



Visita Virtual al Laboratorio de Estructuras de la PUCP



San Bartolomé

OBJETIVO:

- **DEFINIR LOS PARÁMETROS EXPERIMENTALES A UTILIZAR EN EL ANÁLISIS Y EN EL DISEÑO**

PRESENTAR:

- **LAS ETAPAS DE UNA INVESTIGACIÓN**
- **LOS ENSAYOS DE CONTROL DE MATERIALES**
- **LOS EQUIPOS DEL LEDI Y SUS LIMITACIONES**
- **LOS RESULTADOS DE LOS PRINCIPALES PROYECTOS**

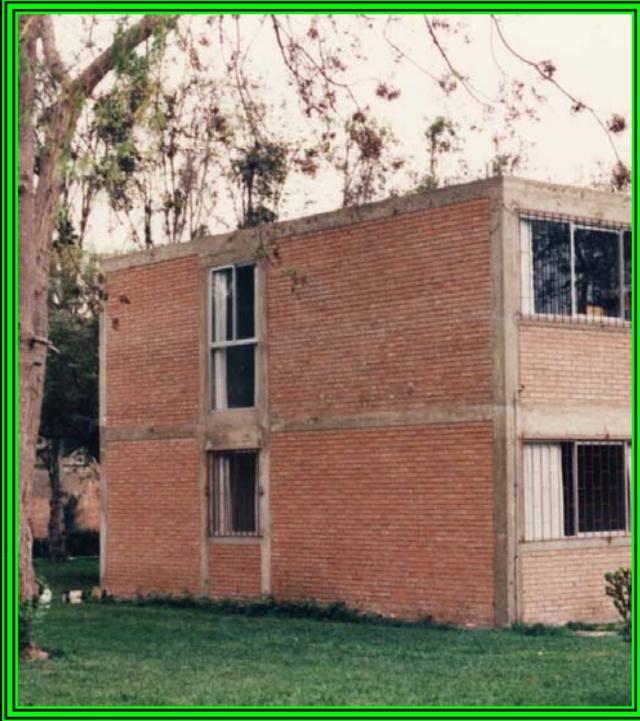


Origen de un Proyecto de Investigación

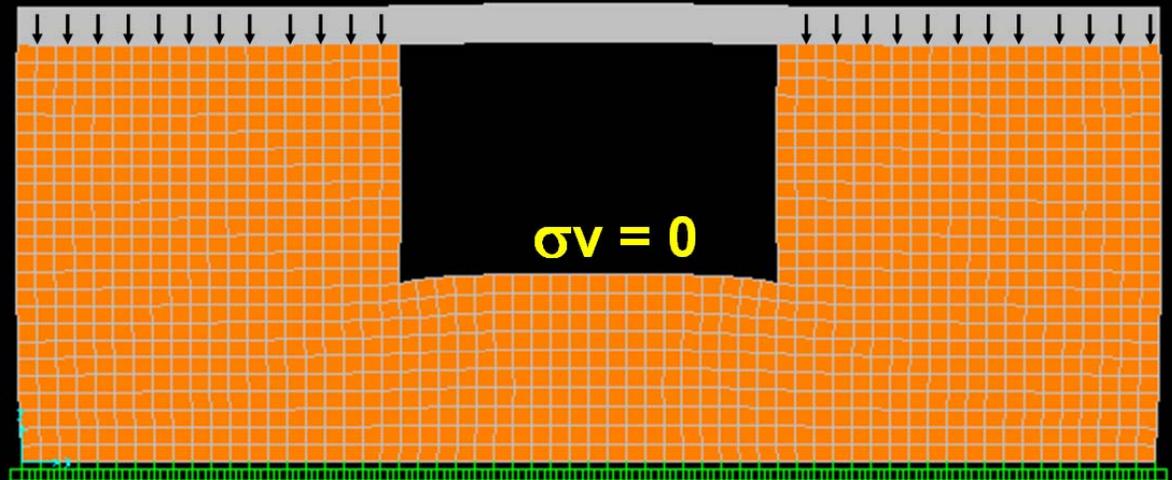
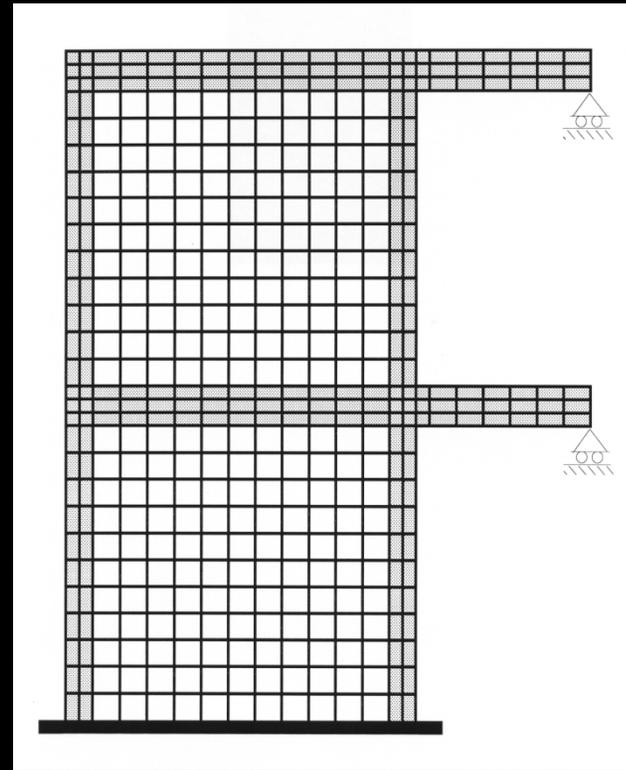
-PRIMERA ETAPA-

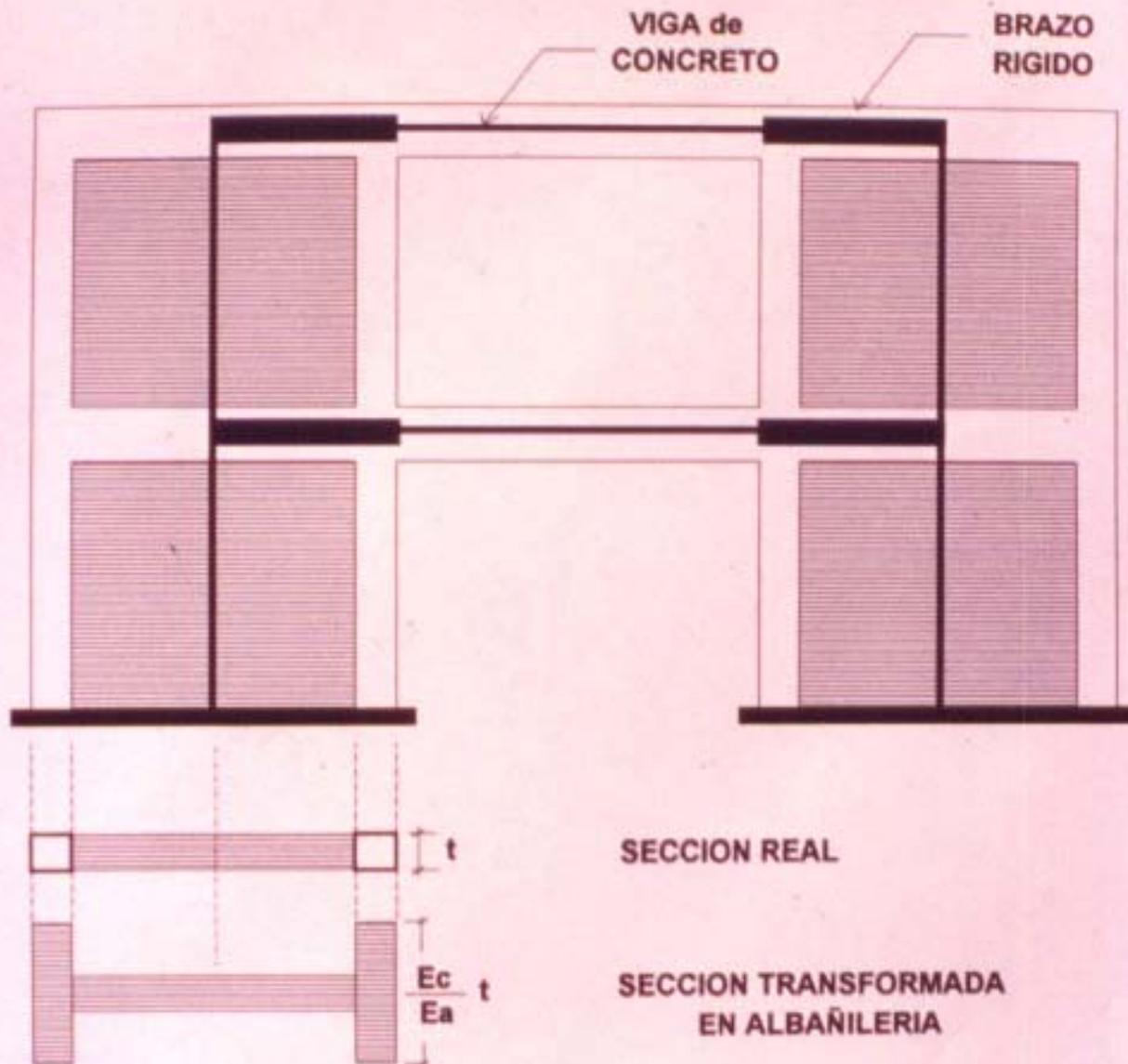
Estudio Preliminar

- **RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA**
- **ESTUDIO TEÓRICO DE LA INFLUENCIA DEL PARÁMETRO POR INVESTIGAR**



**Estudio Teórico
con la
Técnica de
Elementos Finitos**

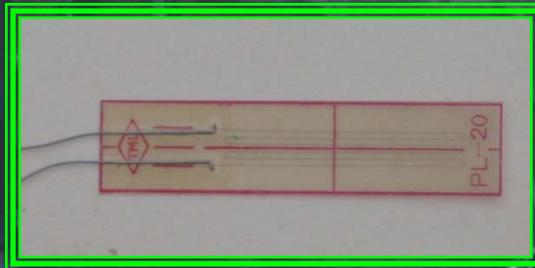




Modelo con Barras

INSTRUMENTACIÓN

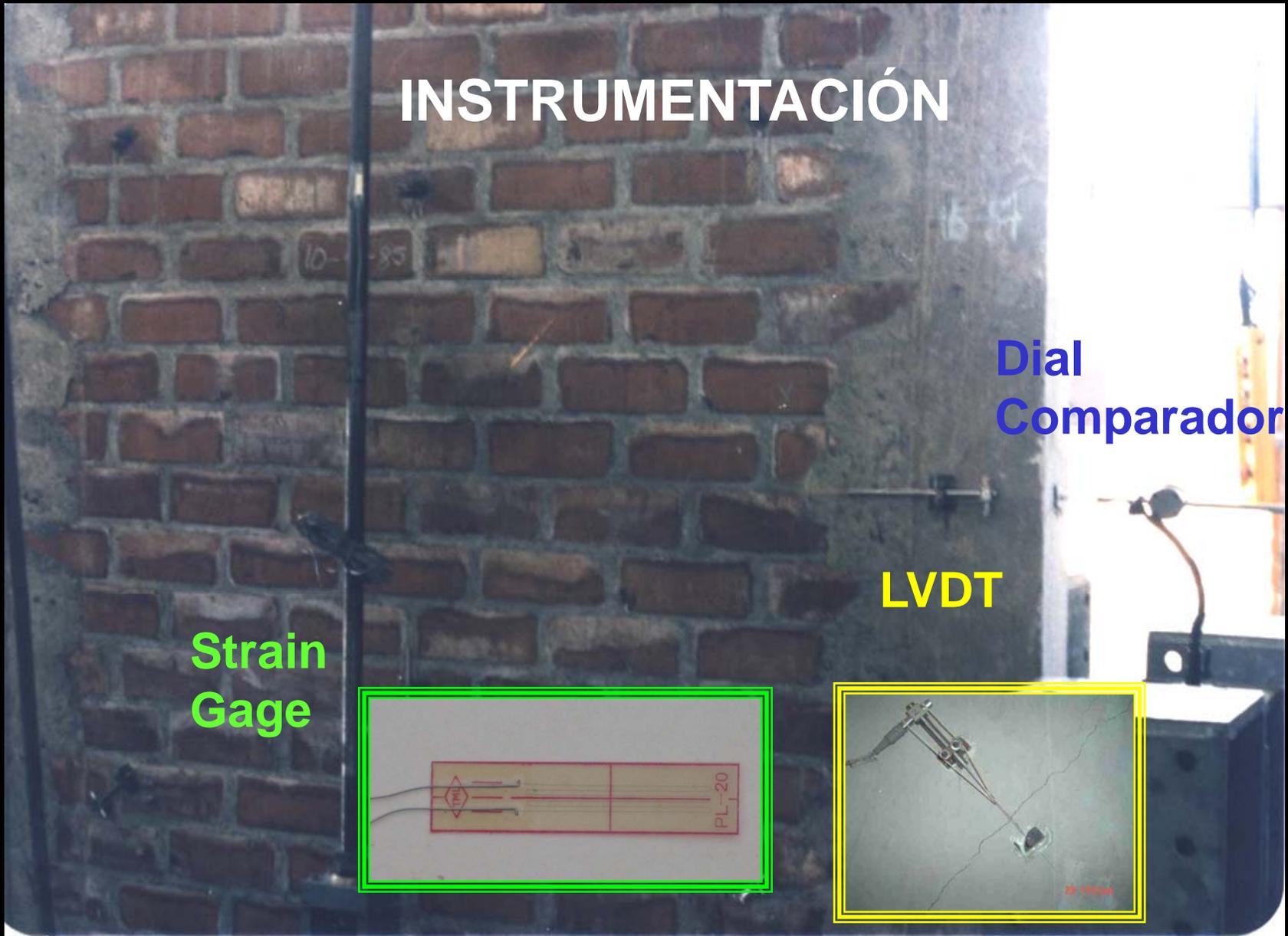
Strain
Gage

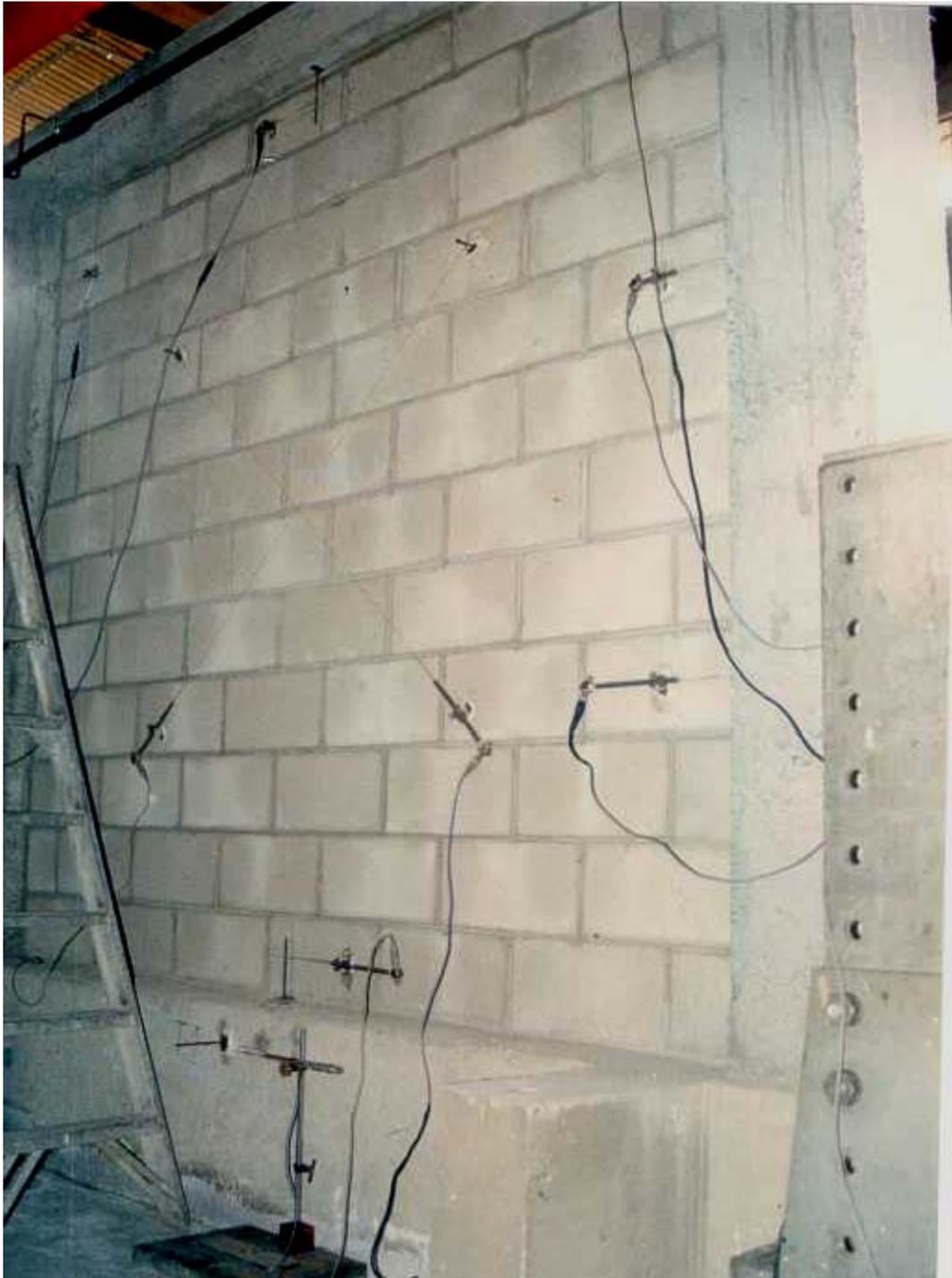


LVDT

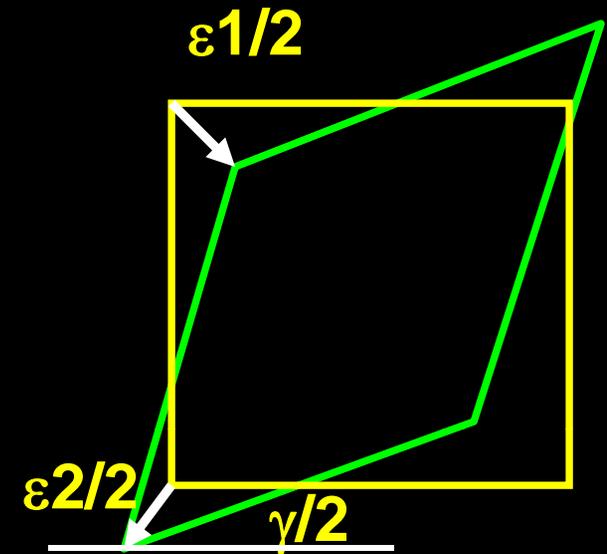


Dial
Comparador

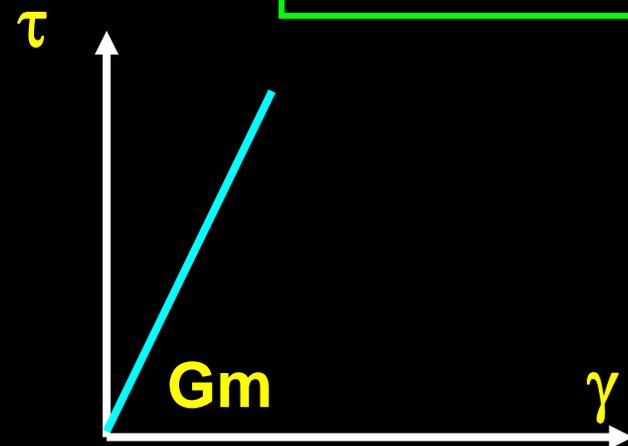


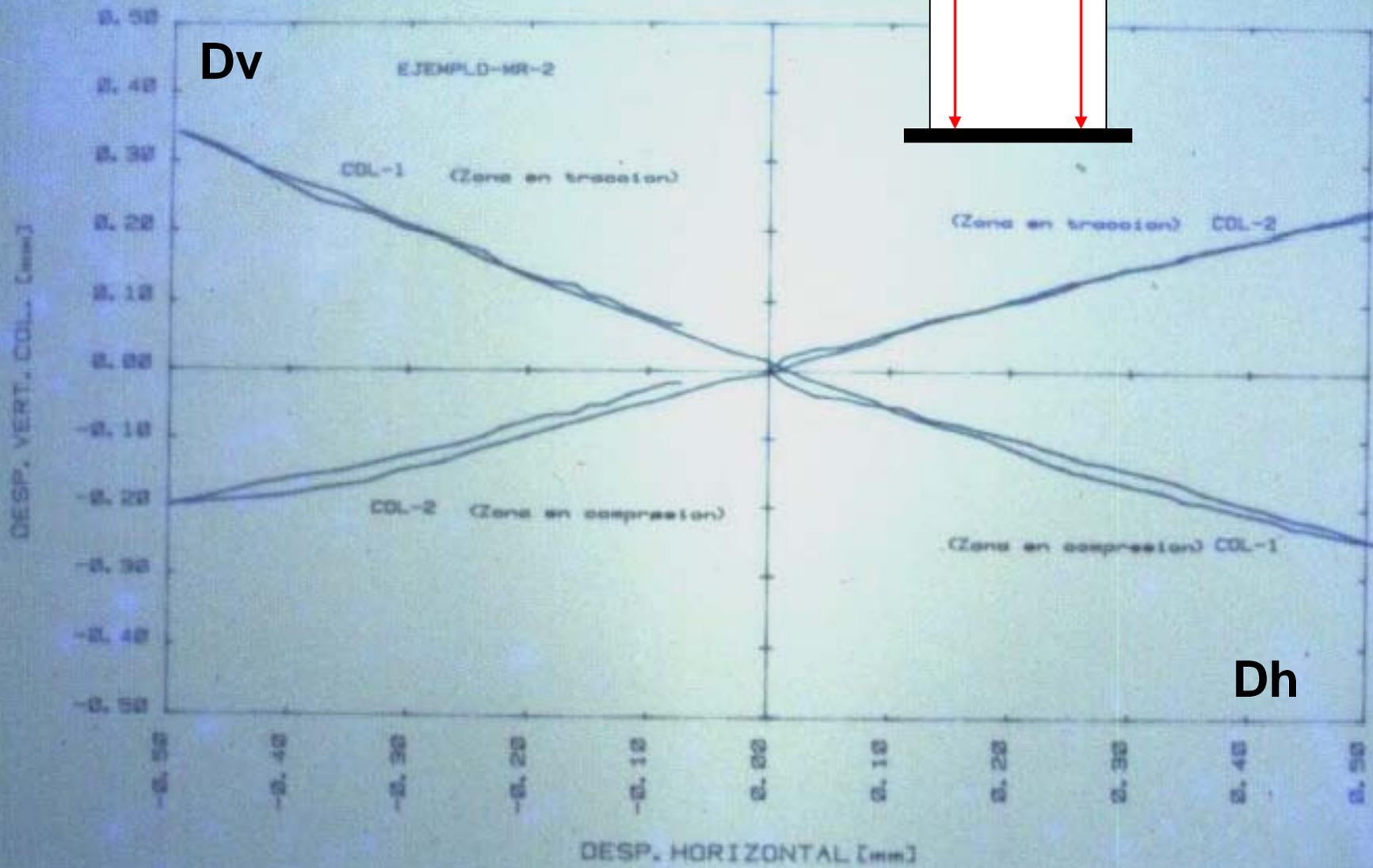


Deformación por Corte

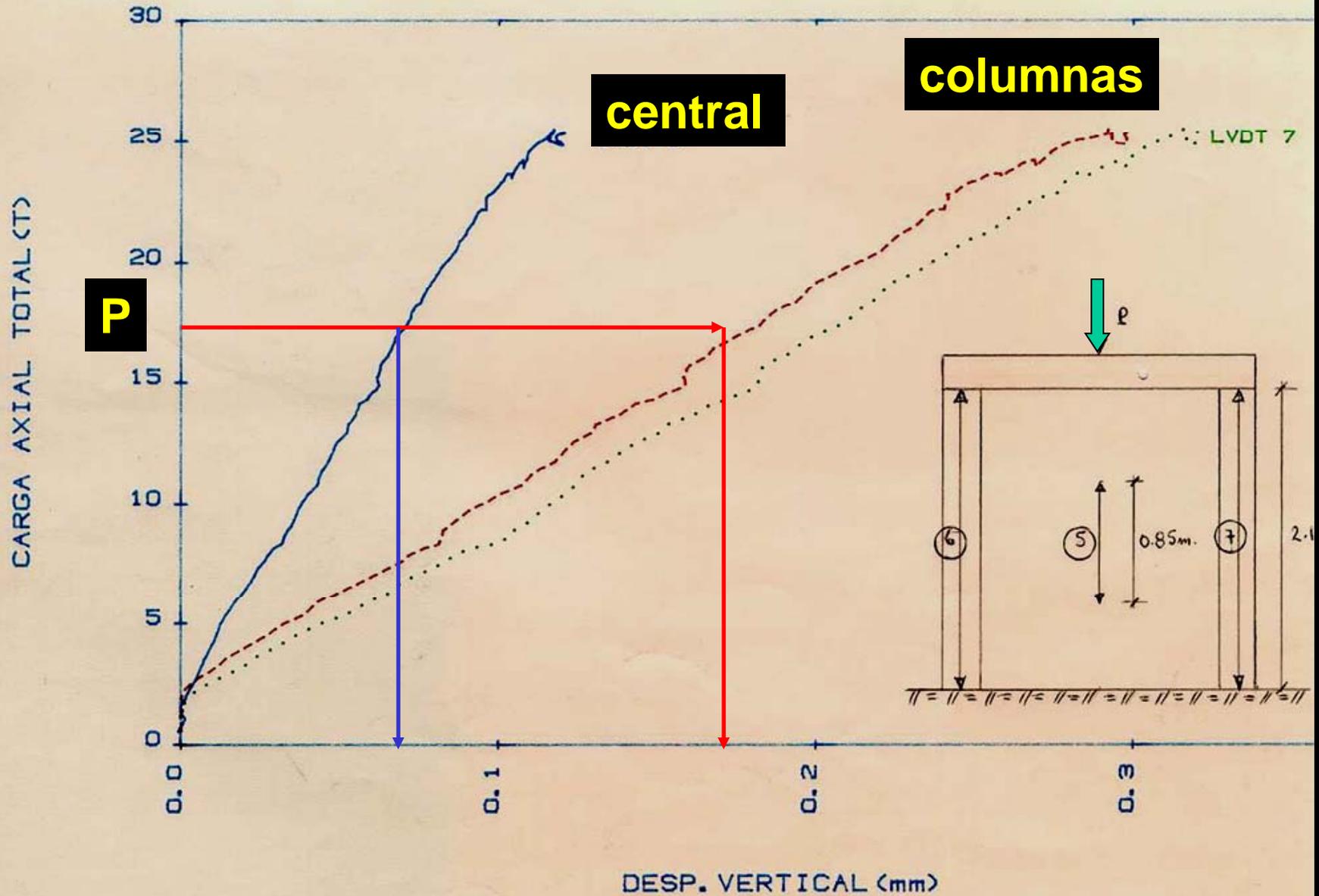


$$\gamma = \epsilon_1 + \epsilon_2$$



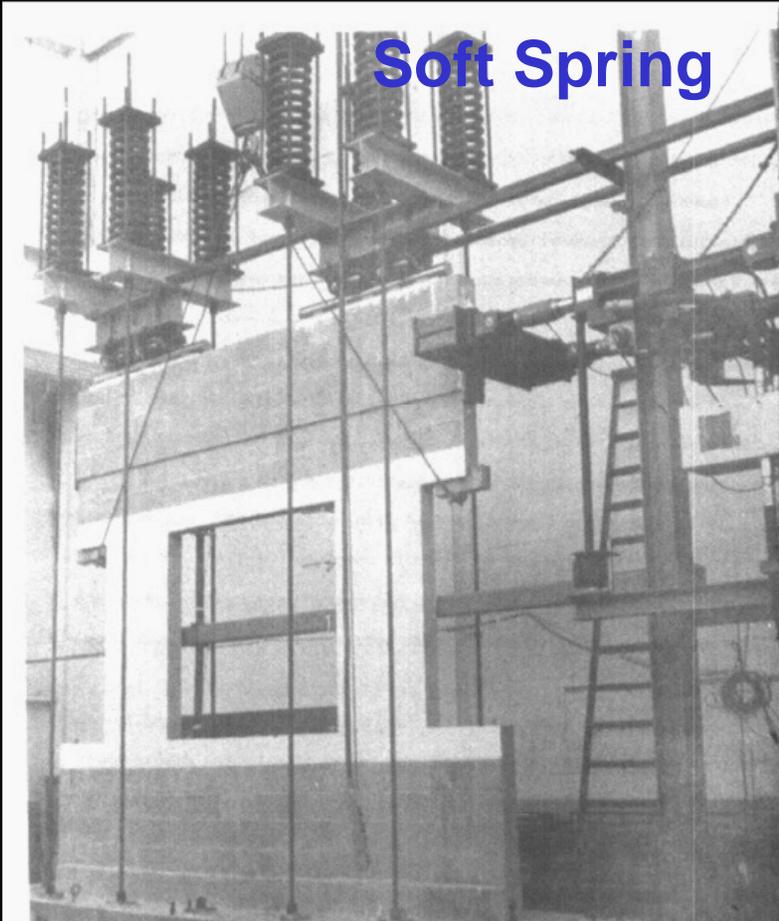


HIPÓTESIS DE NAVIER
Rango Elástico-Carga Lateral Cíclica

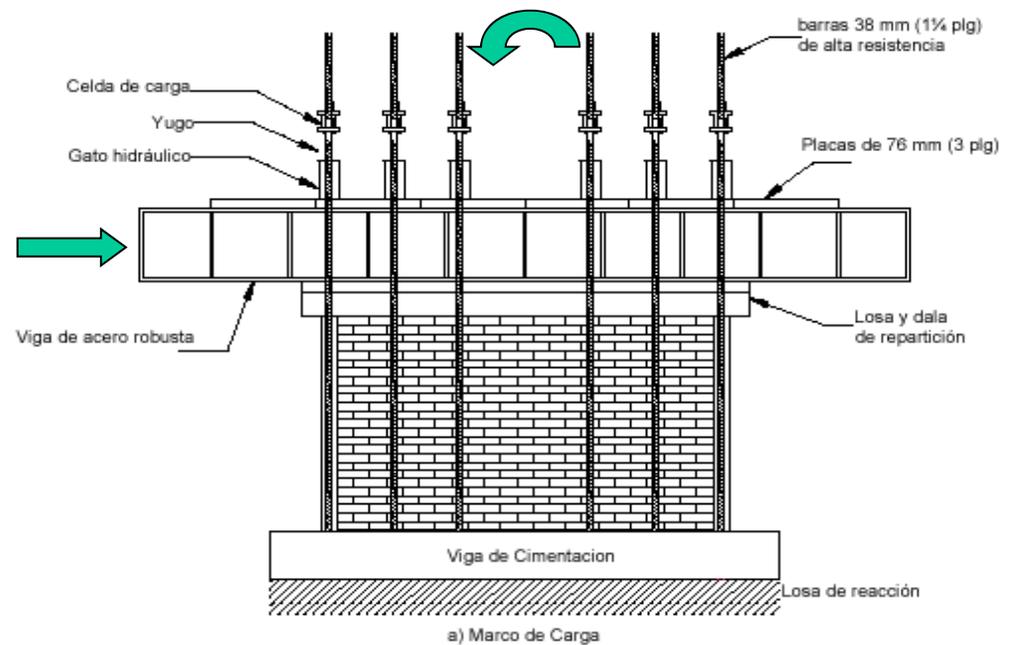


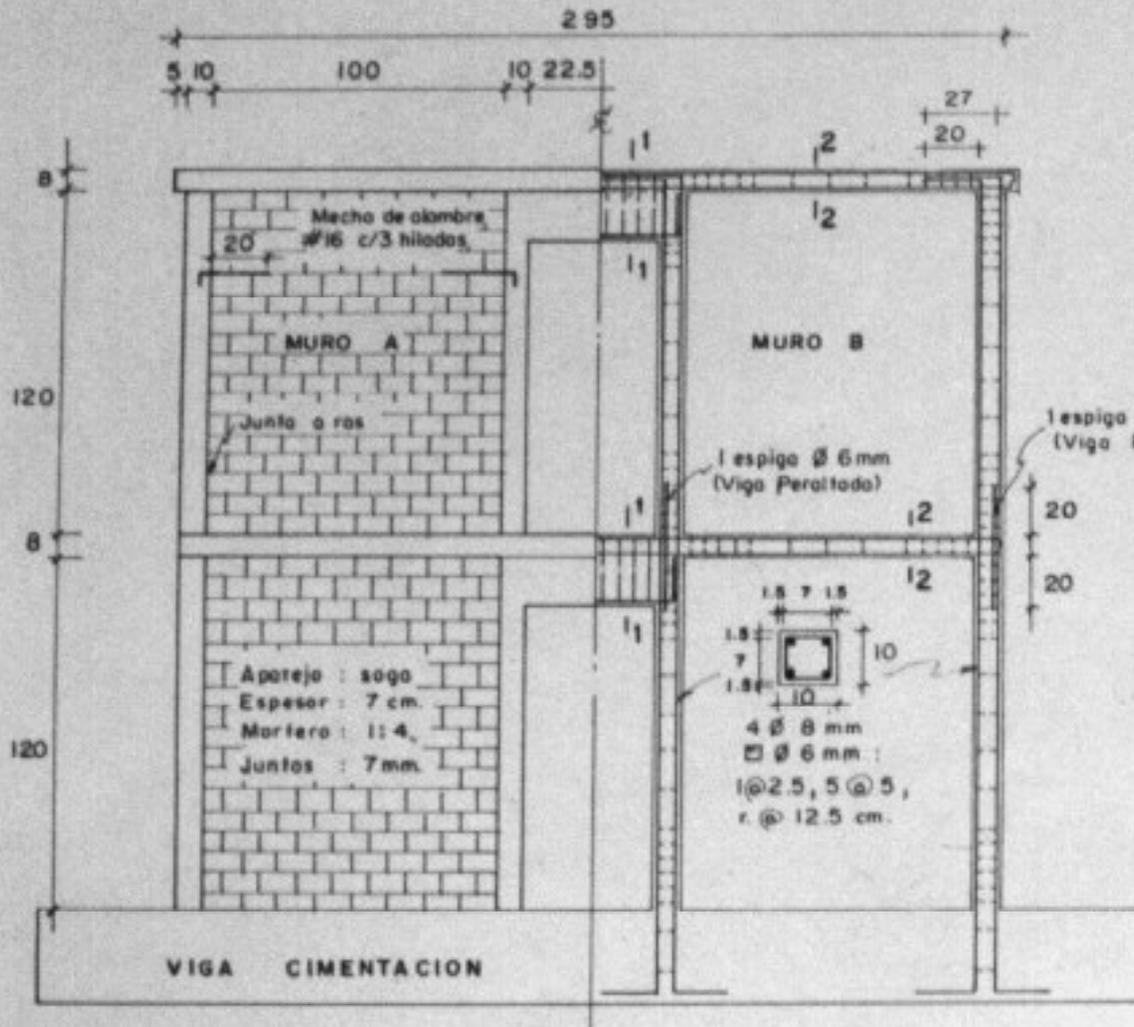
Hipótesis de NAVIER-Rango Elástico-Carga Vertical

Soft Spring

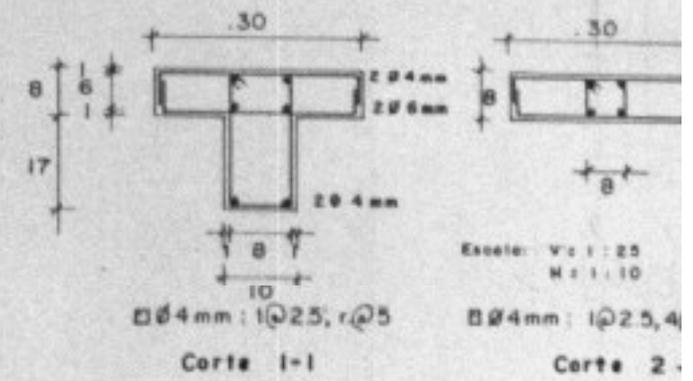


Muchas veces la técnica de ensayo influye sobre los resultados. Los tirantes mostrados aumentan la rigidez y resistencia.

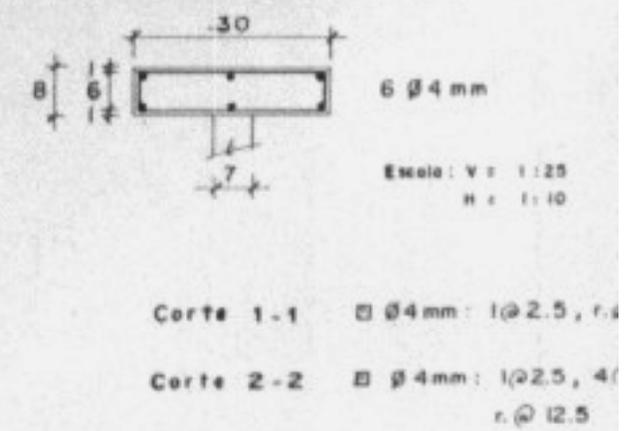




CASO : VIGA PERALTADA



CASO : VIGA CHATA



NOTA : Medidas en centímetros

PLANO DE ESPECÍMENES

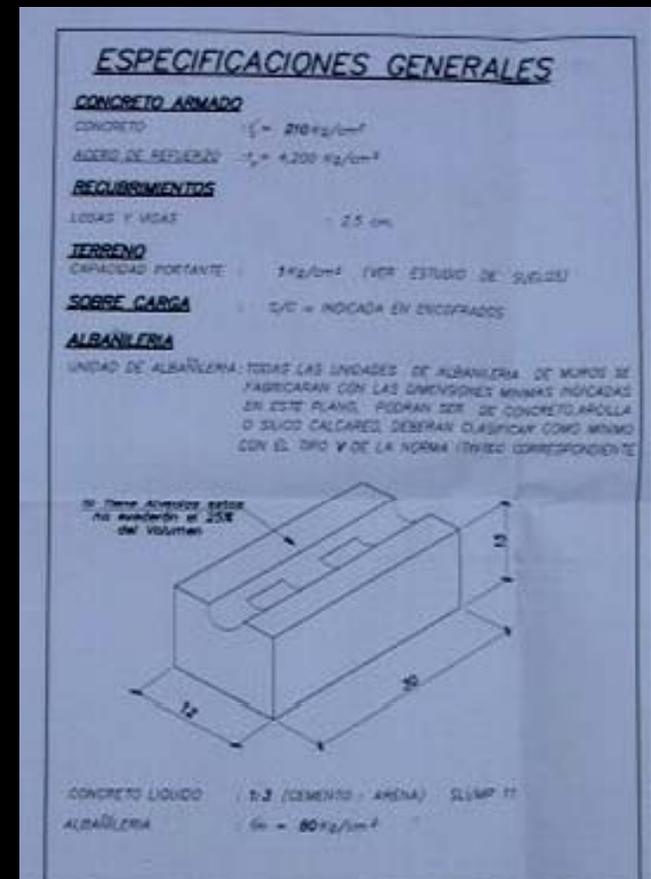
-SEGUNDA ETAPA-

Control de Materiales

(unidades, mortero, albañilería, acero, concreto)

OBJETIVOS:

- Ver si los materiales cumplen con los requisitos especificados en los planos estructurales (resistencias nominales: f'_b , f'_m , f'_c , f_y , etc.)
- Clasificar a los materiales



Unidades de Albañilería

Muestra compuesta por 10 unidades por cada 50 millares

TABLA 1
CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES

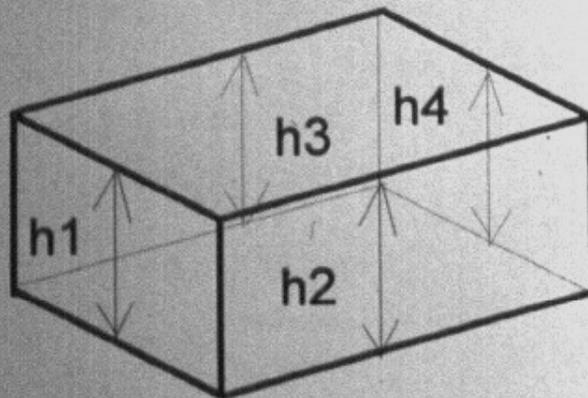
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESION f_d mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	±4	±3	±2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	±7	±6	±4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Para clasificar una unidad se usa el peor resultado de las 3 pruebas

1. VARIACIÓN DE DIMENSIONES



altura de una unidad

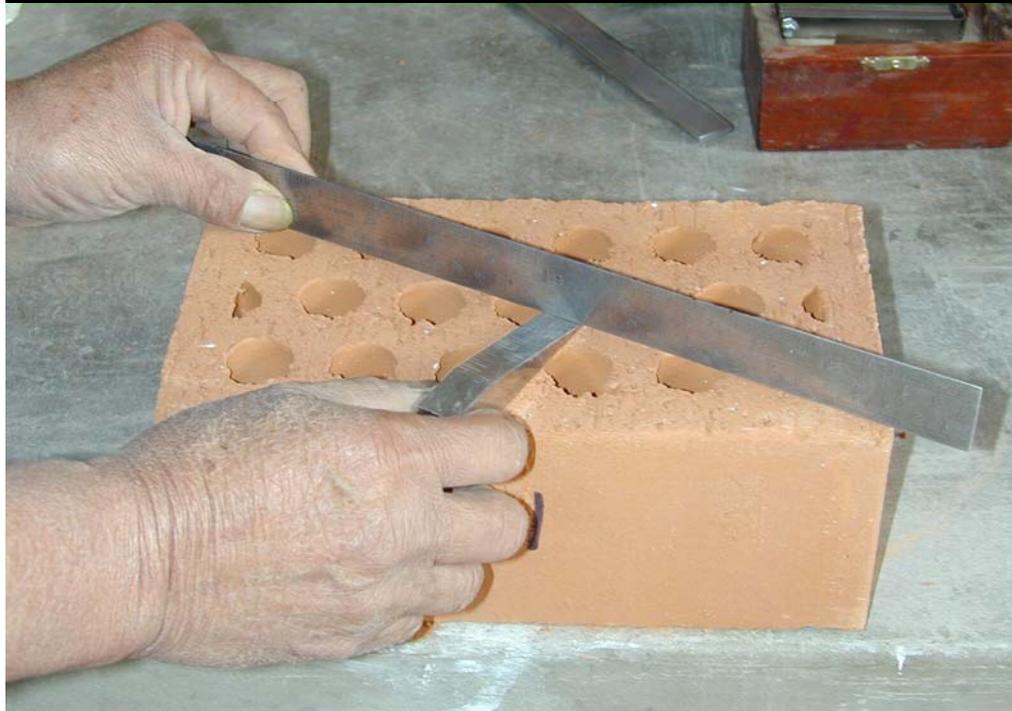
$$h = \frac{h1 + h2 + h3 + h4}{4}$$

$$V (\%) = 100 (De - Dp) / De$$

La mayor variación de dimensiones conduce a un mayor grosor de las juntas de mortero y esto, a su vez, reduce la resistencia a compresión y a corte de la albañilería.



2. ALABEO



La mayor concavidad
o convexidad conduce
a la formación de
espacios libres
ladrillo-mortero



3. COMPRESIÓN AXIAL

Resistencia Característica:

$$f'_b = f_b - \sigma$$

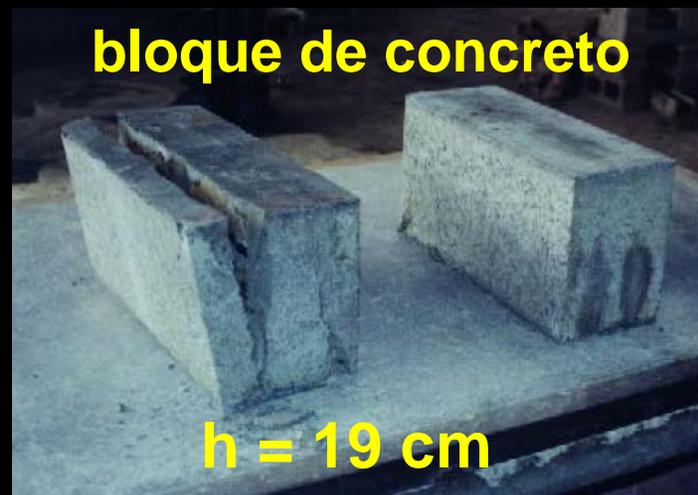
(el 84% de los especímenes tendrá $f_b > f'_b$)

La resistencia a compresión f_b se calcula dividiendo a la carga máxima entre el área bruta, sea la unidad hueca o sólida



La resistencia a compresión es sólo un índice de la calidad de la unidad elaborada con la misma geometría y ensayada bajo las mismas condiciones (capping, velocidad de ensayo).

**A mayor altura de la unidad → menor resistencia
(un ladrillo caravista de arcilla de $h = 6$ cm tiene más resistencia que otro de la misma fábrica con $h = 9$ cm)**



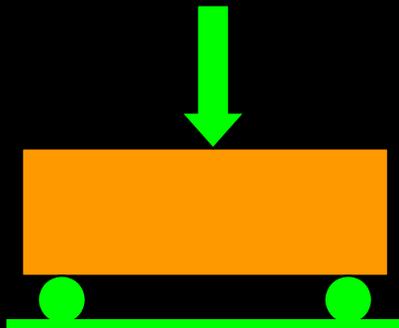
$f'_b = 70 \text{ kg/cm}^2$



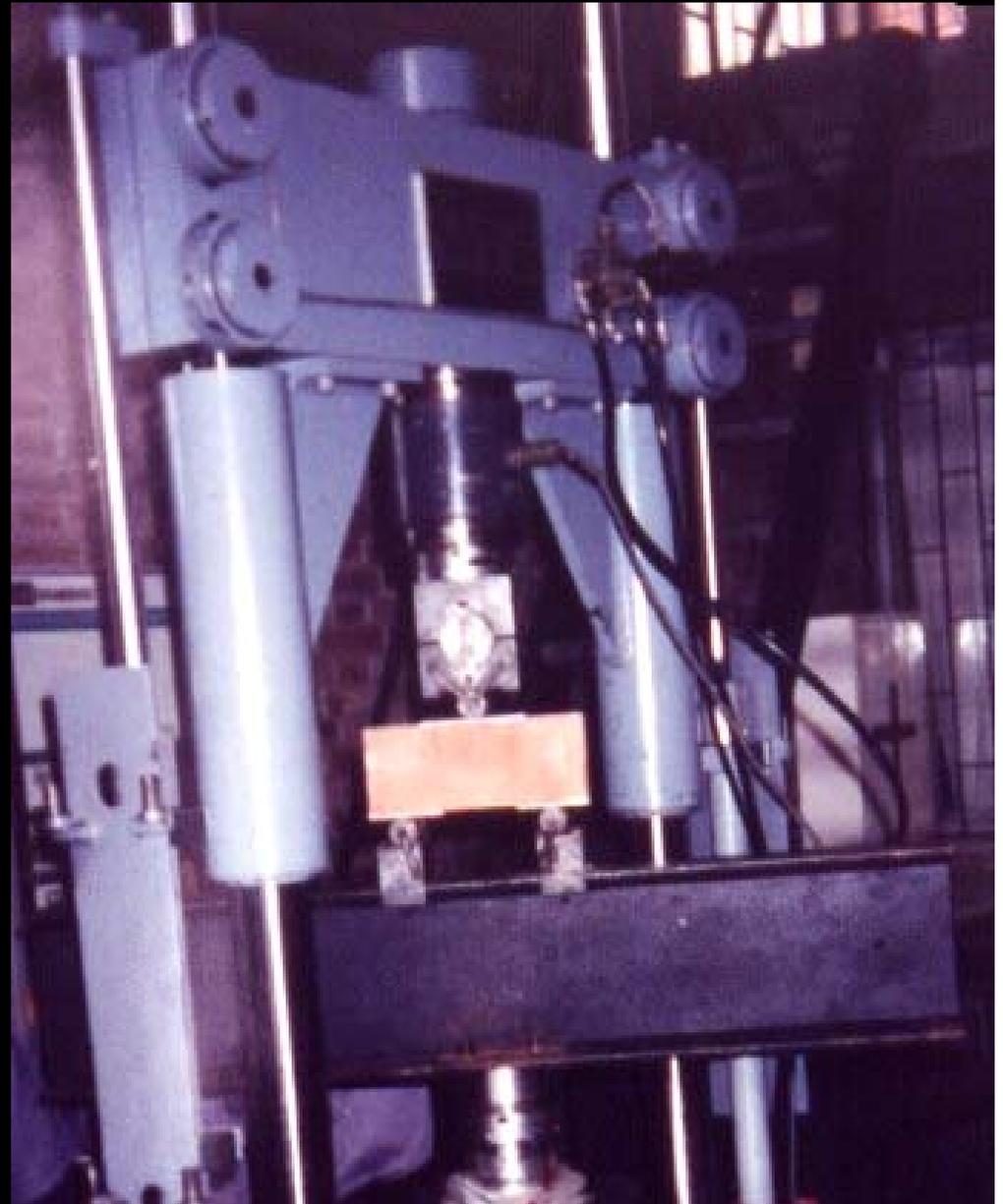
$f'_b = 200 \text{ kg/cm}^2$

PRUEBAS NO CLASIFICATORIAS DE LA UNIDAD

1. TRACCIÓN POR FLEXIÓN



Se realiza cuando se está en la disyuntiva de adquirir unidades del mismo tipo, pero de distintas fábricas.

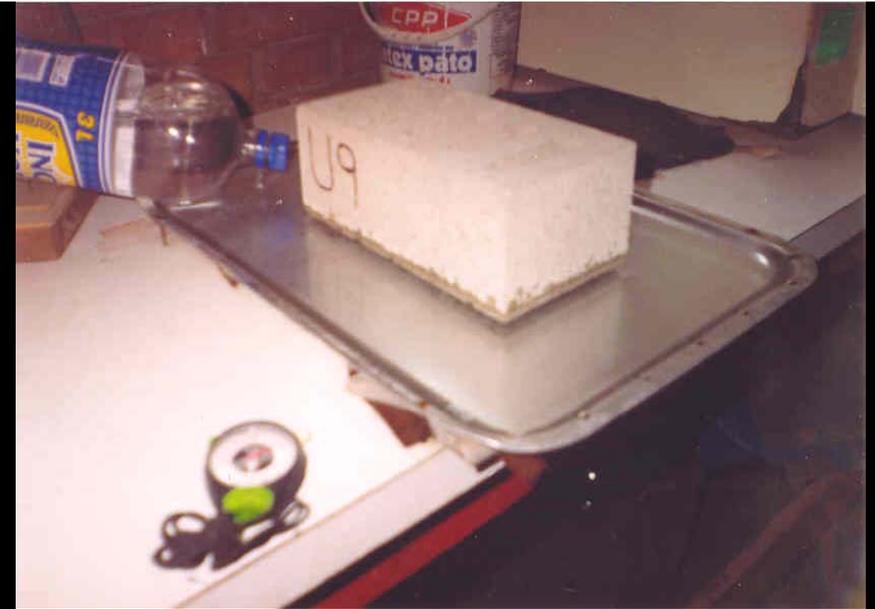


2. SUCCIÓN

Es la velocidad con que la unidad absorbe el agua del mortero. Si es elevada, secará y endurecerá rápidamente al mortero, disminuyendo la adherencia unidad-mortero.

Al instante del asentado se recomienda:

10 a 20 gr/(200cm²-min)



$$S = \frac{P_h - P_s}{A} * 200$$



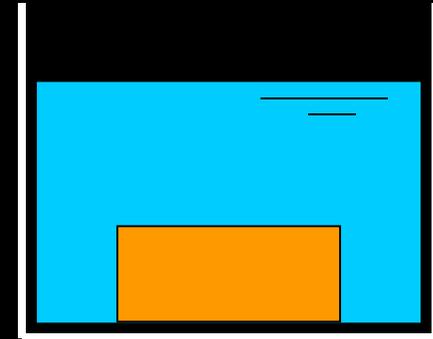
3. ABSORCIÓN

Es la cantidad de agua que absorbe una unidad en 24 horas de inmersión.

Cuanto mayor sea la absorción, la unidad será más porosa y poco resistente contra la intemperie.

-ladrillos de arcilla
y Si-Ca: máx 22%

-bloques de concreto
vibrado: máx 12%



$$A = \frac{P_h - P_s}{P_s} * 100$$



Para determinar la Absorción Máxima, las unidades deben ser hervidas durante 5 horas para saturarlas completamente.

$$A_m = \frac{P_h - P_s}{P_s} * 100$$



4. PORCENTAJE DE HUECOS



Arena de Ottawa

Volumen de arena

Área de huecos = $A_h = V / h$

% de huecos = $100 (A_h / \text{área bruta})$

Sí % de huecos es mayor que 30% → unidad hueca

Sí % de huecos es menor que 30% → unidad sólida

TABLA 2
LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA
FINES ESTRUCTURALES

TIPO	ZONA SISMICA 2 Y 3		ZONA SISMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Tecnología del Mortero

El mortero es el material que se utiliza para adherir unidades

TIPOS DE MORTERO SEGÚN LA NORMA E.070

P: para muros portantes

NP: para muros no portantes (cercos, tabiques, parapetos)

COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

El uso de la cal para la construcción de muros es opcional,

La cal actúa como un aditivo que mejora la plasticidad y la retentividad de la mezcla.



CLASIFICACIÓN DEL MORTERO POR SU FABRICACIÓN

1. MORTERO ARTESANAL



Se mezcla con la pala hasta obtener un color uniforme.



Preparación sobre arena

INCORRECTO

2. MORTERO INDUSTRIAL:

- **MORTERO EMBOLSADO (Firth y LaCasa)**
- **MORTERO PREMEZCLADO (Larga Vida, UNICON)**



Aditivos para el mortero premezclado



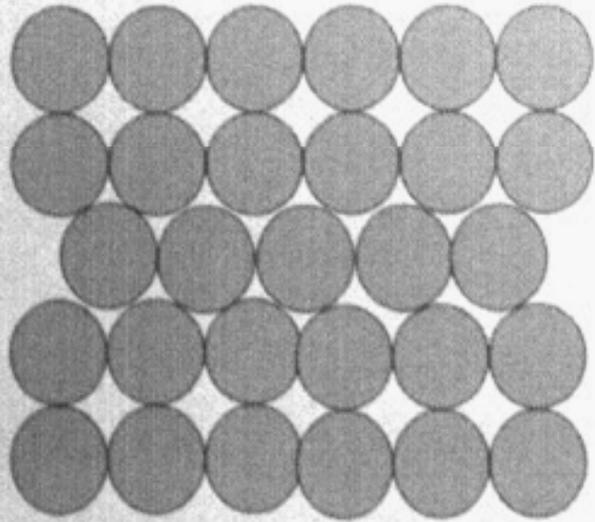
GRANULOMETRÍA DE LA ARENA



Mallas ASTM

MALLA ASTM	% QUE PASA
Nº 4 (4,75 mm)	100
Nº 8 (2,36 mm)	95 a 100
Nº 16 (1,18 mm)	70 a 100
Nº 30 (0,60 mm)	40 a 75
Nº 50 (0,30 mm)	10 a 35
Nº 100 (0,15 mm)	2 a 15
Nº 200 (0,075 mm)	Menos de 2

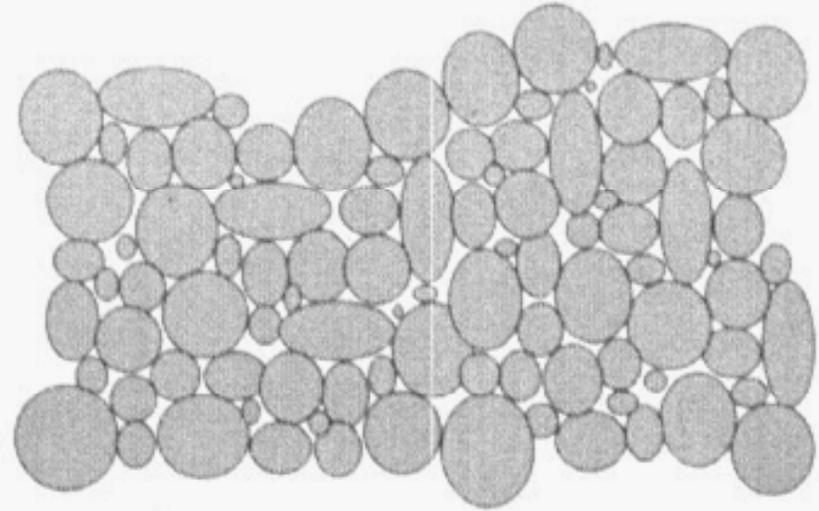
- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
- El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5.
- El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.
- No deberá emplearse arena de mar.



GRANULOMETRÍA UNIFORME

INADECUADA

El material cementante no llena los espacios entre partículas. Se crea un mortero poco denso.



GRANULOMETRÍA VARIADA

ADECUADA

Entre 2 mallas consecutivas no debe quedar retenido más de 50% del material

**TAMIZADO DE LA ARENA
A TRAVÉS DE LA MALLA # 200
(cuando contiene mucho polvo)
Si contiene sales → LAVARLA**

**El polvo acelera la fragua
del mortero**



PRUEBAS NO OBLIGATORIAS EN EL MORTERO

1. ENSAYO DE COMPRESIÓN

No es obligatorio ya que más importante es la adherencia unidad-mortero.



Probeta cúbica de 5x5x5cm





ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL MORTERO

Objetivos:

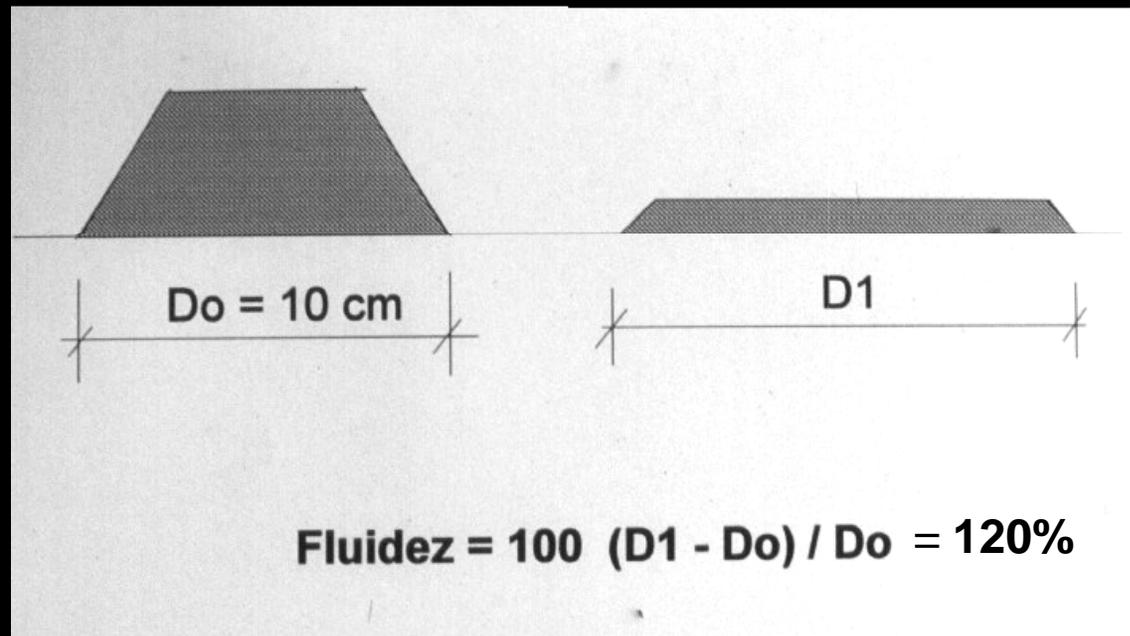
- Controlar la calidad de la mano de obra (dispersión < 30%)**
- Compatibilizarlo con la resistencia de la unidad**





2. PRUEBA DE FLUIDEZ DEL MORTERO EN LA MESA DE SACUDIDAS

La fluidez es la capacidad que tiene la mezcla de cubrir toda la superficie de asiento.



3. PRUEBA DE RETENTIVIDAD DEL MORTERO (capacidad del mortero para retener su agua)



$$D2 / D1 > 0.8$$

Las 2 últimas pruebas no se realizan por ser costosas, pero se recomienda:

**REVENIMIENTO
O SLUMP EN EL
CONO DE ABRAMS
RECOMENDADO
(6 pulgadas)**





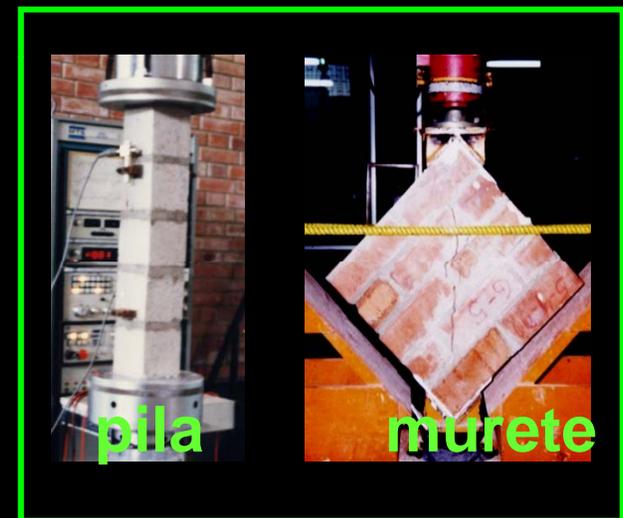
Técnica de campo para verificar la trabajabilidad del mortero.



PRISMAS DE ALBAÑILERÍA

Son pequeños especímenes de albañilería, cuyos ensayos permiten determinar los **PARÁMETROS QUE SE REQUIEREN PARA EL ANÁLISIS Y EL DISEÑO ESTRUCTURAL:**

- Módulo de Elasticidad = E_m
- Módulo de Corte = G_m
- Resistencia Características a:
 1. Compresión Axial = f'_m :
 2. Compresión Diagonal (corte puro) = v'_m



Según la Norma E.070, las pilas y muretes se construyen bajo las mismas condiciones con que se construirán los muros. La cantidad de prismas depende de la magnitud de la obra.

PILAS

Permiten evaluar:

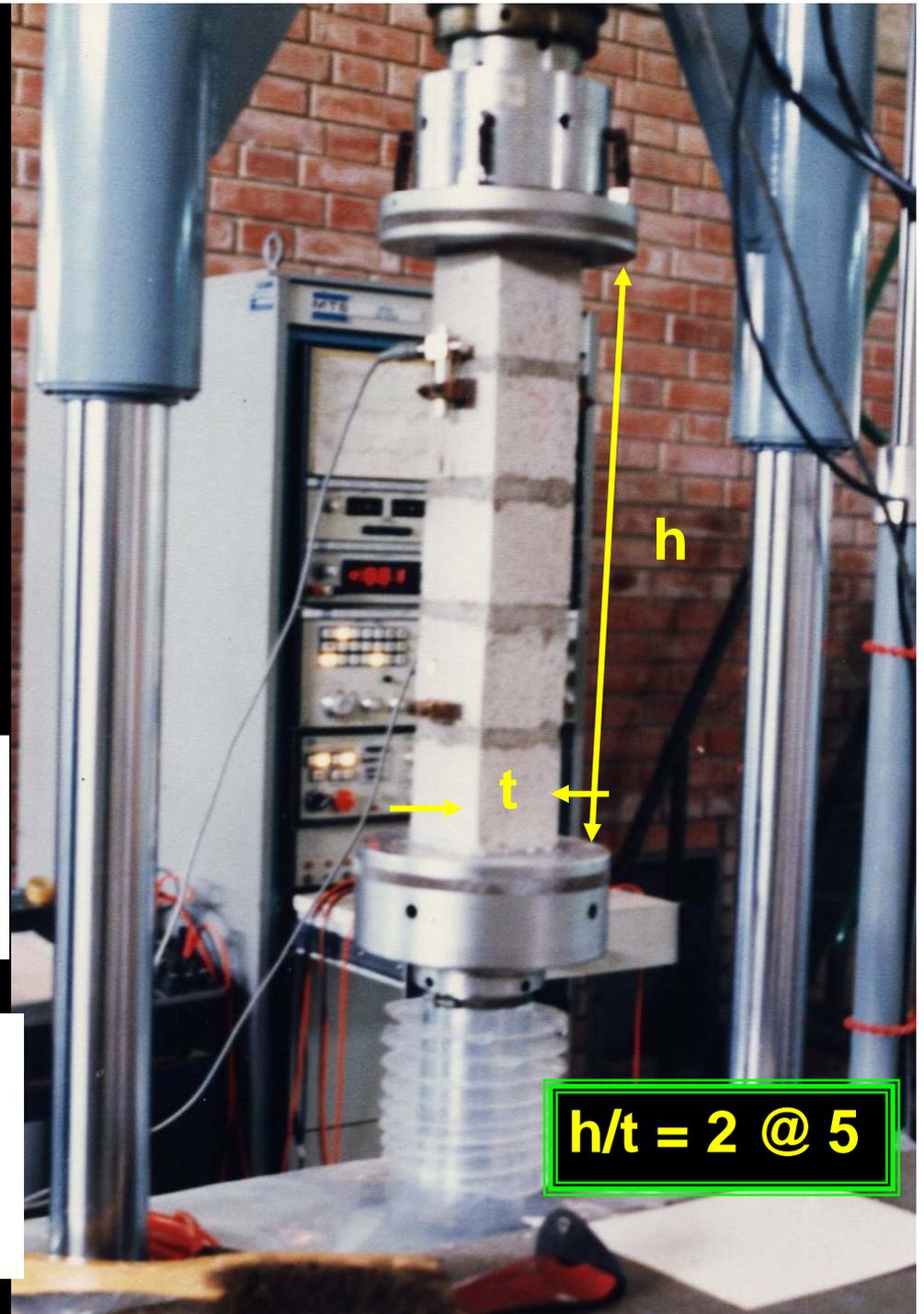
- E_m
- f'_m
- Tipo de falla
- Calidad de la mano de obra y de los materiales

TABLA 10
FACTORES DE CORRECCIÓN DE f'_m POR ESBELTEZ

Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

TABLA 8
INCREMENTO DE f'_m y v'_m POR EDAD

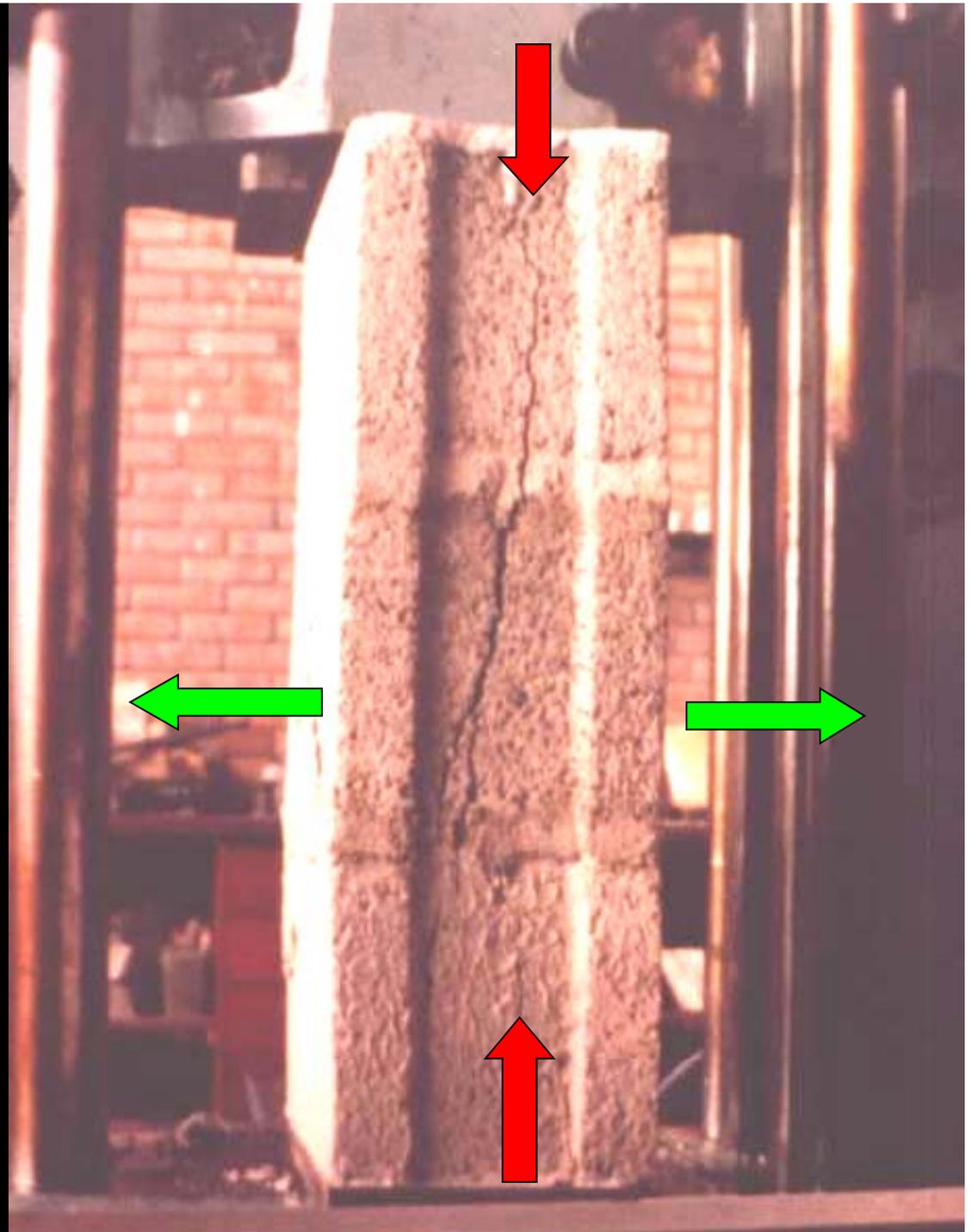
Edad		14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1,10	1,00



$h/t = 2 @ 5$

FALLA IDEAL

La compresión axial genera, por efectos de Poisson, la expansión lateral



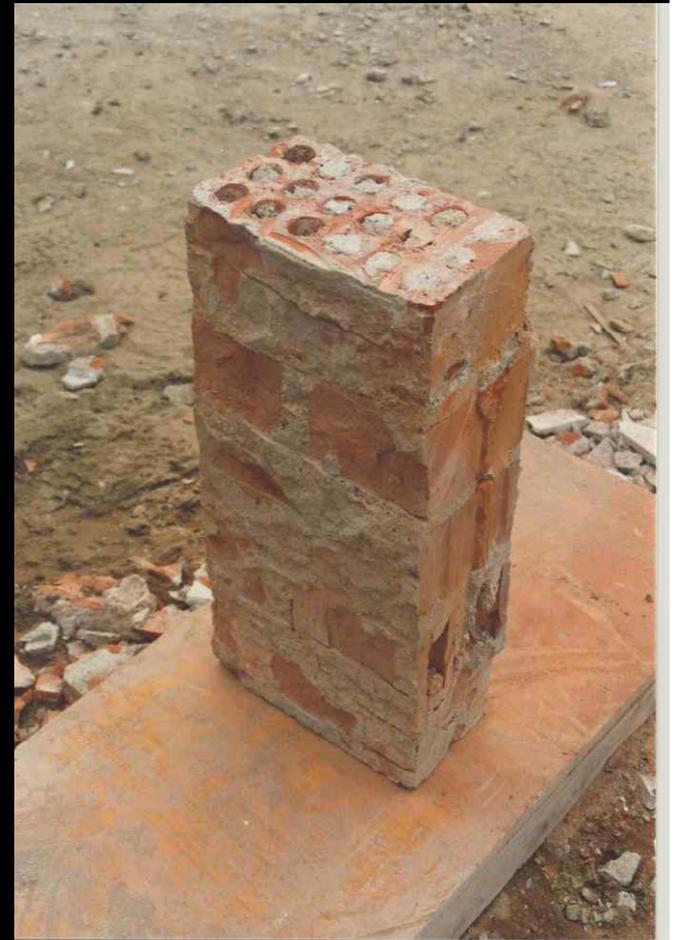
**Trituración de
ladrillos con muchos
huecos:
FALLA FRÁGIL**



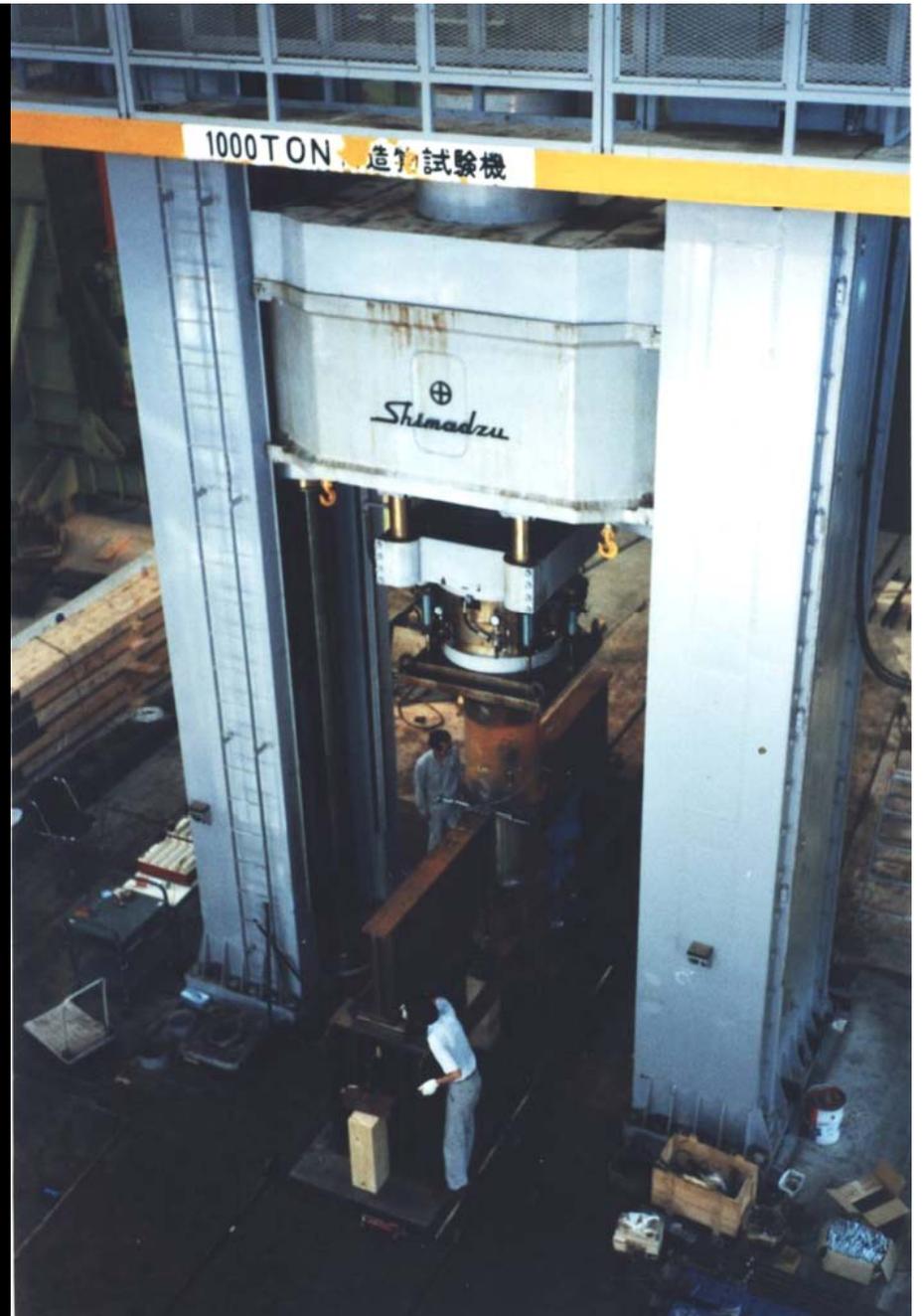
Hueca

Sólida





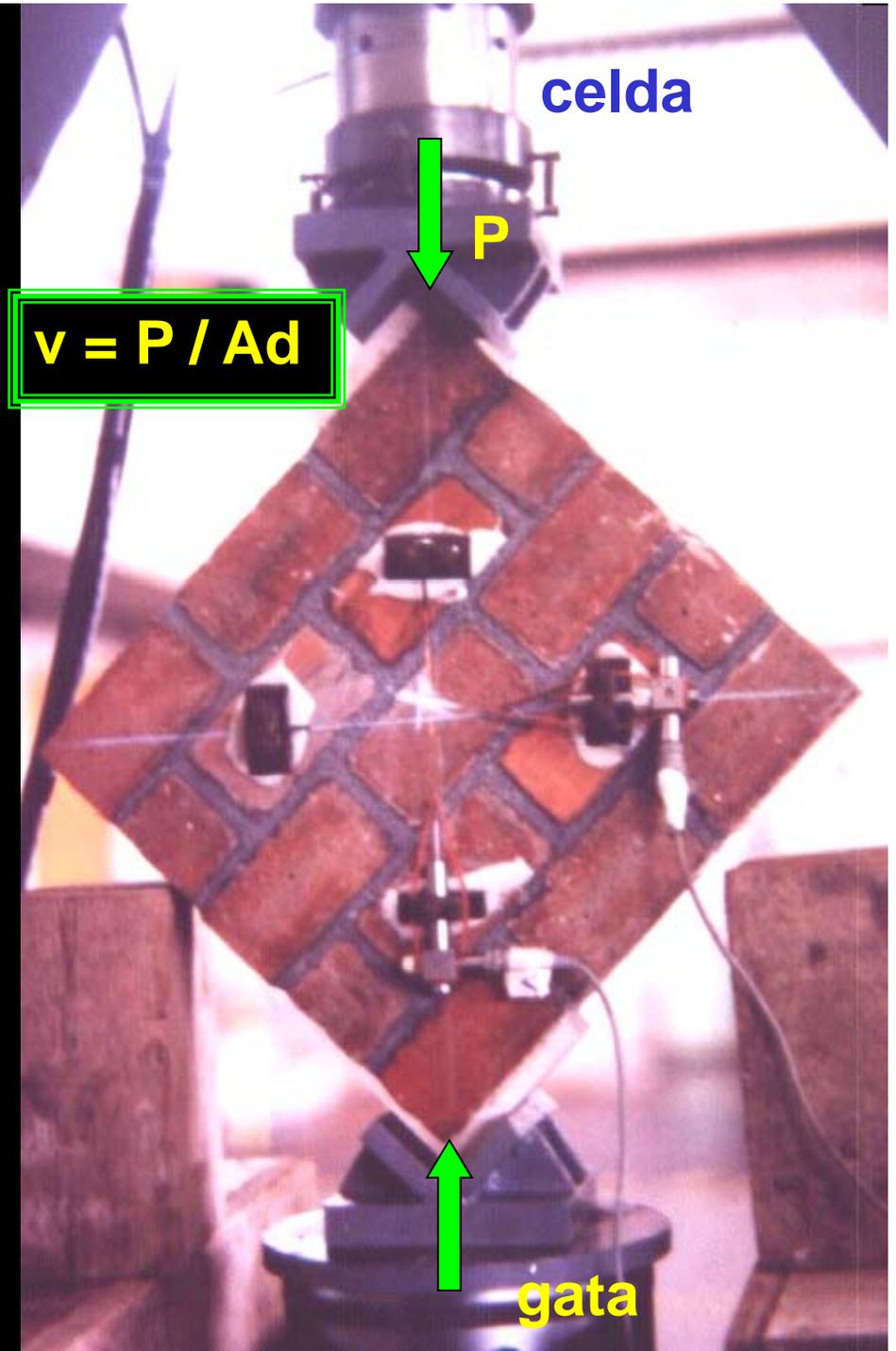
**Extracción de Pilas para
evaluar la estructura de una
Edificación Existente**

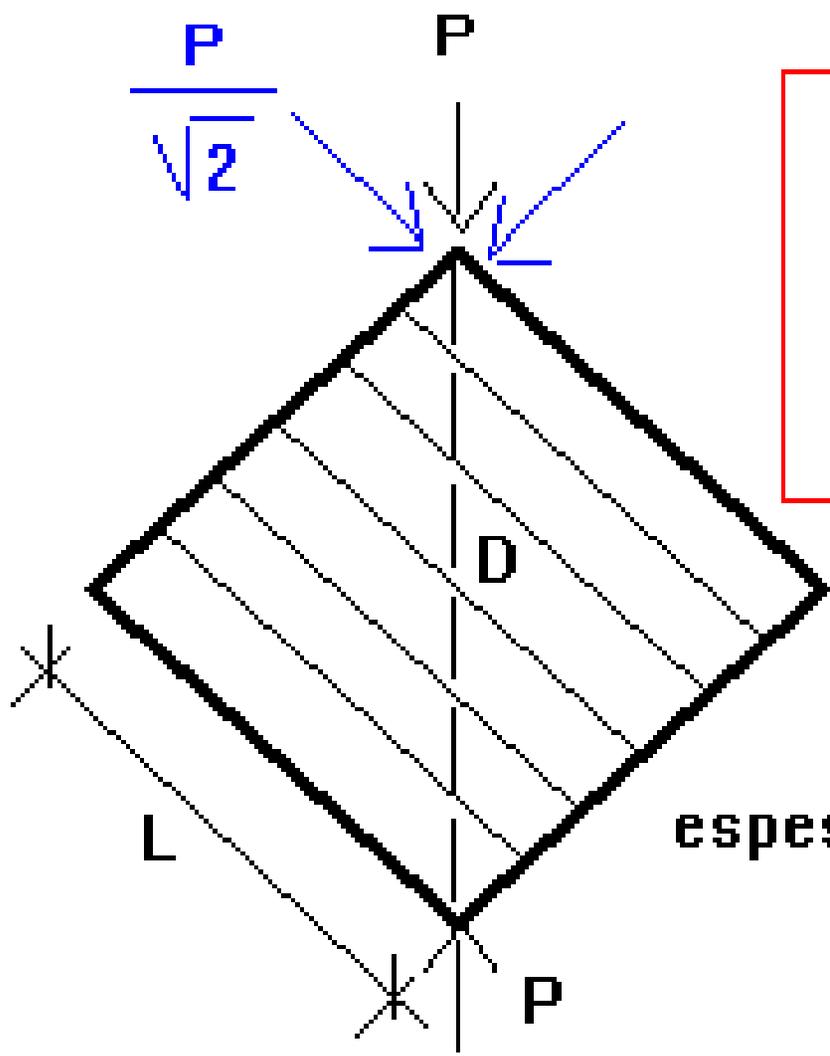


MURETES (mín 60x60 cm)

Permiten evaluar:

- $v'm$
- G_m
- Tipo de falla
- Calidad de la mano de obra y de materiales





$$v_m = \frac{P}{Dt}$$

$$v_m = \frac{P/\sqrt{2}}{Lt}$$

espesor = t

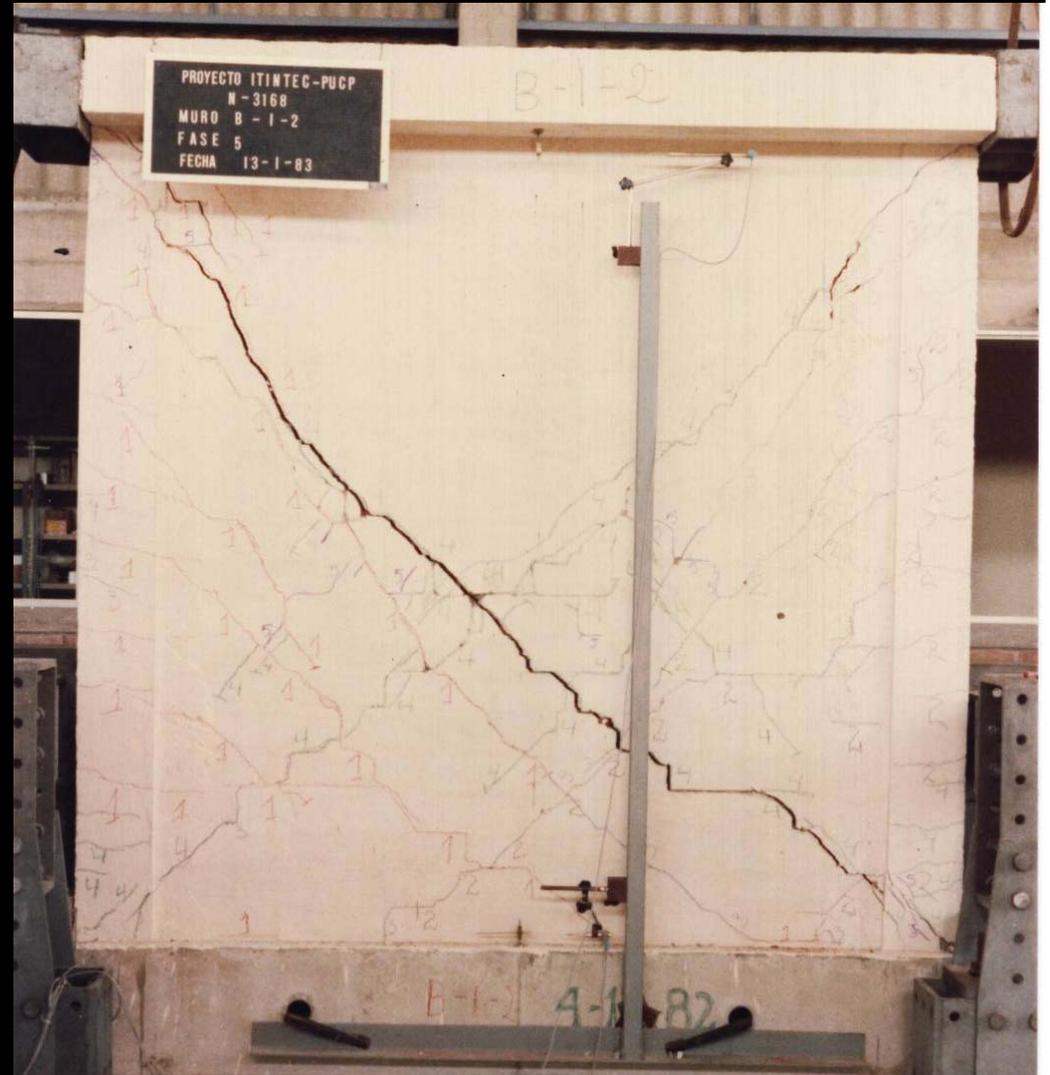
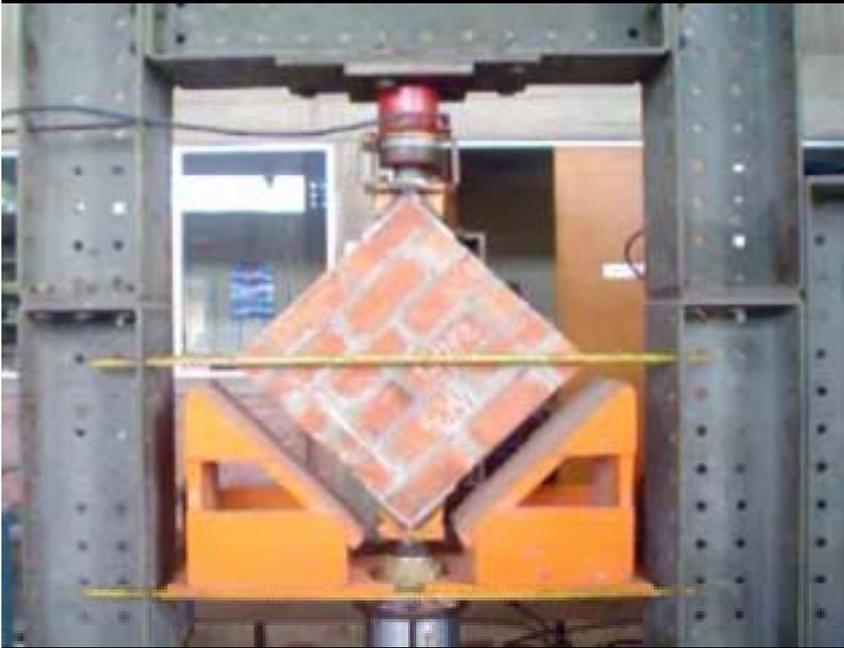


Secuencia:

- Instalación en disp. rotatorio
- Traslado y montaje
- Ensayo



Adherencia óptima ladrillo-mortero

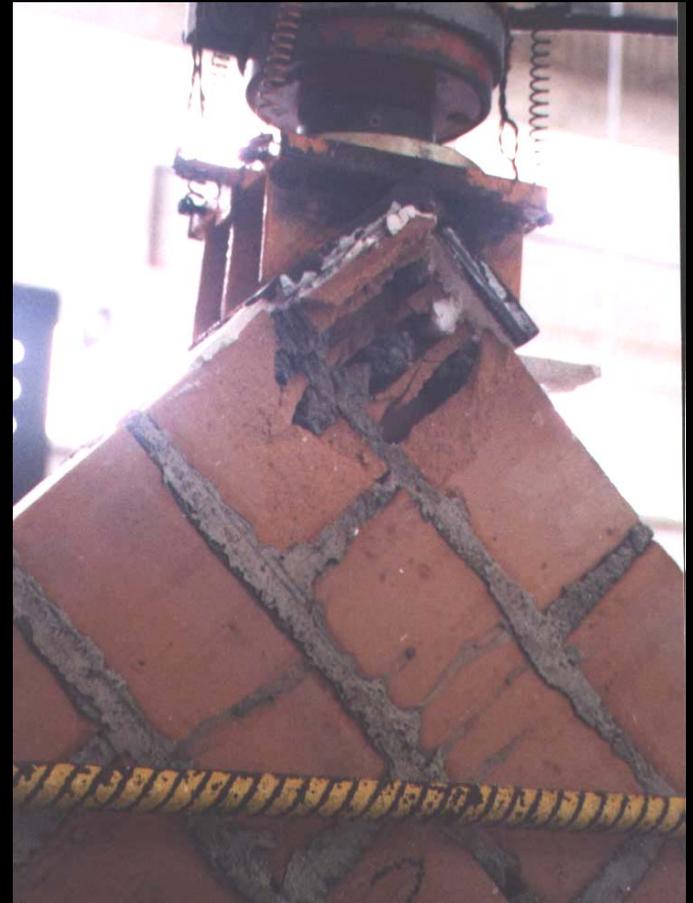


**Falla Escalonada
escasa adherencia
ladrillo-mortero**





Cizalle o Deslizamiento



Falla Local

TABLA 9 ()**
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm²)

Materia Prima	Denominación	UNIDAD f'_s	PILAS f'_m	MURETES v'_m
	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
Arcilla	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
Sílice-cal	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

(*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

(**) El valor f'_s se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de $f'_c = 13,72 \text{ MPa}$ (140 kg/cm²). El valor f'_m ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 10.

FÓRMULAS EMPÍRICAS:

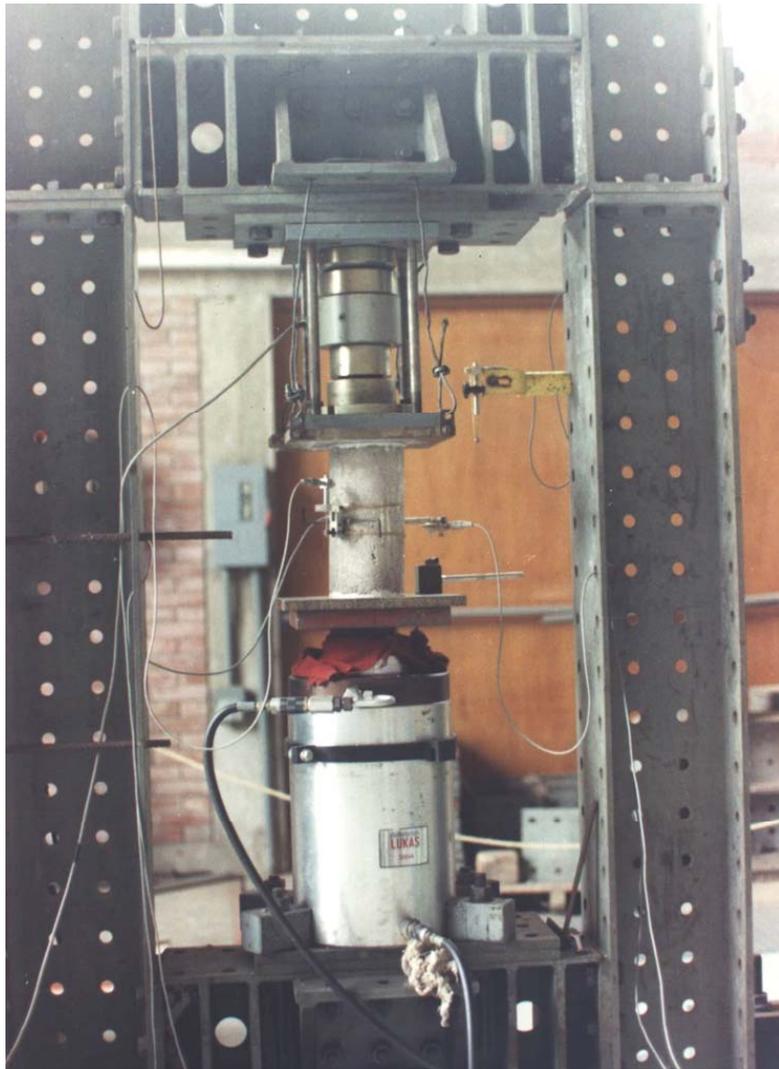
Módulo de Elasticidad:

- Ladrillos de arcilla $E_m = 500 f'm$
- Ladrillos Sílico-calcáreo $E_m = 600 f'm$
- Unidades de Concreto $E_m = 700 f'm$

Módulo de Corte:

$$G_m = 0.4 E_m = E_m / [2 (1+\nu)]$$

(módulo de Poisson = $\nu = 0.25$)



CONCRETO

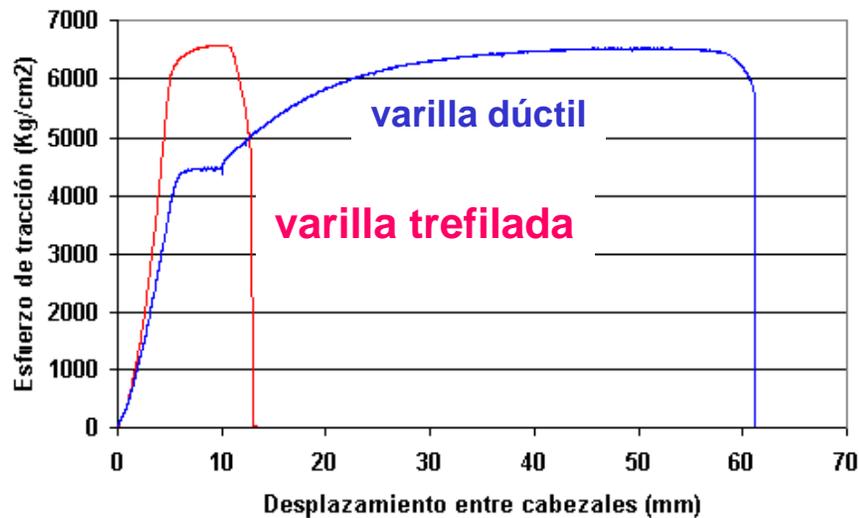
$f'c > 175 \text{ kg/cm}^2$



ACERO

Refuerzo con
escalón de
fluencia
“fy”
definido

Ensayo de Tracción de Varillas





No usar fierro trefilado (sin escalón de fluencia)

Canastilla Electrosoldada. Elongación 6%.

