



# **CONFIGURACION Y DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS**

## **DISEÑO DE PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO**

## **DISEÑO POR CAPACIDAD**

Ing E. Daniel Quiroga

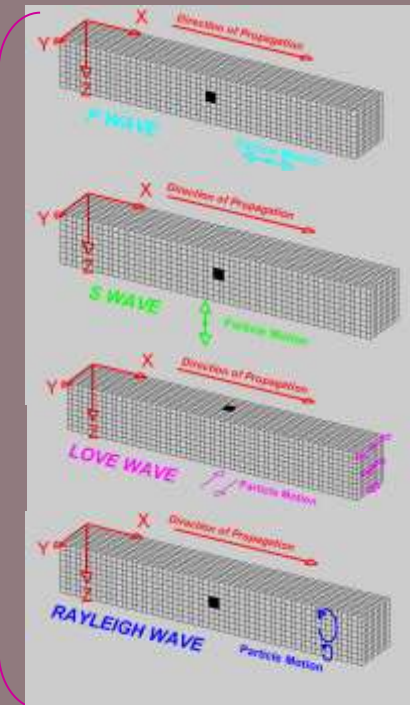
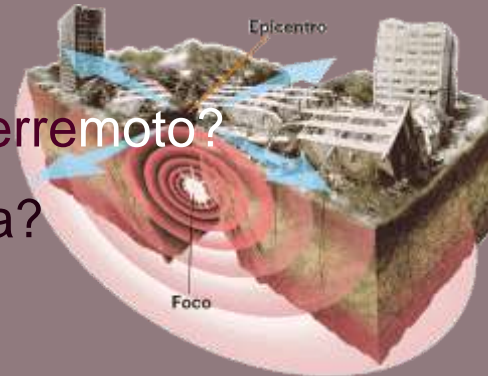
# ESTRATEGIAS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE

# ESTRATEGIAS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE

Terremoto entrega → **Energía** al Edificio

¿¿Qué hacemos??

- ¿Cómo se **comporta** el edificio?.
- ¿Puede resistir **elásticamente** un terremoto?
- ¿Qué hacemos con **¡tanta!** energía?



## ESTRATEGIAS DE DISEÑO

• Energía **“Ingresa”** a la Estructura:

1. **Resistir** con la estructura
2. **Disipar** con la estructura
3. **Disipar** con dispositivos

→ Respuesta **Elástica**

→ Respuesta **Inelástica**

→ Aumentar **Amortiguamiento**

• Energía **“No Ingresa”** a la Estructura: → **Aislamiento** Sísmico



# LAS BUENAS NOTICIAS !!!



- Puedo diseñar la estructura para una acción mucho menor que la de Respuesta Elástica.

Por ejemplo **5** veces menos  $\rightarrow V = 5000/5 = 1000 \text{ t}$

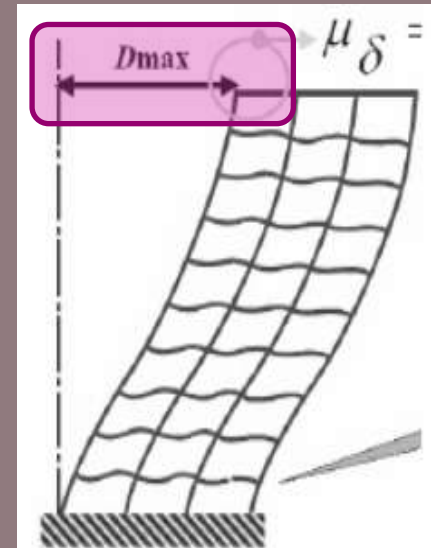
- Deberá soportar varios **ciclos** de carga (ida y vuelta)
- Deberá ser capaz de deformar 5 o 6 veces más allá de la deformación de **fluencia**
- No deberá perder resistencia. **Evitar** el colapso
- Puede quedar totalmente **dañado**, incluso para demolerse
- **Objetivo** primario: minimizar pérdida de vidas

**NECESITA DETALLES Y  
CONSTRUCCIÓN ADECUADOS**



# ☹️ LAS MALAS NOTICIAS !!! ☹️

- La Fuerza Sísmica **Real** será mayor que la de cálculo  
→ **(Espectro Elástico Reducido)**
- La Estructura sufrirá grandes desplazamientos por deformaciones **inelásticas**  
→ **(Disipación de Energía)**
- Habrá **daño** estructural y no estructural



## “NUEVAS” OBLIGACIONES DEL **DISEÑADOR**

→ **CONTROL DEL DAÑO** ←

**1. PROYECTO**  
Deformación

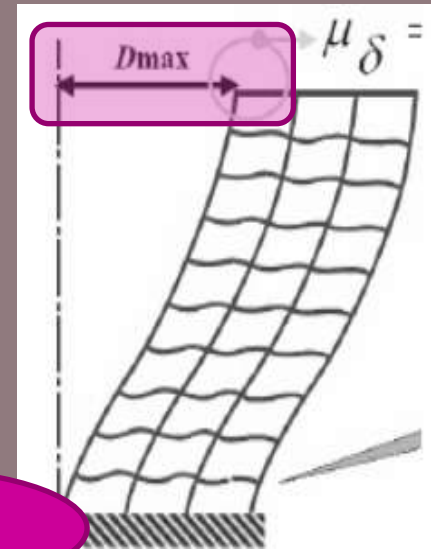
→ Regularidad. Detallado. Control

**2. CONSTRUCCIÓN** → Dirección Técnica. Control Ejecución

Las acciones sísmicas de diseño, procedimientos de análisis estructural, requisitos de resistencia, rigidez y estabilidad, disposiciones constructivas y previsiones generales se establecen con el propósito principal de evitar colapso total o parcial de la construcción y pérdidas de vida. No se establece como objetivo limitar los daños ni mantener las funciones de las construcciones luego de la ocurrencia de un terremoto.

# ☹️ LAS MALAS NOTICIAS !!! ☹️

- La Fuerza Sísmica **Real** será mayor que la de cálculo  
→ **(Espectro Elástico Reducido)**
- La Estructura sufrirá grandes desplazamientos por deformaciones **inelásticas**



¿Cómo controlo el daño?

→ CONTROL DEL DAÑO ←

1. PROYECTO  
Deformación

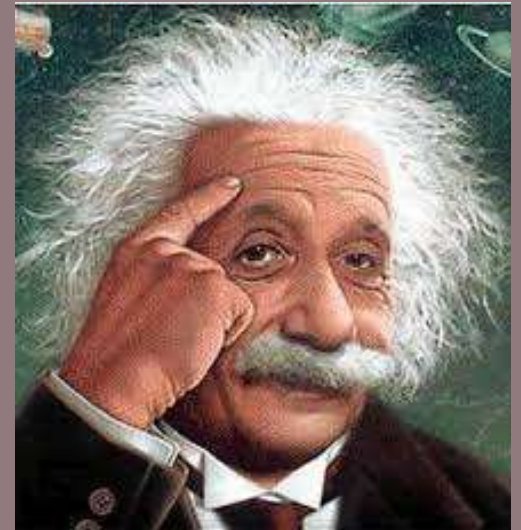
→ Regularidad. Detallado. Control

2. CONSTRUCCIÓN → Dirección Técnica. Control Ejecución



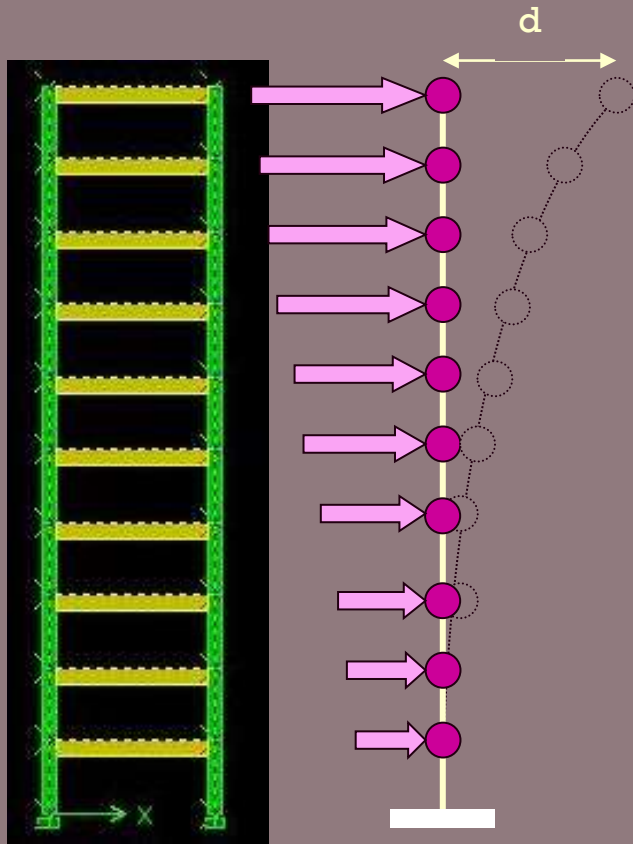
Las acciones sísmicas de diseño, procedimientos de análisis estructural, requisitos de resistencia, rigidez y estabilidad, disposiciones constructivas y previsiones generales se establecen con el propósito principal de evitar colapso total o parcial de la construcción y pérdidas de vida. No se establece como objetivo limitar los daños ni mantener las funciones de las construcciones luego de la ocurrencia de un terremoto.

DISEÑAR  
DISEÑAR  
DISEÑAR



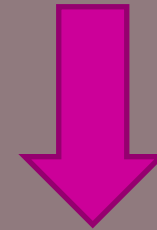
DISEÑO INELÁSTICO  
DISEÑO DEL MECANISMO  
DE PLASTIFICACIÓN

# MECANISMO DE PLASTIFICACIÓN



**VISTA**

- **Cómo** deforma?
- **Cómo** disipa energía?
- **Dónde** disipa energía?

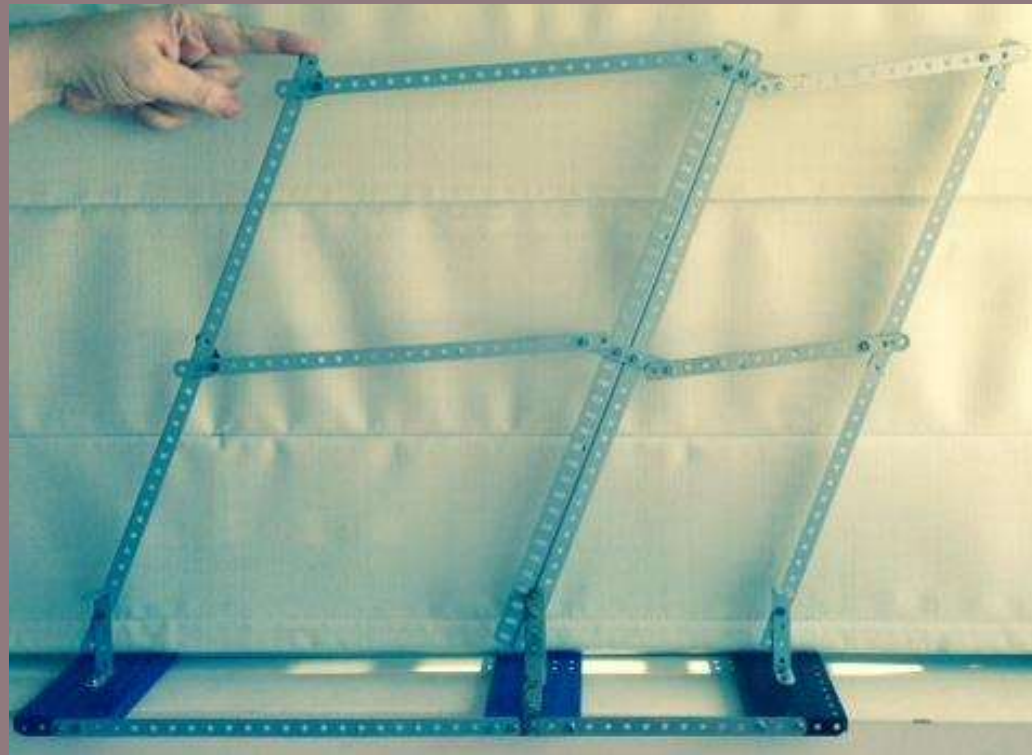


**Diseño del  
Mecanismo de Plastificación**

# MECANISMO DE PLASTIFICACIÓN



**Plano Estructural sin  
deformar  
Pórtico**



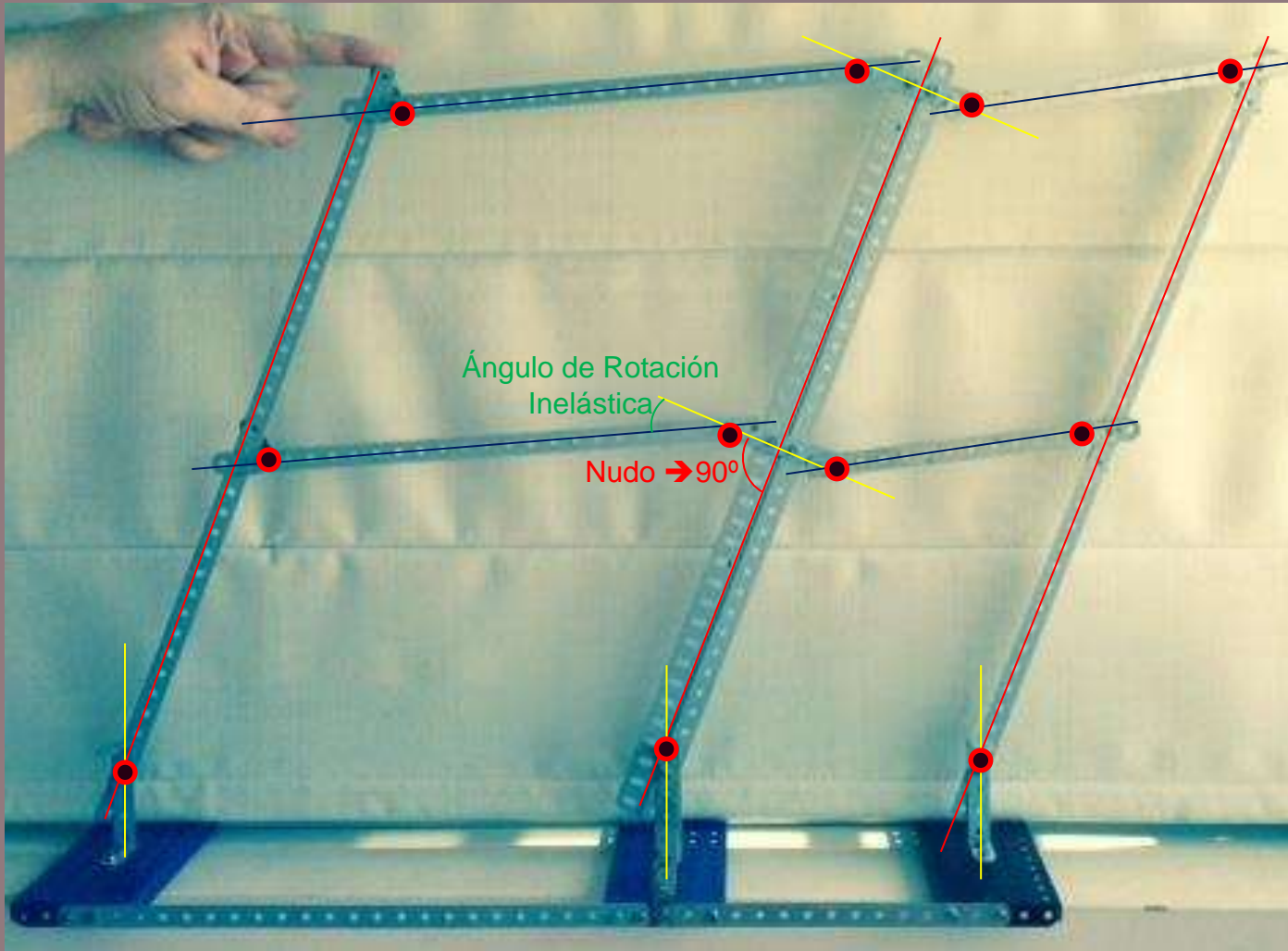
**Plano Estructural  
deformado**

# MECANISMO DE PLASTIFICACIÓN

● **Rótula Plástica**



- Puntos de **Disipación** de Energía
- Protección de fallas **Frágiles**
- Factores de Comportamiento **R** y **Cd** (Tabla 5.1-IC 103)
- Dependen del **Tipo Estructural**



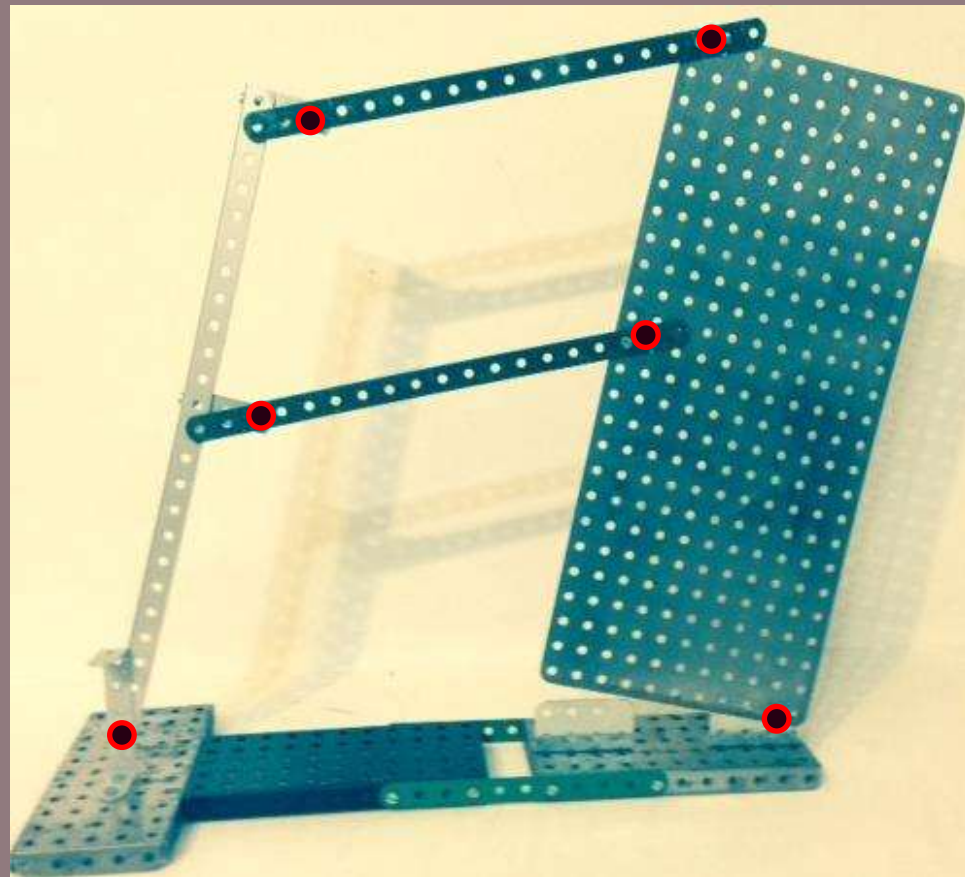
Estructura móvil → Mecanismo de Plastificación

**Nº rótulas = 11**

**R = 7**

**Cd = 5,5**

# MECANISMO DE PLASTIFICACIÓN

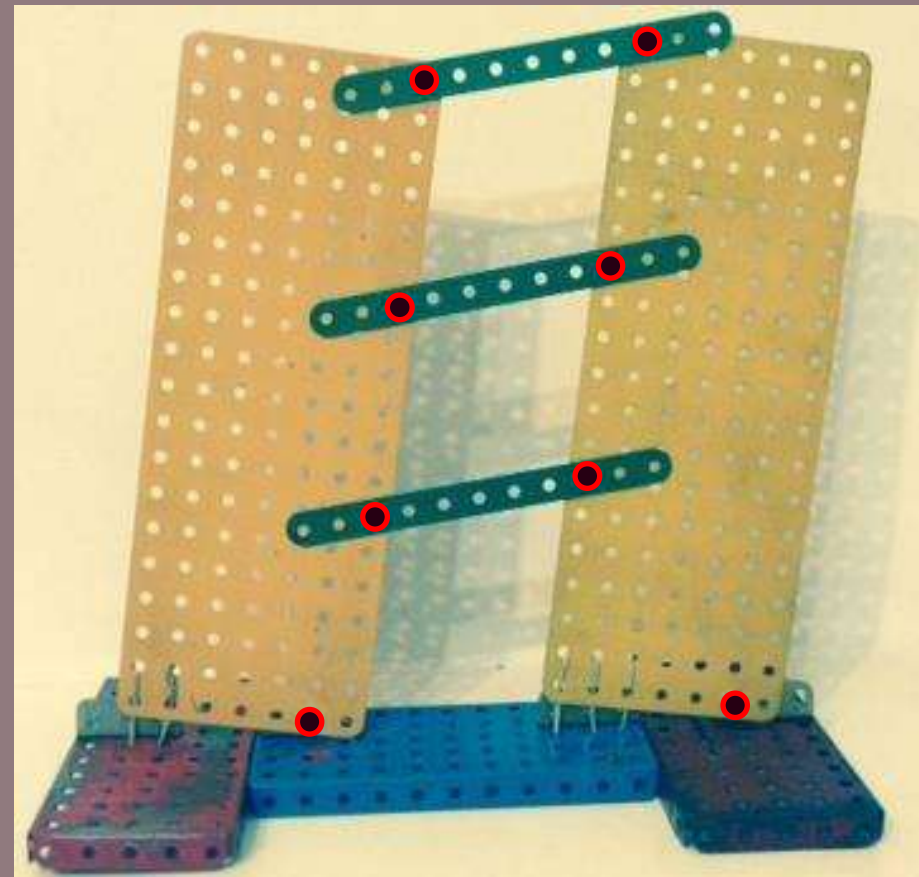


Mecanismo de Plastificación  
Estructura Dual: Pórtico – Tabique

Nº rótulas = 6

$R = 6$

$Cd = 5$



Mecanismo de Plastificación  
Tabique Acoplado con vigas

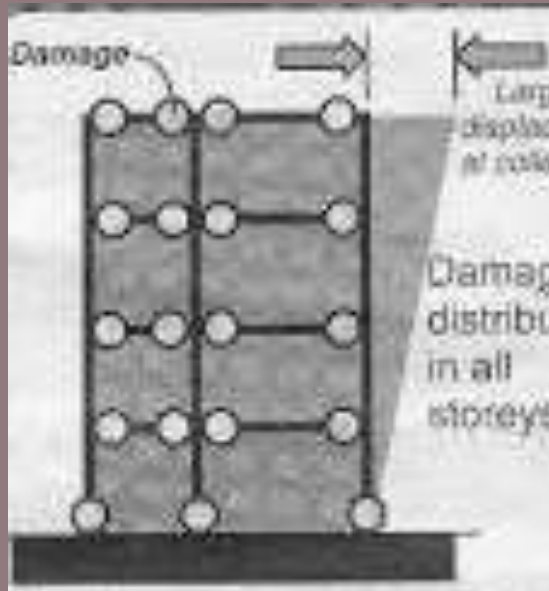
Nº rótulas = 8

$R = 5 \text{ a } 7$

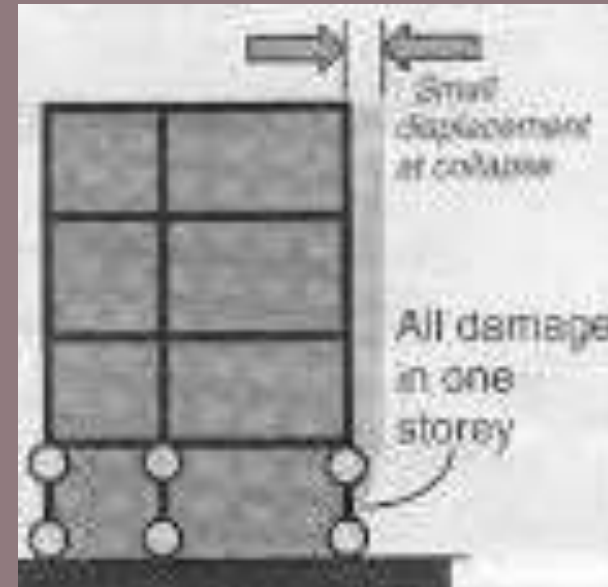
$Cd = R$

# MECANISMO DE PLASTIFICACIÓN

- Puntos de **Disipación** de Energía
- Protección de fallas **Frágiles**
- Rótulas estables (histéresis)
- Evitar mecanismos de piso (piso débil)



**Viga débil – Columna Fuerte**  
**Daño distribuido**



**Mecanismo de Piso**  
**Daño concentrado**

# DISEÑO SÍSMICO CONVENCIONAL

# DISEÑO SÍSMICO CONVENCIONAL

- Prop. dinámicas del edificio
  - Espectro Elástico y Reducción
  - Coeficiente Sísmico (Riesgo)
  - Corte Sísmico Basal
  - Distrib. de Fuerzas en altura
  - Deformabilidad de Diafragmas
  - Distribución en planta:
    - Diafragma rígido
    - Diafragma flexible
  - Control de distorsión
- Período
  - Códigos. Ductilidad Destino del Edificio
  - $V = C.W$
  - $F_{si} = V \cdot [m_i \cdot h_i / \sum (m_i \cdot h_i)]$
  - Rígidos o flexibles:  
Dimensiones, agujeros, esquinas
  - Corte + Torsión  
[ Torsión baja → por áreas elementos]
  - Corte sin Torsión  
[ Por área tributaria ]
  - Deformaciones últimas →  $C_d$

# DISEÑO SÍSMICO CONVENCIONAL

1. Definición del Mecanismo de Plastificación (MdP)
2. Control de distorsiones de piso
3. **Dimensionado de Zonas con Disipación (ZdD) (Flexión). Usar combinaciones básicas del Reglamento** (Acciones reducidas por R).  
Por ej: vigas en flexión, riostras en compresión.
4. **Dimensionar y proteger ZdD (Corte). Usar combinaciones especiales del Reglamento** (Solicitaciones mayoradas por  $\Omega_0$ )
5. **Dimensionar resto de elementos (Diseño por Capacidad). Usar combinaciones especiales del Reglamento** (Solicitaciones mayoradas por  $\Omega_0$ )

### 3.6. ACCIONES GRAVITATORIAS A CONSIDERAR

*p/ Acción Sísmica Vertical  $E_v$*

$$W_i(\text{vert}) = D_i$$

*$D_i$  Carga Permanente*

$$E_v = Ca/2 \cdot D_i$$

$$E_v = 0.20 D_i \text{ (para zona 4)}$$

# COMBINACIÓN DE ACCIONES

Estado Límite Último

$$1,0 D \pm 1,0 E + f_1 L + f_2 S$$

$$E = E_H + E_V$$

Suma de Efectos

$$1,0 D \pm 1,0 E_H + E_V + f_1 L + f_2 S$$

CON  $E_V$  HACIA ABAJO

$$1,0 D \pm 1,0 E_H - E_V$$

CON  $E_V$  HACIA ARRIBA

Recordar que  $E_V = \pm 0.20 D_i$

# COMBINACIÓN DE ACCIONES

Estado Límite Último

COMBINACIÓN  
BÁSICA DE  
ACCIONES

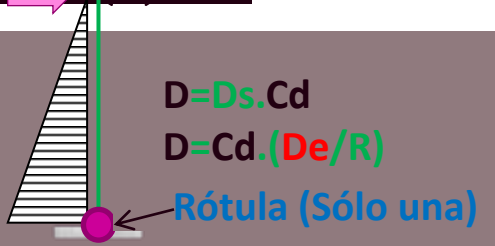
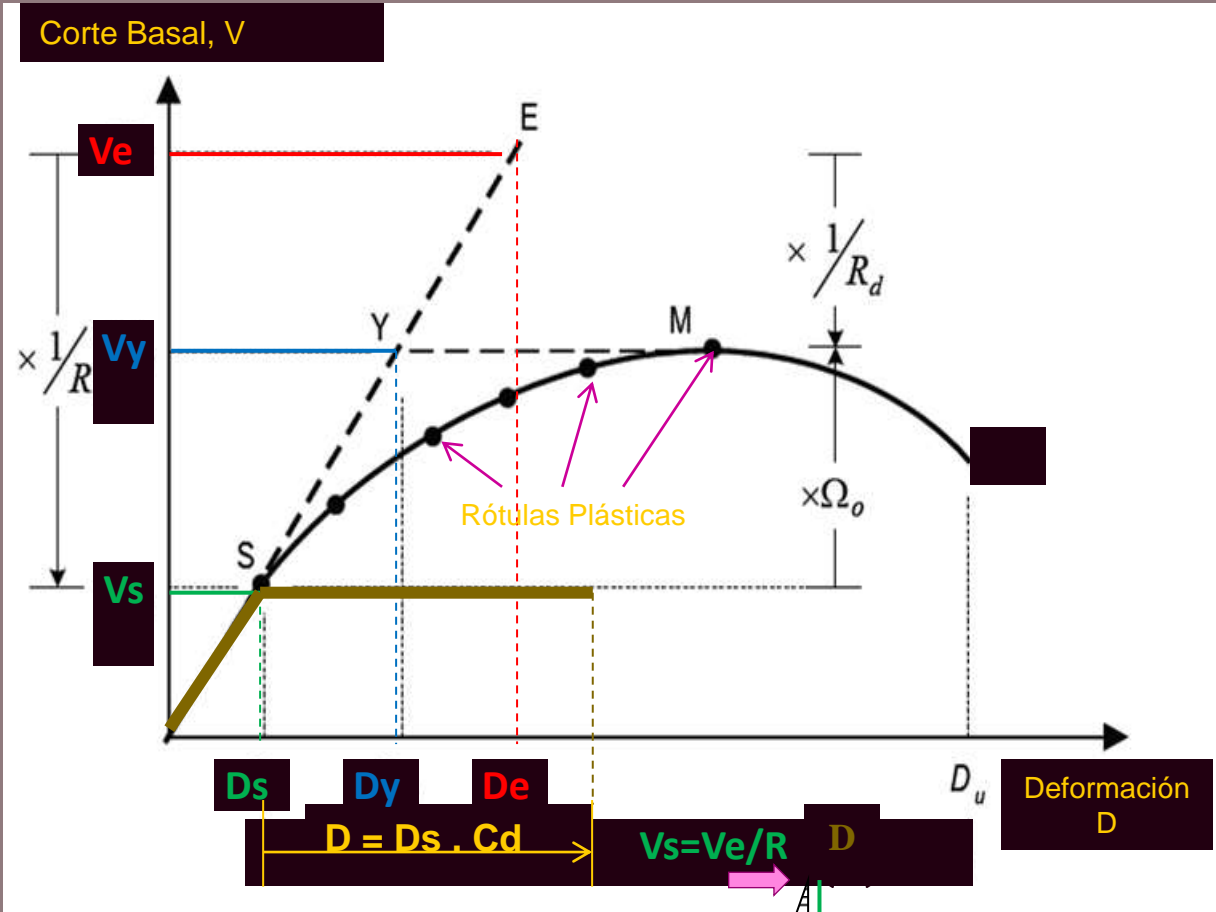
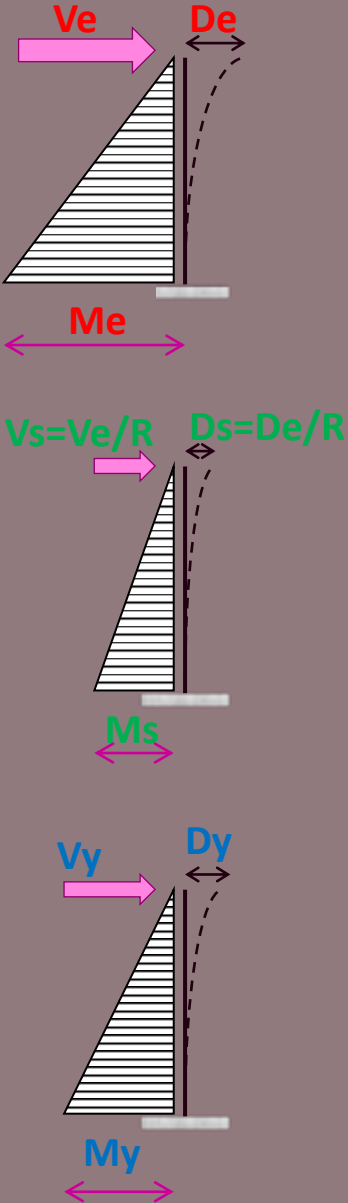
$$1,20 D \pm 1,0 E_H + f_1 L + f_2 S$$
$$0,80 D + f_1 L \pm 1,0 E_H$$

COMBINACIÓN  
ESPECIAL DE  
ACCIONES

$$1,20 D \pm \Omega_0 E_H + f_1 L + f_2 S$$
$$0,80 D + f_1 L \pm \Omega_0 E_H$$

# DISEÑO por DEFORMACIÓN

# COEFICIENTE SÍSMICO Y CORTE BASAL

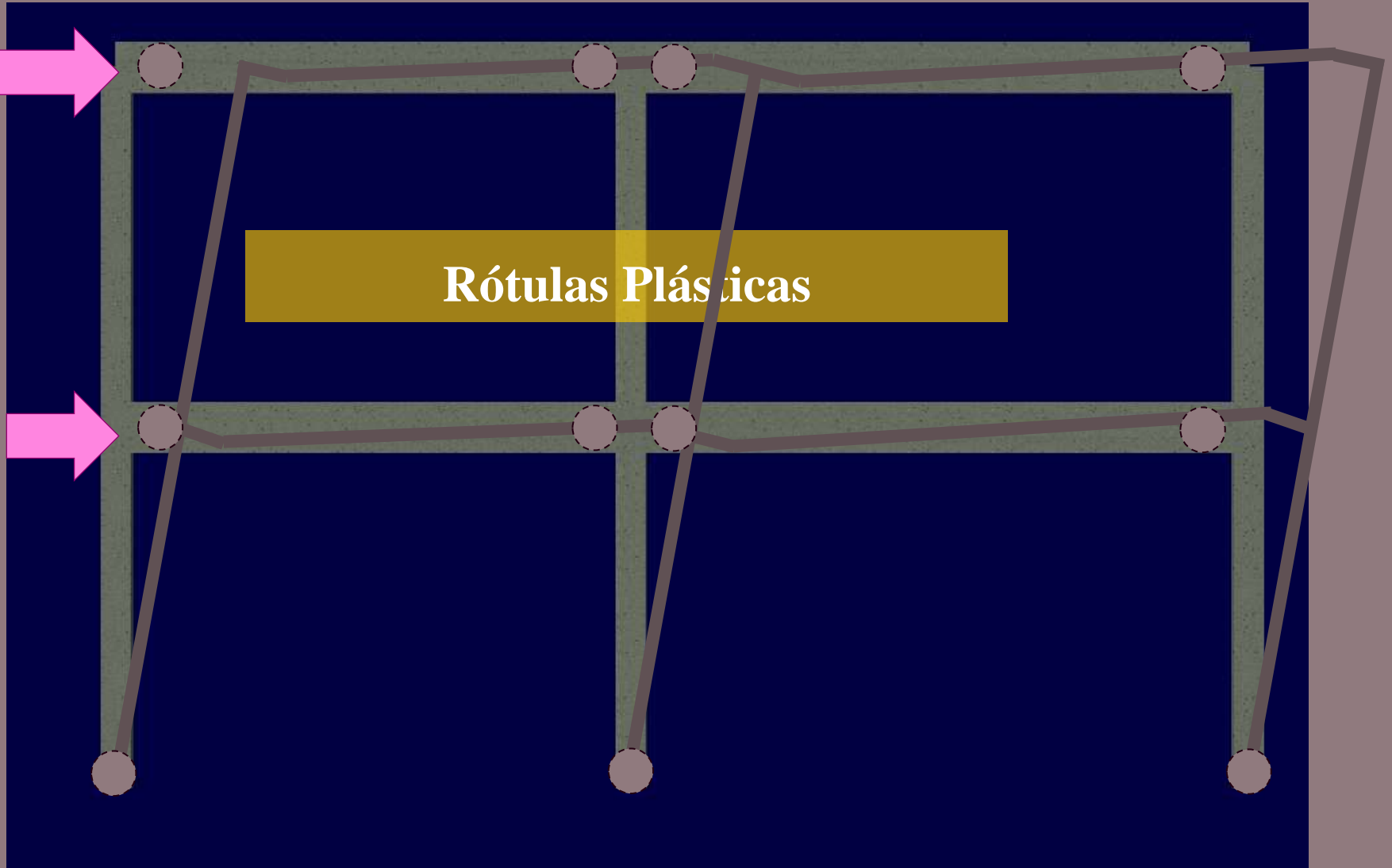


$$D = D_s \cdot C_d$$

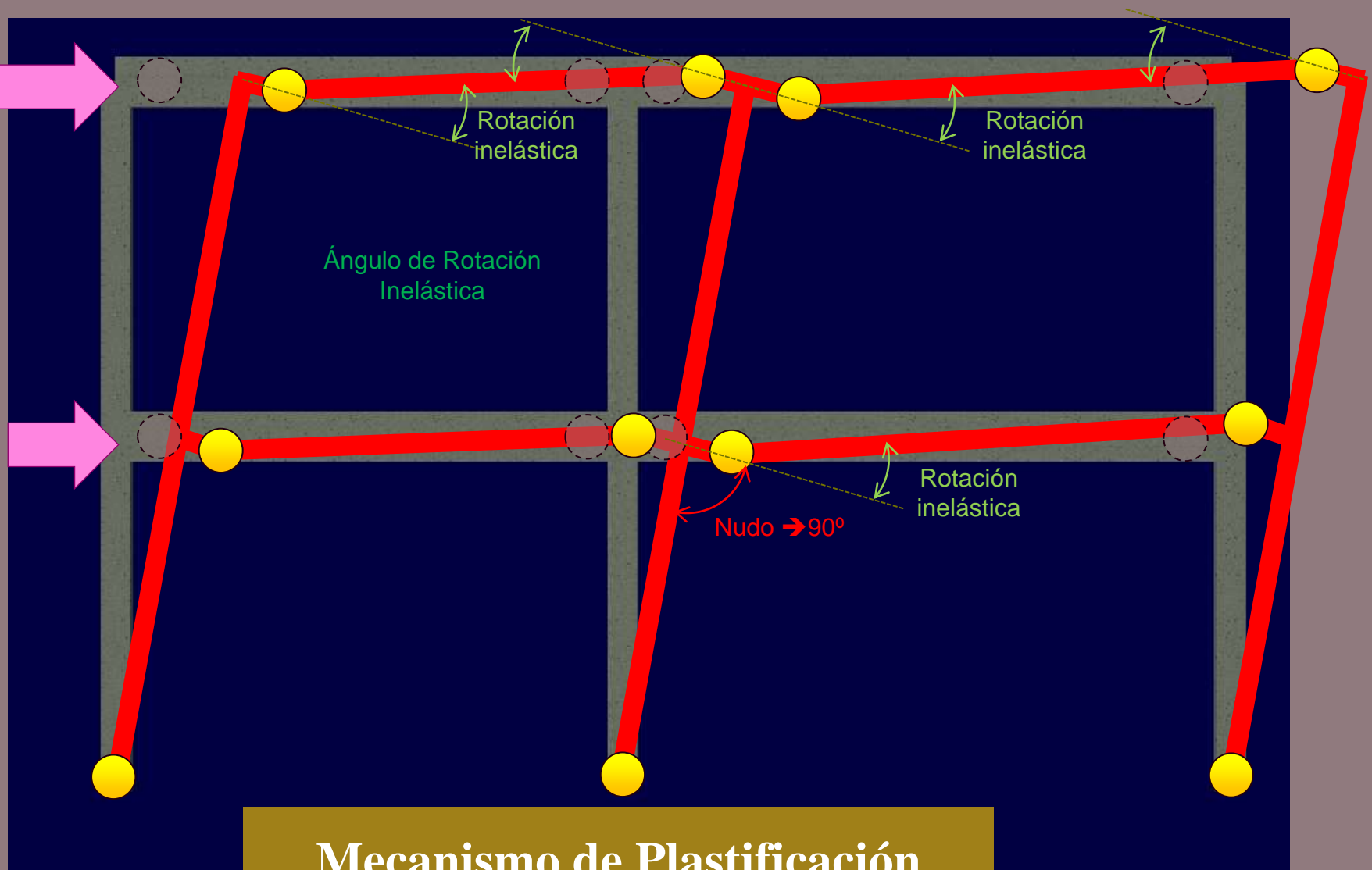
$$D = C_d \cdot (D_e/R)$$

Rótula (Sólo una)

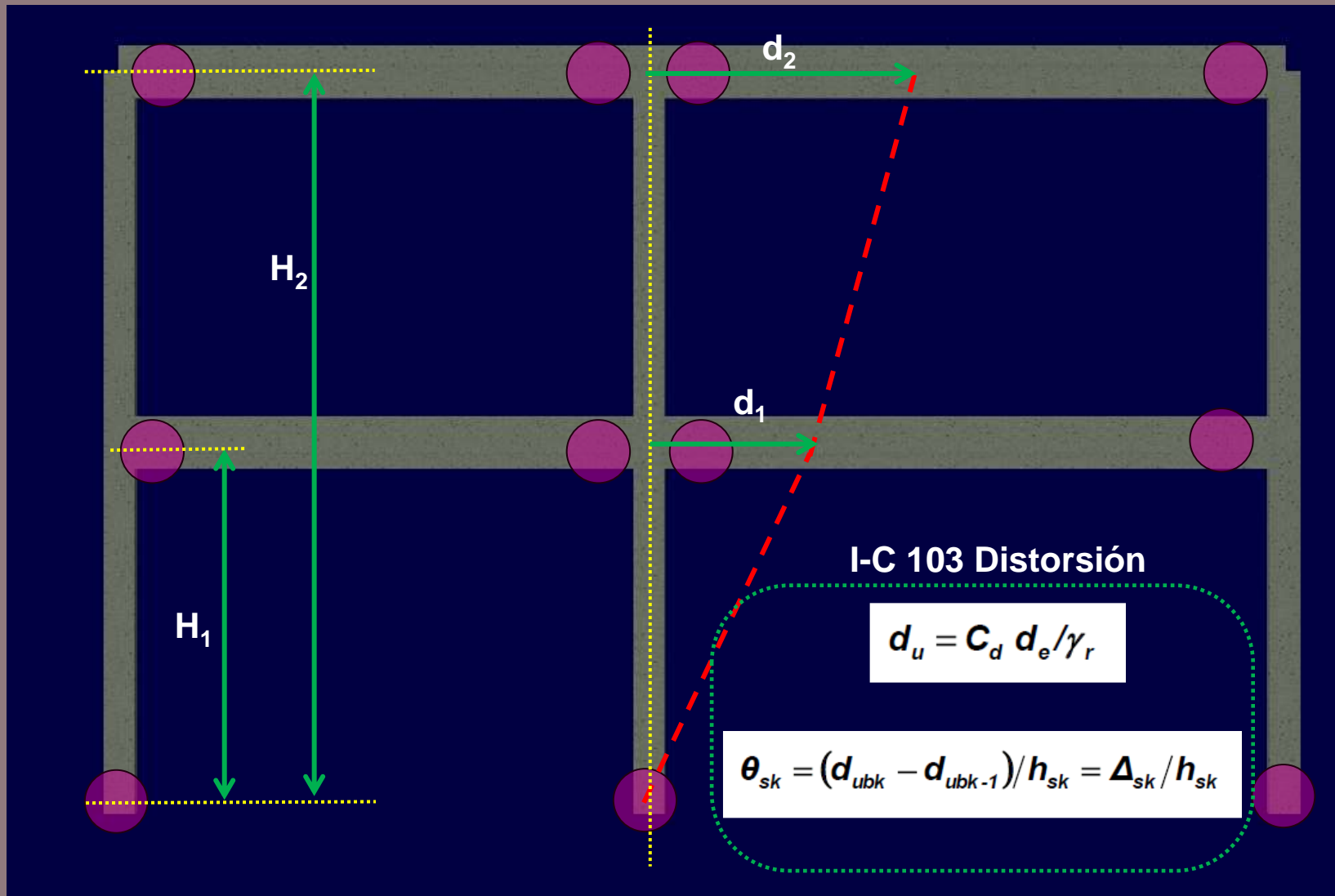
# Definición del Mecanismo de Plastificación (MdP)



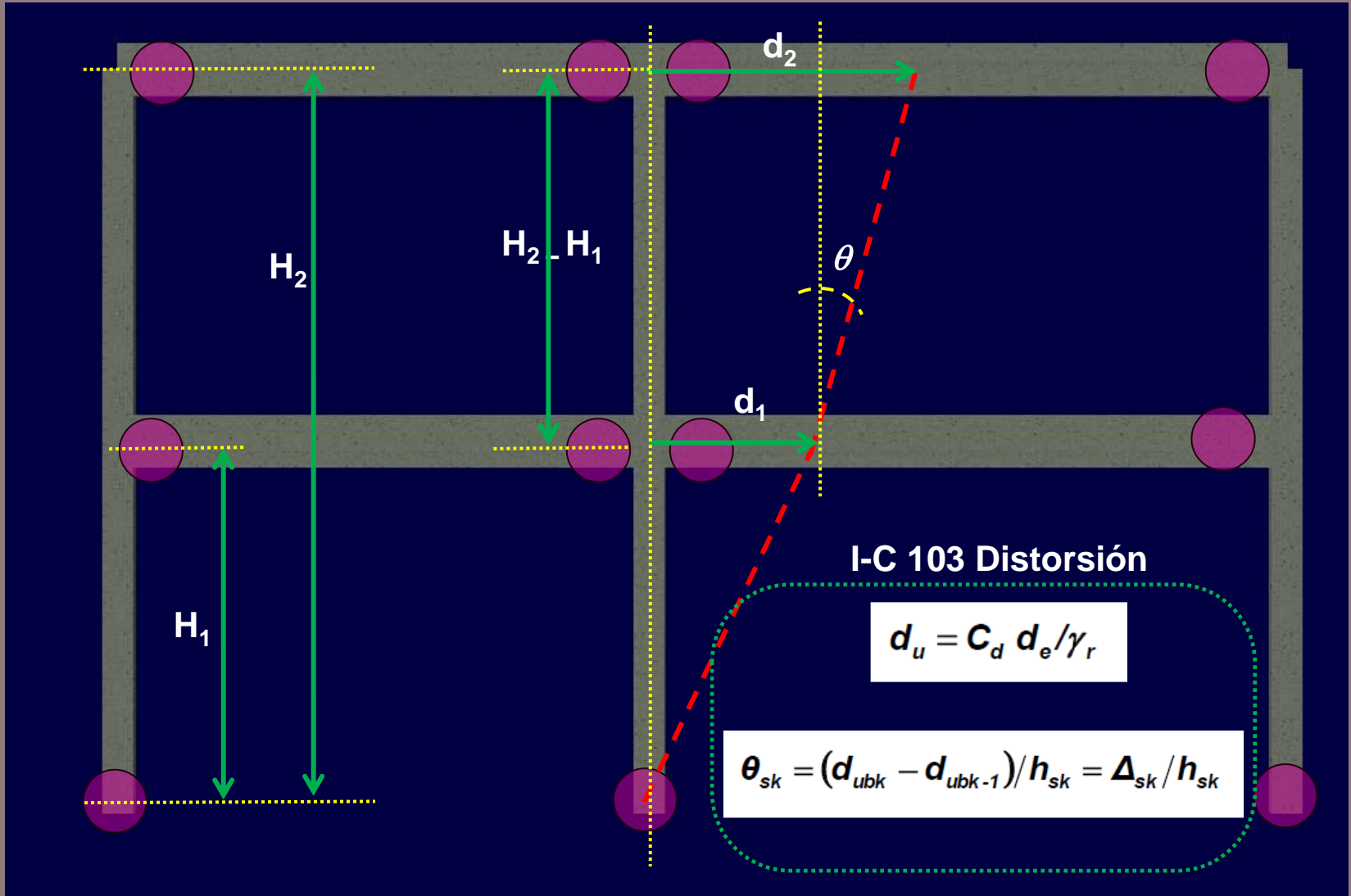
# Definición del Mecanismo de Plastificación (MdP)



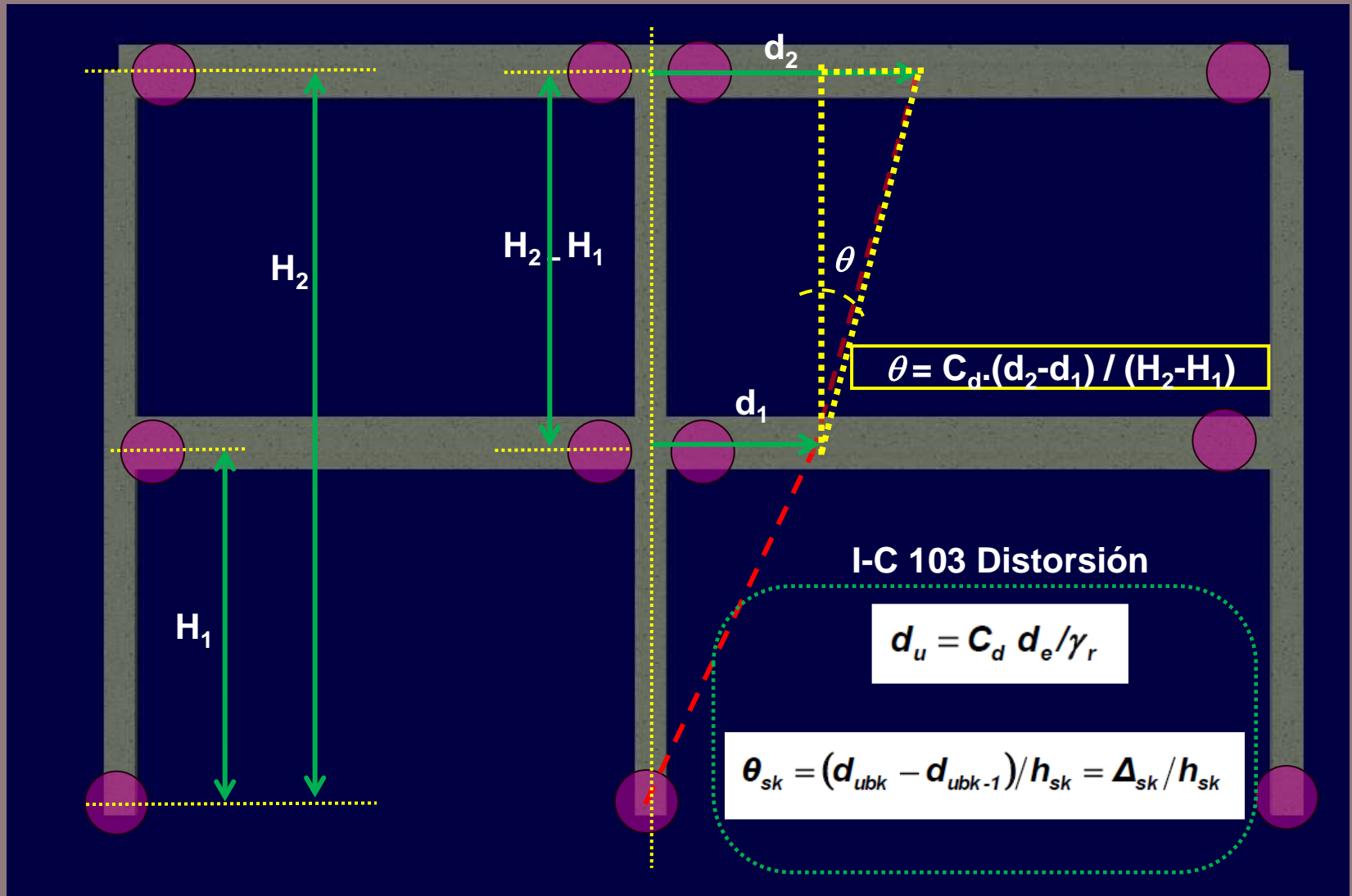
# Control de deformaciones: **Distorsión de pisos**



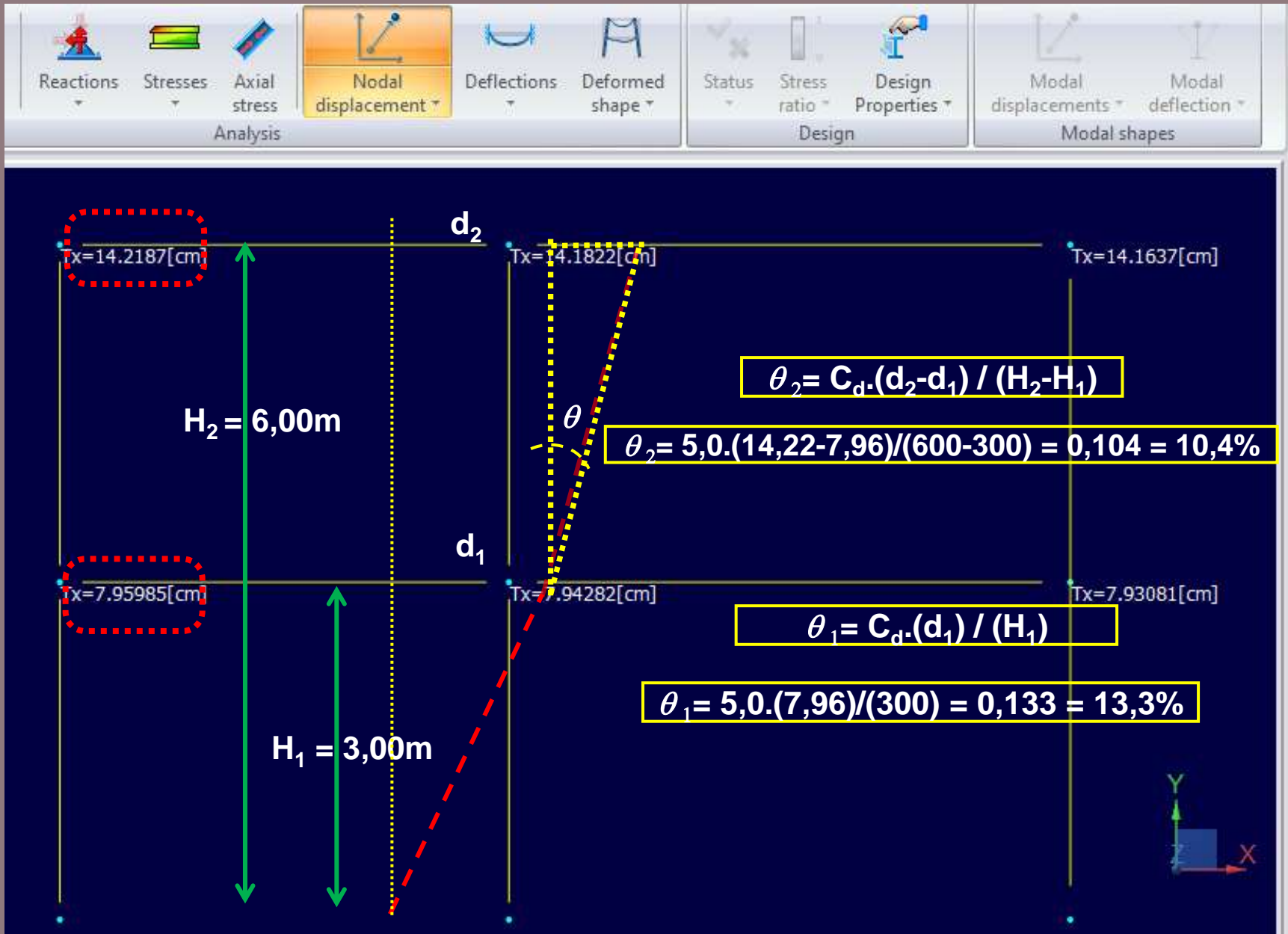
# Control de deformaciones: **Distorsión de pisos**



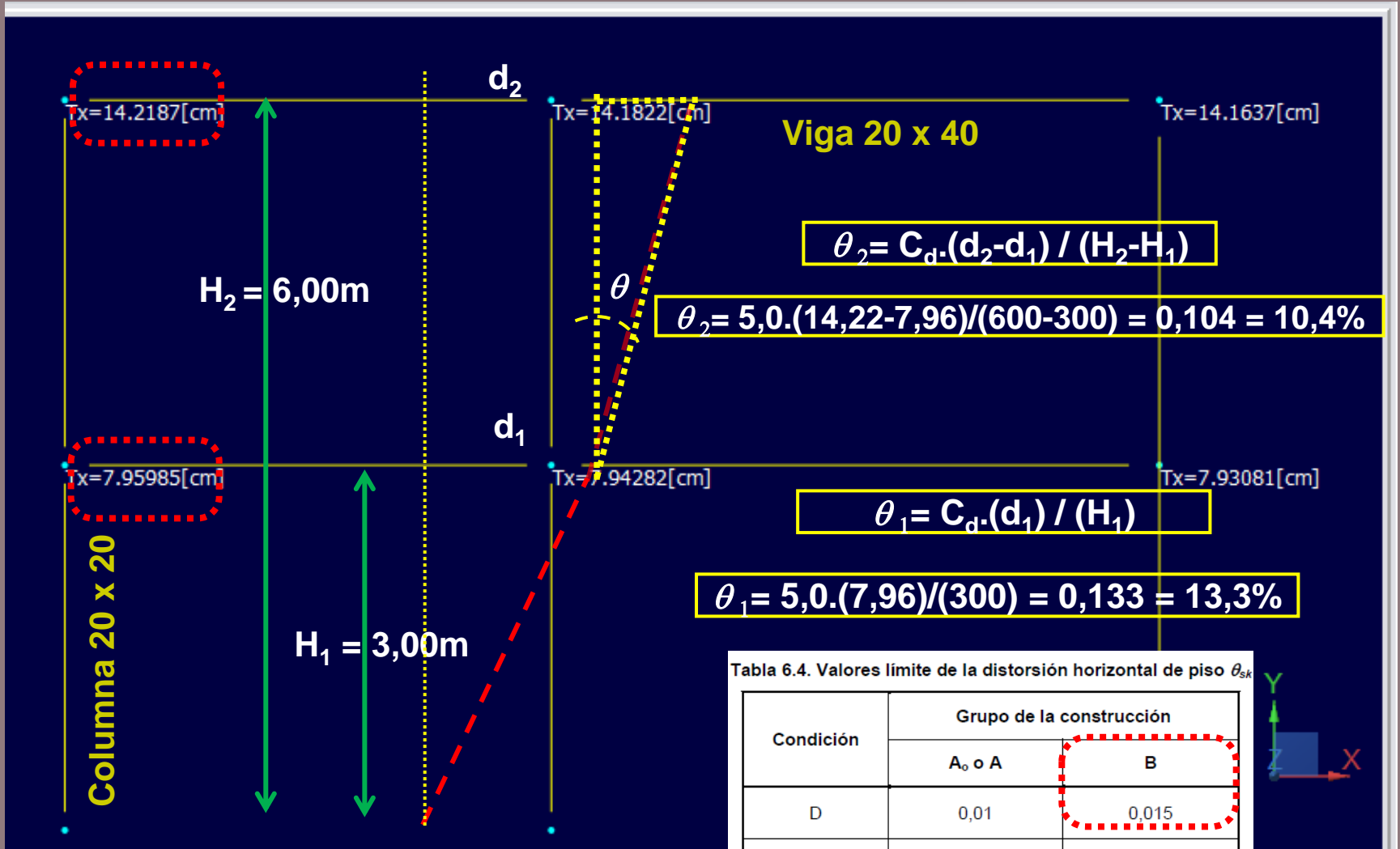
# Control de deformaciones: **Distorsión de pisos**



# Control de deformaciones: **Distorsión de pisos**



# Control de deformaciones: **Distorsión de pisos**



¿Solución? = **Aumentar** la **rigidez** del pórtico

# Control de deformaciones: **Distorsión de pisos**

Control del Daño. Evitar deformaciones excesivas entre pisos

Control de la Distorsión  $\theta$

CONTROL DE DISTORSIÓN DE PÓRTICOS						
		Cd	5,5	Distorsión Límite		0,025
NIVEL	H piso	Despl. Elástico (De)	Despl. inelástico	$\Delta$ despl.	Distorsión $\theta$	Control
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]		
			$D_i = C_d \times D_e$	Entre pisos	$\Delta_{despl.}/H$	
2	600	14,16	77,88	34,27	0,0571	NO VERIFICA
1	300	7,93	43,62	43,62	0,1454	NO VERIFICA

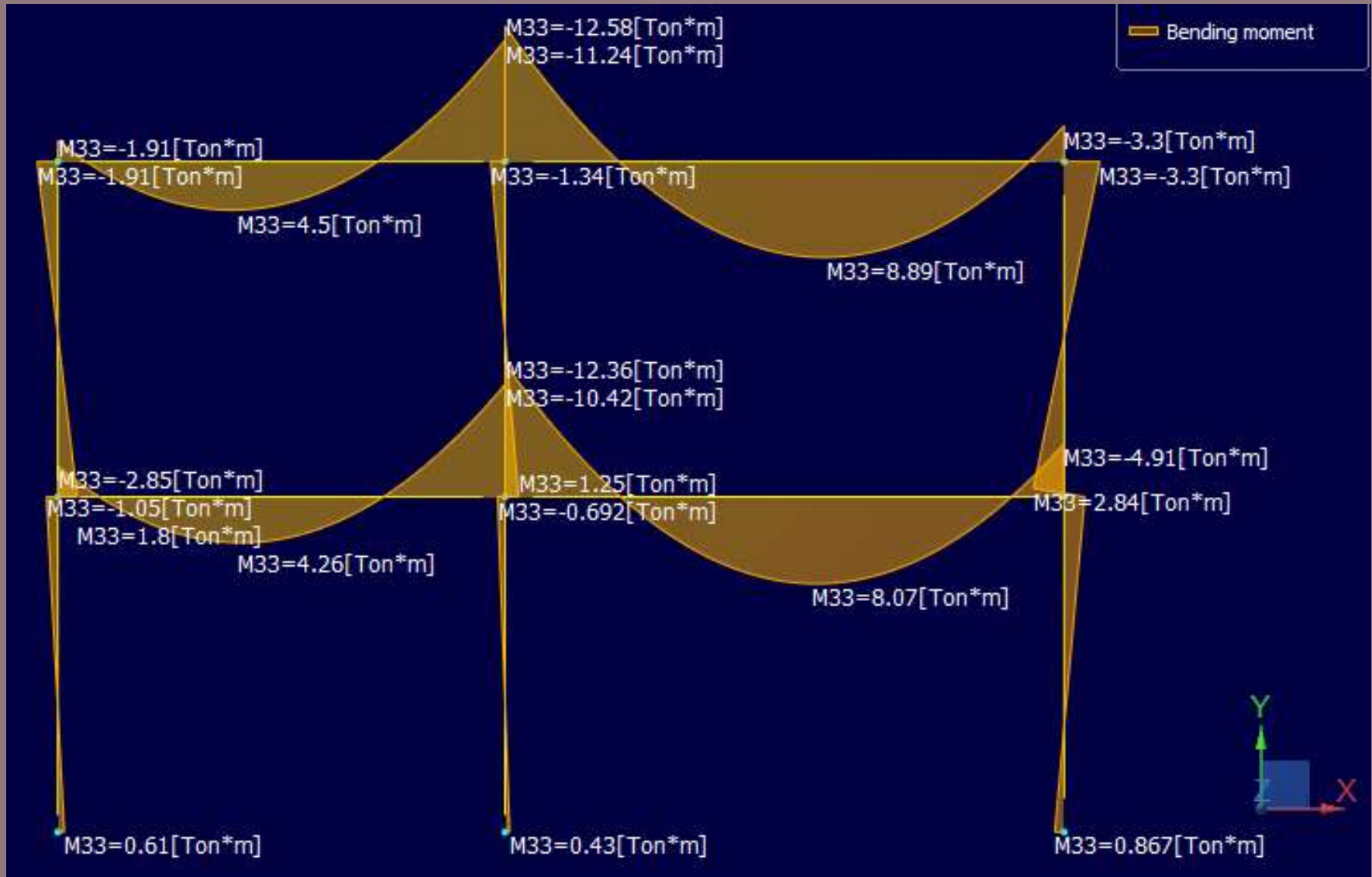
Cargar desplazamientos leído del RAM

¿Solución? = **Aumentar** la **rigidez** del pórtico  
Columna sugerida  $h_c = L \times H / 80$

# DISEÑO por RESISTENCIA

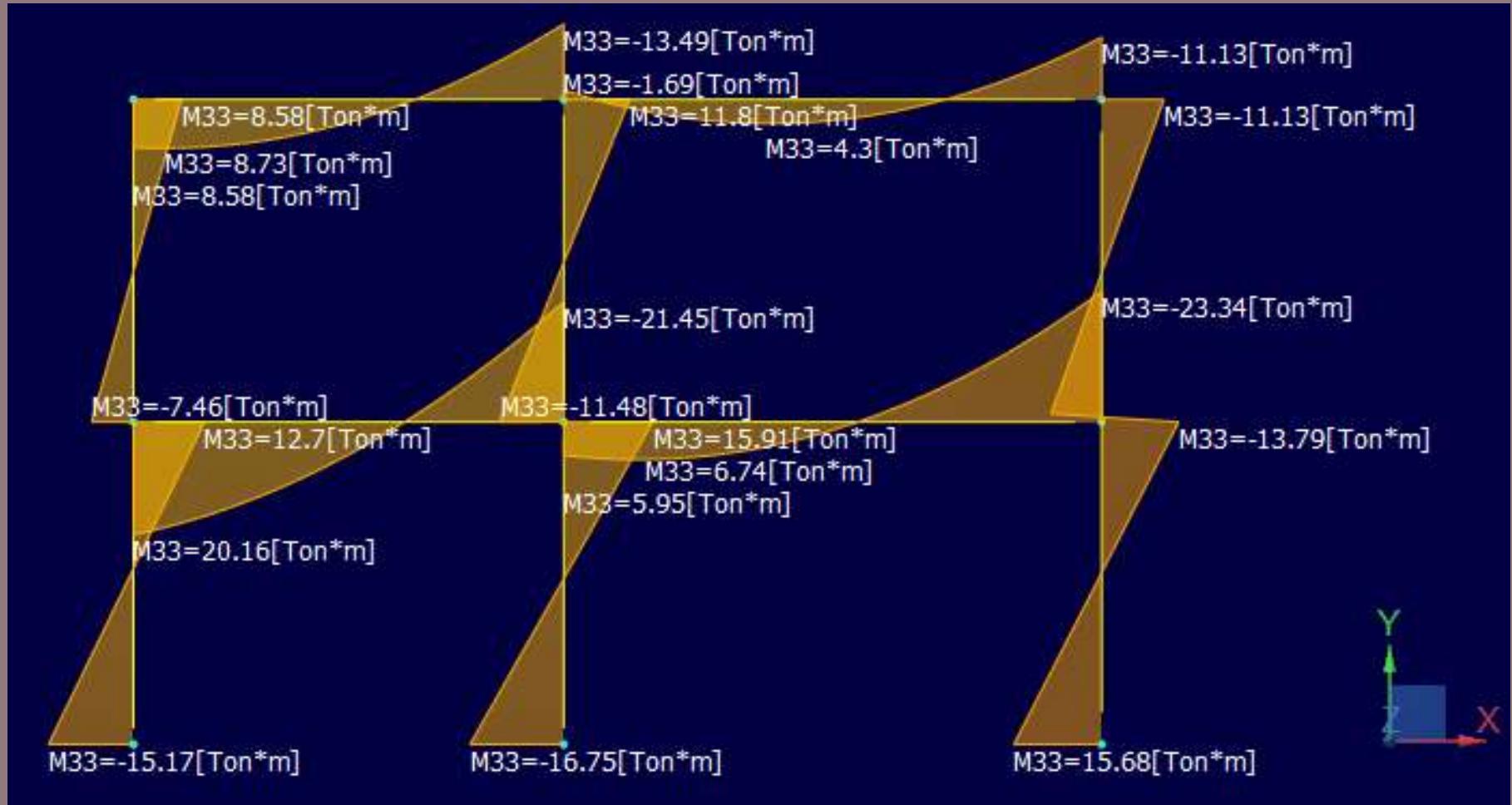
# Dimensionado: Diagrama de Momentos Flectores

$$C1 = 1,2 D + 1,6 L$$



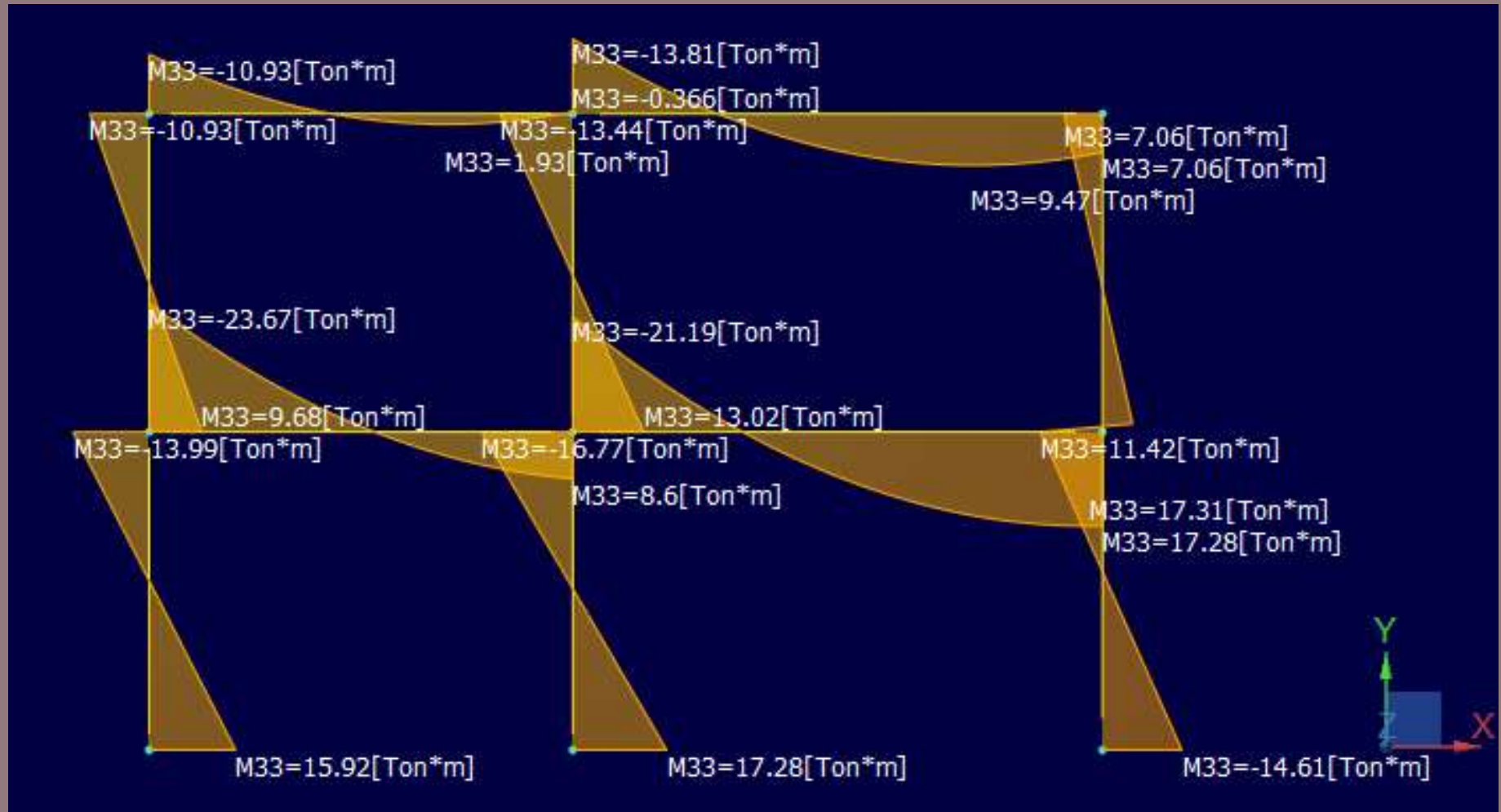
# Dimensionado: Diagrama de Momentos Flectores

$$C1 = 1,2 D + 0,25 L + E$$



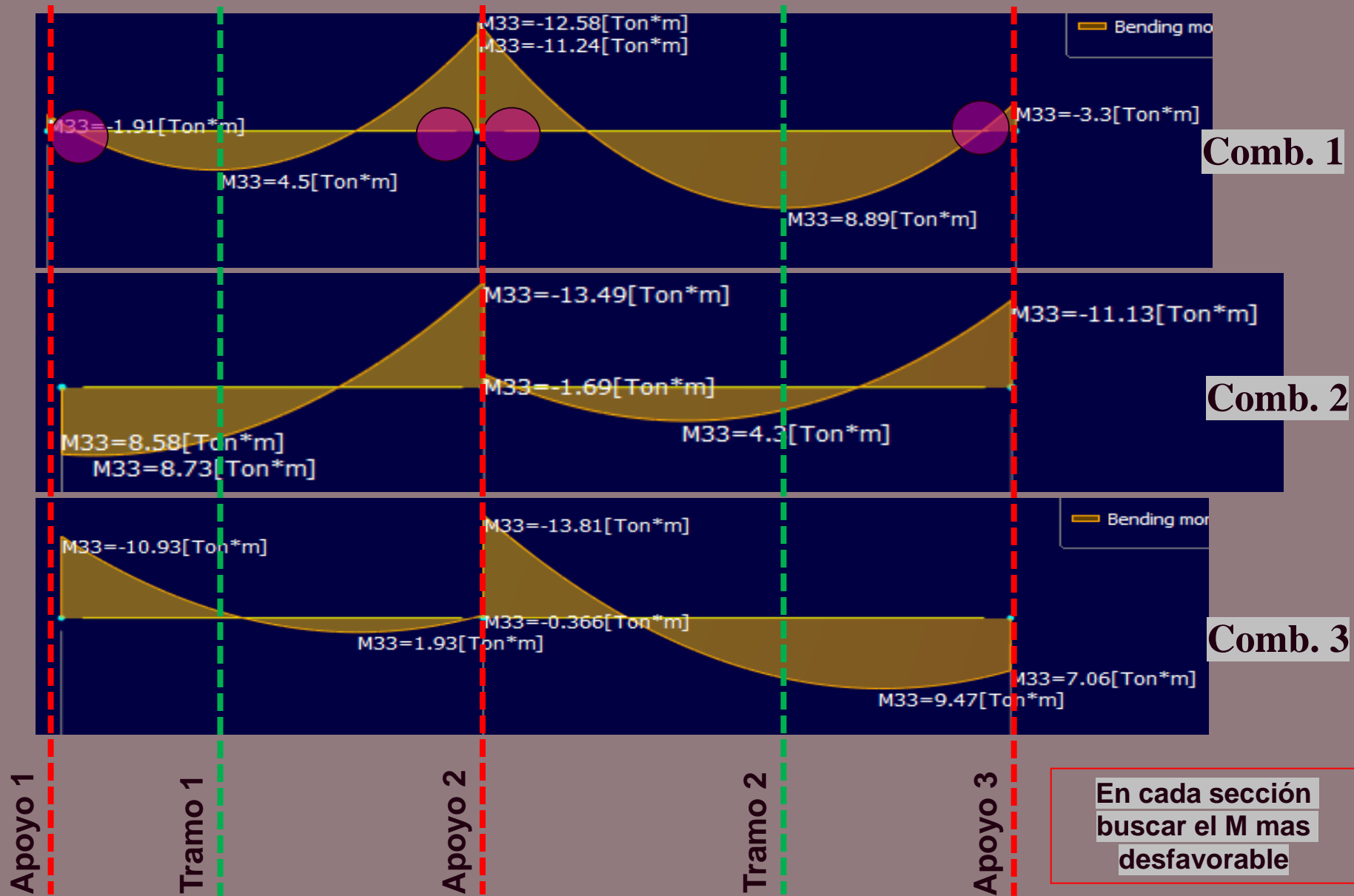
# Dimensionado: Diagrama de Momentos Flectores

$$C1 = 1,2 D + 0,25 L - E$$



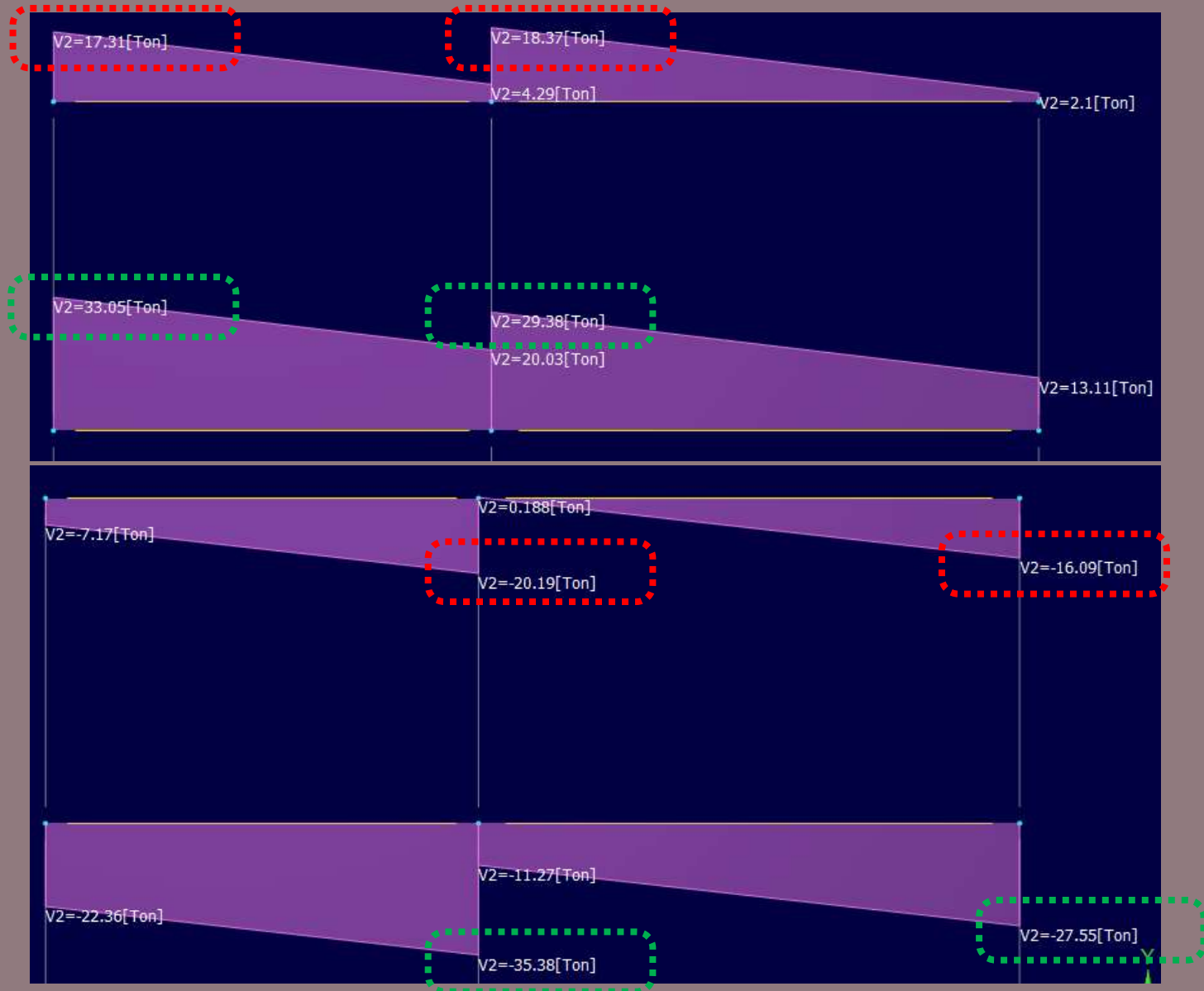
# Dimensionado de Zonas con Disipación (ZdD).

## combinaciones básicas del Reglamento (Vigas Planta alta)



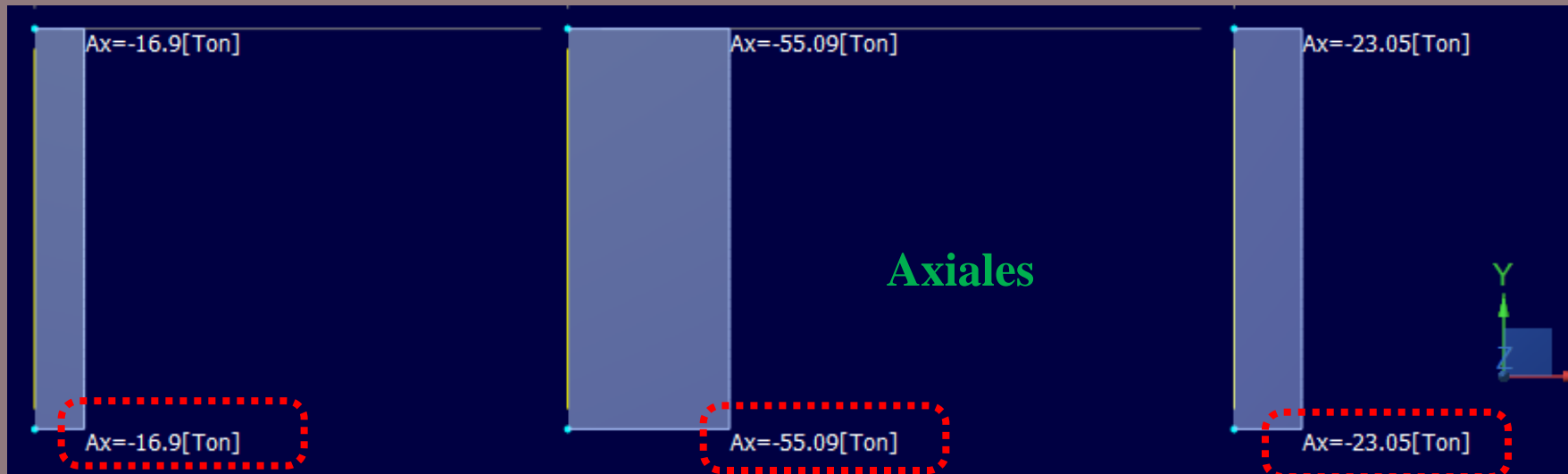
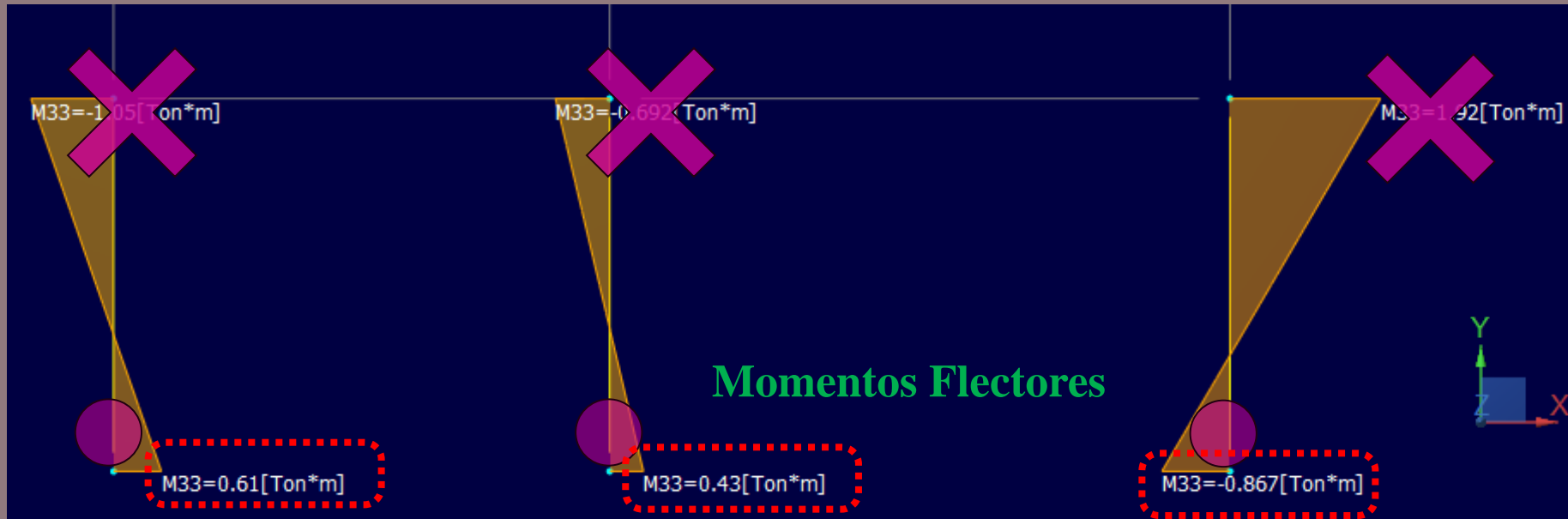
# Dimensionar y proteger ZdD (Corte).

Usar combinaciones especiales del Reglamento (Solicitaciones mayoradas por  $\Omega_0$ )



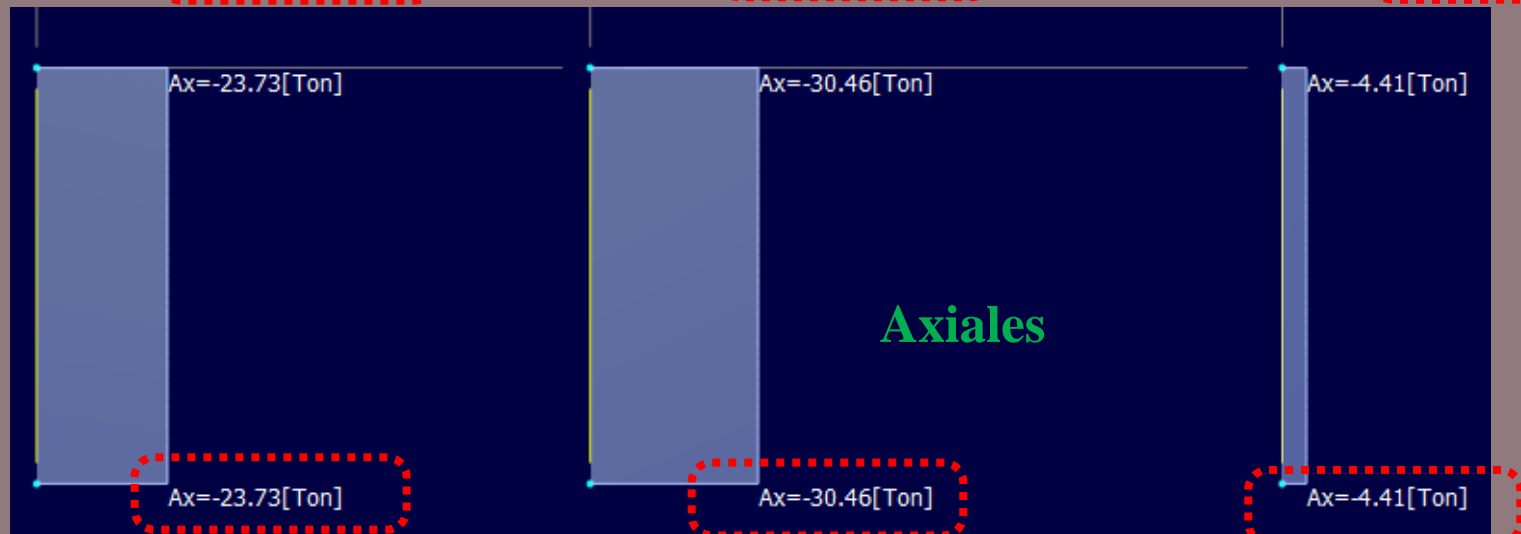
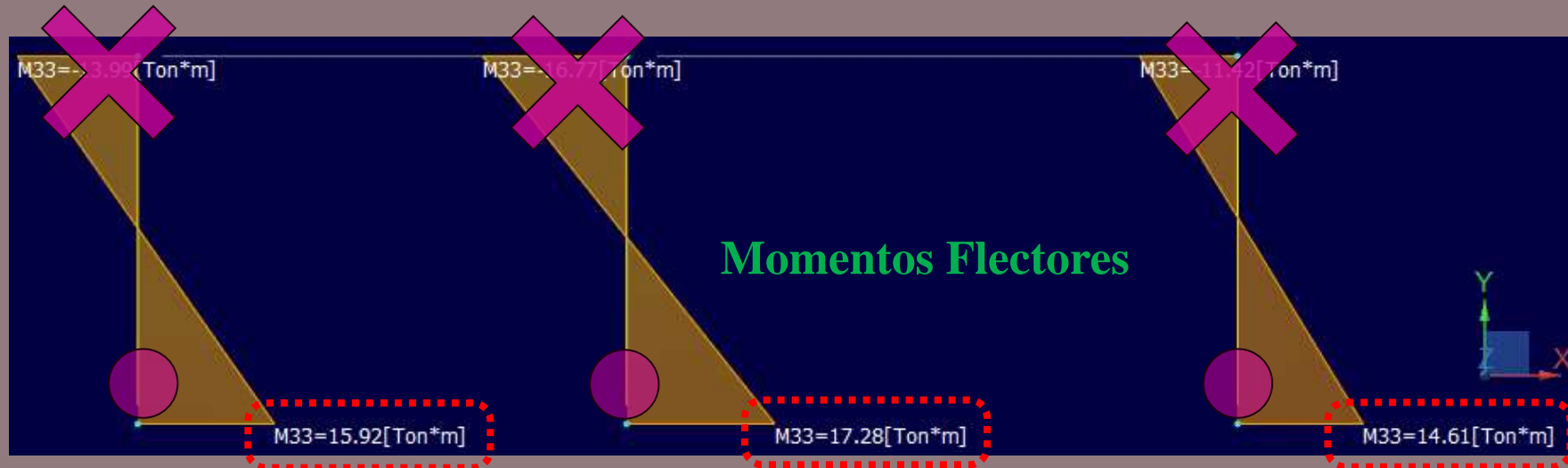
# Dimensionado de Zonas con Disipación (ZdD).

- 1) Flexión y Axial = Combinaciones **básicas** del Reglamento (Rótulas)  
Combinación 1,2 D + 1,6 L



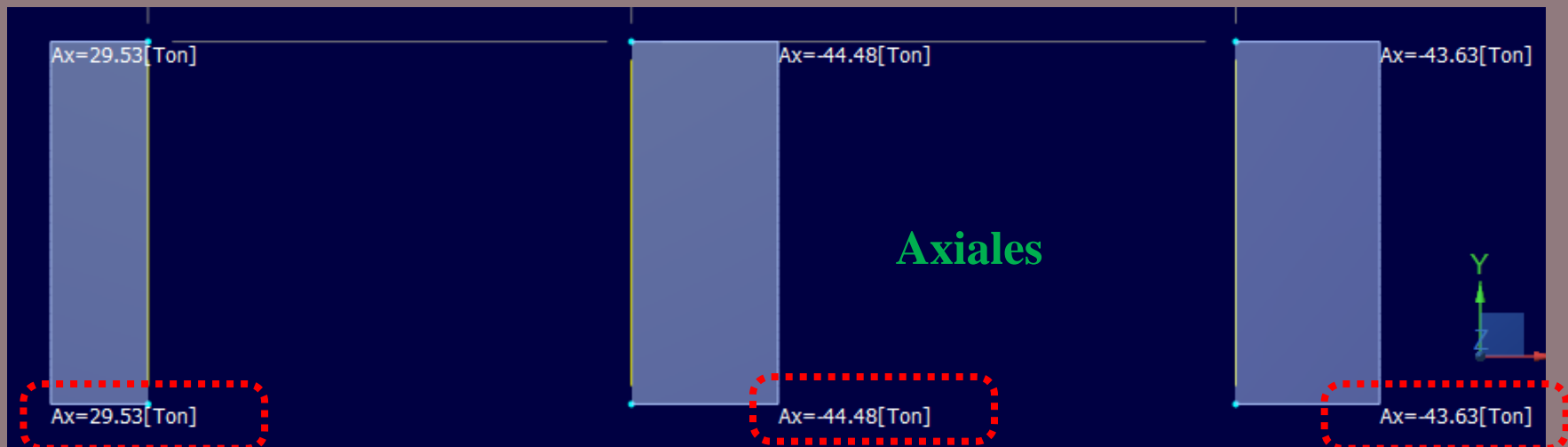
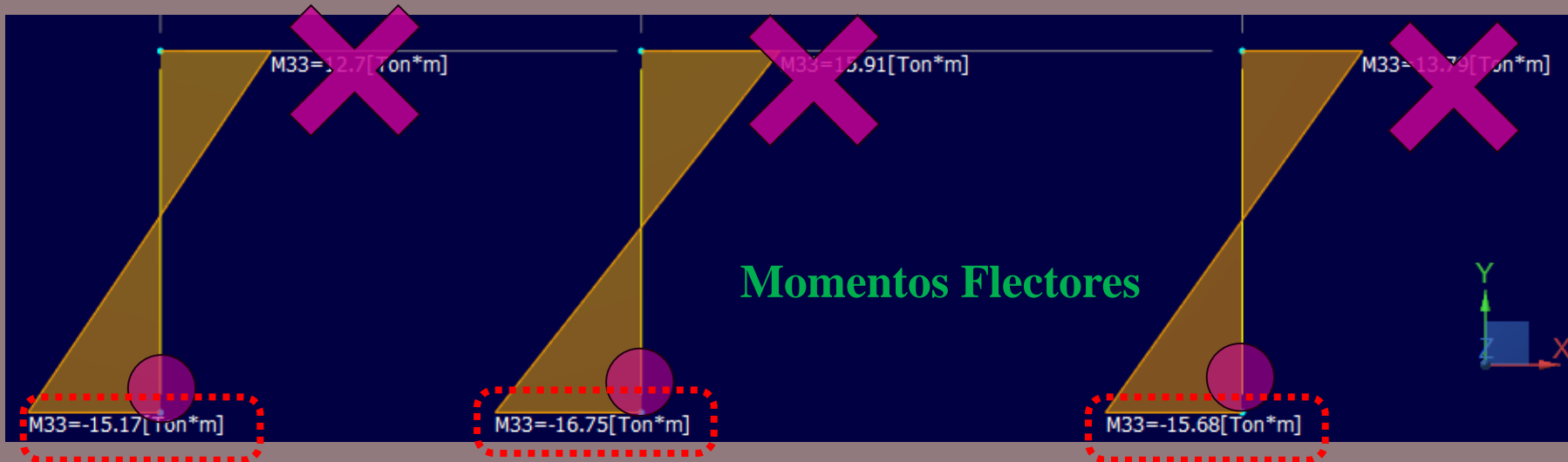
# Dimensionado de Zonas con Disipación (ZdD).

- 1) Flexión = Combinaciones **básicas** del Reglamento.  $1,2D + 0,25L - 1,0E$
- 2) Axial = Combinaciones **Especiales**.  $1,2D + 0,25L - 3,0E$



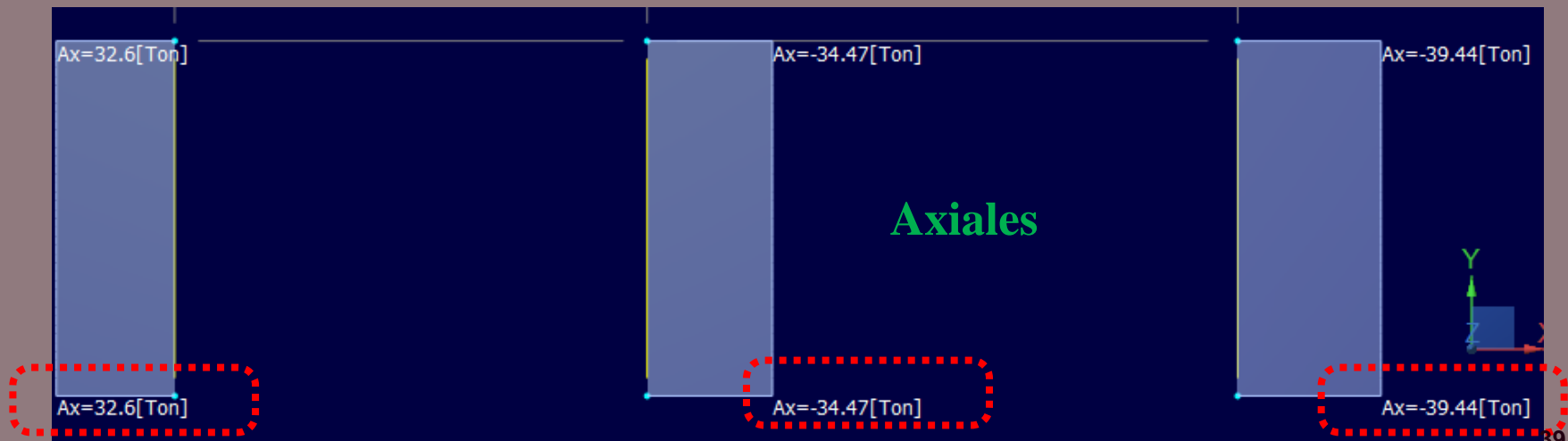
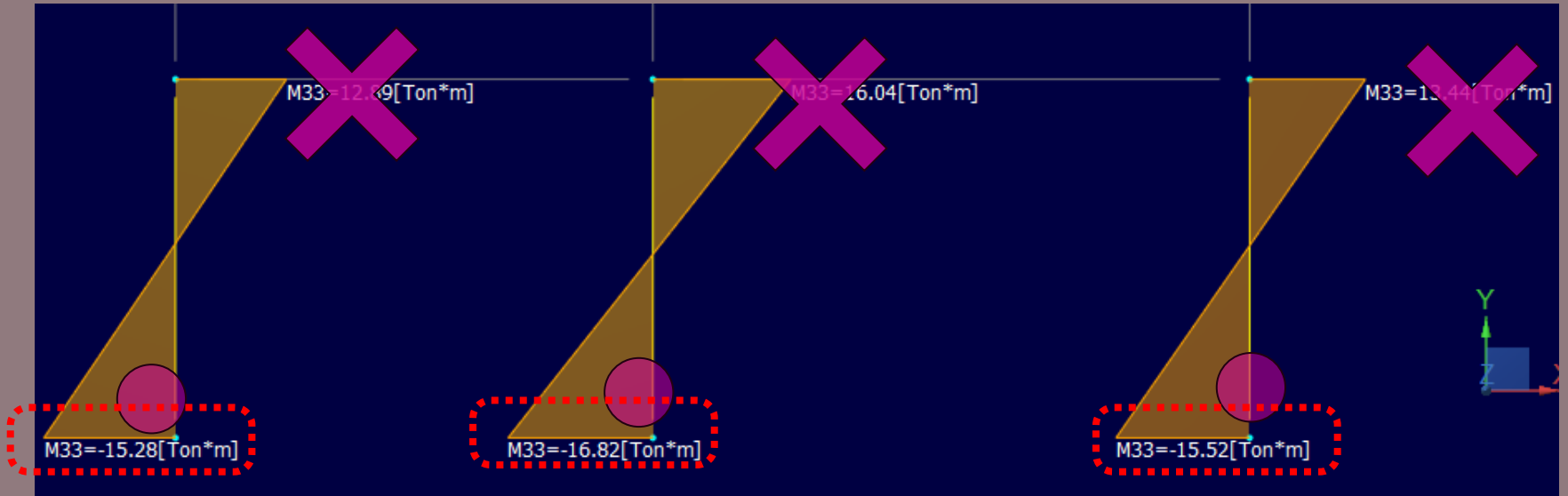
# Dimensionado de Zonas con Disipación (ZdD).

- 1) Flexión = Combinaciones **básicas** del Reglamento.  $1,2D + 0,25L + 1,0E$
- 2) Axial = Combinaciones **Especiales**.  $1,2D + 0,25L + 3,0E$



# Dimensionado de Zonas con Disipación (ZdD).

- 1) Flexión = Combinaciones **básicas** del Reglamento.  $0,8D + 0,25L + 1,0E$
- 2) Axial = Combinaciones **Especiales**.  $0,8D + 0,25L + 3,0E$



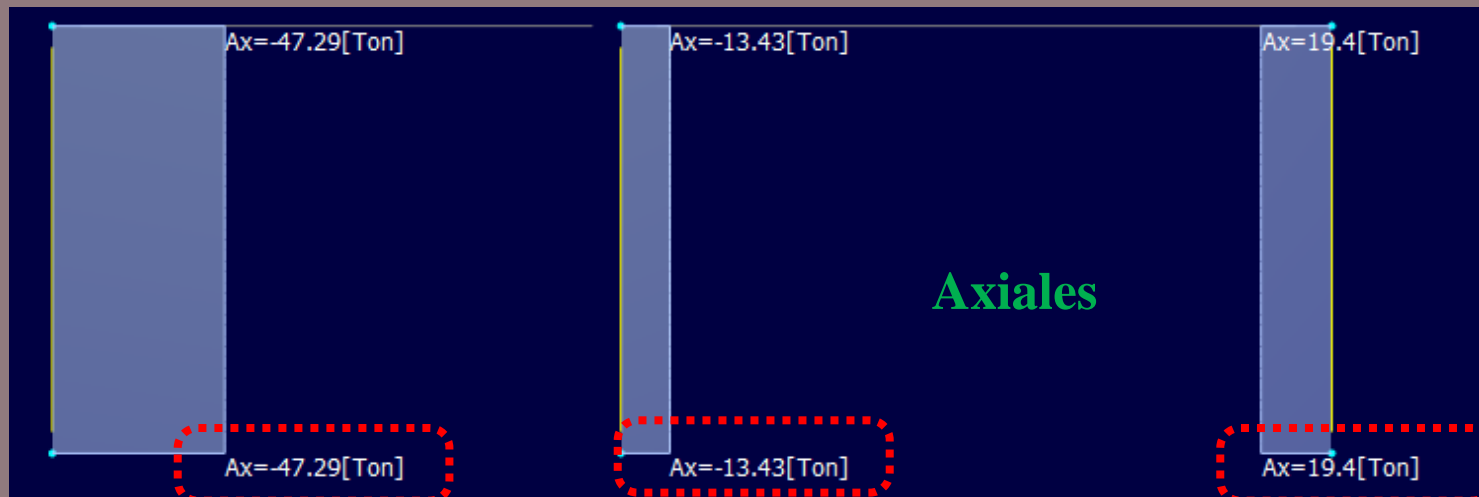
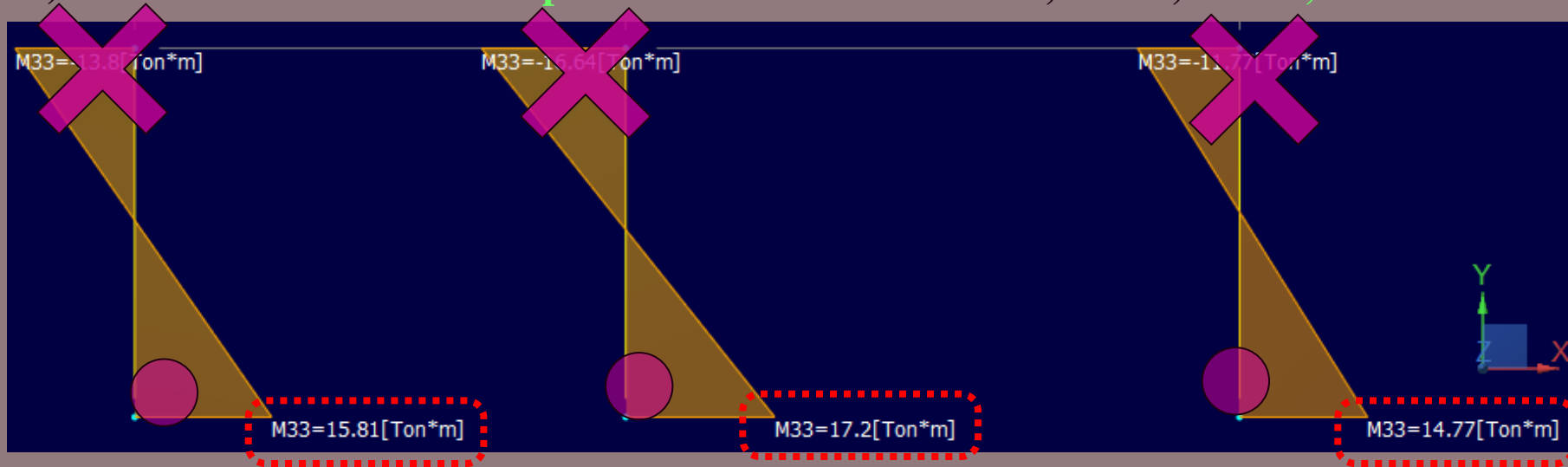
# Dimensionado de Zonas con Disipación (ZdD).

1) Flexión = Combinaciones **basicas** del Reglamento.

$$0,8D + 0,25L - 1,0E$$

2) Axial = Combinaciones **Especiales**.

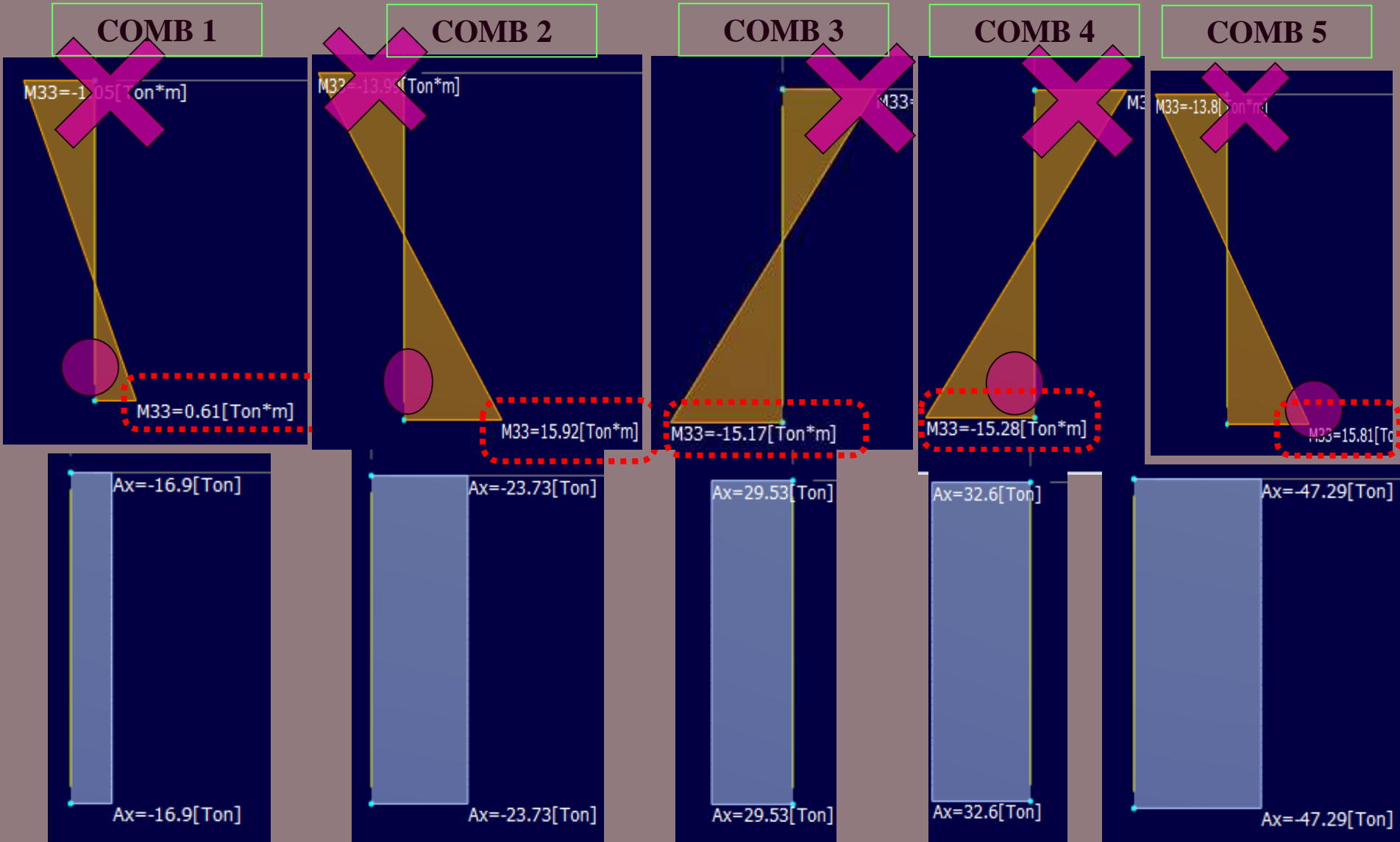
$$0,8D + 0,25L - 3,0E$$



# Dimensionado de Columnas a Esfuerzos Combinados

## Flexión + Compresión o Tracción

### RESUMEN COLUMNA C1. SECCIÓN INFERIOR = PIE (RÓTULA)



# Dimensionado de Columnas a Esfuerzos Combinados

## Flexión + Compresión o Tracción

### RESUMEN COLUMNA C1. SECCIÓN INFERIOR = PIE (RÓTULA)

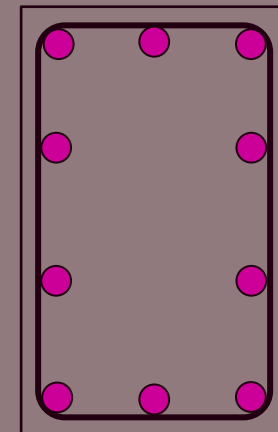
H-25	f'c =	25 MPa	fy =	420 MPa	
$\gamma =$	0,9		Diagrama	II-10	
b =	200 mm		h =	350 mm	
Combinación	<b>Columna C1</b>				
	Sección inferior = pie				
	<b>Mu</b>	<b>Pu</b>	<b>mu</b>	<b>pu</b>	<b>Cuantía</b>
	[tm]	[t]	[MPa]	[MPa]	$\rho$
	<b>C1</b>	0,61	16,90	0,25	2,41
<b>C2</b>	15,92	23,73	6,50	3,39	
<b>C3</b>	15,17	29,53	6,19	4,22	
<b>C4</b>	15,28	32,60	6,24	4,66	
<b>C5</b>	15,81	47,29	6,45	6,76	

### Para practicar:

1. Determine la cuantía de cada combinación.
2. Calcule la armadura total
3. Proponga una forma de armado
4. ¿Qué le agregaría al detalle de armado aquí presentado?

**Tips:**

Use la planilla de AA



# Dimensionado de Columnas a Esfuerzos Combinados

## Flexión + Compresión o Tracción

### RESUMEN COLUMNA C2. SECCIÓN INFERIOR = PIE (RÓTULA)

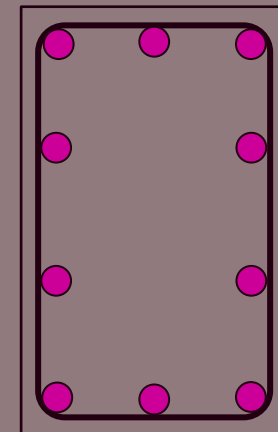
H-25	f'c =	25 MPa	fy =	420 MPa	
$\gamma =$	0,9		Diagrama	II-10	
b =	200 mm		h =	350 mm	
Combinación	<b>Columna C2</b>				
	Sección inferior = pie				
	<b>Mu</b>	<b>Pu</b>	<b>mu</b>	<b>pu</b>	<b>Cuantía</b>
	[tm]	[t]	[MPa]	[MPa]	$\rho$
	<b>C1</b>	0,42	55,09	0,17	7,87
<b>C2</b>	17,28	30,46	7,05	4,35	
<b>C3</b>	16,75	44,48	6,84	6,35	
<b>C4</b>	16,82	34,47	6,87	4,92	
<b>C5</b>	17,20	13,43	7,02	1,92	

Para practicar:

1. Determine la cuantía de cada combinación.
2. Calcule la armadura total
3. Proponga una forma de armado
4. ¿Qué le agregaría al detalle de armado aquí presentado?

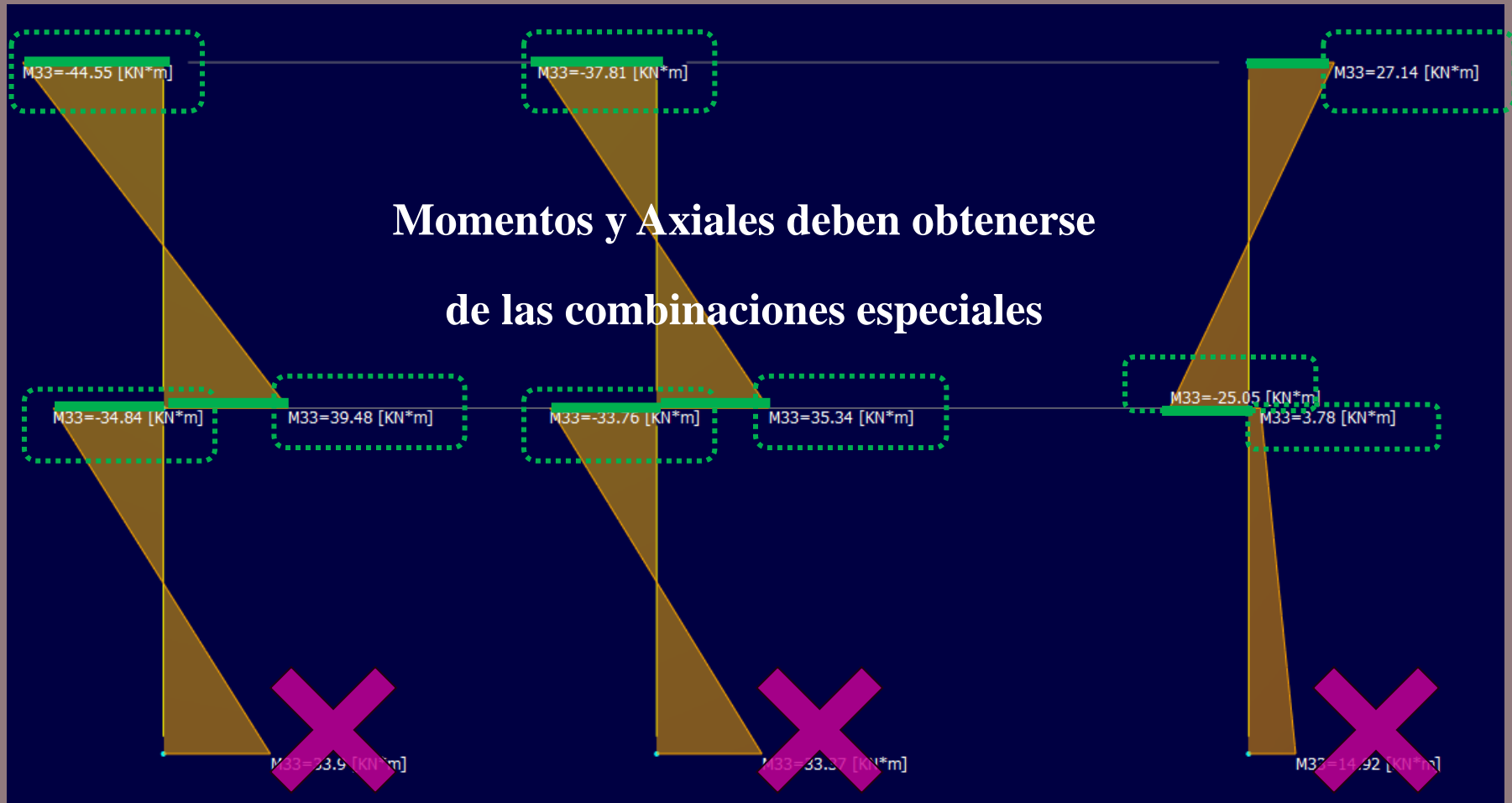
Tips:

Use la planilla de AA



# Dimensionar resto de elementos (Diseño por Capacidad).

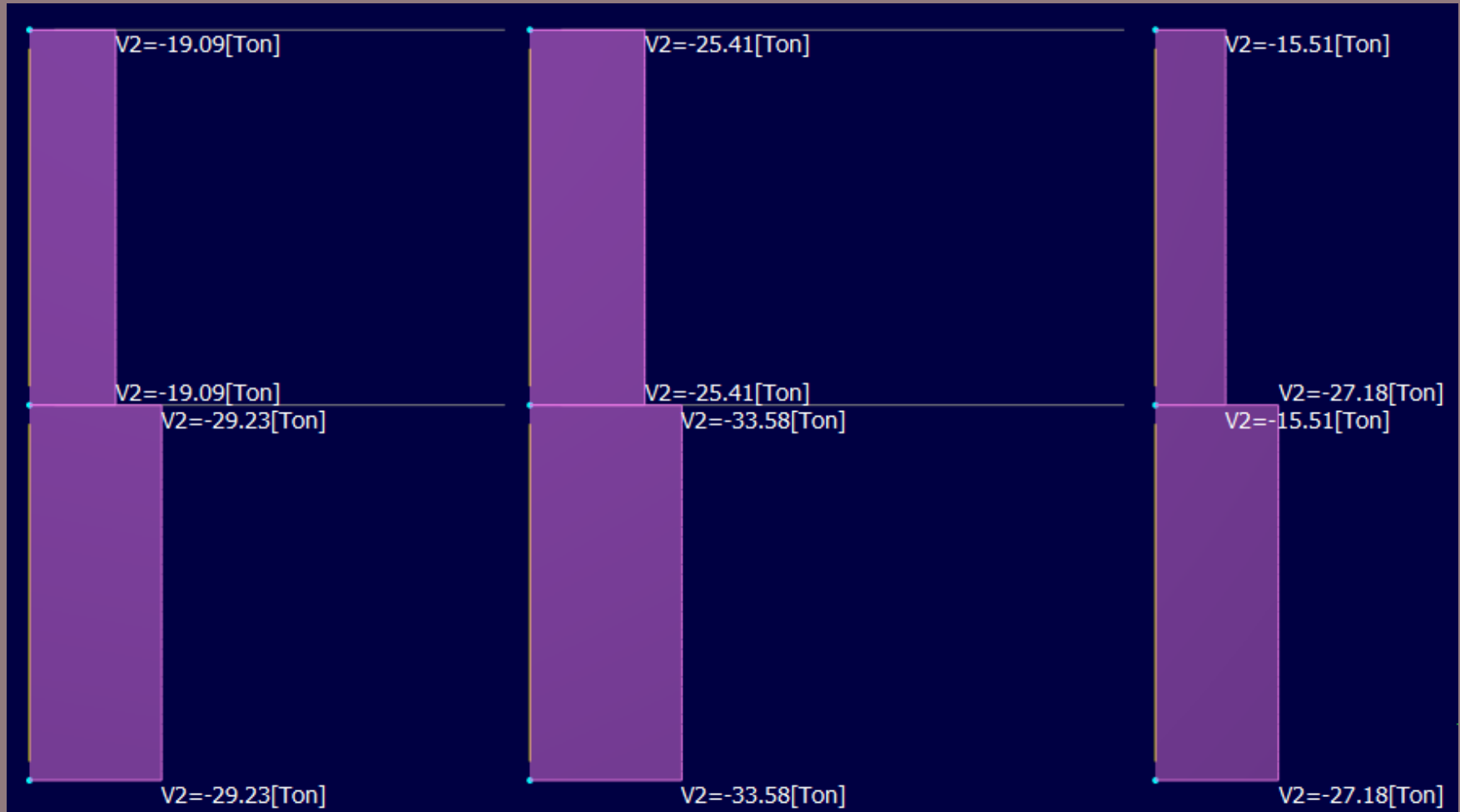
Usar combinaciones **especiales** del Reglamento (Solicitaciones mayoradas por  $\Omega_0$ )



## Dimensionar y proteger ZdD (Corte).

Usar combinaciones especiales del Reglamento (Solicitaciones mayoradas por  $\Omega_0$ )

1) Corte = Combinaciones Especiales. Por ejemplo  $1,2D + 0,25L - 3,0E$



Corte



**FIN**

**DISEÑO DE PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO  
DISEÑO POR CAPACIDAD**

Ing E. Daniel Quiroga