

ESCENARIO CATASTRÓFICO PARA LIMA Y EL CALLAO ANTE UN SISMO DE GRAN MAGNITUD ($> M8.0$)



XXXIV SIMPOSIO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

**“Estudio Experimental de una Propuesta de
Dispositivo de Disipación de Energía Sísmica basado
en un Arriostre con restricción al pandeo”**

**Ing. Jorge Gallardo, Ing. Edison Moscoso, Ing. Jairo Cueva, Carlos Acuña, Diego
Velasquez, Chrysler Camacho, Jerson Vicuña**

Marzo 2023



CENTRO PERUANO JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y
MITIGACIÓN DE DESASTRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL

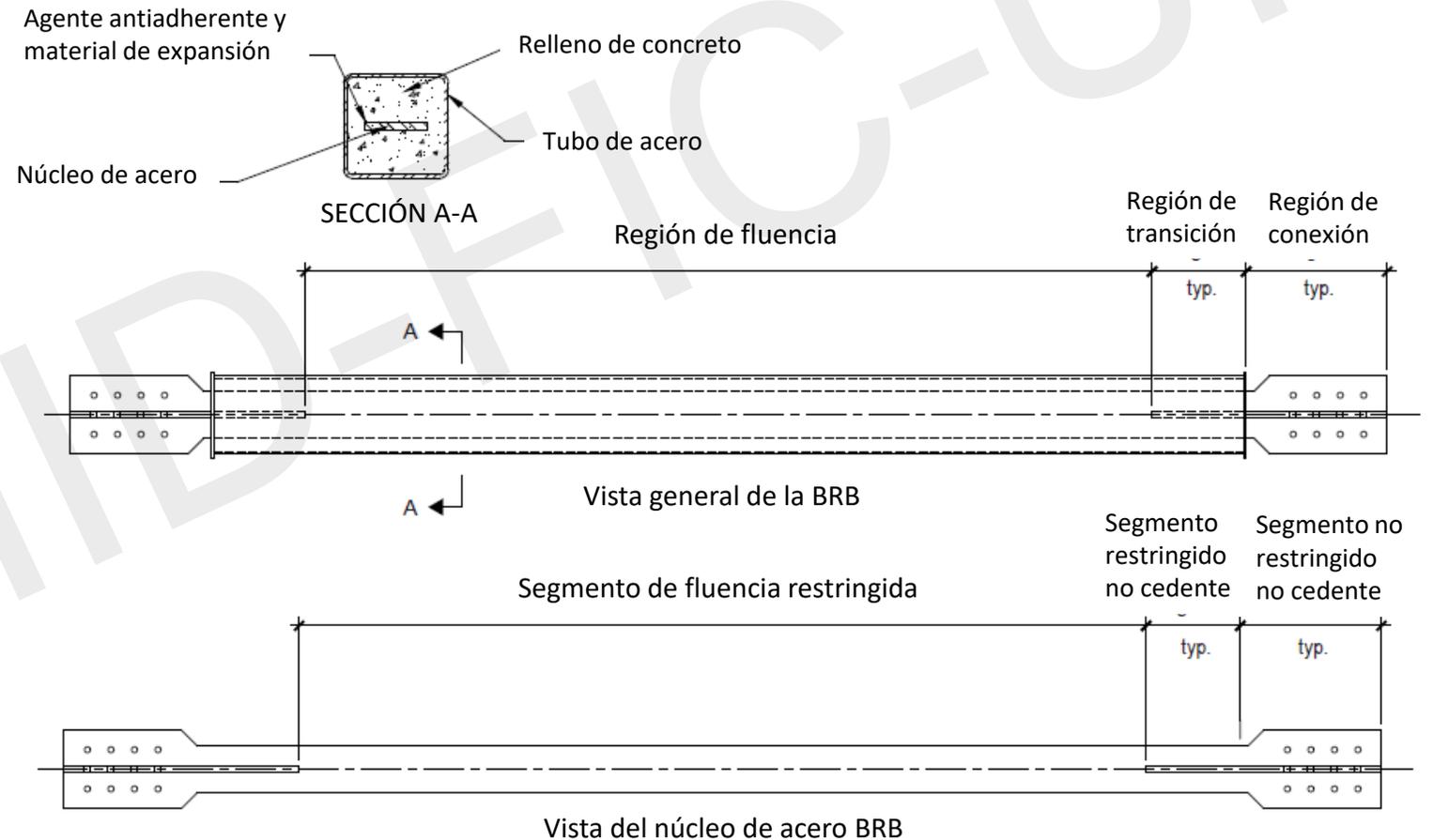
UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERÍA



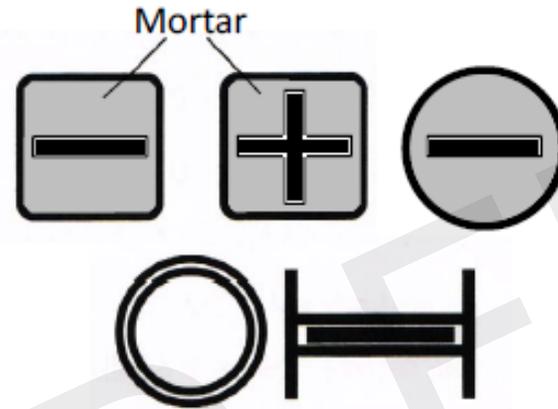
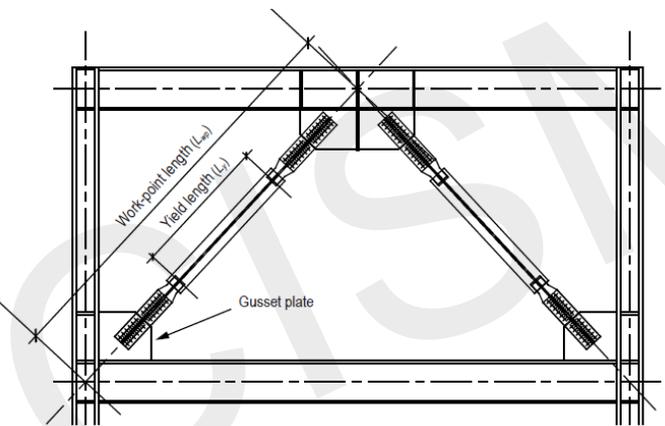
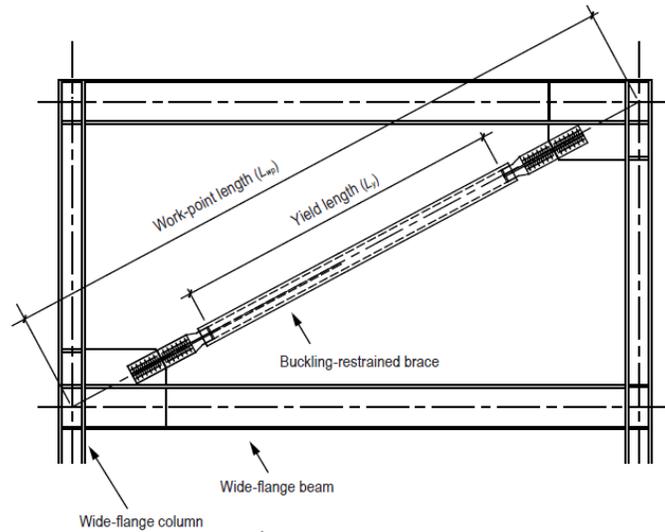
I. Conceptos Generales

Descripción de Arriostres con restricción al pandeo BRB

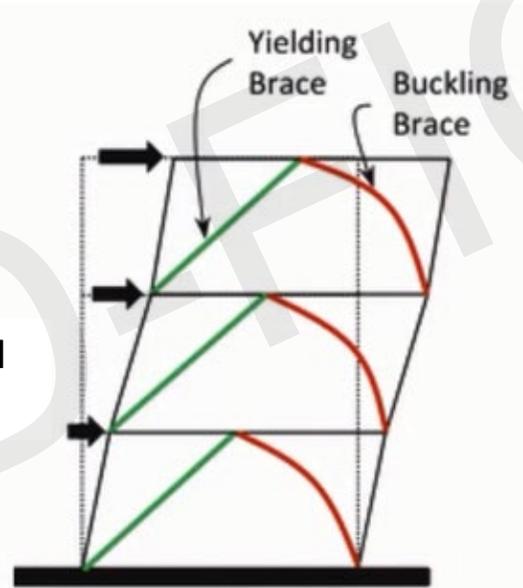
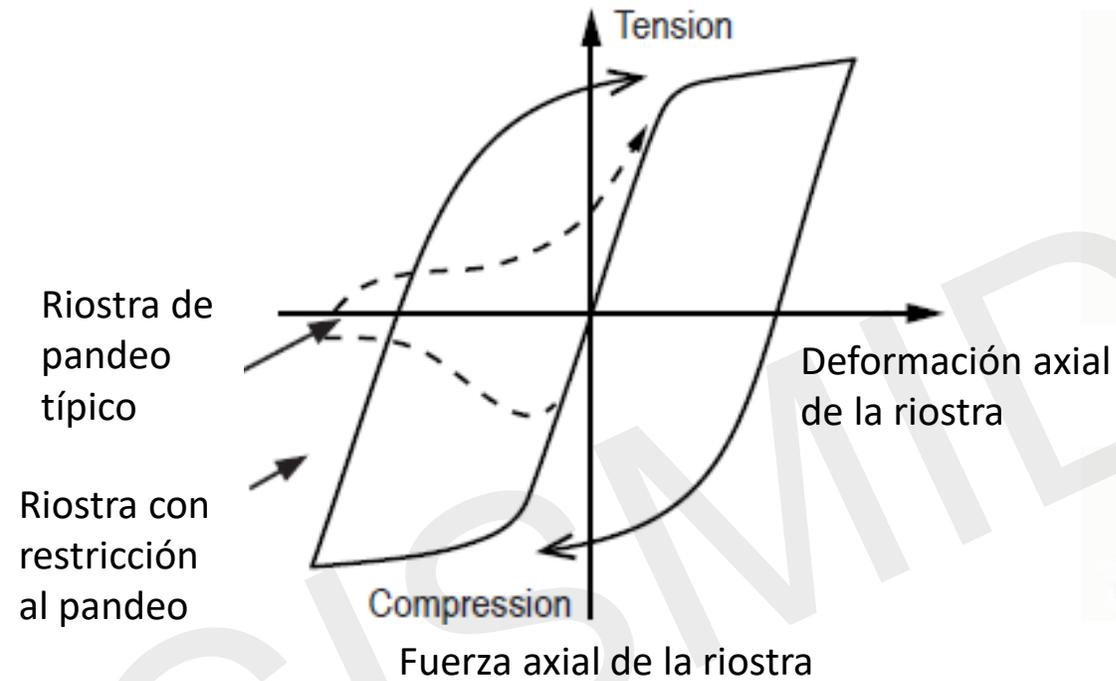
Buckling-restrained braces (BRB)



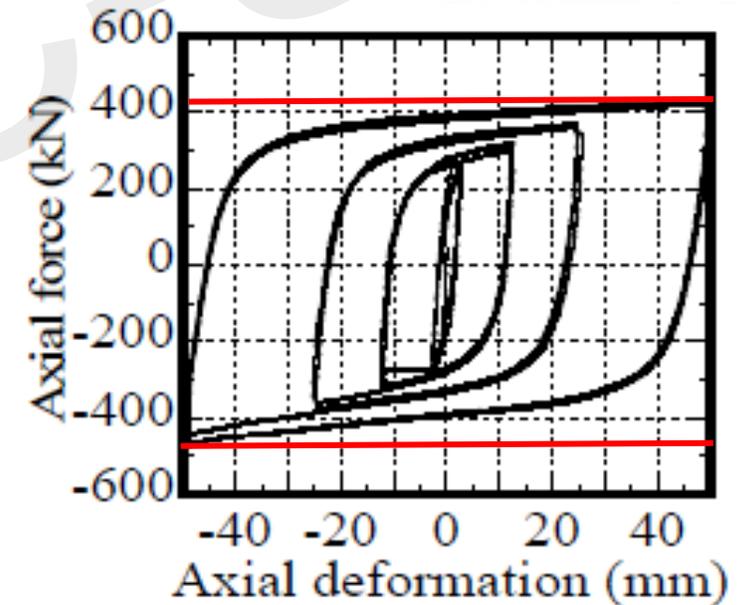
Tipos y configuraciones típicas



Comparación con los arriostres tradicionales



Comportamiento BRB

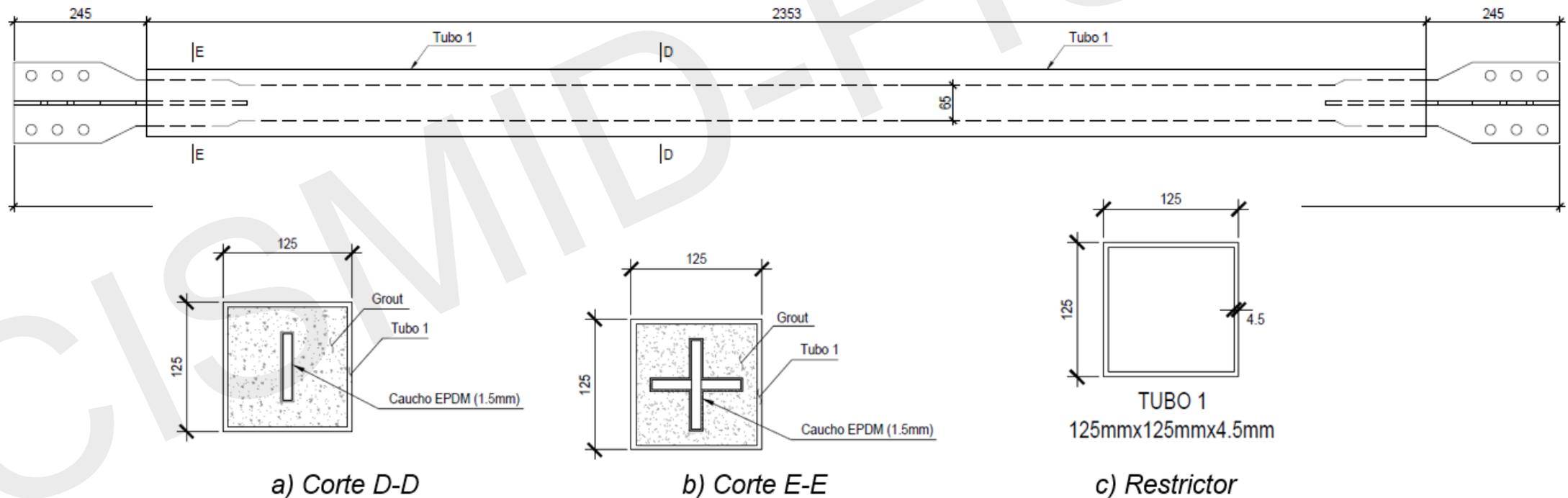


Fuente: Wada & Takeuchi

II. Estudio experimental

Descripción del espécimen

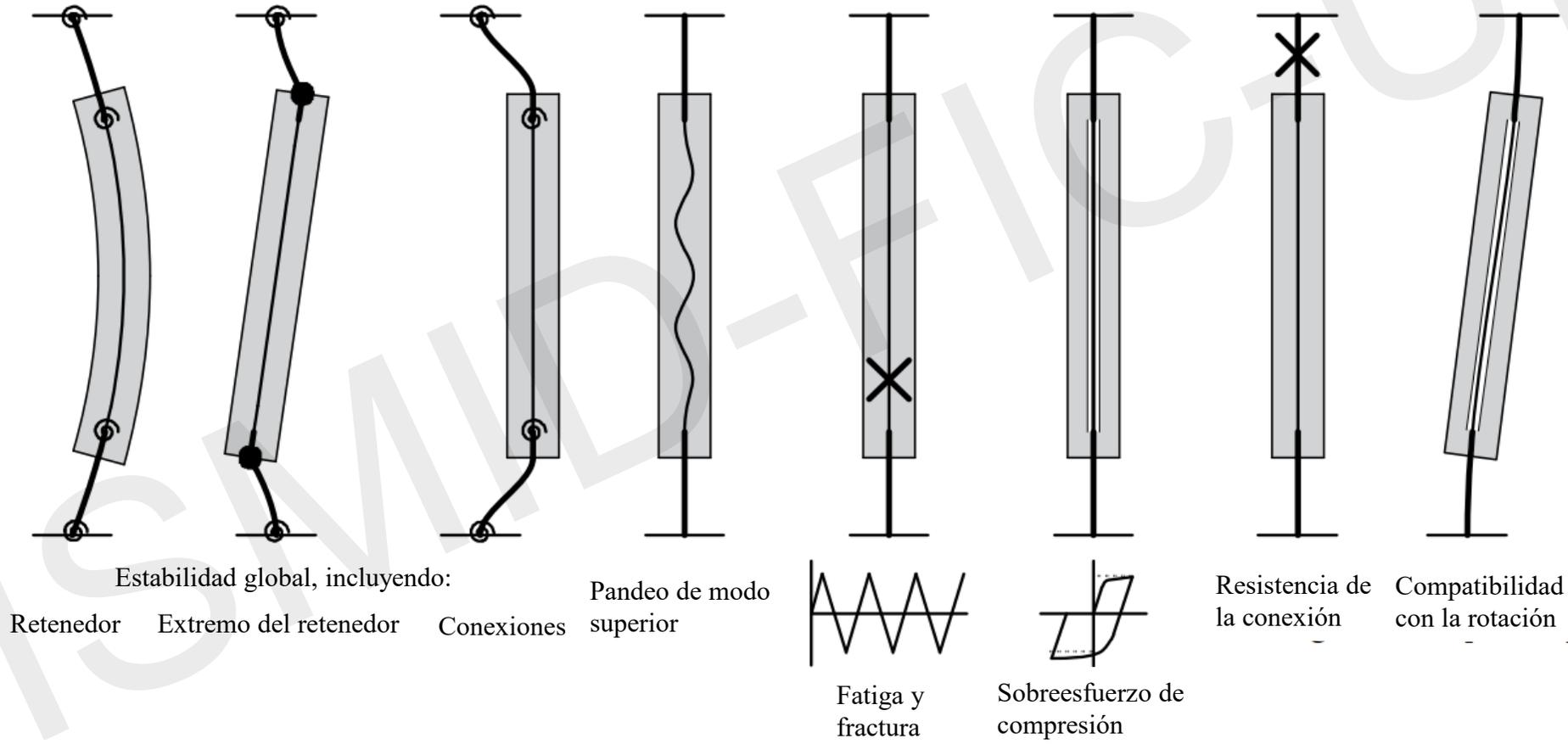
- ❑ El proyecto fue financiado a través del Programa Presupuestal PP068
- ❑ El material base del dispositivo Buckling-restrained Braces (BRB) es el acero A36, el cual puede desarrollar una gran ductilidad.
- ❑ El dispositivo está conformado por un núcleo central, cuyo espesor es de 9 mm.



Objetivos del Ensayo

- Desempeño de la conexión
- Resistencia y estabilidad del arriostre con restricción al pandeo

En general, el diseño del BRB debe anticipar una serie de consideraciones de resistencia y estabilidad, que incluyan efectos tanto locales como globales como lo mostrado:



Construcción del espécimen (Taller)



Núcleo del BRB



Restrictor + núcleo de acero



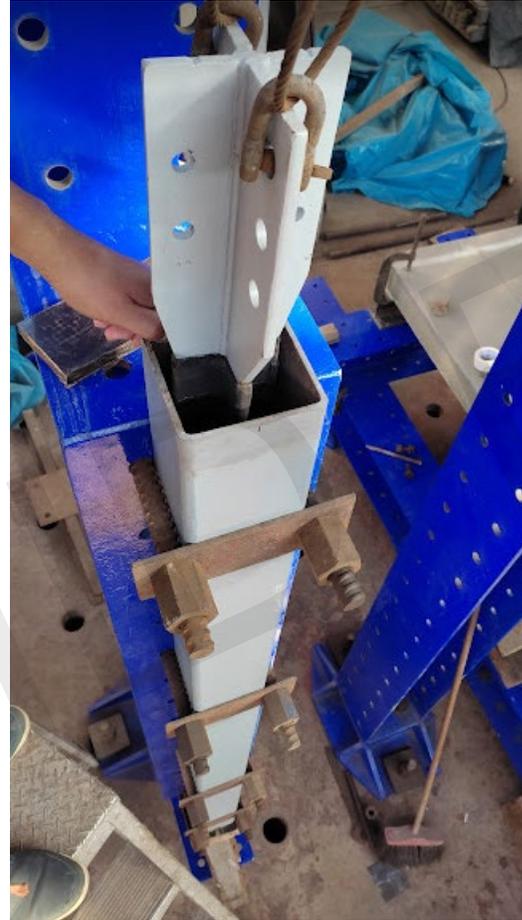
Verificación de la soldadura



Construcción del espécimen (CISMID)



Colocación del agente antiadherente

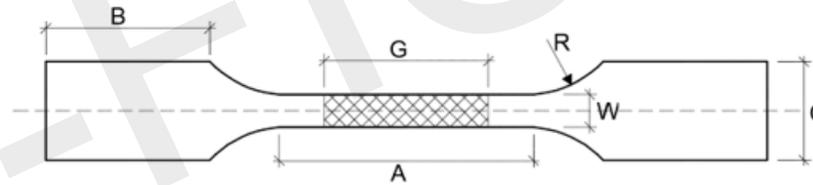


Proceso de vaciado de concreto

Descripción del ensayo de los materiales

Núcleo de acero

A (mm)	B (mm)	C (mm)	G (mm)	R (mm)	W (mm)
240	100	80	200	120	40



Resultados de los ensayos de tracción

ID	Espesor (mm)	Esfuerzo fluencia MPa (Kgf/cm ²)
Muestra 1	9	337.74 (3444)
Muestra 2	9	329.60 (3361)
Muestra 3	9	340.49 (3472)



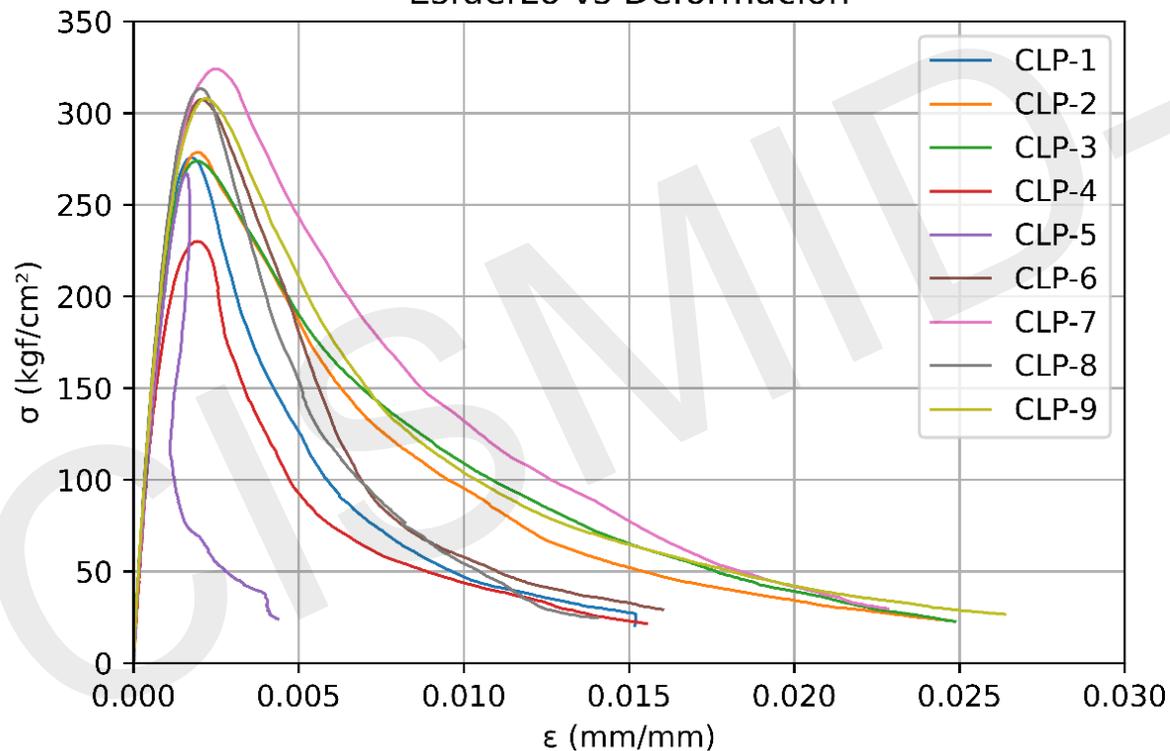
Descripción del ensayo de los materiales

Concreto

D (mm)	H (mm)
150	300



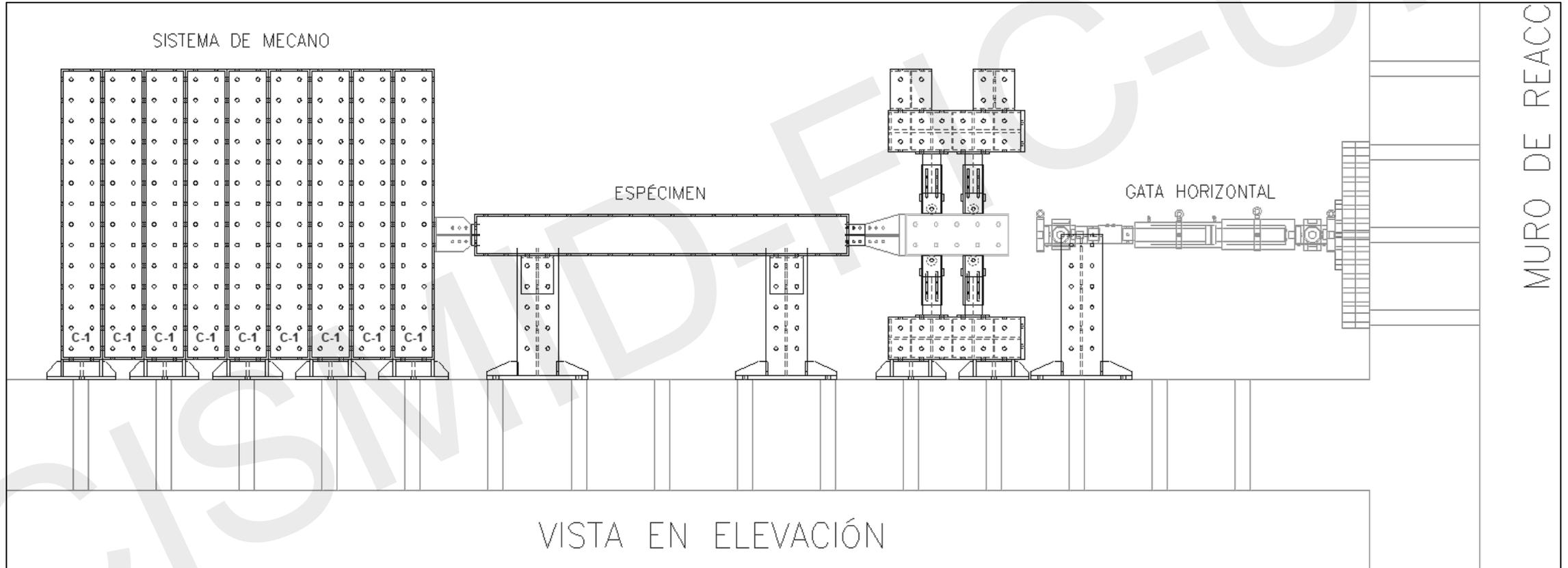
Esfuerzo vs Deformación



Resultados de los ensayos a compresión

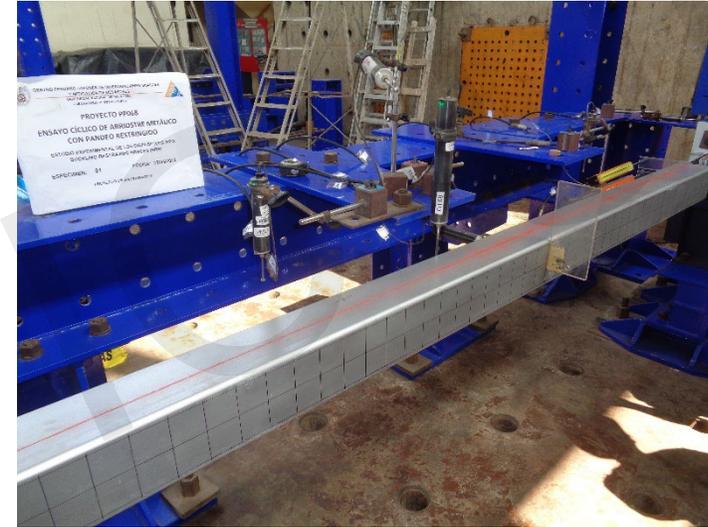
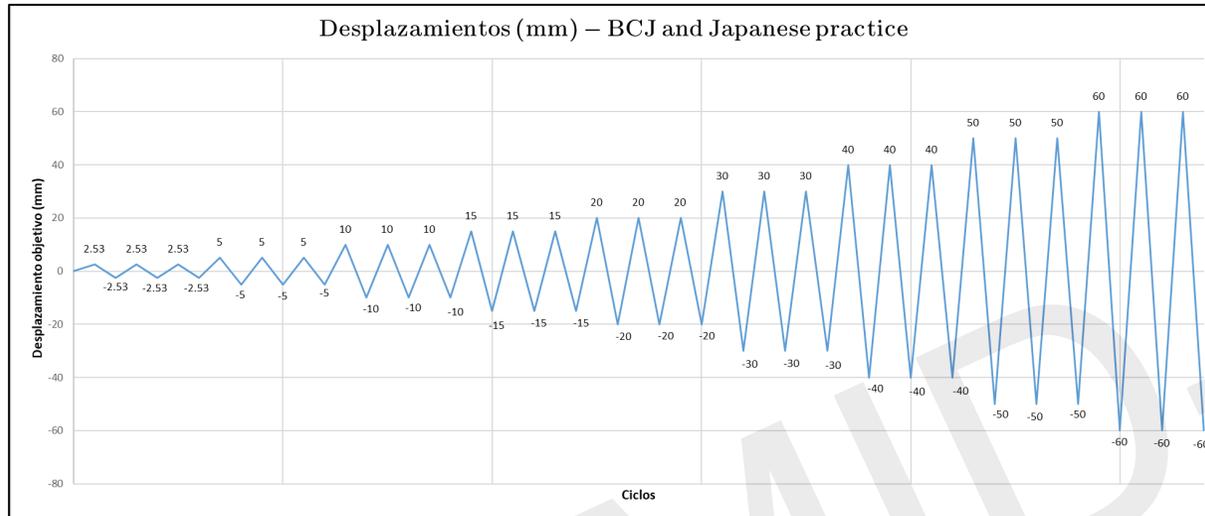
Muestra	Esfuerzo a Compresión MPa (Kgf/cm ²)
CLP-1	27.05 (275.87)
CLP-2	27.33 (278.70)
CLP-3	26.86 (273.89)
CLP-4	22.56 (230.03)
CLP-5	26.19 (267.10)
CLP-6	30.13 (307.28)
CLP-7	31.77 (323.97)
CLP-8	30.74 (313.50)
CLP-9	30.19 (307.84)

Configuración del ensayo



Ensayo del espécimen

Protocolo de desplazamientos objetivos



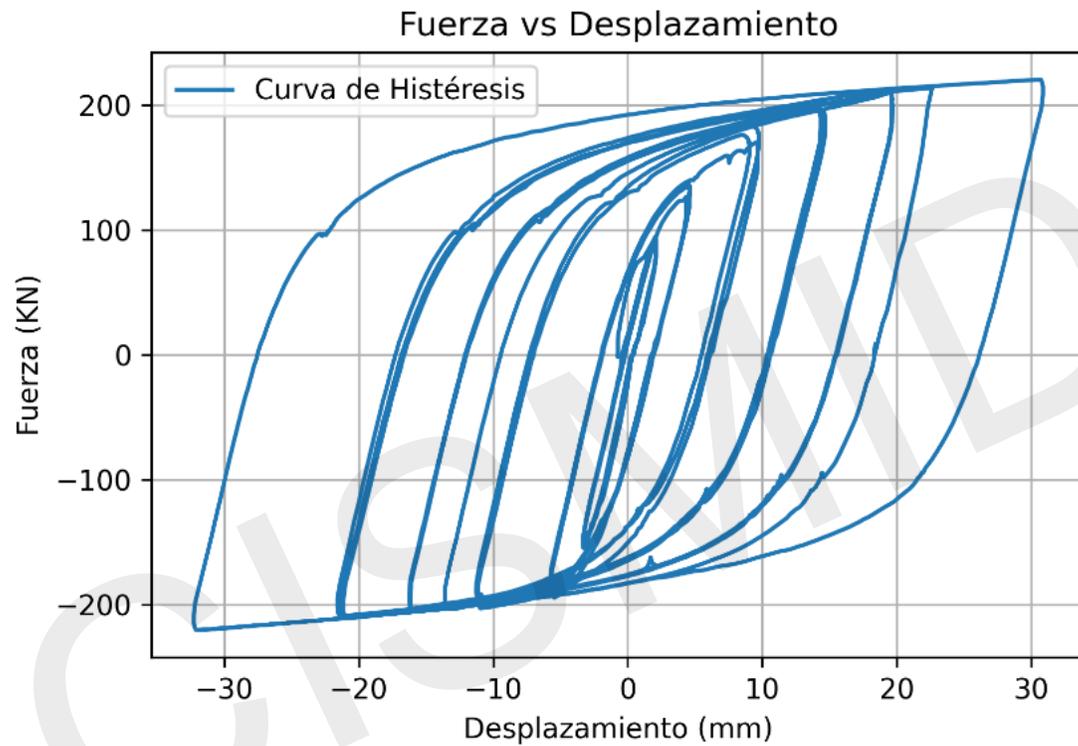
Resultados final (fisura del mortero)



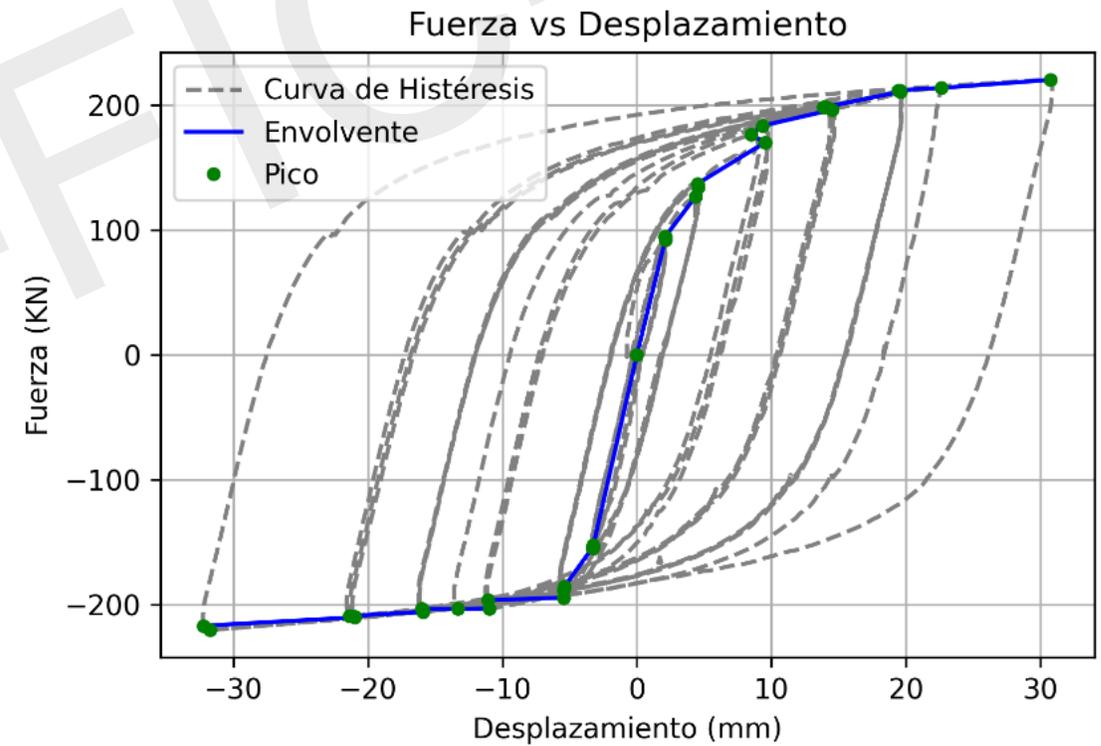
III. Resultados y análisis

Curvas experimentales

Curva histerética del espécimen



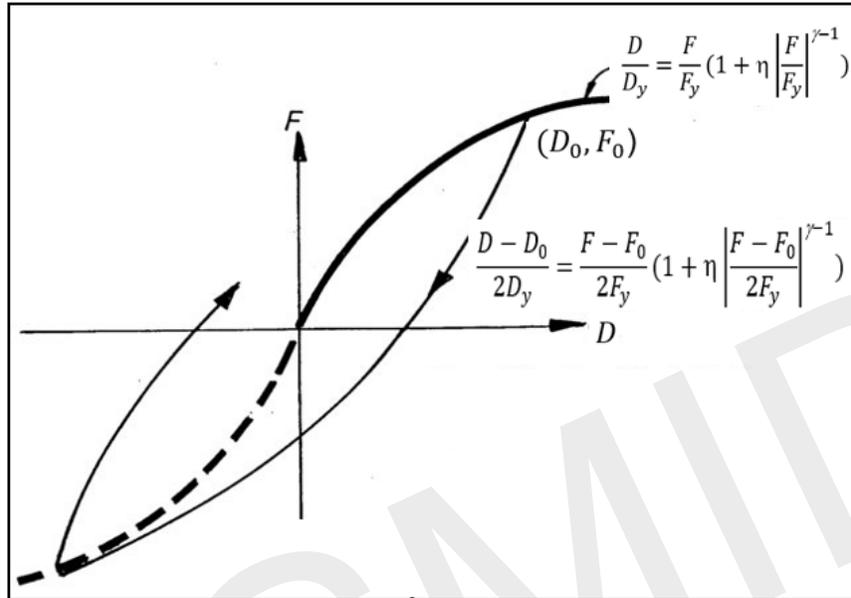
Curva envolvente



Ajustes de parámetros para el modelo teórico

El modelo consiste en una curva esqueleto y una familia de curvas histeréticas.

Modelo histerético (Ramberg-Osgood 1943)



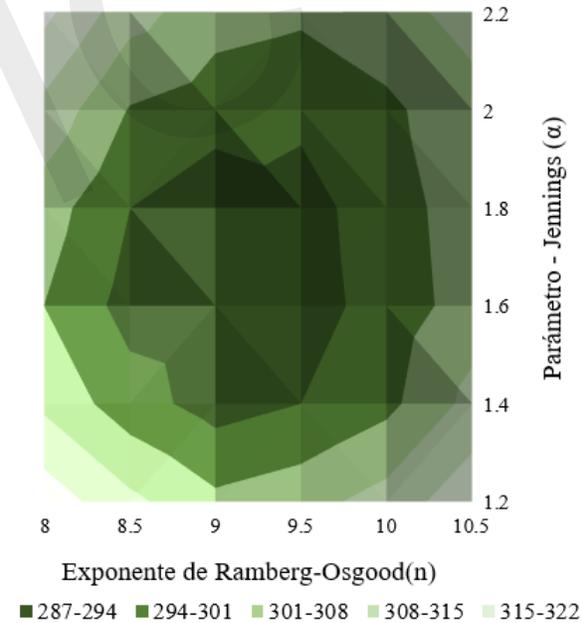
Fuente: Ruumoko manual: Theory

Parámetros:

- Desplazamiento de fluencia (D_y en mm)
- Resistencia de fluencia (F_y en kN)
- Factor del modelo (n)
- Parámetro Jennings (α)

Ajustes de parámetros (n y α)

Error Cuadrático Medio (MSE)-2
Iteración

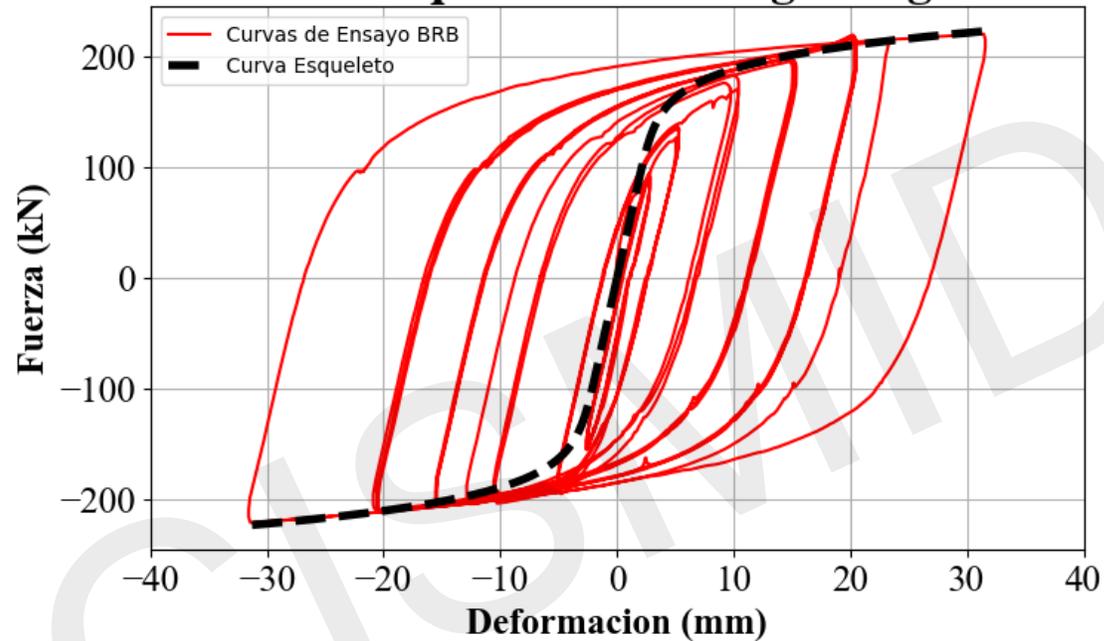


Parámetros finales:

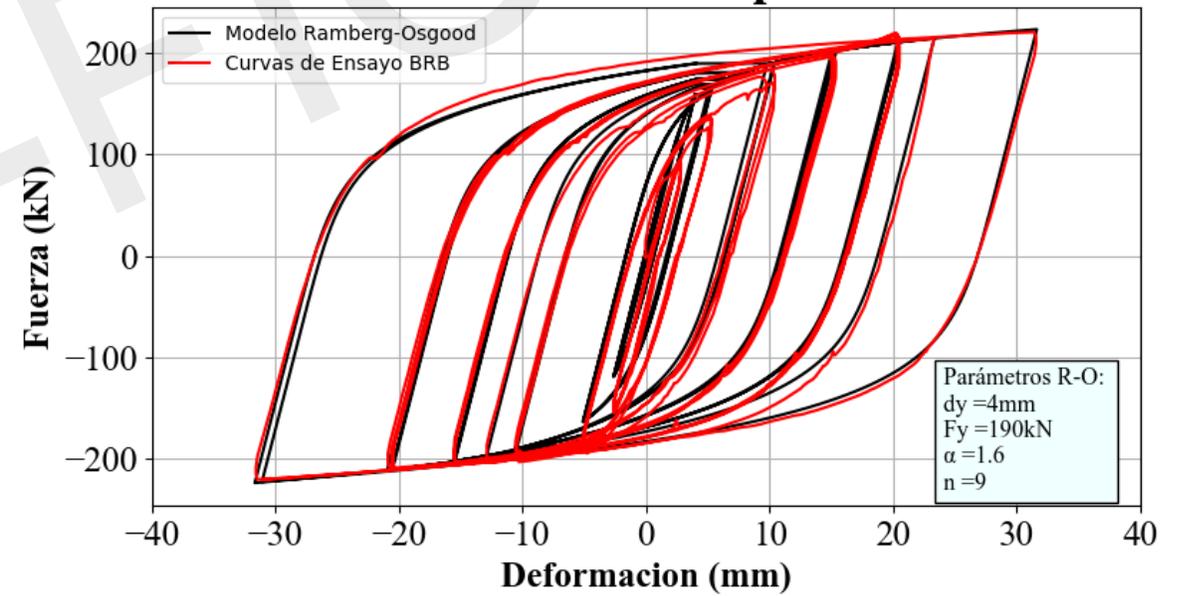
$$\{D_y, F_y, n, \alpha\} = \{4, 190, 9, 1.6\}$$

Comparación del modelo teórico vs experimental

Curva Esqueleto Ramberg – Osgood



Modelo Teórico vs Experimental



Energía de disipación y amortiguamiento equivalente

Con el fin de estudiar más el comportamiento de los dispositivos BRB, se realizó el cálculo de la energía disipada y amortiguamiento histerético.

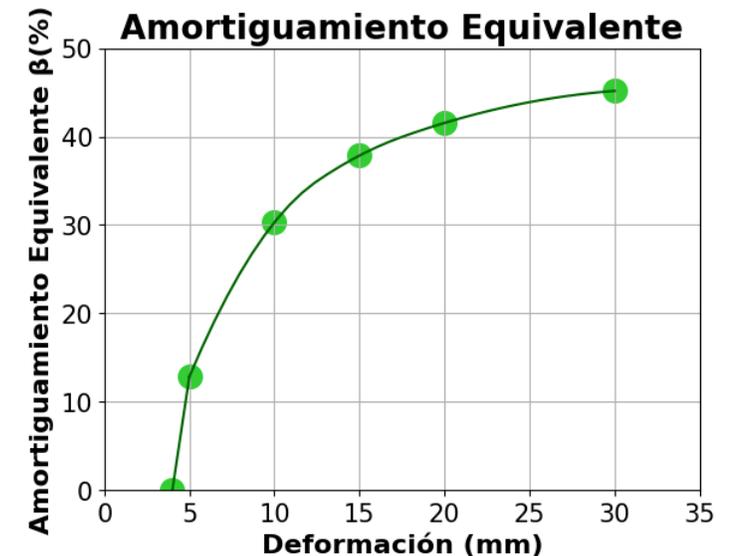
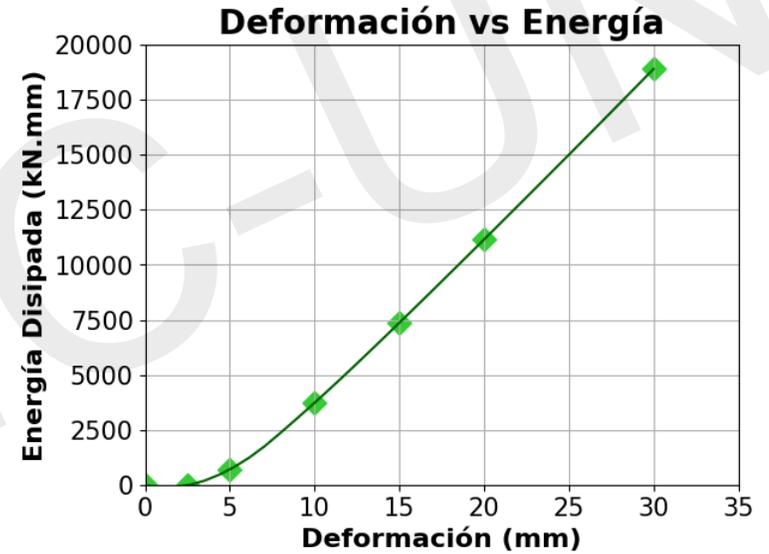
$$\beta = \frac{E_D}{4\pi E_{so}}$$

Donde:

E_D = Energía disipada (área encerrada en un ciclo)

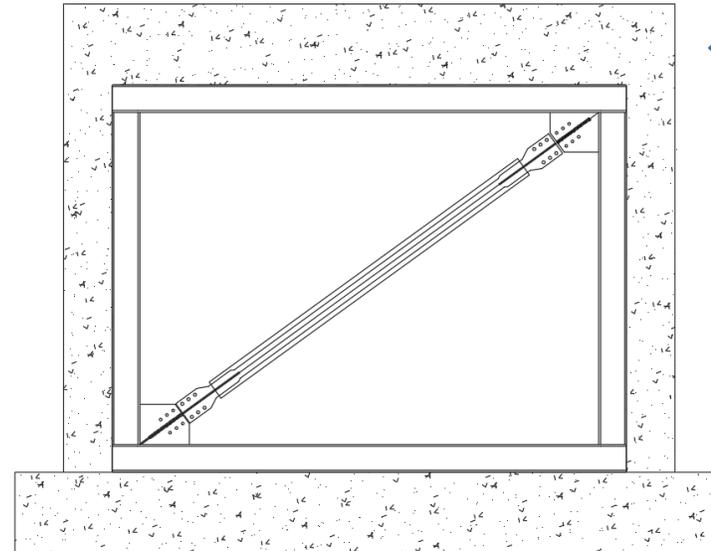
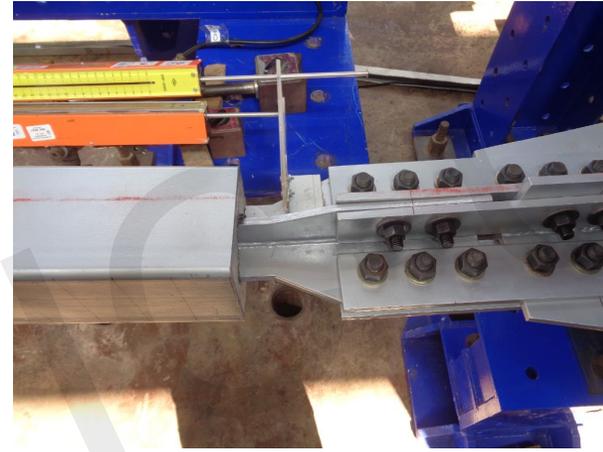
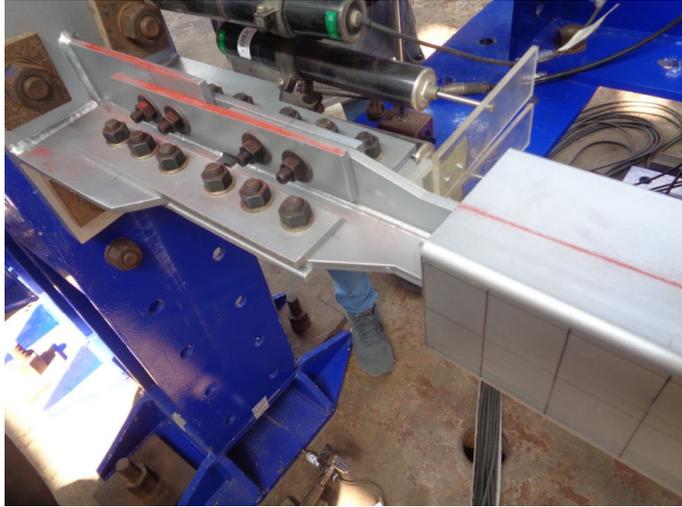
E_{so} = Energía de deformación máxima

β = Fracción de Amortiguamiento Viscoso Equivalente



III. Conclusiones

- ❑ Se ensayaron a tracción 3 láminas de acero A36 de 9mm de espesor con un esfuerzo de fluencia promedio de 336MPa. Adicionalmente, se realizaron 9 ensayos de compresión de probetas de concreto a los 28 días, resultando un esfuerzo a la compresión promedio de 28MPa.
- ❑ La curva experimental del espécimen presenta una histéresis estable, es decir alcanza valores de resistencia bastante similares tanto a tracción y compresión.
- ❑ El modelo Ramberg-Osgood se ajusta óptimamente a los lazos de histéresis del ensayo experimental, resultando un MSE mínimo de los parámetros usados de 289.
- ❑ Mediante el modelo teórico se puede observar que el dispositivo llegó alcanzar una ductilidad de 7 ($\mu = 7$), el cual puede ser mejorado cambiando algunas propiedades geométricas y mecánicas del BRB.



IV. Agradecimiento

- Al Ministerio de Economía por el apoyo económico a través del Presupuesto PP068.
- Al Laboratorio de Estructuras y al equipo de Investigadores y personal técnico que realizó el ensayo bajo la dirección del Dr. Miguel Díaz.