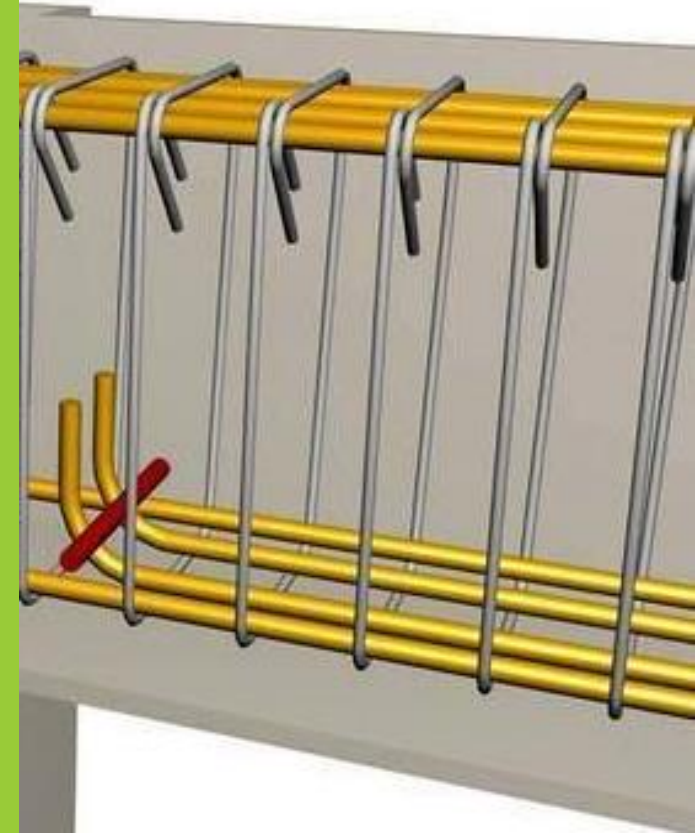


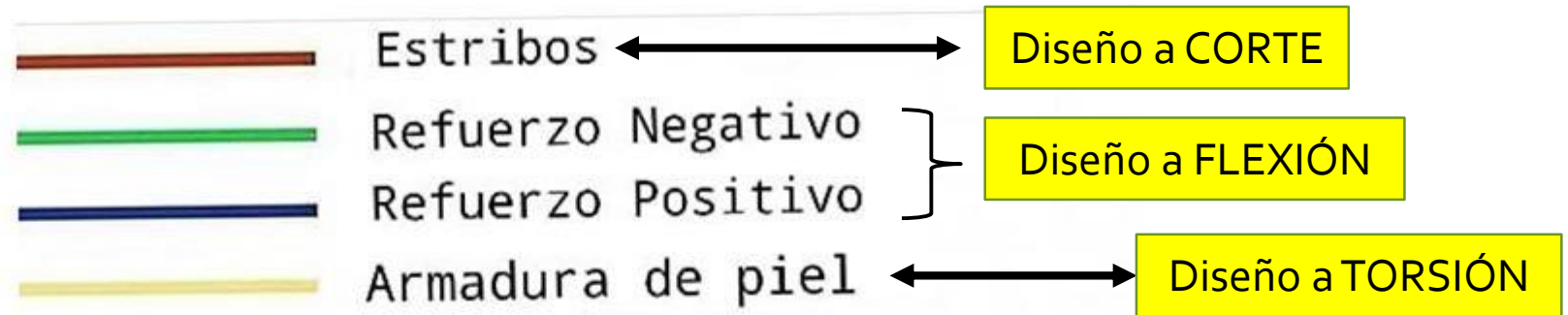
DISEÑO A CORTE EN VIGAS

REFUERZO TRANSVERSAL (ESTRIBOS)

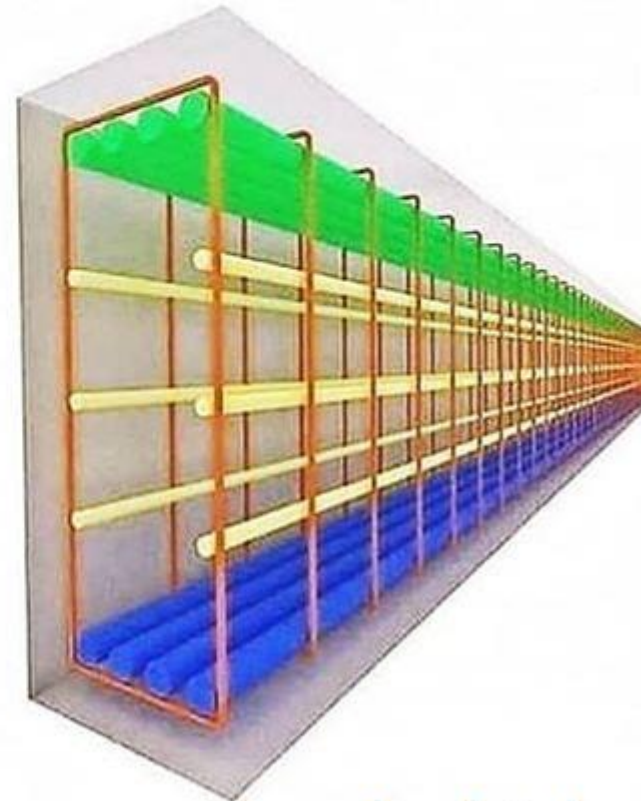
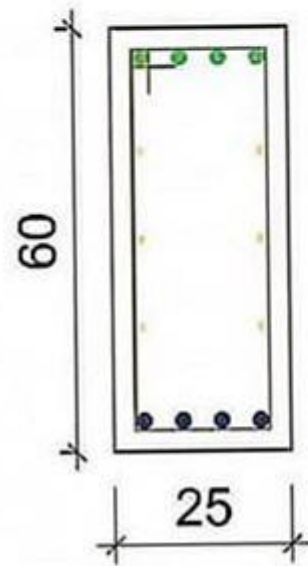


ARMADO EN VIGAS

de concreto
reforzado



SECCIÓN 60X25 CM



@ingcalculistaleon

Teoría de Flexión

Falla dúctil en viga simple de concreto pretensado ensayada a flexión en la Universidad de Toronto en junio de 2014.



FALLA EN VIGAS



- Fisuras verticales (a 90 grados)
- Fisuras al centro de los claros de la luz
- Se atribuyen a problemas en el diseño a flexión (Acero longitudinal)

FALLA EN VIGAS



- Fisuras inclinadas (a 45 grados)
- Fisuras en zonas cercanas a los apoyos
- Se atribuyen a problemas en el diseño a corte (Acero transversal)



FALLAS POR FLEXIÓN Y CORTANTE

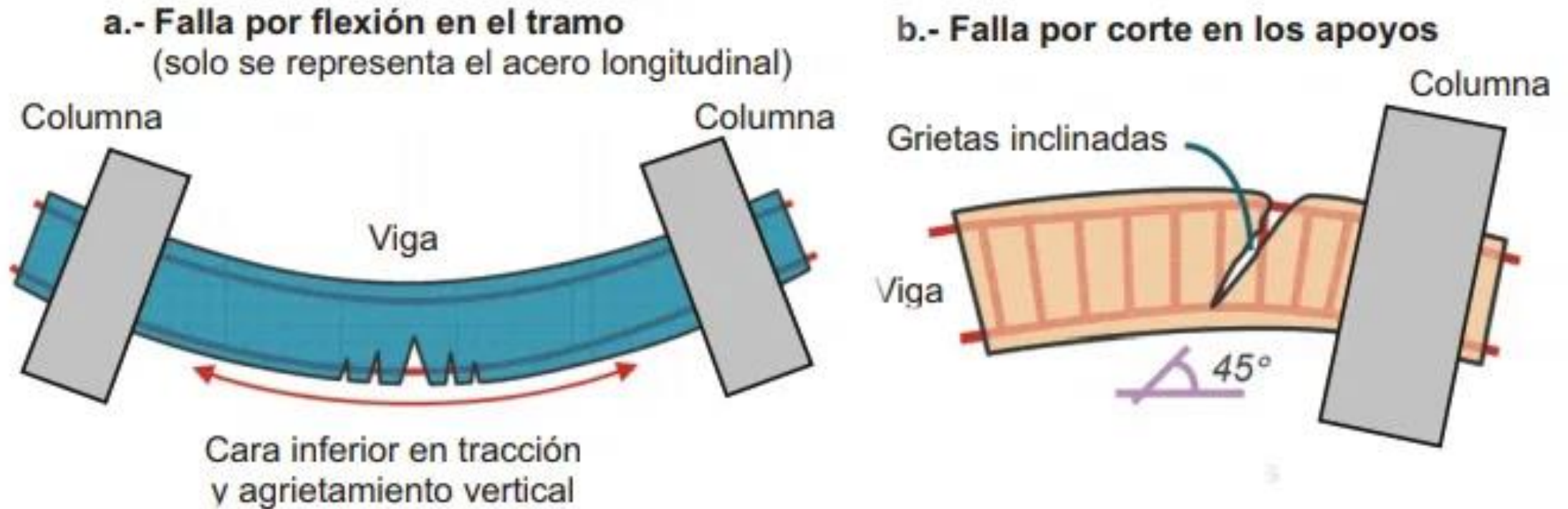
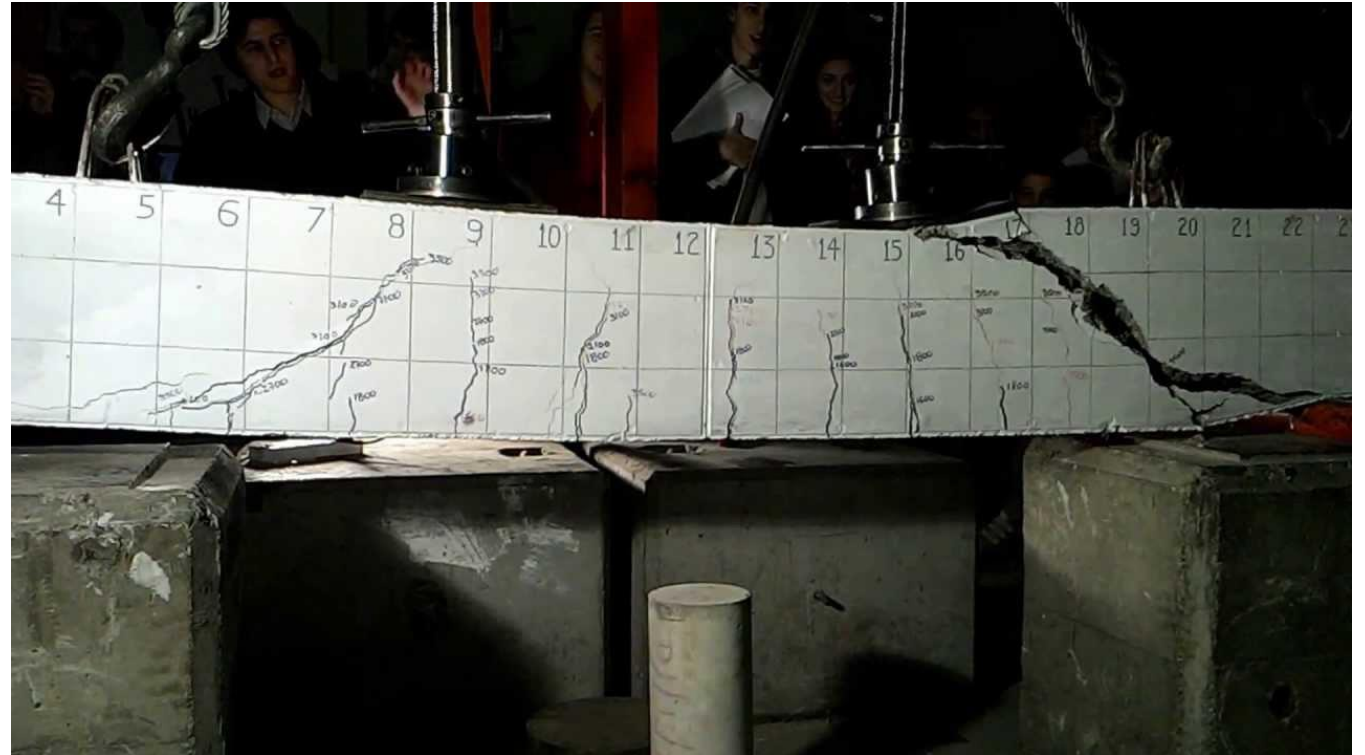
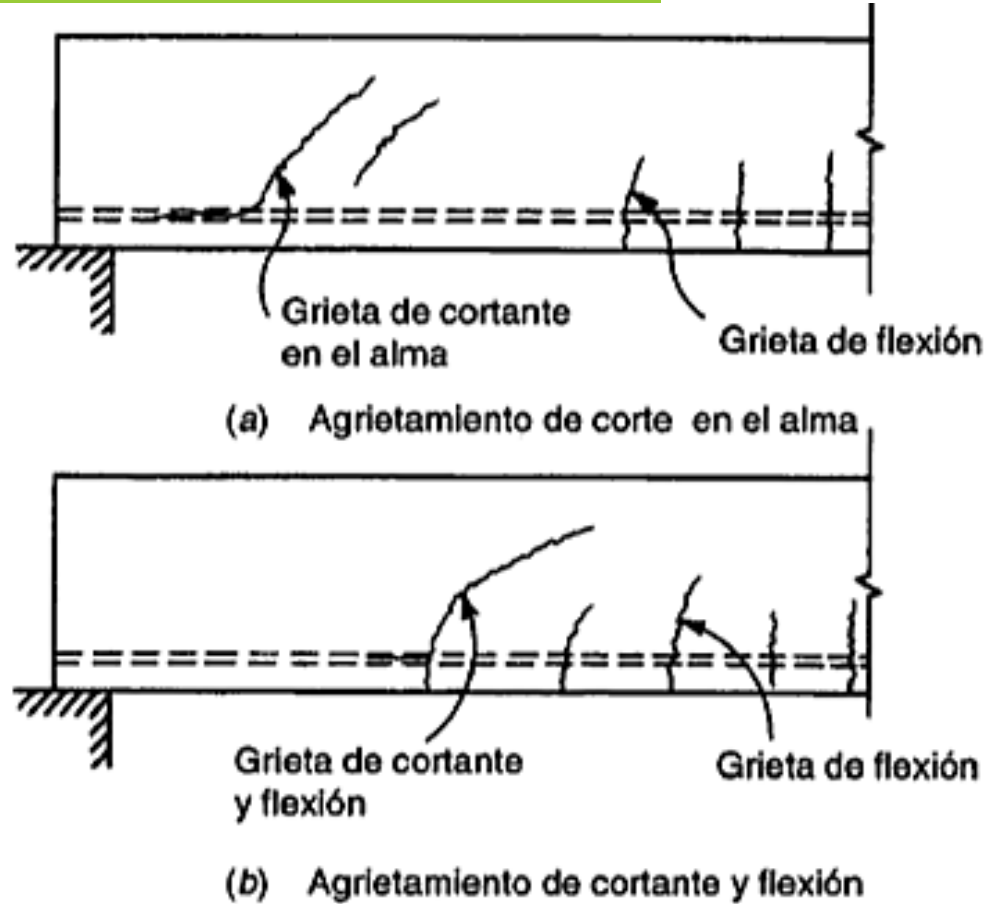
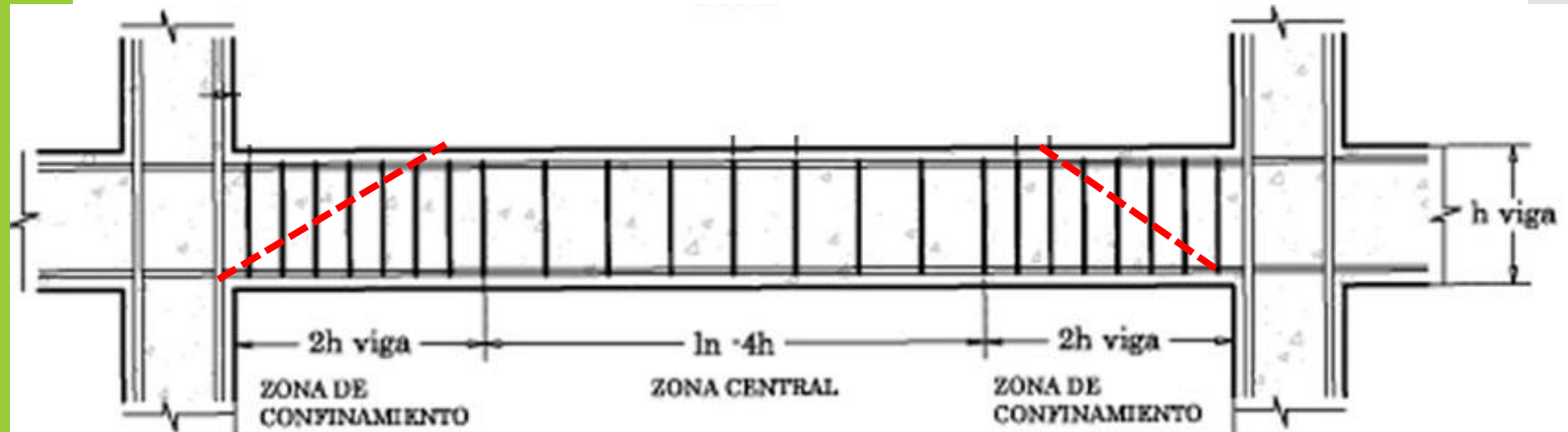


Fig. N° 1 Modos potenciales de falla de vigas de concreto [IIT- MTPC, Earthquakes Tips, New Delhi]

FALLAS POR FLEXIÓN Y CORTANTE

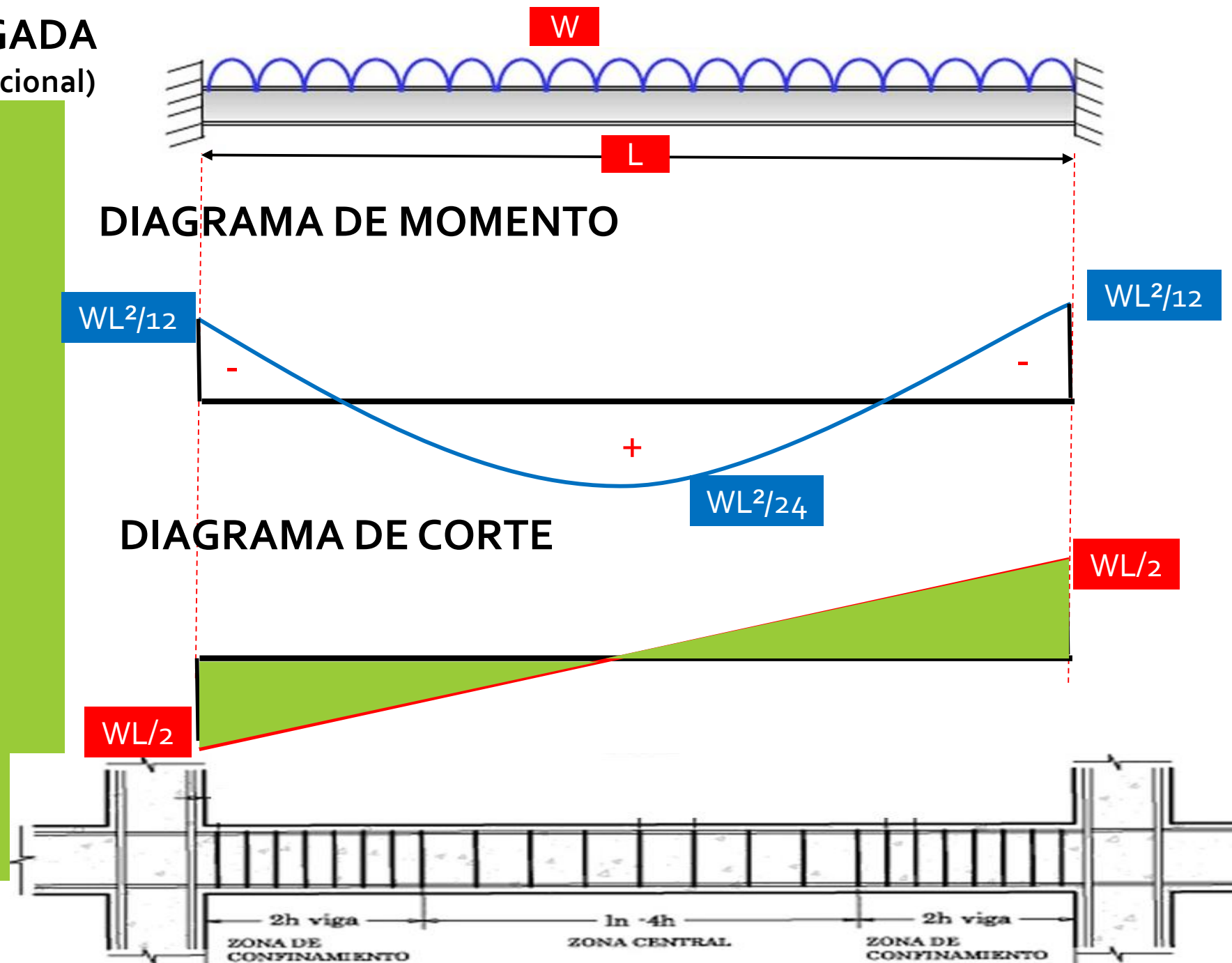


REFUERZO A CORTANTE



VIGA CARGADA (efecto gravitacional)

DISEÑO DE REFUERZO A CORTANTE



Por modelo matemático

Calculo de refuerzo

- Resistencia nominal a corte del concreto para vigas:

$$V_c = 0.53 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b * d \quad 22.5.5.1 \text{ ACI 318-19}$$

Donde:

$\lambda =$	1	por $W_c = 2400 \text{ kg/m}^3$
-------------	---	---------------------------------

- Resistencia ultima a corte del concreto para vigas:

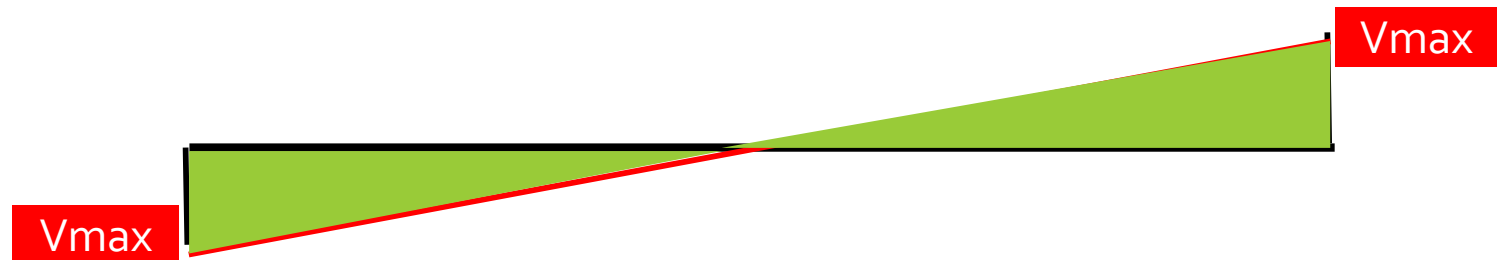
$$\phi V_{\max} = \phi * (V_c + 2.2 \sqrt{f'_c} * b * d) \quad 22.5.1.2 \text{ ACI 318-19}$$

ϕ = factor de reducción de capacidad por cortante

$\phi = 0.75$ (Gravitacionales)

$\phi = 0.60$ zona sísmica

- Cortante actuante máximo = V_{\max} (obtenido de diagrama de corte ultimo)



Chequeo de sección por corte

$$V_u > \phi V_{cmax}$$

Sección muy pequeña para resistir la fuerza cortante
última

$$V_u < \phi V_c / 2$$

Sección muy grande para soportar la fuerza cortante



Calculo de refuerzo

- CHEQUEO:

$$V_u < \phi V_{cmax}$$

Calculo de estribos:

9.6.3 ACI 318-19

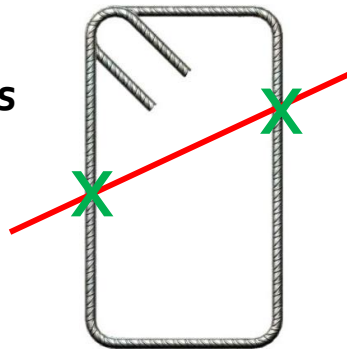
Si $\phi V_c/2 < V_u < \phi V_c \rightarrow$ Colocar A_{vmin} ó Estribo No. 3 @ $d/2$

$V_u > \phi V_c \rightarrow$ Se diseñan estribos

- Área de varilla (A_v):

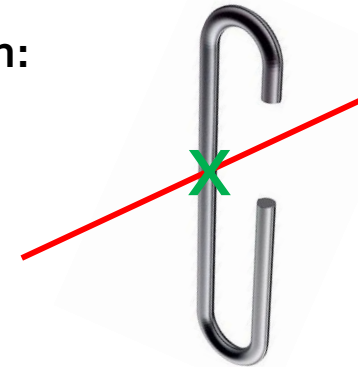
Estribos:

$$A_v = 2A_s$$



Eslabón:

$$A_v = A_s$$



Calculo de refuerzo

- Resistencia nominal del acero de refuerzo

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \quad (22.5.8.5.3)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (22.5.1.1)$$

$$V_u \leq \phi V_n = \phi V_c + \phi V_s = V_u$$

De ecuación anterior, despejando para separación "S":

$$S = \frac{A_v F_{yt} d}{V_s} \quad \longrightarrow \quad V_s = \frac{(V_u - \phi * V_c)}{\phi}$$

- Confinamiento de estribos:

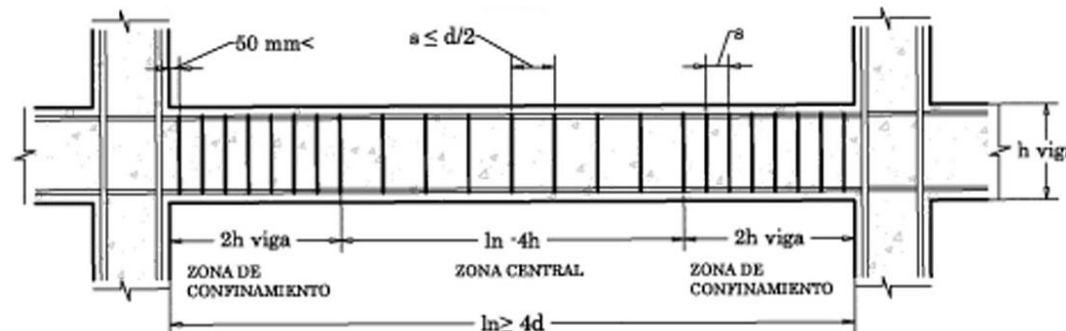
Longitud de confinamiento $L = 2h$

18.6.3.3 ACI 318-19

Separación de estribos (S_1)
En zona confinada 18.6.4.4

- * $d/4$
- * $6\phi_{min}$ (Acero grado 60°)
- * 15 cm

Menor varilla longitudinal



Separación máxima de estribos, en zona no confinada 18.6.4.6

$$S_{max} = d/2$$

Calculo de refuerzo

- Área mínima de varilla (A_{vmin})

$$A_{v,min} \geq 0.2 \sqrt{f_c'} \frac{b_w s}{f_{yt}}$$

$$A_{v,min} \geq 3.5 \frac{b_w s}{f_{yt}}$$

Chequeo:

$$A_v > A_{vmin}$$

- Separación mínima de estribos:

$$S_{min} = (4/3) * d_{\text{diámetro de agregado grueso}}, 3 \text{ cm o } db_{\text{mayor}}$$

Empalmes por traslape

18.6.3.3 Lap splices of deformed longitudinal reinforcement shall be permitted if hoop or spiral reinforcement is provided over the lap length. Spacing of the transverse reinforcement enclosing the lap-spliced bars shall not exceed the lesser of $d/4$ and 4 in. Lap splices shall not be used in locations (a) through (c):

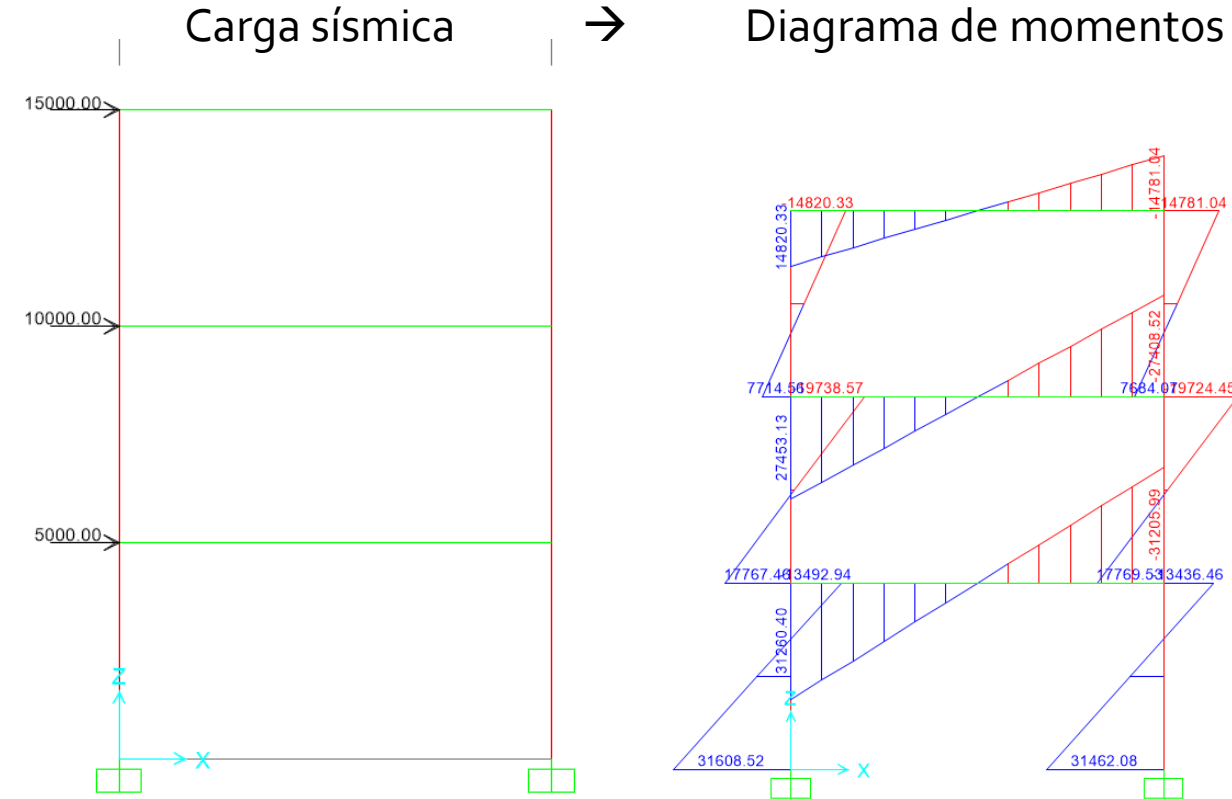
- (a) Within the joints
- (b) Within a distance of twice the beam depth from the face of the joint
- (c) Within a distance of twice the beam depth from critical sections where flexural yielding is likely to occur as a result of lateral displacements beyond the elastic range of behavior

- Es permitido realizar empalmes por traslape, si se colocan estribos o espirales en toda la longitud del mismo. Con un espaciamiento no mayor a $d/4$ y 4 in.

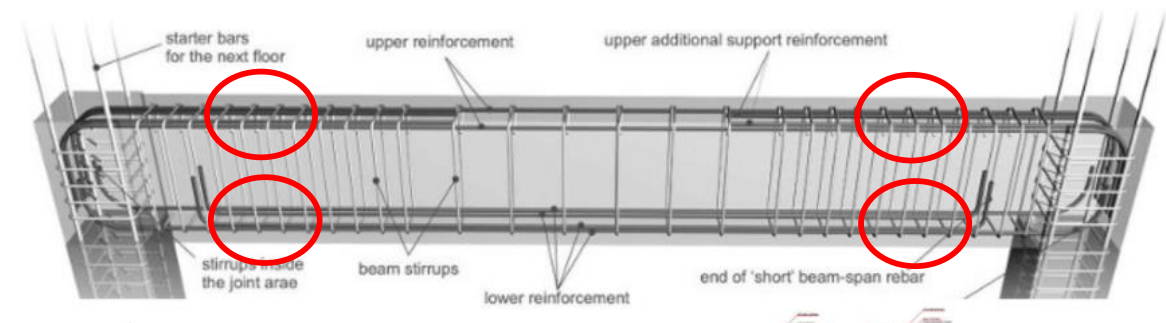
Corte máximo probable en vigas / Analisis por desempeño

Calculo de
refuerzo

Consideraciones
sísmicas



Esos momentos en los extremos, son soportados por los armados de los extremos de la viga.



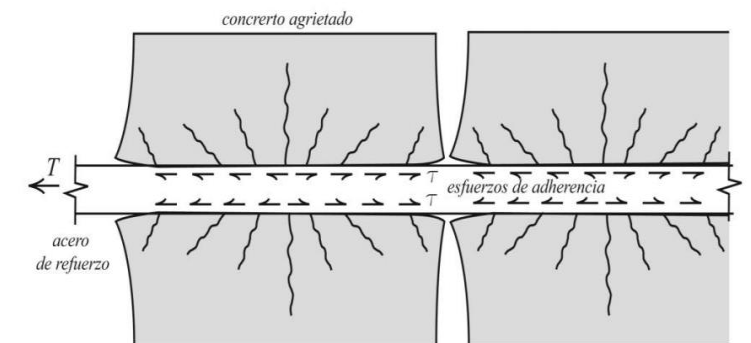
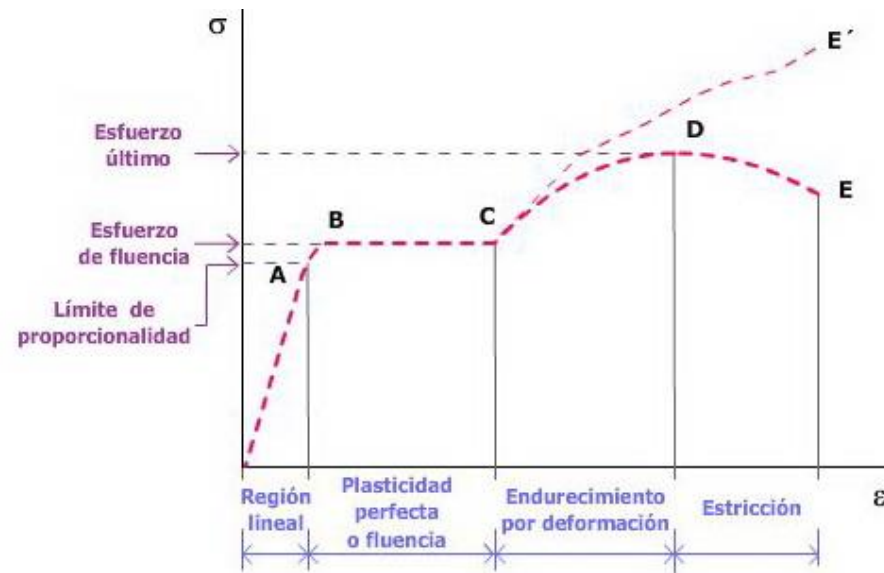
Calculo de refuerzo

Consideraciones sísmicas

El **sismo** prescrito de casi todas las normas a nivel mundial, **es probabilístico**, generado por diferentes sismo máximos de referencia. (podría existir un sismo que superase al de la norma).

¿Cuál es la magnitud del sismo máximo esperado?

Es muy difícil predecir. Existe un factor de seguridad llamado ductilidad. Considerando que **la viga debería de fallar de manera dúctil** a eso le llamamos **rotulación plástica en vigas**.



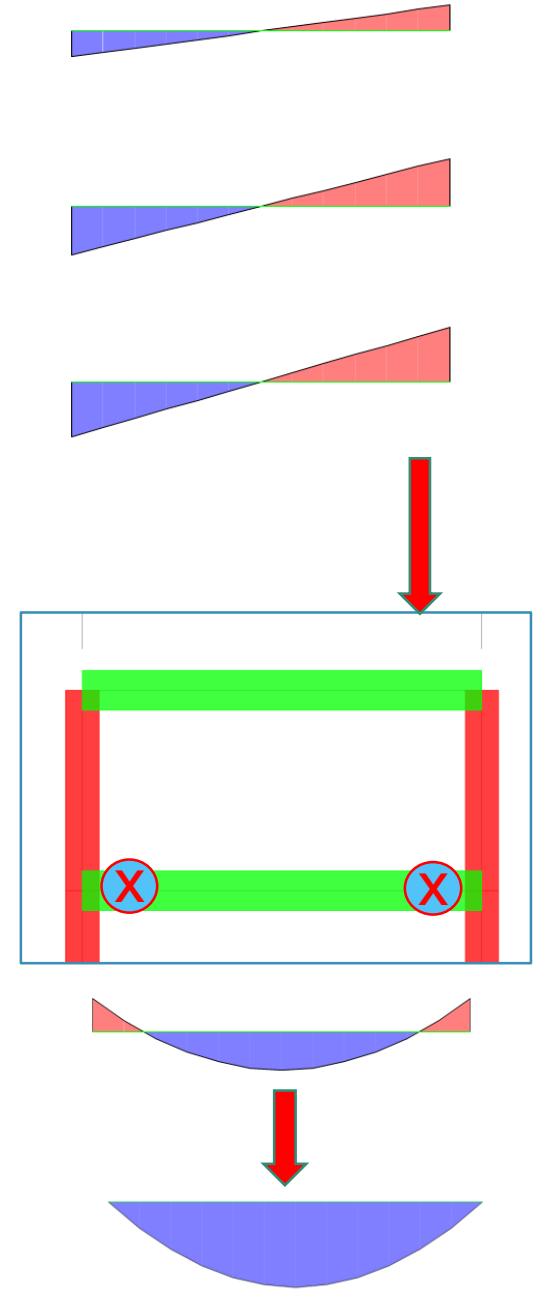
Calculo de refuerzo

Consideraciones sísmicas

El efecto de rotulación en vigas, ocurre porque su cantidad de acero ya no es capaz de resistir tensiones producto de los momentos que se le aplican, en este caso los momentos sísmicos se incrementan por consecuencia del sismo máximo esperado.

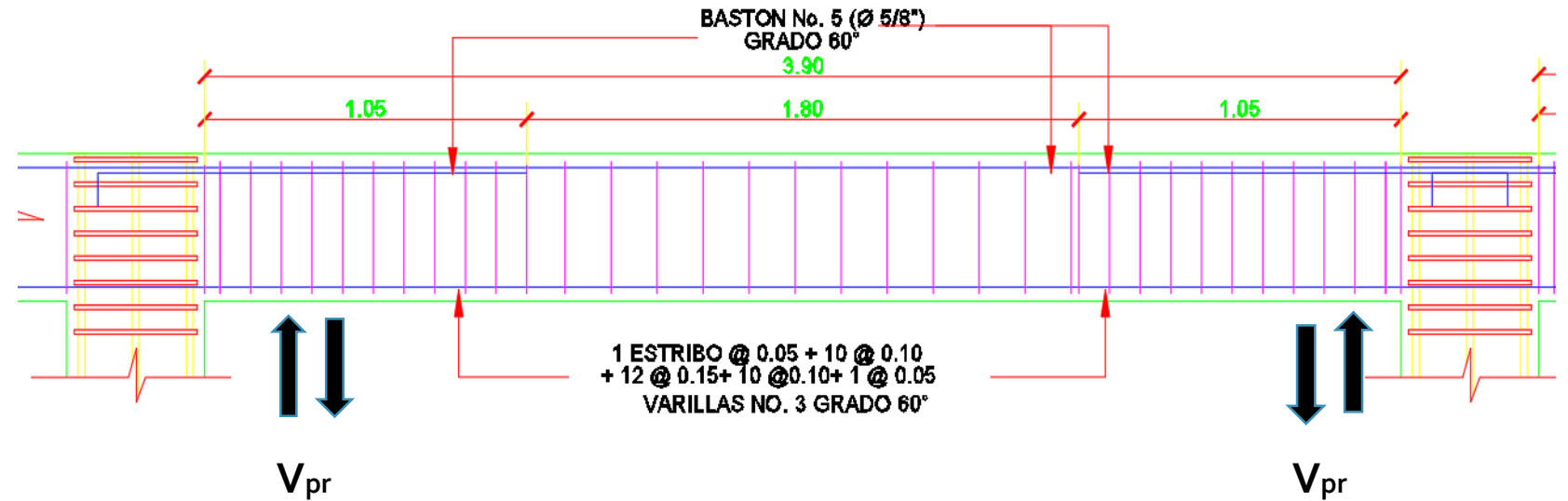
En un marco una articulación plástica ocurriría en los extremos y eso implicaría que ya no transmitiría mas momento.

Una viga bajo este comportamiento pertenece a un sistema estructural dúctil, donde el fusible del sistema son los extremos de la viga.



Corte máximo probable en vigas (V_{pr})

Estas vigas con articulación plástica, previo a rotularse deben soportar un esfuerzo más que es el **corte inducido por su máxima resistencia a momento**.



Calculo de corte probable sísmico

MÁXIMOS MOMENTOS PROBABLES:

Capacidad máxima a momento de las vigas en los extremos. Se calculan con:

$$M_{pr} = A_s * \alpha_y * F_y * \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Y:

$$a = \frac{A_s * \alpha_y * F_y}{0.85 * f'_c * b}$$

Donde:

M_{pr} = máximo momento probable (kg-cm)

A_s = Área de acero de armado (cm²)

F_y = Resistencia de fluencia del acero (kg/cm²)

f'_c = Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm²)

d = Peralte de viga (cm)

b = Base de la viga (cm)

α_y = razón entre esfuerzo de fluencia esperado sobre esfuerzo de fluencia mínimo propuesto por la normativa.

Calculo de corte probable sísmico

Valor de $R_y = \alpha_y$:

TABLE A3.1
 R_y and R_t Values for Steel and
Steel Reinforcement Materials

Application	R_y	R_t
Hot-rolled structural shapes and bars:		
• ASTM A36/A36M	1.5	1.2
• ASTM A1043/1043M Gr. 36 (250)	1.3	1.1
• ASTM A572/572M Gr. 50 (345) or 55 (380), ASTM A913/A913M Gr. 50 (345), 60 (415), or 65 (450), ASTM A588/A588M, ASTM A992/A992M	1.1	1.1
• ASTM A1043/A1043M Gr. 50 (345)	1.2	1.1
• ASTM A529 Gr. 50 (345)	1.2	1.2
• ASTM A529 Gr. 55 (380)	1.1	1.2
Hollow structural sections (HSS):		
• ASTM A500/A500M (Gr. B or C), ASTM A501	1.4	1.3
Pipe:		
• ASTM A53/A53M	1.6	1.2
Plates, Strips and Sheets:		
• ASTM A36/A36M	1.3	1.2
• ASTM A1043/1043M Gr. 36 (250)	1.3	1.1
• A1011/A1011M HSLAS Gr. 55 (380)	1.1	1.1
• ASTM A572/A572M Gr. 42 (290)	1.3	1.0
• ASTM A572/A572M Gr. 50 (345), Gr. 55 (380), ASTM A588/A588M	1.1	1.2
• ASTM 1043/1043M Gr. 50 (345)	1.2	1.1
Steel Reinforcement:		
• ASTM A615, ASTM A706	1.25	1.25

Ensayo de barras de acero

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

BARRAS DE ACERO PARA REFUERZO DE CONCRETO

2. CALCULOS COMPLEMENTARIOS

PESO kg/m	DIAMETRO* mm	PERIMETRO* mm	AREA* cm ²	ESPAC. LONG. mm	ANCHO RIBETE mm	ALTURA mm
0.551	9.46	29.72	0.70	10.00	2.66	0.60
0.56	9.5	29.9	0.71	6.7	3.6	0.38
NOMINAL	NOMINAL	NOMINAL	NOMINAL	MÁXIMO	MÁXIMO	MÍNIMO

* Datos calculados sobre el peso por unidad de longitud.

Observación: se acepta una tolerancia de 6% por debajo de la masa unitaria nominal de la barra

3. RESULTADOS DEL ENSAYO

ESFUERZOS A TENSION MPa		ALARGAMIENTO %
FLUENCIA	MÁXIMO	20 cms
467	691	15
414**	620**	9**

** Especificaciones del Acero

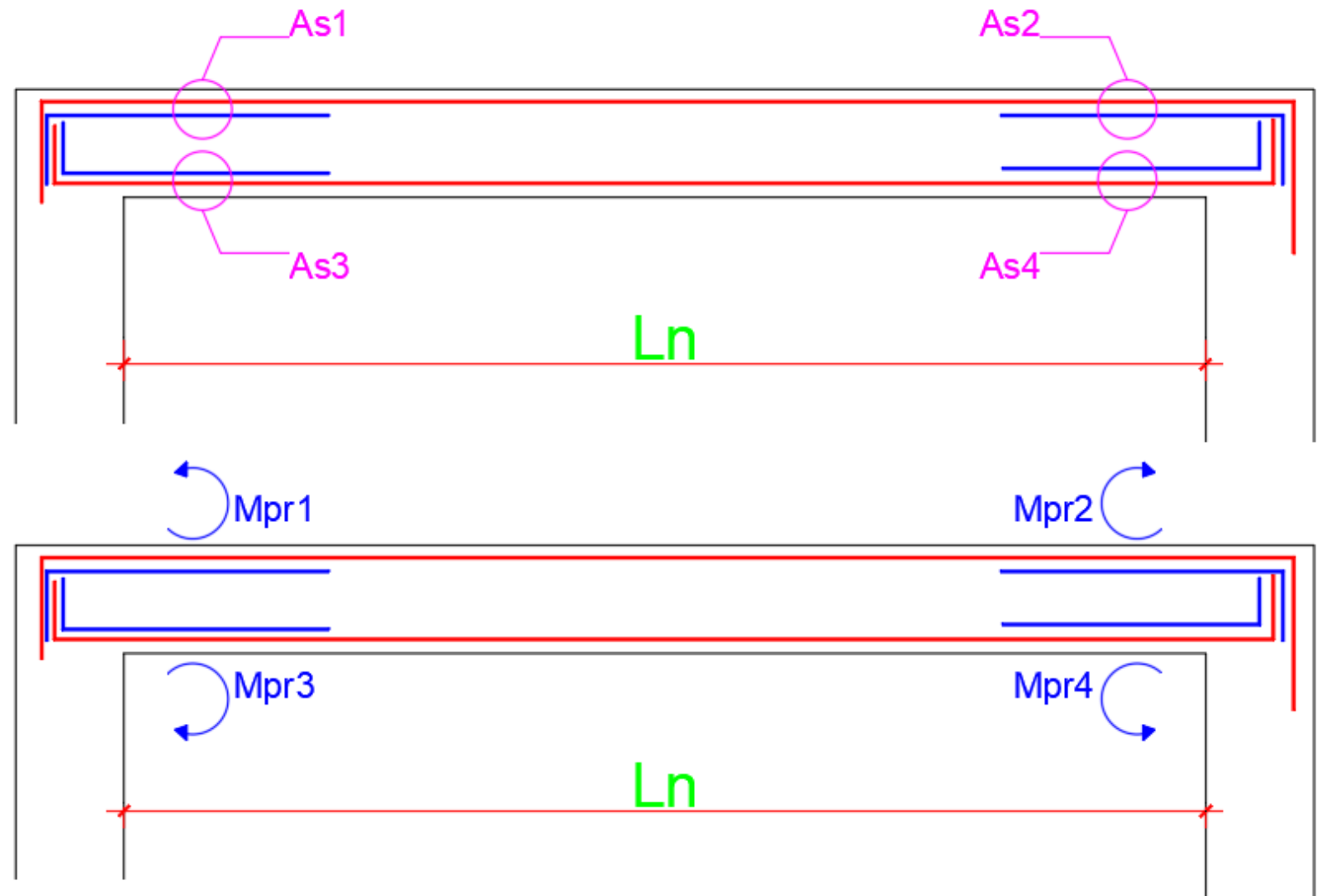


CENTRO INTEGRAL DE CALIDAD SIDEQUA
 LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS DE PLANTA SIDEQUA LAMINACIÓN
 Km. 65.5 carretera Masagua Escuintla, Guatemala, Centro América
 PBX (502) 7740 1200 FAX (502) 7740 1229
 e-mail: jchang@acerosdeguatemala.com

IDENTIFICACIÓN						DIMENSIONES						RESULTADOS DE ENSAYOS MECÁNICOS				
Ensayo No.	Fecha Ensayo	Var. No.	No. Colada	Fecha Muestra	Long. varilla (m)	Peso, lb/pie (Kg/m)	Diámetro real, plg (mm)	Corrugaciones, plg (mm)			Límite de Fluencia psi (MPa) (half of force method)	Resistencia a la Tensión psi (MPa)	Elongación en 8 plg (%)			
								Espaciamiento	Altura	Ancho de Ribete						
Planta Producción SIDEQUA B																
31584	03/09/2013	8	67910	03/09/2013	09:10	6 2.62650 (3.9087)	.9913 (25.179)	.4760 (12.090)	.0780 (1.9812)	X	.1500 (3.8100)	.64935 (448)	.96129 (663)	14.12		
31585	03/09/2013	8	67910	03/09/2013	09:20	6 2.62670 (3.9090)	.9913 (25.179)	.4760 (12.090)	.0780 (1.9304)	X	.1520 (3.8608)	.66317 (450)	.95798 (660)	14.48		
31586	03/09/2013	8	67910	03/09/2013	09:40	6 2.63140 (3.9160)	.9922 (25.202)	.4760 (12.090)	.0780 (1.9812)	X	.1490 (3.7846)	.66119 (456)	.95671 (660)	14.94		
32940	24/10/2013	3	68253	23/10/2013	18:20	6 .36470 (.5427)	.3690 (9.373)	.1960 (4.978)	.0240 (.6095)	X	.0900 (2.2860)	.65399 (451)	.94928 (654)	15.40		
32941	24/10/2013	3	68253	23/10/2013	18:40	6 .36570 (.5442)	.3700 (9.398)	.1960 (4.978)	.0230 (.5842)	X	.0920 (2.3368)	.66576 (459)	.95652 (659)	14.46		
32942	24/10/2013	3	68253	23/10/2013	19:00	6 .36470 (.5427)	.3690 (9.373)	.1960 (4.978)	.0200 (.5080)	X	.0860 (2.1844)	.65761 (453)	.95471 (656)	13.49		
33304	29/10/2013	4	68264	29/10/2013	09:30	6 .65480 (.9745)	.4950 (12.573)	.2340 (5.944)	.0330 (.8362)	X	.0940 (2.3876)	.65767 (453)	.96994 (669)	14.36		

Calculo de corte probable sísmico

Tomando en cuenta lo anterior puede definirse el siguiente equilibrio:



Diagramas de momento:

Calculo de corte probable sísmico

DIAGRAMA DE MOMENTO POR CARGA GRAVITACIONAL

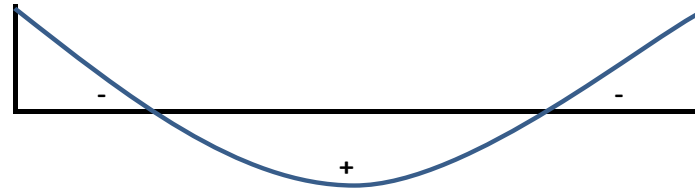
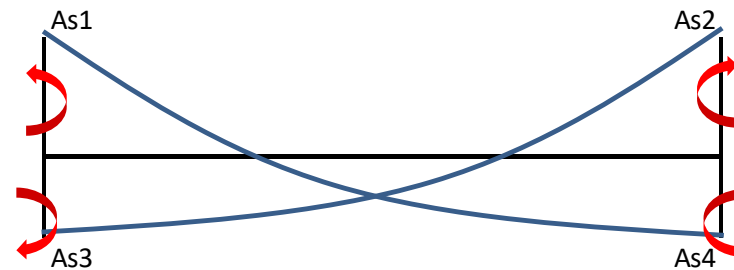
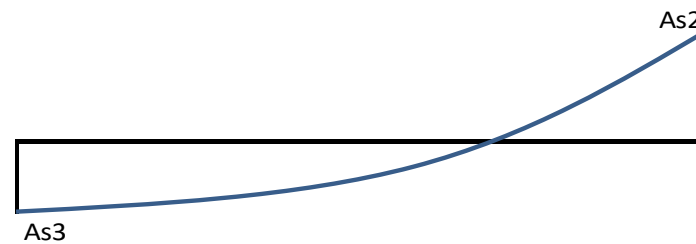
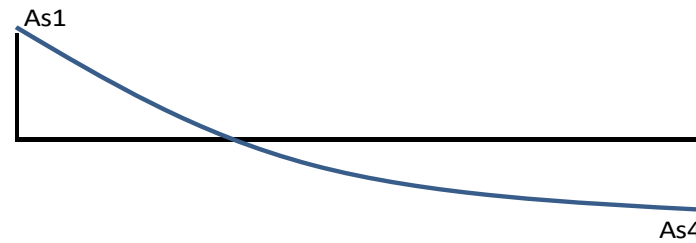
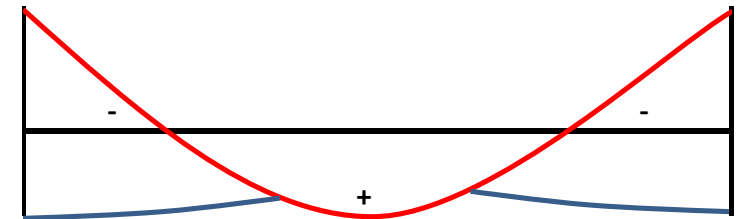
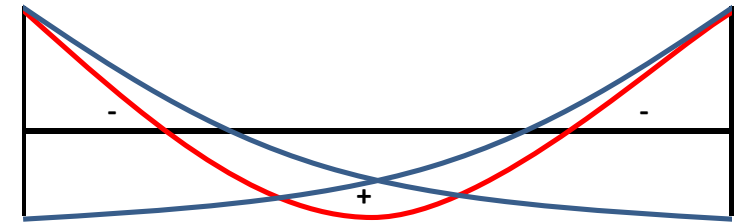
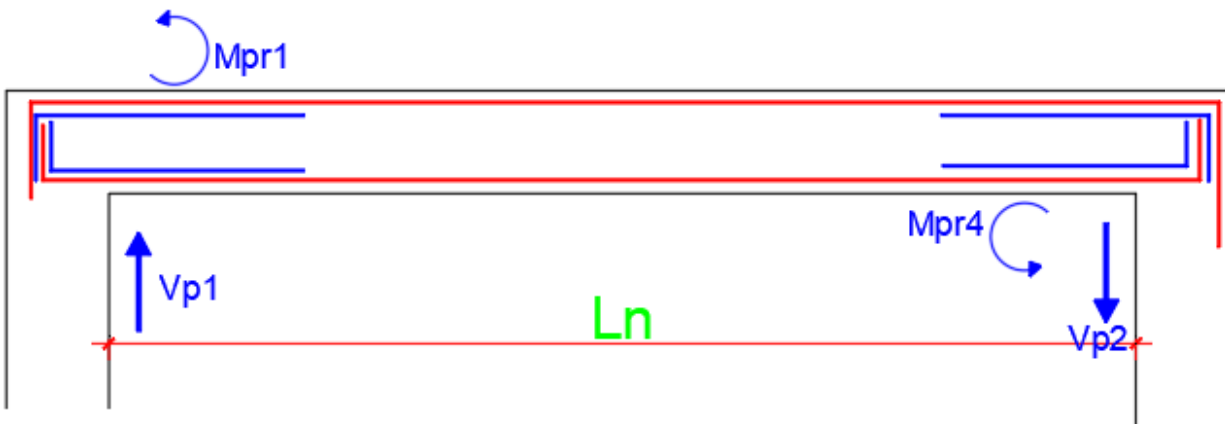
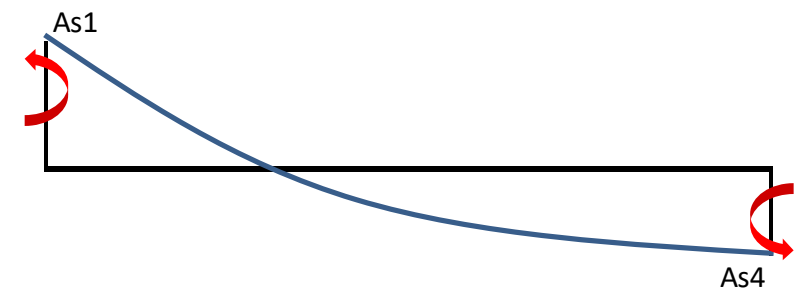


DIAGRAMA DE MOMENTO POR CARGA SISMICA



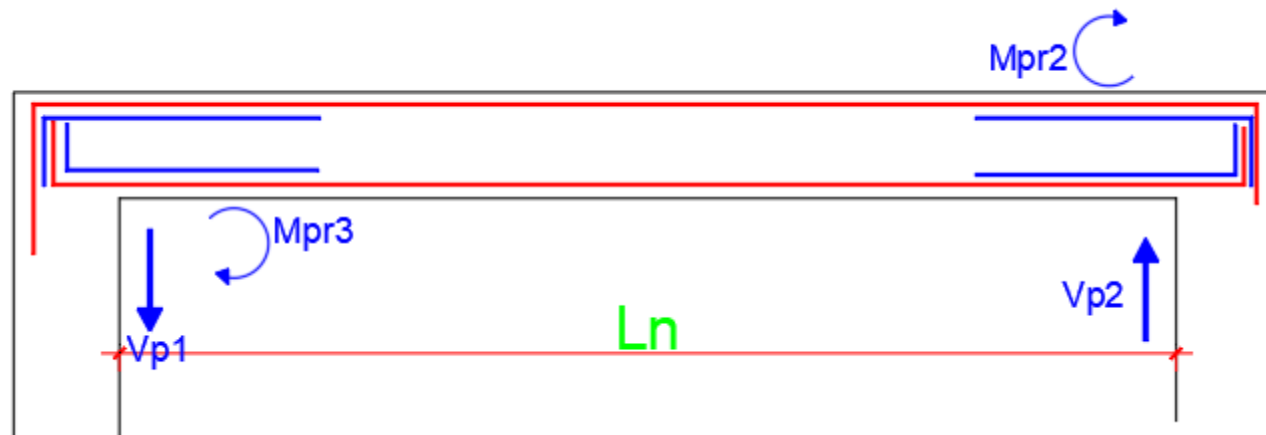
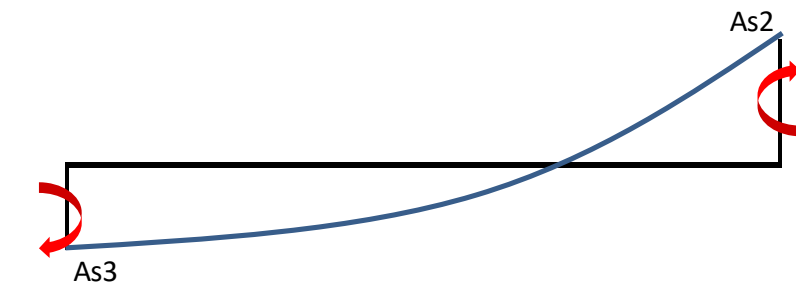
Carga gravitacional+sismo





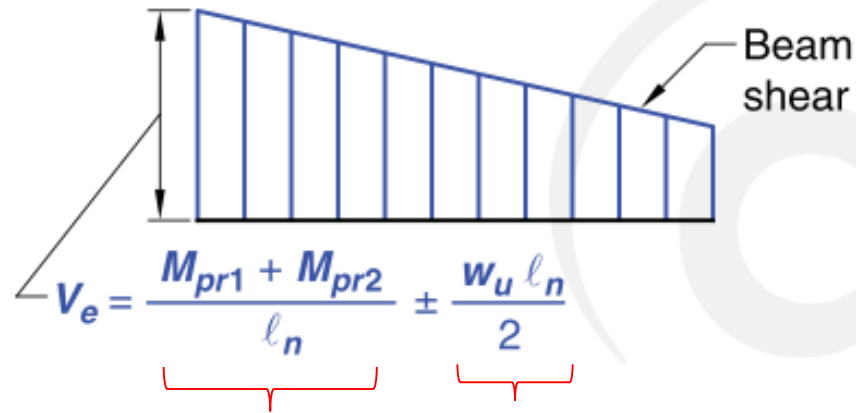
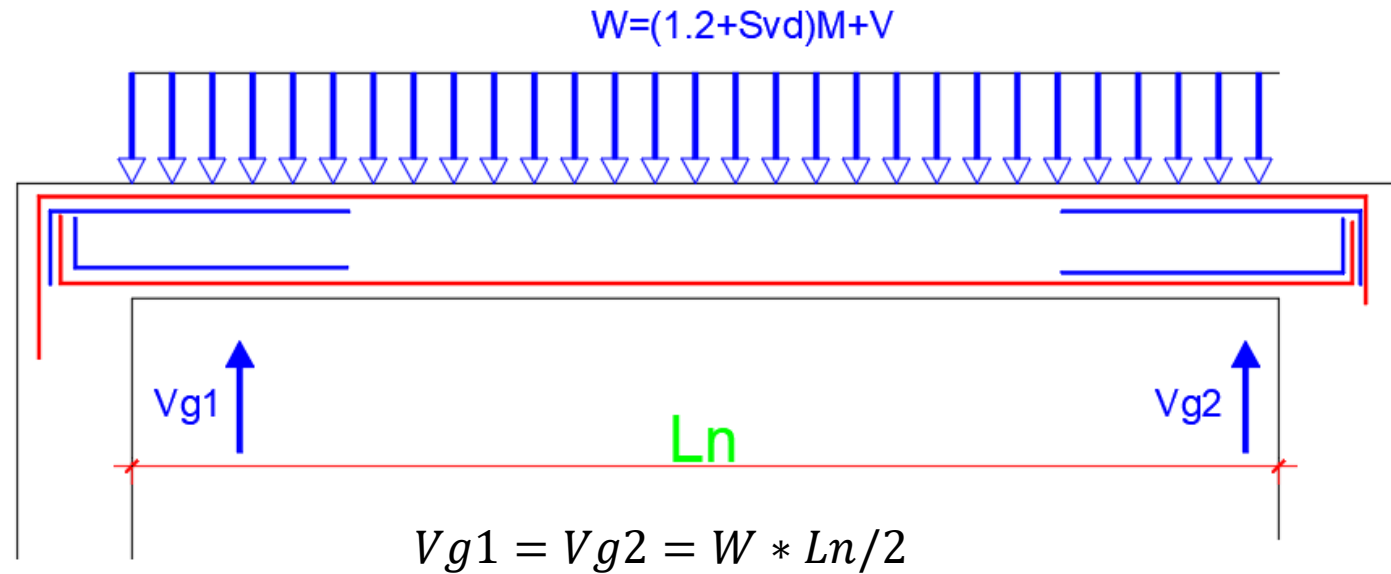
$$+\sum M_{der} = 0 \rightarrow Mpr1 + Mpr4 - Vp1 * Ln = 0$$

$$Vp1 = Vp2 = \frac{Mpr1 + Mpr4}{Ln}$$



$$Vp1 = Vp2 = \frac{Mpr2 + Mpr3}{Ln}$$

Calculo de corte probable gravitacional



$$V_e = V_p + V_g$$

S_{vd} = componente de sismo vertical = 0.20 S_{cd}

M = carga muerta lineal

V = carga viva lineal

V_e = corte probable total

V_p = corte probable sismico

V_g = corte probable gravitacional

Calculo de refuerzo

Tomando en cuenta las formulas anterior se tiene que:

$$V_s \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (22.5.8.1)$$

Donde el valor de $\phi=0.60$ $V_u = V_{\max} = V_e = \text{corte acutante maximo ultimo}$

21.2.4.1 For any member designed to resist E , ϕ for shear shall be 0.60 if the nominal shear strength of the member is less than the shear corresponding to the development of the nominal moment strength of the member. The nominal moment strength shall be the maximum value calculated considering factored axial loads from load combinations that include E .

Calculo de refuerzo

Se debe de omitir la resistencia del concreto $V_c=0$ para el calculo de refuerzo de vigas si:

a) $V_p > 0.5 * V_e$ (si se, cumple $V_c = 0$, si no se cumple considera V_c)

b) $P_u < A_g * f'_c / 20$

(Considerar carga axial $P_u = 0$ en la viga)

18.6.5.2 *Transverse reinforcement*

Transverse reinforcement over the lengths identified in 18.6.4.1 shall be designed to resist shear assuming $V_c = 0$ when both (a) and (b) occur:

(a) The earthquake-induced shear force calculated in accordance with 18.6.5.1 represents at least one-half of the maximum required shear strength within those lengths.

(b) The factored axial compressive force P_u including earthquake effects is less than $A_g f'_c / 20$.