

Acero

**CARACTERÍSTICAS Y
PROPIEDADES
DIMENSIONADO A FLEXIÓN Y
CORTE**



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FAUD
Facultad de Arquitectura,
Urbanismo y Diseño



ESTRUCTURAS A

OBJETIVOS

- Reconocer los componentes estructurales para identificar su función dentro de la obra de arquitectura.
- Desarrollar criterios de diseño estructural que permitan el diseño de estructuras de acero eficientes.
- Diseñar estructuras de acero ajustadas a las reglamentaciones vigentes.



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FAUD
Facultad de Arquitectura,
Urbanismo y Diseño



ESTRUCTURAS A

Acero

Ventajas de las construcciones en acero:

Resistencia y durabilidad

El acero es conocido por su alta resistencia y durabilidad, lo que permite que las estructuras metálicas soporten cargas pesadas y condiciones extremas.

Rapidez de construcción

La fabricación y el ensamblaje de estructuras metálicas se pueden realizar en paralelo, lo que acelera el proceso de construcción en comparación con otras opciones de materiales.

Flexibilidad arquitectónica

La maleabilidad del acero permite la creación de formas arquitectónicas impresionantes y complejas que satisfacen tanto los requisitos funcionales como estéticos.

Eficiencia energética

Las estructuras metálicas pueden combinarse con aislamiento térmico para mejorar la eficiencia energética de los edificios y reducir el consumo de energía.

Sostenibilidad

El acero es altamente reciclable y puede utilizarse en numerosos ciclos de vida, lo que lo convierte en una opción sostenible para la construcción.



Un complejo residencial sostenible compuesto por edificios de acero y cristal, con sistemas de energía renovable y jardines verticales.

Acero

Aleación de **hierro** (mayor componente en peso) y **carbono** (en un porcentaje menor al 2%) que puede ser laminado en caliente para obtener distintos elementos estructurales.

PROPIEDADES:

MATERIAL HOMOGÉNEO (propiedades físicas y químicas constantes)

ISÓTROPO (resistencia y rigidez son iguales para cualquier dirección de la fuerza aplicada)

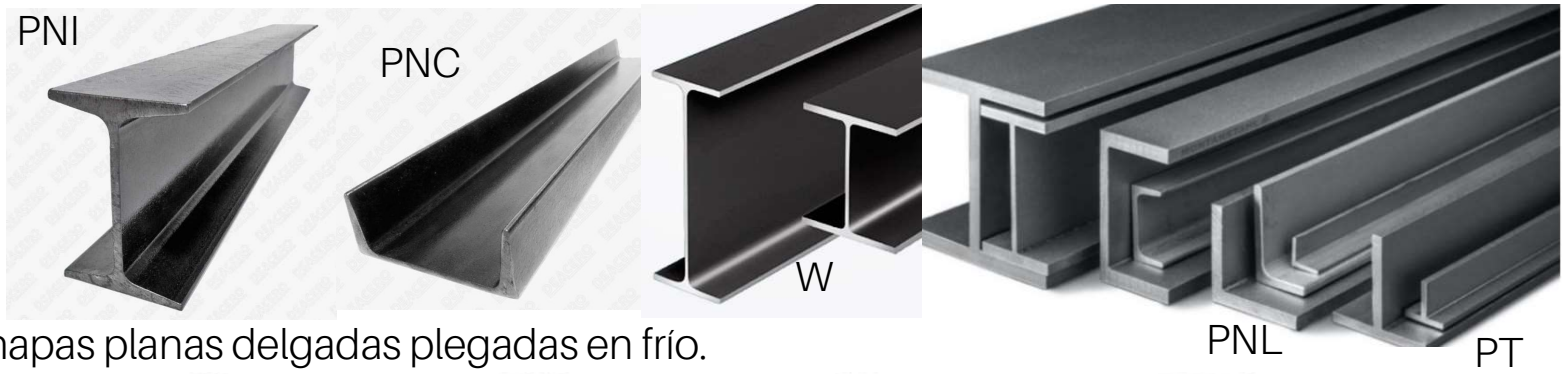
FORMAS COMERCIALES:

- ✓ Perfiles laminados en caliente
- ✓ Perfiles obtenidos a partir de chapas planas delgadas plegadas en frío.
- ✓ Caños y tubos de sección circular o rectangular
- ✓ Chapas: láminas de espesor reducido
- ✓ Barras de sección circular para armadura de hormigón.



FORMAS COMERCIALES:

✓ Perfiles laminados en caliente



✓ Perfiles obtenidos a partir de chapas planas delgadas plegadas en frío.



✓ Caños y tubos de sección circular o rectangular



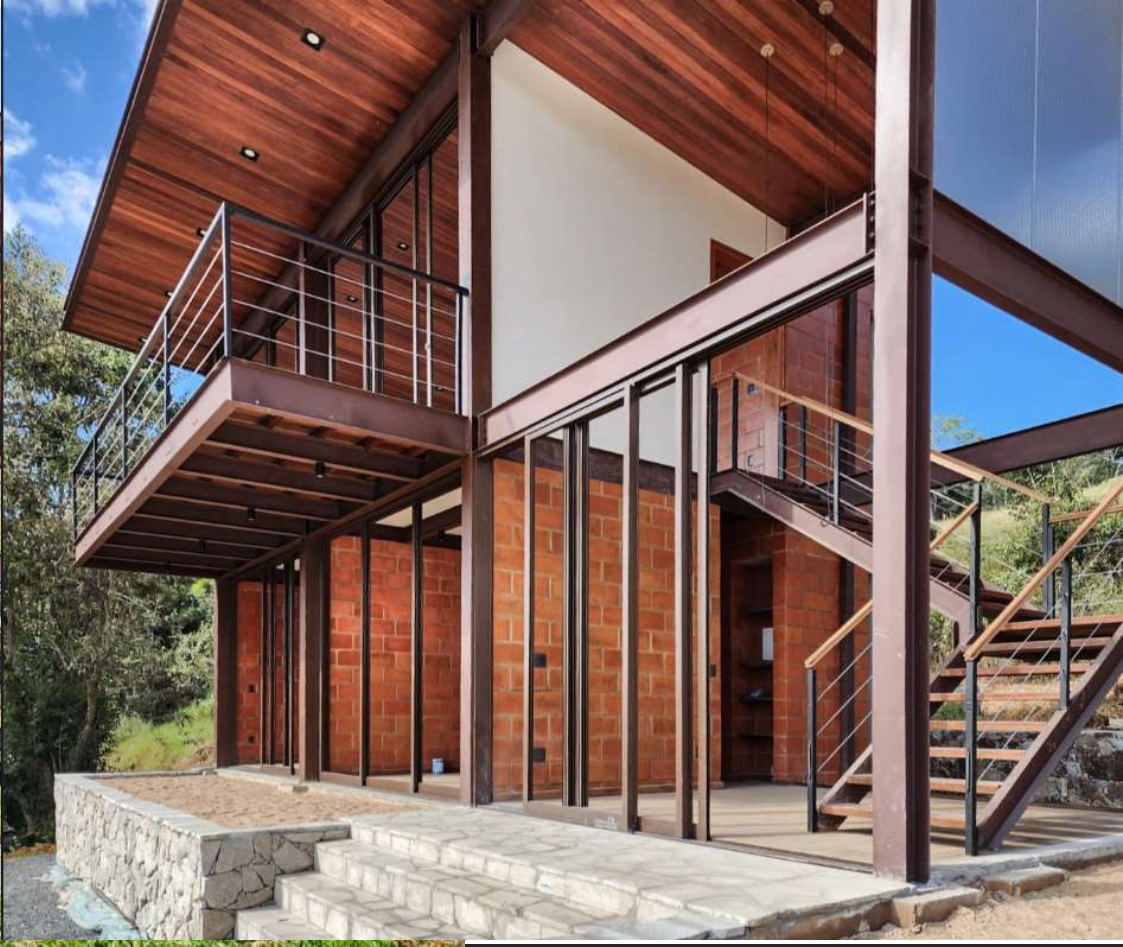
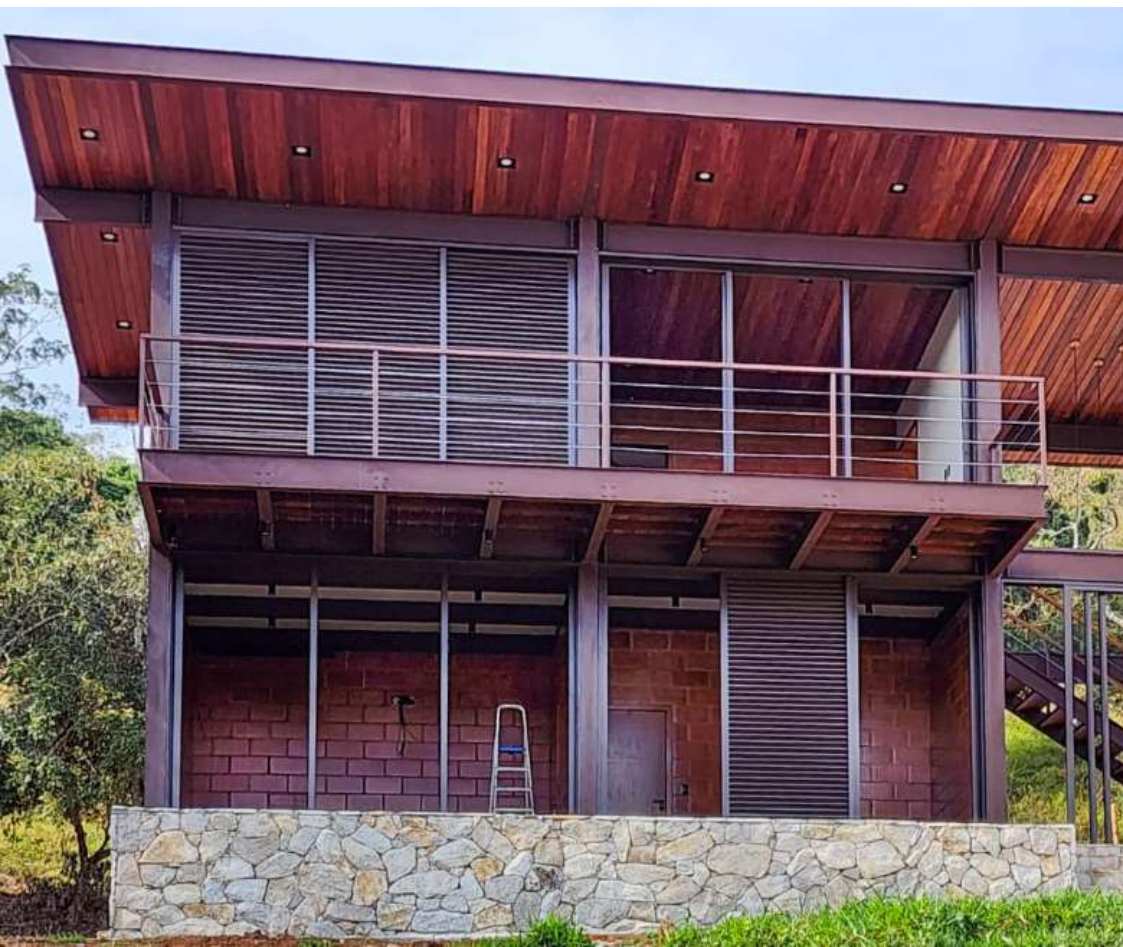
✓ Chapas: láminas de espesor reducido



✓ Barras de sección circular para armadura de hormigón.



Minas Guest Home/ Cornetta Arquitectura



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FAUD
Facultad de Arquitectura,
Urbanismo y Diseño



ESTRUCTURAS A



CASA EM CUNHA/ Cornetta Arquitetura



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FAUD
Facultad de Arquitectura,
Urbanismo y Diseño



ESTRUTURAS A

CASA CASTILHO



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FAUD
Facultad de Arquitectura,
Urbanismo y Diseño



ESTRUTURAS A

CASA CASTILHO



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FAUD
Facultad de Arquitectura,
Urbanismo y Diseño



ESTRUTURAS A

CASA CASTILHO



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FAUD
Facultad de Arquitectura,
Urbanismo y Diseño



ESTRUCTURAS A

MountainTop Snug Resort / IAPA design
Australia



MountainTop Snug Resort / IAPA design
Australia

Envolvente



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba

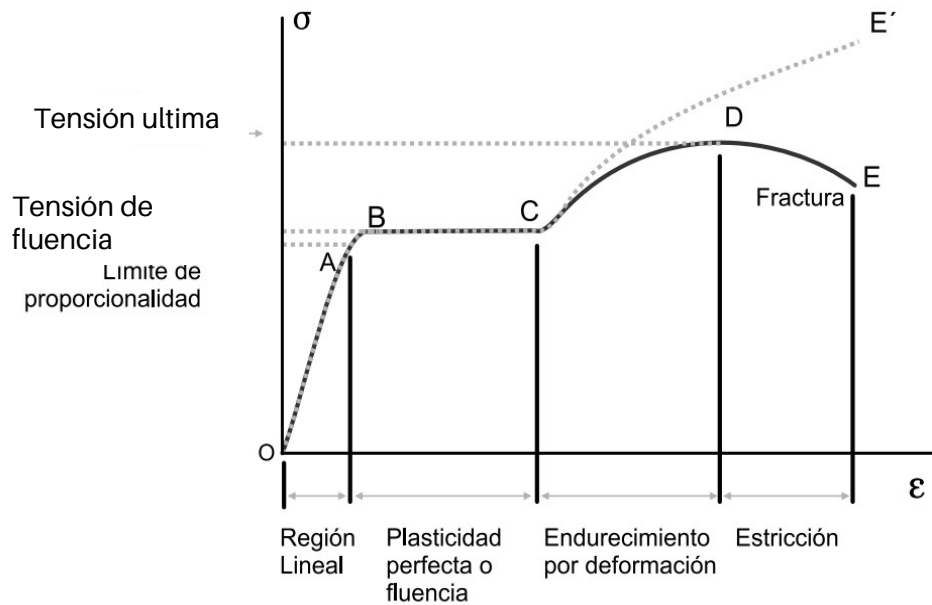


FAUD
Facultad de Arquitectura,
Urbanismo y Diseño



ESTRUCTURAS A

ACERO



ENSAYO DE TRACCIÓN

Para el acero
 $E = 2.100.000 \text{ Kg/cm}^2$

ACERO F24 (perfiles- tubos)
 $F_y = 2.400 \text{ Kg/cm}^2$
 $F_u = 3.700 \text{ Kg/cm}^2$

ACERO F36 (perfiles W,H)
 $F_y = 3.450 \text{ Kg/cm}^2$
 $F_u = 4.900 \text{ Kg/cm}^2$

DIAGRAMA TENSIÓN-DEFORMACIÓN

Zona elástica relación lineal entre tensiones y deformaciones específicas (ley de Hooke). La barra recupera su longitud inicial cuando cesa el estado tensional.

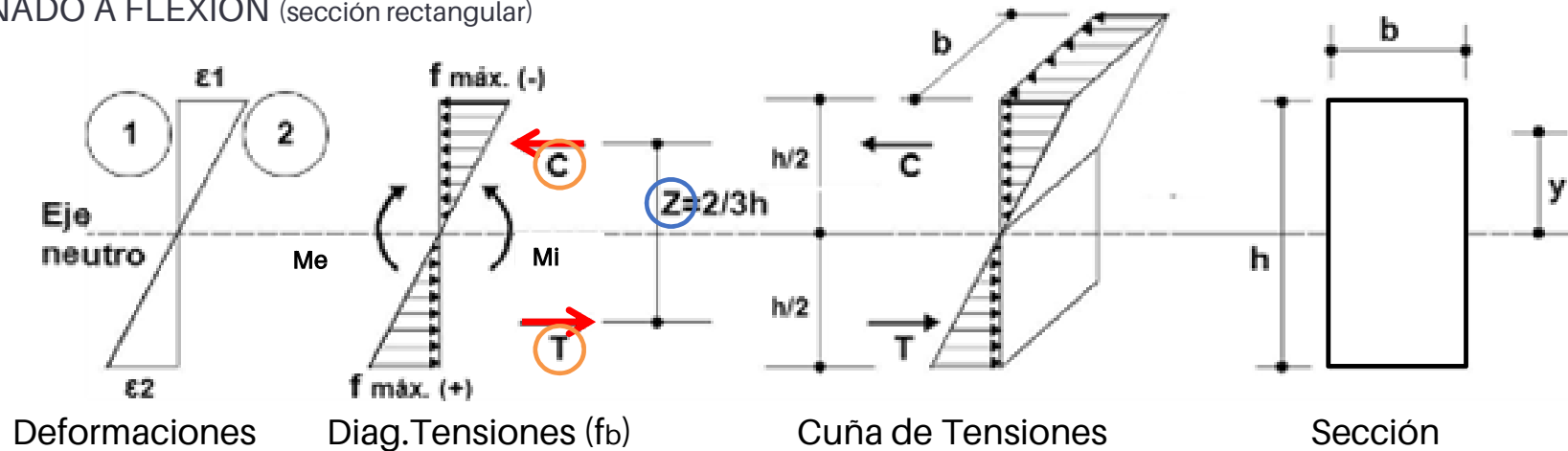
Zona plástica Cuando el acero alcanza la tensión de fluencia (F_y) se deforma sin necesidad de aumentar la carga. Deformaciones permanentes cuando cesa el estado tensional.

Zona de endurecimiento por deformación: Alcanzada la máxima deformación específica plástica (ϵ_p), el acero admite tensiones mayores a la de fluencia pero con grandes deformaciones, hasta que alcanza la tensión de rotura (f_u) a la que rompe.

SECCIÓN RECTANGULAR DE ACERO SOMETIDA A FLEXIÓN

REPASEMOS MADERA:

DIMENSIONADO A FLEXIÓN (sección rectangular)



$$\begin{aligned} M_i &= C \cdot z \\ M_i &= T \cdot z \end{aligned}$$

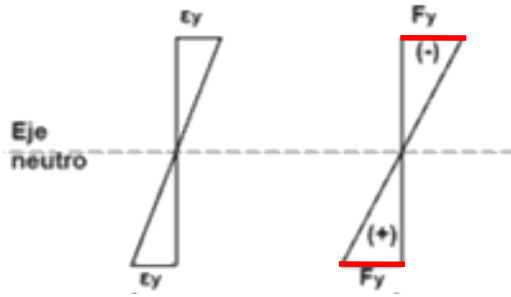
$$\rightarrow C = \frac{f}{2} \cdot \frac{b \times h}{2} \quad z = \frac{2h}{3} \rightarrow M_i = \frac{f}{2} \cdot \frac{b \times h}{2} \cdot \frac{2h}{3} \rightarrow M_i = f \cdot \frac{b \times h^2}{6} \quad S_x: \text{Módulo Resistente Elástico}$$

$$M_i = f \cdot S_x$$

Característica geométrica de la sección que determina la resistencia a flexión. Depende de la forma y las dimensiones de la sección

SECCIÓN RECTANGULAR DE ACERO SOMETIDA A FLEXIÓN

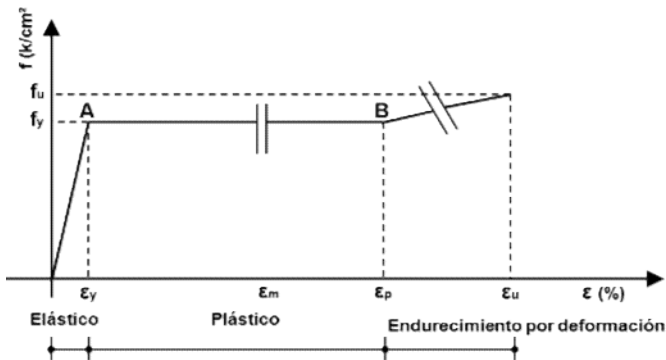
ZONA ELÁSTICA



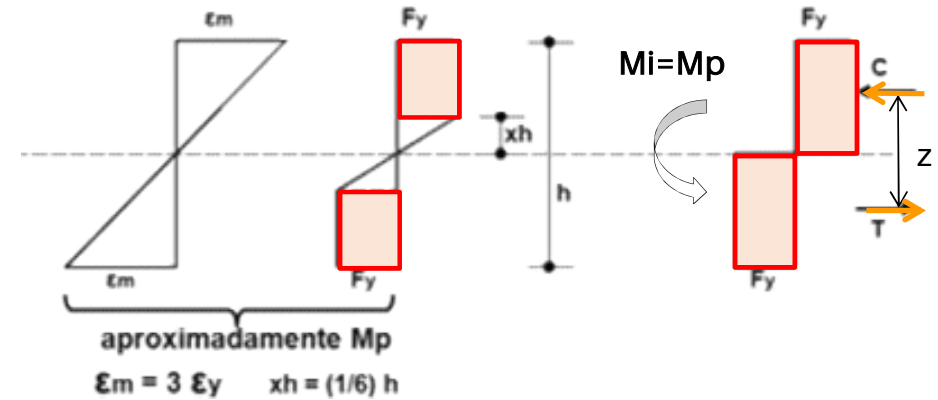
$$M_y = S_x \cdot F_y$$

Las fibras de los bordes superior e inferior llegan a la Deformación Específica (ϵ_y), la tensión en ellas es la Tensión de Fluencia (F_y).

Es la máxima capacidad de la sección??



ZONA PLÁSTICA



Módulo Resistente Plástico (Z)

Es una característica geométrica de la sección que determina la resistencia a flexión de una barra en régimen plástico. Depende de la forma y dimensiones de la sección.

(Se le asigna el subíndice "x" o "y" según sea el eje de la pieza que se esté considerando).

PERFILES DE ACERO

DIAGRAMA DE TENSIONES (f_f)
SECCION RECTANGULAR (mat. homogéneo)

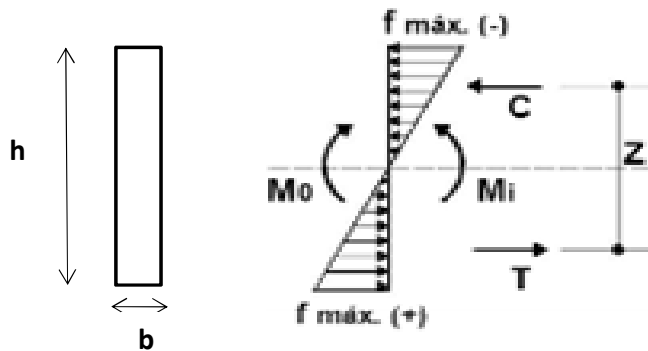
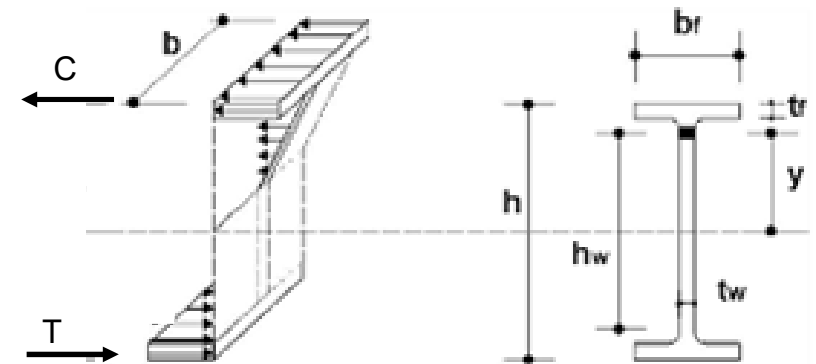


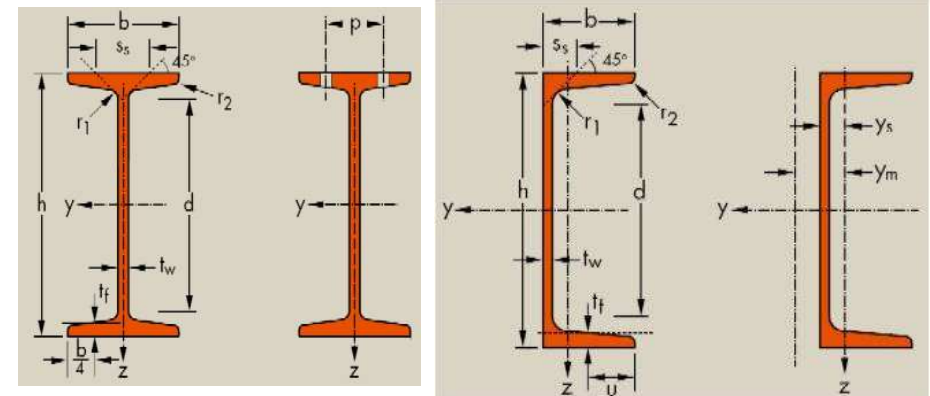
DIAGRAMA DE TENSIONES (f_f) SECCIÓN IPN
(mat. homogéneo)



En la sección "IPN" hay mayor cantidad de material más alejado del eje neutro:

- ✓ Aumenta brazo de palanca z .
- ✓ Aumenta el M_i .

La sección "IPN" es más eficiente que la rectangular para la sollicitación momento flector. Lo mismo ocurre con la sección "UPN".

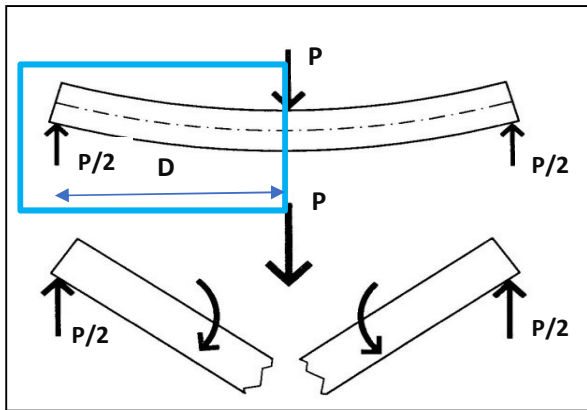


ACERO

DIMENSIONADO A FLEXIÓN

MOMENTO EXTERNO

- Carga de la barra
- Luz de la barra

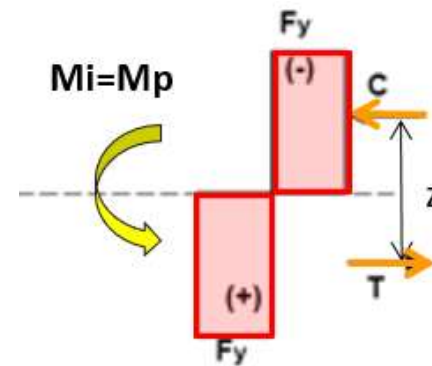


$$M = P/2 \cdot D$$

=

MOMENTO INTERNO

- Material
- Sección



$$M_i = C \cdot z$$

$$M_p = Z_x \cdot F_y$$

ACERO DIMENSIONADO: METODO DE PROYECTO POR ESTADOS LIMITES

B.3.1. Estados límite

El **método por estados límite** es un método de proyecto y dimensionamiento de estructuras en el cual la **condición de Proyecto es que ningún estado límite sea superado cuando la estructura es sometida a todas las apropiadas combinaciones de acciones** determinadas según las Secciones **B.2.2** y **B.2.3**.

Todo estado límite relevante deberá ser investigado.

Un **estado límite** es aquél más allá del cual la estructura, o una parte de ella, no logra satisfacer los comportamientos requeridos por el proyecto.

Los estados límite se clasifican en :

- **estados límite últimos**
- **estados límite de servicio**

Los **estados límite últimos** son establecidos para dar seguridad y definir una capacidad máxima de transferencia de carga.

Los **estados límite de servicio** se establecen a fin de que la estructura presente un comportamiento normal y aceptable bajo condiciones de servicio.



ACERO: DIMENSIONADO POR ESTADOS LIMITES

RESISTENCIA DE DISEÑO $\geq$ RESISTENCIA REQUERIDA

La **probabilidad de rotura** o colapso de la estructura en su conjunto o de alguno de sus elementos bajo las máximas intensidades simultáneas de todas las acciones actuantes durante la vida útil de la construcción debe ser **mínima**.

Como existe un grado de **incertidumbre** en cuál será el máximo valor de cada acción, los reglamentos CIRSOC 201 (H°A°) Y 301 (acero) establecen la combinación y mayoración de acciones. Es decir, que se aumentan, por seguridad, las acciones reales. Estas acciones combinadas y mayoradas se denominan **cargas últimas**.

Frente a cada **tipo de esfuerzo** de sección el elemento estructural presenta una **resistencia máxima** al efecto a que es sometido, es decir, una **máxima capacidad** antes de fallar. Esa resistencia básicamente depende del tipo de sollicitación, del material y de la forma y dimensiones del elemento estructural. Es decir, que **para cada estado límite último** existe una **Resistencia Nominal (Rn)**.

También existen incertidumbres en la determinación de las **resistencias**. Estas incertidumbres pueden ser cuantificadas por un **Factor de Resistencia (ϕ)**, menor a la unidad, que multiplicado por la Resistencia Nominal da la **Resistencia de Diseño (Rd)**. Es decir que **se disminuye**, por seguridad, la **capacidad** resistente de la sección.

$$R_d = \phi \times R_n$$

Los Factores de Resistencia varían según el tipo de material y el tipo de esfuerzo que solicita al elemento estructural.

La estructura en su conjunto y cada uno de sus elementos deben proyectarse y dimensionarse de manera tal que para **cualquier** estado límite último la **resistencia requerida última (demanda)** sea menor o igual a la **resistencia de diseño (capacidad)**.

$$R_u \leq R_d$$

ACERO DIMENSIONADO DE VIGAS A FLEXION

$$M_p = Z_x \cdot F_y$$

$$F_y = \frac{M_p}{Z_x}$$

$$R_u \leq R_d$$

ESTADOS LIMITES:

- PLASTIFICACION POR FLEXION
- PANDEO LATERAL TORSIONAL
- PANDEO LOCAL DE ALA Y PANDEO LOCAL DE ALMA

$$f_{fu} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = \frac{M_u \text{ (Kgcm)}}{Z_x \text{ (cm}^3\text{)}} \leq f_{fd} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Factor de reducción de
resistencia a flexión
 $\phi = 0,9$

M_u (Kg.cm) Momento flector

Z_x (cm³) Módulo Resistente Plástico

f_{fd} (Kg/cm²) Resistencia de diseño a flexión

¿Como dimensiono?

$$Z_x = \frac{M_u}{f_{fd}}$$

necesario



TABLA DE PERFILES

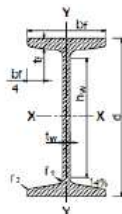
BUSCO UN PERFIL CON UN Z MAYOR

$$f_{fd} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = \phi \cdot F_y \quad F24$$

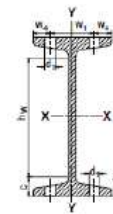
$$f_{fd} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0,9 \cdot 2400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{fd} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 2160 \text{ Kg/cm}^2$$

**IPN según
IRAM-IAS
U 500-511**



A_g = 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
 Z = Momento estático de media sección.
 Q = Módulo plástico de la sección.



J = Módulo de torsión.
 C_w = Módulo de alabeo.
 X_1, X_2 = Factores de pandeo.
 L_p = Longitud lateralmente no arriostrada
 límite para desarrollar la capacidad de
 plastificación total por flexión.
 L_r = Longitud lateralmente no arriostrada
 límite para pandeo lateral torsional
 inelástico.

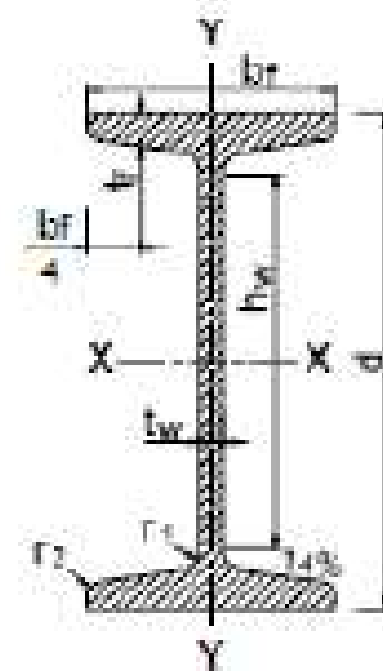
Designación	Dimensiones						Relaciones		Ag	Peso	X - X						Y - Y						Agujeros en el Ala		Distancia agujero al borde	Esp.	J	Cw	X ₁	X ₂ (10) ⁻⁵	Acero F-24			
	d	bf	tf	hw	tw=r ₁	r ₂	bf/2tf	hw/tw			I _x	S _x	r _x	Q _x	Z _x	I _y	S _y	r _y	Q _y	1.5.S _y	Z _y	w ₁	d ₁	w ₄							t ₁	Carga Alma	Carga Ala Sup.	
																									L _p	L _r	L _p	L _r						
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	10	4,43	0,71	87,5	32815	0,70	47	260	42	230	
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	11	5,05	1,31	268	30082	1,00	55	283	49	248	
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	13	5,67	2,23	685	28382	1,29	63	309	57	269	
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	16	6,29	3,56	1540	27117	1,56	72	339	65	293	
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	17	6,91	5,40	3138	26190	1,80	80	365	72	313	
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	19	7,53	7,89	5924	25442	2,04	88	393	79	335	
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	21	8,15	11,2	10520	24894	2,22	96	422	86	359	
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	27,81	49,65	55,21	52	13	23	8,77	15,3	17760	24432	2,42	104	450	93	381	
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	25	9,39	20,6	28730	24017	2,58	113	484	102	407	
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	26,5	10,15	27,5	44070	23925	2,65	119	509	107	428	
280	280	119	15,2	225	10,1	6,1	3,91	22,3	61,0	47,9	7590	542	11,1	316	632	364	61,2	2,45	51,07	91,80	102,1	62	17	28,5	11,04	38,4	64580	24009	2,84	126	539	113	454	
300	300	125	16,2	241	10,8	6,5	3,86	22,3	69,0	54,2	9800	653	11,9	381	762	451	72,2	2,56	60,29	108,3	120,6	64	21	30,5	11,83	46,7	91850	23987	2,88	132	563	118	473	
320	320	131	17,3	258	11,5	6,9	3,79	22,4	77,7	61,0	12510	782	12,7	457	914	555	84,7	2,67	70,96	127,1	141,9	70	21	30,5	12,72	59,7	128800	24038	2,87	137	589	123	495	
340	340	137	18,3	274	12,2	7,3	3,74	22,5	86,7	68,0	15700	923	13,5	540	1080	674	98,4	2,80	82,35	147,6	164,7	74	21	31,5	13,51	74,3	176300	24009	2,71	144	617	130	518	
360	360	143	19,5	290	13,0	7,8	3,67	22,3	97,0	76,1	19610	1090	14,2	638	1276	818	114	2,90	95,96	171,6	191,9	76	23	33,5	14,50	94,2	240100	24207	2,64	149	643	134	541	
380	380	149	20,5	306	13,7	8,2	3,63	22,3	107	84,0	24010	1260	15,0	741	1482	975	131	3,02	109,8	196,4	219,6	82	23	33,5	15,29	115	318700	24262	2,65	155	672	140	565	
400	400	155	21,6	323	14,4	8,6	3,59	22,4	118	92,4	29210	1460	15,7	857	1714	1160	149	3,13	125,5	223,5	251,0	86	23	34,5	16,18	140	419600	24270	2,65	161	696	145	586	
425	425	163	23,0	343	15,3	9,2	3,54	22,4	132	104	36970	1740	16,7	1020	2040	1440	176	3,30	148,1	264,0	296,2	88	25	37,5	17,30	177	587500	24280	2,63	170	734	153	618	
450	450	170	24,3	363	16,2	9,7	3,50	22,4	147	115	45850	2040	17,7	1200	2400	1730	203	3,43	170,7	304,5	341,4	94	25	38,0	18,35	220	791100	24306	2,65	176	764	159	643	
475	475	178	25,6	384	17,1	10,3	3,48	22,5	163	128	56480	2380	18,6	1400	2800	2090	235	3,60	197,5	352,5	394,9	96	28	41,0	19,37	270	1067000	24318	2,67	185	803	167	675	
500	500	185	27,0	404	18,0	10,8	3,43	22,4	179	141	68740	2750	19,6	1620	3240	2480	268	3,72	225,7	402,2	451,4	100	28	42,5	20,53	329	1403000	24375	2,65	191	831	172	699	
550	550	200	30,0	445	19,0	11,9	3,33	23,4	212	166	99180	3610	21,6	2120	4240	3490	349	4,02	292,3	523,5	584,6	110	28	45,0	23,00	472	2389000	24188	2,69	207	892	186	750	
600	600	215	32,4	485	21,6	13,0	3,32	22,5	254	199	139000	4630	23,4	2730	5460	4670	434	4,30	368,4	651,6	736,7	120	28	47,5	24,88	667	3821000	24544	2,64	221	967	199	814	

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

Tablas de Perfiles

TABLA PERFILES

PERFIL		DIMENSIONES							AREA o SECCION		MOMENTO DE INERCIA		MODULO PLASTICO				
Designación	Dimensiones						Relaciones		Ag	Peso	X-X						
	d	bf	tf	hw	tw=r ₁	r ₂	bf/2tf	hwt/w			Ix	Sx	rx	Qx	Zx	ly	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm											
	mm	mm	mm	mm	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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	



ACERO VERIFICACION

$$f_{fu} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = \frac{M_u \text{ (Kcm)}}{Z_x \text{ (cm}^3\text{)}} \leq f_{fd} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Factor de reducción de resistencia a flexión
 $\phi = 0,9$

M_u (Kg.cm) Momento flector

Z_x (cm³) Módulo Resistente Plástico

f_{fd} (Kg/cm²) Resistencia de diseño a flexión

$$f_{fd} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = \Phi \cdot F_y$$

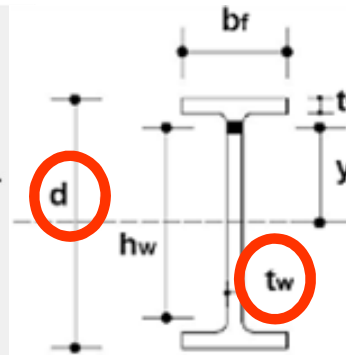
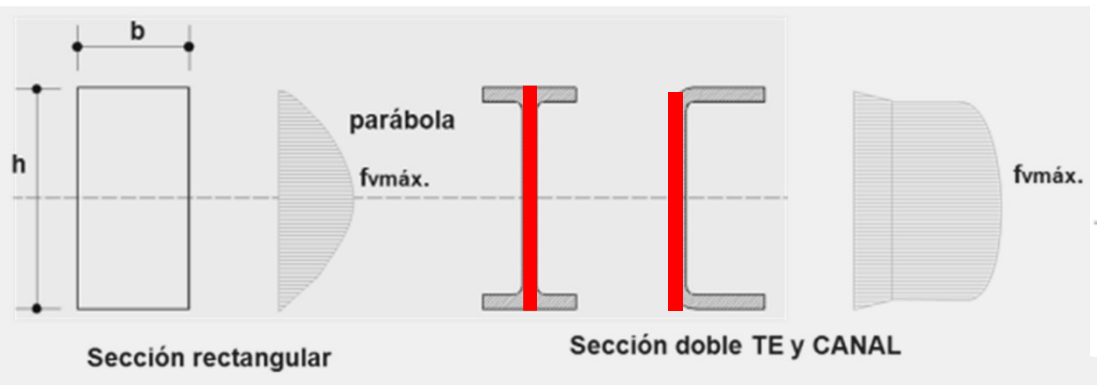
$$f_{fd} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0,9 \cdot 2400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{fd} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 2160 \text{ Kg/cm}^2$$

La tensión originada por el Momento flector actuante (f_{fu}) **DEMANDA**
tendrá que ser igual o menor a la Resistencia de diseño a flexión **CAPACIDAD**
para que el perfil pueda **resistir** el momento al que está solicitado

ACERO VERIFICACIÓN A CORTE

El comportamiento del acero frente al esfuerzo de corte es igual al visto para madera. Existen tensiones cortantes (f_v) y rasantes (f_r) que en cada punto de la sección son iguales. En secciones "doble T" y "U" como las de los perfiles, la sección considerada es la del alma del perfil y el diagrama de tensiones de corte es similar al siguiente:



$$f_{vu} = \frac{V(\text{Corte})}{t_w \cdot d \text{ (sección del alma)}}$$

$$f_{vu} \leq f_{vd}$$

f_{vu} : Resistencia de Corte Requerida (DEMANDA)

f_{vd} : Resistencia de corte de diseño (CAPACIDAD)

$$f_{vd} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0,60 \cdot \phi \cdot F_y$$

$$f_{vd} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0,60 \cdot 0,90 \cdot 2.400 \text{ Kg/cm}^2$$



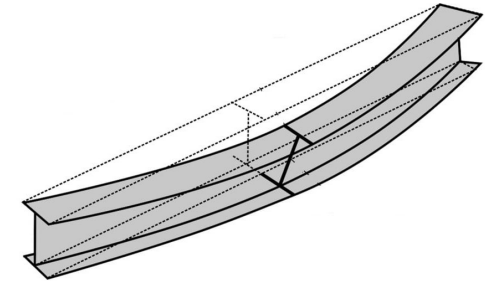
La Resistencia de corte de diseño en el acero es aproximadamente el 60% de la Resistencia de diseño a flexión.

$$f_{vd} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \sim 1.300 \text{ Kg/cm}^2$$

ESTADOS LIMITES:

- PLASTIFICACION POR FLEXION
- PANDEO LATERAL TORSIONAL
- PANDEO LOCAL DE ALA Y PANDEO LOCAL DE ALMA

El pandeo lateral torsional es un fenómeno de inestabilidad que ocurre en vigas esbeltas, especialmente aquellas con secciones abiertas (como las vigas I), cuando están sometidas a cargas de flexión. Se caracteriza por la deformación lateral de la viga, acompañada de una torsión.



¿COMO LO EVITAMOS?

ARRIOSTRAR EL ALA COMPRIMIDA

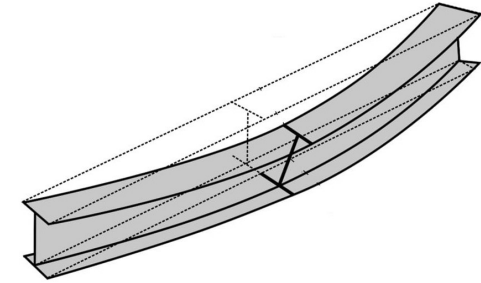
$$L_b < L_p$$

L_b : distancia entre arriostramientos del ala comprimida

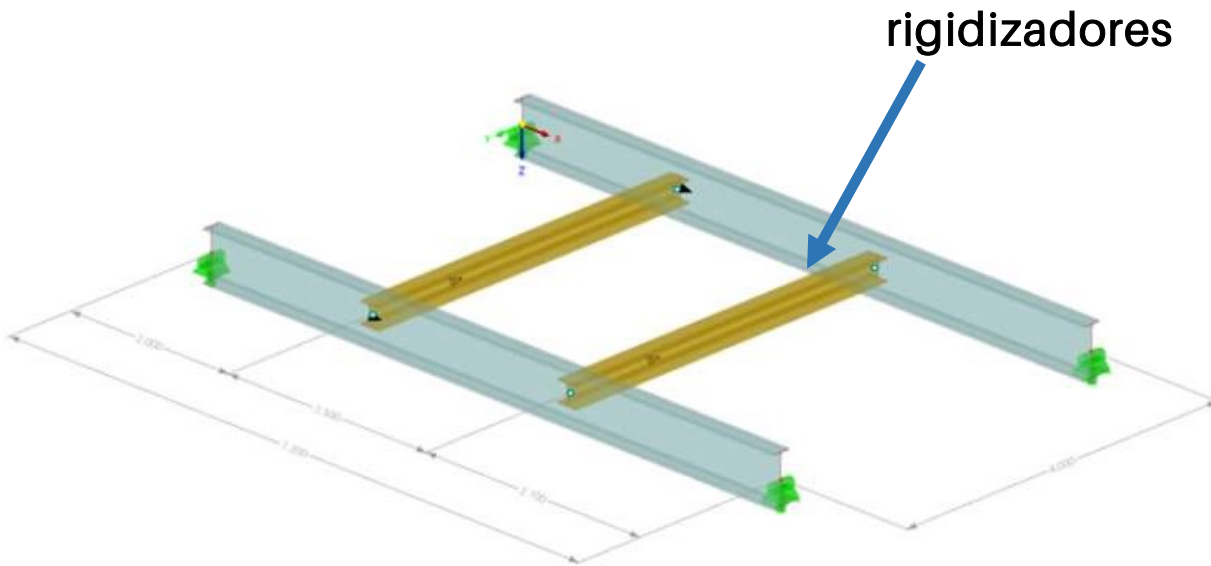


ESTADOS LIMITES:

- PANDEO LATERAL TORSIONAL



ARRIOSTRAMIENTOS:



tornapuntas

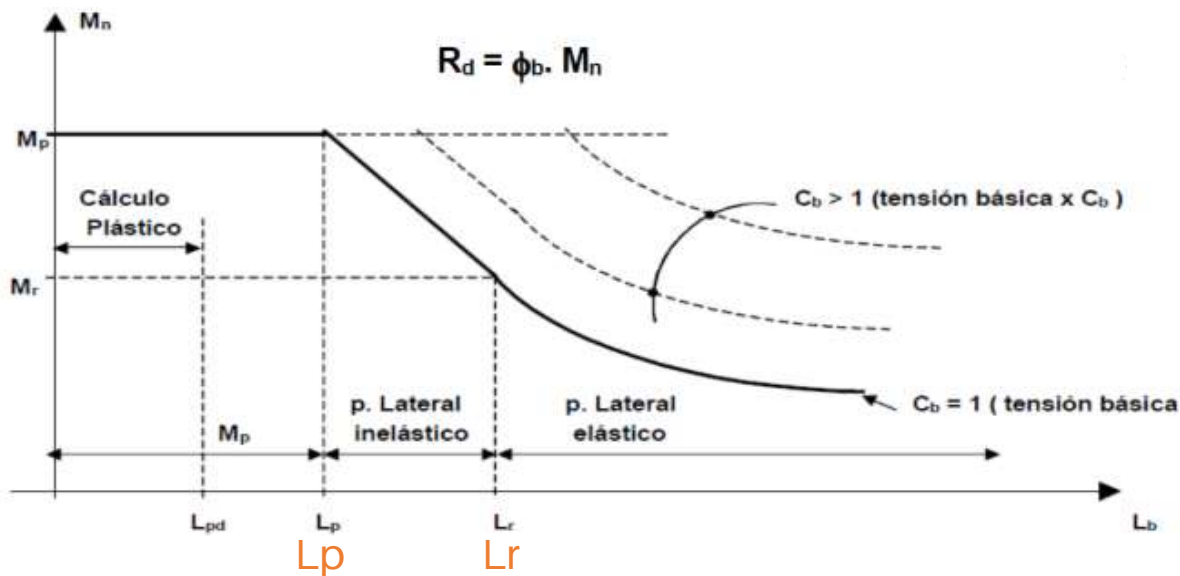
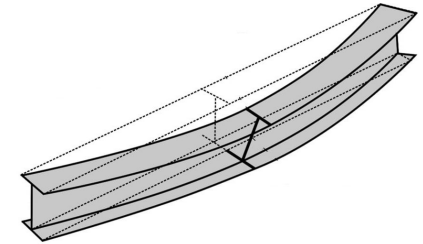


ACERO DIMENSIONADO DE VIGAS A FLEXION

- PANDEO LATERAL TORSIONAL

- ARRIOSTRAR EL ALA COMPRESIONADA

- $L_b < L_p$ L_b : distancia entre arriostramientos del ala comprimida



- $L_b < L_p \rightarrow M_n = M_p = Z_x \cdot F_y$

- $L_p < L_b < L_r$
 $\rightarrow M_n = C_b \cdot \left[M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$

- $L_b > L_r \rightarrow M_n = M_{cr} < M_p$

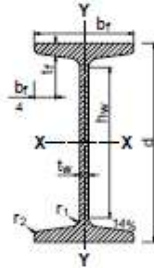
$$M_{cr} = (10^{-3}) \cdot C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J + \left(\frac{\pi \cdot E}{L_b} \right)^2 \cdot I_y \cdot C_w}$$

ACERO DIMENSIONADO DE VIGAS A FLEXION

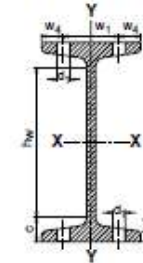
ESTADOS LIMITES:

- PLASTIFICACION POR FLEXION
- PANDEO LATERAL TORSIONAL
- PANDEO LOCAL DE ALA Y PANDEO LOCAL DE ALMA

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.



J = Módulo de torsión.
Cw = Módulo de alabeo.
X₁, X₂ = Factores de pandeo.
L_p = Longitud lateralmente no arriostrada
límite para desarrollar la capacidad de
plastificación total por flexión.
L_r = Longitud lateralmente no arriostrada
límite para pandeo lateral torsional
inelástico.

Designación	Dimensiones						Relaciones		Ag	Peso	X - X					Y - Y						Agujeros en el Ala		Distancia agujero al borde	Esp.	J	Cw	X ₁	X ₂ (10) ⁵	Acero F-24			
	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	w ₄	t ₁					Carga Alma		Carga Ala Sup.	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ²	Kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ³	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ⁵	MPa	MPa ²	L _p	L _r	L _p	L _r
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	10	4,43	0,71	87,5	32815	0,70	47	280	42	230
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	11	5,05	1,31	268	30082	1,00	55	283	49	248
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	13	5,67	2,23	685	28382	1,29	63	309	57	269
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	16	6,29	3,56	1540	27117	1,56	72	339	65	293
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	17	6,91	5,40	3138	26190	1,80	80	365	72	313
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	19	7,53	7,89	5924	25442	2,04	88	393	79	335
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	21	8,15	11,2	10520	24894	2,22	96	422	86	359
300	300	150	15,0	240	10,0	6,0	5,00	25,0	112	100	88100	3070	11,0	2120	7470	3780	378	7,04	262,0	320,0	307,0	110	20	23,0	20,00	77,4	200000	27100	2,08	207	664	100	700
600	600	215	32,4	485	21,6	13,0	3,32	22,5	254	199	139000	4630	23,4	2730	5460	4670	434	4,30	368,4	651,6	736,7	120	28	47,5	24,88	667	3821000	24544	2,64	221	967	199	814

ACERO DIMENSIONADO DE VIGAS A FLEXION

ESTADOS LIMITES:

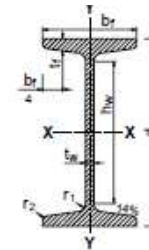
- PLASTIFICACION POR FLEXION
- PANDEO LATERAL TORSIONAL
- PANDEO LOCAL DE ALA Y PANDEO LOCAL DE ALMA

Esbeltez del ala: $\lambda = \frac{bf}{2tf}$

Esbeltez del alma: $\lambda = \frac{hw}{tw}$



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.

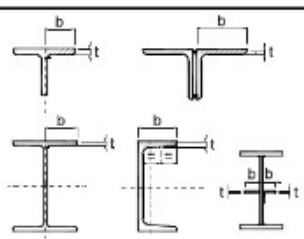
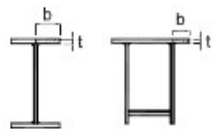
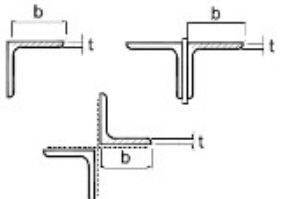
- Para $\lambda \leq \lambda_p$ → Sección compacta
- Para $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ → Sección no compacta
- Para $\lambda > \lambda_r$ → Sección con elementos esbeltos

Designación	Dimensiones						Relaciones		Ag	Peso	X - X					Y - Y			
	d	bf	tf	hw	tw=r ₁	r ₂	bf/2tf	hw/tw			I _x	S _x	r _x	Q _x	Z _x	I _y	S _y	r _y	Q _y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm					cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³
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
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

Tabla B.5.1.

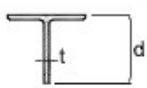
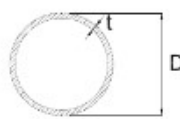
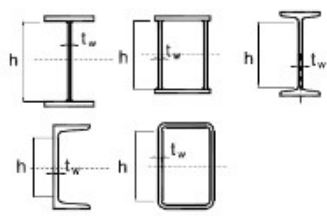
A) ELEMENTOS NO RIGIDIZADOS						
Caso	Descripción del Elemento	Elemento	Relación ancho/ espesor	λ_{pd} (j)	λ_p	λ_r
1	Alas de vigas laminadas de perfiles "doble Te" y canales sometidas a flexión		b/t	$0,30 \sqrt{E}$ (a)	$0,38 \sqrt{E}$ (h)	$0,83 \sqrt{E}$ (c)

Tabla B.5.1. (Continuación)

Caso	Descripción del Elemento	Elemento	Relación ancho/ espesor
4	Alas salientes de pares de ángulos en unión continua, alas de perfiles laminados "doble Te" y canales, alas de perfiles "Te", todas en compresión axial. Ángulos y placas salientes desde vigas o desde elementos comprimidos axialmente		b/t
5	Alas salientes de barras armadas comprimidas axialmente.		b/t
6	Alas de montantes comprimidos de ángulo simple; alas de montantes comprimidos de sección doble ángulo unidos con presillas; en general elementos comprimidos no rigidizados no especificados en casos anteriores.		b/t

ESBELTECES LIMITES

Tabla B.5.1. (Continuación)

Caso	Descripción del Elemento	Elemento	Relación ancho/ espesor	λ_{pd} (j)	λ_p	λ_r
7	Almas de perfiles "Te" en compresión axial.		d/t	No aplicable	No aplicable	$0,75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
B) ELEMENTOS RIGIDIZADOS						
8 (a)	Elementos tubulares de sección circular en compresión axial		D/t	No aplicable	No aplicable	$0,11 (E / F_y)$
8 (b)	Elementos tubulares de sección circular en flexión		D/t	$0,045 (E / F_y)$	$0,07 (E / F_y)$	$0,31 (E / F_y)$
9	Almas comprimidas por flexión (i)		h/t_w	$3,08 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (l)	$3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (e) (k)	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (f)



Casa BURITAMA
Cornetta Arquitectura
Buritama- São Paulo
2020



UNC

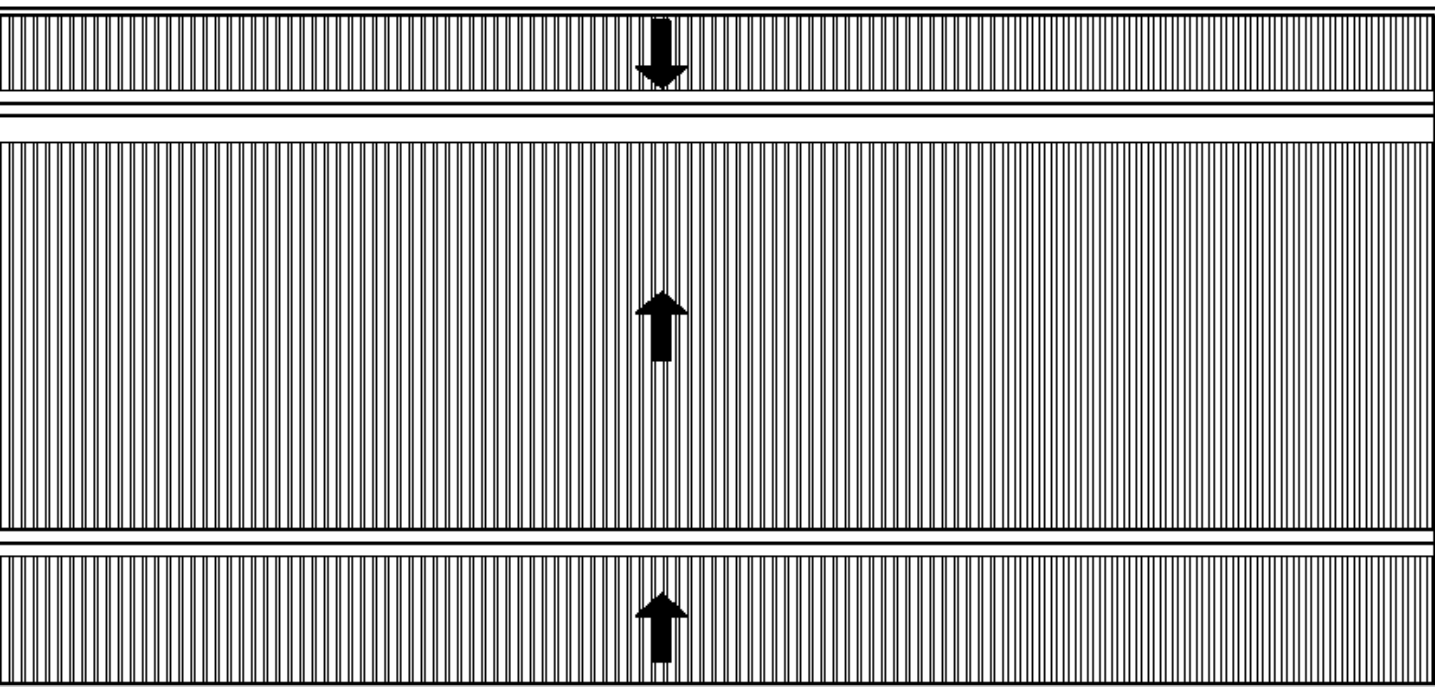
Universidad
Nacional
de Córdoba



FAUD
Facultad de Arquitectura,
Urbanismo y Diseño



ESTRUTURAS A



UNC

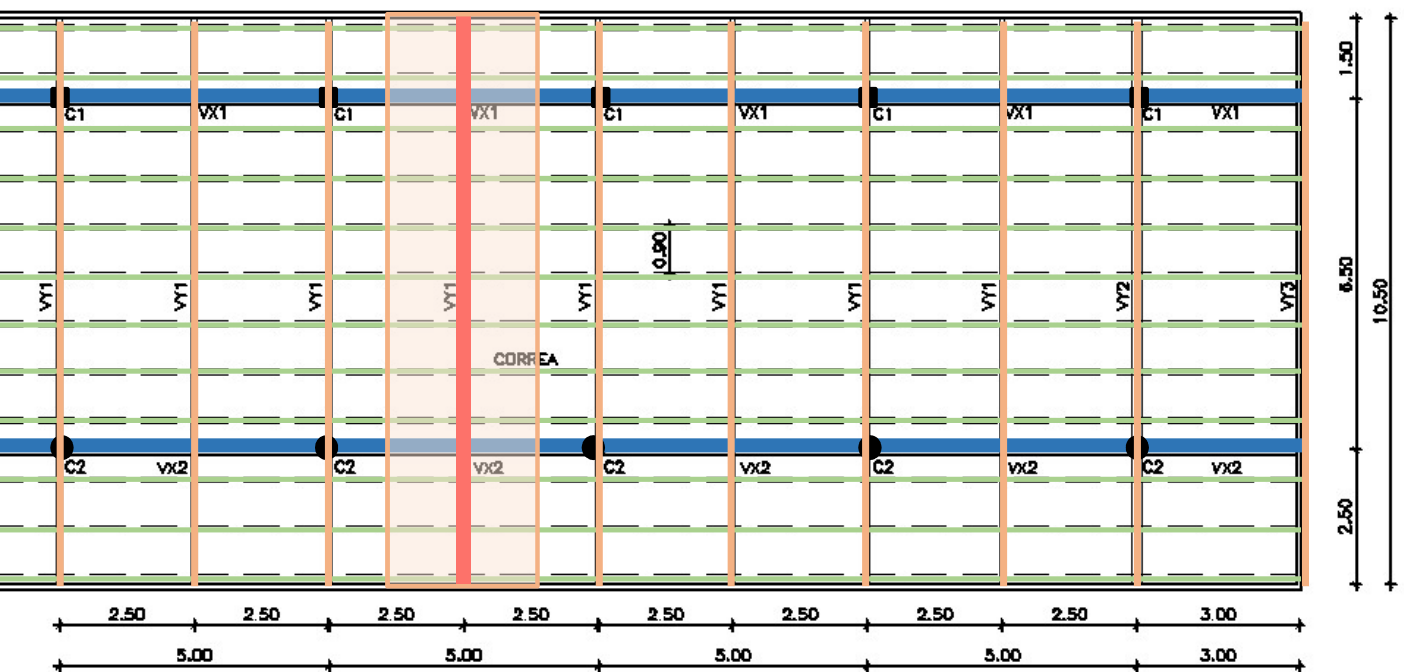
Universidad
Nacional
de Córdoba



FAUD
Facultad de Arquitectura,
Urbanismo y Diseño



ESTRUCTURAS A

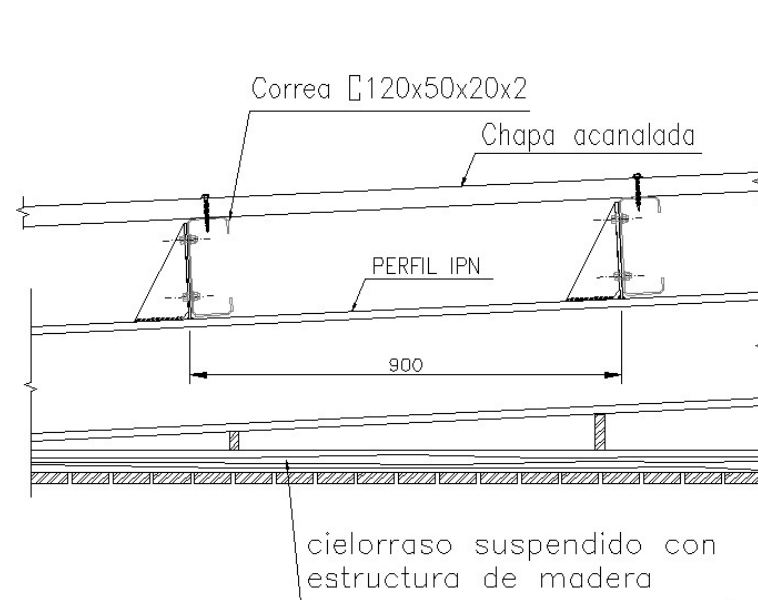


PLANTA DE ESTRUCTURA DE TECHO

$$q_u \text{ cubierta} = 203 \text{ Kg/m}^2$$

$$q_u \text{ viga} = 203 \text{ Kg/m}^2 \times 2,5\text{m} + 1,2 \times 20 \text{ kg/m} = 531,5 \text{ kg/m}$$

$$q_u \text{ viga} = 531,5 \text{ kg/m}$$

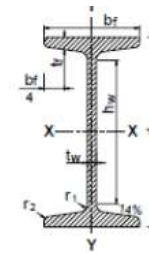


DIMENSIONADO/VERIFICACIÓN A FLEXIÓN

1) No conocemos las dimensiones (**DIMENSIONADO**):

$$Z_{x \text{ nec}} = \frac{M_u}{f_{fd}} = \frac{169000 \text{ Kgcm}}{2160 \text{ Kg/cm}^2} = 78 \text{ cm}^3 \rightarrow \text{TABLA DE PERFILES}$$

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	Peso	X-X						Y-Y					
	d	bf	tf	hw	tw=r ₁	r ₂	bf 2tf	hwt w			I _x	S _x	r _x	Q _x	Z _x	I _y	S _y	r _y	Q _y	1,5.S _y	Z _y	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ²	Kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ³	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	

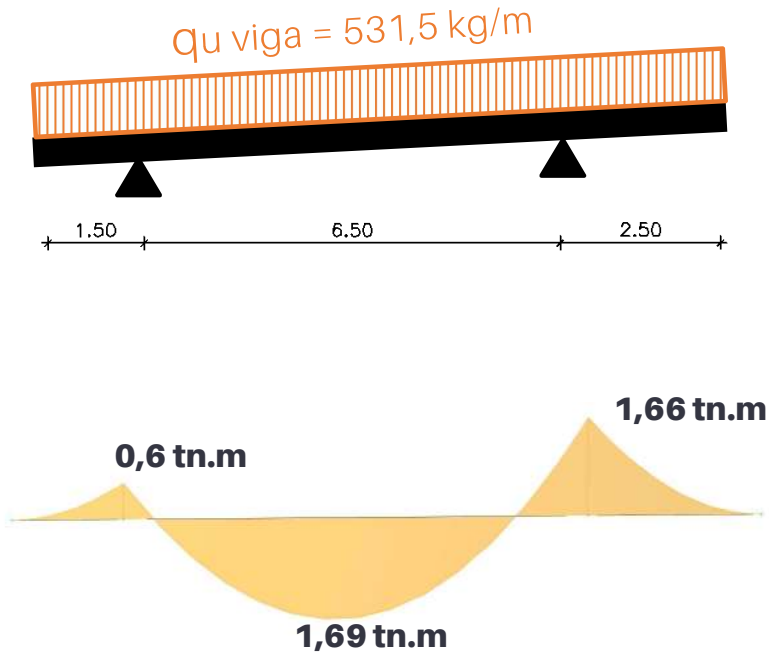
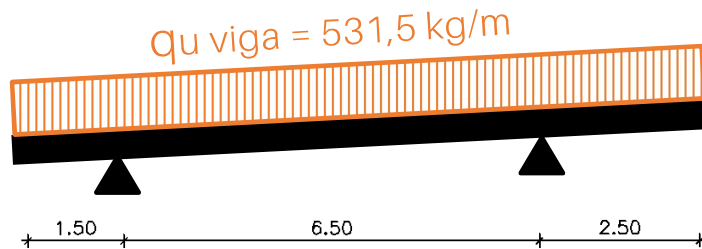


DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR

VERIFICACIÓN A CORTE



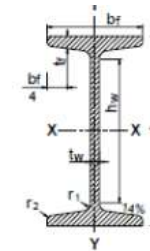
$$f_{vu} = \frac{V(\text{Corte})}{t_w \cdot d (\text{sección})}$$

$$f_{vu} \leq f_{vd}$$

$$f_{vu} = \frac{1890 \text{ Kg}}{0,57 \text{ cm} \times 14 \text{ cm}} = 237 \text{ Kg/cm}^2 < 1300 \text{ Kg/cm}^2$$

del alma verifica

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.

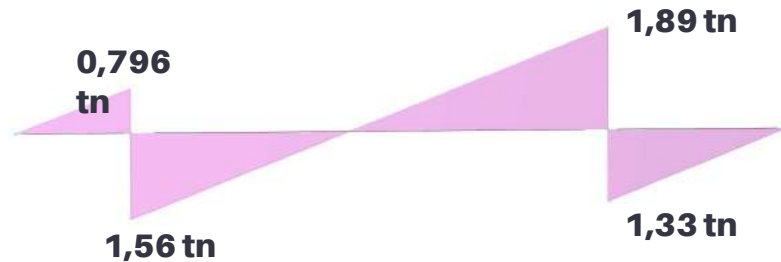


DIAGRAMA DE ESFUERZO DE CORTE

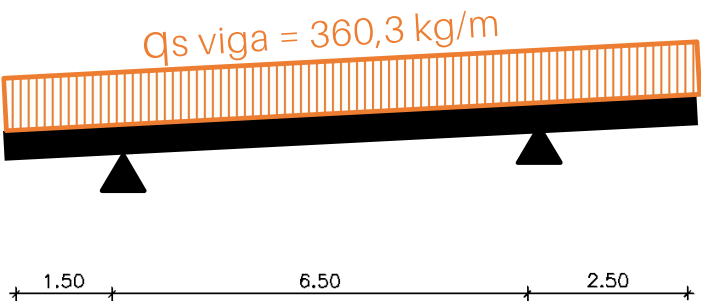
Designación	Dimensiones						Relaciones		Ag	Peso	X-X					Y-Y					
	d	bf	tf	hw	tw=r ₁	r ₂	bf/2tf	hwt/w			Ix	Sx	rx	Qx	Zx	Iy	Sy	ry	Qy	1,5.Sy	Zy
	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ²	Kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ³
80	80	42	5,9	59	3,9	2,3	3,56	15,1	7,57	5,94	77,8	19,5	3,20	11,4	22,8	6,29	3,00	0,91	2,46	4,50	4,93
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
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
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
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
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
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

VERIFICACION DE DEFORMACION

Siempre usar carga de servicio

$Q_s \text{ cubierta} = 136 \text{ Kg/m}^2$

$Q_s \text{ viga} = 136 \text{ Kg/m}^2 \times 2,5\text{m} + 20 \text{ kg/m} = 360,3 \text{ kg/m}$

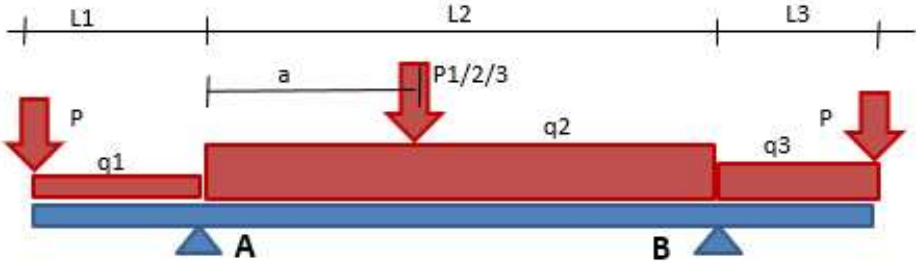


$\delta_{adm} \text{ (cm)} = 650 \text{ cm} / 200$
 $\delta_{adm} = 3,25 \text{ cm}$

FLECHAS EN VIGAS

SOLO UN TIPO DE SECCIÓN DEBE TENER DATOS					E (K/cm2)	2100000
Sección rectangular	PN I	PN U	Sección no normalizada			
bo (cm)		IPN N° (en mm)	UPN N° (en mm)	I (cm4)	VALORES ADOPTADOS PARA EL CÁLCULO	
h (cm)		160		h (cm)		
I (cm4)	0	935	0	S (cm3)	0,0	I (cm4) 935,0
S (cm3)	0	117	0			S (cm3) 117,0

LOS DATOS SE INGRESAN EN LAS CELDAS VERDES.



DATOS					
Luz (m)	1,50	Luz (m)	6,50	Luz (m)	2,50
P (T)	0,00	P1 (T)		P (T)	0,00
Cargas puntuales		Dist. a (m)			
		P2 (T)			
		Dist. a (m)			
		P3 (T)	0,00		
		Dist. a (m)	0,00		
ga distribuida q (T/m)	0,36		0,36		0,36
Mom. Apoyo (Tm)	0,41				1,13
Mom. Tramo (Tm)			1,14		
Flechas δ (cm)	-1,154		2,170		-0,541

$\delta_{adm} \text{ (cm)} = 150 \text{ cm} / 100$
 $\delta_{adm} = 1,5 \text{ cm}$

$\delta_{adm} \text{ (cm)} = 650 \text{ cm} / 200$
 $\delta_{adm} = 3,25 \text{ cm}$

$\delta_{adm} \text{ (cm)} = 250 \text{ cm} / 100$
 $\delta_{adm} = 2,5 \text{ cm}$

NO VERIFICA

DIMENSIONADO EN ACERO

1) Análisis de carga y calculo de reacciones

2) Cálculo de solicitaciones

3) Dimensionado/verificación a flexión

a) No conociendo las dimensiones (**DIMENSIONADO**):

$$Z_x \text{ (Módulo Resistente Elástico)} = \frac{M_u}{f_{fd}} \text{ (Momento flector)} \\ f_{fd} \text{ (Resistencia de diseño a flexión)}$$

Se busca en tabla un perfil con un Z mayor al calculado

b) Conociendo las dimensiones (**VERIFICACIÓN**):

$$f_{fu} \text{ (tensión originada por } M_f) = \frac{M_u}{Z_x} \text{ (Módulo Resistente Plástico)} \leq f_{fd} \text{ (Resistencia de diseño a flexión)}$$

4) Verificación a corte

$$f_{vu} = \frac{V_u}{d \cdot t_w} \text{ (Corte)} \leq f_{vd} \text{ (Resistencia de diseño a corte)}$$

5) Verificación de deformación

HOY COMENZAMOS EL TP N°7

TRABAJO PRÁCTICO N°7 DIMENSIONADO EN ACERO ENTREGA: 31 de Agosto

GRUPO N°:
TURNO:
DOCENTE:



OBJETIVOS:

- ☒ Reconocer los componentes estructurales para identificar su función dentro de la obra de arquitectura.
- ☒ Desarrollar criterios de diseño estructural que permitan el diseño de estructuras de acero eficientes.
- ☒ Diseñar estructuras de acero ajustadas a las reglamentaciones vigentes.

Casa Poente na Serra Cunha / Cornetta Arquitetura



<https://cornettaarquitetura.com.br/portfolio/casa-na-serra-cunha/>

24 de Agosto:

Se pide:

1. Identificar el comportamiento de la estructura. Sobre el 3D marcar con colores los elementos que trabajan a: flexión (rojo), tracción (verde) y compresión (azul).
2. Realizar el análisis de cargas de la planta de estructuras de techo. Calcular la carga última (q_u)=

PERFILES W



Medida mm x kg/m	Masa Lineal kg/m	d mm	b _f mm	Espesor		h mm	d' mm	Área cm ²	Eje X - X				Eje Y - Y				Calibre in x lb/ft	r _t cm	I _t cm ⁴	Esbeltez	
				t _w mm	t _f mm				I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	Z _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³				Mesa b _f / 2t _f	Alma d' / t _w
W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	635	85,8	6,18	96,4	82	16,4	2,22	25,5	W 6 x 8,5	2,60	1,72	10,20	27,49
W 150 x 18,0	18,0	153	102	5,8	7,1	139	119	23,4	939	122,8	6,34	139,4	126	24,7	2,32	38,5	W 6 x 12	2,69	4,34	7,18	20,48
W 150 x 22,5 (H)	22,5	152	152	5,8	6,6	139	119	29,0	1.229	161,7	6,51	179,6	387	50,9	3,65	77,9	W 6 x 15	4,10	4,75	11,52	20,48
W 150 x 24,0	24,0	160	102	6,6	10,3	139	115	31,5	1.384	173,0	6,63	197,6	183	35,9	2,41	55,8	W 6 x 16	2,73	11,08	4,95	17,48
W 150 x 29,8 (H)	29,8	157	153	6,6	9,3	138	118	38,5	1.739	221,5	6,72	247,5	556	72,6	3,80	110,8	W 6 x 20	4,18	10,95	8,23	17,94
W 150 x 37,1 (H)	37,1	162	154	8,1	11,6	139	119	47,8	2.244	277,0	6,85	313,5	707	91,8	3,84	140,4	W 6 x 25	4,22	20,58	6,64	14,67
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1.305	130,5	8,20	147,9	87	17,4	2,12	27,3	W 8 x 10	2,55	2,05	9,62	39,44
W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	1.686	166,1	8,19	190,6	116	22,7	2,14	35,9	W 8 x 13	2,59	4,02	7,85	29,31
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0	2.029	197,0	8,37	225,5	142	27,9	2,22	43,9	W 8 x 15	2,63	6,18	6,38	27,42
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	2.611	252,3	8,73	282,3	330	49,6	3,10	76,3	W 8 x 18	3,54	7,65	7,92	29,34
W 200 x 31,3	31,3	210	134	6,4	10,2	190	170	40,3	3.168	301,7	8,86	338,6	410	61,2	3,19	94,0	W 8 x 21	3,60	12,59	6,57	26,50

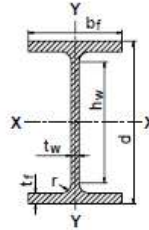
W 200x15

Altura: d=200 mm

Peso: 15 kg/m

PERFILES W

Perfiles I
Serie W
IRAM-IAS
U 500-215-6



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.

J = Módulo de torsión.

Cw = Módulo de alabeo.

X₁, X₂ = Factores de pandeo.

L_p = Longitud lateralmente no arriostrada
límite para desarrollar la capacidad de
plastificación total por flexión.

L_r = Longitud lateralmente no arriostrada
límite para pandeo lateral torsional
inelástico.

Página 7/11

W 16x26

Altura: d=16"

Peso: 26 lb/ft

Designación	Dimensiones						Relaciones		Ag	Peso	X - X					Y - Y						J	Cw	X1	X2 (10) ⁻⁶	Acero F-24			
	d	bf	tf	hw	tw	r ^s	bf/2tf	hw/tw			Ix	Sx	rx	Qx	Zx	Iy	Sy	ry	Qy	1,5.Sy	Zy					Carga Alma		Carga Ala Sup.	
	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					L _p	L _r	L _p	L _r
	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					cm	cm	cm	cm
W16x100	431	265	25,0	346	14,9	23,5	5,29	23,3	189,7	148,8	62018	2868	18,03	1622	3245	7742	585	6,38	450	878	900	322	3195577	23787	21,9	328	1375	295	1169
x89	425	263	22,2	346	13,3	22,2	5,92	26,0	169,0	132,4	54110	2540	17,91	1434	2868	6785	515	6,32	394	772	788	227	2739086	21305	34,3	325	1256	293	1039
x77	420	261	19,3	346	11,6	22,2	6,77	29,9	145,8	114,6	46202	2196	17,78	1229	2458	5744	441	6,27	337	661	674	149	2306723	18478	58,7	322	1130	290	894
x67	415	260	16,9	346	10,0	20,6	7,70	34,5	127,1	99,7	39708	1917	17,68	1065	2130	4953	380	6,25	291	570	582	99,5	1960312	16203	98,7	321	1044	289	781
W16x57	417	181	18,2	346	10,9	22,2	4,98	31,7	108,4	84,8	31550	1511	17,07	860	1721	1794	198	4,06	155	297	310	92,4	714305	18271	71,5	209	738	188	573
x50	413	180	16,0	346	9,85	20,6	5,61	35,9	94,8	74,4	27430	1327	16,97	754	1508	1548	172	4,04	134	258	267	63,3	609576	16134	116	208	686	187	502
x45	410	179	14,4	346	8,76	20,6	6,23	39,5	85,8	67,0	24391	1191	16,89	674	1349	1365	153	3,99	119	230	238	46,2	534386	14617	174	205	648	184	449
x40	407	178	12,8	346	7,75	20,6	6,93	44,7	76,1	59,5	21561	1080	16,84	597	1195	1203	135	3,99	104	203	208	32,9	464567	13031	271	205	619	184	401
x36	403	177	10,9	346	7,49	19,1	8,12	46,2	68,4	53,6	18647	926	16,54	524	1049	1020	115	3,86	88,5	172,1	177	22,5	392062	11721	438	198	586	179	349
W16x31	403	140	11,2	346	6,99	19,1	6,28	49,5	58,8	46,1	15609	773	16,28	442	885	516	73,6	2,97	57,4	110,4	115	19,1	198448	11997	421	153	458	137	275
x26	399	140	8,76	346	6,35	19,1	7,97	54,5	49,5	38,7	12529	629	15,90	362	724	399	57,2	2,84	44,9	85,79	89,8	10,8	151723	10135	860	146	424	132	222
W14x808	580	471	130,0	286	95,0	63,5	1,81	3,01	1529	1202	665970	22942	20,85	15027	30054	229344	9734	12,24	7595	14601	15191	77419	116276030	130311	0,03	629	13593	566	12302
x730	569	454	124,7	286	78,0	55,6	1,82	3,66	1387	1088	595211	20975	20,75	13601	27203	196461	8636	11,91	6686	12954	13372	60354	97209984	120658	0,04	612	12247	551	11083
x665	550	448	114,8	286	71,9	52,4	1,95	3,98	1265	989,6	516127	18845	20,27	12126	24253	173569	7735	11,73	5981	11602	11963	46618	81903439	112385	0,05	603	11237	543	10169
x605	531	442	105,7	286	65,9	49,6	2,09	4,34	1148	900,3	449530	17043	19,81	10815	21631	153173	6932	11,58	5342	10398	10684	36212	69282254	104111	0,07	594	10253	535	9278
x550	514	437	97,0	286	60,5	46,0	2,25	4,73	1045	818,5	392506	15256	19,38	9668	19337	135275	6194	11,40	4777	9291	9554	27888	58809355	97906	0,09	586	9515	527	8610
x500	498	432	88,9	286	55,6	44,4	2,43	5,14	948,4	744,1	341726	13732	19,00	8603	17206	119875	5555	11,25	4277	8333	8554	21394	50216207	90321	0,12	578	8862	520	7837
x455	483	428	81,5	286	51,2	41,3	2,62	5,58	864,5	677,1	299270	12389	18,62	7669	15338	106555	4982	11,13	3835	7473	7669	16441	42965739	84116	0,15	572	7977	515	7216
W14x426	474	424	77,1	286	47,6	39,7	2,75	6,00	808,5	634,0	274713	11586	18,44	7120	14240	98231	4638	11,02	3556	6956	7112	13777	38669165	79290	0,19	567	7451	510	6740
x398	465	421	72,3	286	45,0	38,1	2,92	6,36	754,8	592,3	249739	10750	18,19	6563	13126	90322	4293	10,95	3294	6440	6588	11363	34641127	75153	0,23	563	7015	508	6344
x370	455	418	67,6	286	42,0	36,5	3,10	6,80	703,2	550,6	226430	9947	17,96	6030	12061	82830	3949	10,85	3032	5924	6063	9240	31150161	71016	0,29	558	6568	502	5939
x342	446	416	62,7	286	39,1	34,9	3,31	7,31	651,6	509,0	203953	9160	17,73	5506	11012	75338	3622	10,77	2769	5432	5539	7409	27659194	66190	0,38	554	6061	498	5497
x311	435	412	57,4	286	35,8	33,3	3,59	7,98	599,7	462,8	180228	8292	17,48	4941	9891	67013	3261	10,67	2491	4892	4982	5661	23926546	60812	0,51	548	5537	493	5002
x283	425	409	52,6	286	32,8	31,8	3,89	8,72	537,4	421,2	159833	7522	17,25	4441	8882	59937	2933	10,59	2245	4400	4490	4329	20865237	55985	0,70	544	5064	490	4572
x257	416	406	48,0	286	29,8	30,2	4,23	9,57	487,7	382,5	141519	6801	17,04	3990	7981	53694	2638	10,49	2016	3957	4031	3292	18206732	51435	0,97	539	4612	485	4160