



# Evaluación y Rehabilitación Sísmica de Edificaciones de Hormigón Armado

Matías A. Hube

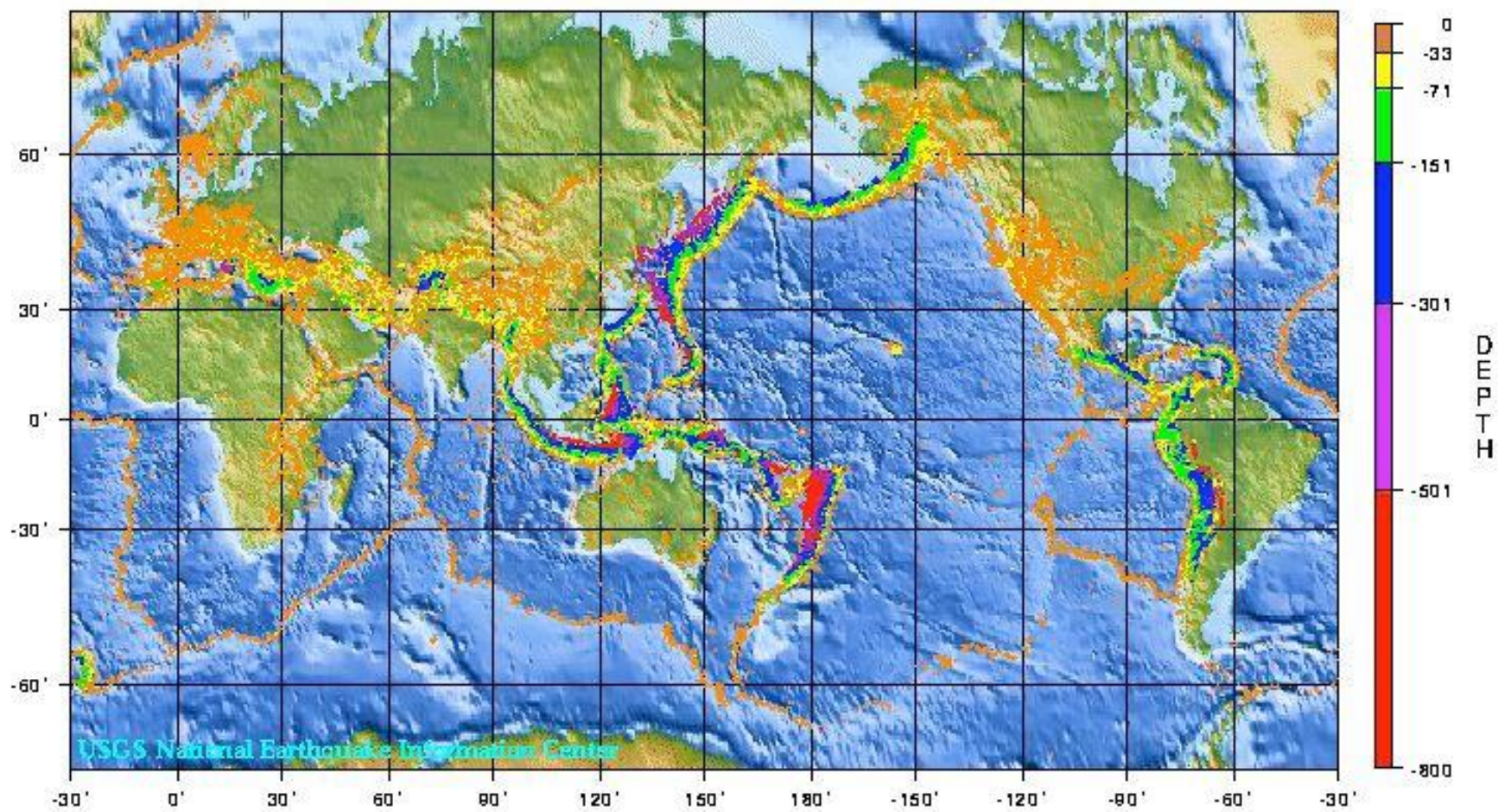
Director, Departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica

Director Alterno, Centro de Innovación del Hormigón UC

Pontificia Universidad Católica de Chile

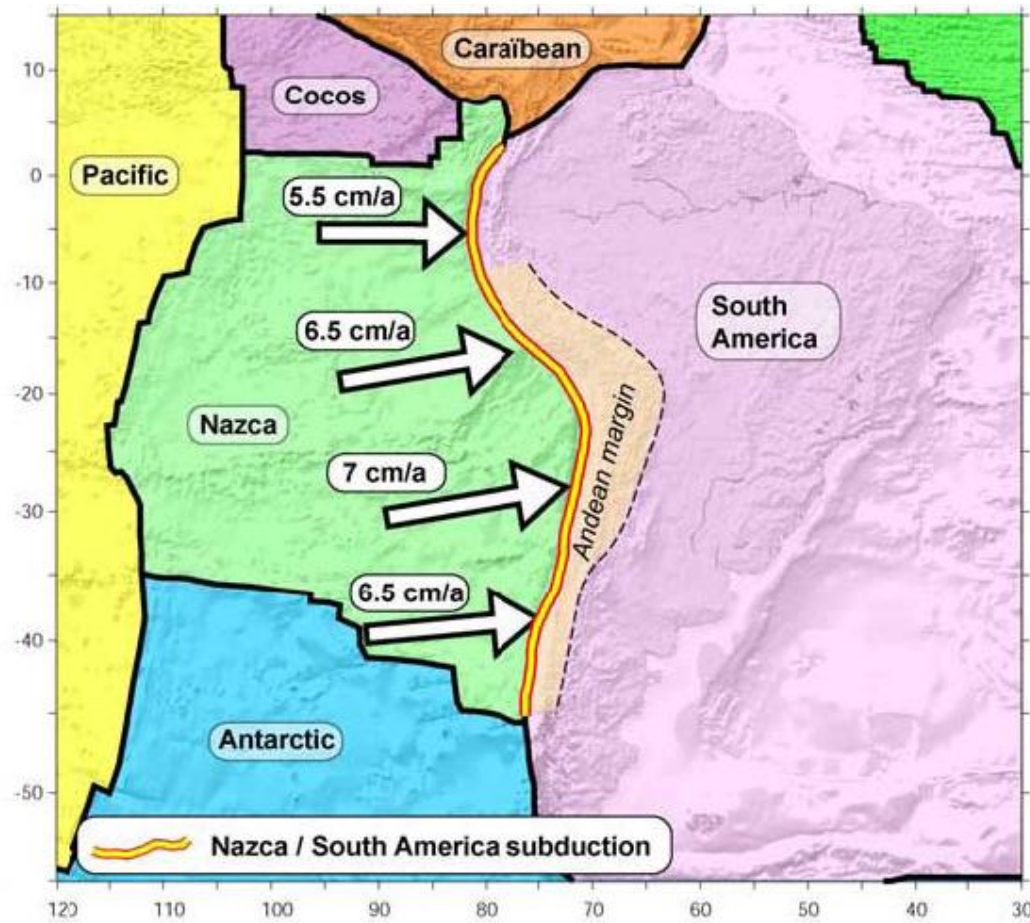
14/05/2026

# Ocurrencia de Terremotos

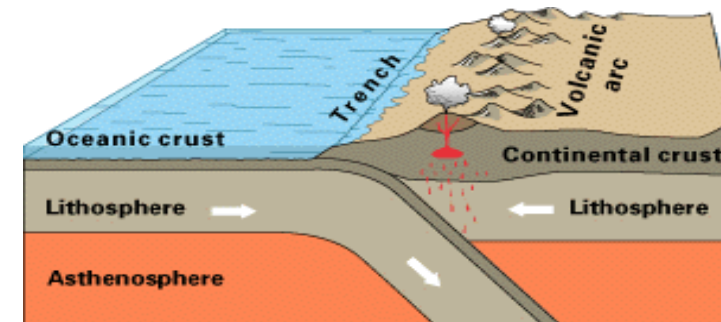


Ref: [www.earthquake.usgs.gov](http://www.earthquake.usgs.gov)

# Subducción de la placa de Nazca



(Vigny, 2003)

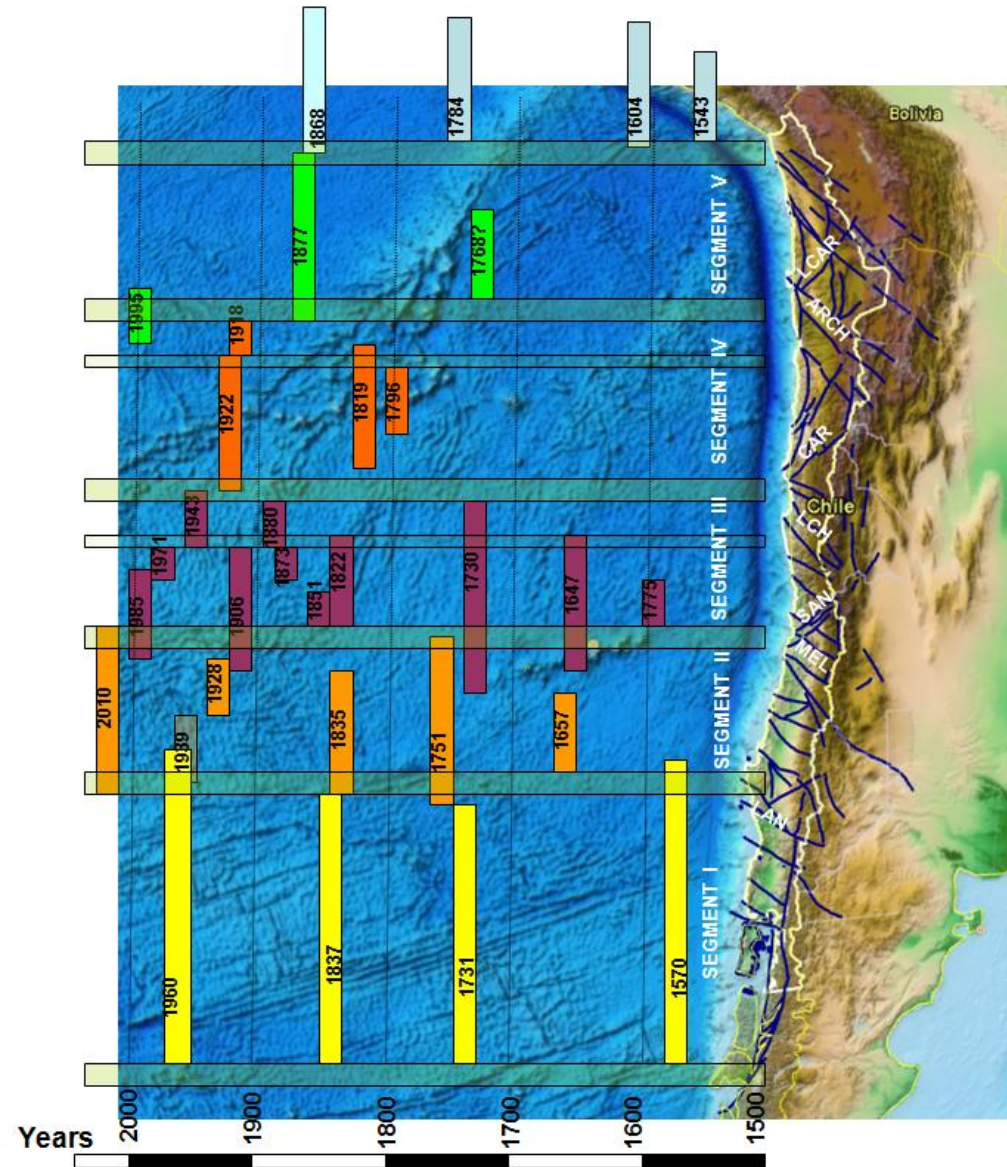


Terremotos afectan al entorno construido en Sudamérica

# Terremotos Históricos en Chile

Ocurrencia de grandes terremotos en segmento III

$82 \pm 6$  años

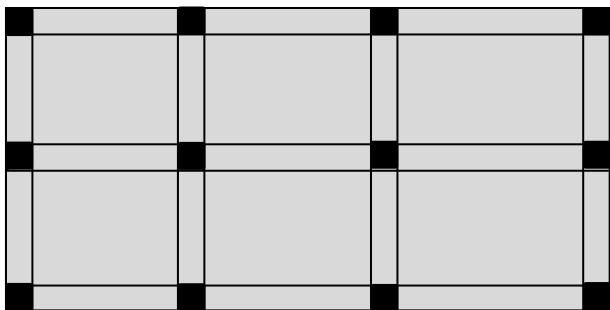


(Yañez & Cembrano, 2011)

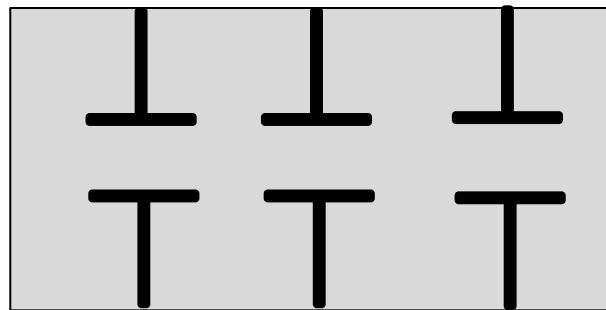


# Edificios de Hormigón Armado

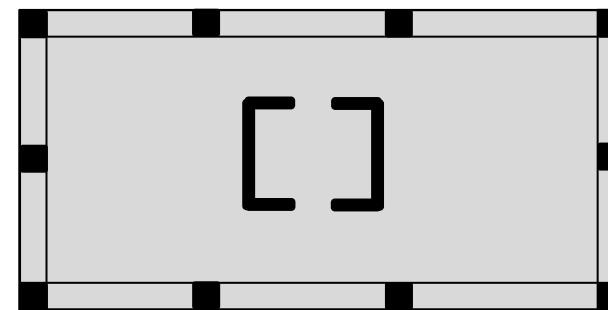
Marcos/Pórticos



Muros



Mixtos



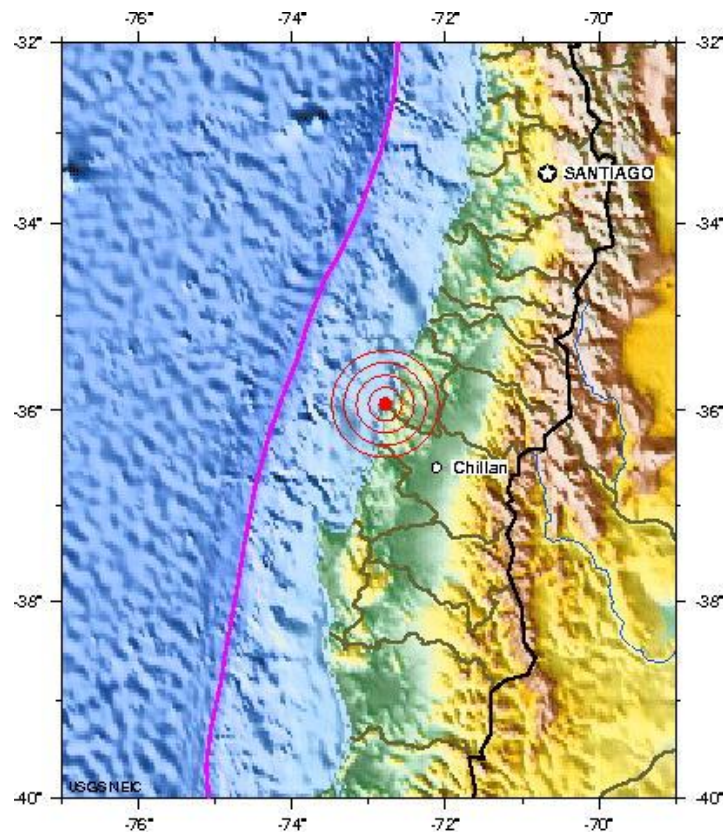
## Edificio de Pórticos



## Edificio de Muros



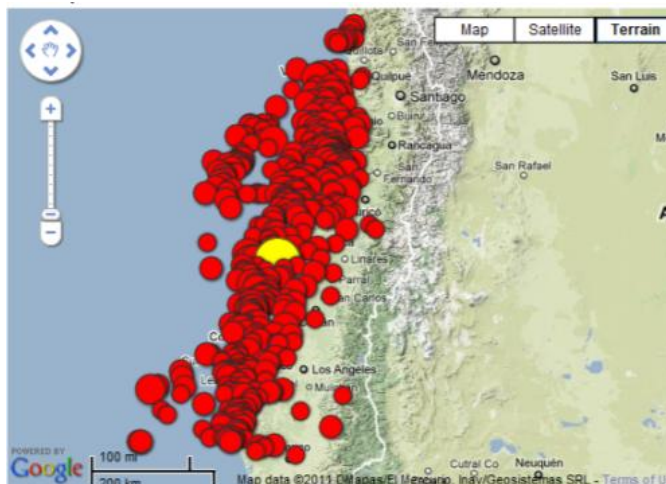
# Terremoto del Maule de 2010



## OFFSHORE MAULE, CHILE

2010 02 27 06:34:14 UTC 35.93S 72.78W Depth: 35 km, Magnitude: 8.8

Earthquake Location



USGS aftershocks map (29/03/2010)

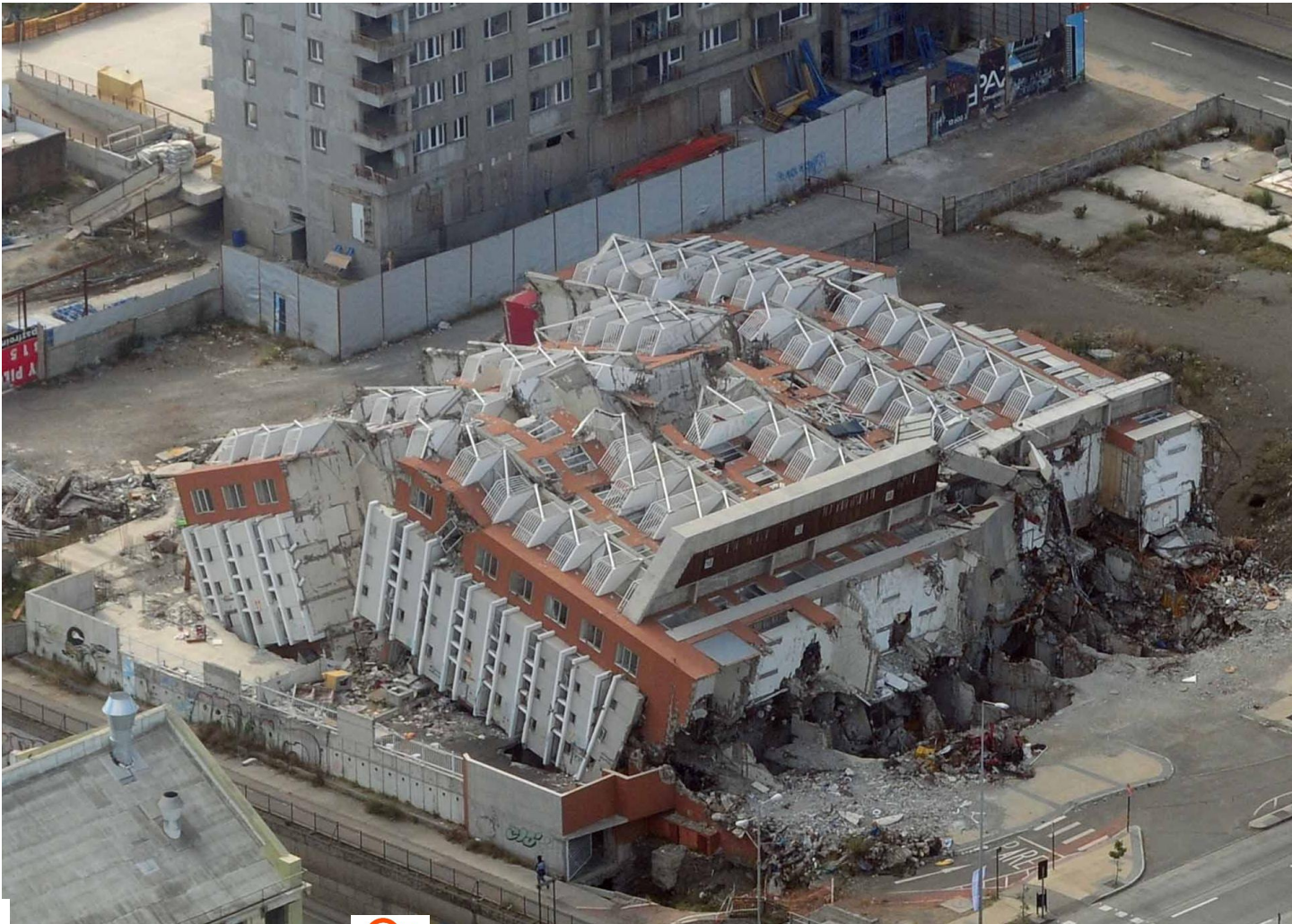
- Terremoto de subducción
- Mw: 8.8
- Profundidad del foco: 35 Km
- Área de ruptura: 500 x 100 km
- Desplacamiento: ~ 10 m
- 523 muertes
- Costo: 30 Billion US\$ (~12% of PIB)

# Daño observado en edificios de Muros de Hormigón, Terremoto del Maule de 2010

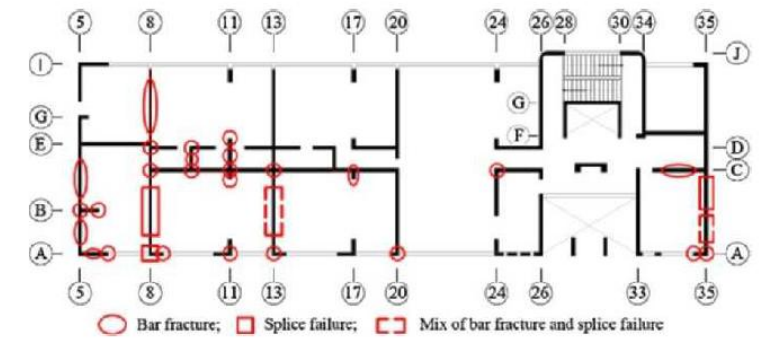
- ❑ 2% del stock de ~2,000 edificios de más de 9 pisos sufrió daño significativo
- ❑ 4 edificios colapsaron



# Edificio Alto Rio



- ❑ 15 pisos
- ❑ Ubicado en Concepción



(Song et al. 2012)

## Daño Observado en Edificios de Muros



## Daño Observado en Edificios de Muros



# Daño en edificios de pórticos, terremoto de México de 2017



Era esperado el daño observado en edificios después del terremoto del Maule de 2010?

Si

Son seguros los edificios de muros de hormigón armado?

Más que los edificios de pórticos

¿Es seguro un edificio de muros de hormigón que  
sufrió daño debido a un terremoto?

# Proyecto Investigación Fondecyt 1171062 y 1211823

## Objetivo:

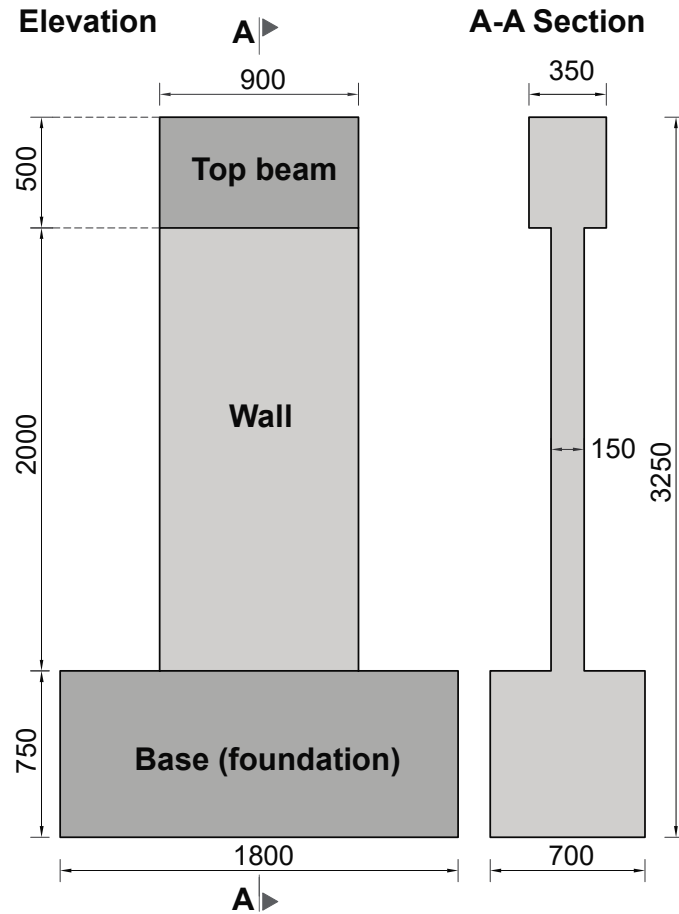
Determinar la capacidad sísmica residual de muros de hormigón armado con daño sísmico inicial

Se realizaron cuatro campañas experimentales

(Moscoso et al. 2021, Colmenares et al. 2025, Chacón-Valero et al. 2025)

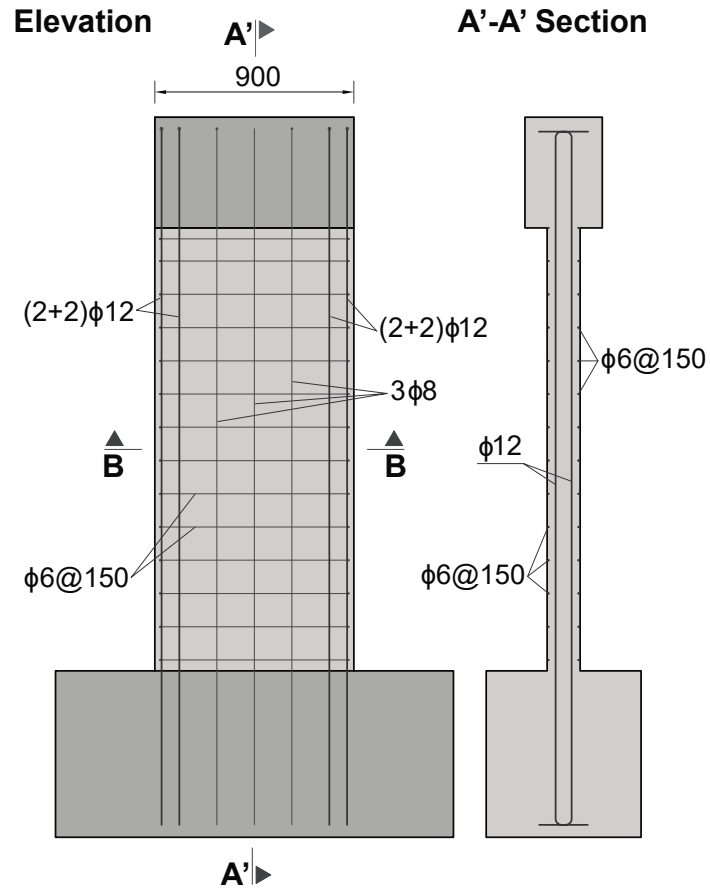
# Detalle de los Muros

## Geometry

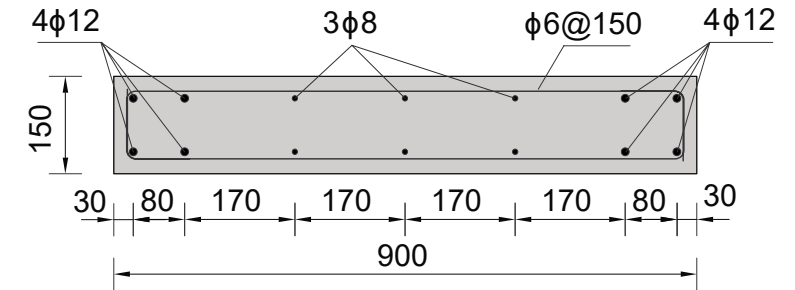


All units in millimeters (mm)

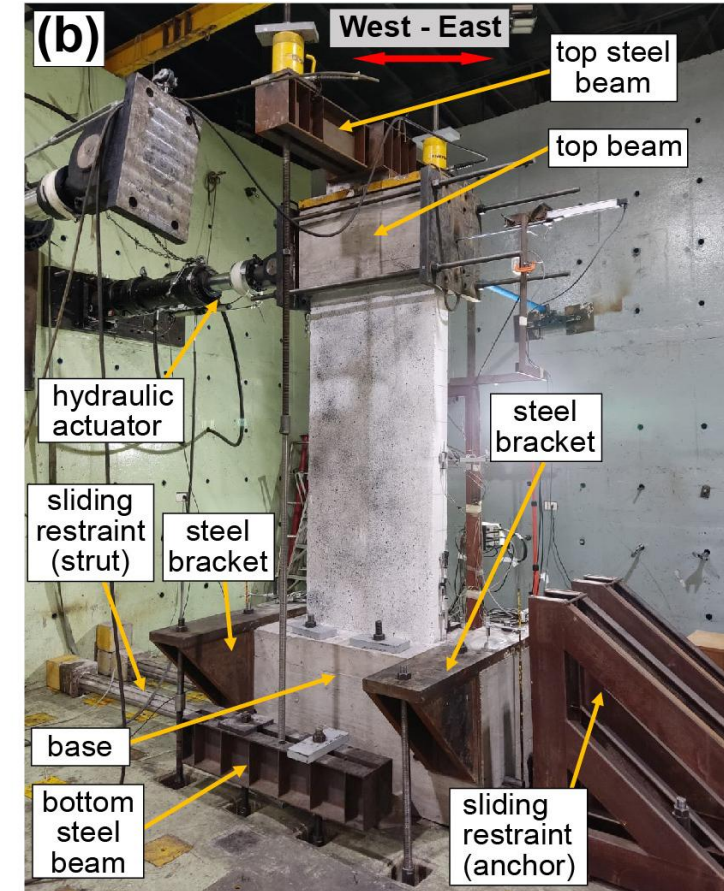
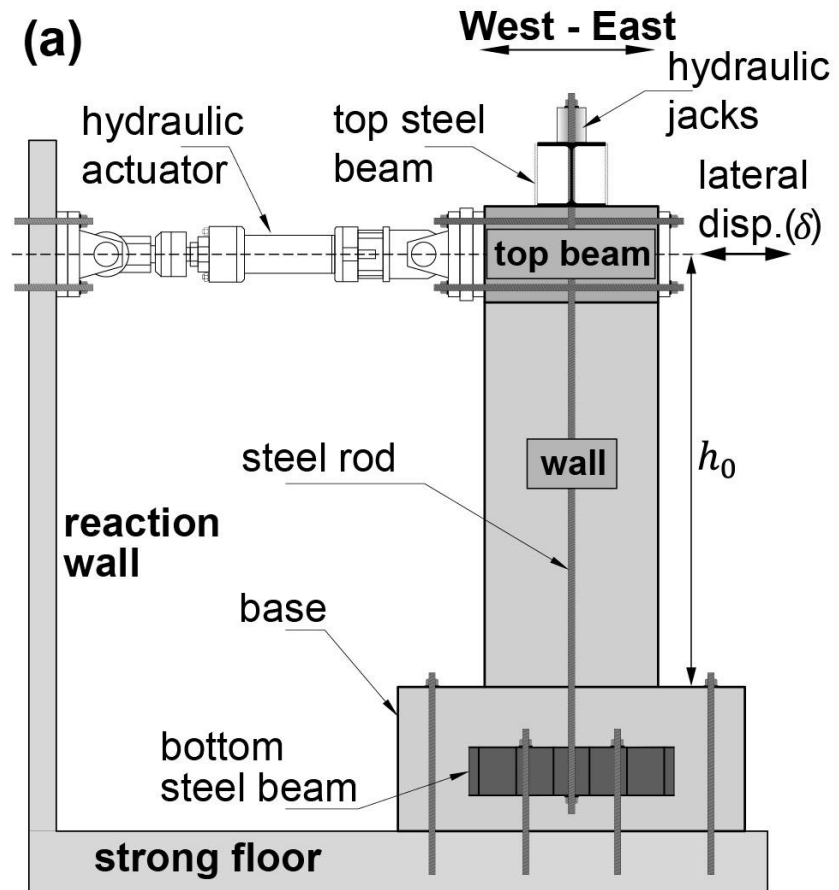
## Reinforcement



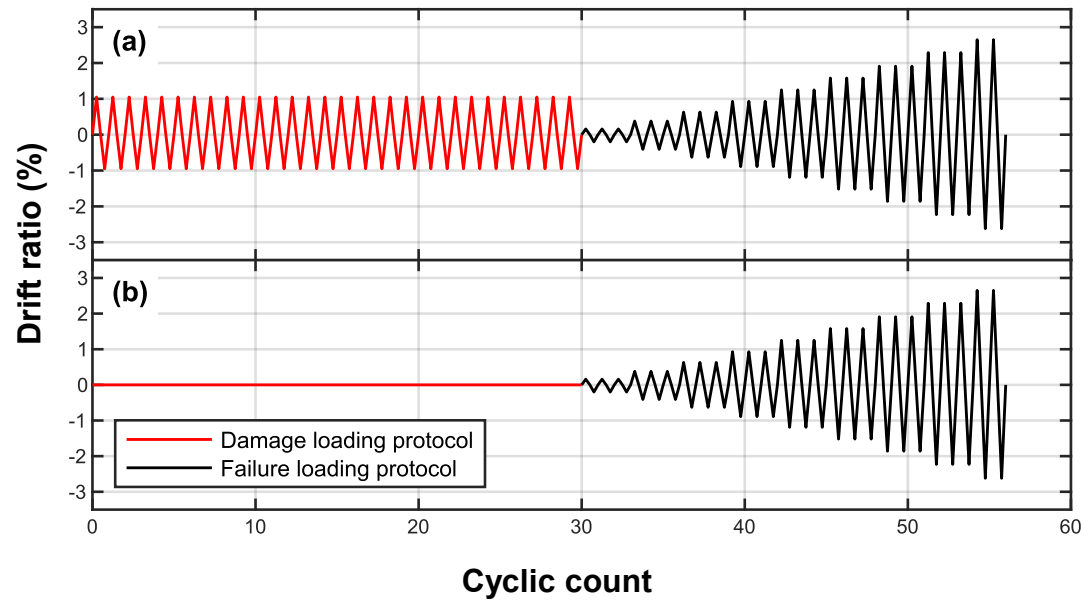
## Cross-section B-B



# Esquema de Ensayo



## Protocolos de carga



## Matriz de ensayo

| Test wall | Loading protocol | Cycle count | Drift ratio (%) |
|-----------|------------------|-------------|-----------------|
| RCW0      | Failure          | 27          | Var.            |
| RCW1.33   | Damage           | 30          | 1.0             |
|           | Failure          | 27          | Var.            |
| RCW1.66   | Damage           | 30          | 1.4             |
|           | Failure          | 27          | Var.            |
| RCW2.0    | Damage           | 30          | 1.7             |
|           | -                | -           | -               |



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE



**Fondecyt**  
Fondo Nacional de Desarrollo  
Científico y Tecnológico



**CIGIDEN**  
Research Center  
for Integrated Disaster  
Risk Management



**UC | Chile**  
Concrete Innovation Hub

# Cyclic Loading Tests on Reinforced Concrete Walls with Unconfined Boundaries Specimen: **RCW1.66**

## **FONDECYT Project #1211823**

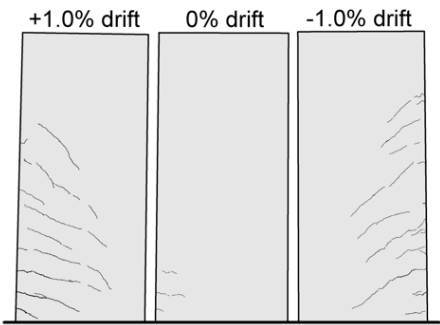
Student: **Edgar Chacón, PhD. (c)**

PI: **Matías Hube, PhD.**

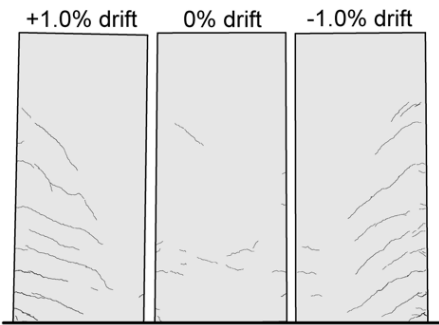
Co-PI: **Hernán Santa María, PhD.**

Date: 05-17-2022

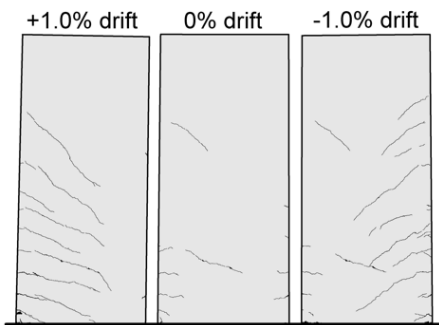
# Daño observado



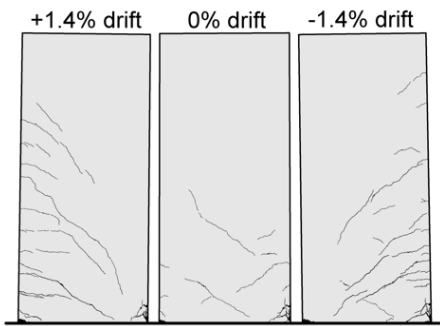
RCW1.33, 10 cycles



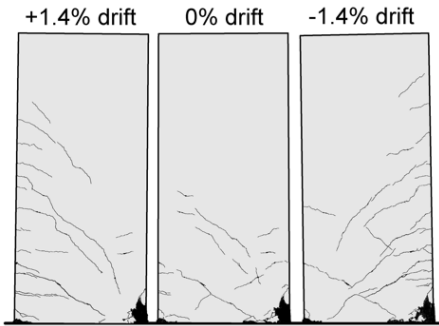
RCW1.33, 20 cycles



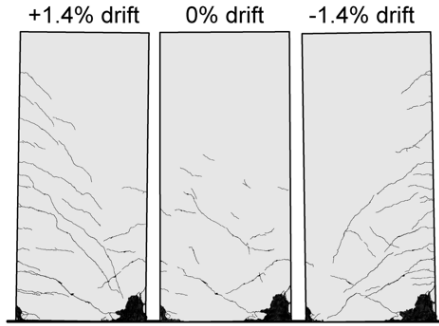
RCW1.33, 30 cycles



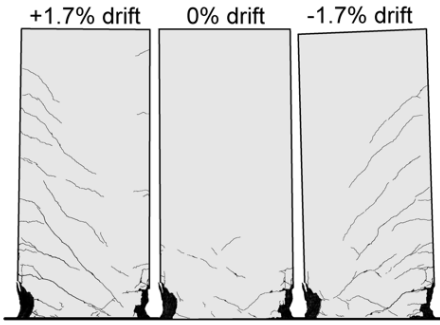
RCW1.66, 10 cycles



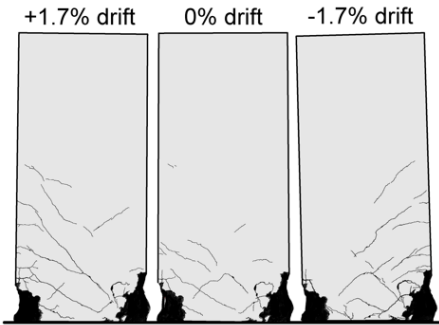
RCW1.66, 20 cycles



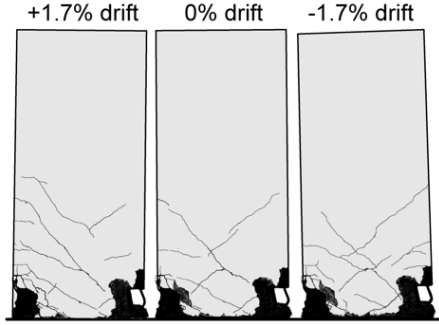
RCW1.66, 30 cycles



RCW2.0, 10 cycles

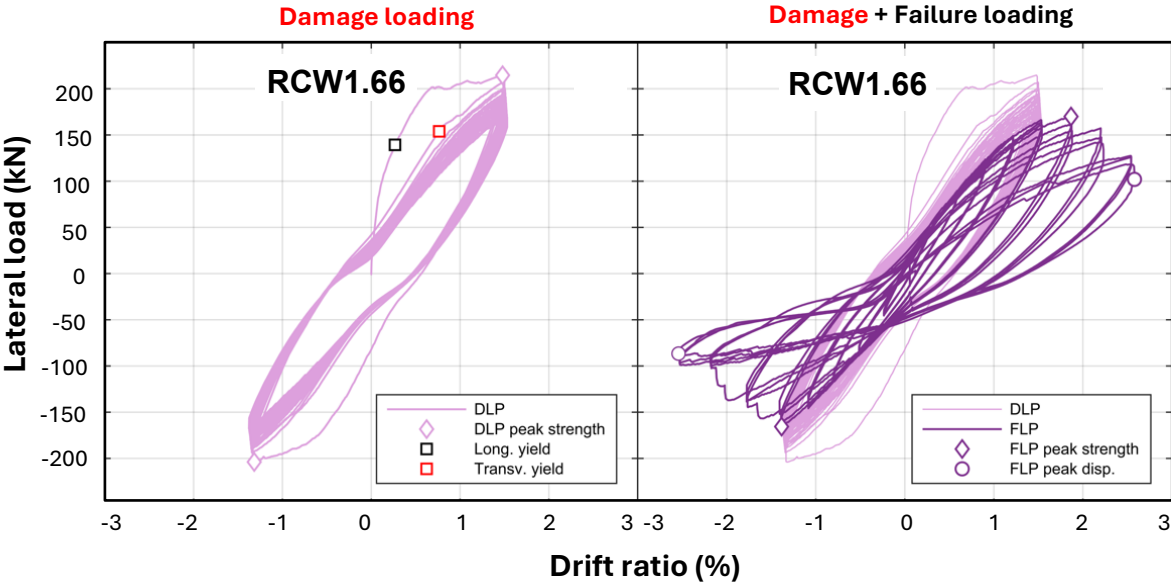
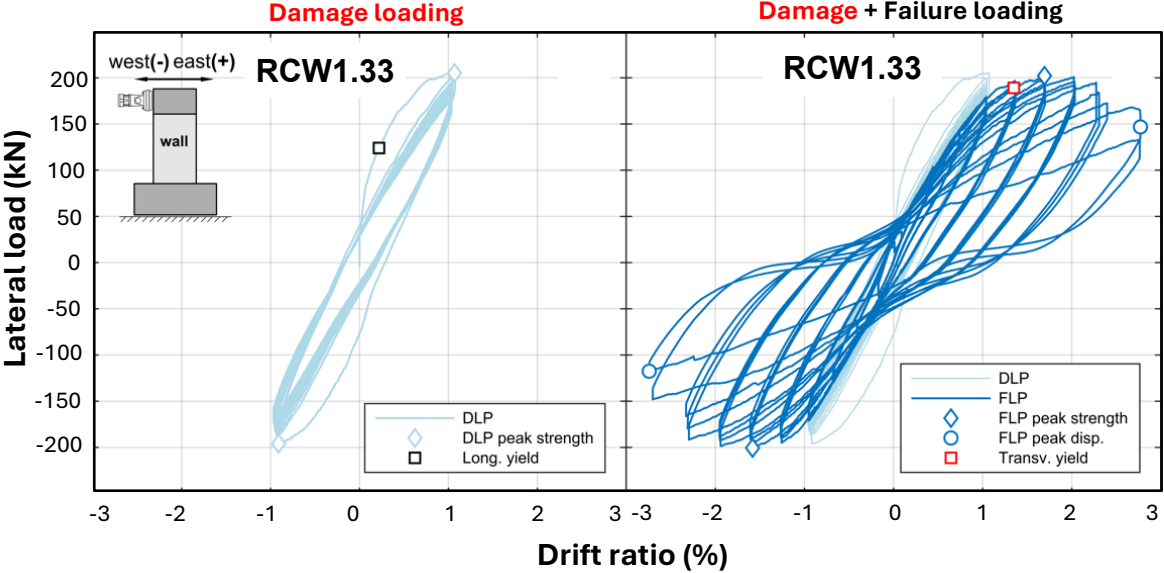
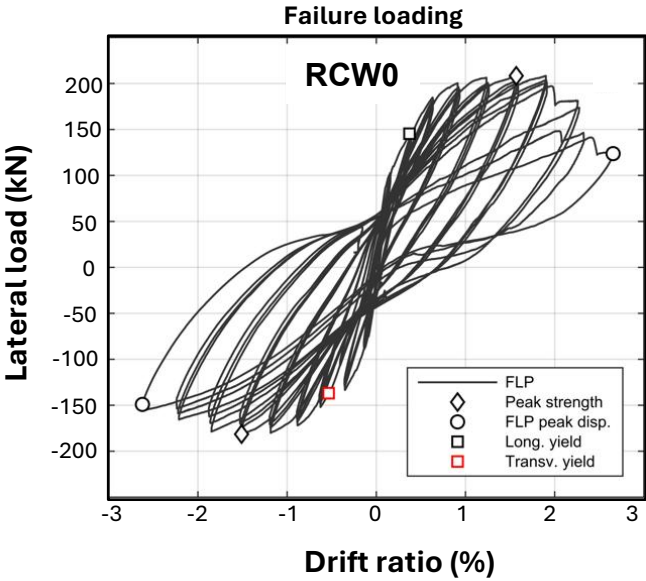


RCW2.0, 20 cycles



RCW2.0, 30 cycles

# Comportamiento histerético



## Conclusiones de los Ensayos

- ❑ El daño previo afectó la resistencia y capacidad de deformación de los muros **solo** para daño inicial significativo
- ❑ Edificios que no tuvieron daño significativo debido al terremoto del Maule de 2010 no sufrieron pérdida de capacidad y no requieren reparación
- ❑ Los edificios de muros de hormigón armado son resilientes frente a terremotos

# ¿Después de un terremoto es más conveniente reparar o demoler un edificio dañado?

Sociales



Económicos



Legales



Técnicos

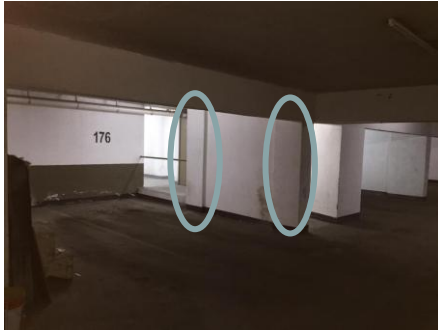


(Marquis et al. 2015)

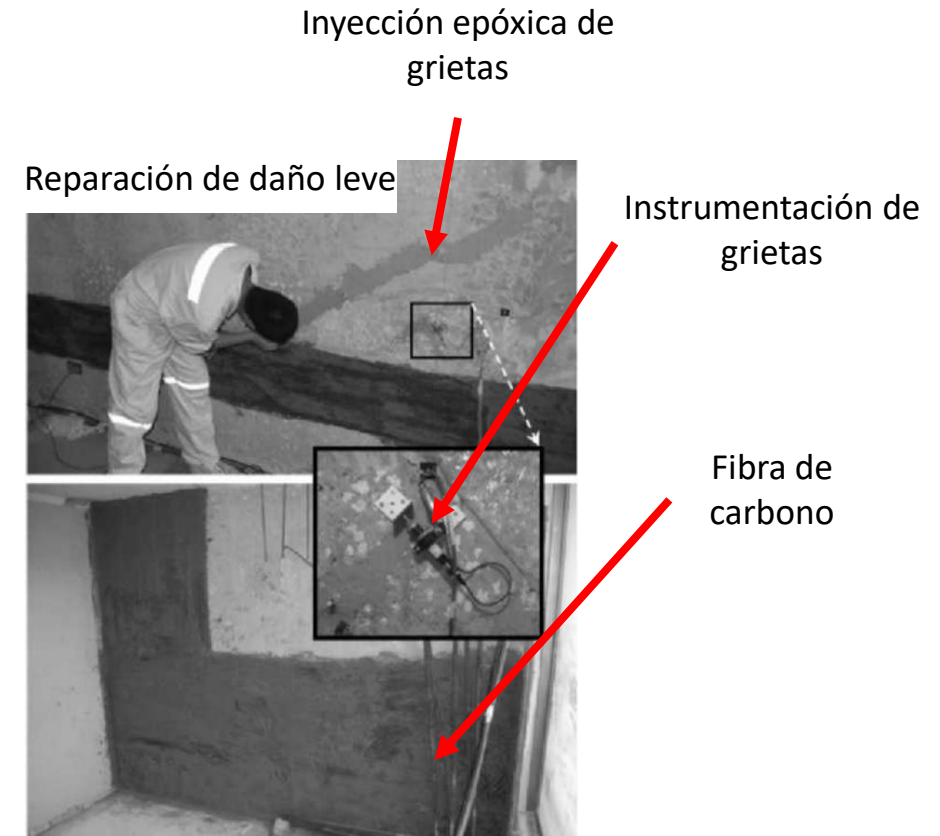
¿Es seguro un edificio reparado?

# Técnicas de Reparación

Adición de elementos de borde



Aumento de resistencia al corte



# Proyecto Investigación Fondecyt #1171062

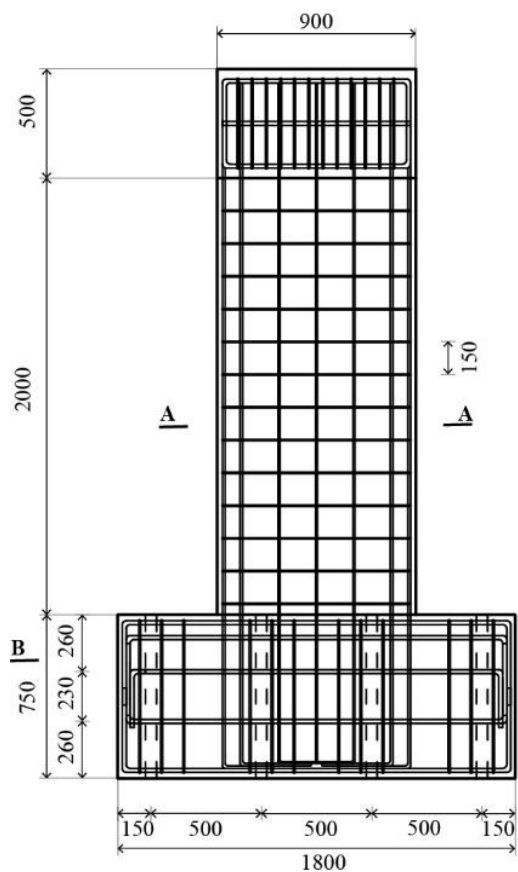
## Objetivo:

Determinar la capacidad sísmica de muros de hormigón armado reparados

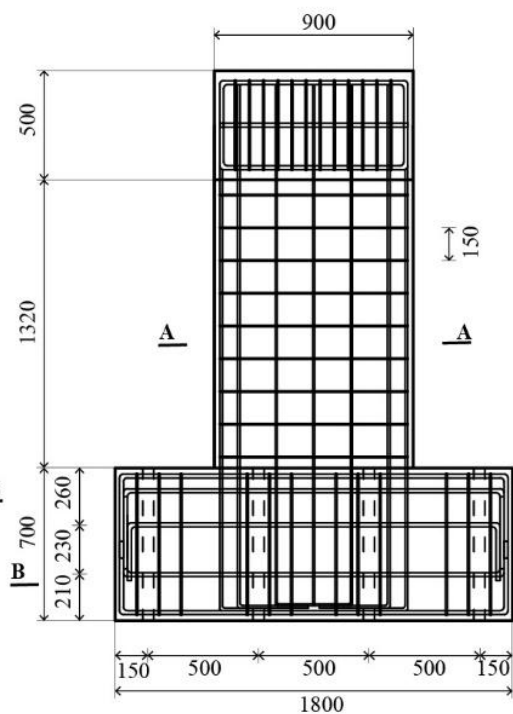
Se realizó una campaña experimental

(Moscoso, 2021)

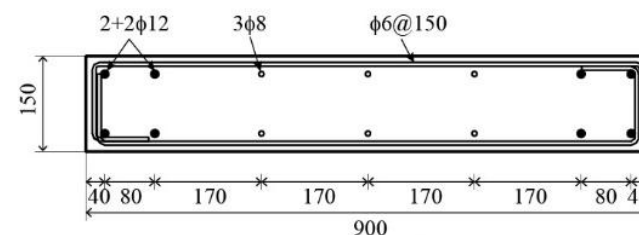
# Muros Originales



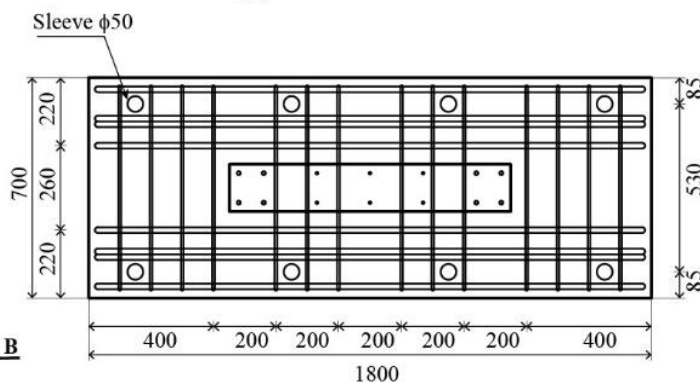
(a) Elevation (Slender walls)



(b) Elevation (Squat walls)



(c) Cross Section A-A



(d) Cross Section B-B

Espesor: 150 mm

$ALR \approx 0.10$

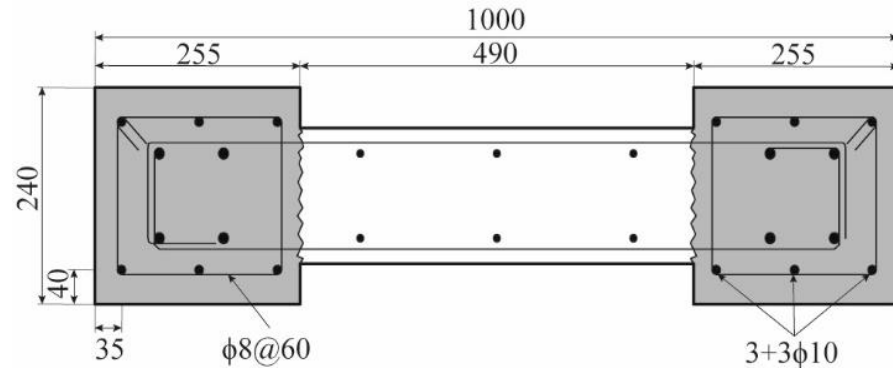
$\rho_b : 0.44\%$

$\rho_v : 0.39\%$

$\rho_h : 0.25\%$

$s/d_b : 12.5$

# Reparaciones

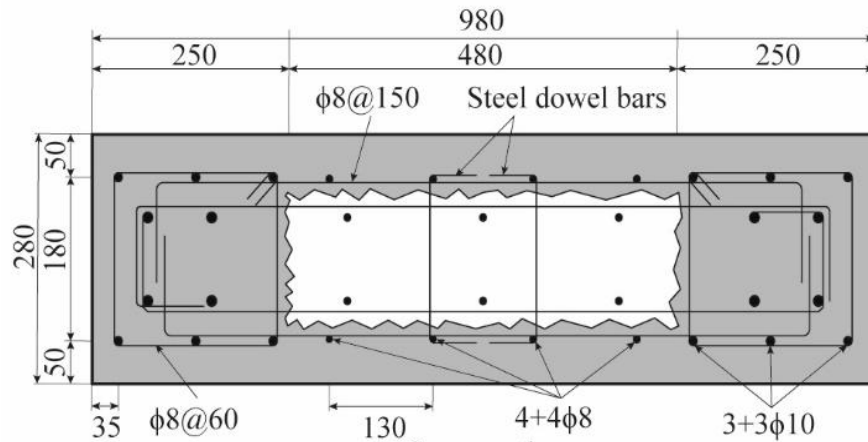


Cross section



Photo RW4-S2.5-R

Refuerzo de borde



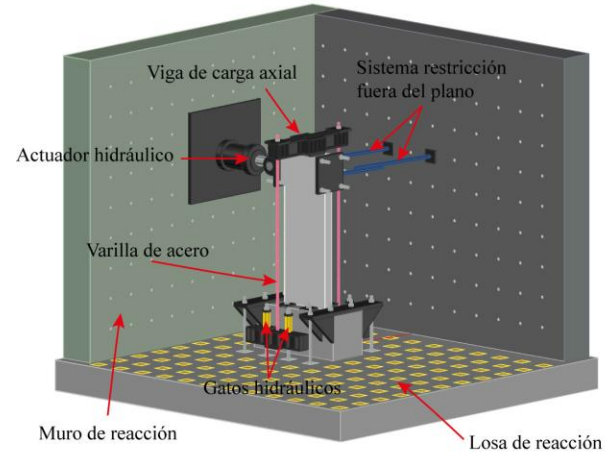
Cross section



Photo RW5-S1.75-R

Aumento de espesor

# Esquema de Ensayos



a) Esquema de ensayo



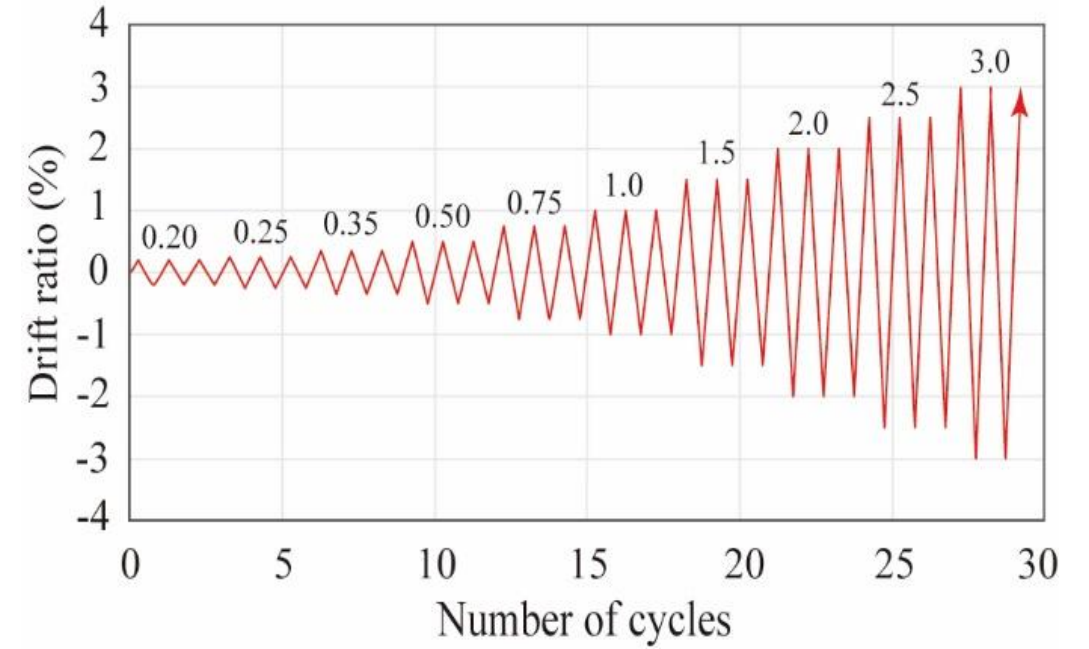
b) Sistema restricción fuera del plano

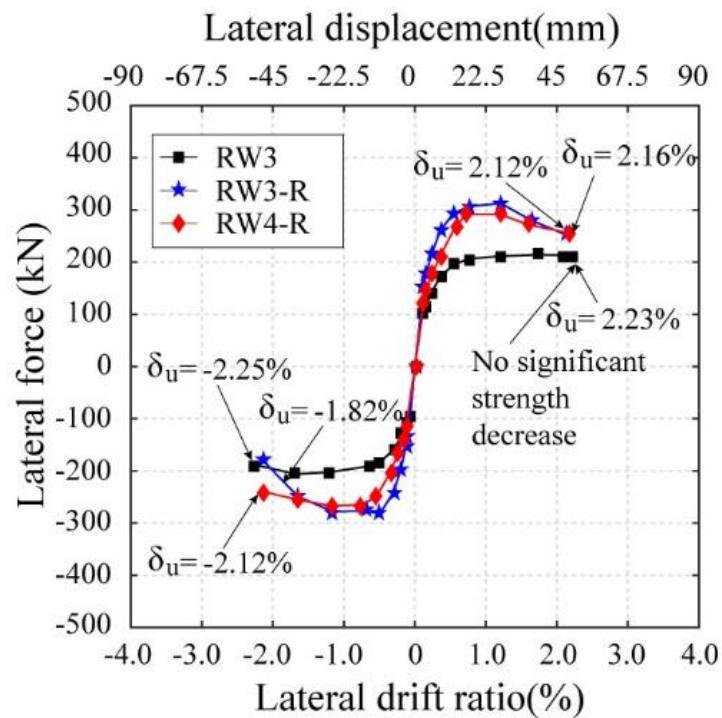
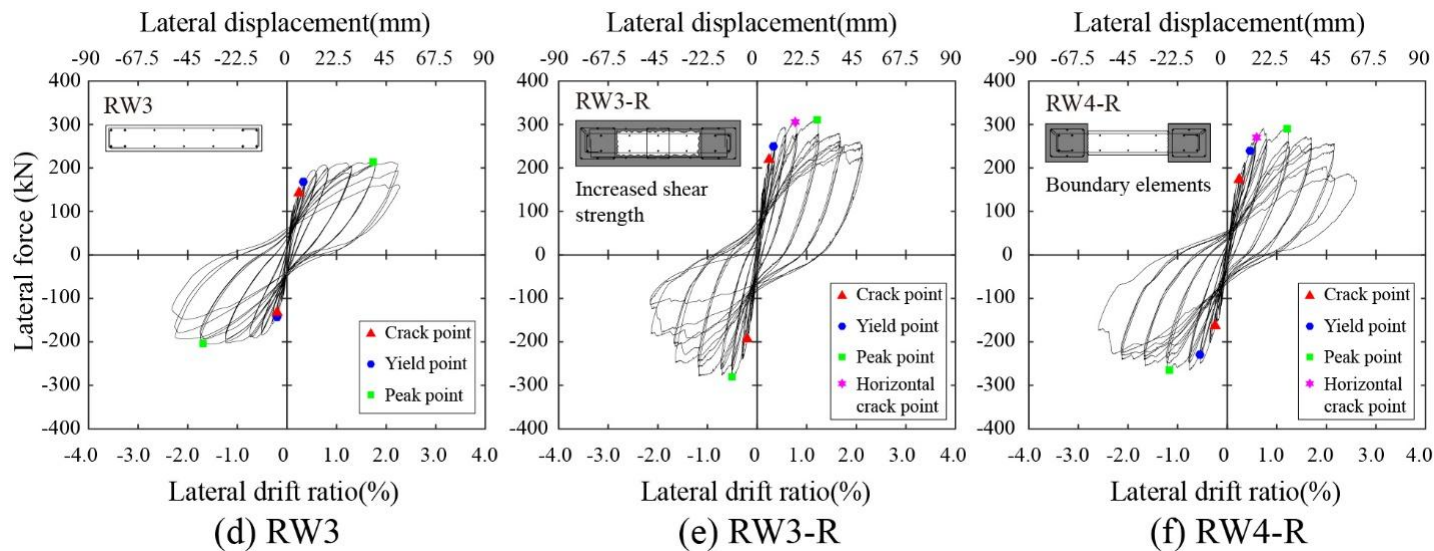


c) Gatos hidráulicos



d) Viga de carga axial





# Conclusiones de Ensayos de Muros Reparados

- ❑ Los muros reparados se comportaron mejor que los muros originales
- ❑ Edificios de muros reparados después de terremotos pueden ser resilientes

**Las edificaciones de muros de hormigón aportan  
significativamente a la resiliencia del entorno construido en  
América del Sur**



# Muchas Gracias!!

Hernán Santa-María, Jorge Moscoso, Juan Colmenares, Edgar Chacón-Valero

