



**XXXVIII Simposio Nacional
de Prevención de Desastres
Ciencia e Ingeniería para proteger
vidas ante terremotos y tsunamis**

“Comportamiento histerético del concreto no confinado sometido a cargas de compresión cíclicas”

B.Sc. Jerson Vicuña Canevaro

2026

01

INTRODUCCIÓN



02

PARÁMETROS



03

METODOLOGÍA



04

RESULTADOS



05

IMPLEMENTACIÓN





Fuente: El Comercio.



Falla por cortante y efecto de columna corta.



Falla por flexión y fuerza cortante.



Falla por cortante y aplastamiento.



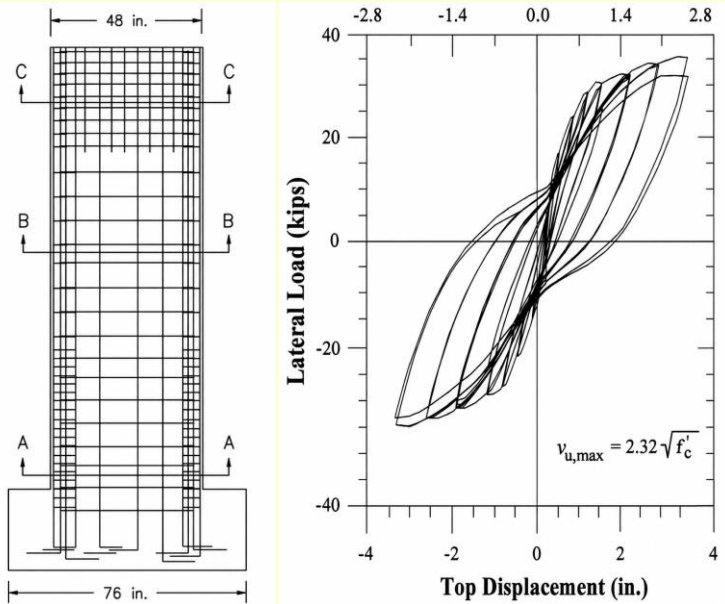
Las estructuras son sometidas a cargas cíclicas reversibles.



Las fallas observadas en los elementos estructurales evidencian la vulnerabilidad sísmica.



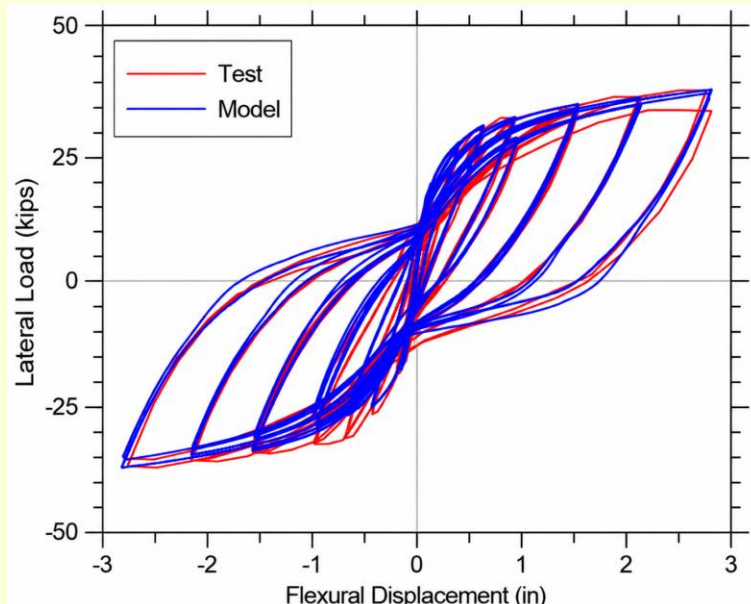
ENSAYO EXPERIMENTAL



Se obtiene:

- ✓ Rigidez y resistencia
- ✓ Ductilidad
- ✓ Energía disipada
- ✓ Degradación de rigidez y resistencia

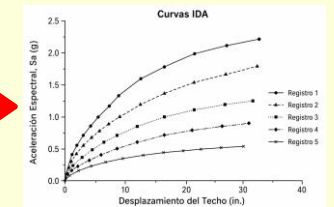
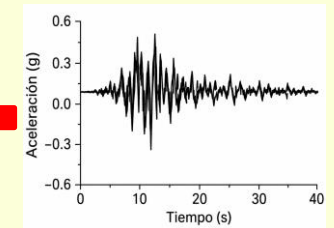
CALIBRACIÓN



Calibración del modelo:

- ✓ Ajuste de parámetros de materiales
- ✓ Predicción de rigidez, resistencia, etc.
- ✓ Validación con resultados experimentales

PREDICCIÓN SÍSMICA



Permite:

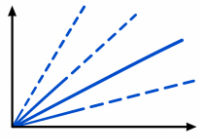
- ✓ Evaluar el desempeño sísmico
- ✓ Estimar daño
- ✓ Analizar múltiples escenarios sísmicos
- ✓ Tomar decisiones de diseño



Los modelos constitutivos traducen el comportamiento físico real de los materiales en ecuaciones matemáticas.

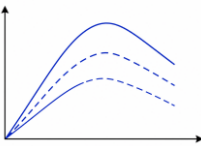
CURVA HISTERÉTICA

1 Degradación de rigidez

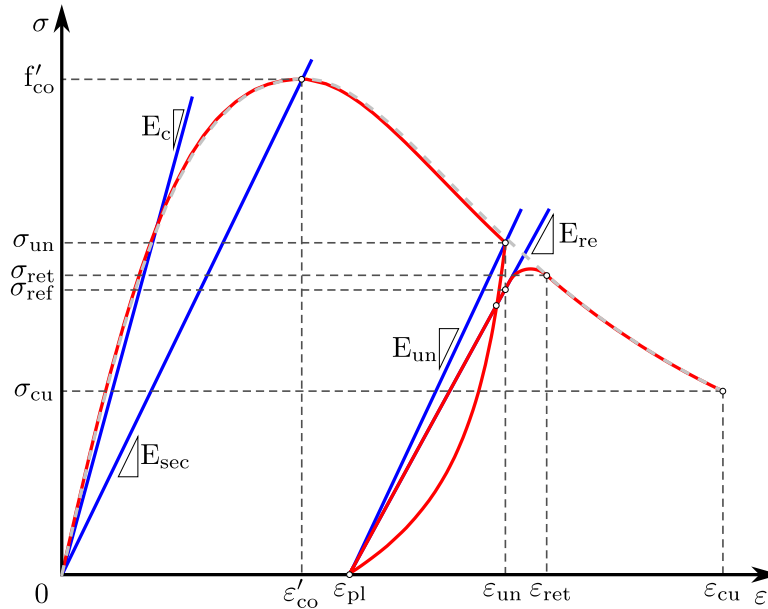


La pendiente de descarga disminuye con los ciclos

2 Degradación de resistencia

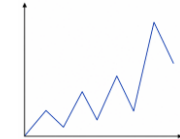


El esfuerzo máximo va disminuyendo con los ciclos



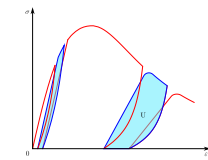
- ✓ La curva monótonica constituye la envolvente del comportamiento cíclico del concreto
- ✓ La envolvente define el límite dentro del cual evolucionan las trayectorias de carga y descarga

3 Deformación residual



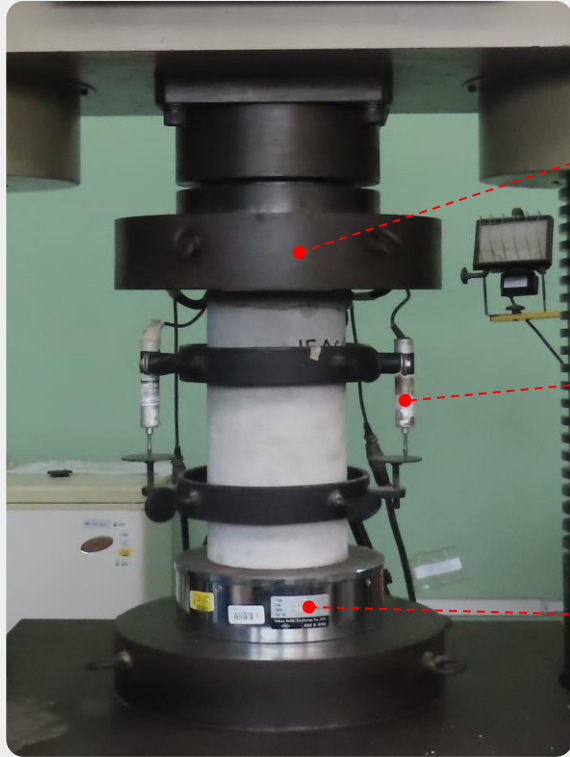
La curva no regresa al origen después de descargar

4 Energía disipada



Área encerrada bajo un lazo histerético

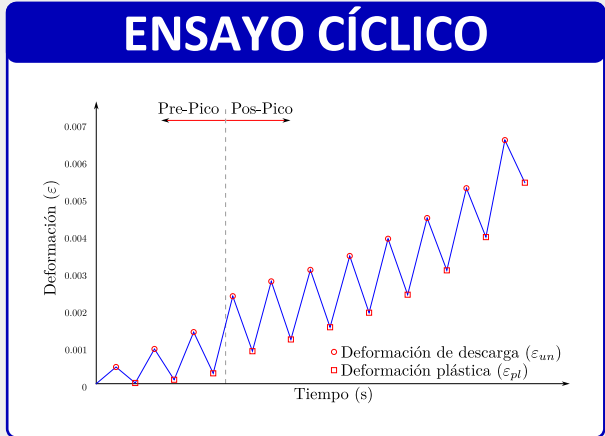
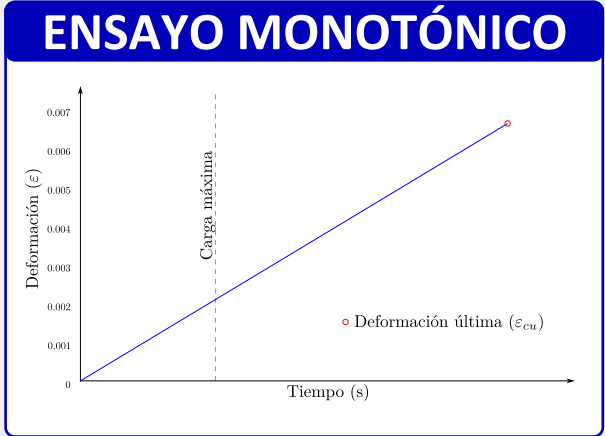




Soporte

LVDT

Celda de carga



SET UP EXPERIMENTAL

1



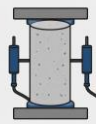
Preparación de especímenes

2



Etiquetado de especímenes

3



Instrumentación

4



Sistema de adquisición

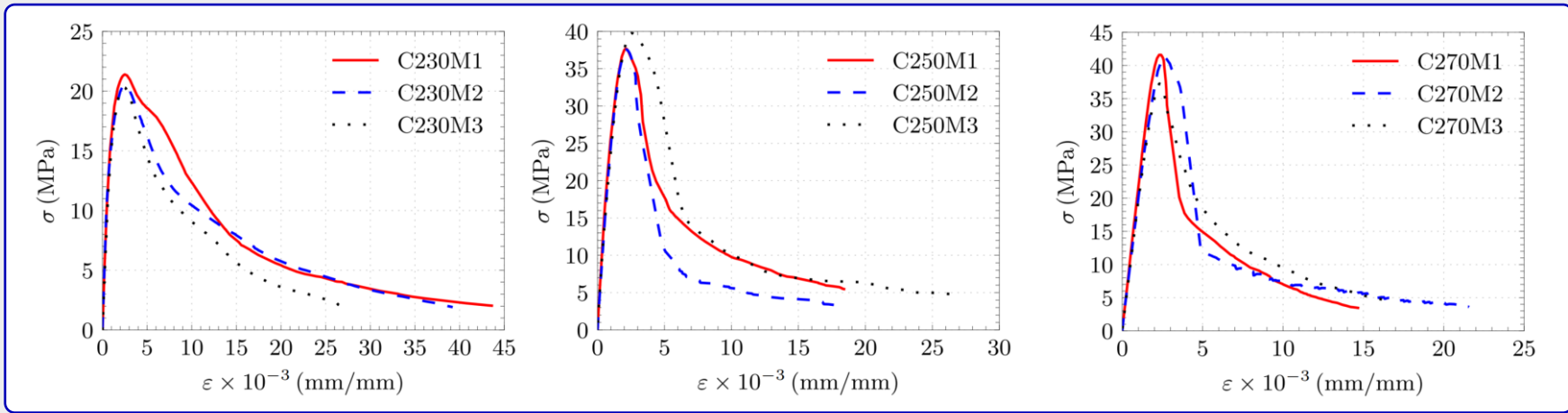
5



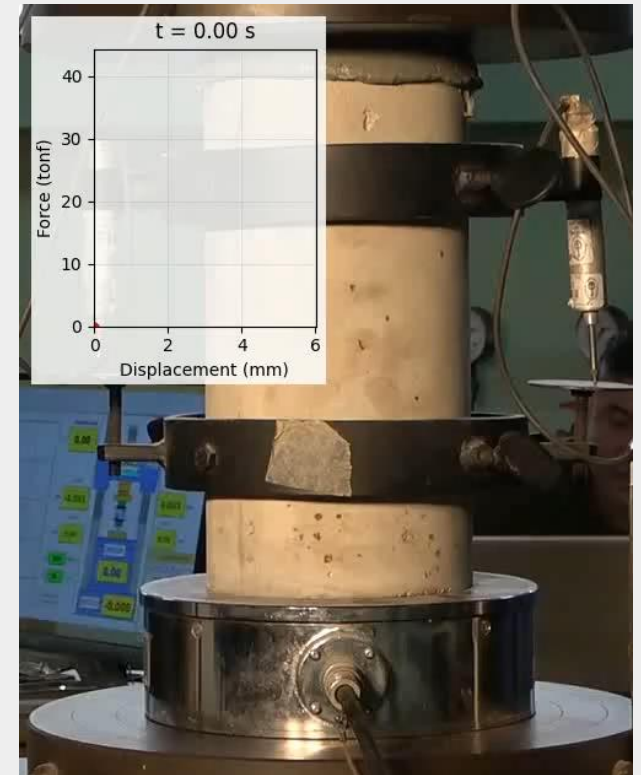
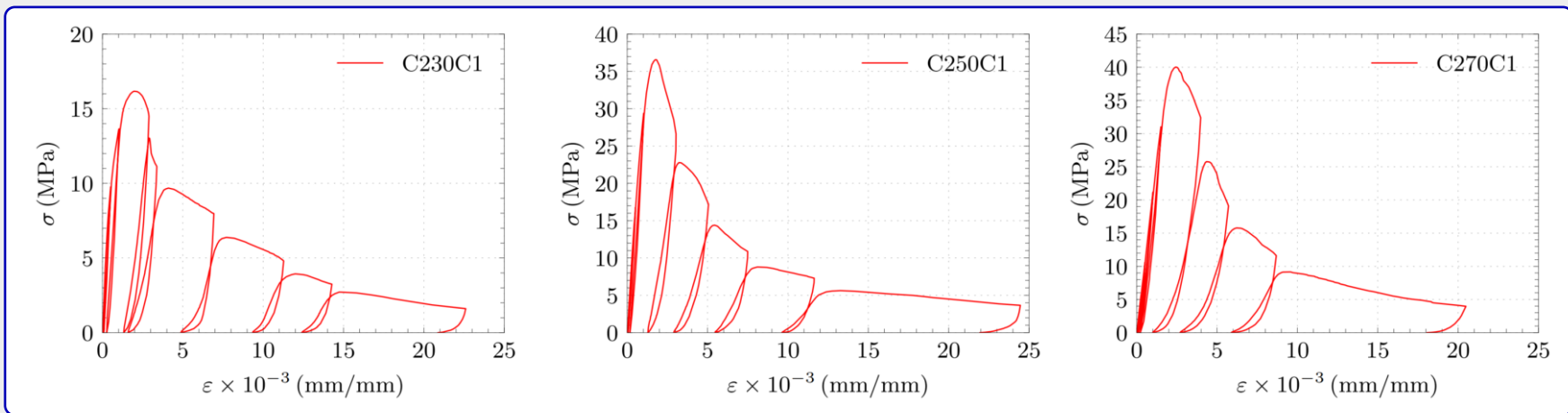
Ensayo experimental



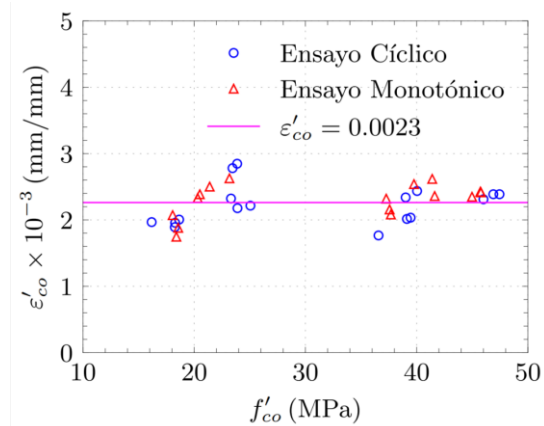
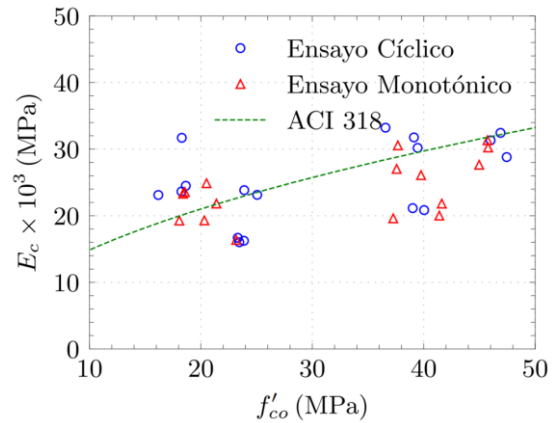
ENSAYOS MONOTÓNICOS



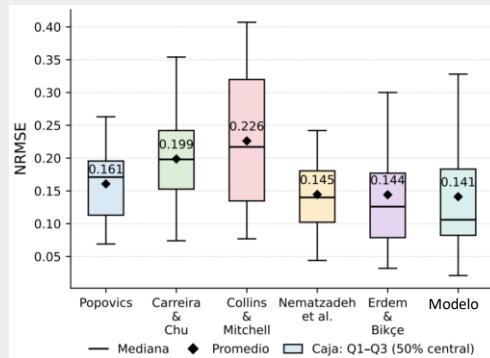
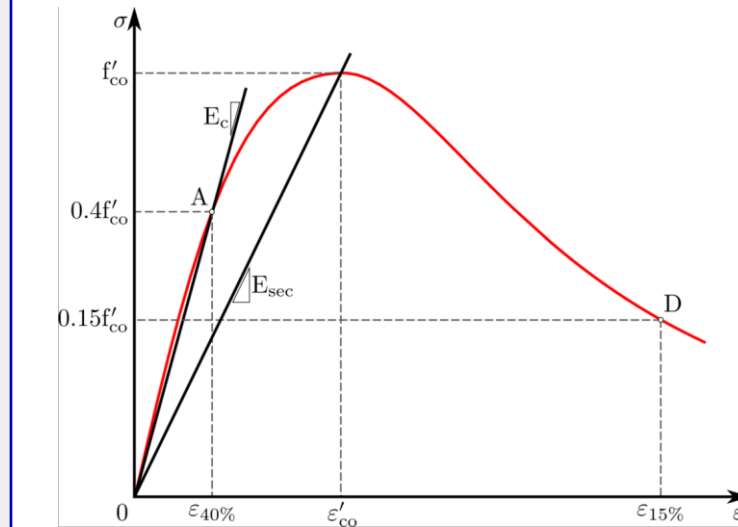
ENSAYOS CÍCLICOS



PARÁMETROS FÍSICOS

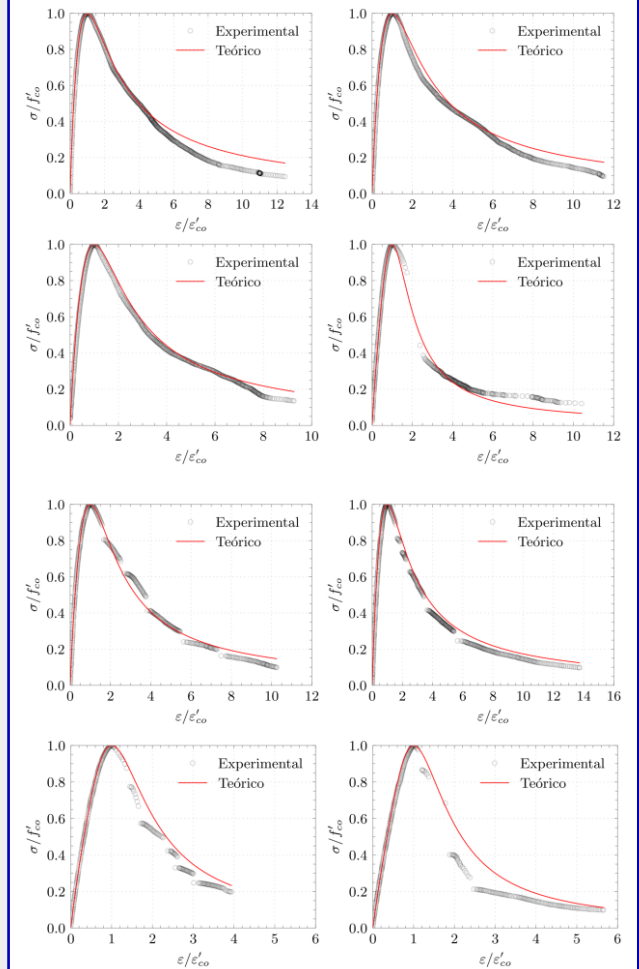


ESQUEMA



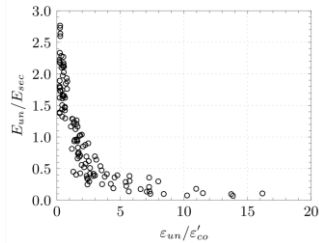
Métrica	%
Promedio	12.18
Error min	0.31
Error máx	31.28

CURVA MATEMÁTICA

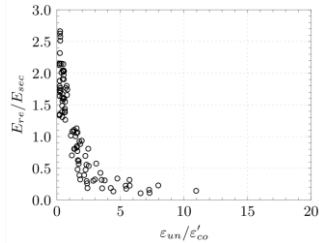


PARÁMETROS FÍSICOS

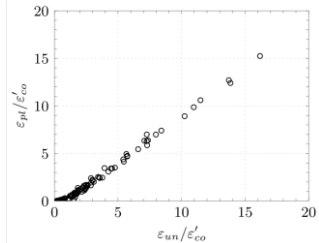
Pendiente de descarga



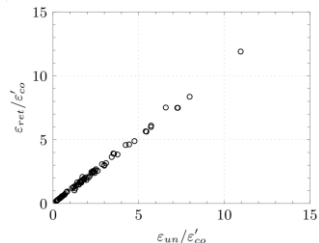
Pendiente de recarga



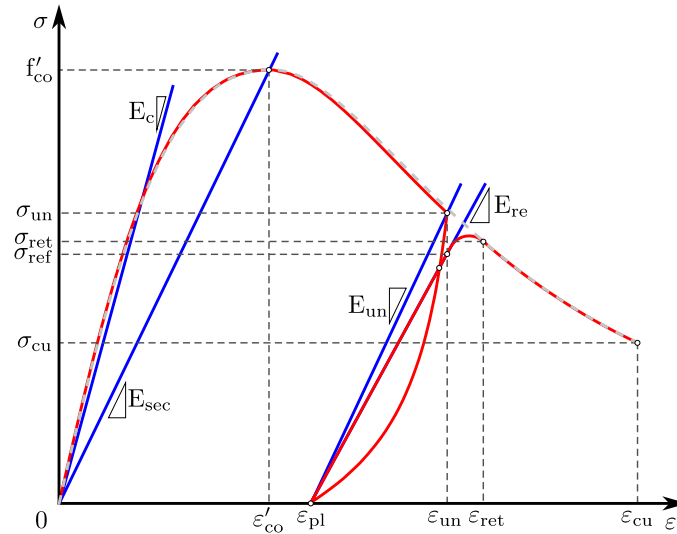
Deformación residual



Deformación de retorno

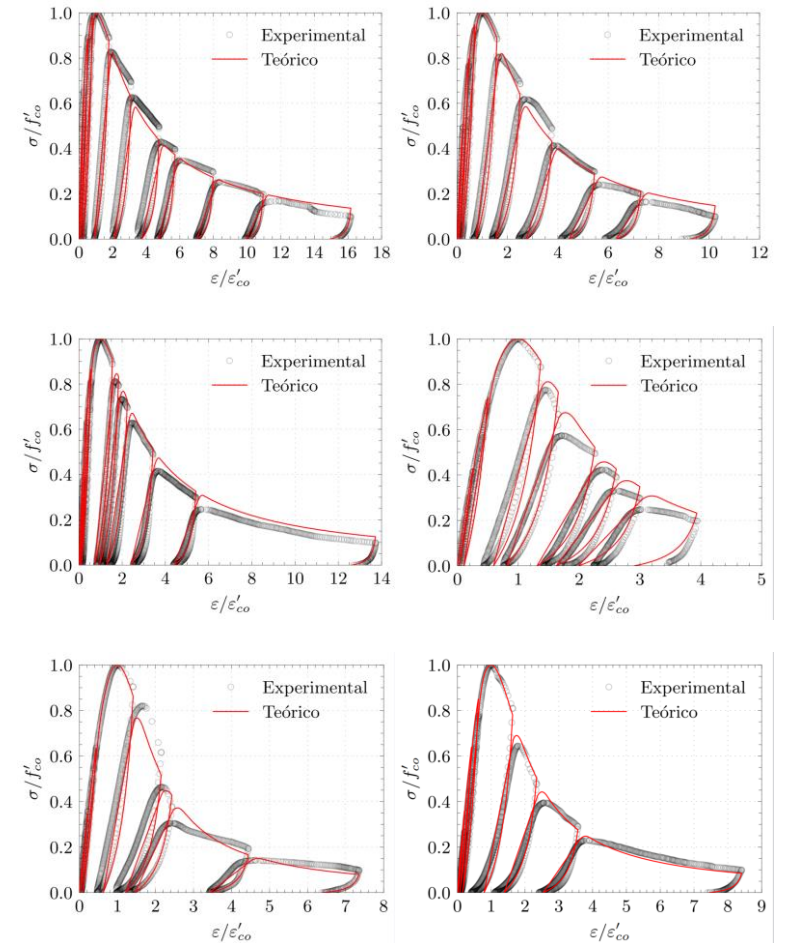


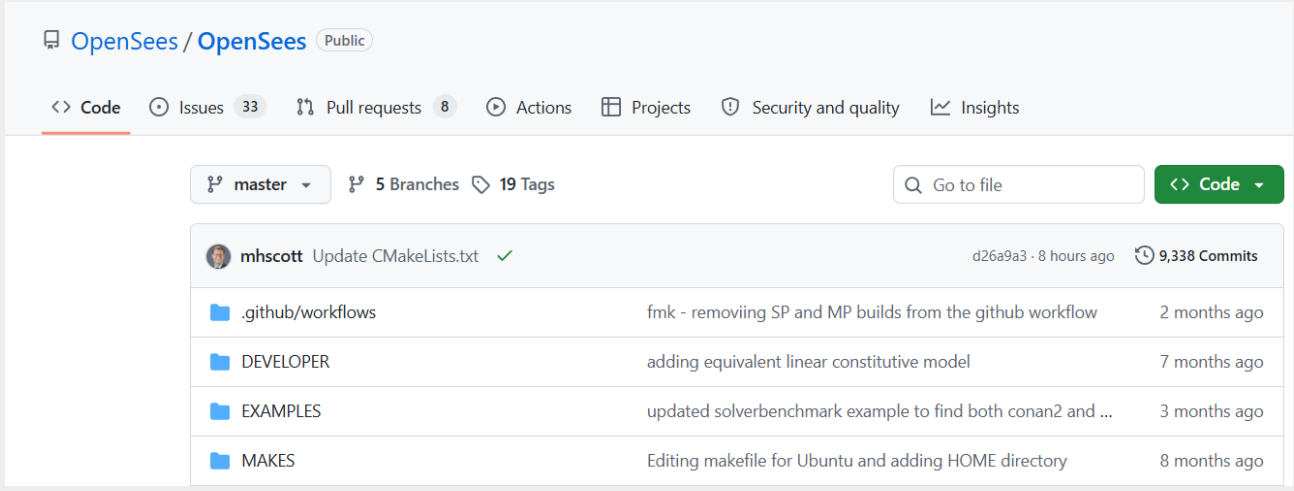
ESQUEMA



Métrica	%
Promedio	8.93
Error min	1.25
Error máx	18.61

CURVA MATEMÁTICA





DEFINICIÓN DEL MATERIAL

```

# Importar la librería de OpenSeesPy
import openseespy.opensees as ops

# Tag del material
matTag = 1

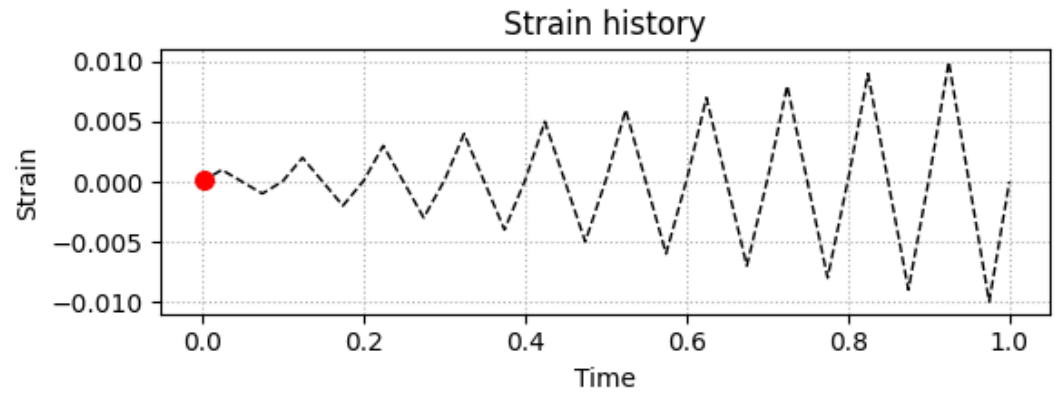
# Parámetros mecánicos del concreto
fpc = 18.29 # Resistencia máxima a compresión [MPa]
epsc0 = 0.002 # Deformación asociada a f'c
Ec = 31049 # Módulo de elasticidad inicial [MPa]
xs = 12.15 # Parámetro de ablandamiento post-pico

# Definición del material uniaxial del concreto
ops.uniaxialMaterial(
    'Concrete11', matTag, fpc, epsc0, Ec, xs
)
    
```

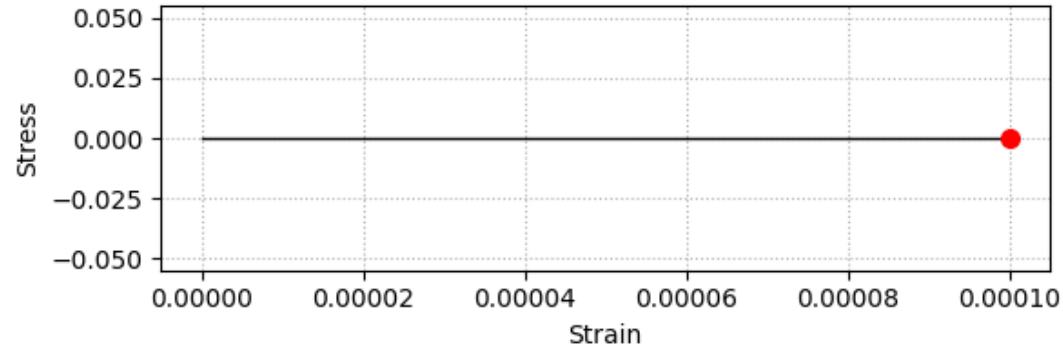
```

Concrete11.cpp* Concrete11.h
material Concrete11
1 #include <Concrete11.h>
2 #include <Vector.h>
3 #include <Channel.h>
4
5 #include <math.h>
6 #include <float.h>
7
8 #include <elementAPI.h>
9 #include <OPS_Globals.h>
10
11 > void* OPS_Concrete11() { ... }
60
61 > Concrete11::Concrete11(int tag, double FPC, double EPSC0, double EC, double XS) { ... }
89
90 > Concrete11::Concrete11() { ... }
101
102 > Concrete11::~Concrete11() { ... }
106
107 > int Concrete11::setTrialStrain(double trialStrain, double strainRate) { ... }
250
    
```

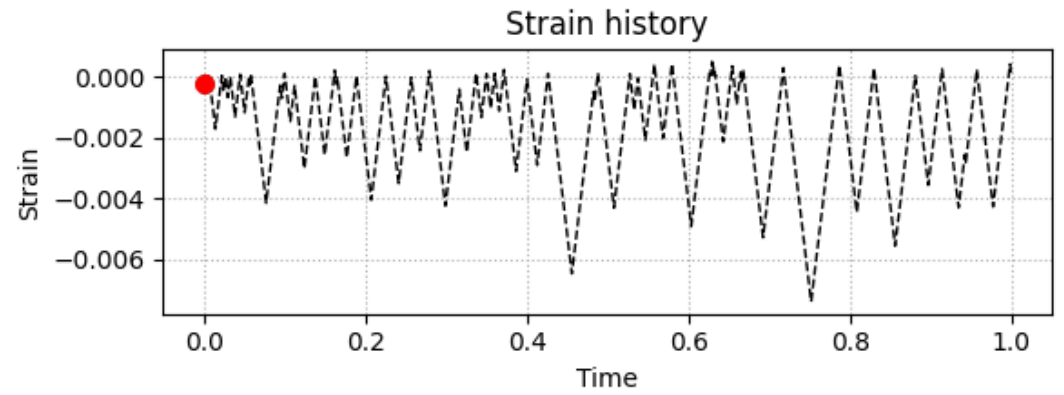
Peak strain history



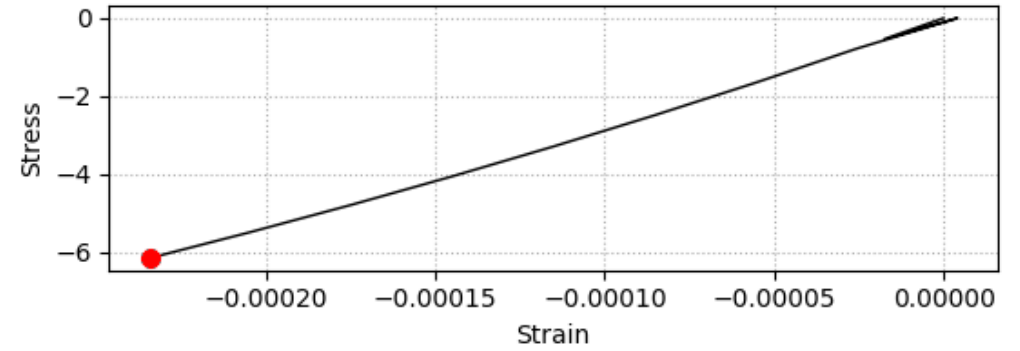
Stress-strain response



Random strain history



Stress-strain response





Gracias