

DISEÑO ESTRUCTURAL I

ACCIONES Y DIMENSIONAMIENTO



Resolución

EASIN Lautaro - Ayudante Ad-honorem

GASCON Leandro - Ayudante Ad-honorem

CÁTEDRA: Diseño Estructural I

Titular: Ing. TOTTER, Eduardo

JTP: Ing. TORRISI, Gonzalo

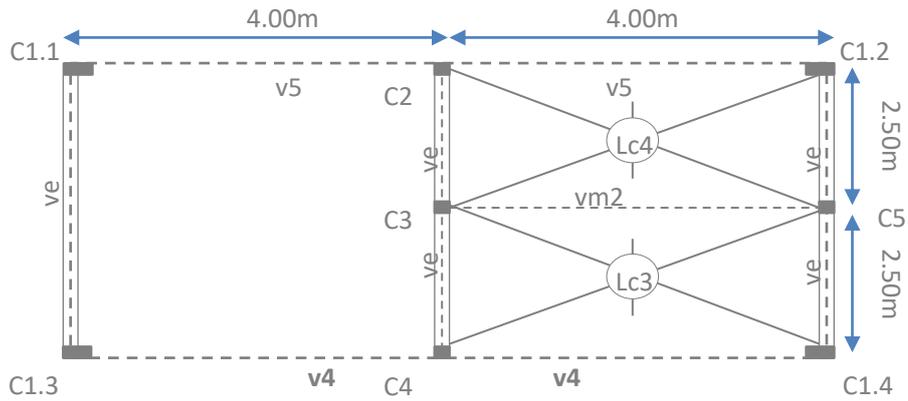
Problemas de Aplicación:

- 1) Defina los materiales a utilizar en el dimensionamiento de la estructura de acero, indicando todas sus características
- 2) Defina los materiales a utilizar en el dimensionamiento de las estructuras de Hormigón Armado indicando todas sus características
- 3) Desarrolle análisis de cargas completo de: LC1;LC2;LC3;4
- 4) Pre dimensione los tipos estructurales: vm1, v2,v3 y c1
- 5) Complete la siguiente tabla:

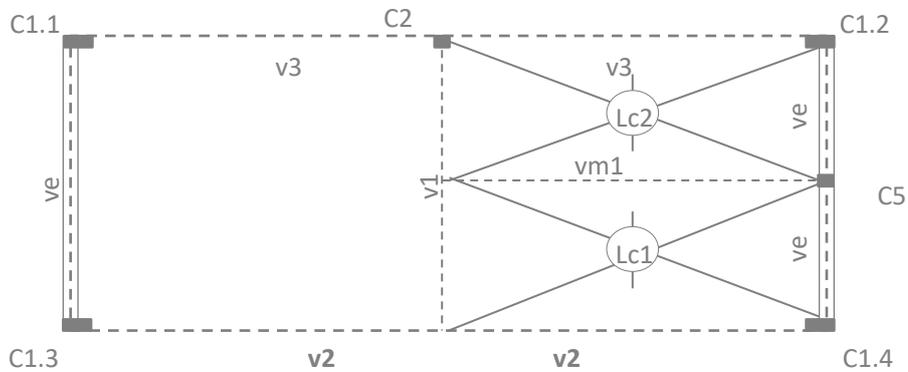
Carga Puntual	Carga Lineal	Carga Superficial	Observaciones
			Acción LC1 y LC2 sobre vm1
			Acción Muro mamposteria e:20cm sobre v2
			Acción vm1 sobre v2
			Acción de v2 sobre v3
			Acción v3 sobre c1
			Acción c1 sobre bf1

- 6) Dimensione en Acero la viga vm1
- 7) Dimensione en Hormigón Armado la viga vm1

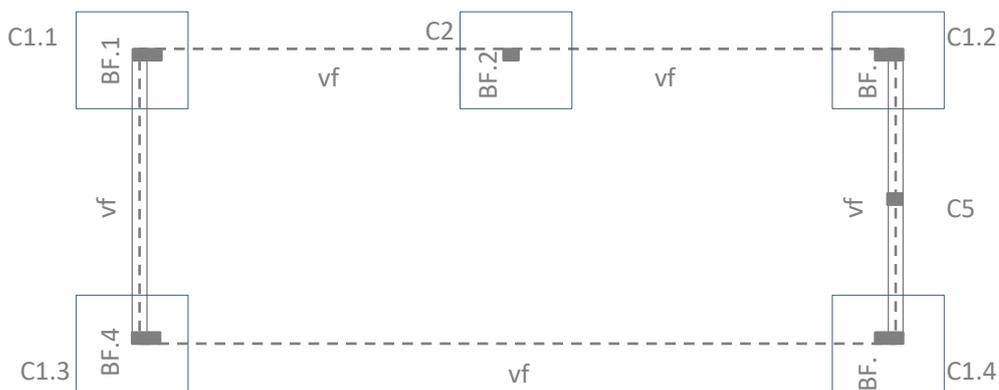
PLANTA ALTA



PLANTA BAJA



PLANTA DE FUNDACIONES



DATOS:

Usos :

Planta baja: Comercio

1er Piso: Depósito de comercio. ($L = 4 \text{ KN/m}^2$)

Azotea inaxesible. ($L = 1 \text{ KN/m}^2$)

1) Acero; materiales a utilizar

Vigas generadas con Perfiles de acero IRAM-IAS U 500-511 – Perfil doble T de acero – IPN.

Características: ME: 2100000 kg/cm², Peso específico: 7800 kgf/m³ (peso lineal según perfil)

Acero f24. Fy: 2400kg/cm²

2) Materiales para hormigón armado:

- En este caso se selecciona H-21.
- Resistencia a la compresión (para H-21): 210 kg/cm²
- Peso específico: 2400 kgf/m³
- ME: $15013,6 * ((Resistencia\ a\ la\ compresión * 0,98)^{0,5})$

$$ME = 15013,6 * ((210 * 0,98)^{0,5})$$

$$ME = 210190,4\ kg/cm^2$$

- PARA CASOS GENERALES SE TOMA ME 200.000Kg/cm²
- Barras de acero A-DN. Resistencia a la tracción Fy:4200kgf/cm²

Paquete de Muros:

- Muros de Mampostería + revoque grueso ambas caras espesor=20cm

Paquete de entrepiso (a modo de ejemplo)

- Piso calcáreo peso 40kgf/m²
- Capa de nivelación hormigón alivianado con vermiculita e=5cm (Peso específico aprox: 1300kgf/m³,)
- Losa de ladrillos huecos cerámicos y viguetas pretensadas de la empresa Prear (capa de compresión de 5cm para lugares sísmicos, y ladrillos huecos cerámicos de 16,5 cm de altura, quedando una altura total de la losa de 21,5cm)
- Cielorraso de yeso aplicado espesor 0,5cm+ aislación térmica placa de telgopor de alta densidad+aislación de vapor pintura asfáltica se va a tomar como dato 40kg/m²

Paquete de Cubierta (a modo de ejemplo)

- IDEM paquete de entrepiso, únicamente cambia piso calcáreo por membrana asfáltica; la cual como dato tiene un peso por metro cuadrado de 40kgf/m².

3) Análisis de carga para losas LC1 = LC2= LC3 = LC4. Carga Muerta total=415kg/m²

Tipo	Peso específico (kgf/m ³)	Espesor (m)	Peso Total/m ² (kgf/m ²)
Piso calcareo(Lc1 y Lc2)/Membrana asfáltica(Lc3 y Lc4)	-	-	40kg/m ²
Capa de nivelación	1300kg/cm ³	0,05m	65kg/m ²
Losa Prear	-	0,215m	270kg/m ²
Yeso Aplicado+placa telgopor	-	-	40kg/m ²
TOTAL			415kg/m²

4) Predimensionado de elementos vm1, v2,v3 y c1

- Vm1 (viga de acero): L/15
- $vm1 = 4m / 15 = 0,27m$.
- v2 (H°A°)(Si bien forma parte de un pórtico las columnas probablemente no sean lo suficientemente rígidas como para restringir el giro de la sección en los apoyos, entonces a nivel de pre dimensionado se toma como simplemente apoyada)= L/10

$$v2 = 8m / 10 = 0,8m$$

- $v3 = v2 = 8m / 10 = 0,8m$
- C1 (C1.1=C1.2=C1.3=C1.4) En este caso están rigidizadas con las vigas formando pórticos (poseen nudos viga-columna lo suficientemente rígidos como para restringir giros y transmitir momentos)

Forma para predimensionar: $b(m) = L_{viga} \times h_{piso} / 40$

b es la longitud de la columna en la dirección analizada (dirección x o y generalmente), y L_{viga} es la longitud entre apoyos de la viga en la dirección analizada

$$b(m) = L_{viga} \times h_{piso} / 40$$

$$b(m) = 8m \times 6m / 40 = 1,2m.$$

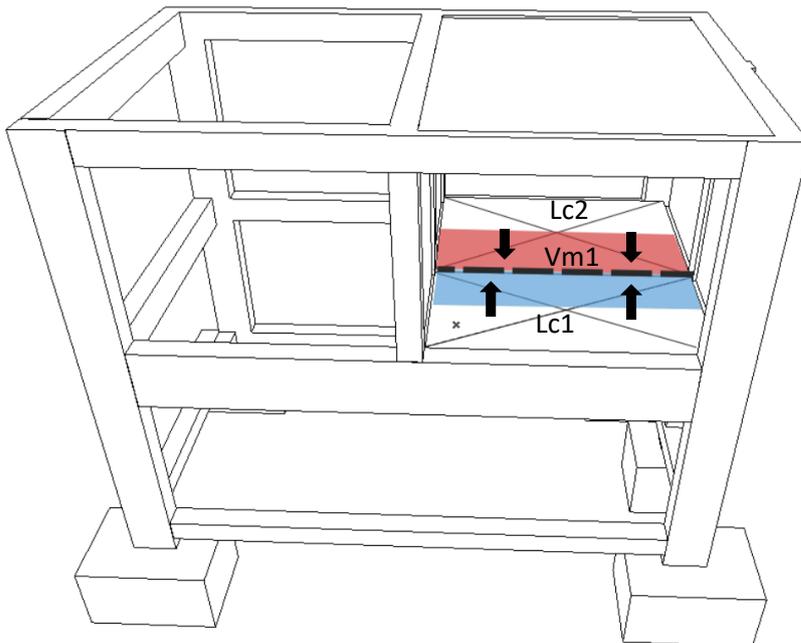
Las dimensiones de la columna final son de 1,2m en dirección del pórtico y 0,2m en la dirección que no es pórtico.

$$b_1 = 1,2m \quad b_2 = 0,2m \quad \text{Área} = 0,24m^2$$

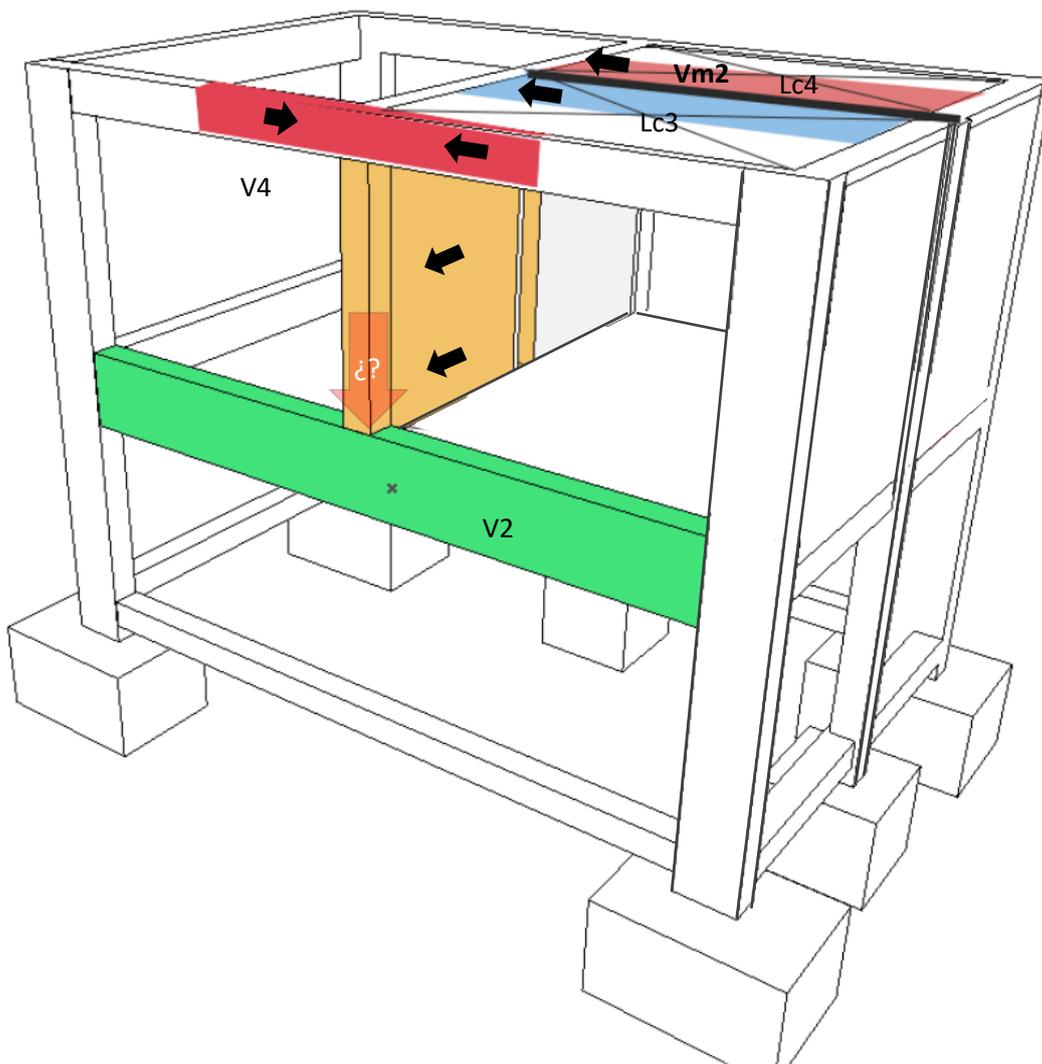
5) Completar la siguiente tabla:

(Para este ejercicio se van a analizar las cargas en estado de servicio y se van a tomar la carga del elemento + la carga que soporta de otros elementos)

Carga Puntual	Carga Lineal	Carga Superficial	Observaciones
-	$415 \text{ kg/m}^2 \times ((1,25m \times 4m^2) / 4m) = 1037,5 \text{ kg/m}$	415 kg/m ²	Acción LC1 y LC2 sobre vm1



Carga Puntual	Carga Lineal	Carga Superficial	Observaciones
[b] 2250 kg + 1105 kg + 1536 kg kg=4891 kg	Se puede considerar que la carga del mismo muro lineal es: (carga superficial por altura del muro) $300\text{kg}/\text{m}^2 * 3\text{m} = 900\text{kg}/\text{m}$	Carga muro: $300\text{kg}/\text{m}^2$ [a]	Acción Muro mampostería e:20cm sobre v2



Cuentas auxiliares

a) Peso específico aproximado muro de mampostería de 20cm con revoque:
 1500kg/m³

Para saber por el peso por m² lo multiplico por su espesor(al igual que el análisis de cargas para las losas). 1500kg/m³ x 0,2kg= 300kg/m²

b) El muro de mampostería soporta parte de las cargas de los siguientes elementos:
 vm2, lc3, lc4 y v4 en planta alta.

Para el caso de vm1 y vm2, se va a tomar como carga un perfil que de cercano al predimensionado. 5m/15=0,34 cm. Para perfil IPN 340, peso propio de 68kg/m

La viga v2 soporta la siguiente proporción de cada elemento:

- ½ de Muro de mampostería. (300kg/m² x 3m x 5m) / 2 = 2250kg
- (½ x ½)= ¼ de vm2. y a su vez vm2 soporta : ½ de Lc3 y ½ de Lc4

[[(415kg/m² * 4*1,25m x 2)/2]]x0,5 =1037kg + peso propio(68kg/mx4m/4) =
 1105 kg

- V4: Carga: [(0,2mx0,8m x8m)x2400kg/m³]/2=1536kg

Suponiendo la carga de las vigas metálicas es 68kg/m³ y el ancho de las vigas de hormigón de 20cm, la ecuación final de la carga puntual total debida al muro y a todos los elementos que soporta el muro, descargando en v2 sería:

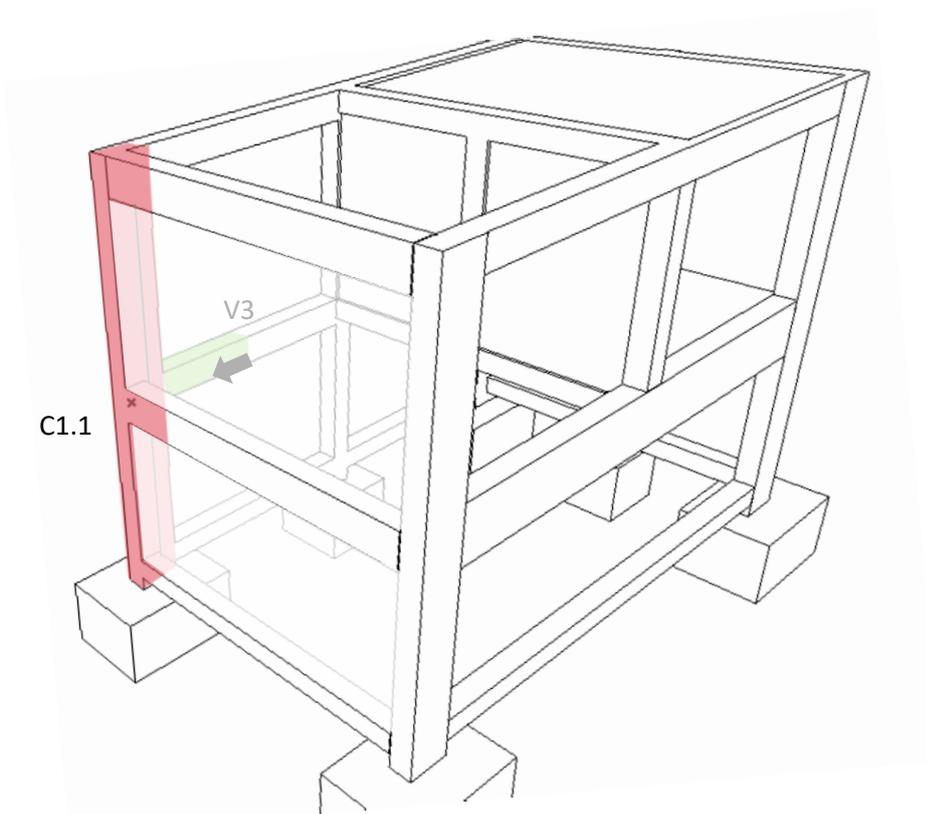
2250kg + 1105kg + 1536kg=4891 kg

	Carga Puntual	Carga Lineal	Carga Superficial	Observaciones
	(415 kg/m ² *1,25m*4m*2) x0,5x0,5= 1037,5 kg+ peso propio vm1= 1037,5 kg + (68 kg/m x 4m)x0,5x0,5=1105,5kg	No	No	Acción vm1 sobre v2

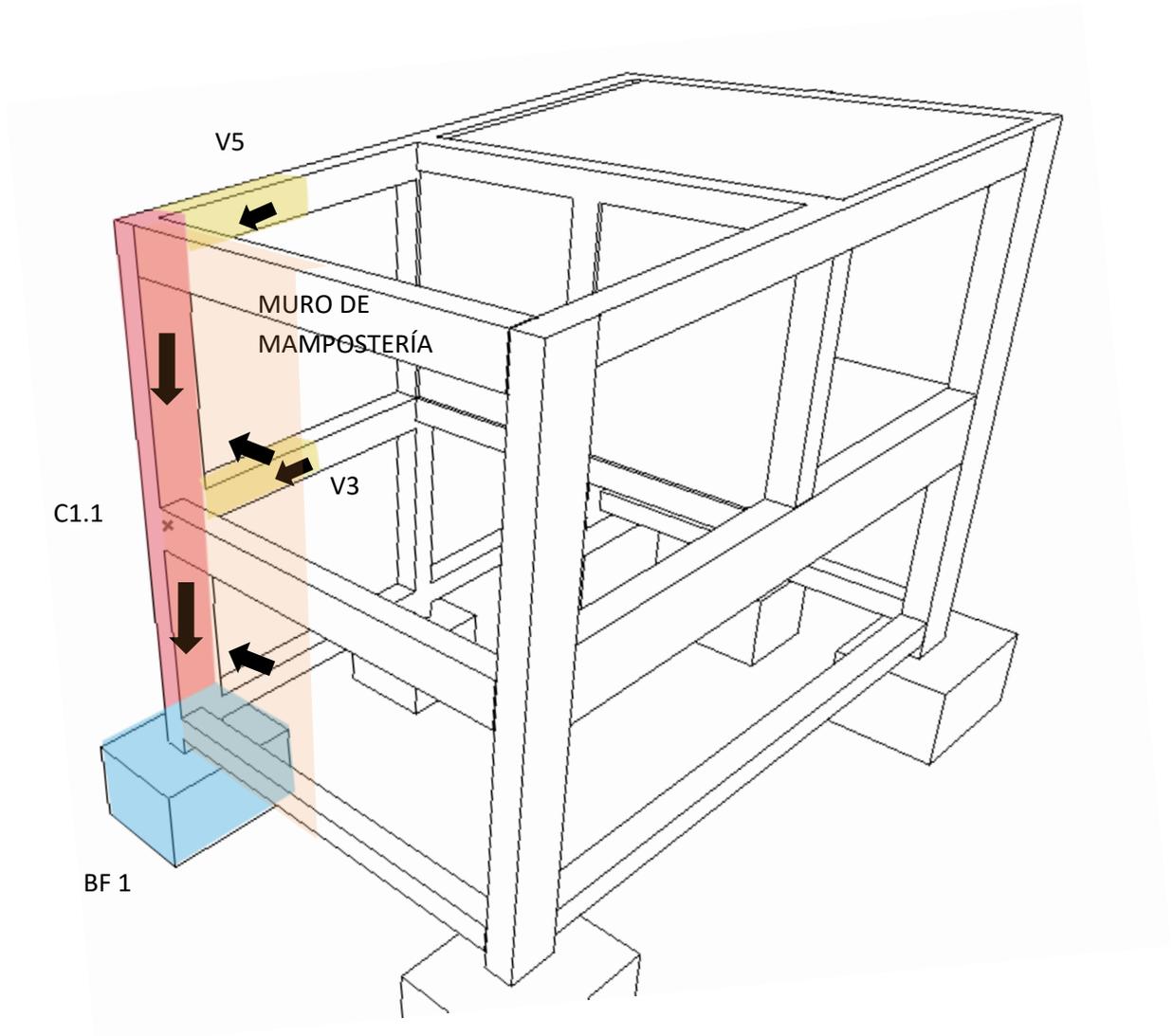
Carga Puntual	Carga Lineal	Carga Superficial	Observaciones
No	No	No	Acción de v2 sobre v3

Las vigas V2 y V3 son paralelas y coplanares en el conjunto estructural, por lo tanto no se transmiten entre ellas acciones verticales.

Carga Puntual	Carga Lineal	Carga Superficial	Observaciones
Peso propio V3 $(0,4m \cdot 0,2m \cdot 4m \cdot 2400 \text{ kg/m}^3) / 2 = 384 \text{ kg}$	Se considera el peso propio de v3 = 192kg/m	No	Acción v3 sobre c1



Carga Puntual	Carga Lineal	Carga Superficial	Observaciones
Mitad v5 = 384 kg Mitad v3 = 384 kg $1/2 \text{ M mampostería} = 6 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 300 \text{ kg/m}^2 = 4500 \text{ kg}$ $C1.1 = 1,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 3456 \text{ kg}$ Total = 8724 kg	No	No	Acción c1 sobre bf1



6) Dimensionado Acero viga Vm1

1° - Cargas

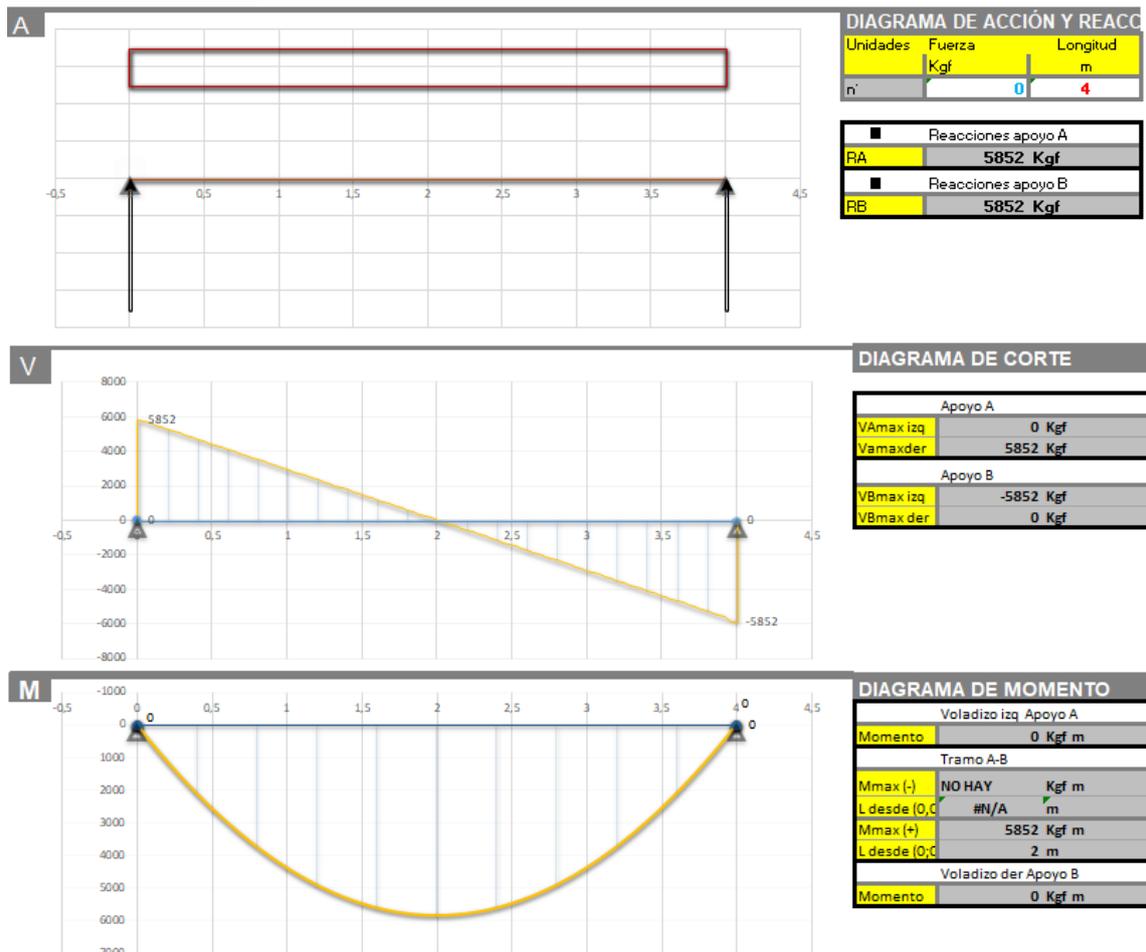
$D = (415 \text{ kg/m}^2 \cdot 4\text{m} \cdot 2,5\text{m}) / 4 = 1037 \text{ kg/m} + (\text{Peso Propio viga acero } 68\text{kg/m}) = 1105 \text{ kg/m}$

$L = (400 \text{ kg/m}^2 \cdot 4\text{m} \cdot 2,5\text{m}) / 4\text{m} = 1000 \text{ kg/m}$

$Q_s = D+L = 2105 \text{ kg/m}$

$Q_u = 1,2D+1,6L = 2926 \text{ kg/m}$

2° - Solicitaciones



3° - Momento ultimo

$$M_u = (q_u \cdot l^2) / 8 = 5852 \text{ kg m}$$

4° - Modulo plástico Z

$$M_u = \phi Z \cdot f_y$$

$$Z = 585200 \text{ kg m} / (0,9 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2) = 271 \text{ cm}^3$$

5° - Perfil seleccionado según Z

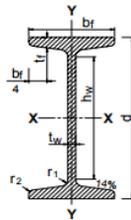
IPN 220

Z= 324 cm³

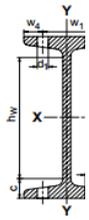
I=3060 cm⁴

Peso = 31kg/m

IPN según
IRAM-IAS
U 500-511



Ag = Área bruta de la sección transversal.
I = Momento de Inercia de la sección.
respecto de los ejes principales.
 $r = \sqrt{I/A}$ Radio de giro.
S = Módulo resistente elástico de la sección.
Q = Momento estático de media sección.
Z = Módulo plástico de la sección.



Designación	Dimensiones						Relaciones		Ag cm ²	Peso Kg/m	X - X					Y - Y					Agujeros en el Ala		Dist agl al t n	
	d	bf	tf	hw	tw=r ₁	r ₂	bf 2tf	hw tw			lx	Sx	rx	Qx	Zx	ly	Sy	ry	Qy	1,5.Sy	Zy	w ₁		d ₁
	mm	mm	mm	mm	mm	mm					cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ³	mm		mm
80	80	42	5,9	59	3,9	2,3	3,56	15,1	7,57	5,94	77,8	19,5	3,20	11,4	22,8	6,29	3,00	0,91	2,46	4,50	4,93	22	6,4	
100	100	50	6,8	75	4,5	2,7	3,68	16,7	10,6	8,34	171	34,2	4,01	19,9	39,8	12,2	4,88	1,07	4,02	7,32	8,04	28	6,4	
120	120	58	7,7	92	5,1	3,1	3,77	18,0	14,2	11,1	328	54,7	4,81	31,8	63,6	21,5	7,41	1,23	6,12	11,12	12,24	32	8,4	
140	140	66	8,6	109	5,7	3,4	3,84	19,1	18,2	14,3	573	81,9	5,61	47,7	95,4	35,2	10,7	1,40	8,85	16,05	17,70	34	11	
160	160	74	9,5	125	6,3	3,8	3,89	19,8	22,8	17,9	935	117	6,40	68,0	136	54,7	14,8	1,55	12,28	22,20	24,55	40	11	
180	180	82	10,4	142	6,9	4,1	3,94	20,6	27,9	21,9	1450	161	7,20	93,4	187	81,3	19,8	1,71	16,50	29,70	33,00	44	13	
200	200	90	11,3	159	7,5	4,5	3,98	21,2	33,4	26,2	2140	214	8,00	125	250	117	26,0	1,87	21,58	39,00	43,16	48	13	
220	220	98	12,2	176	8,1	4,9	4,02	21,7	39,5	31,1	3060	278	8,80	162	324	162	33,1	2,02	27,61	49,65	55,21	52	13	
240	240	106	13,1	192	8,7	5,2	4,05	22,1	46,1	36,2	4250	354	9,59	206	412	221	41,7	2,20	34,68	62,55	69,37	56	17	
260	260	113	14,1	208	9,4	5,6	4,01	22,1	53,3	41,9	5740	442	10,4	257	514	288	51,0	2,32	42,56	76,50	85,11	60	17	2

6° - Verificación por deformación

$$\text{Para carga distribuida } f = (5 \cdot Q_s \cdot L^4) / (384 \cdot E \cdot I)$$

$$F_{adm} L / 250 = \Rightarrow 400 \text{ cm} / 250 = 1,6 \text{ cm}$$

$$F = (5 \cdot 210500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 400 \text{ cm}^4) / (384 \cdot 2100000 \text{ kg/cm}^2 \cdot 3060 \text{ cm}^4) = 1,09 \text{ cm}$$

$$F < F_{adm} = 1,09 \text{ cm} < 1,6 \text{ cm}$$

VERIFICA

7) Dimensionado H°A° viga Vm1

Cargas, Reacciones, Corte y momento calculado en el ejercicio anterior

$$M_u = (q_u \cdot l^2) / 8 = 5852 \text{ kg m}$$

4°- Área de acero necesaria

$$A_s = M_u / (0.9 \cdot (0.75h) \cdot x f_y)$$

*Aclaración: Z en el caso del Hormigón armado no es el mismo Z que se utiliza en el cálculo del perfil de acero, Z (cm) en el hormigón armado representa la distancia entre las resultantes de tracción y compresión, que para este caso en la formula se simplifica a 0,75 de h (la altura), estando la resultante de tracción en el baricentro de las barras traccionadas, y la resultante de compresión cercana a las barras comprimidas. Z en el caso del acero es el Modulo plástico (cm³)

$$A_s = 585200 \text{ kg cm} / (0.9 \cdot (0.75 \cdot 40 \text{ cm}) \cdot 4200 \text{ kg/cm}^2) = 5,16 \text{ cm}^2$$

5°- Barras utilizadas

$$5 \phi 12 = 5,65 \text{ cm}^2$$

5,65 cm² > 5,16 VERIFICA

Diámetro d _s (mm)	Peso (Kg/m)	Perímetro (cm)	Número de barras								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
4,2	0,11	1,32	0,14	0,28	0,42	0,56	0,69	0,83	0,97	1,11	1,25
6	0,22	1,88	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54
8	0,40	2,51	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52
10	0,62	3,14	0,78	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07
12	0,89	3,77	1,13	2,26	3,45	4,72	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18
16	1,58	5,03	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,09	18,10
20	2,47	6,28	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27
25	3,85	7,85	4,91	9,82	14,73	19,64	24,55	29,46	34,37	39,28	44,19

6°- Verificación por deformación

$$I = b x h^3 / 12 = (20 \text{ cm} \cdot (40 \text{ cm}^3)) / 12 = 106666 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{eff}} = I/2 = 53333 \text{ CM}^4$$

A la inercia de la viga de hormigón para el cálculo de la deformación se la toma a la mitad, por algunas razones, pero principalmente por que la viga se fisura y pierde inercia.

ME para el H-21=210190,4 kg/cm²

$$Q_s = 2105 \text{ kg/m} = 21,05 \text{ kg/cm}$$

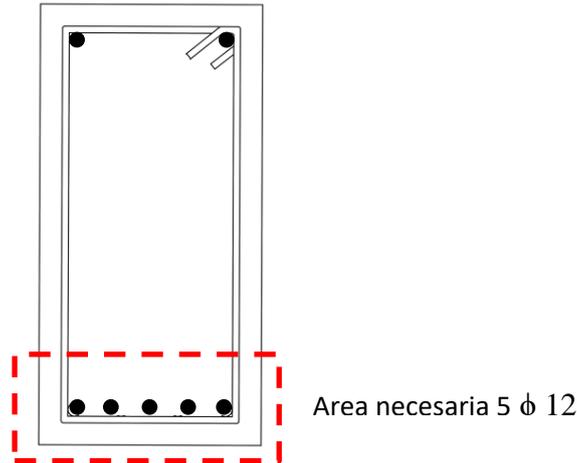
Deformación:

$$F = (5 * 21 \text{ kg/cm} * 400 \text{ cm}^4) / (384 * 210190,4 \text{ kg/cm}^2 * 53333 \text{ cm}^4) = 0,62 \text{ cm}$$

$$F_{\text{adm}} = L/250 = 1,6 \text{ cm}$$

$$0,62 \text{ cm} < 1,6 \text{ cm}$$

VERIFICA



Conclusiones

- Realizar un esquema en 3D facilita la comprensión del funcionamiento de la estructura, como se disponen sus elementos y viajan las cargas por estos mismos.
- Es fundamental conocer los diversos materiales que conforman los elementos estructurales y sus propiedades, ya que intervienen de una manera directa en la estructura y su comportamiento. No tiene la misma dimensión, el mismo peso, módulo de elasticidad, etc una viga construida en H°A° que en madera.
- Conocer las unidades de trabajo y ejercitar el traspaso entre ellas. Revisar unidades al momento de calcular, y poder entender un criterio en los resultados según experiencias anteriores para estimar si estamos por el buen camino.
- Como futuros arquitectos es fundamental entender y aplicar el concepto del “predimensionado” de elementos a nuestro proceso de diseño. Este método simplificado nos permite tener una idea de las dimensiones de los tipos estructurales que se vinculan formando la estructura, para tenerla en cuenta desde el principio del diseño, pudiendo estudiar su relación con otras variables como la funcionalidad.

- Antes de estudiar un elemento en particular, se debe analizar la función que cumple en la estructura y analizar las fuerzas que llegan al mismo por otros elementos estructurales. Una forma de entender como viajan las cargas por la estructura hasta el elemento en particular es hacer un diagrama de transferencia de cargas (DTC).
- Es importante diferenciar los tipos de carga (puntuales, lineales, superficiales), que influyen de diferente manera sobre las estructuras, y por ello en el cálculo de las solicitaciones que le generan.
- Realizar esquemas de áreas tributarias sobre los elementos facilita la comprensión del problema.
- Tener en cuenta que se trata de un proceso acumulativo, es decir, que se debe realizar cada paso con detenimiento y verificando constantemente, ya que el arrastre del error se mantiene hasta el final.