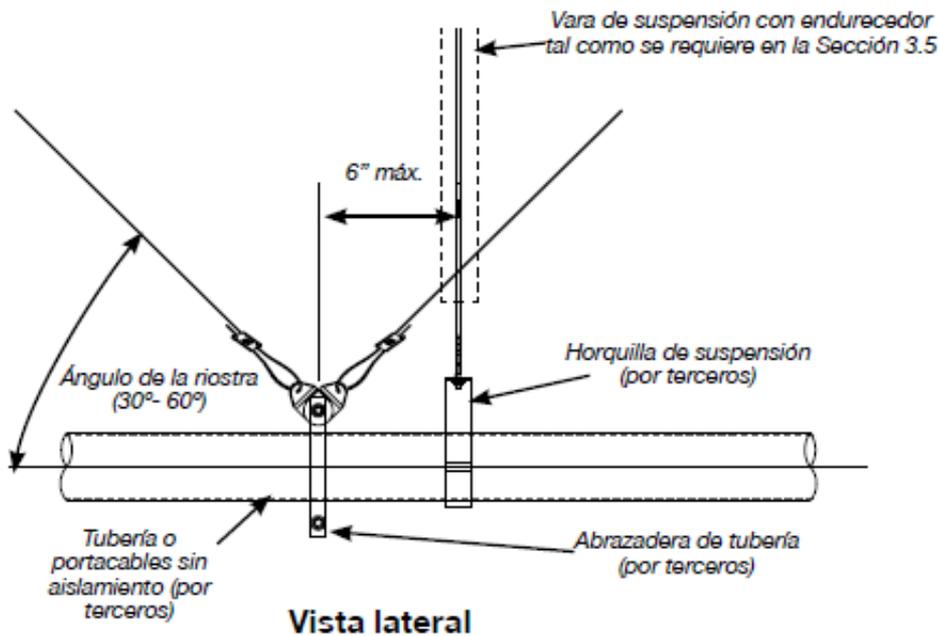
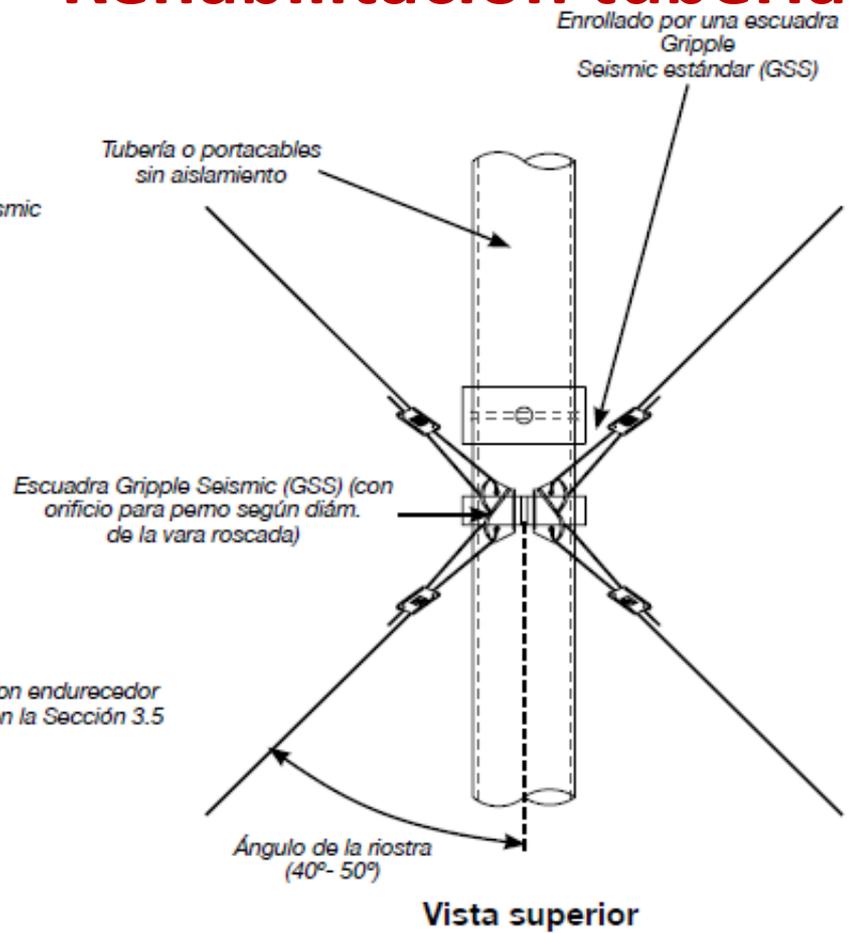
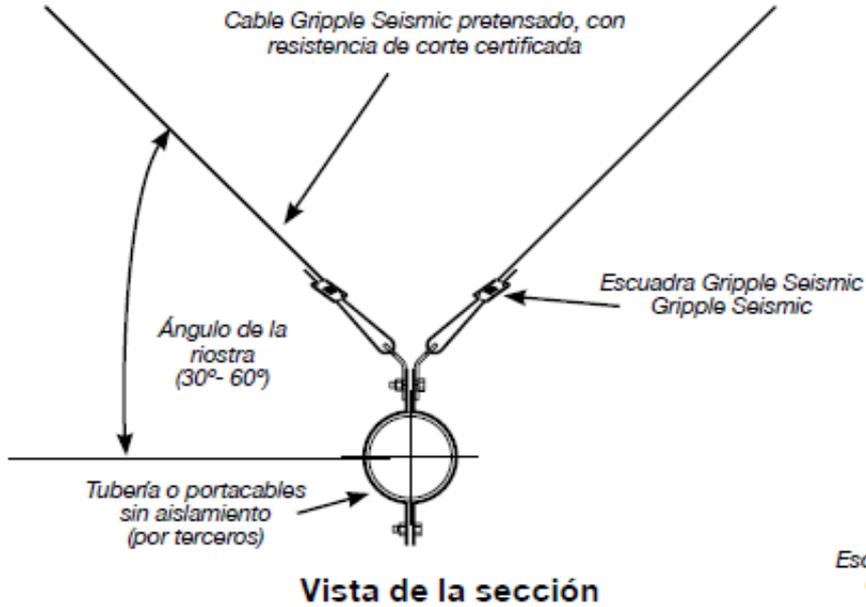


Vista lateral

Valor Aprox. 10-20 US\$/Cable

RBA

# Rehabilitación tuberías



Valor Aprox. 10-20 US\$/Cable

RBA

# Detallamiento sísmico archivadores

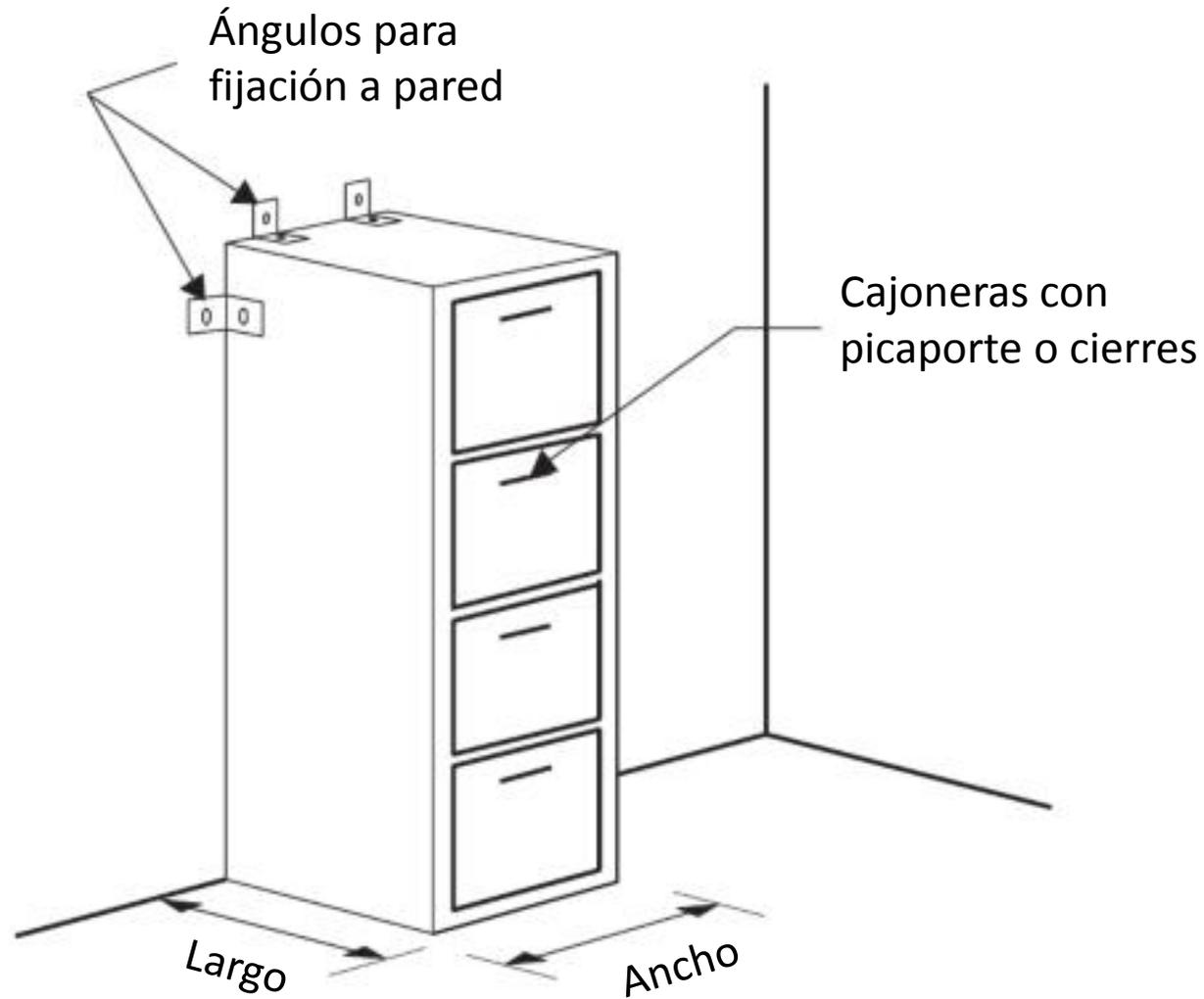


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

# Detallamiento sísmico archivadores

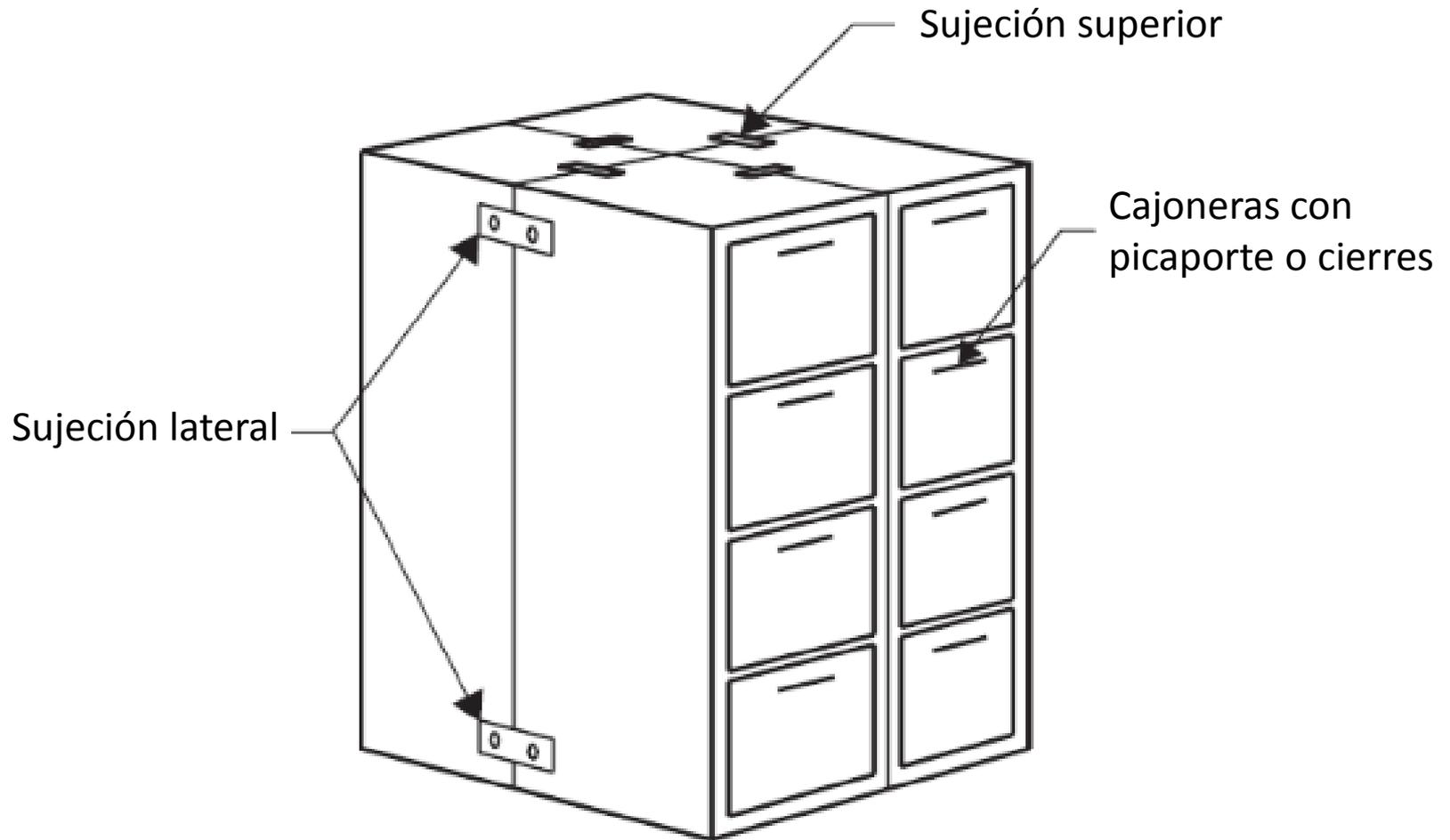


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

# Detallamiento sísmico librerías altura inferior a 150 cm

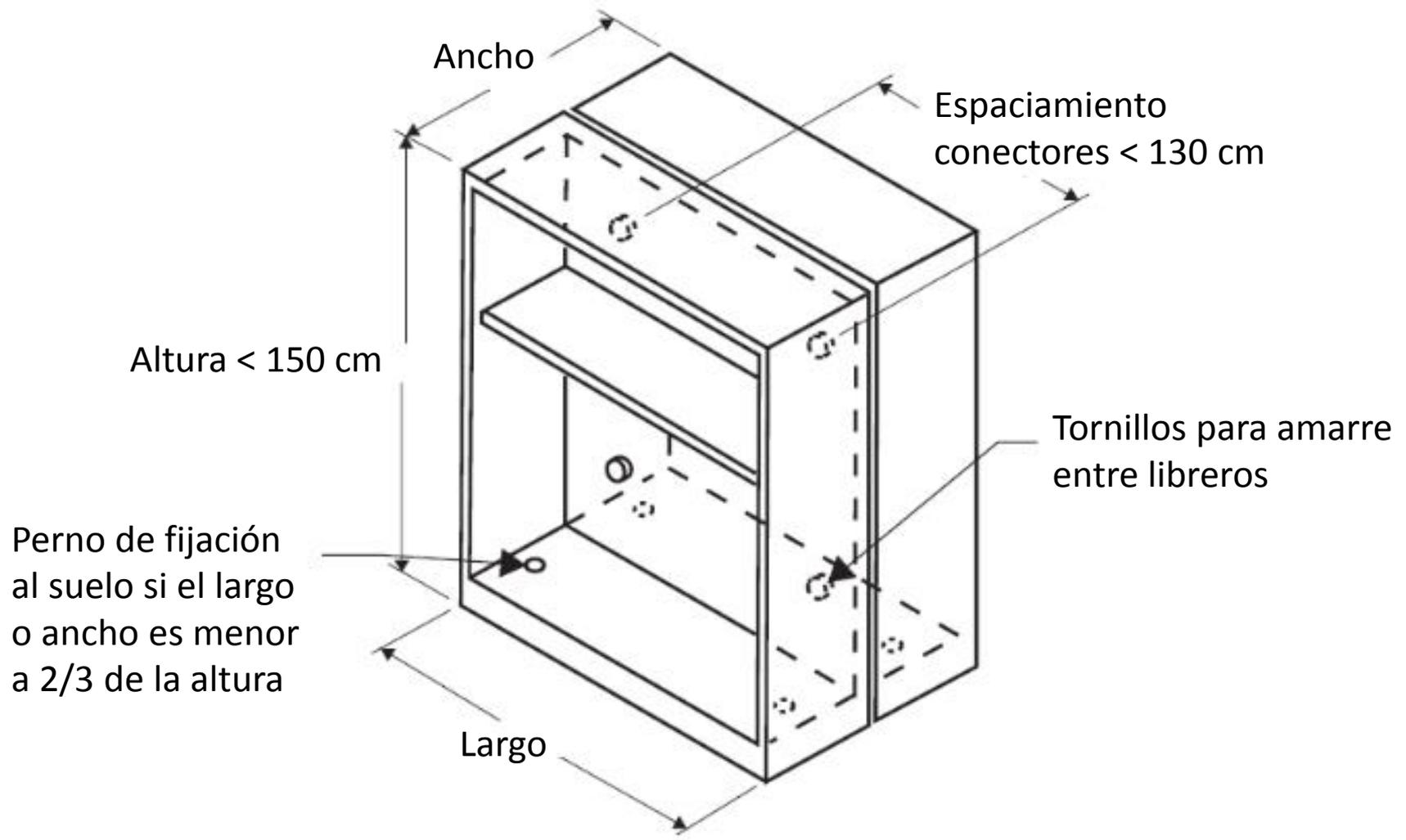


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

# Detallamiento sísmico libreros altura superior a 150 cm

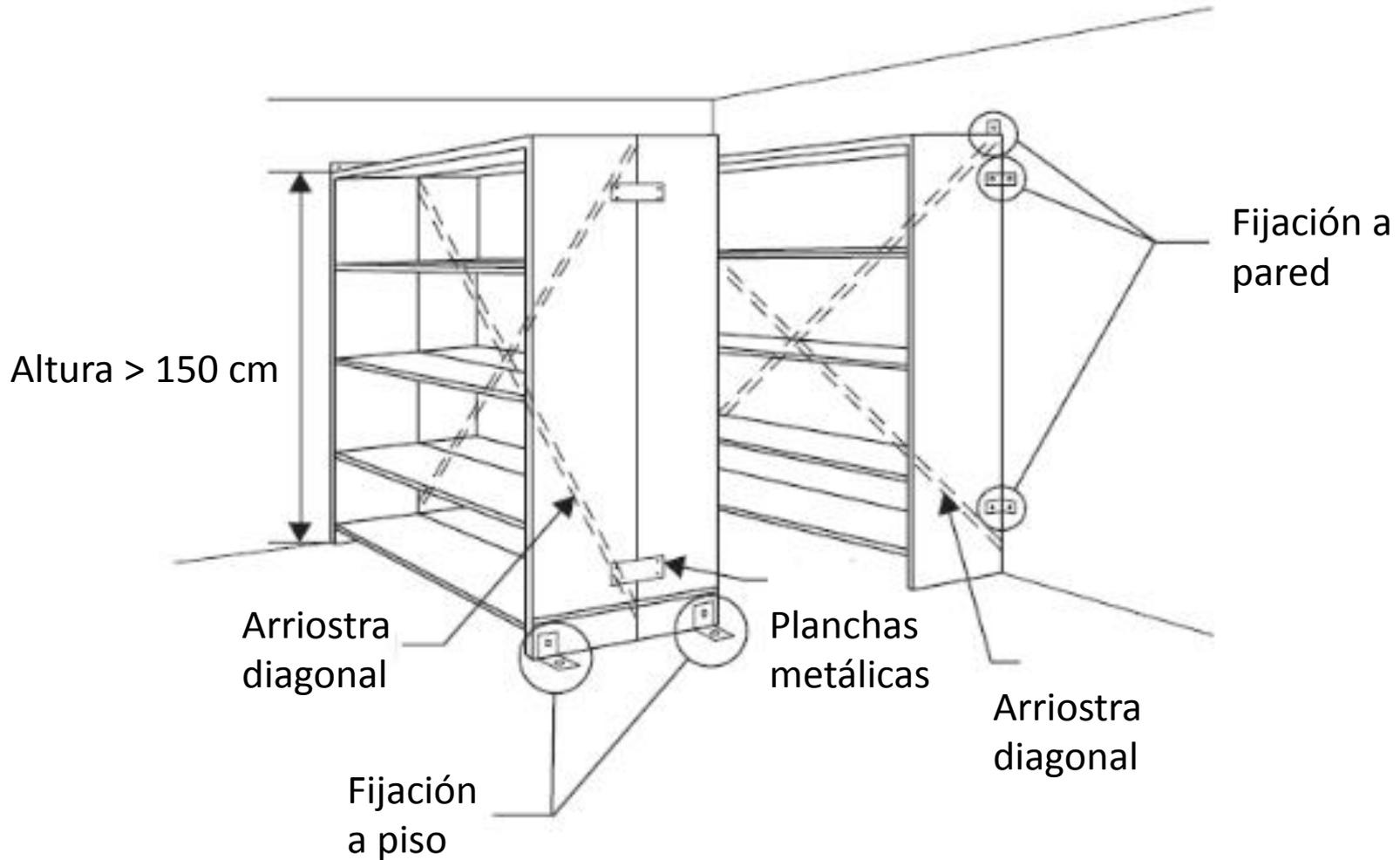


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

# Detallamiento sísmico libreros altura superior 150 cm

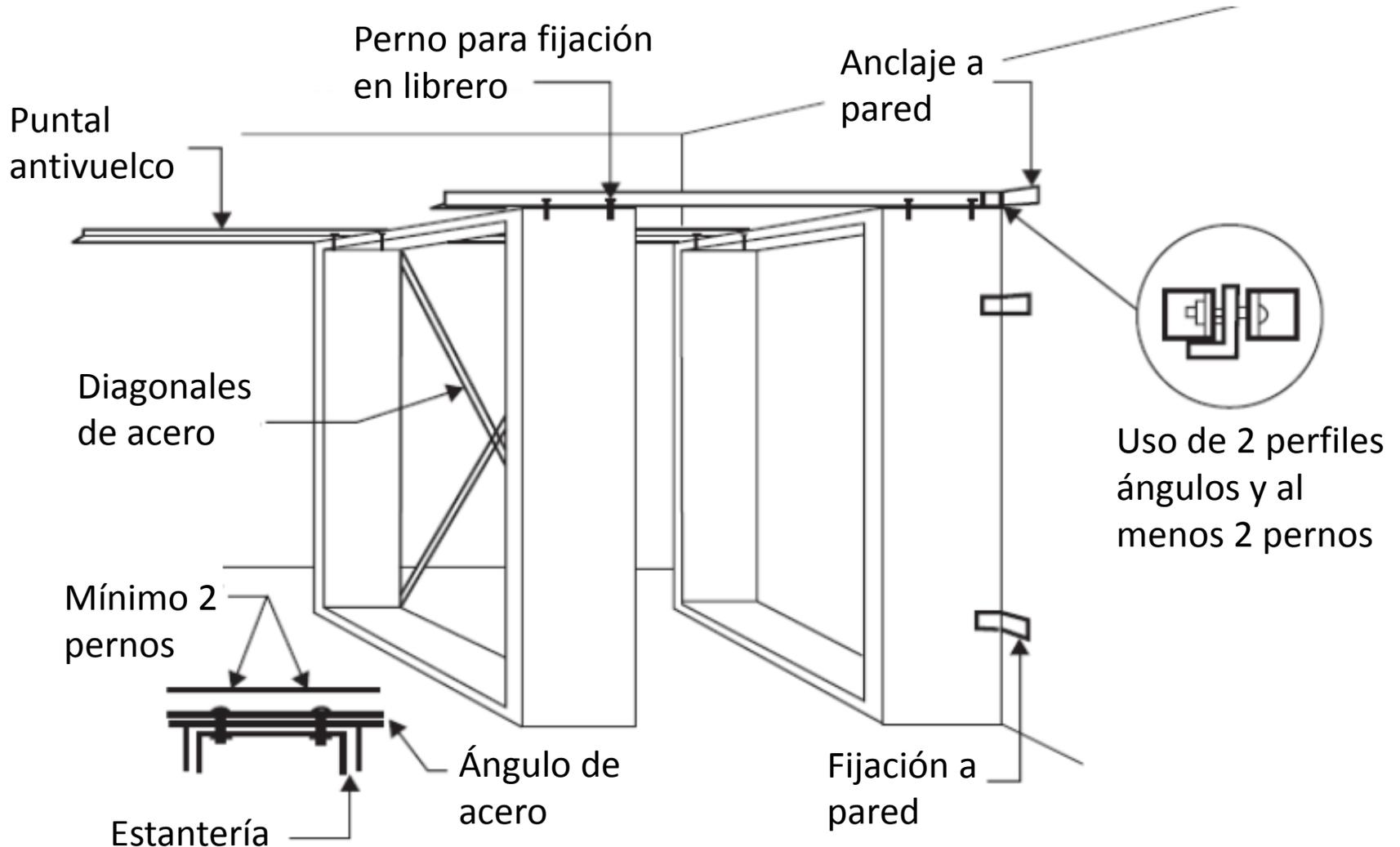
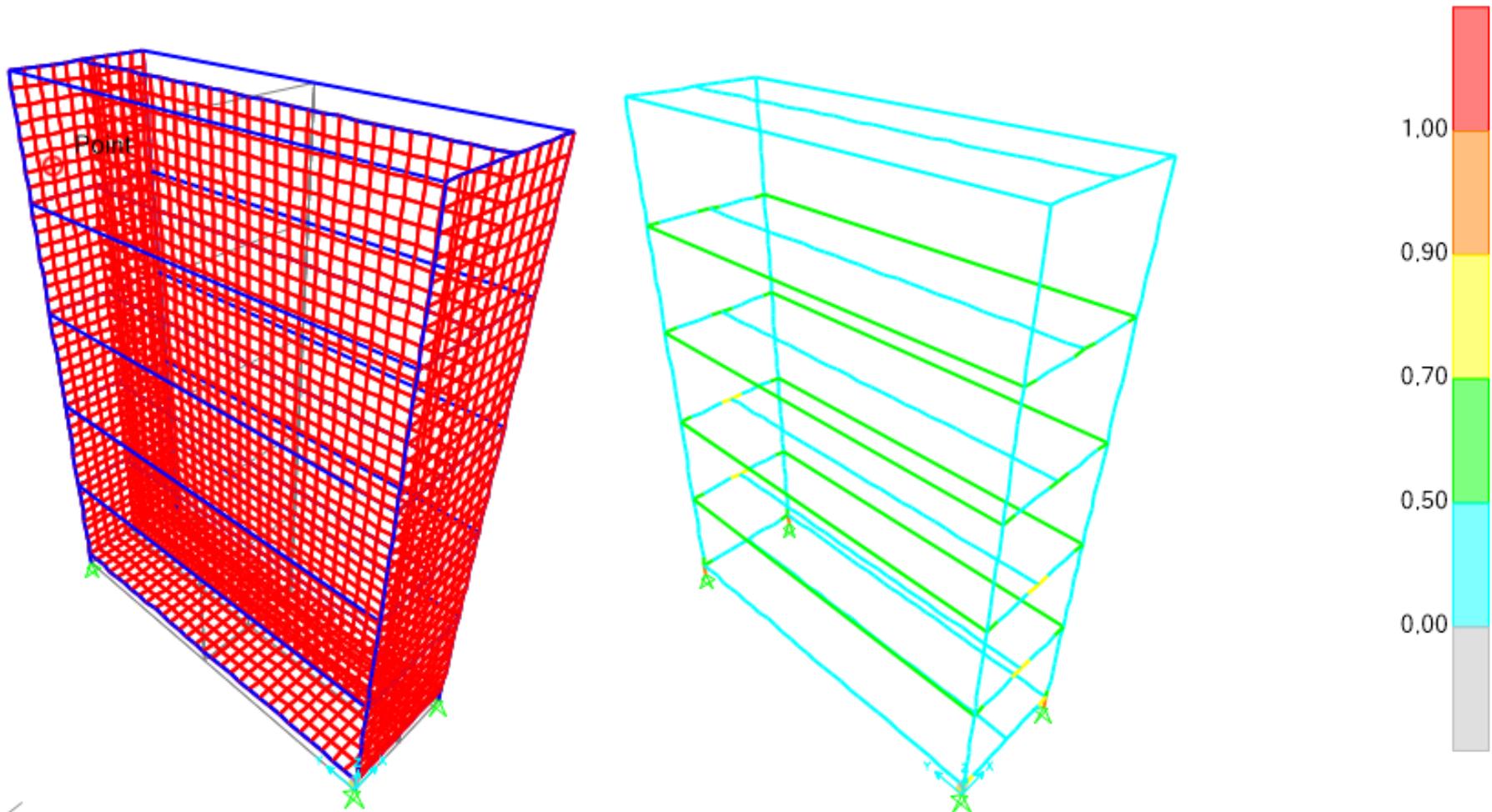
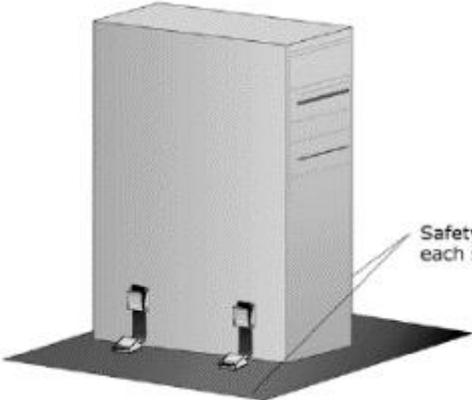


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

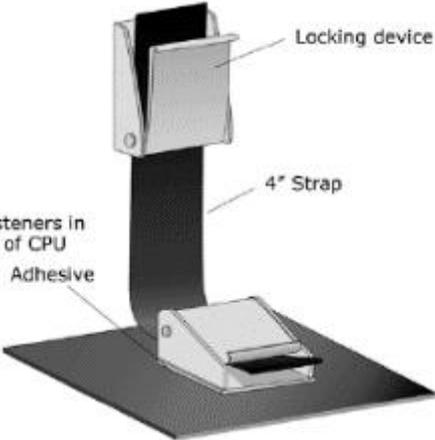
# Estanterías diseñadas sísmicamente



# Detalles: Mobiliario



**CPU Tower**  
4-Point fastening – use for all CPUs



**Safety Fastener**



**CPU**

**Note:** Many proprietary fasteners are available to restrain countertop items. Check the internet for options.



**Monitors**

Fuente: FEMA 74

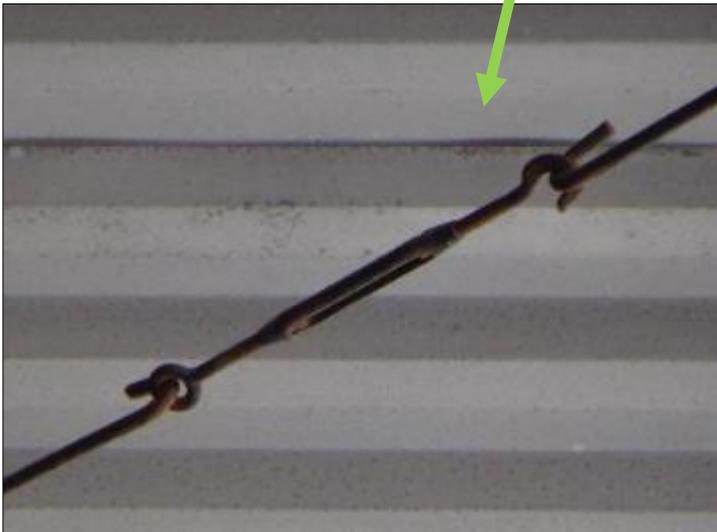
# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Aeropuerto Arica

Cuartell S.E.I.

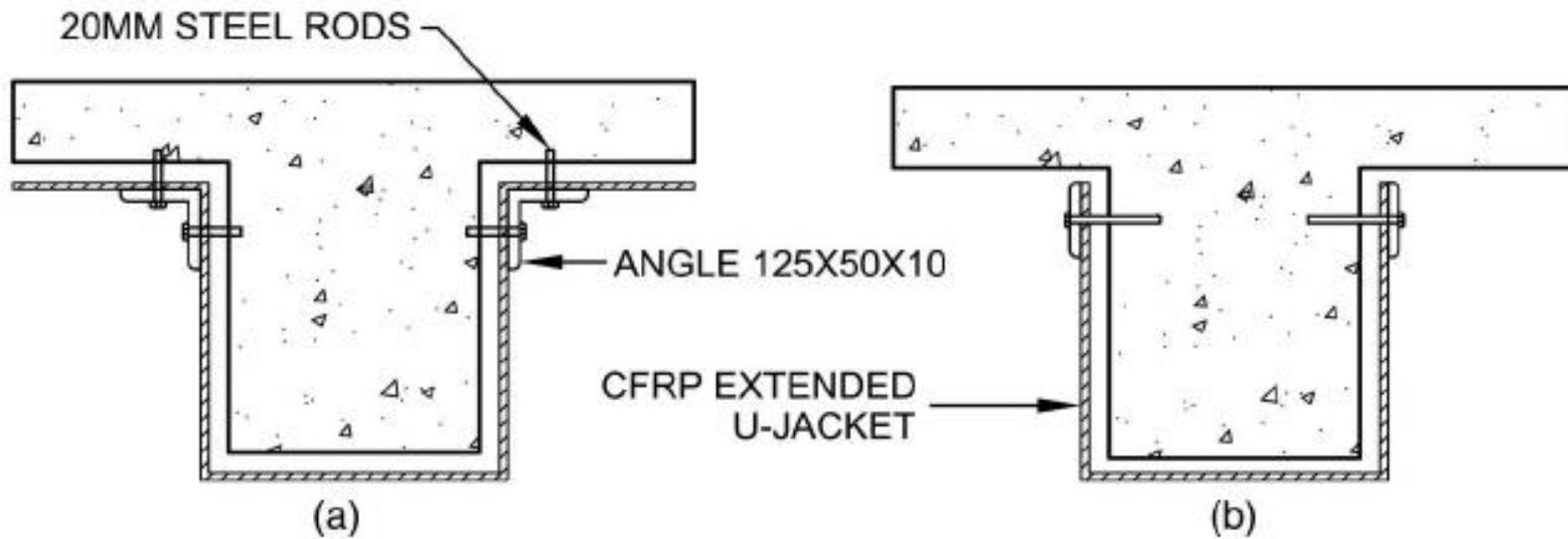


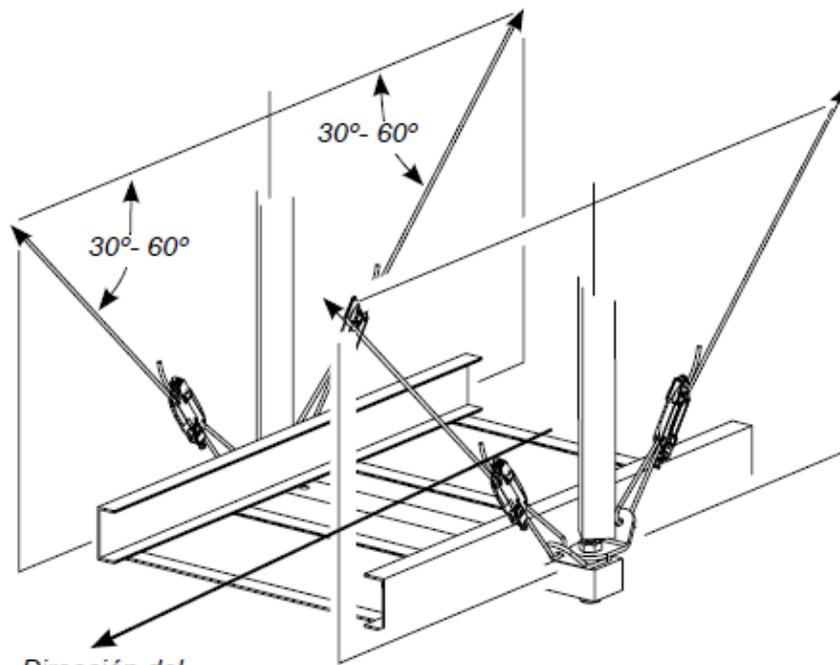
# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Aeropuerto Tacna

Cuarte S.E.I.

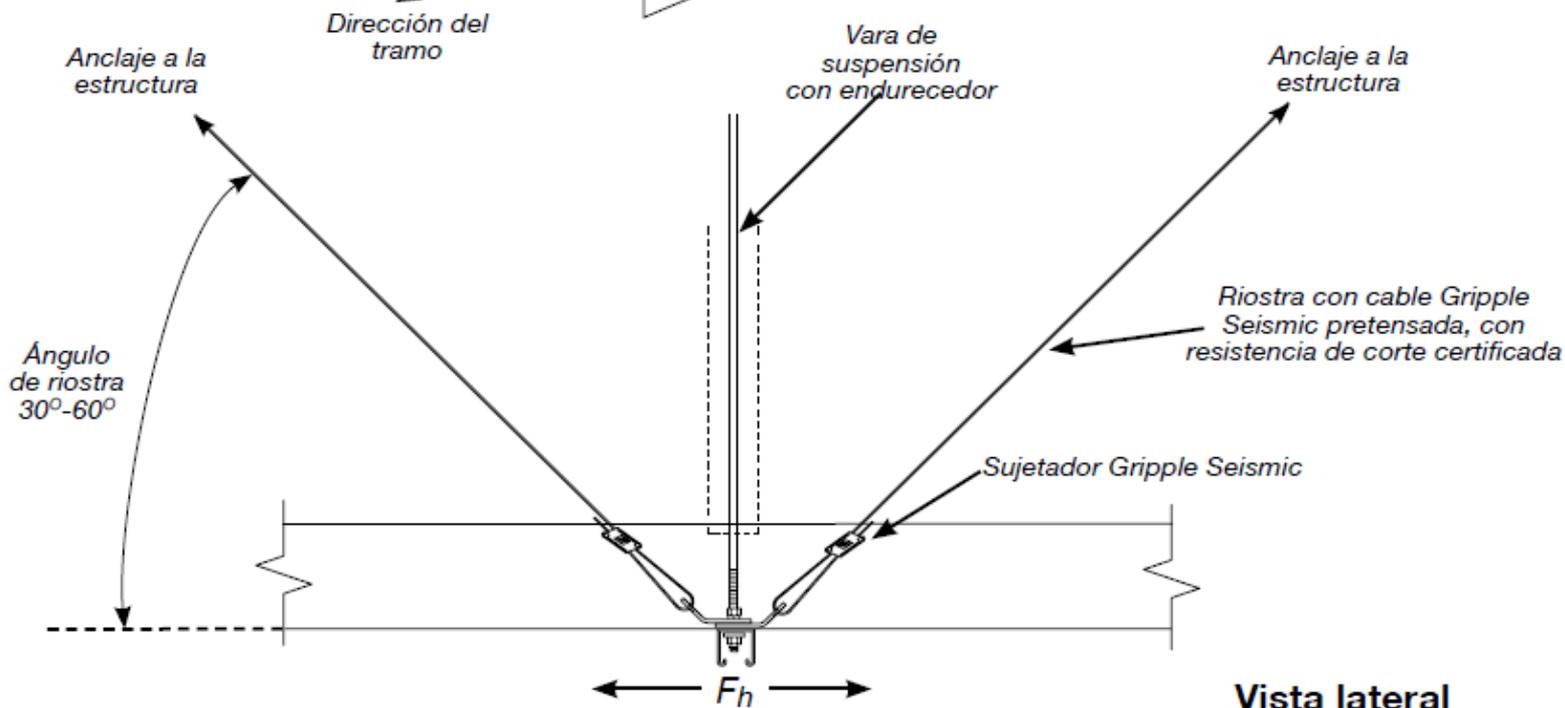


# Solución de refuerzo con FRP

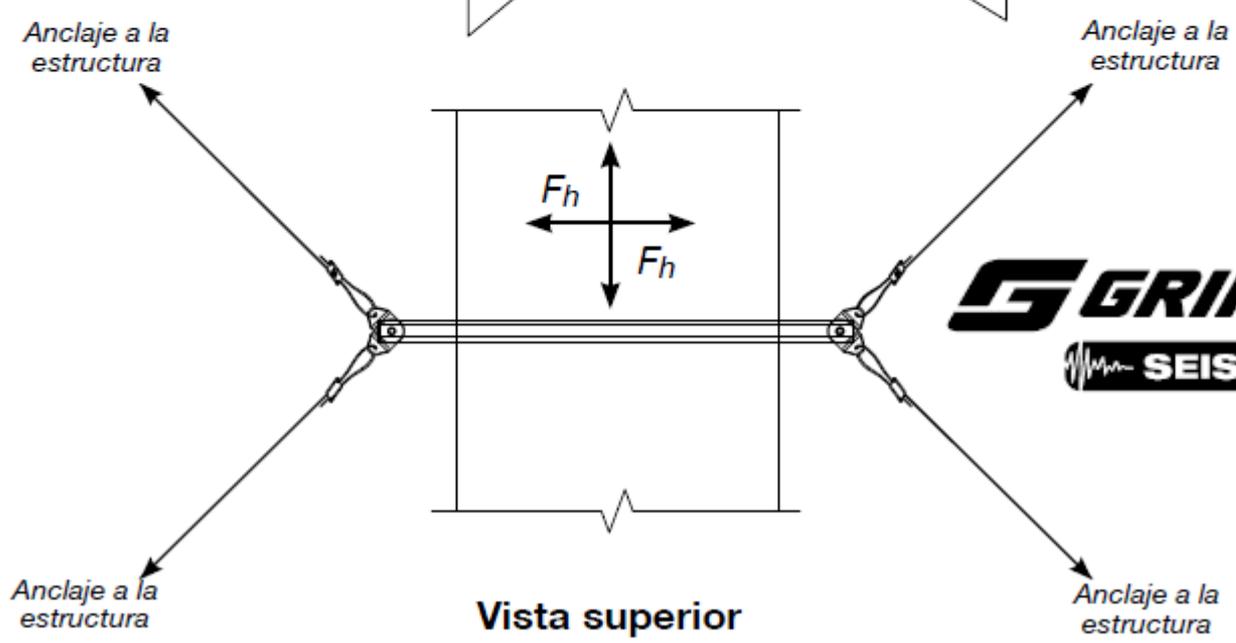
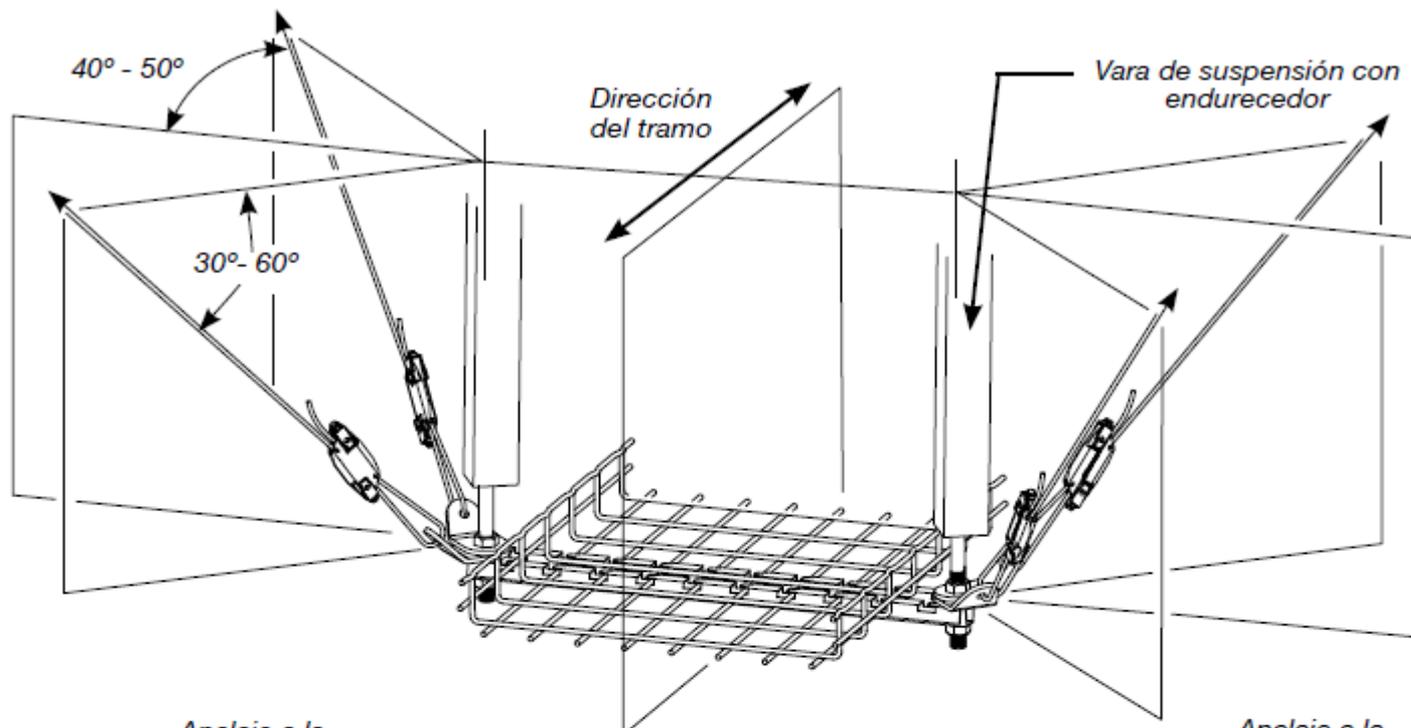




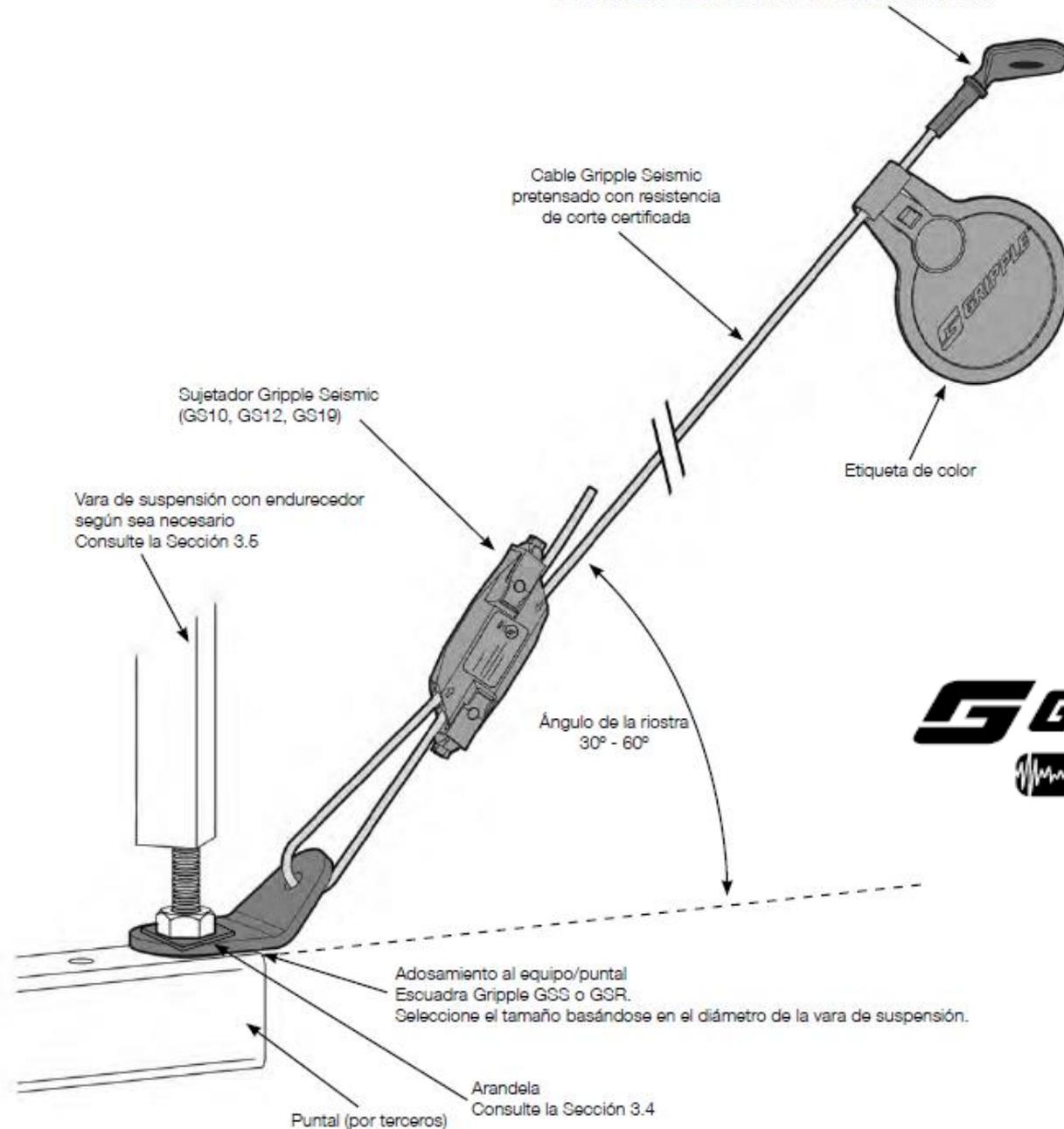
**G GRIPPLE®**  
**SEISMIC**



RBA



Adosamiento a la estructura  
Accesorio extremo del cable Gripple (escuadra GSE o GSS).  
En la Sección 4 encontrará información sobre el anclaje.  
Seleccione la escuadra basada en el diámetro del ancla.





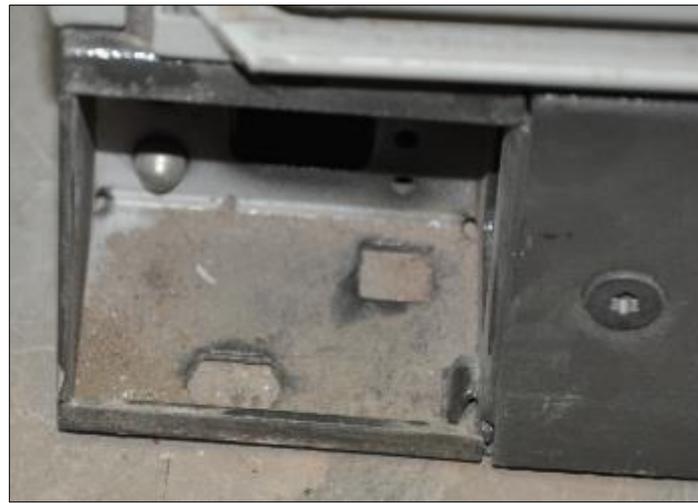
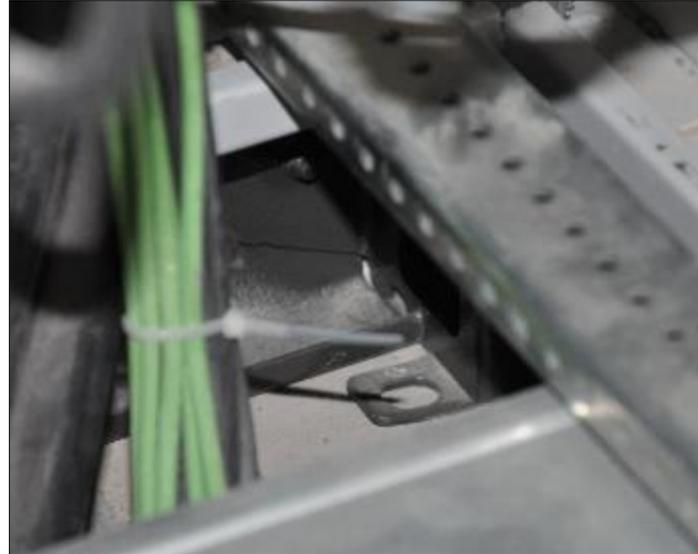
# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Aeropuerto Tacna

## Otros aspectos de detallamiento

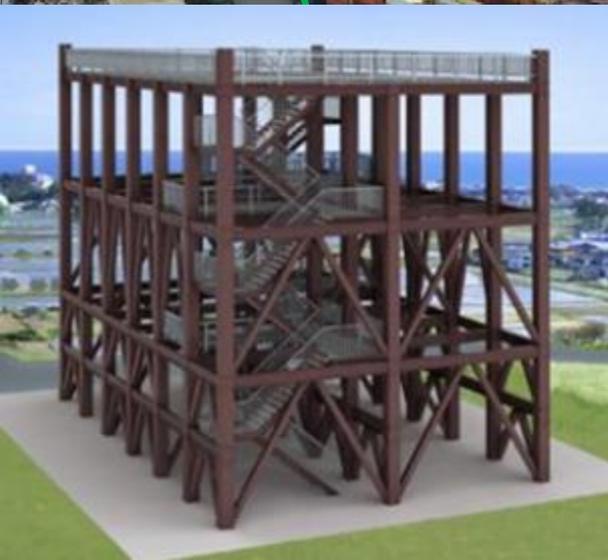
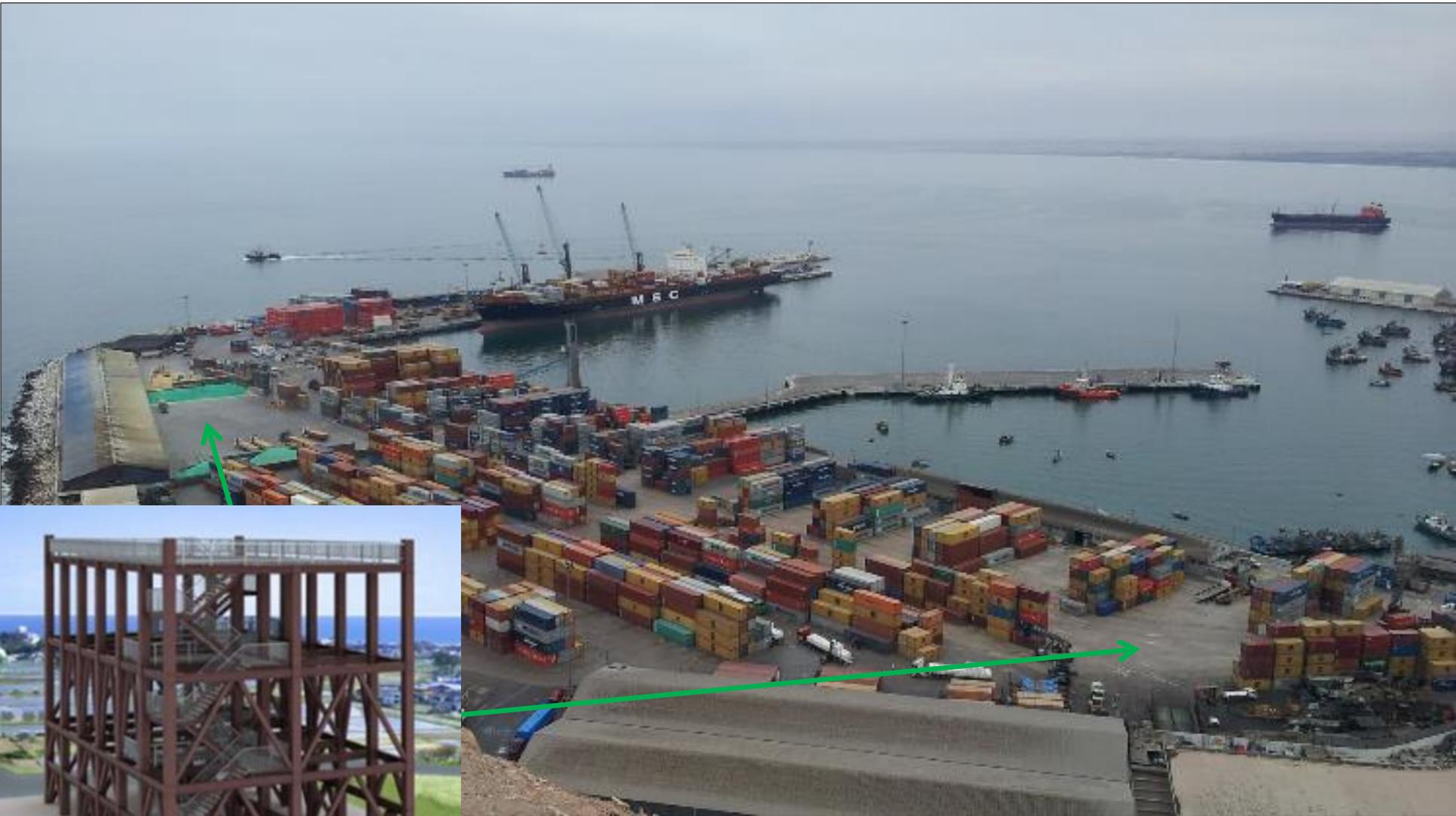


# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Aeropuerto Tacna

Equipos susceptibles de volcar o deslizar



# Ejemplo torres de evacuación Arica



# Ejemplo torres de evacuación Matarani



# Rehabilitación equipos suspendidos

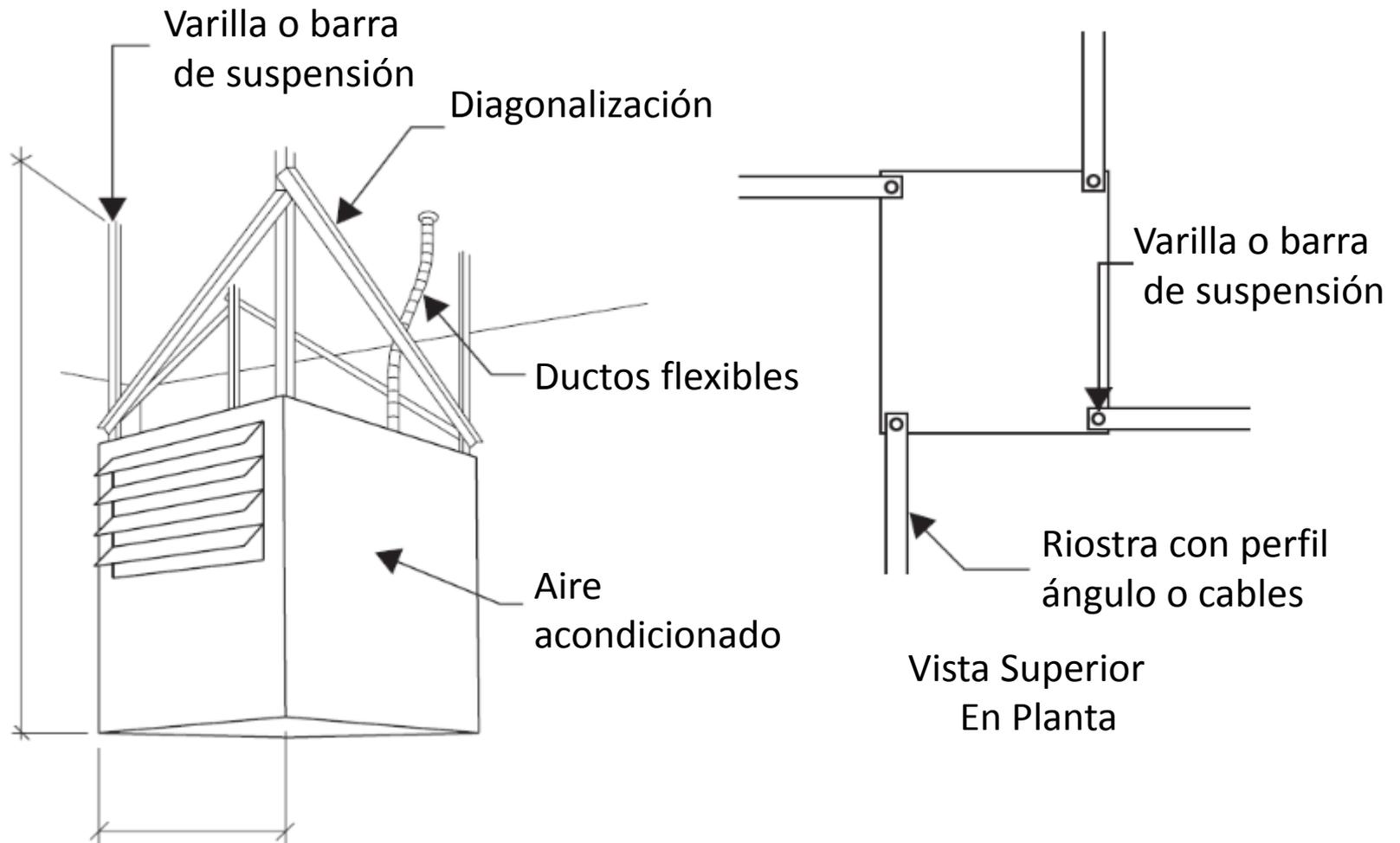
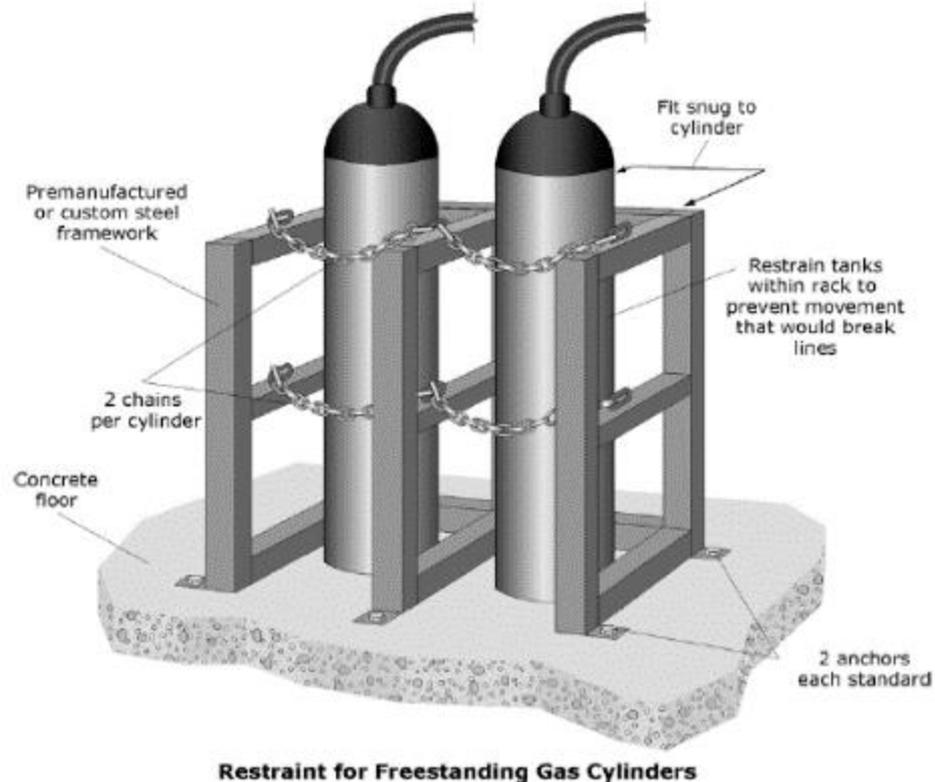
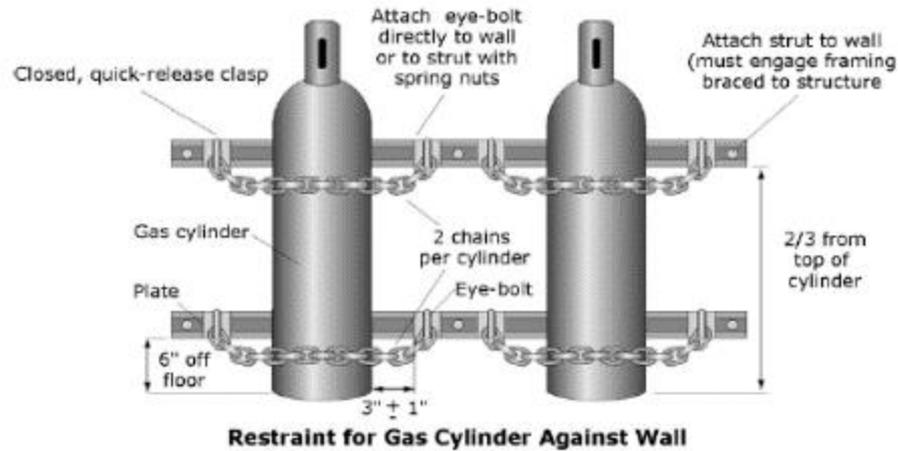


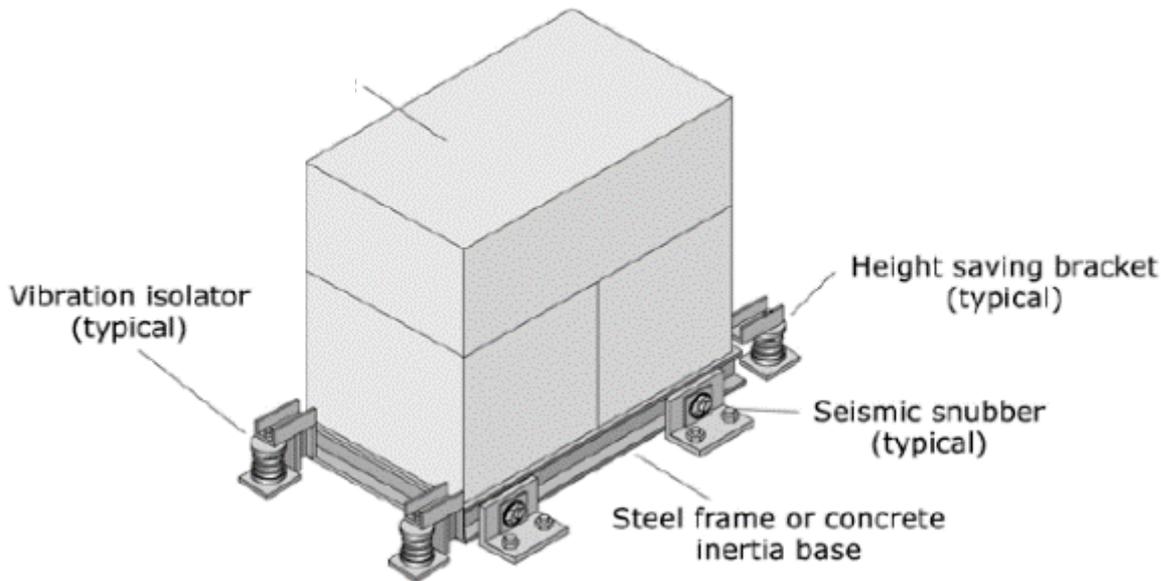
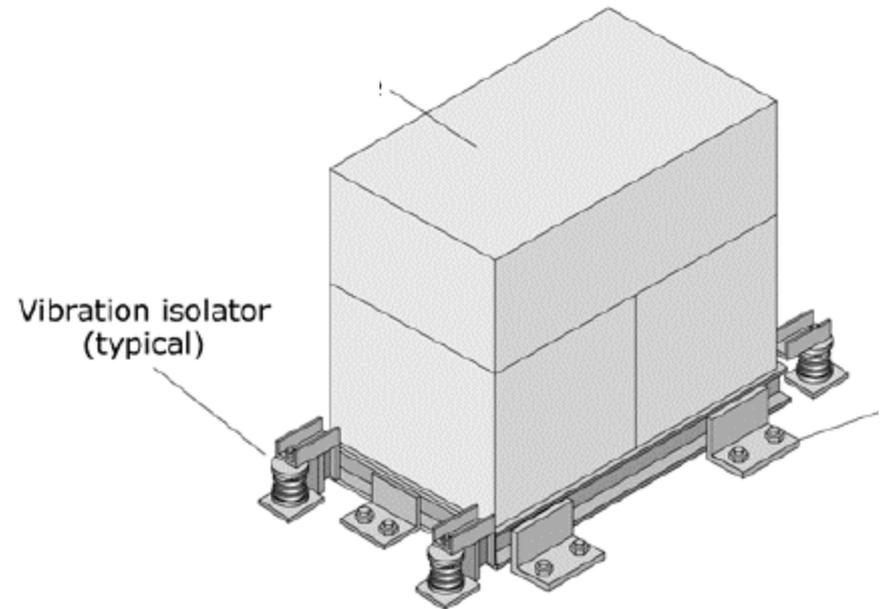
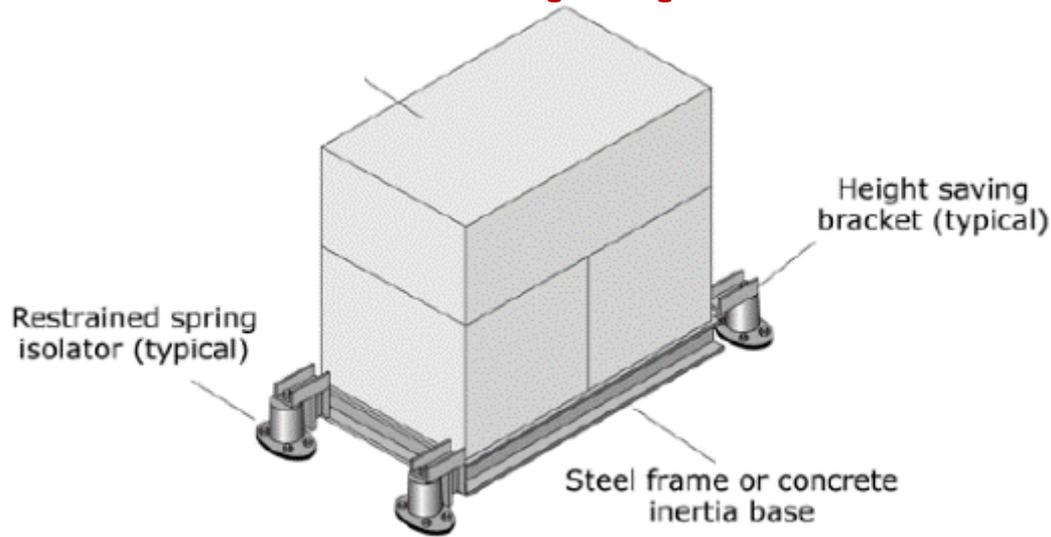
Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

# Detalles Cilindros



Fuente: FEMA 74

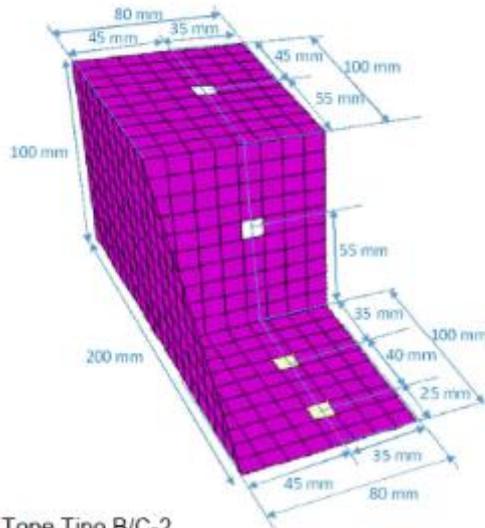
# Detalles: Equipo aislado



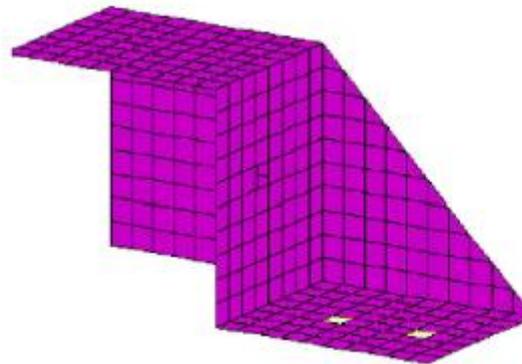
Fuente: FEMA 74

## Refuerzos Anclajes Equipos SOME: Ejemplo

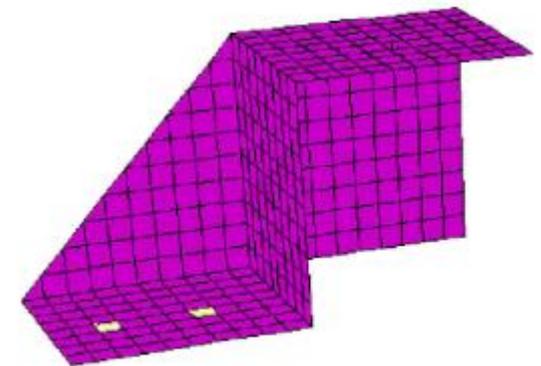
Vista 1 Tope Tipo B/C-1



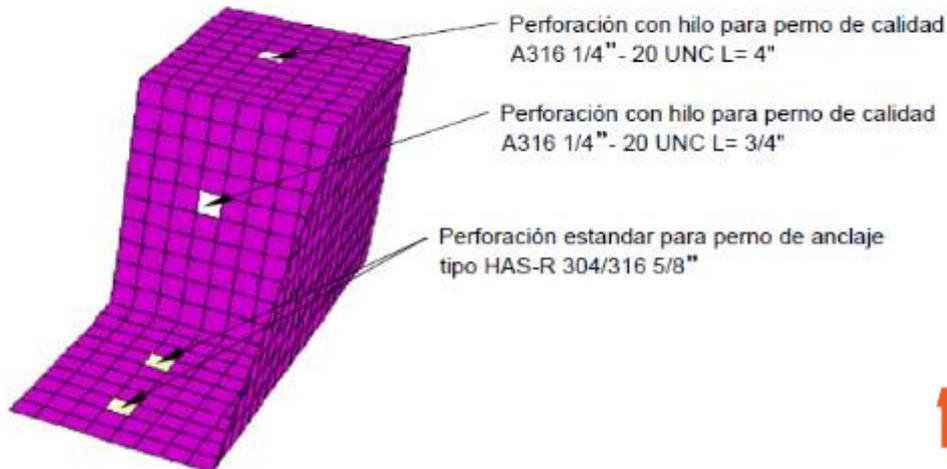
Vista 2 Tope Tipo B/C-2



Vista 2 Tope Tipo B/C-1



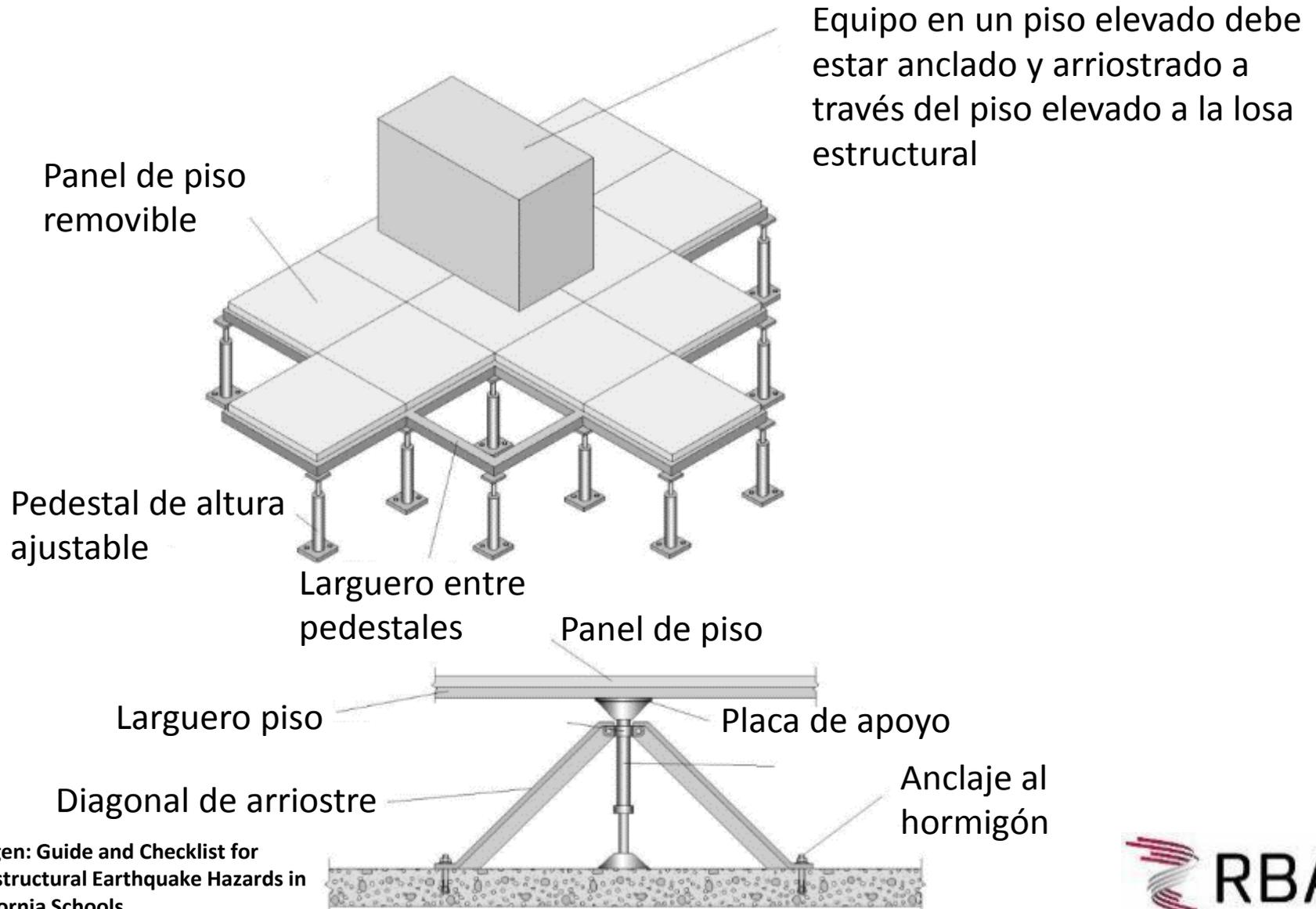
Vista 1 Tope Tipo B/C-2



### NOTAS:

1. Aceros calidad A36 de 6mm de espesor
2. Todas las cotas son a ejes
3. Tolerancia de  $\pm 0.1$ mm en dimensiones globales
4. Perno de anclaje Tipo HAS-R 304/316 5/8"x12"
5. Instalación perno de anclaje según especificaciones del fabricante
6. Planos de fabricación deben enviarse a RBA para revisión y aprobación antes del inicio de la fabricación
7. Son 4 topes tipo B/C-1 y 4 topes tipo B/C-2

# Detallamiento sísmico piso registrable



# Posibles medidas de mitigación por Tsunami

De acuerdo a las experiencias internacionales:

- No existen soluciones únicas ni totales para mitigar el efecto adverso de los tsunamis, por lo que se deben implementar medidas complementarias (estructurales y complementarias)
- Entre las principales medidas estructurales se tienen:
  - ✓ Muros de contención
  - ✓ Diques
  - ✓ Rompeolas
  - ✓ Reubicación a zonas altas
- Entre las principales medidas complementarias se tienen:
  - ✓ Sistemas de alerta
  - ✓ Trazar rutas de evacuación y realizar simulacros
  - ✓ Campañas de concientización y capacitación al personal que labora en los puertos respecto al riesgo por tsunami

# Muros de contención

Tipo de evento	Características	Desempeño esperado
Tsunami nivel 1	Mas grande en la historia reciente (100 años de periodo de retorno aprox.)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Protección de vidas humanas</li><li>• Protección de la actividad económica y propiedades</li></ul>
Tsunami nivel 2	Máximo nivel (1000 años de periodo de retorno aprox.)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Protección de vidas humanas</li><li>• Mitigar pérdidas económicas</li><li>• Permitir rápida recuperación posterior</li><li>• Prevenir desastres secundarios mayores</li></ul>

Level 1 tsunami



Level 2 tsunami

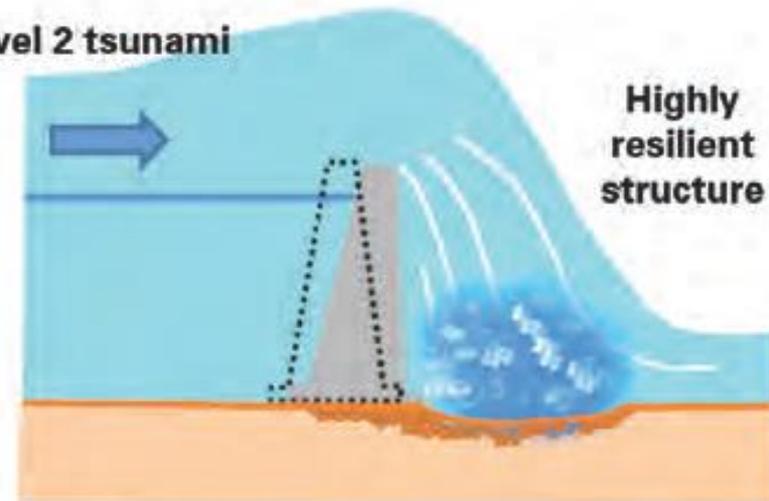


Imagen: Japan Knowledge Notes (2012). GFDRR, WB.

# Muros de contención

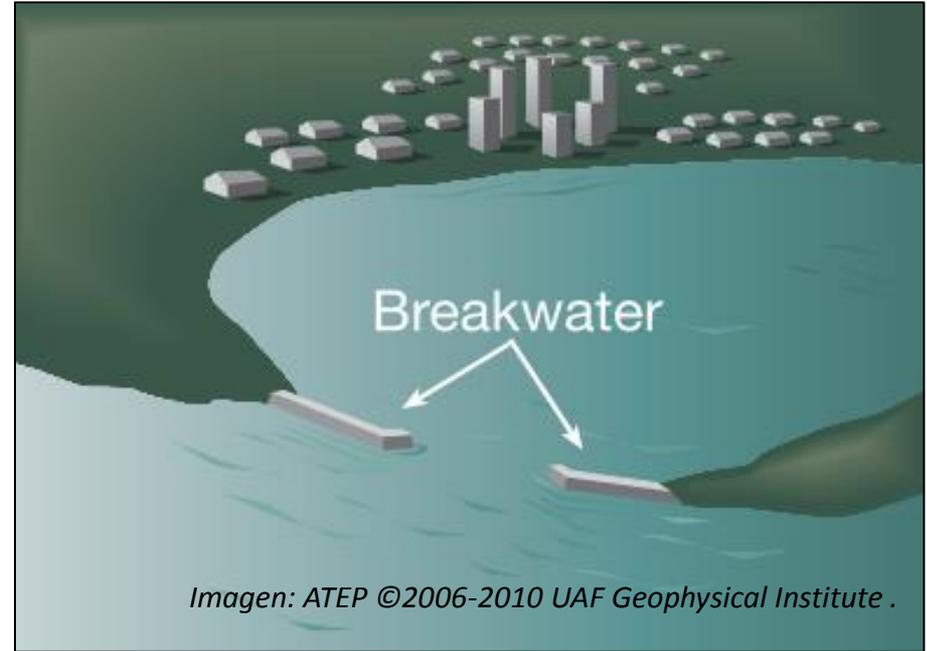


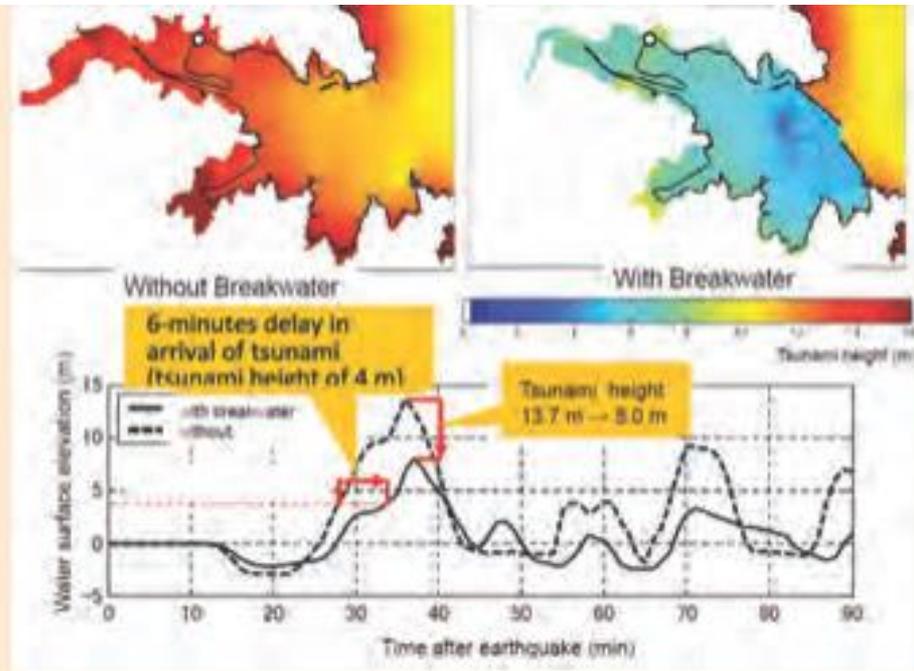
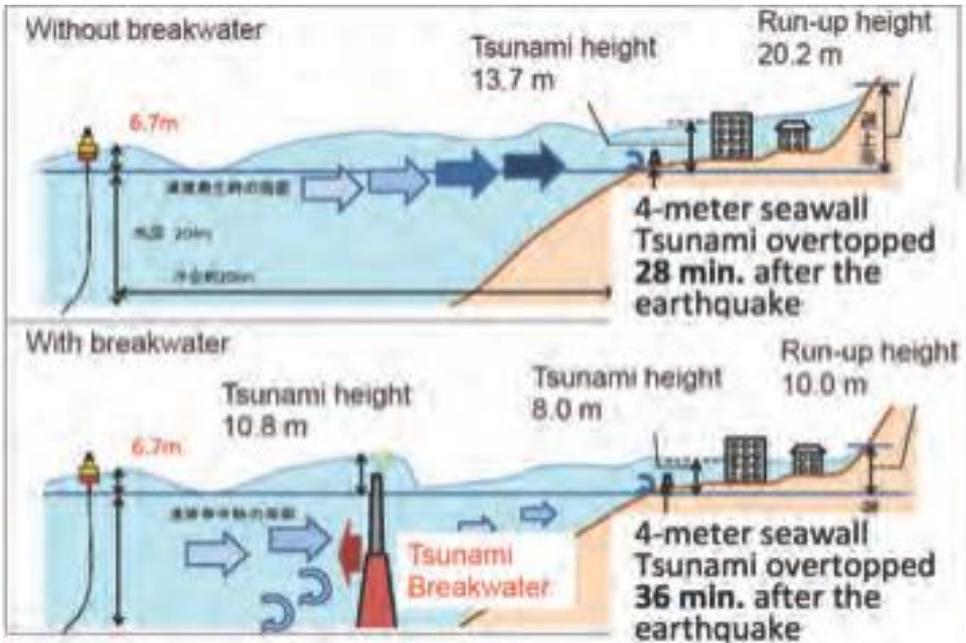
Imagen: ATEP ©2006-2010 UAF Geophysical Institute .



Source: MLIT.

Imagen: Japan Knowledge Notes (2012). GFDRR, WB.

# Rompeolas mar adentro



Source: MLIT.

Imagen: Japan Knowledge Notes (2012). GFDRR, WB.

✓ Se reduce el tiempo de llegada y altura de las olas

# Medidas estructurales integrales



# Medidas complementarias

## Informativos

### Todos preparados ante un TSUNAMI

**Un tsunami es... A tsunami is...**



...una ola de gran energía y tamaño. Se calcula que el 90% de estos fenómenos son provocados por sismos.  
...a significant size energy and waves. It is estimated that 90% of these phenomena are caused by earthquakes.

**¿Sabías qué...? ¿Did you know...?**



Las costas de Oaxaca son susceptibles a este fenómeno al estar en una zona de actividad sísmica.  
The Oaxacan coast is a susceptible region to this phenomenon cause it is in seismic activity area.

AÑO	ZONA DEL SISMO	MAGNITUD	LUGAR DE RESORTE DEL TSUNAMI	ALCURA MÁXIMA DEL MAR
1749	Caracas, Venezuela	8.0	Puerto Morelos	10
1762	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10
1802	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10
1847	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10
1868	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10
1905	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10
1917	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10
1932	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10
1952	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10
1960	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10
1975	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10
1992	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10

**¿Qué hacer? What to do?**

**¡Tus sentidos te alertan! Your senses will alert!**

- ✓ Sientes el suelo moverse / You feel the ground move
- ✓ Escuchas un rugido similar al de un avión o un tren en movimiento / You hear the roar
- ✓ Ves el agua del mar retroceder / You see the sea water recede

**¿Qué hacer? What to do?**

- **CORRE.** Diríjete rápidamente tierra adentro o a zonas elevadas. (35 mts) / Run inland or high ground. Stay away from streams and rivers.
- **Alíjate de arroyos y ríos.** / Look for concrete buildings and climb as high as you can.
- **Busca edificios de concreto y sube lo más alto que puedas.** / If you don't have time, climb a tree.
- **Si no tienes tiempo, trepa a un árbol.** / If you are dragged through the water, cling to an object that keeps you floating.
- **Si eres arrastrado por el agua, aférrate a un objeto que te mantenga flotando.**

**Fíjate en los señalamientos... Look at the signs...**

Zona de riesgo de tsunami y ruta de evacuación / Zona de riesgo de tsunami y ruta de evacuación

Libica el refugio y rutas de evacuación



## Rutas de evacuación

## ZONA DE TSUNAMI



EN CASO DE TEMBLOR, VAYA A LUGARES ALTOS ( 35 mts) O TIERRA ADENTRO  
IN CASE OF EARTHQUAKE GO TO HIGH GROUND ( 35 mts) OR INLAND

## RUTA DE EVACUACIÓN



## Zonas de seguridad

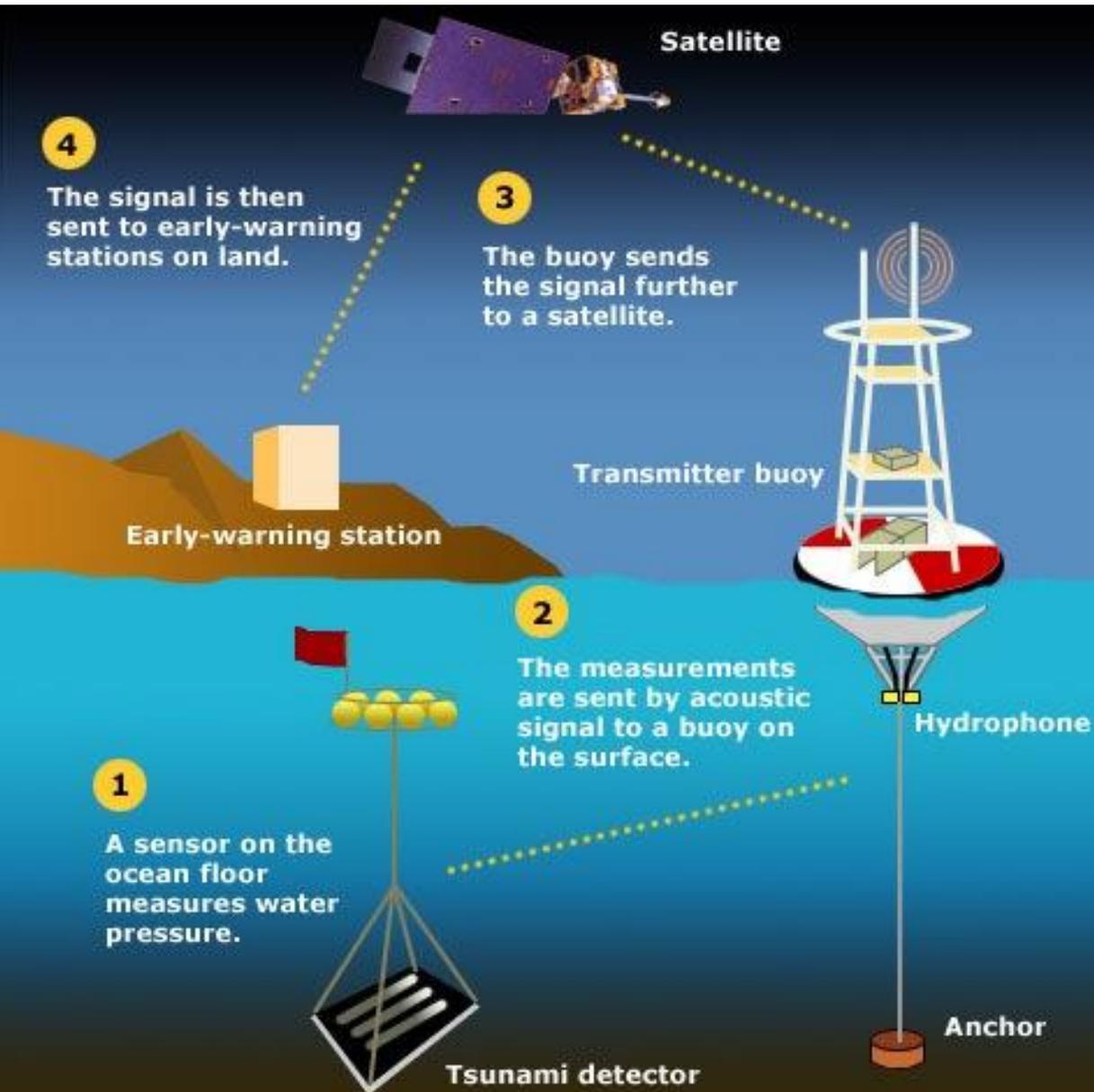
## TSUNAMI



ZONA DE SEGURIDAD  
SAFETY ZONE

ESPERE AL PERSONAL CAPACITADO  
WAIT FOR OFFICIAL ALL-CLEAR

# Medidas Complementarias



## The Wave Watchdog

When an earthquake strikes on the bed of the ocean, millions of tons of water are suddenly pushed upwards -- or sinks dramatically downwards -- thus generating a powerful wave. In deep water, the wave travels at extremely high rates of speed. The wave can be identified by a tsunami detector, which then transmits a warning via satellite.

With the help of data received from transmitter buoys and prediction models, it is possible, even just 15 minutes after an earthquake strikes, to determine the path and the strength of a tsunami. Warnings can be sent out to the endangered regions immediately.

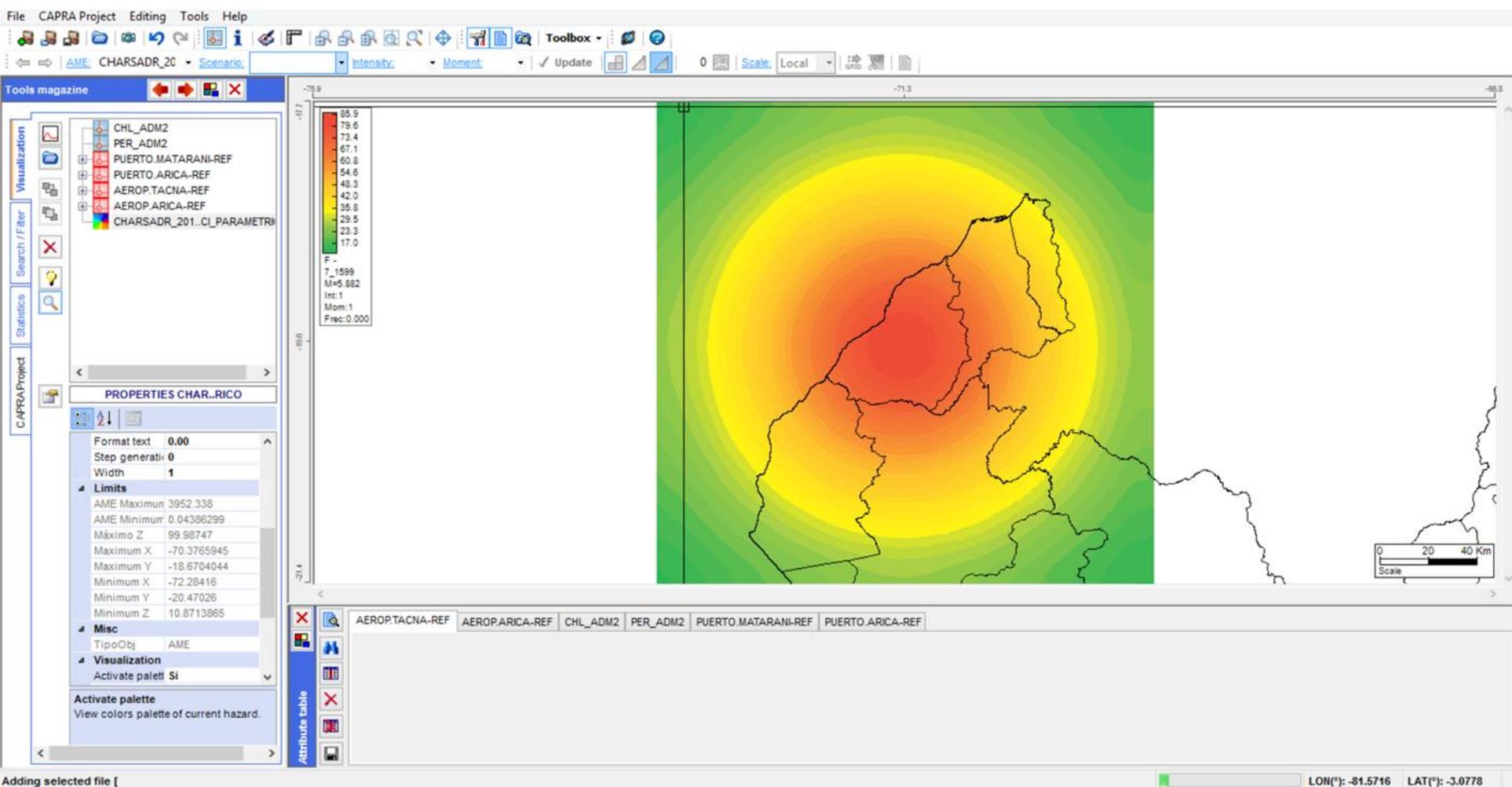
## Sistema de alerta

# Posibles medidas de mitigación por Tsunami

Es importante tener en cuenta:

- Las medidas de mitigación no deben obstaculizar el funcionamiento cotidiano en los puertos
- Los tsunamis presentan una gran fuerza ocasionada por el movimiento de grandes masas de agua, por lo que una obra de mitigación que pretenda contrarrestarla debe ser de grandes dimensiones, lo cual involucra un alto costo
- Construir diques en costa para esperar el máximo evento probable (20, 30 m de altura o más) no es realista ni práctico desde el punto de vista financiero, social o ambiental
- En países como Japón se han realizado por muchos años obras estructurales en las costas para reducir el daño ocasionado por tsunamis. Aún así, en el gran tsunami del año 2011 muchas de esas estructuras en costa resultaron afectadas. Por lo que la experiencia ha enseñado que lo mas recomendable es emplear una combinación de medidas **estructurales** y **complementarias** para reducir la afectación ocasionada por los tsunamis.

# Plataforma CAPRA para Análisis Probabilista de Riesgo



Adding selected file [