



## **Informe de Avance**

# **Identificación y Mitigación de Vulnerabilidades Infraestructuras de IIRSA Seleccionadas en Perú y Chile**

**Rodrigo Retamales Saavedra, PhD**

**ERN/RBA**

**ERN Evaluación de Riesgos Naturales**

**RBA Rubén Boroschek y Asociados Ltda.**

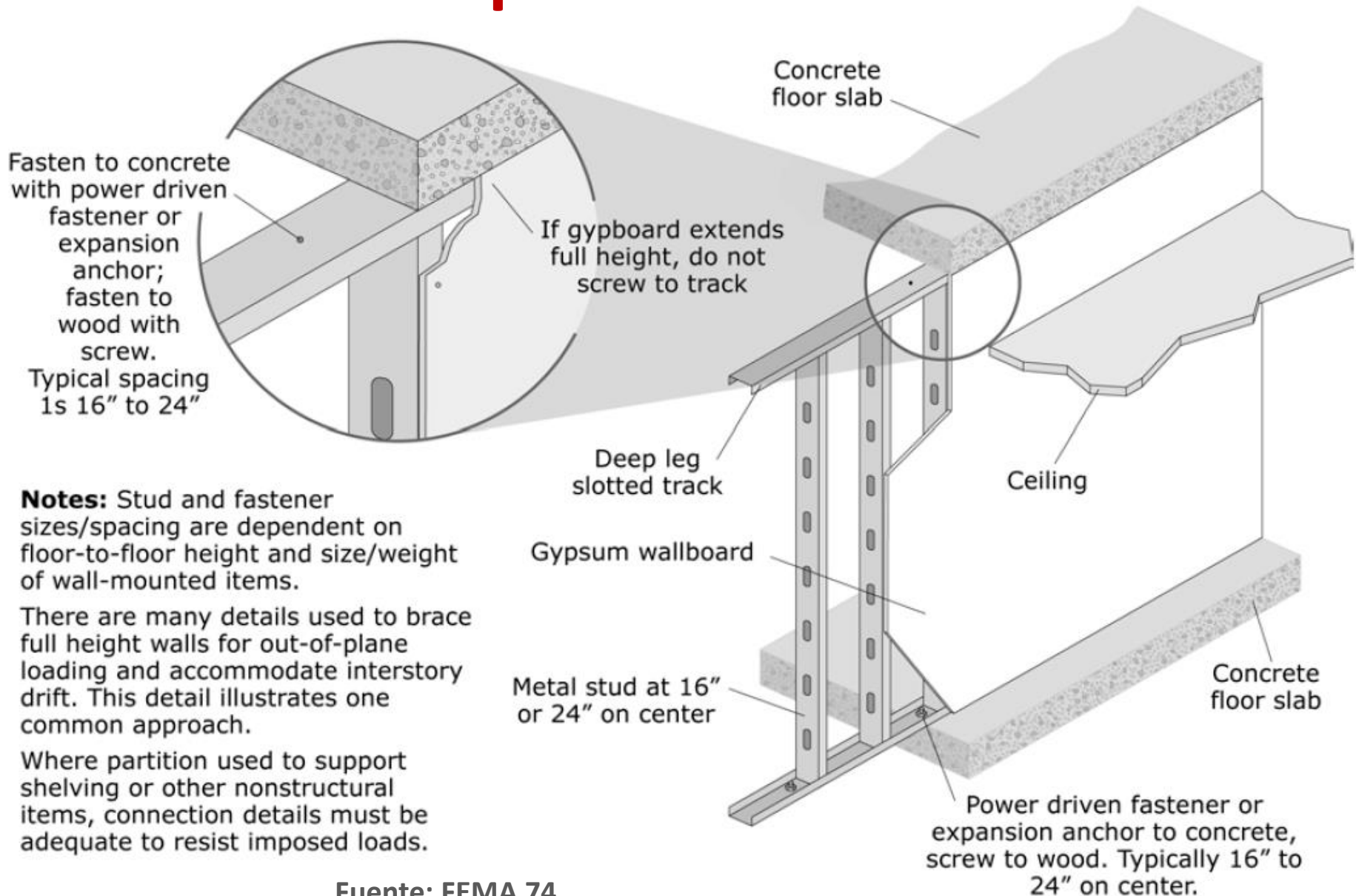
**Arica, 8 de Marzo de 2016**

# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Aeropuerto Arica

## Particiones sin detallamiento sísmico



# Detalles: Tabiquerías



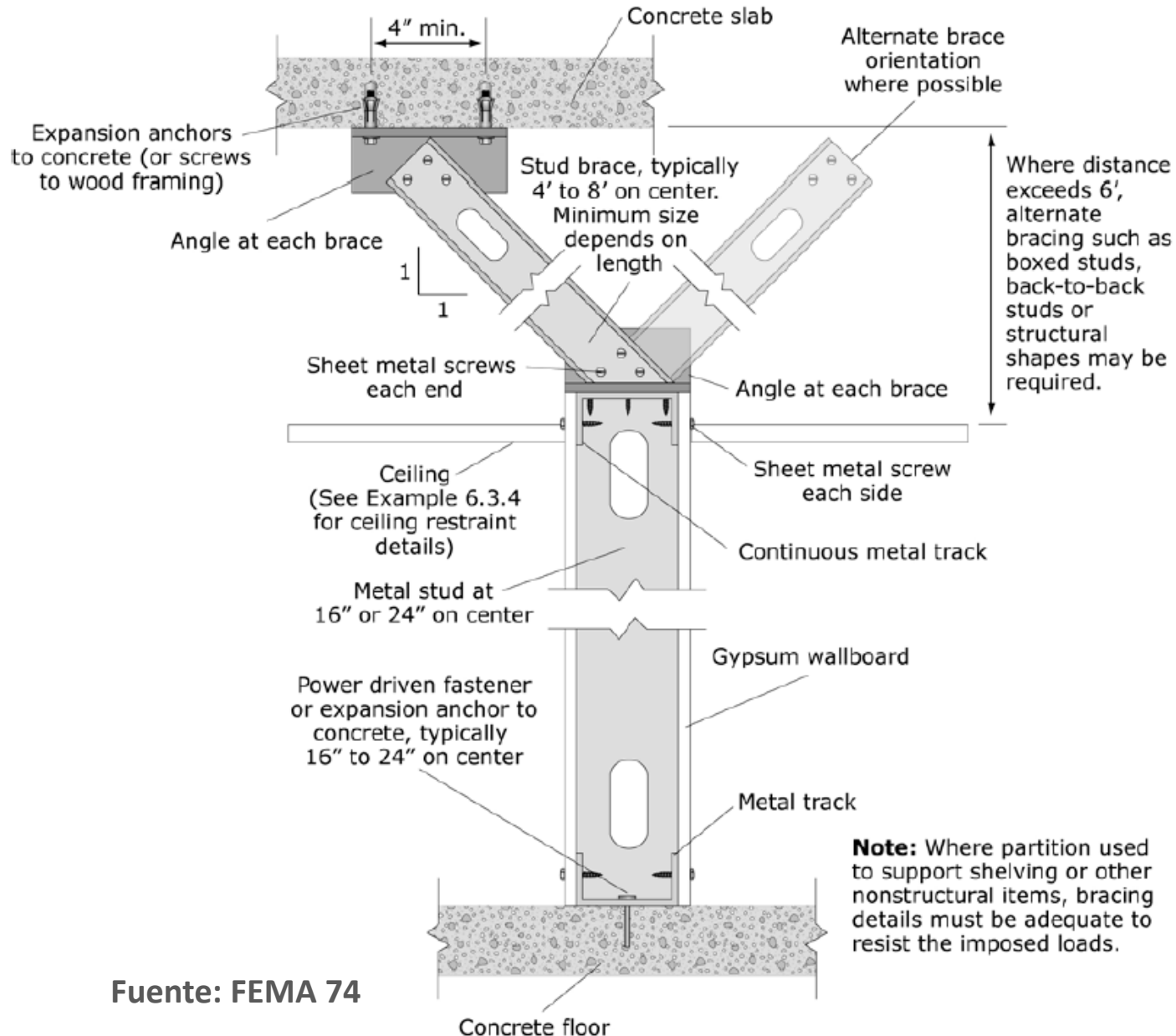
**Notes:** Stud and fastener sizes/spacing are dependent on floor-to-floor height and size/weight of wall-mounted items.

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.

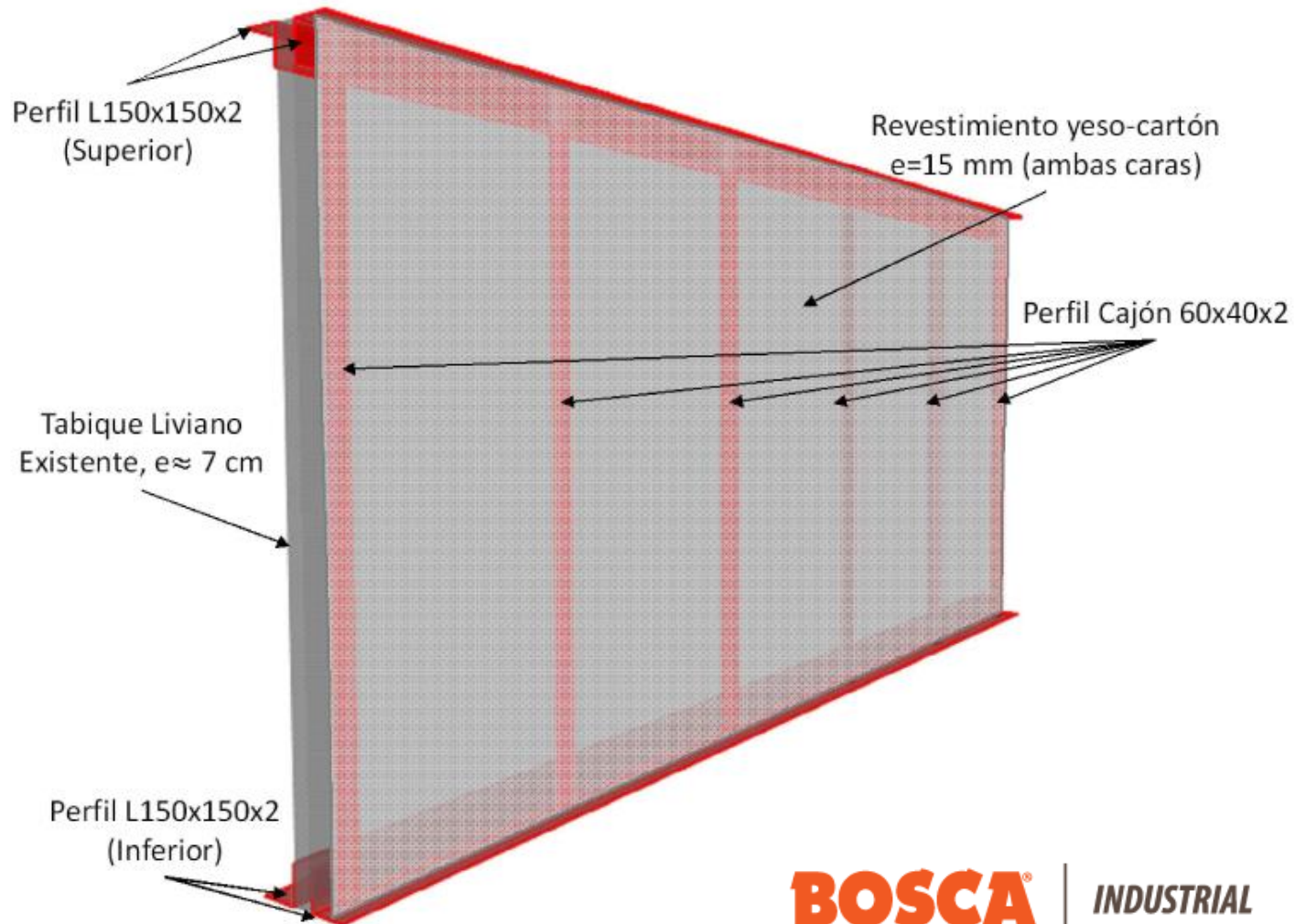
Fuente: FEMA 74

# Detalles: Tabique altura parcial

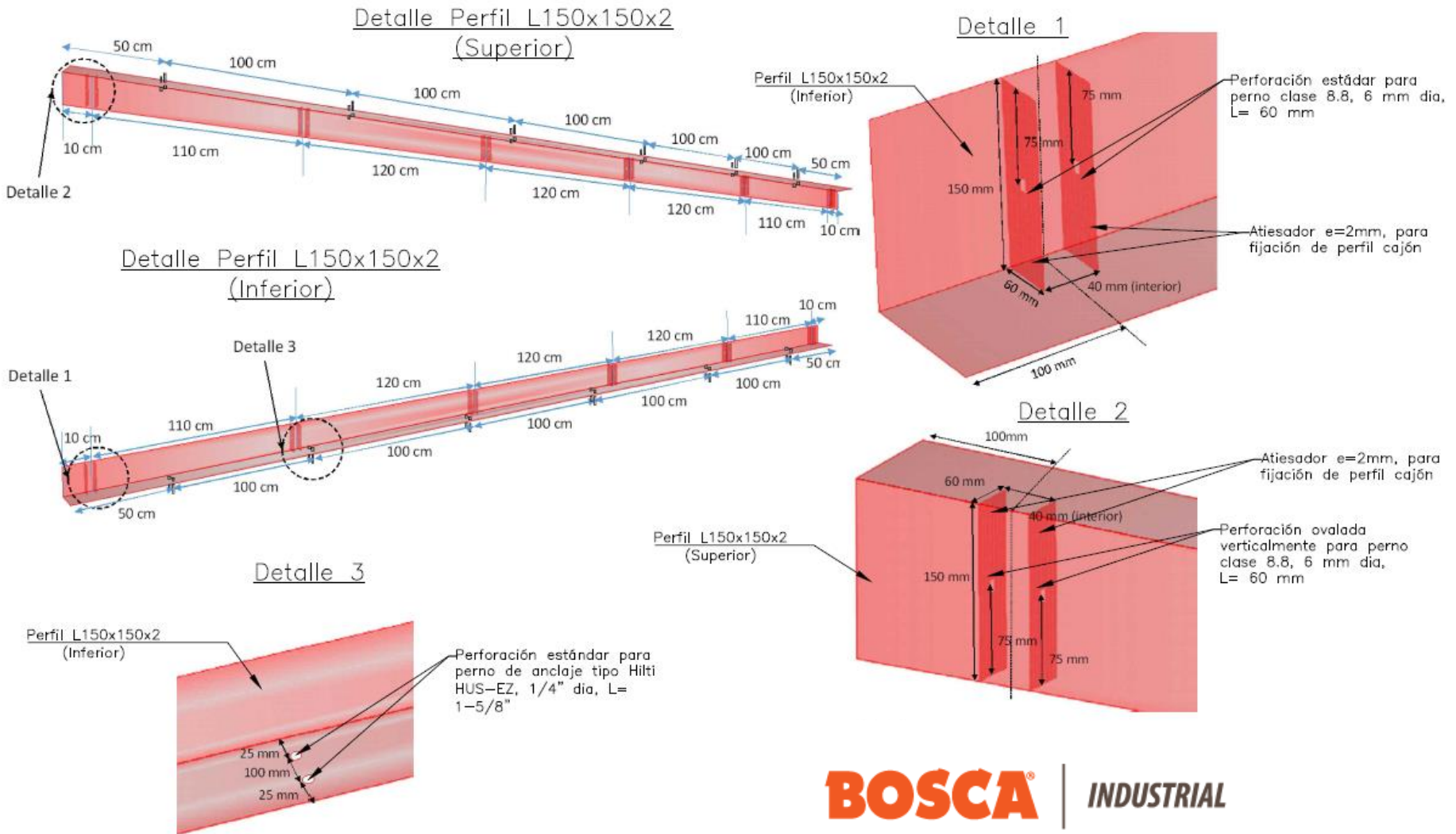


Fuente: FEMA 74

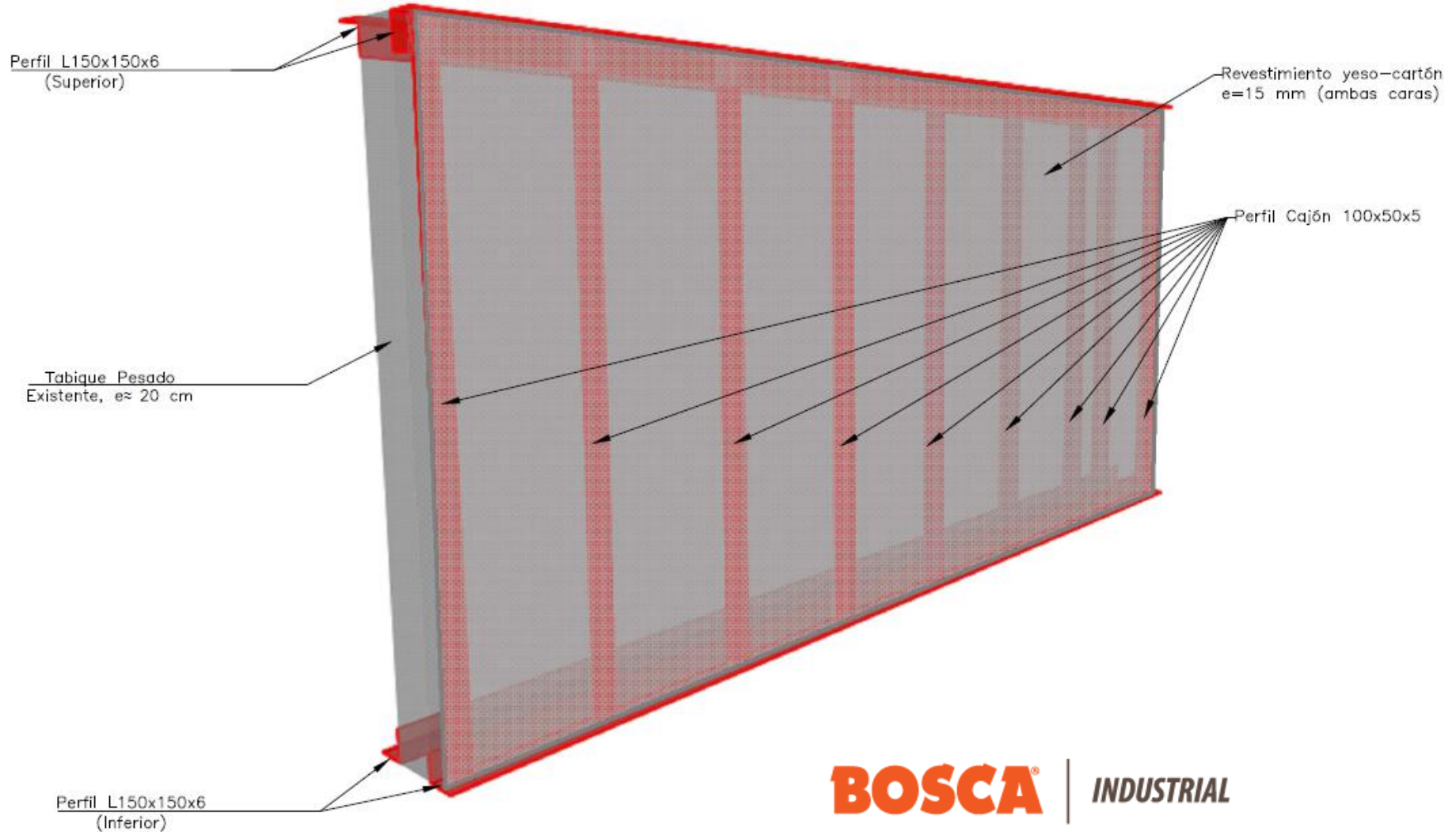
## Refuerzos para Tabiques Livianos



## Refuerzos para Tabiques Livianos

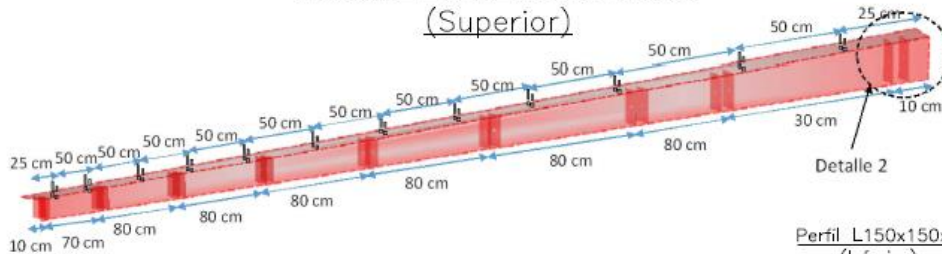


## Refuerzos para Tabiques Pesados



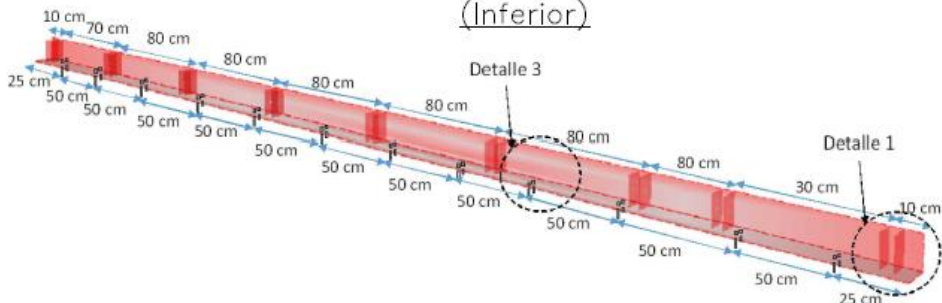
## Refuerzos para Tabiques Pesados

Detalle Perfil L150x150x6  
(Superior)



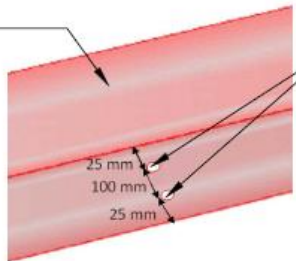
Detalle 2  
Perfil L150x150x6  
(Inferior)

Detalle Perfil L150x150x6  
(Inferior)



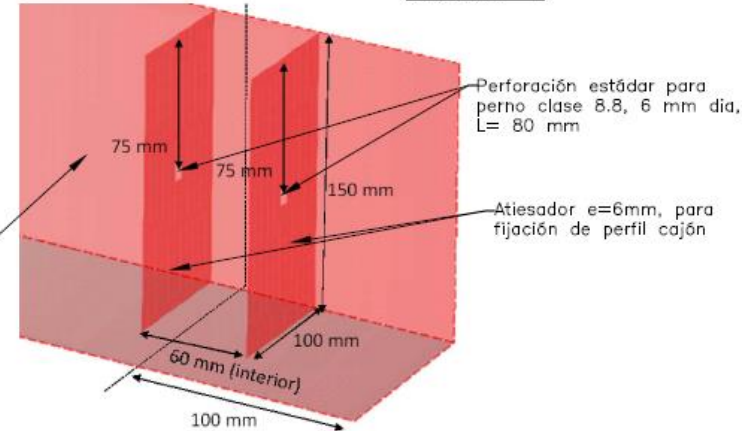
Detalle 3  
Perfil L150x150x6  
(Superior)

Detalle 3  
Perfil L150x150x6  
(Inferior)

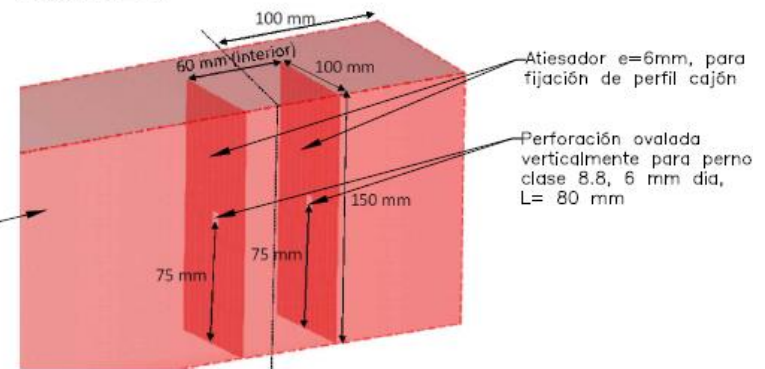


Perforación estándar para perno de anclaje tipo Hilti HUS-EZ, 3/8" dia, L= 3-1/4"

Detalle 1



Detalle 2





# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Aeropuerto Arica

Cielos rasos sin detallamiento sísmico



Mitigación: Incorporar detallamiento sísmico

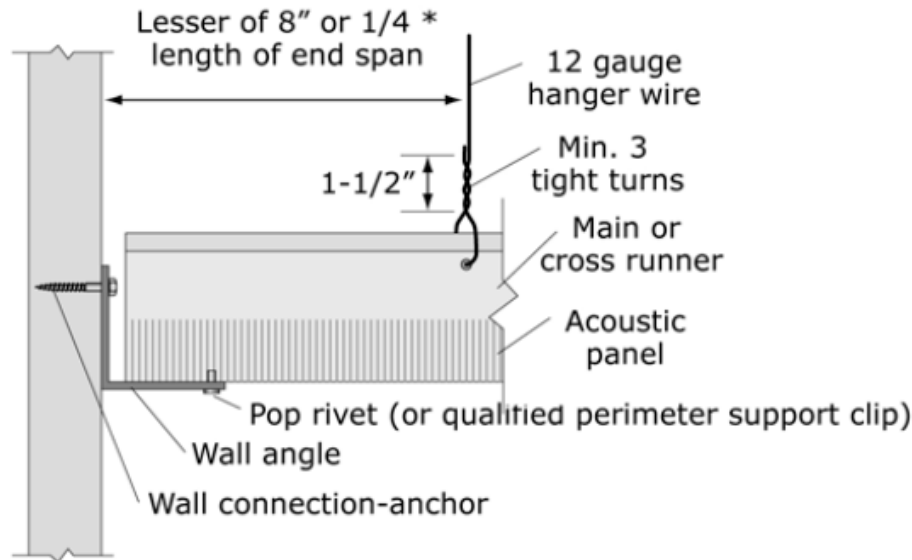
# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Aeropuerto Arica

## Cielos rasos sin detallamiento sísmico

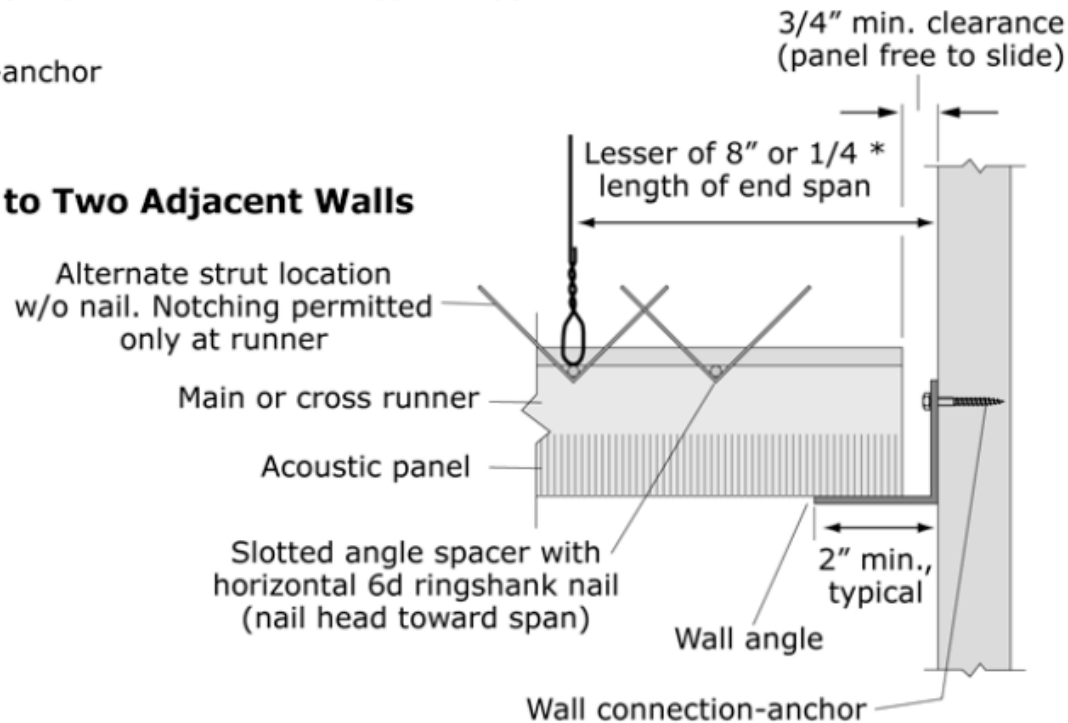


Mitigación: Incorporar detallamiento sísmico

# Mitigación Vulnerabilidad Cielos Rasos



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

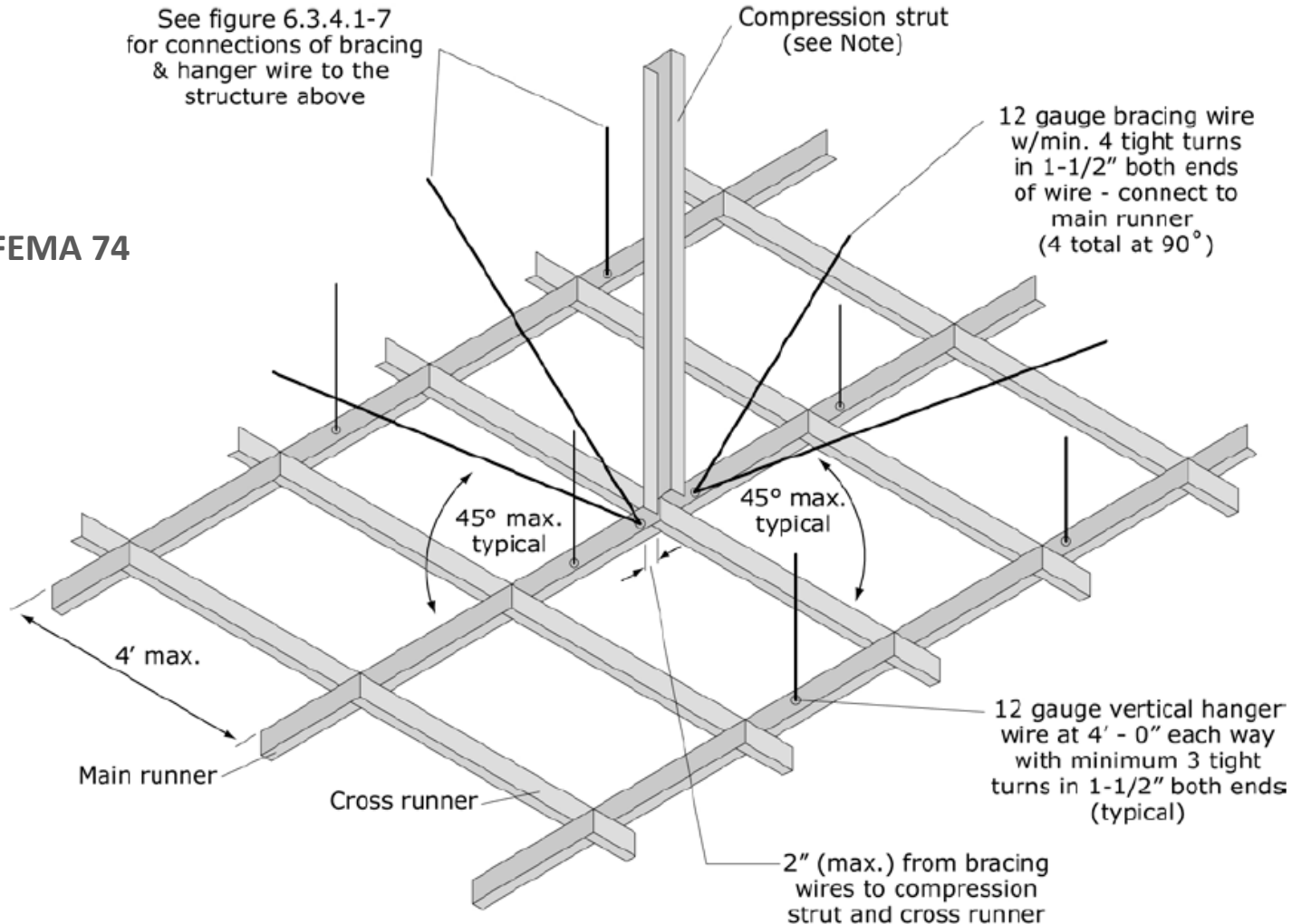


**(b) "Free" Connection to Two Adjacent Walls**

Fuente: FEMA 74

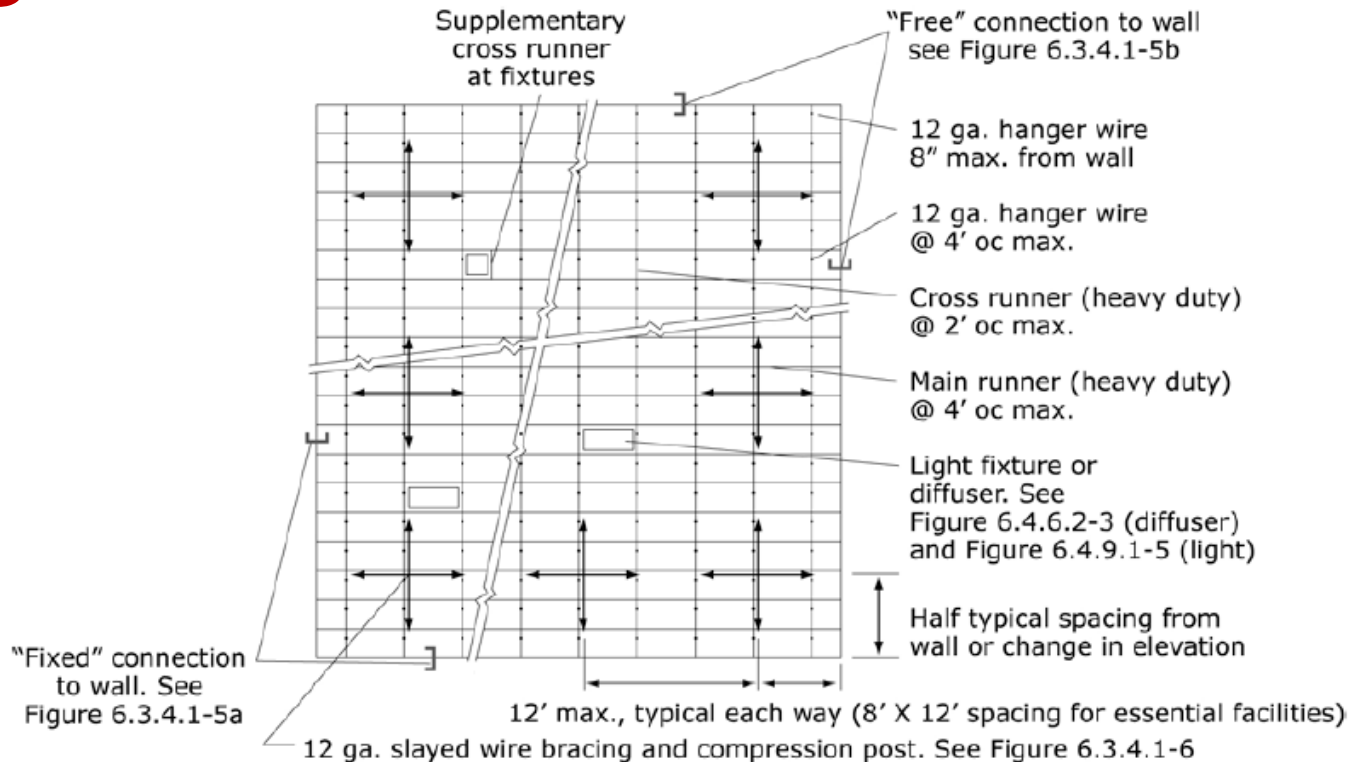
# Mitigación Vulnerabilidad Cielos Rasos

Fuente: FEMA 74

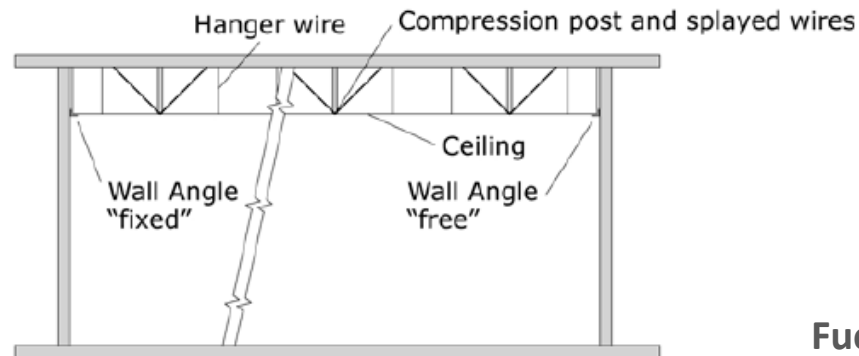


**Note:** Compression strut shall not replace hanger wire. Compression strut consists of a steel section attached to main runner with 2 - #12 sheet metal screws and to structure with 2 - #12 screws to wood or 1/4" min. expansion anchor to structure. Size of strut is dependent on distance between ceiling and structure ( $l/r \leq 200$ ). 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



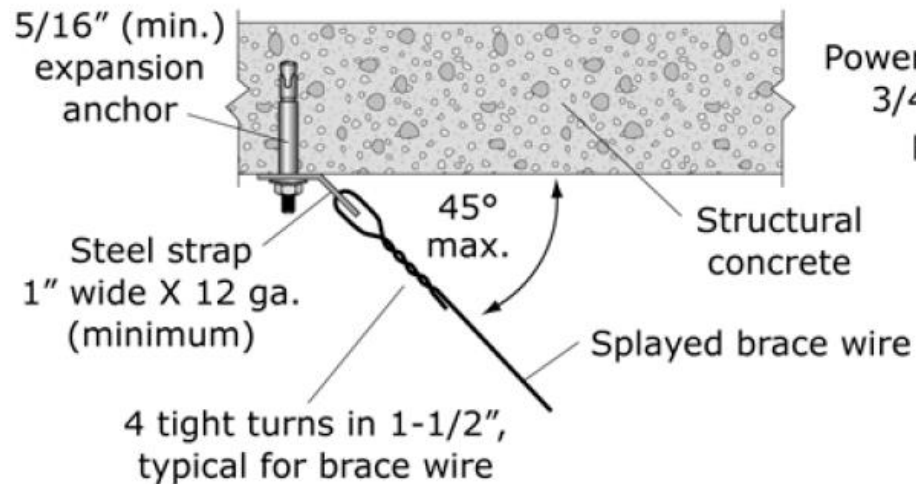
**Plan**



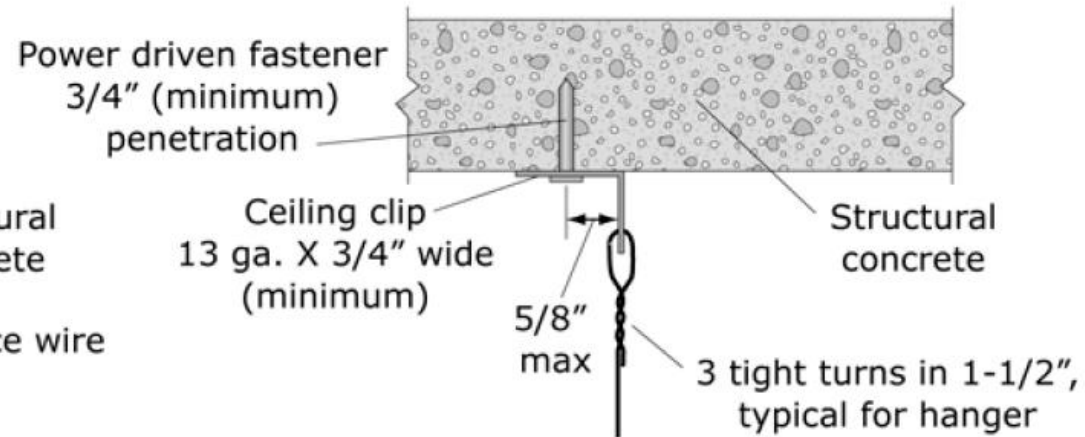
**Section**

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

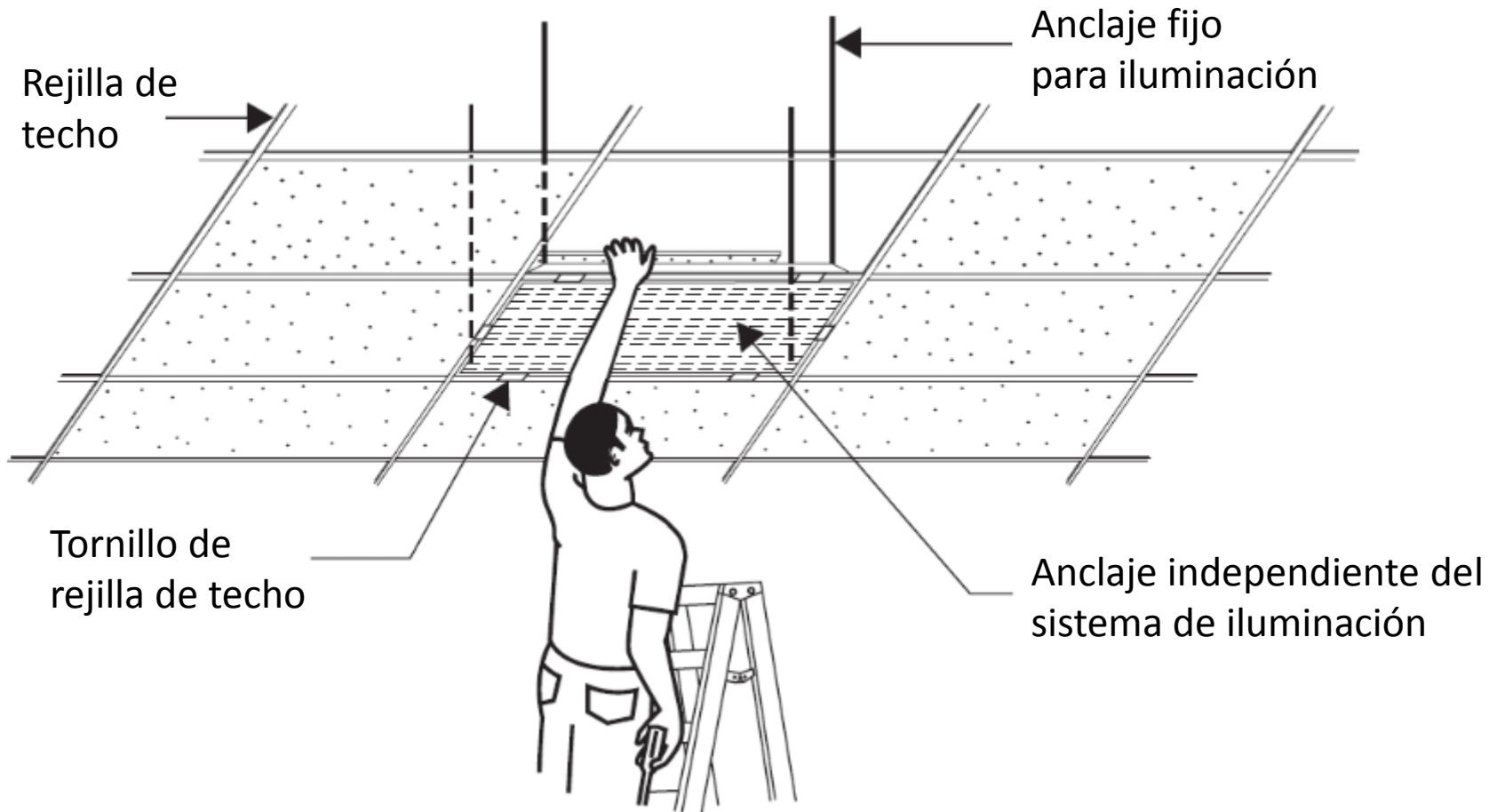


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Aeropuerto Arica

## Sistemas distribuidos sin arrioste sísmico





# Rehabilitación sistemas distribuidos

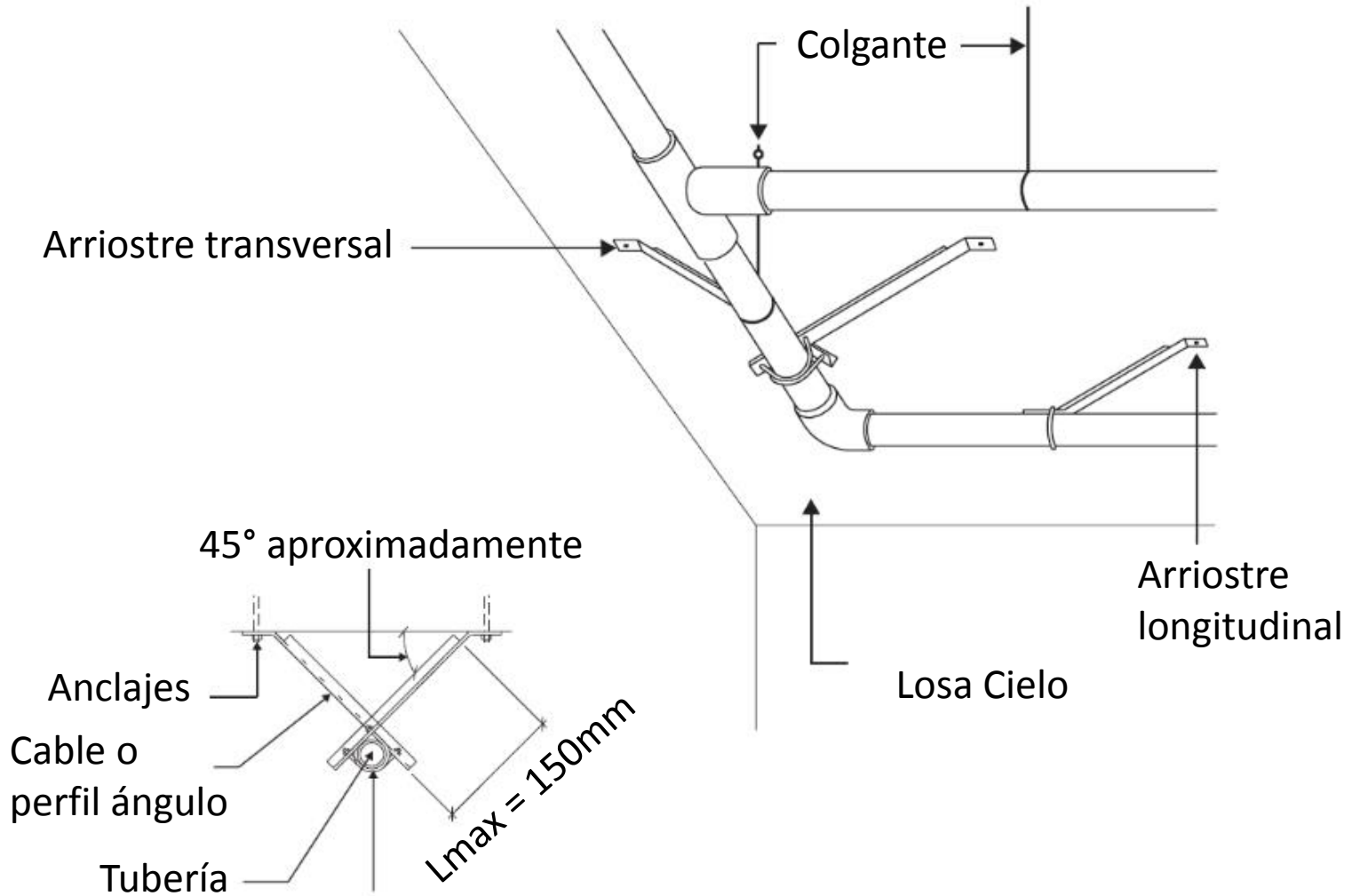


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

# Rehabilitación tuberías

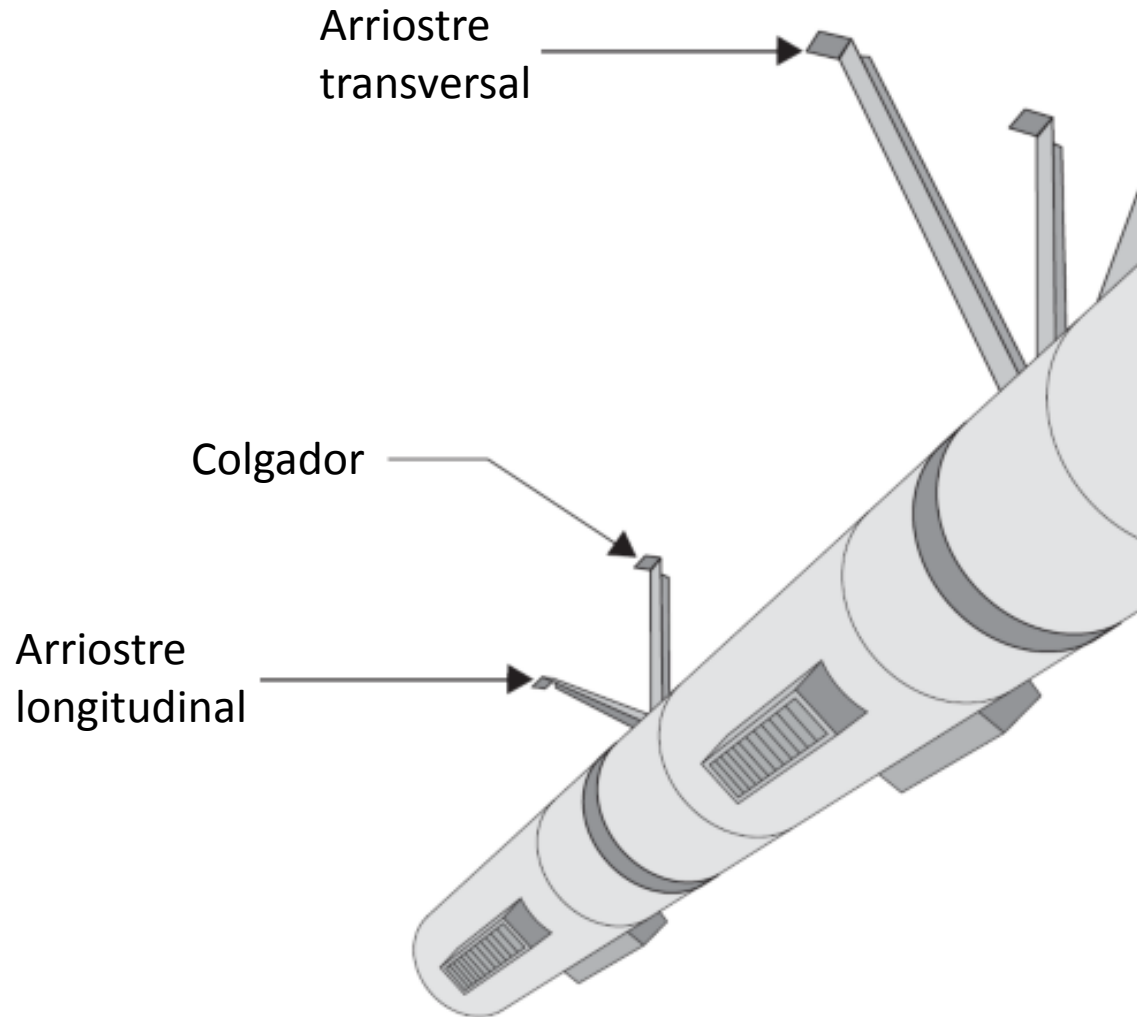
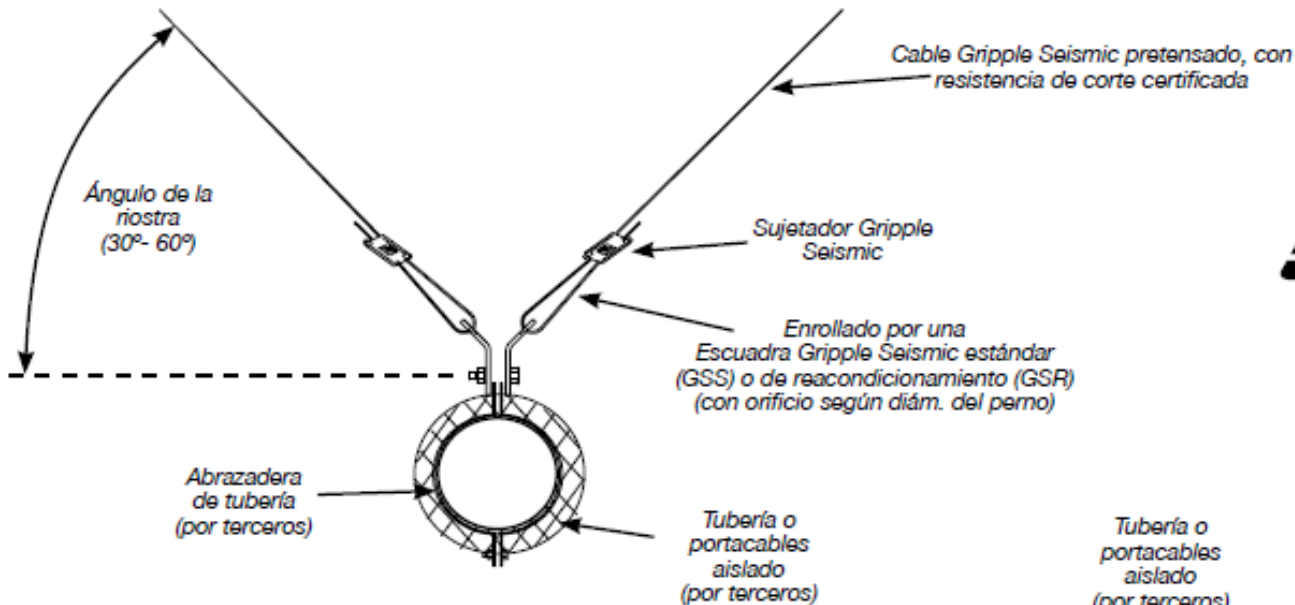
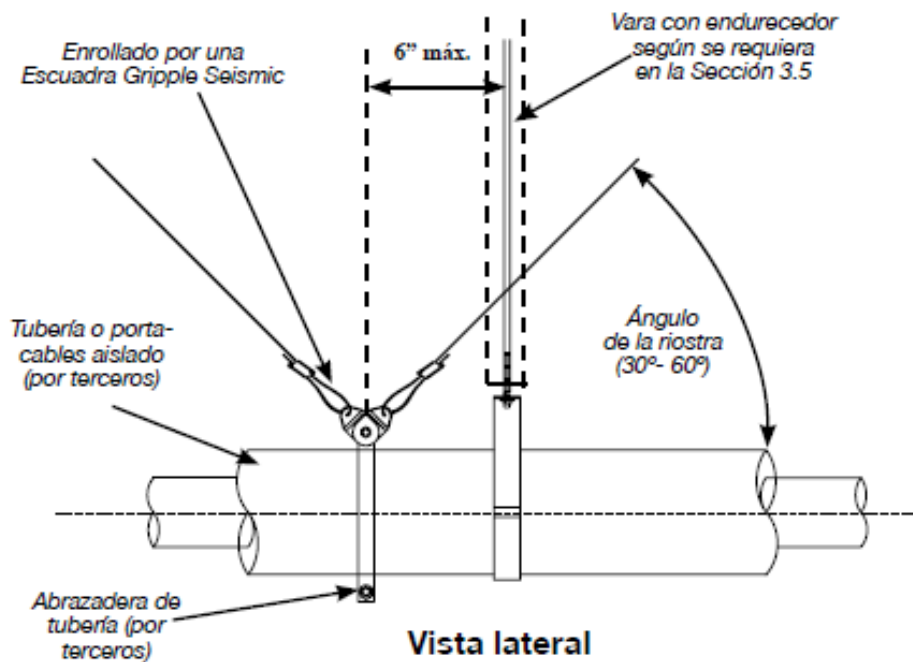


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

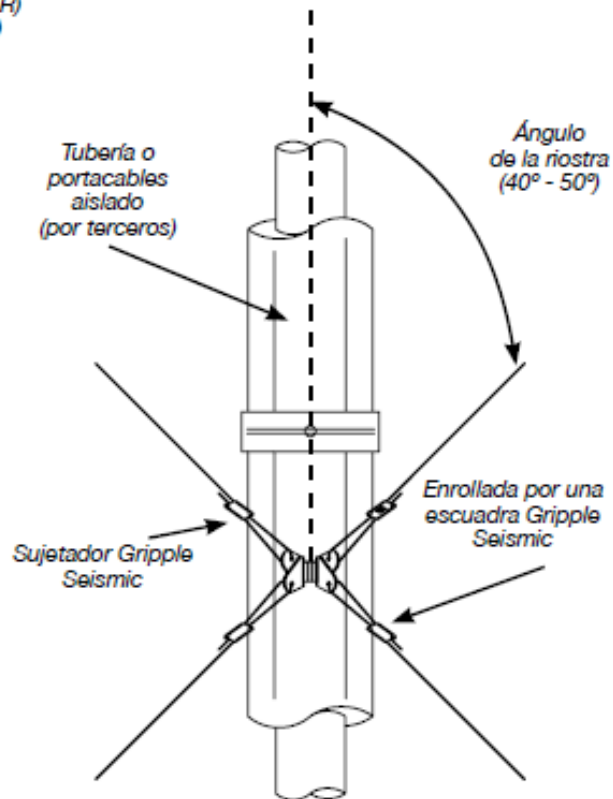


Vista de la sección



Vista lateral

**G GRIPPLE®**  
SEISMIC

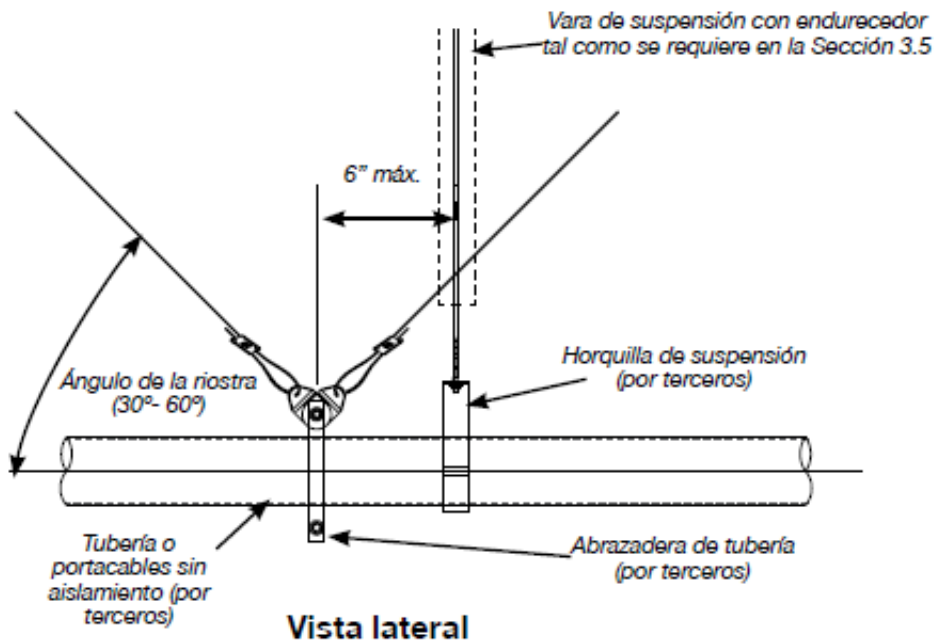
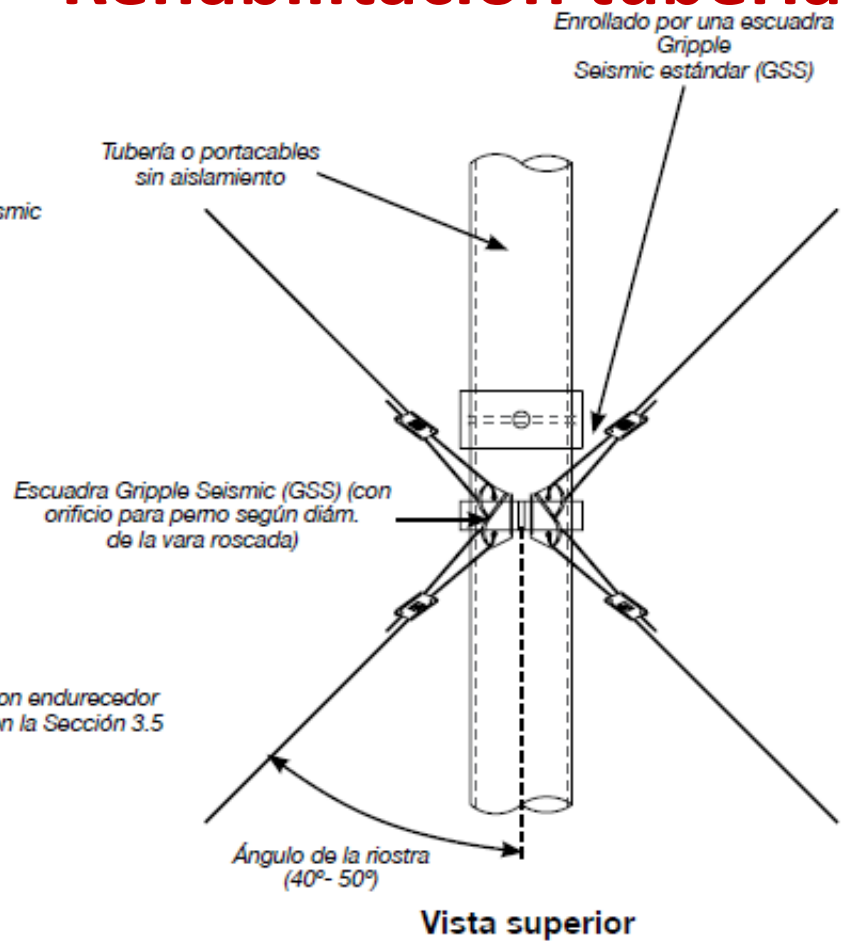
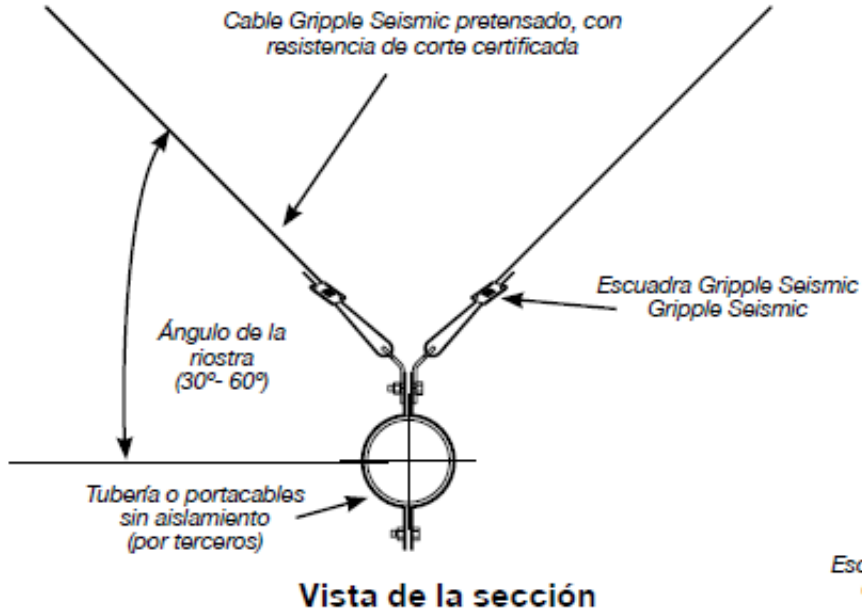


Vista superior

Valor Aprox. 10-20 US\$/Cable

RBA

# Rehabilitación tuberías



Valor Aprox. 10-20 US\$/Cable

RBA

# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Aeropuerto Arica

Equipos y mobiliario susceptible de volcar o deslizar



# Detallamiento sísmico archivadores

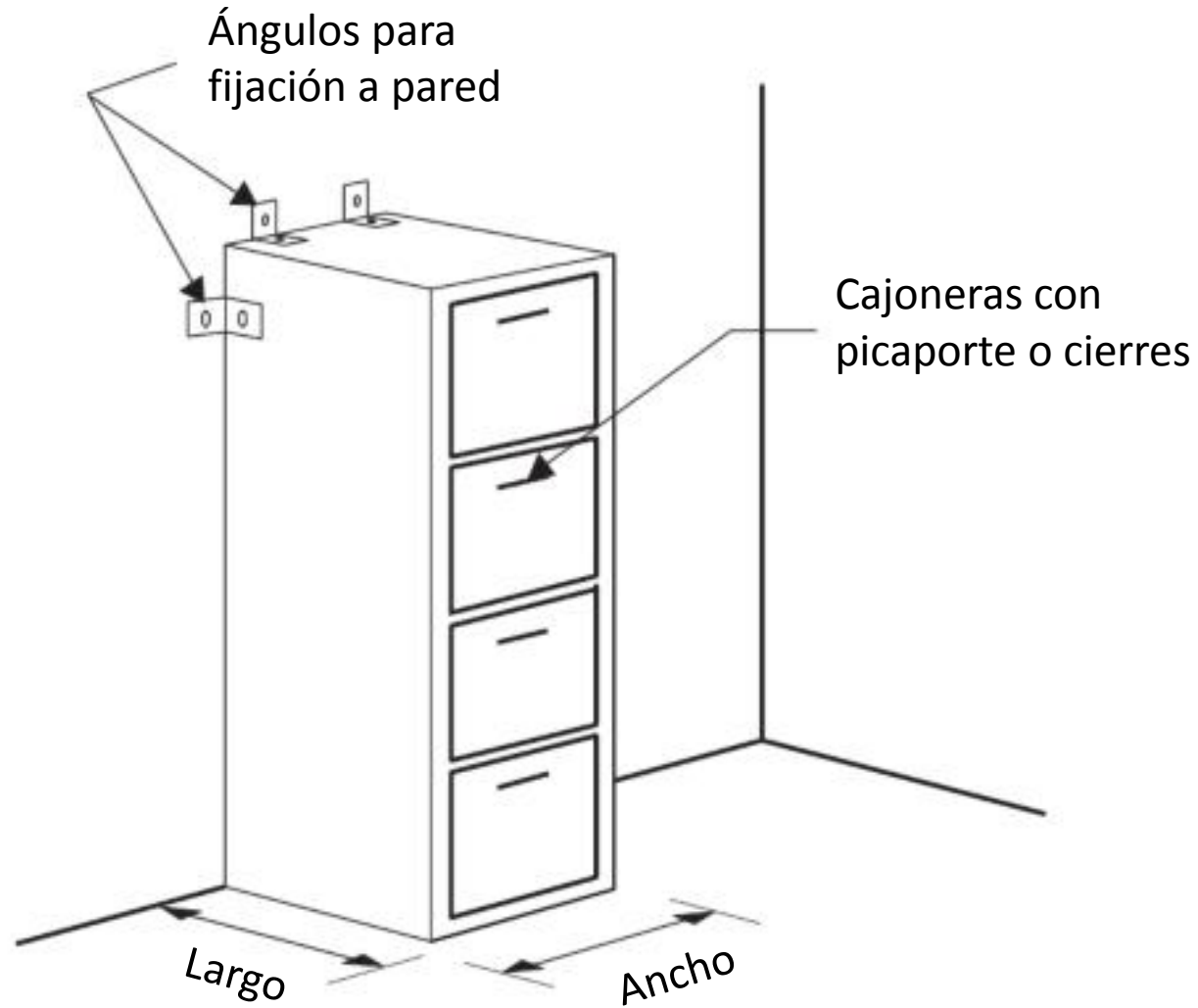


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

# Detallamiento sísmico archivadores

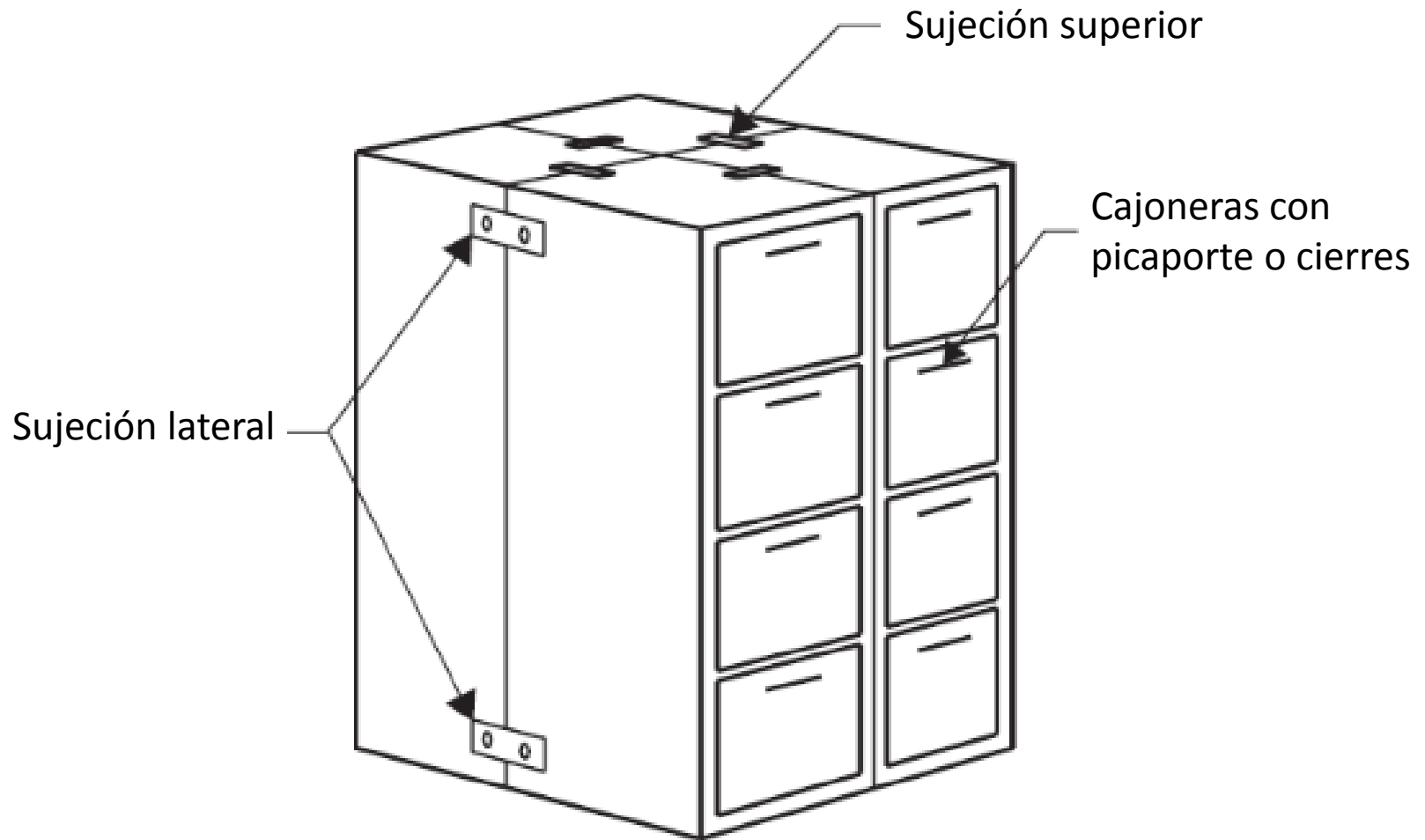


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

# Detallamiento sísmico librerías altura inferior a 150 cm

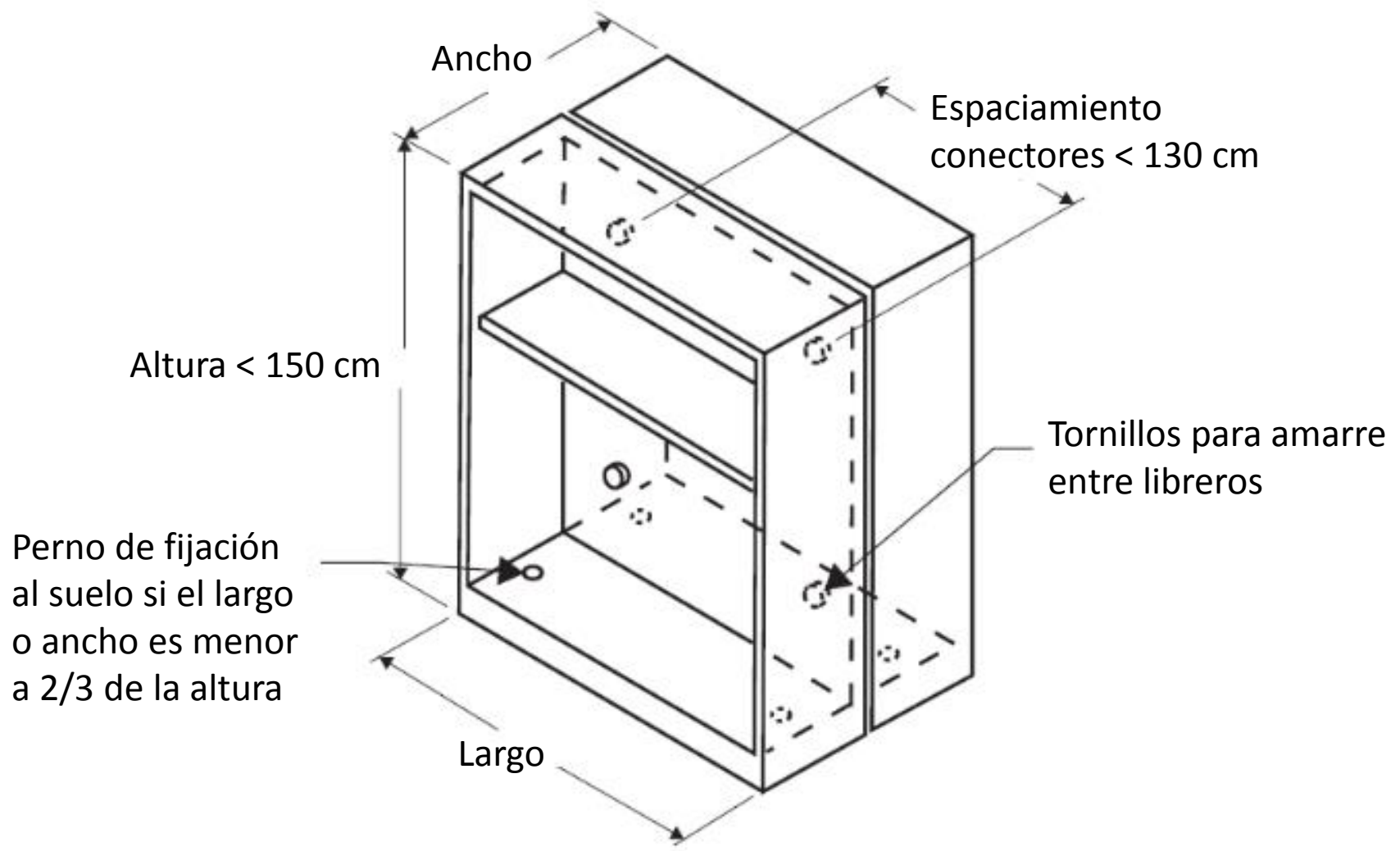


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools



# Detallamiento sísmico libreros altura superior a 150 cm

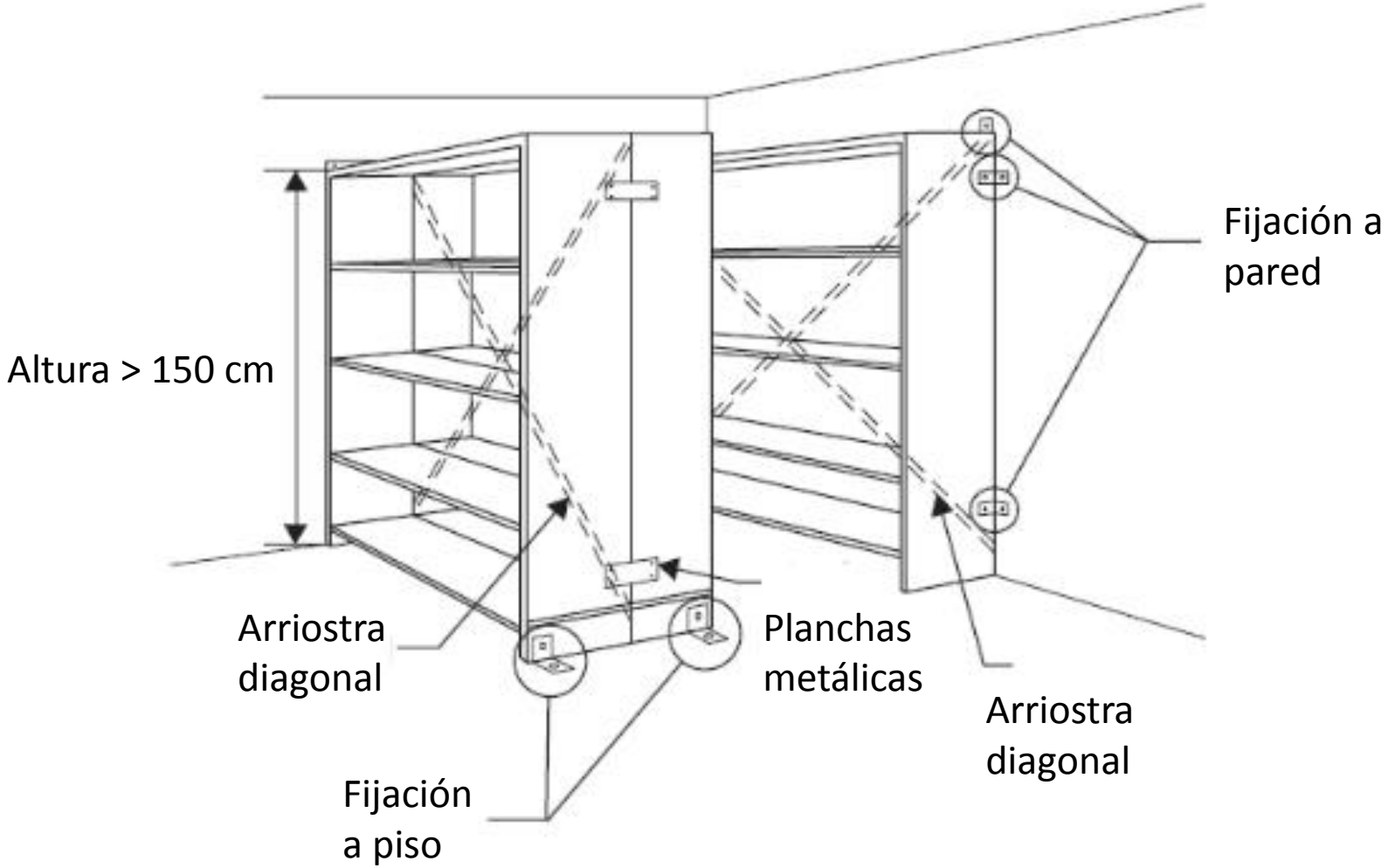


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

# Detallamiento sísmico libreros altura superior 150 cm

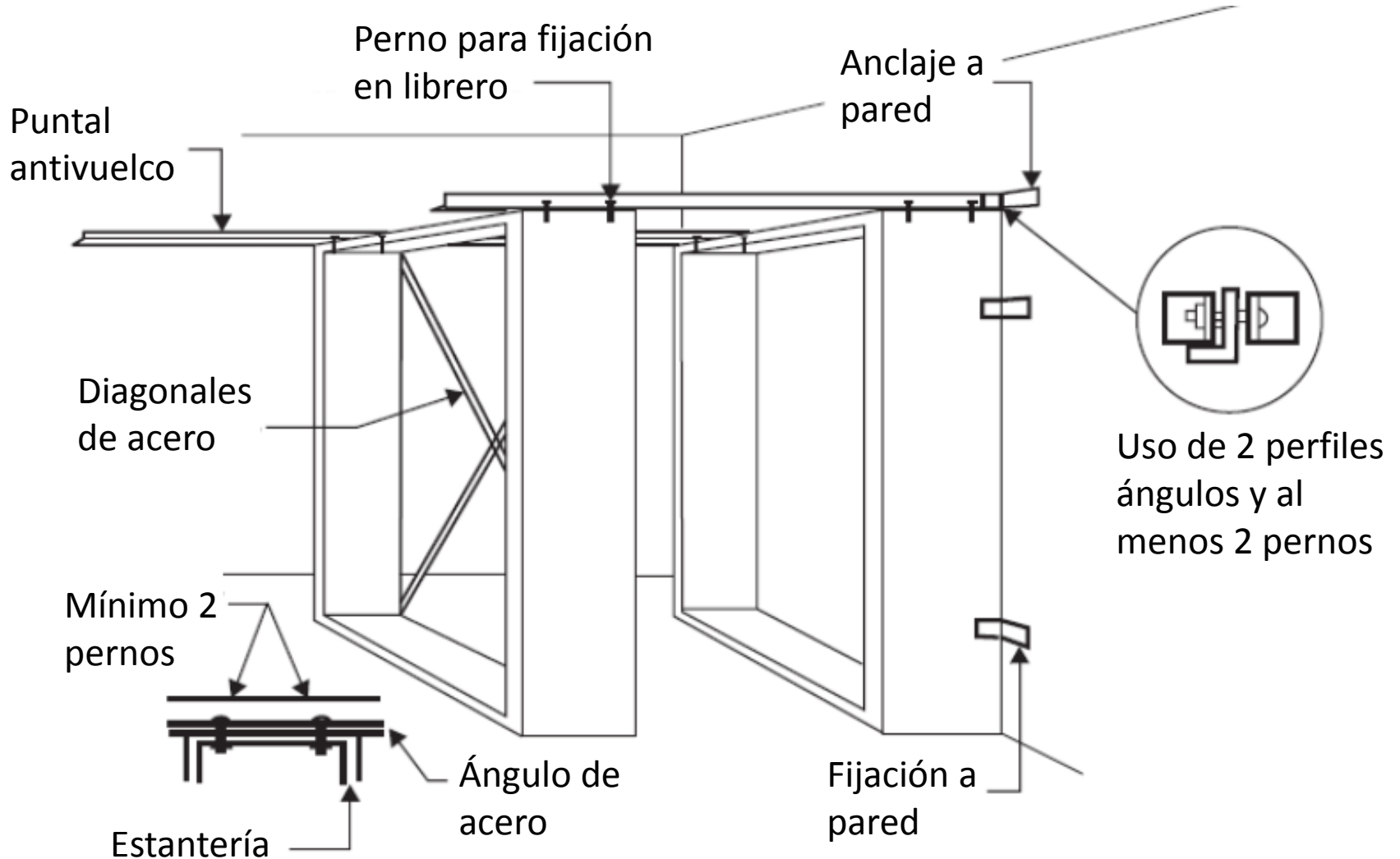
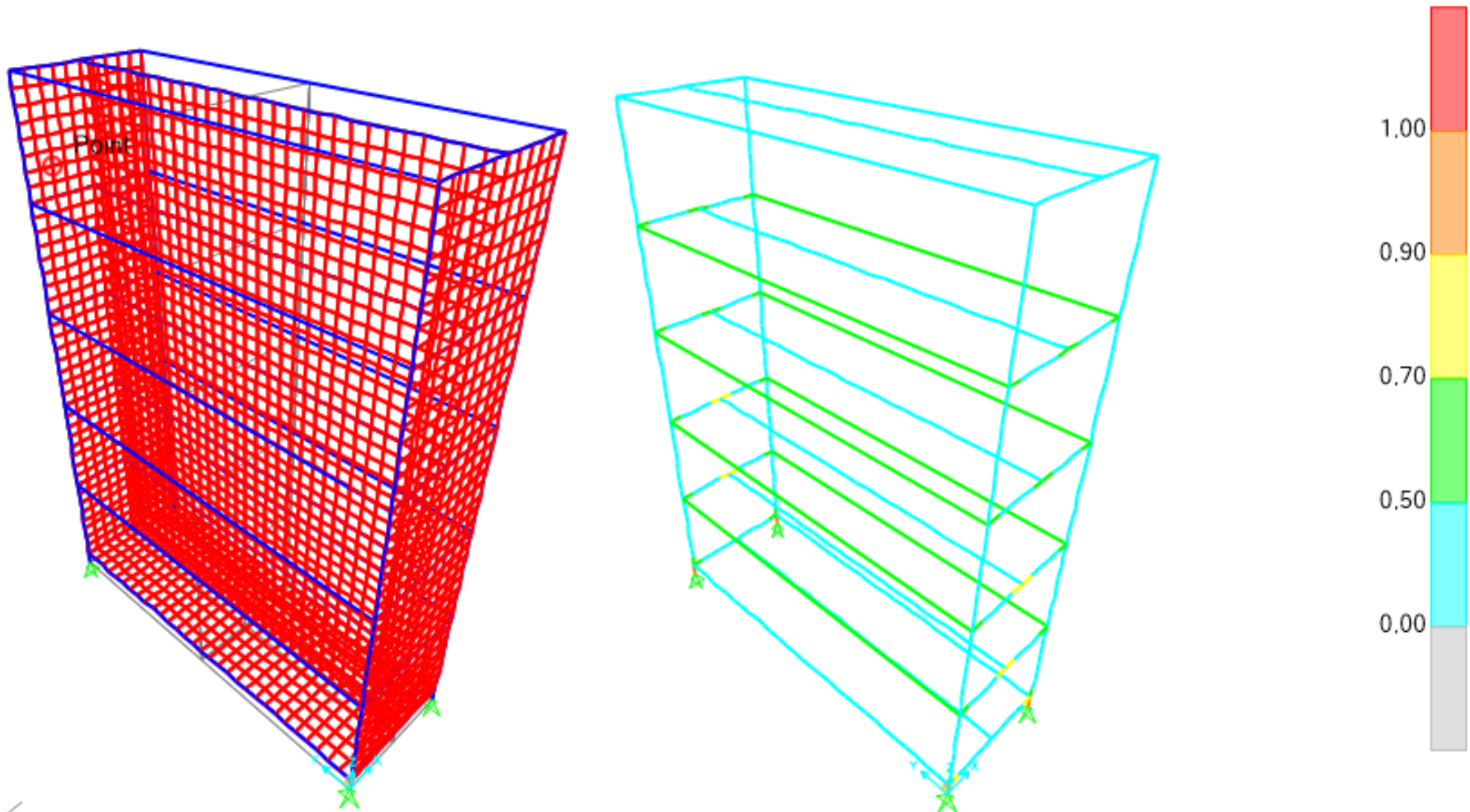
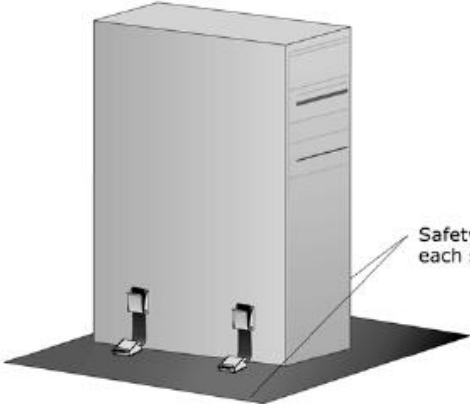


Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

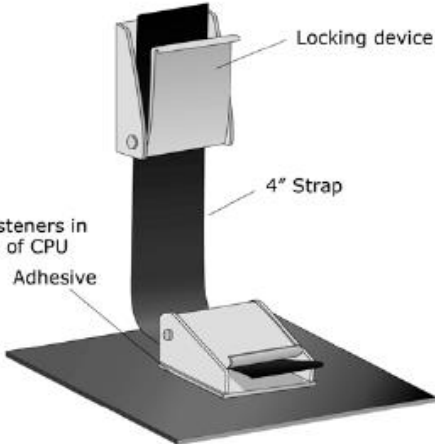
# Estanterías diseñadas sísmicamente



# 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 Puerto Matarani

## Edificio Administrativo



# Rehabilitación equipos suspendidos

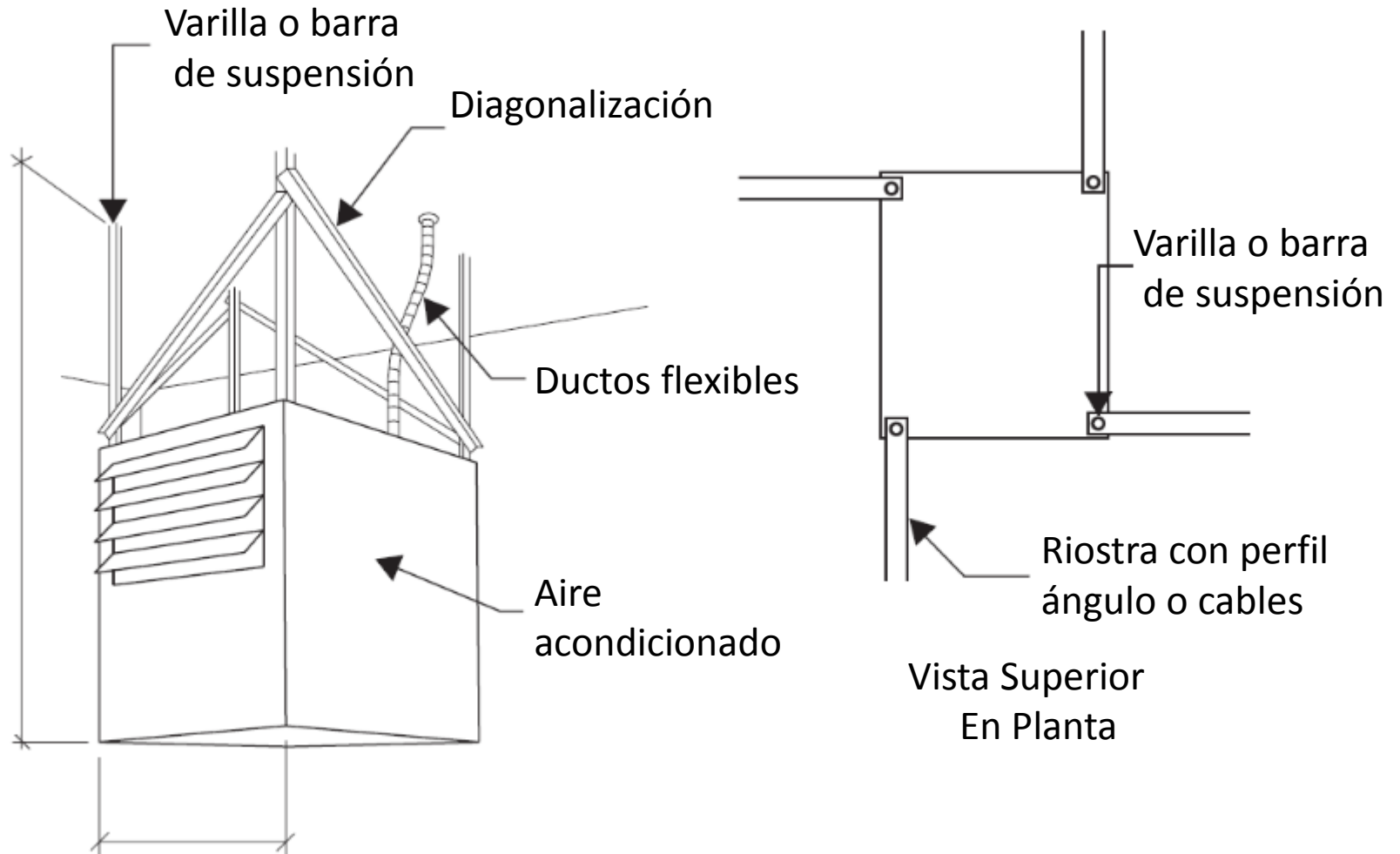


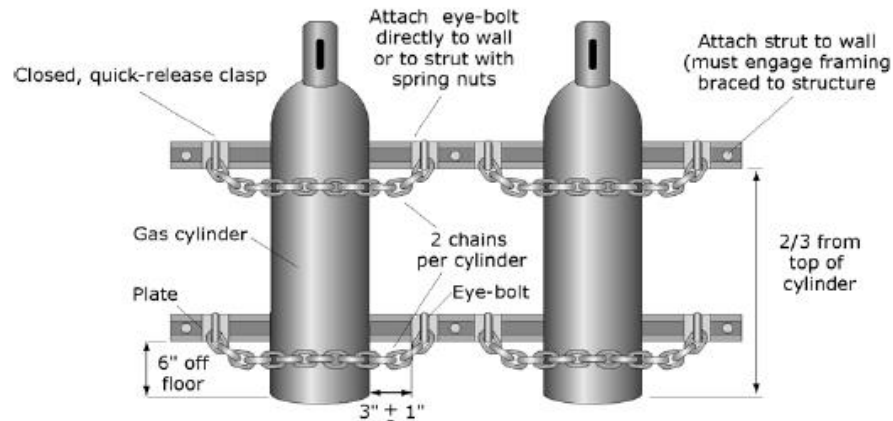
Imagen: Guide and Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools

# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Puerto Matarani

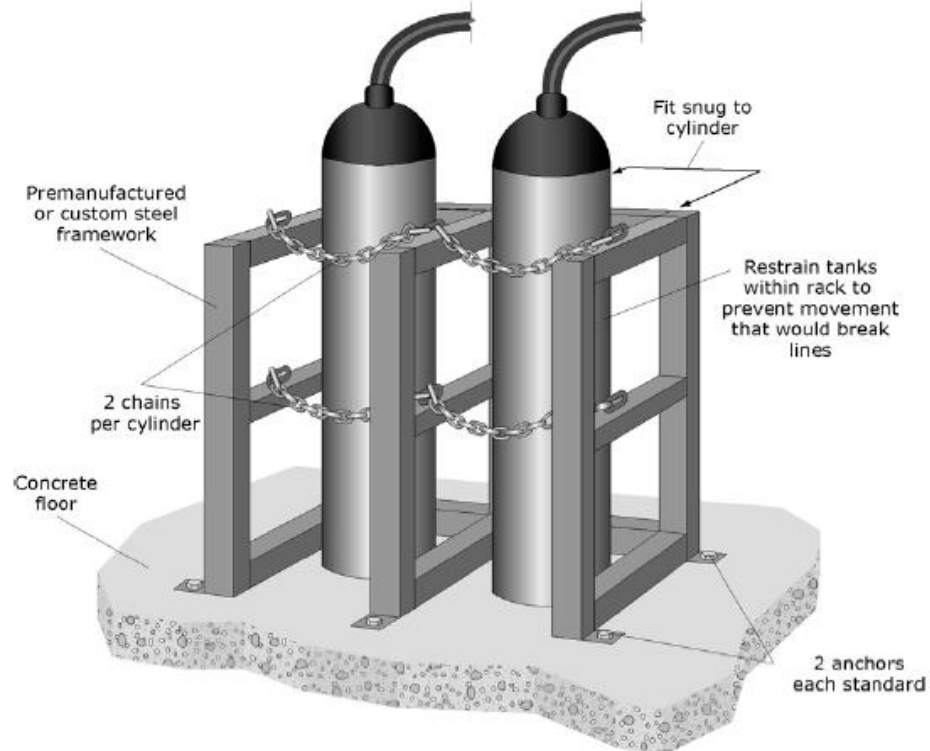
## Edificio Administrativo



# Detalles Cilindros



**Restraint for Gas Cylinder Against Wall**



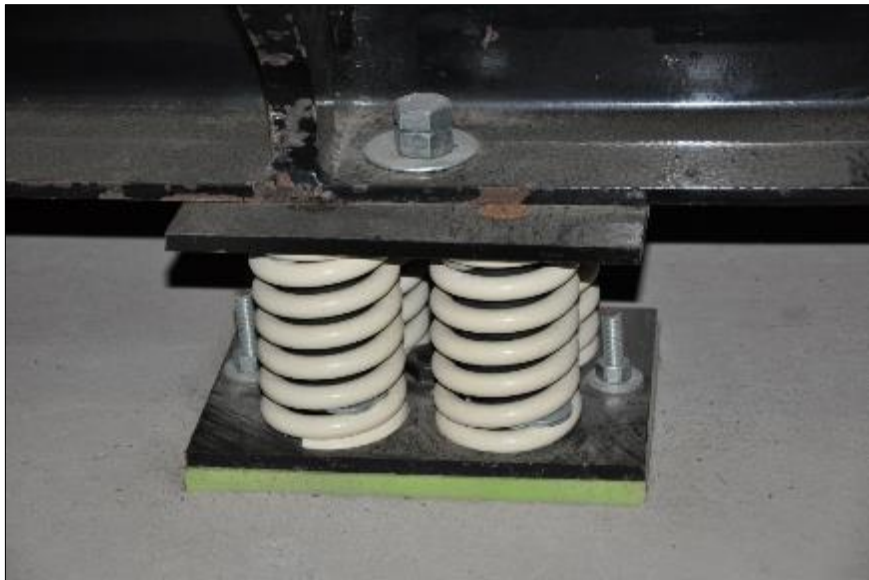
**Restraint for Freestanding Gas Cylinders**

Fuente: FEMA 74

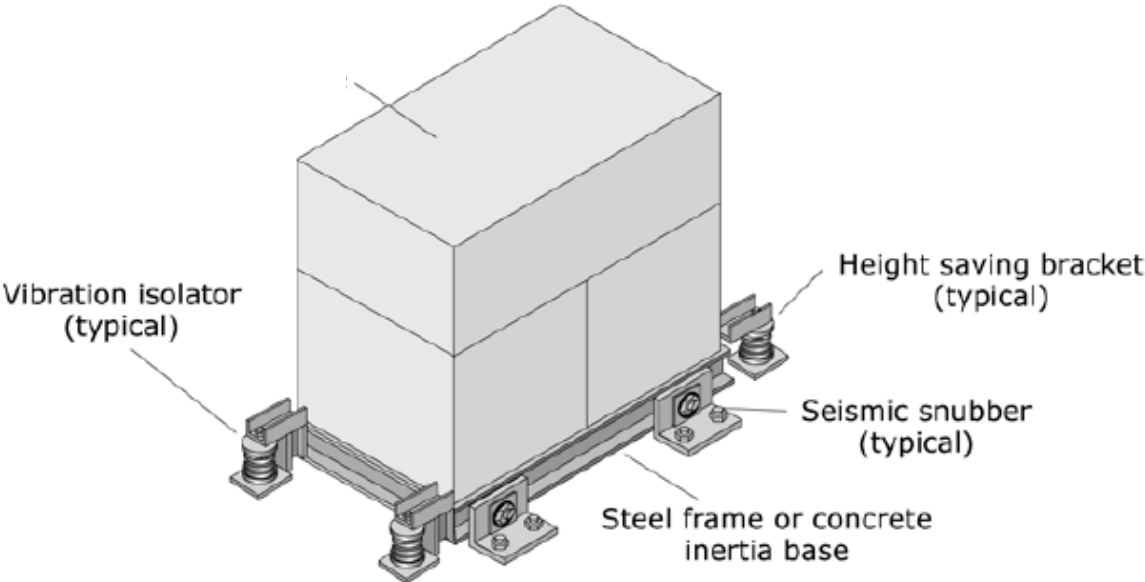
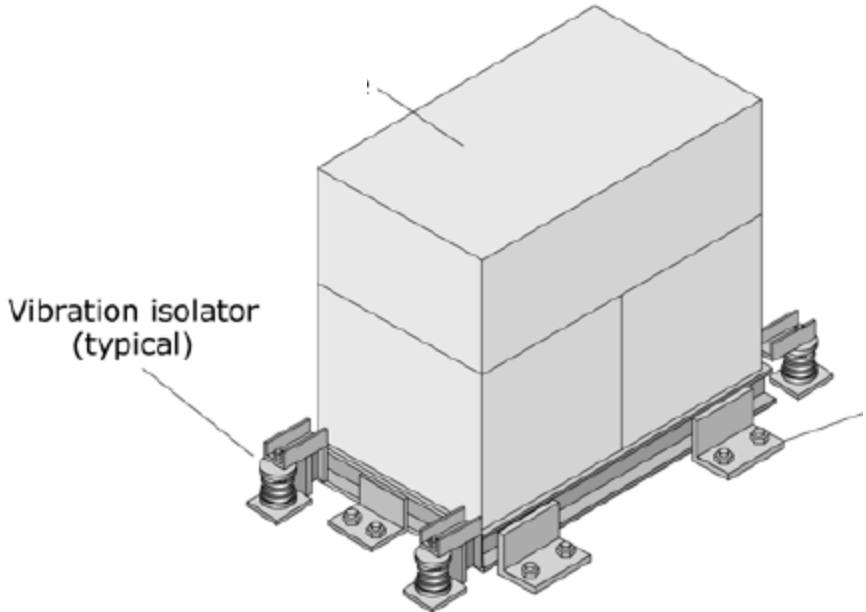
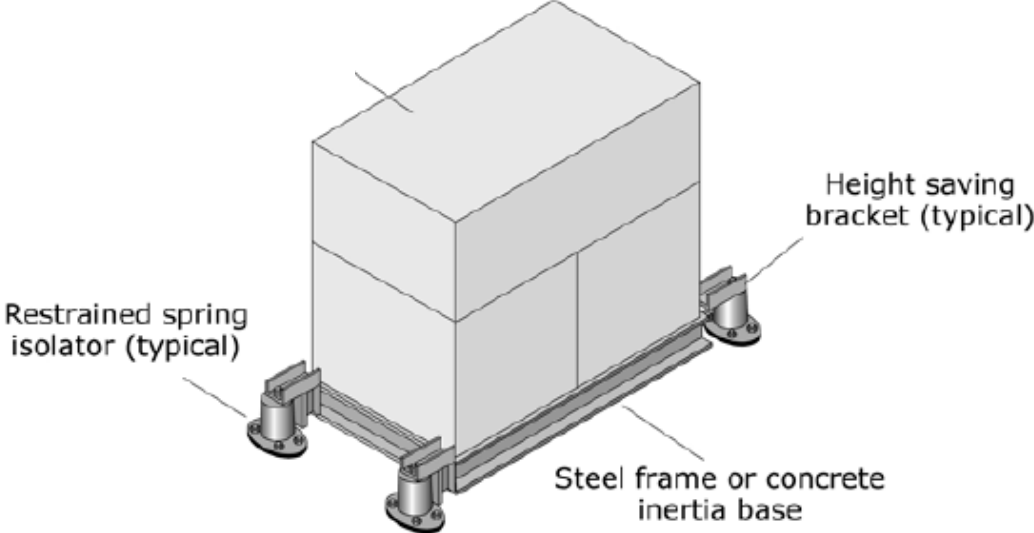


# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Puerto Matarani

## Central térmica



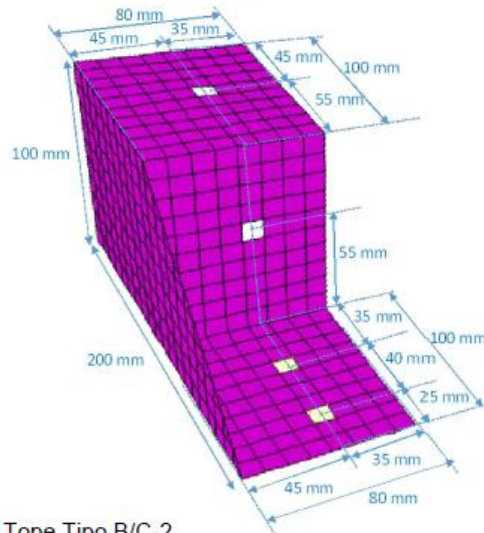
# Detalles: Equipo aislado



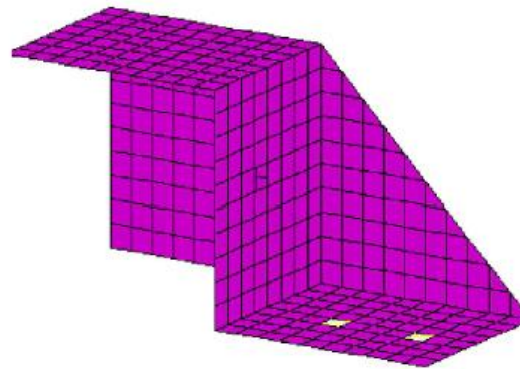
Fuente: FEMA 74

## Refuerzos Anclajes Equipos SOME: Ejemplo

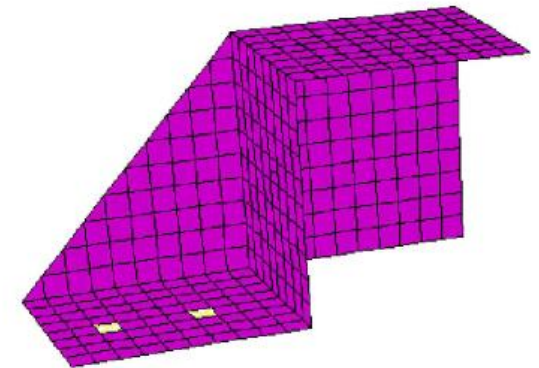
Vista 1 Tope Tipo B/C-1



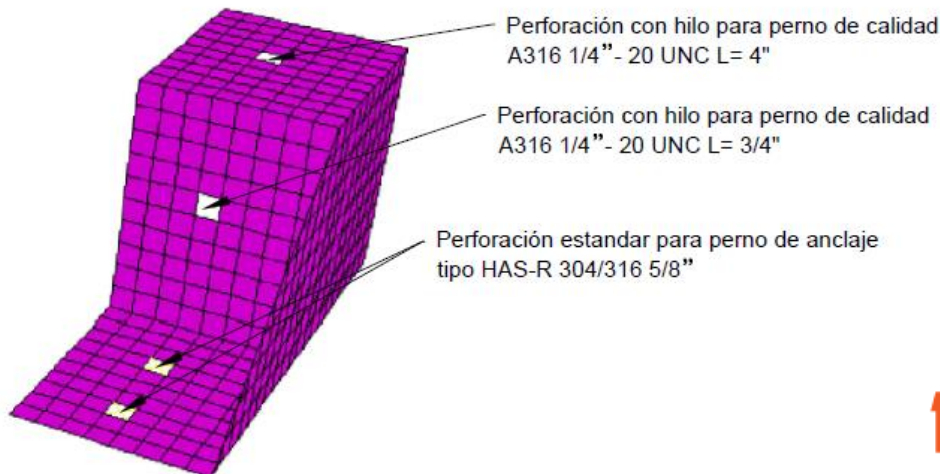
Vista 2 Tope Tipo B/C-2



Vista 2 Tope Tipo B/C-1



Vista 1 Tope Tipo B/C-2

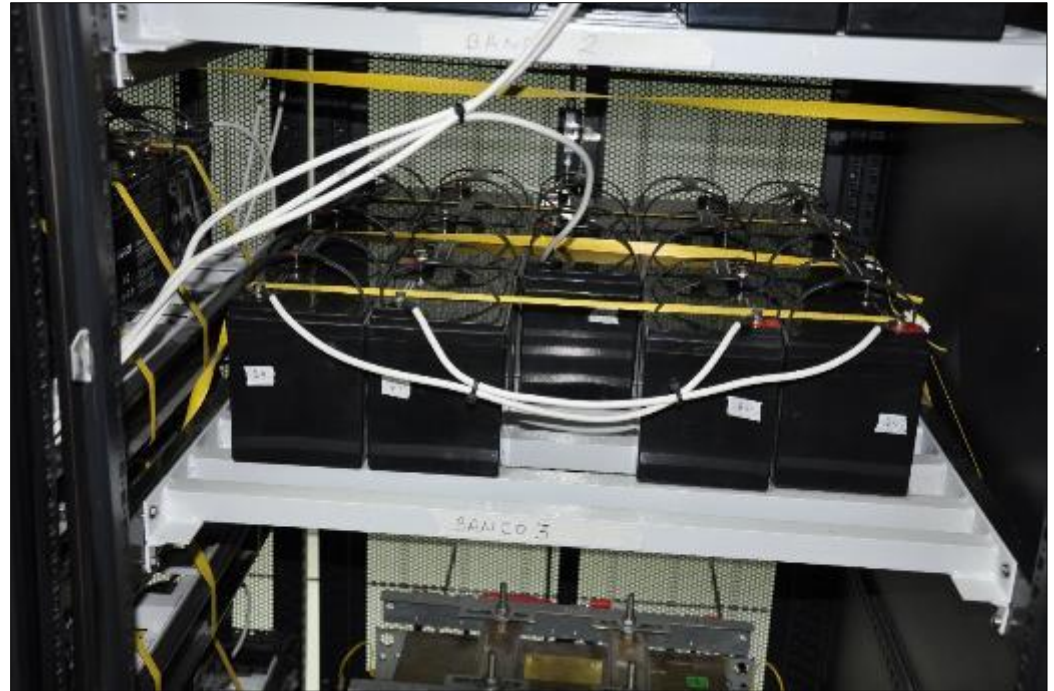


### NOTAS:

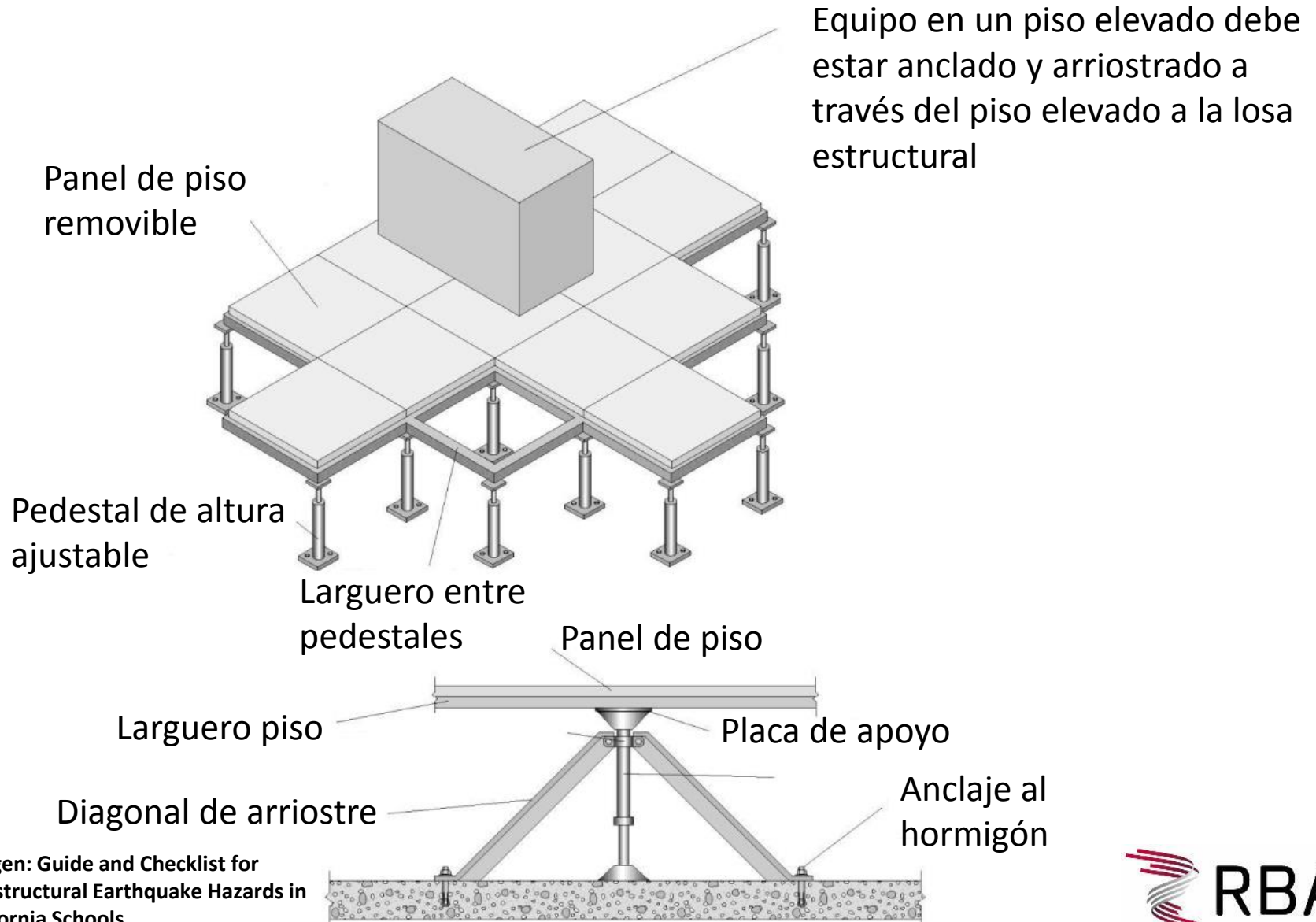
1. Aceros calidad A36 de 6mm de espesor
2. Todas las cotas son a ejes
3. Tolerancia de  $\pm 0.1$ mm en dimensiones globales
4. Perno de anclaje Tipo HAS-R 304/316 5/8"x12"
5. Instalación perno de anclaje según especificaciones del fabricante
6. Planos de fabricación deben enviarse a RBA para revisión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

# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Puerto Matarani

## Sala datacenter

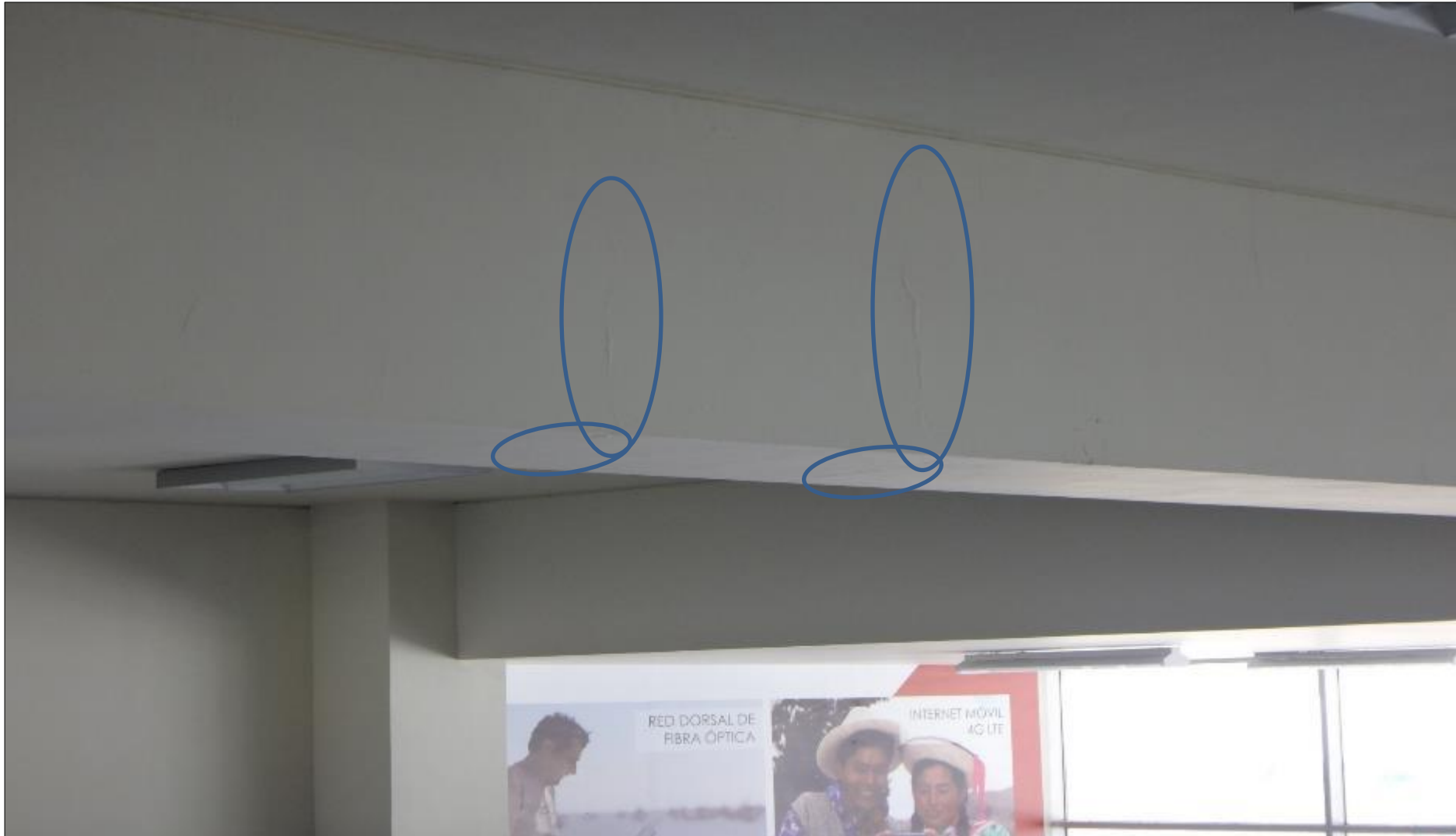


# Detallamiento sísmico piso registrable

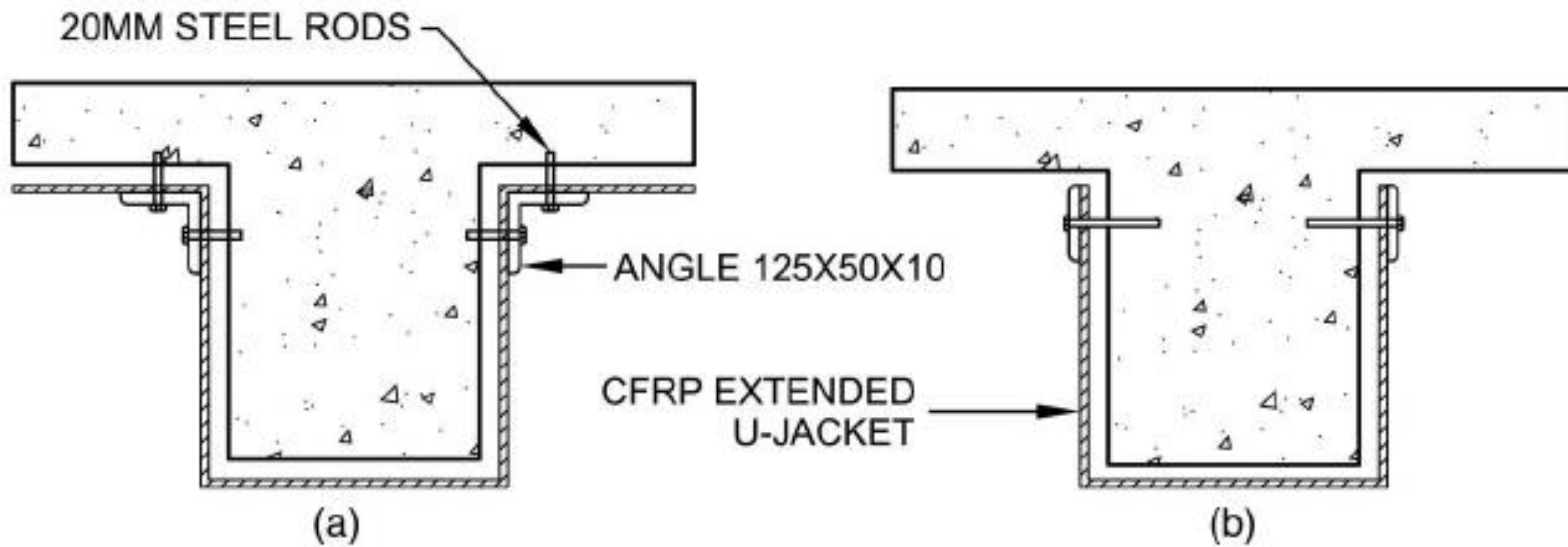


# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Aeropuerto Tacna

Vigas de techo de gran luz con fisuras por flexión



# Solución de refuerzo con FRP

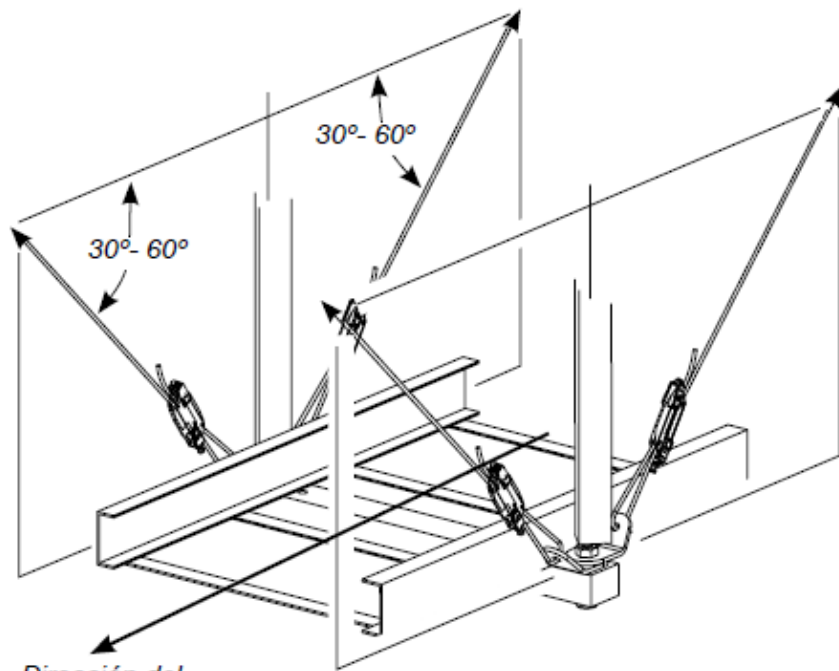


# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Aeropuerto Tacna

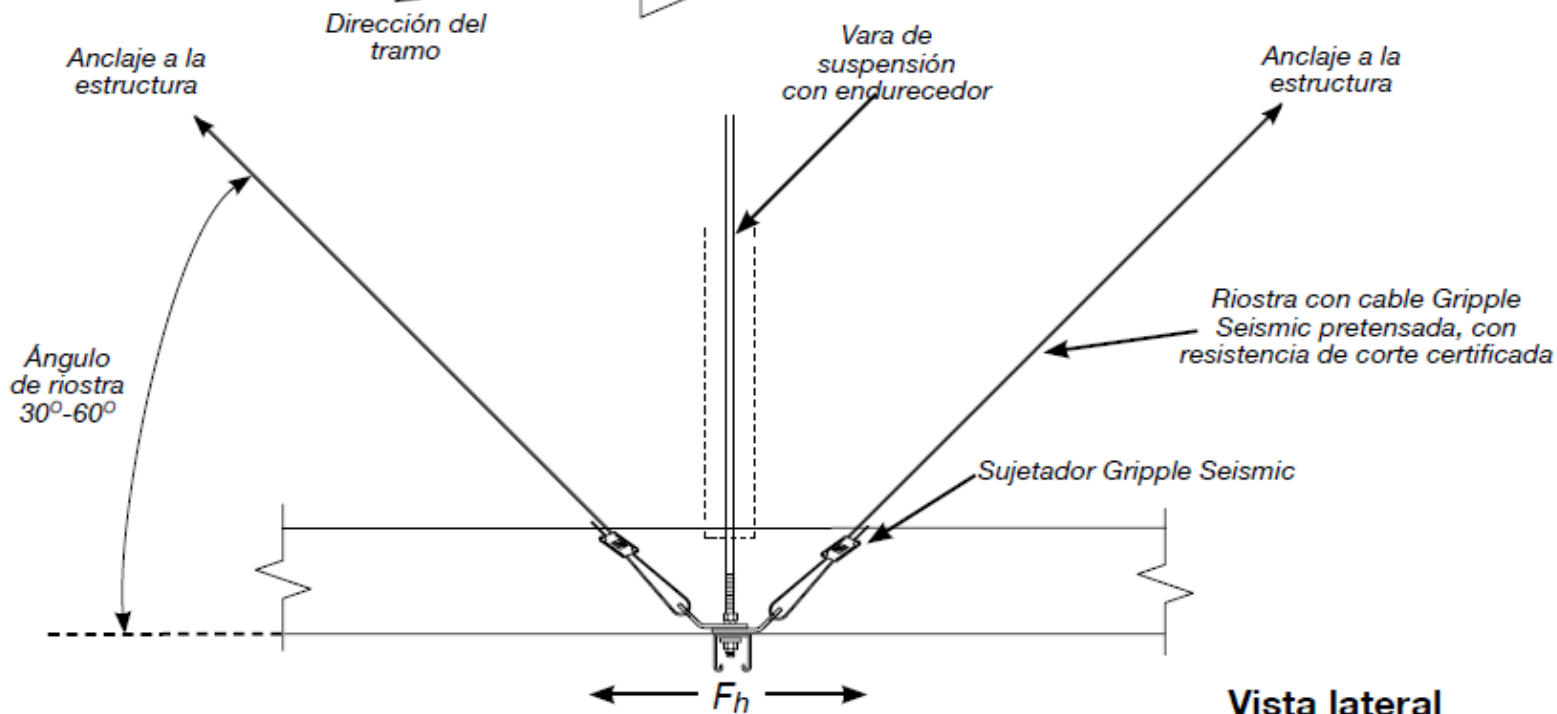
## Otros aspectos de detallamiento



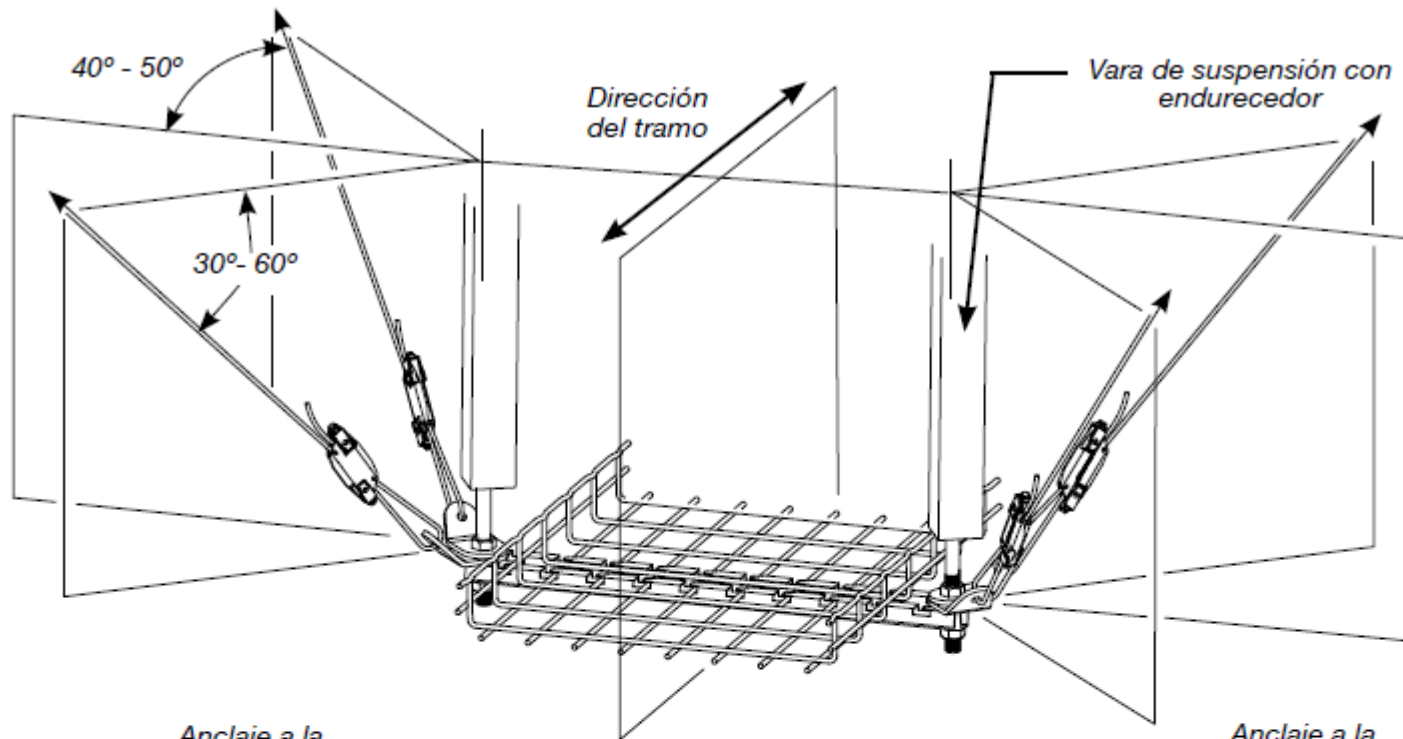




**G GRIPPLE®**  
**SEISMIC**

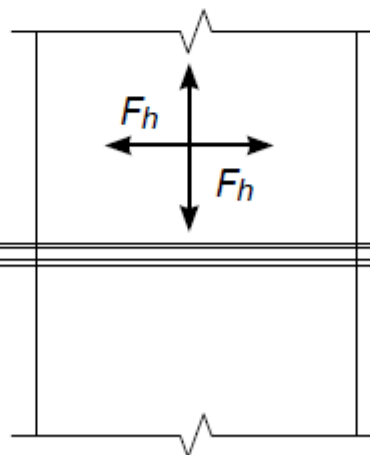


RBA



Anclaje a la estructura

Anclaje a la estructura



Anclaje a la estructura

Anclaje a la estructura

Vista superior

**GRIPPLE**  
SEISMIC

RBA

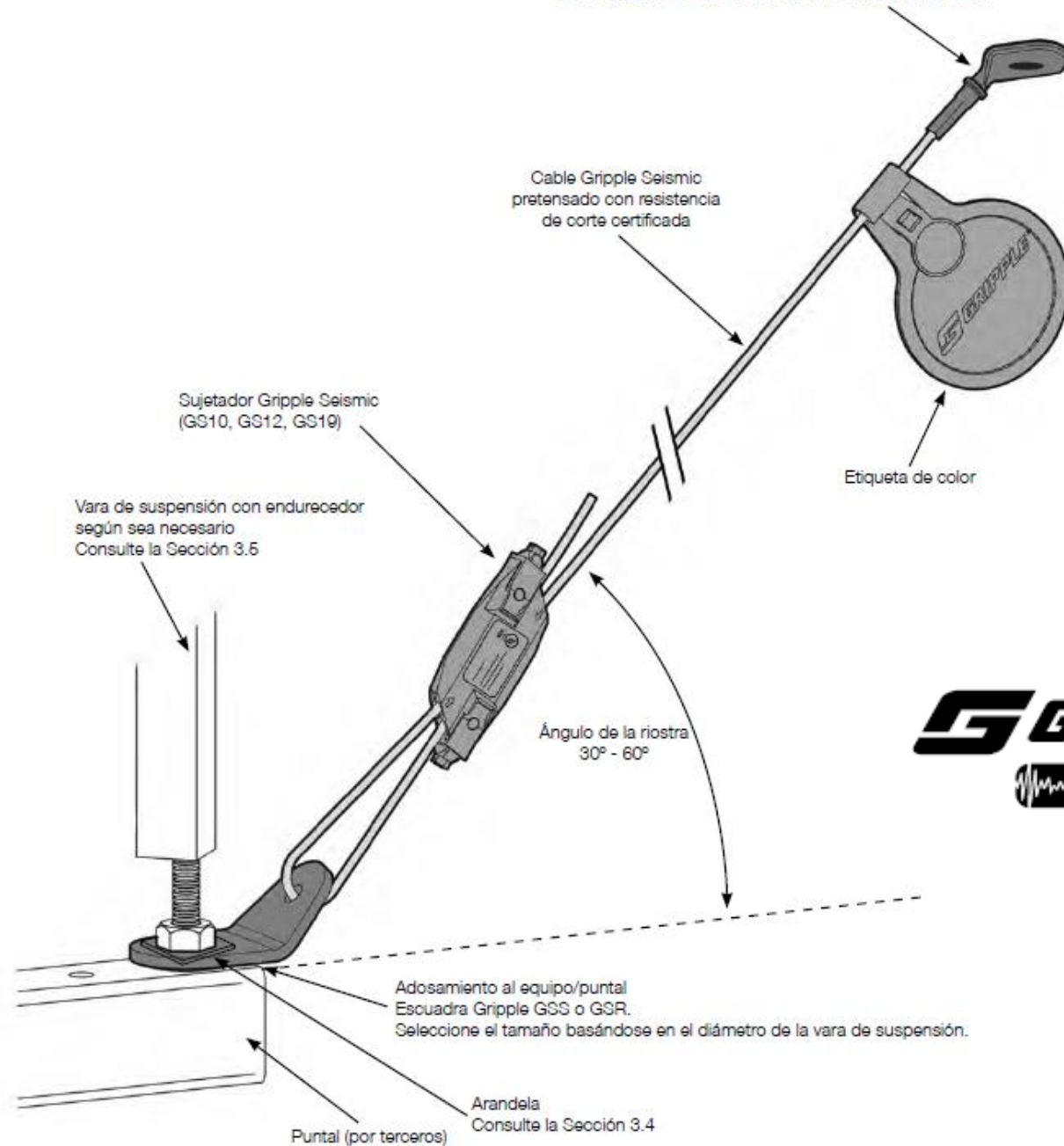


# Resumen Vulnerabilidad Sísmica Aeropuerto Tacna

## Otros aspectos de detallamiento



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.



# 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

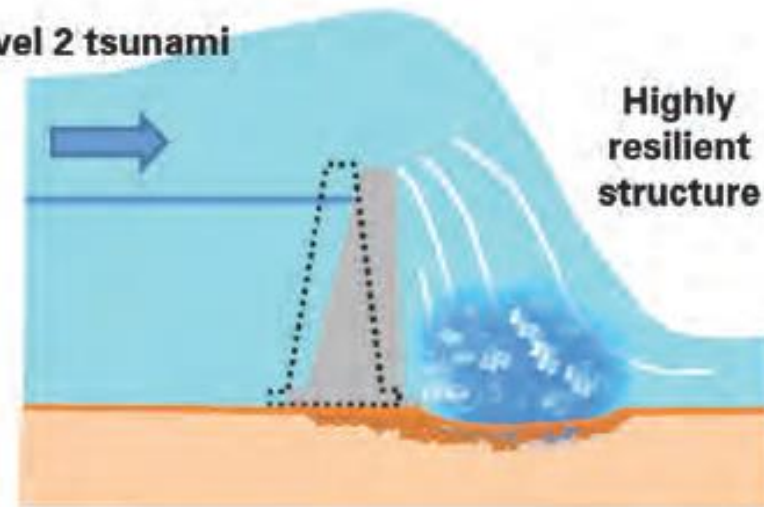
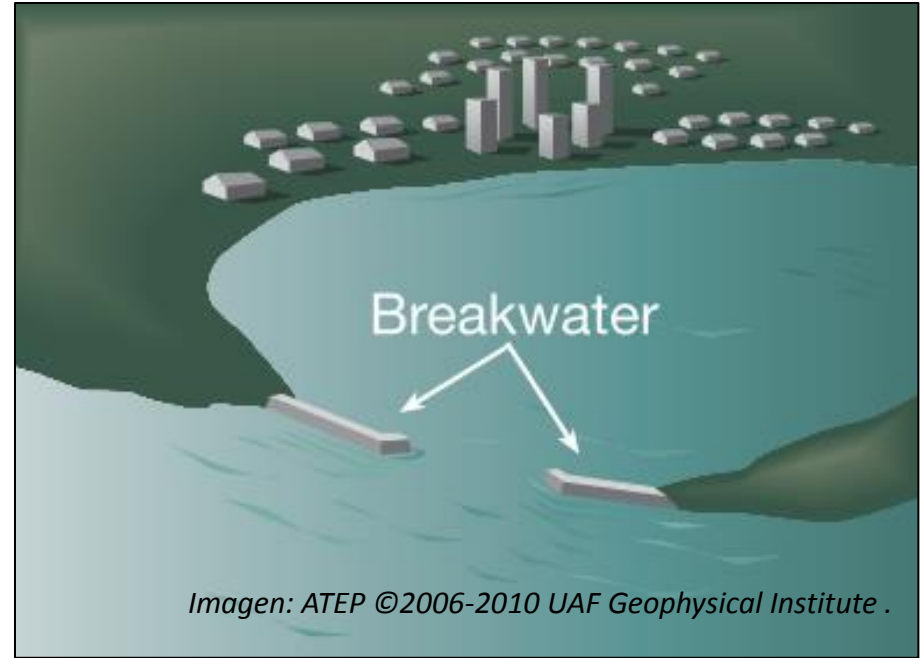


Imagen: Japan Knowledge Notes (2012). GFDRR, WB.

# Muros de contención

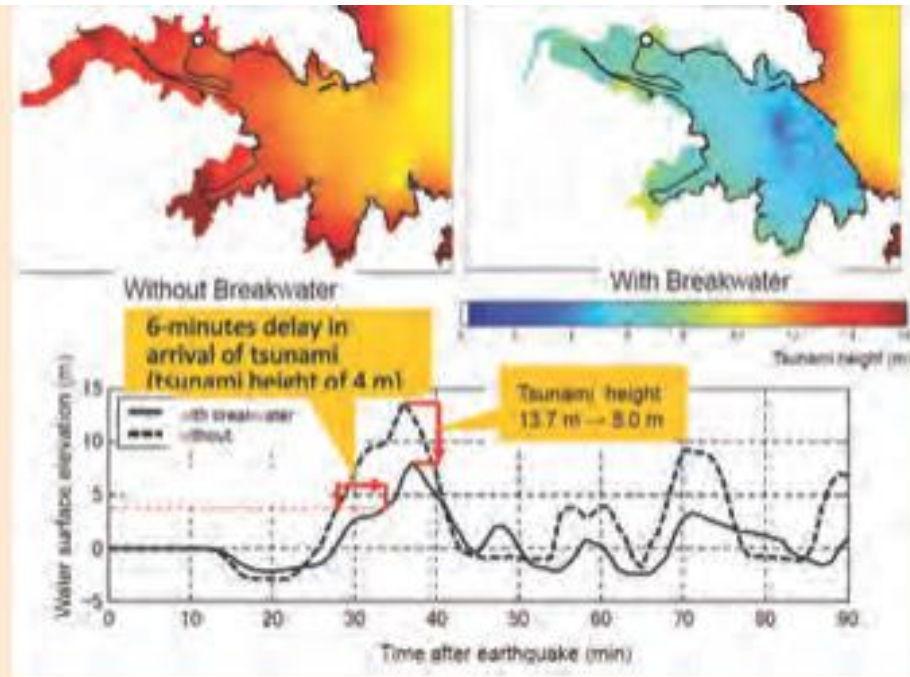
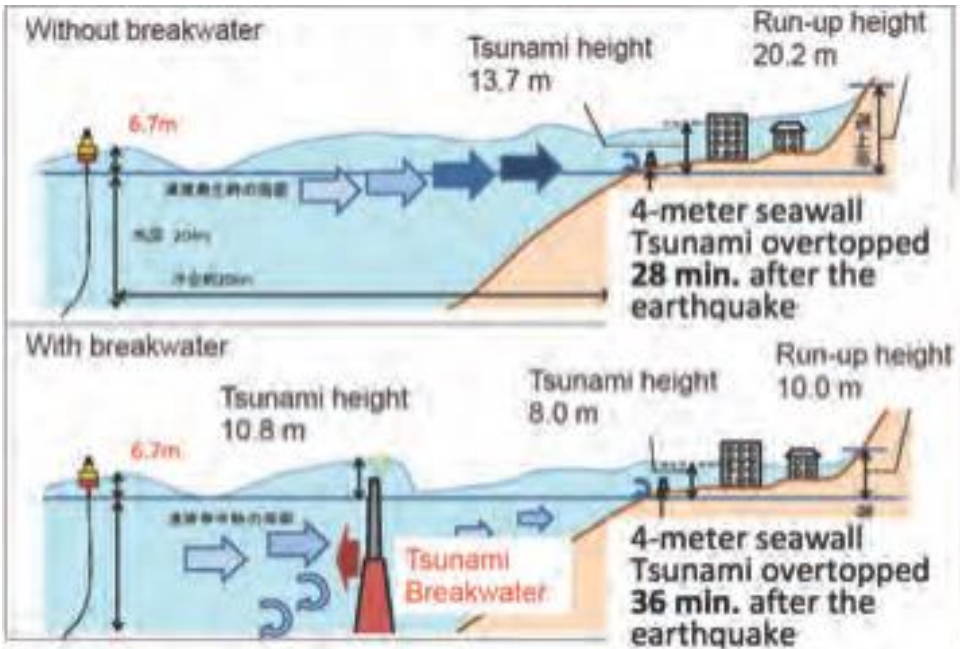


Source: MLIT.

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	Costa de Oaxaca	8.0	Puerto Ángel	10 m
1754	Costa de Oaxaca	7.8	Puerto Ángel	10 m
1802	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1847	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1851	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1852	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1853	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1854	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1855	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1856	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1857	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1858	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1859	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1860	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1861	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1862	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1863	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1864	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1865	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1866	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1867	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1868	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1869	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m
1870	Costa de Oaxaca	7.0	Puerto Ángel	10 m

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

Zona de riesgo de tsunami y ruta de evacuación



Área Segura de tsunami



Ubica el refugio y rutas de evacuación



**¿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 reverse

**¿Qué hacer? What to do?**

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

## Rutas de evacuación

### ZONA DE TSUNAMI



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

### RUTA DE EVACUACIÓN



## Zonas de seguridad

### TSUNAMI

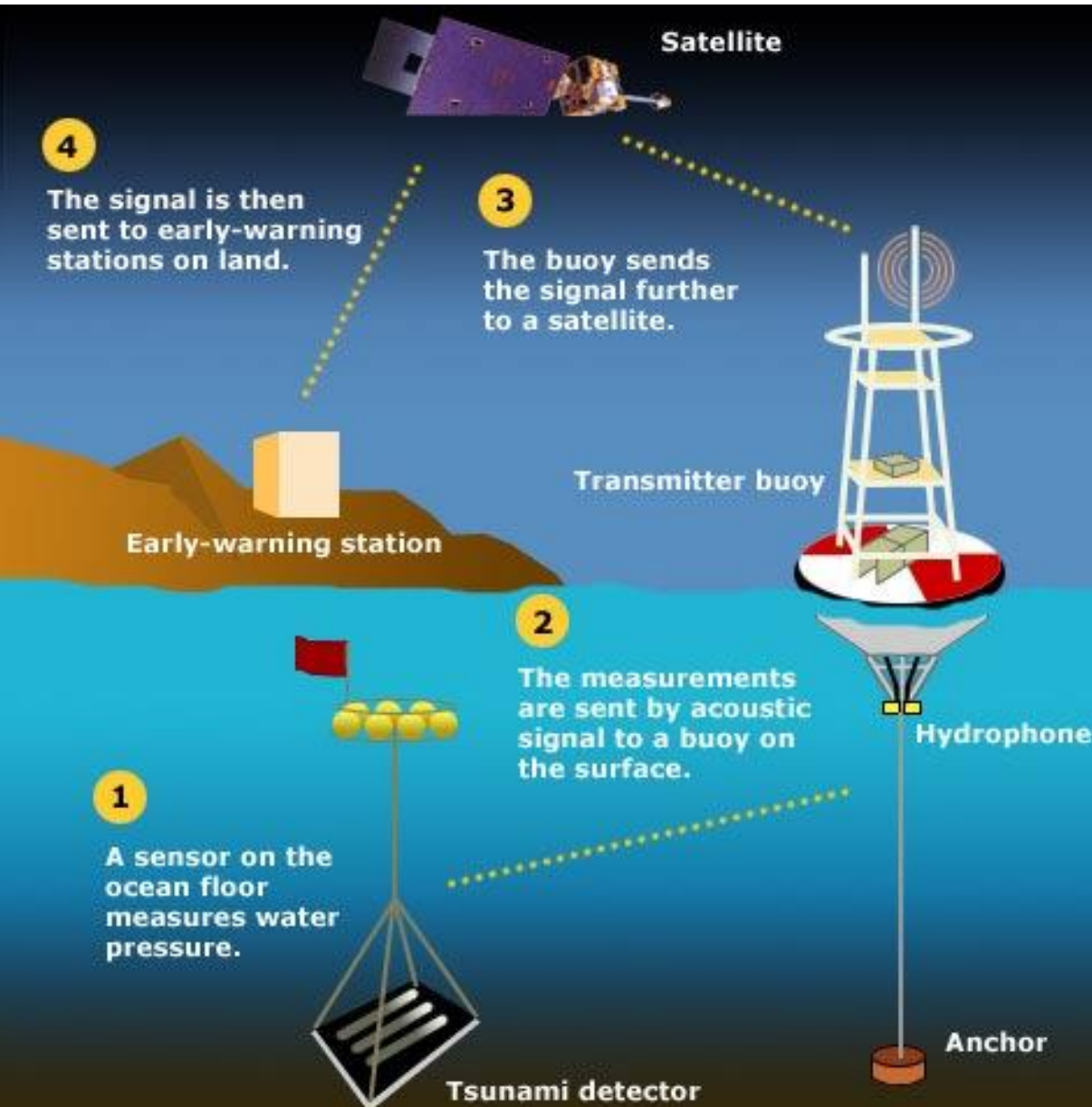


ZONA DE SEGURIDAD  
SAFETY ZONE

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.

# ¿Por qué la evaluación de riesgo?

- ¿Cuál es el peor evento que puede presentarse en el país, o en cada una de las ciudades, regiones?
- ¿Cuáles eventos pueden generar desastres?
- ¿Cuánto podrían ser las peores pérdidas económicas, y con qué frecuencia?
- ¿Cuánto es la pérdida anual esperada?
- ¿Cuántas pérdidas humanas pueden esperarse en los peores eventos?  
¿Con qué frecuencia?
- ¿Qué medidas podemos tomar? Qué acciones inmediatas de mediano y largo plazo? ¿Qué planes?
- ¿Cómo crecer y desarrollar, dónde corregir?

# Uso de Modelo Probabilista de Riesgo

Individuos { Primas  
Estrategias de mitigación

Administradores  
de Riesgo { Primas  
Reservas catastróficas  
Mitigación e interrupción del negocio

Sector  
Asegurador { Primas, reaseguro, reservas catastróficas  
Planes para atender eventos catastróficos

Gobiernos { Comunicación y difusión del riesgo  
Calcular la exposición financiera del Estado  
Guiar intervenciones de Reducción de Riesgo  
Regular Compañías de Seguros  
Planes para la Contingencia y Emergencias  
Estimaciones inmediatas de daños después de un evento  
Planes Urbanos y usos de suelo  
Sistemas de Alerta Temprana

# Modelos de Ingeniería

## *Usados para Riesgos Catastróficos*

- Estudiar grandes eventos pero **ocasionales**
- La historia no revela el riesgo real: **periodo muy corto de observación**
- Elementos expuestos y su vulnerabilidad **cambian muy rápido en el tiempo**
- Las consecuencias secundarias **son cada vez más complejas**
- No es posible construir modelos actuariales, estadísticos o puramente empíricos

## ¿Son nuevos los modelos de ingeniería?

- Se han usado en obras importantes (presas, puentes, plantas nucleares, rascacielos, ...)
- Se han usado para hacer los Reglamentos de construcción

En resumen son una combinación de:

***Matemáticas clásicas + Ingeniería + Cómputo (TI) + Bases de Datos***





Banco Interamericano de Desarrollo

**Gracias !**



**RBA**

**Consultas: [rodrigo.retamales@rba-global.com](mailto:rodrigo.retamales@rba-global.com)**

