



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# “INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DE UNA PRENSA HIDRÁULICA PARA EL CONFORMADO DE TAPAS DE RECIPENTES A PRESIÓN PARA LA EMPRESA ACINDEC S.A.”

Directores:

Ing. Oswaldo Mariño

Ing. Xavier Rodríguez

Tesistas:

Josué Ortega

Flavio Duque



# DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Con la prensa hidráulica, ACINDEC S.A. se podrá realizar los radios de bombeo para las tapas o cabezas de los recipientes a presión. Con lo cual se reduciría costos de importación de las tapas, los tiempos de espera de llegada de las tapas, contratar empresas externas para realizar solo el radio de bombeo de las tapas. El país contará con la capacidad de alcanzar este proyecto evitando la importación de una prensa.



# OBJETIVOS

- **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar la ingeniería conceptual, básica y de detalle de una prensa hidráulica para el conformado de tapas para recipientes a presión.



## • OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la fuerza necesaria para la deformación plástica del disco de acero.
- Establecer las dimensiones del cilindro hidráulico.
- Seleccionar los componentes de la centralita hidráulica para el accionamiento del cilindro hidráulico.



- Diseñar el marco estructural de la prensa hidráulica.
- Implementar la automatización de la prensa.
- Desarrollar la Ingeniería de Detalle.
- Realizar un análisis Financiero del proyecto



# JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

- Las empresas relacionadas con la fabricación de recipientes a presión garantizan el diseño y la construcción de estos bajo al código ASME sección VIII div. 1 para que este sea estampado, con esto se garantiza un diseño adecuado tanto en materiales, seguridad y funcionamiento para el fluido que va a almacenar el recipiente.
- La elección de las tapas o cabezas de los recipientes son muy importantes ya que el tipo de tapa indica la orientación del recipiente y otros factores influyen.



- Actualmente la empresa importa las tapas ya conformadas con sus 2 radios, pero dependiendo del equipo, se realiza el radio de bombeo en empresas nacionales y el radio de rebordeo se lo realiza en ACINDEC, ya que la empresa cuenta con la máquina para este trabajo.
- ACINDEC S.A. desea realizar este proyecto para desarrollar tecnología en el país y así impulsar el emprendimiento tanto en el ámbito laboral como en el ámbito educativo.



# ALCANCE DEL PROYECTO

La ingeniería conceptual, básica y de detalle de una prensa hidráulica para el conformado de radio de corona, validar su estructura y elementos diseñados en un programa comercial de elementos finitos para cálculo de esfuerzos y flexión. La empresa requiere que la prensa tenga las siguientes características:

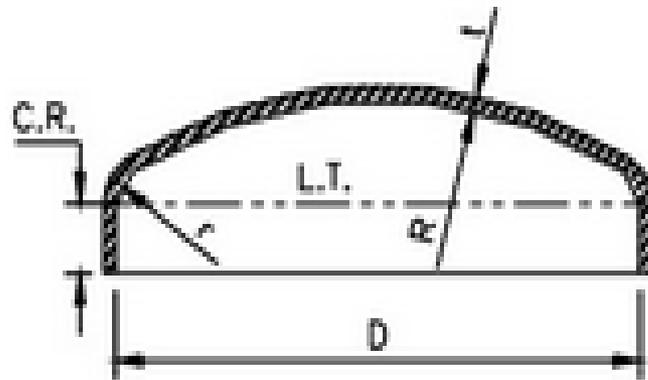


- Ancho de luz de la prensa 4000 mm
- Alto de la prensa 3500 mm
- Materiales a conformar ASTM A36 y ASTM 316
- Espesor del material a conformar hasta 12,7 mm
- Diámetro máximo de tapa a trabajar 3100 mm
- Velocidad de trabajo 8 mm/s
- Trabajo no considera punzón y matriz

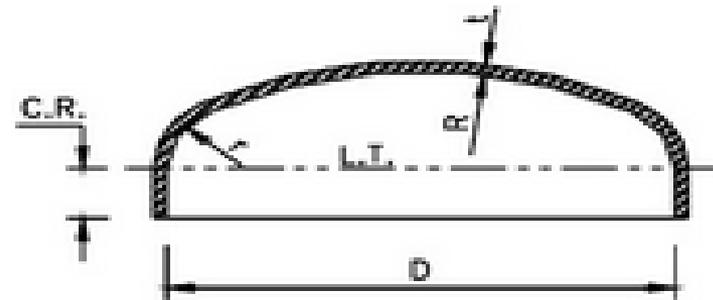


# CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE LAS TAPAS

En la empresa ACINDEC S.A posee la máquina rebordeadora, con la cual se podrá basar para saber cuáles son las medidas mínimas y máximas de las tapas.



Tapa torriesféricas



Tapa semielípticas



- Para tapas torriesféricas:

$$r_{\min} = 0,06 * De$$

$$De = \frac{8}{0,06} = 133,33in = 3386,67mm$$

- Para tapas semielípticas:

$$r = 0,17 * Di$$

$$Di = \frac{8}{0,17} = 47,06in = 1195.3mm$$



# CÁLCULO DE DEFORMACIÓN DE PLACAS CIRCULARES

ASTM A36	Límite de fluencia mínimo		Resistencia a la Tracción			
	MPa	psi	MPa		psi	
	250	36000	Min	Máx.	Min	Máx.
			400	500	58000	72500
ASTM 316	Límite de fluencia mínimo		Resistencia a la Tracción			
	MPa	psi	MPa		psi	
	220	32000	Min	Máx.	Min	Máx.
			485	518	70000	75000



- Diámetro del disco:  $D_o = 300 \text{ mm} = 11,81 \text{ pulg}$
- Espesor del disco:  $t = 12,7 \text{ mm} = 11,81 \text{ pulg}$
- Módulo de Young para el acero:  $E = 210000 \text{ MPa} = 30,46 \times 10^3 \text{ ksi}$
- Límite de fluencia del acero AISI 316:  $\sigma_{\max} = 220 \text{ MPa} = 32 \text{ ksi}$
- Límite de rotura del acero AISI 316:  $\sigma_{\max} = 517,11 \text{ MPa} = 75 \text{ ksi}$
- Coeficiente de Poisson:  $\nu = 0,3$
- Flecha máxima:  $22 \text{ mm} = 0,87 \text{ pulg}$

Constata de deformación

$$D = \frac{E * t^2}{12(1 - \nu^2)}$$

$$D = \frac{210000(12,7)^2}{12(1 - \nu^2)} = 3101730,77 \text{ N}$$



## Carga sobre área

$$\omega_{\max} = \frac{(5 + \nu) * q * (Do/ 2)^4}{64(1 + \nu) * Def}$$

$$q = \frac{\omega_{\max} * 64(1 + \nu) * Def}{(5 + \nu) * (Do/ 2)^4}$$

$$q = \frac{22 * 64(1 + 0,3) * 3101730,77}{(5 + 0,3) * (300 / 2)^4} = 2,12 \frac{N}{mm^2}$$



- Como “q” está repartida en un área multiplicamos por el área del disco para obtener una fuerza puntual.

$$q = 2,12 * \pi \left( \frac{300}{2} \right)^2 = 598276N = 134,5Ton$$

- De este valor calculado se aumentará un 10% debido a la restitución del material, con esto obtenemos:

$$q = 134,5 + 10\% = 147,95[Ton]$$



# Tensión máxima

$$\sigma_{\max} = \frac{3(3 + \nu) * q * (Do / 2)^2}{8 * t^2}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{3(3 + 0,3) * 2,12 * (300 / 2)^2}{8 * (12,7)^2} = 365,28MPa = 52,98ksi$$

$$32ksi < 52,98ksi < 75ksi$$



# CÁLCULO DE LA FUERZA DE DEFORMACIÓN DE LAS TAPAS

El programa simulacion utiliza el modelado mediante la Ley de Krupkovsky-Swift en la cual relaciona la tensión equivalente de Hill-Von Mises y la deformación plástica.

$$\sigma = k(\varepsilon_0 + \varepsilon_p)^n \quad (4)$$

Donde:

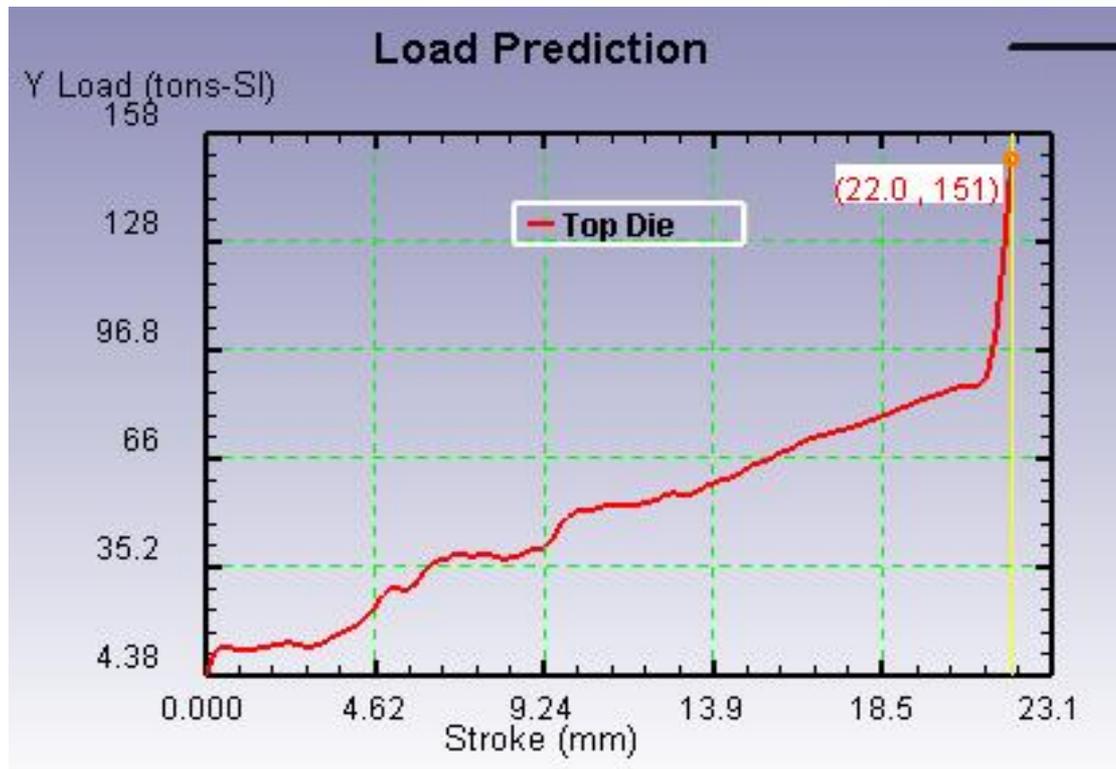
- $\sigma$ : Endurecimiento por deformación [MPa]
- $k$ : Coeficiente de resistencia [N/mm<sup>2</sup>]
- $\varepsilon$ : Deformación unitaria [mm/mm]
- $n$ : Exponente de endurecimiento por deformación [adimensional]



Los parámetros que se tomaron en consideración para calcular la fuerza necesaria para deformar la chapa metálica fueron los siguientes:

- Acero Inoxidable AISI 316
- Espesor de la chapa ½”
- Presión de diseño 3000 psi
- Punzón  $\varnothing$ 200mm (Proveerá la empresa)
- Matriz  $\varnothing$ 300mm (Proveerá la empresa)





La fuerza necesaria para deformar un disco de material ASTM 316 y espesor de 1/2" es de 151 Ton.



Se compara la fuerza de deformación en el software simulación y la fuerza de deformación en placas circulares calculada, se puede evidenciar que la fuerza en el software es mayor ya que este considera más factores para el cálculo.

$$Error\% = \left( \frac{151 - 147,95}{151} \right) * 100\% = 2,02\%$$



# Fuerza de deformación según su espesor

Espesor [plug]	Fuerza de deformación [Ton]	
	ASTM A36	ASTM 316
1/8	8,64	9,25
3/16	19,44	20,81
1/4	34,57	36,99
5/16	54,01	57,79
3/8	77,78	83,22
7/16	105,86	113,27
1/2	138,27	147,95
9/16	175,00	187,25
5/8	216,04	231,17



# CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL CILINDRO

Para el calculo del diámetro del cilindro se consideran los siguientes datos:

- $F_u = 200 \text{ Ton} = 440 \text{ klb}$
- $P = 3 \text{ ksi}$
- $\eta_a = 0,95$

$$F_u = \frac{\pi}{4} * Di^2 * P * \eta_a$$

$$Di = \sqrt{\frac{F_u * 4}{\pi * P * \eta_a}}$$

$$Di = \sqrt{\frac{440 * 4}{\pi * 3 * 0,95}} = 14[in] = 355,6[mm]$$



# Fuerzas de empuje teóricas para cilindros hidráulicos

Cylinder Bore Ø	Piston Area (Sq. In.)	Cylinder Push Stroke Force in Pounds at Various Pressures	
		3000	461820
14.00	153.94		

## Carrera mínima del cilindro

14.00	7.000	2.000
-------	-------	-------

## Dimensiones y montaje del cilindro hidráulico

1 (std.)	7.000	17.13	1.81	2.50	2.50	24	21.75	4.88	4.88	1.41	12.90	18.43	3.50	5.88	15.63	10.88	20.88
----------	-------	-------	------	------	------	----	-------	------	------	------	-------	-------	------	------	-------	-------	-------



# Fuerza de retroceso del Cilindro

$$F_r = \frac{\pi}{4} * (D^2 - dv^2) * P * \eta$$

$$F_r = \frac{\pi}{4} * (14^2 - 7^2) * 3 * 0,95 = 329,04[klbf] = 149,25[Ton]$$



# CÁLCULO DE LA CENTRALITA HIDRÁULICA

$$D_i = 14''$$

$$d_v = 7''$$

$$L_v = 19,69''$$

$$P = 3\text{ksi} = 206,84\text{bar}$$

$$Vel = 8 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 0,31 \frac{\text{in}}{\text{s}}$$

$$Q = A * Vel$$

$$Q = \pi \left( \frac{D_i}{2} \right)^2 * Vel$$

$$Q = \pi \left( \frac{14}{2} \right)^2 * 0,31 = 48,48 \frac{\text{in}^3}{\text{s}} = 47,67 \frac{\text{L}}{\text{min}} = 12,59 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$



$$Q_{\text{retroceso}} = 1,5 * \pi * (Di^2 - Dv^2) * Vel$$

$$Q_{\text{retroceso}} = 1,5 * \pi * \left[ \left( \frac{14 * 25,4}{10} \right)^2 - \left( \frac{7 * 25,4}{10} \right)^2 \right] * \left( \frac{0,31 * 25,4}{1000} \right) = 35,75 \frac{L}{\text{min}} = 9,45 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

$$Vol_{\text{llenado}} = A * Lv$$

$$Vol_{\text{llenado}} = 153,94 * 19,69 = 3030,28 [\text{in}^3] = 13,12 [\text{gal}]$$



$$t_{\text{llenado}} = \frac{Vol_{\text{llenado}}}{Q}$$

$$t_{\text{llenado}} = \frac{13,12}{12,59} = 1,04[\text{min}] = 62,50[\text{s}]$$

$$N_{\text{motor}} = \frac{P * Q}{612 * \eta_t}$$

$$N_{\text{motor}} = \frac{206,84 * 47,67}{612 * 0,9} = 17,9[\text{kW}] = 24,01[\text{HP}]$$



El desplazamiento de la bomba se supone que el motor eléctrico tiene de velocidad máxima de trabajo de 1200 rpm.

$$\text{Desplazamiento} = \frac{Q * 1000}{\text{rev}}$$

$$\text{Desplazamiento} = \frac{47,67 * 1000}{1200} = 39,73 \left[ \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}} \right]$$

$$\frac{39,73}{0,9} = 44,14 \left[ \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}} \right]$$



# SELECCIÓN DE LA BOMBA HIDRÁULICA

Utilizaremos los siguientes los valores:

$$P = 3[ksi] = 206,84[bar]$$

$$Q = 47,67 \left[ \frac{L}{\text{min}} \right] = 12,59 \left[ \frac{\text{gal}}{\text{min}} \right]$$

$$\text{Desplazamiento} = 44,14 \left[ \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}} \right]$$

$$N_{\text{motor}} = 17,9[kW] = 24,01[HP]$$



# WEIGHTING FACTOR

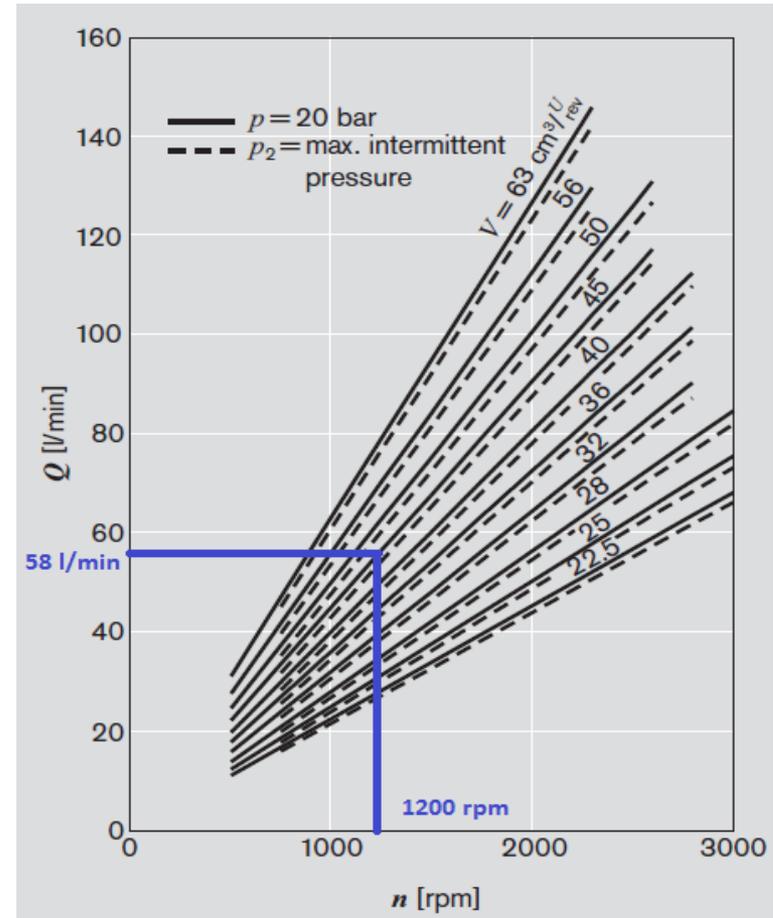
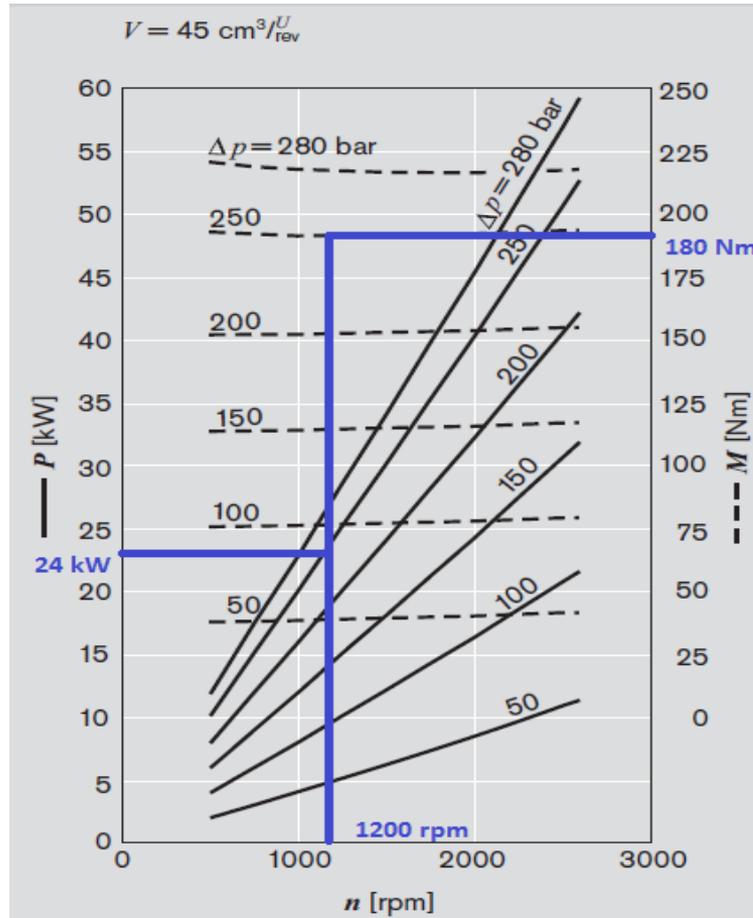
Orden	Criterio	1	2	3	4	5	6	7	8	Punt	Índice	WF
1	Presión	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0,232	0,23
2	Caudal	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	7	0,203	0,23
3	Desplazamiento			0,5	1	1	1	1	1	5	0,145	0,16
4	Potencia			0,5	1	1	1	1	1	5,5	0,159	0,16
5	Velocidad max. de Trabajo			0,5	1	0	1	1	1	4	0,116	0,09
6	Torque			0,5	1	0,5	0	1	1	4	0,116	0,09
7	Precio							0	1	1	0,029	0,04
<b>Total</b>										<b>34,5</b>	<b>1,000</b>	<b>1</b>

# RATING FACTOR

Orden	Criterio	WF	Bosch A10VZO		Parker PGP 6200500		Bosch AZPG 45	
			RF	Valor	RF	Valor	RF	Valor
1	Presión	0,23		7 1,61		6 1,38		10 2,3
2	Caudal	0,23		7 1,61		5 1,15		9 2,07
3	Desplazamiento	0,16		7 1,61		5 1,15		10 2,3
4	Potencia	0,16		7 1,61		6 1,38		8 1,84
5	Velocidad max. de Trabajo	0,09		6 1,38		5 1,15		5 1,15
6	Torque	0,09		7 1,61		6 1,38		8 1,84
7	Precio	0,04		3 0,69		8 1,84		8 1,84
<b>suma</b>		<b>1</b>		<b>10,12</b>		<b>9,43</b>		<b>13,34</b>
<b>Prioridad</b>				<b>2</b>		<b>3</b>		<b>1</b>



# Graficas de características de la bomba de engranajes



# SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DIRECCIONAL

Para la selección ya se sabe el caudal que pasara por la válvula 47,67 l/min

## WEIGHTING FACTOR

Orden	Criterio	1	2	3	4	5	6	7	8	Punt	Índice	WF
1	Presión	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0,302	0,30
2	Caudal	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	7	0,264	0,26
3	Temperatura			0,5	1	1	1	1	1	5	0,189	0,19
4	Diferencia de presiones			0,5	1	1	1	1	1	5,5	0,208	0,21
5	Precio							0	1	1	0,038	0,04
Total										26,5	1,000	1

## RATING FACTOR

Orden	Criterio	WF	atos DHI		Bosch 4WRA		WANDFLUH NG6	
			RF	Valor	RF	Valor	RF	Valor
1	Presión	0,30	7	2,11	7	2,11	10	3,02
2	Caudal	0,26	6	1,81	8	2,42	9	2,72
3	Temperatura	0,19	7	2,11	6	1,81	10	3,02
4	Diferencia de presiones	0,21	6	1,81	6	1,81	8	2,42
5	Precio	0,04	8	2,42	5	1,51	8	2,42
<b>suma</b>		1	10,26		9,66		13,58	
<b>Prioridad</b>			2		3		1	



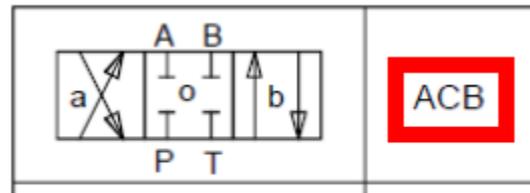


Figura 6-11 Grafico configuración de válvula direccional

$\Delta p = f(Q)$  Pressure drop volume flow characteristics

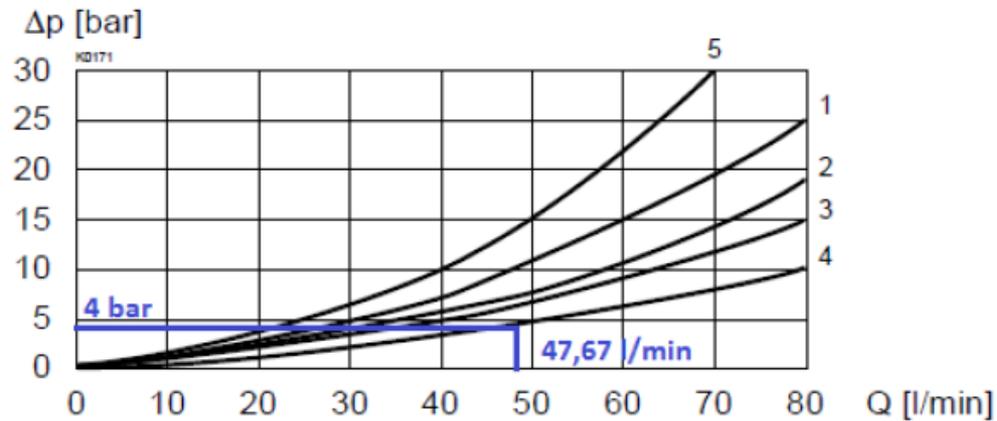


Figura 6-12 Grafico curva de pérdida de presión

Pressure drop Curve no. Symbol	Volume flow direction				
	P - A	P - B	P - T	A - T	B - T
AB1/AB2/AB3	2	2	-	1	1
ACB/AC1/CB2	2	2	-	1	1

Figura 6-13 Grafico dirección de volumen de flujo



# SELECCIÓN DE LA VÁLVULA REGULADORA DE FLUJO ANTIRRETORNO

Los datos que rigen la selección son:

$$P = 3\text{ksi} = 206,84\text{bar}$$

$$Q = 47,67 \frac{L}{\text{min}} = 12,59 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

## WEIGHTING FACTOR

Orden	Criterio	1	2	3	4	5	6	7	8	Punt	Índice	WF	
1	Presión	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0,302	0,30	
2	Caudal	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	7	0,264	0,26	
3	Temperatura			0,5	1	1	1	1	1	5	0,189	0,19	
4	Diferencia de presiones			0,5	1	1	1	1	1	5,5	0,208	0,21	
5	Precio							0	1	1	0,038	0,04	
										Total	26,5	1,000	1



# RATING FACTOR

Orden	Criterio	WF	Bosch 2FRM		Bosch 2FRH		Hawe SEH	
			RF	Valor	RF	Valor	RF	Valor
1	Presión	0,30	10	3,02	8	2,42	7	2,11
2	Caudal	0,26	9	2,72	8	2,42	6	1,81
3	Temperatura	0,19	9	2,72	7	2,11	7	2,11
4	Diferencia de presiones	0,21	9	2,72	8	2,42	7	2,11
5	Precio	0,04	10	3,02	8	2,42	7	2,11
<b>suma</b>		1	14,19		11,77		10,26	
<b>Prioridad</b>			1		3		2	

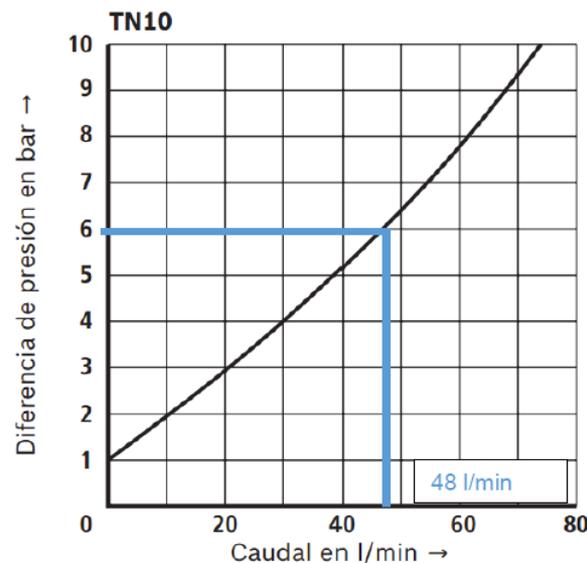


Fig. 3.14 Gráfico curva caudal vs diferencia de presión



# SELECCIÓN VÁLVULA DE ALIVIO

$p = 315 \text{ bar}$

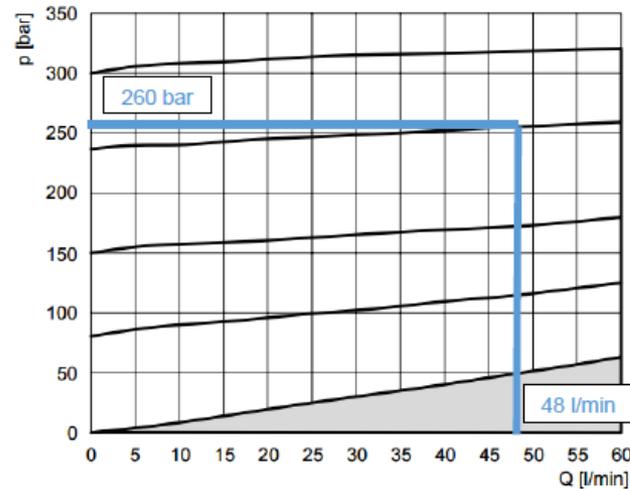


Figura 6-14 Grafico curva caudal vs diferencia de presión

Se observa que la válvula se abrirá a los 260 [bar], los criterios de algunos autores dice que hay q sumar 10 unidades a la presión del sistema. En este caso  $207+10 = 217 \text{ [bar]}$ , esta presión esta por debajo de la presión de la válvula de alivio para los requerimientos de ajuste de la presión del sistema.



# SELECCIÓN DEL FILTRO

En el catálogo de la bomba se encuentra el grado de pureza de 20/18/15 (clase de contaminación que indican el número de partículas por 100 ml de fluido) el cual se rige a la norma ISO 4406

Grados de filtraje	
Presion [bar]	Filtraje [ $\mu$ m]
Hasta 70	de 100 a 125
100	90
140	60
200	20
A partir de 300	10
Condiciones especiales	5,3 y1



## Tipos de filtros

Tamaño de filtrado de 3  $\mu\text{m}$ , 6  $\mu\text{m}$ , 10  $\mu\text{m}$  y 20  $\mu\text{m}$

Filtro tipo	Caudal en l/min [gpm] con $v = 30 \text{ mm}^2/\text{s}$ [142 SUS] y $\Delta p = 0,5 \text{ bar}$ [7.25 psi] <sup>1)</sup>	Conexión	Nro. de material	Conexión	Nro. de material
10TEN0040-H3XLA00-P2,2-M-...	23 [6.1]	..R3	R928041292	..U4	R928041293
10TEN0063-H3XLA00-P2,2-M-...	35 [9.2]	..R4	R928041294	..U9	R928041295
10TEN0100-H3XLA00-P2,2-M-...	52 [13.7]	..R4	R928041296	..U9	R928041297

## Elementos filtrantes

Elemento filtrante			
Material de fibra de vidrio H.XL		Elemento descartable en base a fibra inorgánica	
		Relación de filtrado según ISO 16889 hasta $\Delta p = 5 \text{ bar}$ [72.5 psi]	Limpieza de aceite alcanzable según ISO 4406 (SAE-AS 4059)
Separación de partículas	H20XL	$\beta_{20(c)} \geq 200$	19/16/12 ... 22/17/14
	H10XL	$\beta_{10(c)} \geq 200$	17/14/10 ... 21/16/13
	H6XL	$\beta_{6(c)} \geq 200$	15/12/10 ... 19/14/11
	H3XL	$\beta_{5(c)} \geq 200$	13/10/8 ... 17/13/10
Diferencia de presión admisible A	bar [psi]	30 [435]	

## Compatibilidad con fluidos hidráulicos

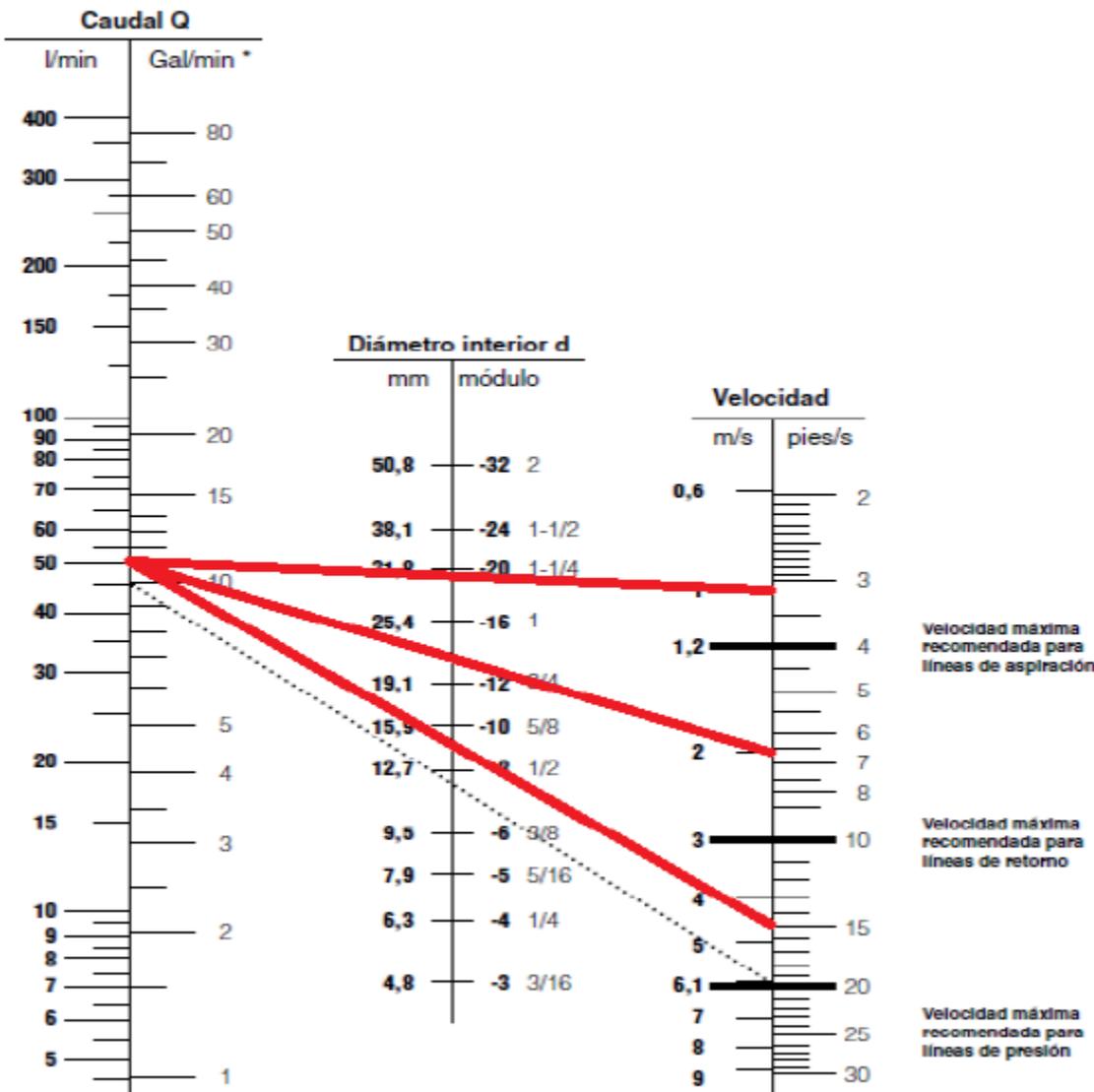
Fluido hidráulico	Clasificación	Materiales de junta adecuados	Normas
Aceite mineral	HLP	NBR	DIN 51524



# SELECCIÓN DE LAS MANGUERAS HIDRÁULICAS Y FLUIDO HIDRÁULICO

La principal característica para la selección es el caudal que va a recorrer el circuito que es 48 [l/min], ya que con esta se hallara el diámetro de la manguera. La centralita hidráulica trabajara a 3000 [psi] en el catálogo hay que verificar la presión de trabajo y la presión de rotura.





En una centralita hidráulica hay 3 tramos de conexiones importantes y de diferentes diámetros de manguera que son :

- Línea de aspiración  $\phi 1\text{-}\frac{1}{4}$ " y longitud 500 mm
- Línea de retorno  $\phi 1$ " y longitud 1000 mm
- Línea de presión  $\phi 5/8$ " y longitud 1000 mm

Figura 6-15 Grafico selección de diámetro manguera hidráulica



## Selección de la manguera hidráulica

XXXXX-XX-XX  Referencia	 Manguera D.I.				 Manguera D.E.	Índices de presión				 min. radio de curvatura	 Peso
	DN	Pulg.	Módulo	mm	mm	Presión máx. de trabajo		Presión de rotura mín.		mm	kg/m
						MPa	psi	MPa	psi		
462ST-4	6	1/4	-4	6,3	13,4	42,5	6500	170,0	24640	75	0,30
462ST-5	8	5/16	-5	7,9	15,0	40,0	5800	160,0	23200	85	0,35
462ST-6	10	3/8	-6	9,5	17,2	35,0	5075	140,0	20000	90	0,42
462ST-8	12	1/2	-8	12,7	20,4	31,0	4450	124,0	17800	125	0,52
<b>462ST-10</b>	<b>16</b>	<b>5/8</b>	<b>-10</b>	<b>15,9</b>	<b>23,9</b>	<b>28,0</b>	<b>4000</b>	<b>112,0</b>	<b>16000</b>	<b>160</b>	<b>0,66</b>
462ST-12	20	3/4	-12	19,1	27,7	28,0	4000	112,0	16000	195	0,86
<b>462ST-16</b>	<b>25</b>	<b>1</b>	<b>-16</b>	<b>25,4</b>	<b>35,4</b>	<b>21,0</b>	<b>3000</b>	<b>84,0</b>	<b>12000</b>	<b>250</b>	<b>1,17</b>
<b>462ST-20</b>	<b>32</b>	<b>1.1/4</b>	<b>-20</b>	<b>31,8</b>	<b>43,0</b>	<b>17,2</b>	<b>2495</b>	<b>68,8</b>	<b>9980</b>	<b>335</b>	<b>1,50</b>



Para el fluido hidráulico nos basaremos en las recomendaciones de la bomba, el filtro y las mangueras, en los cuales tienen en común un fluido hidráulico DIN 51524 Parte 2.

## WEIGHTING FACTOR

Orden	Criterio	1	2	3	4	5	6	7	8	Punt	Índice	WF
1	Viscosidad	0	0,5	1	1	1	1	1	1	6,5	0,232	0,23
2	Temperatura	0,5	0	1	1	1	1	1	1	6,5	0,232	0,23
3	Punto de fluidez			0	1	1	1	1	1	4,5	0,161	0,16
4	Gravedad específica			0,5	0	1	1	1	1	4,5	0,161	0,16
5	Punto de inflamación					0	1	1	1	2,5	0,089	0,09
6	Precio					0,5	0	1	1	2,5	0,089	0,09
7	Almacenamiento							0	1	1	0,036	0,04
Total										28	1,000	1

## RATING FACTOR

Orden	Criterio	WF	Shell Tellus S4 ME		Shell Tellus S2 V		Valvoline Ultra max HLP ZF 46	
			RF	Valor	RF	Valor	RF	Valor
1	Viscosidad	0,23	10	2,3	10	2,3	6	1,38
2	Temperatura	0,23	9	2,07	9	2,07	8	1,84
3	Punto de fluidez	0,16	10	2,3	10	2,3	5	1,15
4	Gravedad específica	0,16	10	2,3	10	2,3	4	0,92
5	Punto de inflamación	0,09	10	2,3	10	2,3	5	1,15
6	Precio	0,09	2	0,46	7	1,61	9	2,07
7	Almacenamiento	0,04	5	1,15	10	2,3	7	1,61
suma		1	12,88		15,18		10,12	
Prioridad			2		1		3	

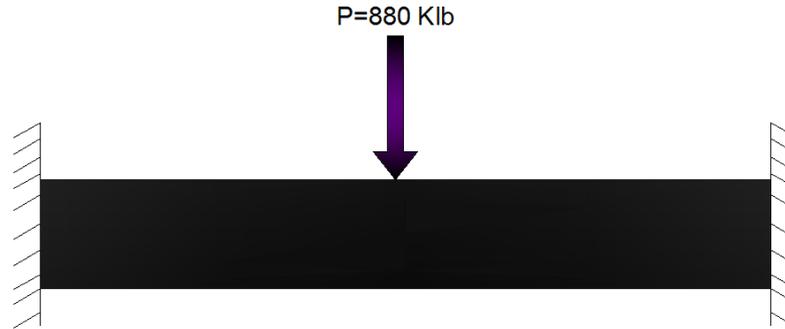


# RESUMEN DE LA PARTE HIDRÁULICA

Ítem	Elemento	Modelo / Marca	Descripción
1	Cilindro hidráulico	Parker	Di=14", Dv=7", P=3 ksi, F= 209 Ton, Lv=19,69"
2	Bomba hidráulica	Bosch AZPG 45	1200 rpm, Q=58 l/min, N=24 kW, Pmax=250 bar
3	Válvula direccional	Wandfluh NG6	Centro bloqueado, Q=80 l/min, Pmax= 350 bar
4	Válvula reguladora de flujo	Bosch 2FRM	Qmax= 50 l/min, Pmax= 315 bar
5	Válvula de alivio	DB 6 DPW7-1X780V	Qmax= 48 l/min, Pmax= 206 bar
6	Filtro	Bosch 10TEN0100-H3XLA00-P2,2-M	20 µm, Qmax=58 l/min
7	Mangueras hidráulicas	462ST-10, 462ST-16, 46ST-20	Línea de aspiración ø1-1/4", retorno ø1", presión ø5/8"
8	Fluido hidráulico	Shell Tellus S4 ME	DIN 51524 Parte 2 tipo HLP
9	Depósito	-----	250 l



# PREDISEÑO DE LA VIGA



$$P_u = 1.6 \cdot P_L$$

$$P_u = 1.6 \cdot 880$$

$$P_u = 1408 \text{ Klb}$$

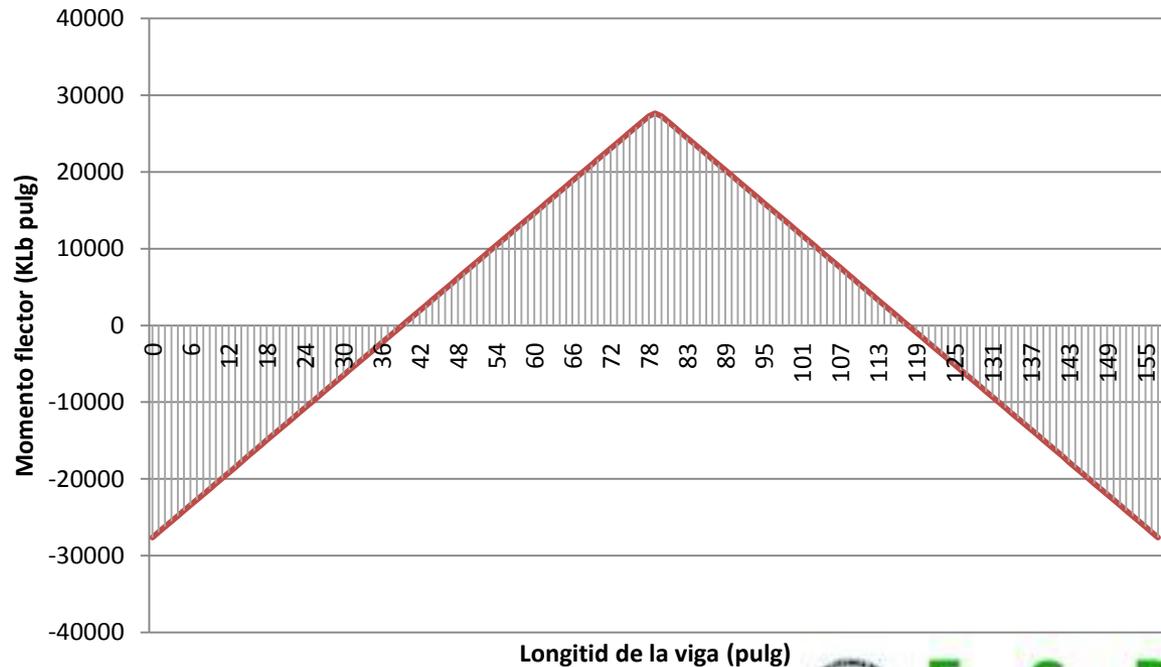
$$M_u = \frac{P_u L}{8} \left( \frac{4x}{L} - 1 \right)$$

$$M_u = \frac{1408 \cdot 157}{8} \left( \frac{4 \cdot \frac{157}{2}}{157} - 1 \right)$$

$$M_u = 27632 \text{ Klb pulg}$$

$$M_u = M_n$$

Diagrama de momento flector



# PREDISEÑO DE LA VIGA

- Selección del material y perfil:

$$M_u = M_n \quad \phi_b M_n = \phi_b F_y Z \quad 27720 = 0.9 \cdot F_y \cdot Z \quad Z (F_y) = \frac{30800}{F_y} \quad \frac{Z}{2} = \frac{15400}{F_y}$$

Material	Fy (Ksi)	Z/2 (pulg3)	Z/2(cm3)
ASTM A36	36	427.78	7010.02
ASTM A572 gr 50	50	308	5047.21

Proveedor	Designación	d (mm)	tw (mm)	bf (mm)	tf (mm)	Z (cm³)
IPAC	IPN 600	600	12	220	19	3512.0
DIPAC	IPN 550	550	19	200	30	3405.1
NOVACERO	IPN 300	300	10.8	125	16.8	642.6

Proveedor	Designación	d (mm)	tw (mm)	bf (mm)	tf (mm)	Z (cm³)
IPAC	UPN 300	300	10	100	16	633.96
DIPAC	UPN 300	300	10	100	16	633.96
NOVACERO	UPN 300	300	10	100	16	633.96



# PREDISEÑO DE LA VIGA

Material	Fy (Ksi)	Z/2 (pulg <sup>3</sup> )	Z/2(cm <sup>3</sup> )
ASTM A36	36	427.78	7010.02
ASTM A572 gr 50	50	308	5047.21

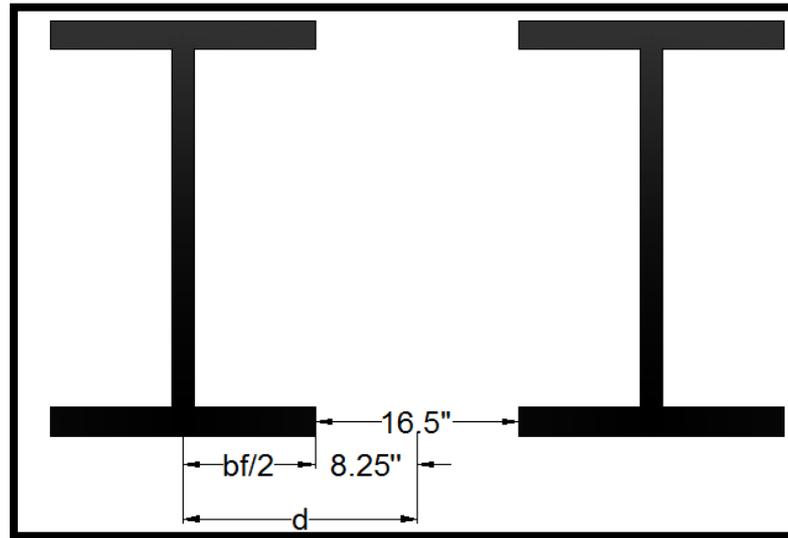
Designación	d (pulg)	tw (pulg)	bf (pulg)	tf (pulg)	Z (pulg <sup>3</sup> )
W12X252	15.4	1.4	13	2.25	428
W14X257	16.4	1.18	16	1.89	486

Designación	d (pulg)	tw (pulg)	bf (pulg)	tf (pulg)	Z (pulg <sup>3</sup> )
C15X50	15	0.716	3.72	0.65	68.5



# PREDISEÑO DE LA VIGA

- Zona de pandeo elástico:



$$A_t = 148 \text{ pulg}^2$$

$$I_y = 828 \text{ pulg}^4$$

$$d = 8.25 + b_f/2$$

$$d = 8.25 + \frac{13}{2}$$

$$d = 14.75 \text{ pulg}$$

$$I_{yt} = 2I_y + 2(A_t \cdot d^2)$$

$$I_{yt} = 2 \cdot 828 + 2(148 \cdot 14.75^2)$$

$$I_{yt} = 66054.5 \text{ pulg}^4$$



# PREDISEÑO DE LA VIGA

$$r_y = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{51680}{148}} \quad L_p = 1.76 \cdot 21.13 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$

$$r_y = 21.13 \text{ pulg} \quad L_p = 1055.31 \text{ pulg}$$

$$L_b < L_p$$

$$157 < 1055.31$$



# PREDISEÑO DE LA VIGA

- Elementos esbeltos, compactos o no compactos
  - Alma

$$\frac{h}{t_w} = \frac{9.125}{1.4} = 6.52$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$

$$\lambda_p = 106.72 \quad \Rightarrow \quad 6.52 < 106.72$$

- Patines

$$\frac{b}{t} = \frac{13/2}{2.25} = 2.89$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$

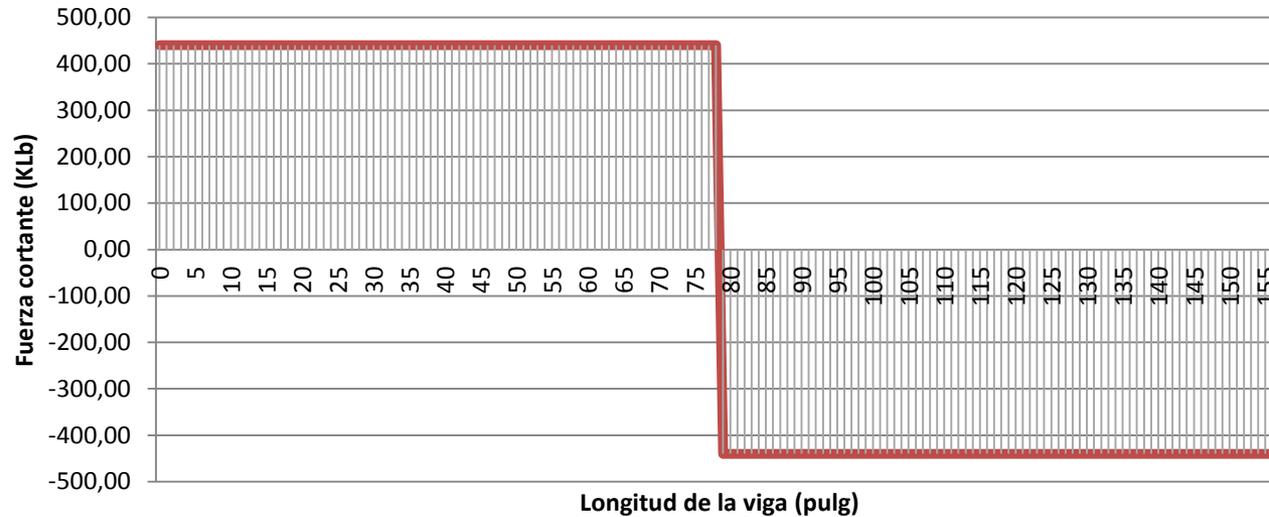
$$\lambda_p = 10.79 \quad \Rightarrow \quad 2.89 < 10.79$$



# PREDISEÑO DE LA VIGA

- Análisis de la fuerza cortante en la viga:

Diagrama de Fuerza cortante



$$V(x) = \frac{dM(x)}{dx}$$

$$V_u = \frac{P}{2}$$

$$V'_u = 704 \text{ KLb}$$

$$V_u = \frac{d}{dx} \left( \frac{Px}{2} + M_2 \right)$$

$$V_u = 440 \text{ KLb}$$



# PREDISEÑO DE LA VIGA

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$



$$C_v = 1$$



$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 0.6 \cdot 36 \cdot (15.4 \cdot 1.4) \cdot 1$$

$$\frac{9.125}{1.4} \leq 2.24 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$

$$\phi V_n = 931.39 \text{ KLb}$$

$$931.39 \text{ KLb} \geq 704 \text{ KLb}$$



# PRE DISEÑO DE LA COLUMNA



$$P_u = 704 \text{ Klb}$$

$$\frac{KL}{r} = 40$$

KL/r	Fy=36 Ksi		Fy=50 Ksi	
	Fcr/Q	ΦFcr	Fcr/Q	ΦFcr
	Ksi	Ksi	Ksi	Ksi
	ASD	LRFD	ASD	LRFD
40	19.8	29.8	26.6	40

$$A_g(\phi F_{cr}) = \frac{P_u}{\phi F_{cr}}$$

$$A_g = \frac{704}{\phi F_{cr}}$$

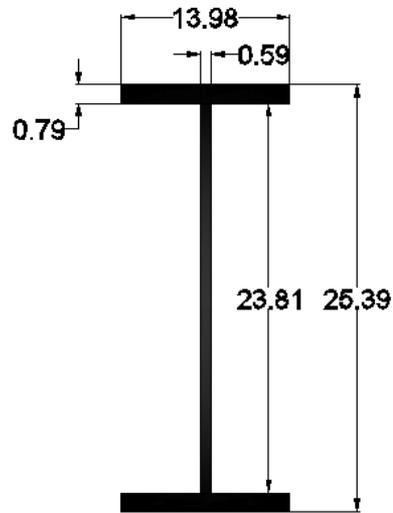
Material	Ag (pulg <sup>2</sup> )	Ag (cm <sup>2</sup> )
ASTM A36	23.62	152.41
ASTM A572 gr 50	17.60	113.55

Proveedor	Designación	A (cm <sup>2</sup> )
IPAC	IPE 600	156
DIPAC	IPE 550	213
NOVACER	IPE 300	69
O		
ACINDEC	PERFIL 645 x 330 x 20 x 15	233.16

Proveedor	Designación	A (cm <sup>2</sup> )
IPAC	UPN 300	58.8
DIPAC	UPN 300	58.8
NOVACERO	UPN 300	58.8



# PRE DISEÑO DE LA COLUMNA



$$A = 36.14 \text{ pulg}^2$$

$$I_x = 4006.57 \text{ pulg}^4$$

$$A_t = 72.28 \text{ pulg}^2$$

$$I_{xt} = 8013.14 \text{ pulg}^4$$

$$I_y = 664.81 \text{ pulg}^4$$

$$r_x = 10.53 \text{ pulg}$$

$$I_{yt} = 18115.49 \text{ pulg}^4$$

$$r_y = 15.83 \text{ pulg}$$

$$\frac{KL}{r_x} = \frac{1 \cdot 138}{10.53}$$

$$P_n = A \cdot \phi F_{cr}$$

$$\Rightarrow \phi F_{cr} = 32.2 \text{ ksi}$$

$$P_n = 32.2 \cdot 72.28$$

$$2327.18 \text{ Klb} > 704 \text{ Klb}$$

$$\frac{KL}{r_x} = 13.11$$

$$P_n = 2327.18 \text{ Klb}$$



# PRE DISEÑO DE LA COLUMNA

- Elementos esbeltos y no esbeltos
  - Patines

$$\frac{b}{t} = \frac{13.98/2}{0.79} = 8.85$$

$$\lambda_r = 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_r = 15.89$$



$$8.85 < 15.89$$

$$\lambda_r = 0.56 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$

– Alma

$$\frac{h}{t_w} = \frac{23.81}{0.59} = 40.36$$

$$\lambda_r = 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_r = 42.29$$



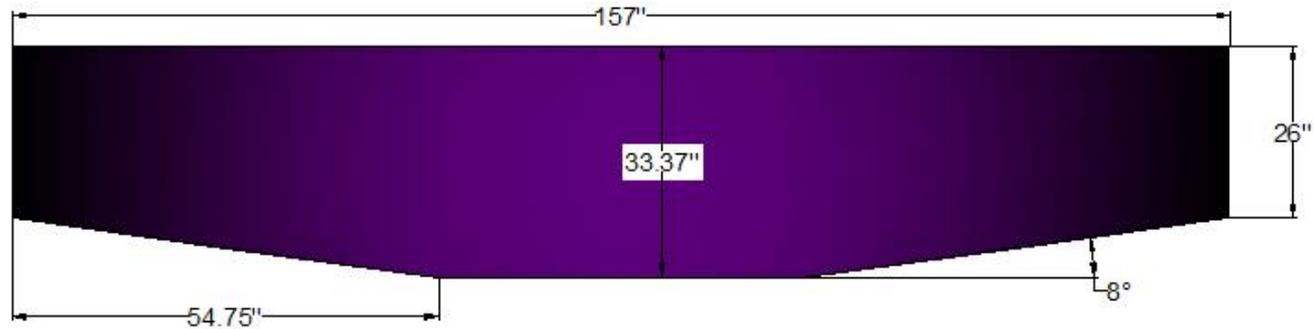
$$40.36 < 42.29$$

$$\lambda_r = 1.49 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$



# DISEÑO DE LA VIGA CON SECCIÓN VARIABLE EN UN PÓRTICO CON SOPORTES FIJOS Y CARGA PUNTAL EN EL CENTRO

- Diseño de la viga por momento flector



– Calculo de constantes 1

$$\phi' = \frac{\min I_{1-2}}{\min I_{2-3}} \cdot \frac{L}{h}$$

$$\Theta_{12} = \alpha_{12} + \alpha_{21} + 2\beta_{12}$$

$$t = \left( \frac{25.5}{33.37} \right)^3$$

$$v = \frac{54.75}{157}$$

$$\Theta_{23} = 2(\alpha_{23} + \beta_{23})$$

$$\phi' = \frac{8013.14}{1336.71} \cdot \frac{157.5}{118}$$

$$\Theta_{12} = 4 + 4 + 2 \cdot 2$$

$$t = 0.44$$

$$v = 0.35$$

$$\Theta_{23} = 2(2.2 + 1.3)$$

$$\Theta_{12} = 12$$

$$\Theta_{23} = 7$$

$$\phi' = 7.99$$

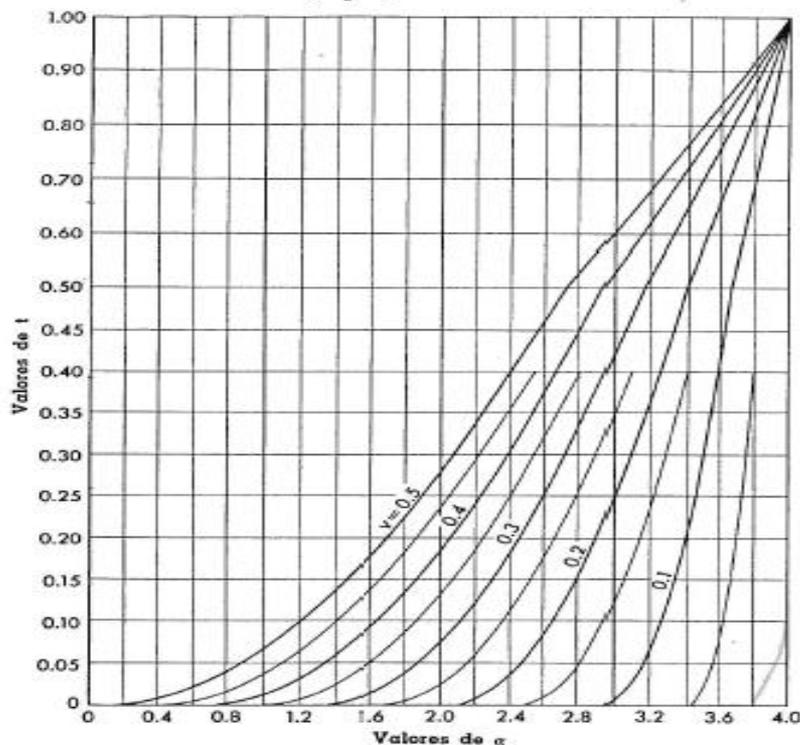


**GRAFICA 1. VALORES DEL PARAMETRO ELASTICO  $\alpha$ , para cualquier extremo de miembros simétricos con cartelas rectas**



Para notas explicativas, véase página 469  
 Los valores de los parámetros  $\alpha$  están determinados por la ecuación

$$\alpha = \frac{12}{E} \int_0^{l_h} (l - x)^2 dx$$

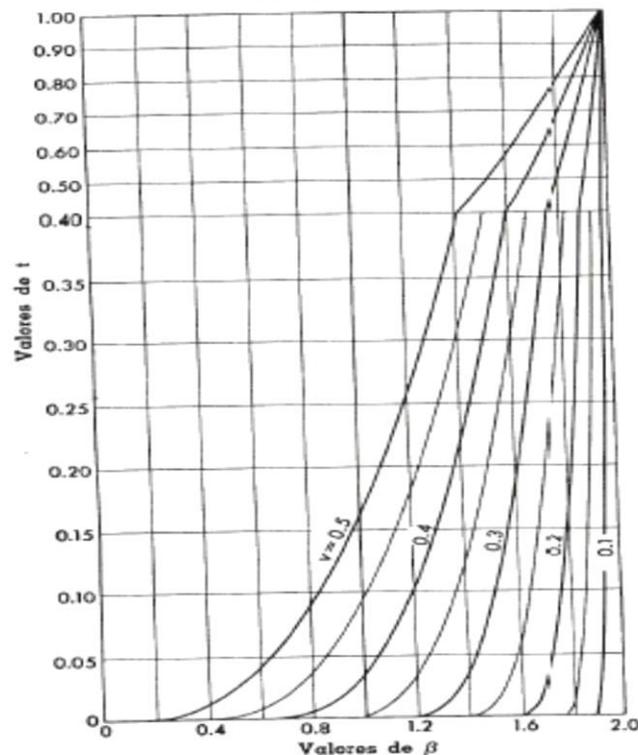


**GRAFICA 2. VALORES DEL PARAMETRO ELASTICO  $\beta$ , para cualquier extremo de miembros simétricos con cartelas rectas**



Para notas explicativas, véase página 469  
 Los valores del parámetro  $\beta$  están determinados por la ecuación

$$\beta = \frac{12}{E} \int_0^{l_h} (l - x)x dx$$



# DISEÑO DE LA VIGA CON SECCIÓN VARIABLE EN UN PÓRTICO CON SOPORTES FIJOS Y CARGA PUNTAL EN EL CENTRO

– Calculo de las constantes 2

$$A = \frac{\beta_{12}}{\alpha_{12}} \quad B = 2\theta_{12} + \phi\theta_{23} \quad D = \left(\frac{B}{2}\right) - 2\phi\beta_{23} \quad F = B - \frac{2(\alpha_{12} + \beta_{12})^2}{\alpha_{12}}$$

$$A = \frac{2}{4} \quad B = 2 \cdot 12 + 7.99 \cdot 7 \quad D = \frac{79.95}{2} - 2 \cdot 7.99 \cdot 1.3 \quad F = 79.95 - \frac{2(4 + 2)^2}{4}$$

$$A = \frac{1}{2} \quad B = 79.95 \quad D = 19.19 \quad F = 61.95$$

$$K = \frac{2L\phi}{F} R_{23} \quad R_{23} = 0.598$$

$$K = \frac{2 \cdot 157 \cdot 7.99}{61.95} \cdot 0.598$$

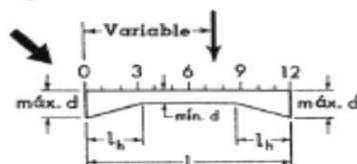
$$K = 23.91$$



**TABLA 1. VALORES DE LA CONSTANTE DE CARGA R, para el extremo izquierdo de miembros simétricos con cartelas rectas; carga concentrada**

$$v = \frac{l_h}{l}$$

$$t = \left( \frac{\text{mín } d}{\text{máx } d} \right)^2$$



Para notas explicativas, véase página 469

Los valores de la constante R están determinados por la ecuación

$$R = \frac{12}{Pl^3} \int_0^{l_0} M(l-x) dx$$

v	t	Carga en un punto											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0.50	0.00												
	0.03	0.055	0.107	0.154	0.194	0.223	0.233	0.212	0.175	0.134	0.090	0.046	
	0.05	0.068	0.133	0.190	0.235	0.268	0.276	0.252	0.211	0.162	0.109	0.054	
	0.10	0.095	0.180	0.252	0.308	0.343	0.349	0.319	0.269	0.208	0.140	0.071	
	0.20	0.132	0.245	0.335	0.401	0.437	0.438	0.402	0.341	0.265	0.181	0.091	
	0.50	0.200	0.373	0.491	0.572	0.605	0.594	0.553	0.475	0.372	0.256	0.130	
	1.00	0.293	0.509	0.656	0.740	0.769	0.750	0.689	0.593	0.468	0.324	0.166	
0.40	0.00	0.050	0.102	0.152	0.203	0.252	0.270	0.246	0.197	0.148	0.098	0.049	
	0.03	0.097	0.191	0.280	0.356	0.410	0.419	0.388	0.323	0.246	0.164	0.083	
	0.05	0.109	0.214	0.307	0.388	0.440	0.448	0.413	0.346	0.264	0.178	0.089	
	0.10	0.131	0.252	0.355	0.438	0.488	0.492	0.455	0.384	0.295	0.200	0.100	
	0.20	0.161	0.304	0.420	0.505	0.552	0.551	0.509	0.431	0.335	0.227	0.114	
	0.50	0.227	0.401	0.536	0.625	0.661	0.652	0.600	0.515	0.406	0.280	0.143	
	1.00	0.293	0.509	0.656	0.740	0.769	0.750	0.689	0.593	0.468	0.324	0.166	
0.35	0.00	0.077	0.155	0.232	0.308	0.370	0.382	0.354	0.290	0.218	0.146	0.072	
	0.03	0.120	0.235	0.344	0.437	0.492	0.497	0.460	0.389	0.296	0.199	0.100	
	0.05	0.131	0.254	0.370	0.462	0.514	0.518	0.479	0.406	0.311	0.209	0.104	
	0.10	0.150	0.289	0.410	0.504	0.553	0.553	0.511	0.436	0.335	0.227	0.114	
	0.20	0.178	0.335	0.462	0.556	0.601	0.598	0.551	0.472	0.366	0.248	0.125	
	0.50	0.235	0.421	0.562	0.650	0.686	0.676	0.620	0.533	0.421	0.288	0.148	
	1.00	0.293	0.509	0.656	0.740	0.769	0.750	0.689	0.593	0.468	0.324	0.166	
0.30	0.00	0.104	0.211	0.316	0.418	0.475	0.480	0.449	0.377	0.284	0.190	0.095	
	0.03	0.144	0.283	0.413	0.515	0.564	0.565	0.523	0.448	0.344	0.230	0.115	
	0.05	0.154	0.300	0.433	0.534	0.581	0.580	0.536	0.458	0.355	0.239	0.119	
	0.10	0.169	0.329	0.466	0.564	0.610	0.605	0.562	0.480	0.372	0.252	0.126	
	0.20	0.193	0.366	0.508	0.604	0.646	0.640	0.590	0.505	0.395	0.269	0.136	
	0.50	0.244	0.440	0.580	0.672	0.707	0.695	0.638	0.548	0.433	0.300	0.152	
	1.00	0.293	0.509	0.656	0.740	0.769	0.750	0.689	0.593	0.468	0.324	0.166	



# DISEÑO DE LA VIGA CON SECCIÓN VARIABLE EN UN PÓRTICO CON SOPORTES FIJOS Y CARGA PUNTAL EN EL CENTRO

## — Calculo de momentos

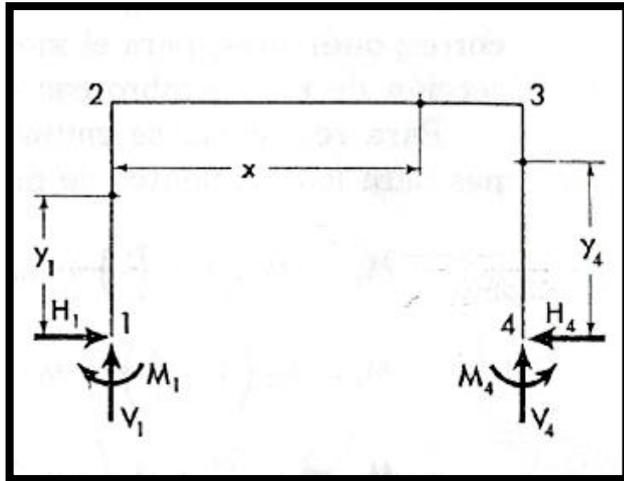
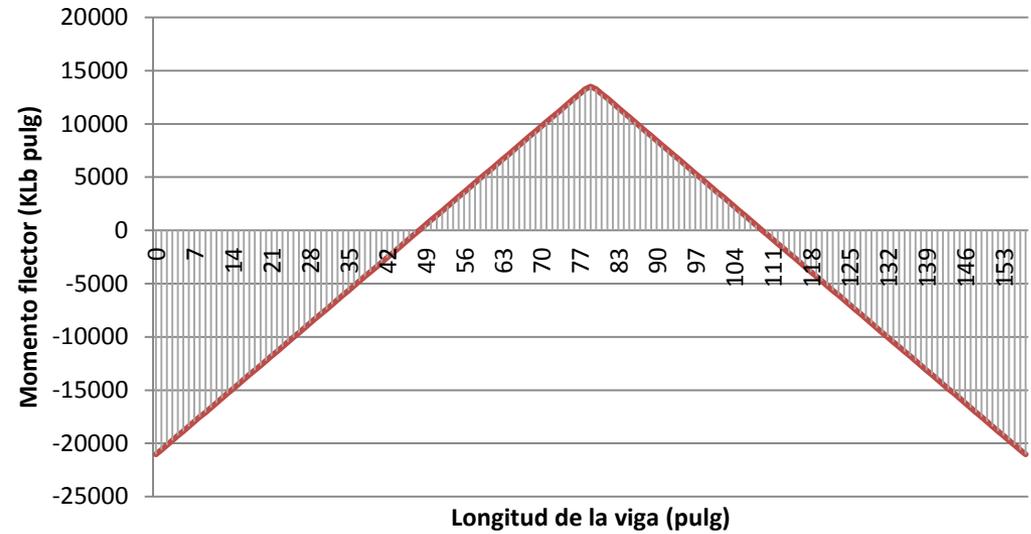


Diagrama de Momento Flector



$$x \leq \frac{L}{2} \quad M_x = \frac{Px}{2} + M_2$$

$$M_2 = M_3 = -PK$$

$$M_1 = M_4 = PAK$$

$$M_2 = M_3 = -880 \cdot 24.3$$

$$M_1 = M_4 = 880 \cdot 0.5 \cdot 24.3$$

$$M_x = \frac{880x}{2} - 21044.89$$

$$M_2 = M_3 = -21044.89 \text{ Klb pulg} \quad M_1 = M_4 = 10692.3 \text{ Klb pulg}$$



# DISEÑO DE LA VIGA CON SECCIÓN VARIABLE EN UN PÓRTICO CON SOPORTES FIJOS Y CARGA PUNTAL EN EL CENTRO

## – Selección del perfil

$$M(0) = M_{max} = M_2$$

$$M_{max} = -21384.59 \text{ Klb pulg}$$

$$Z = 1039.26 \text{ pulg}^3$$

$$\frac{Z}{2} = 519.63 \text{ pulg}^3$$

Designación	d (pulg)	tw (pulg)	bf (pulg)	tf (pulg)	Z (pulg <sup>3</sup> )
W24x192	25.5	0.81	13	1.46	559

## – Zona de pandeo

$$A = 56.3 \text{ pulg}^2$$

$$A_t = 112.6 \text{ pulg}^2$$

$$I_y = 530 \text{ pulg}^4$$

$$I_{yt} = 50055.07 \text{ pulg}^4$$

$$r_y = 21.08 \text{ pulg}$$

$$L_p = 1053.21 \text{ pulg}$$

$$157 \text{ pulg} < 1053.21 \text{ pulg}$$



# DISEÑO DE LA VIGA CON SECCIÓN VARIABLE EN UN PÓRTICO CON SOPORTES FIJOS Y CARGA PUNTAL EN EL CENTRO

- Elementos esbeltos, compactos o no compactos

## – Alma

$$\frac{h}{t_w} = \frac{20.75 + 9.7}{0.81}$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$

$$25.04 < 106.72$$

$$\frac{h}{t_w} = 37.59$$

$$\lambda_p = 106.72$$

## – Patines

$$\frac{b}{t} = 8.9$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$

$$8.9 < 10.79$$

$$\lambda_p = 10.79$$



# DISEÑO DE LA VIGA CON SECCIÓN VARIABLE EN UN PÓRTICO CON SOPORTES FIJOS Y CARGA PUNTAL EN EL CENTRO

– Deflexión de la viga

$$\Delta_{max} = \frac{1}{1200} \cdot L$$

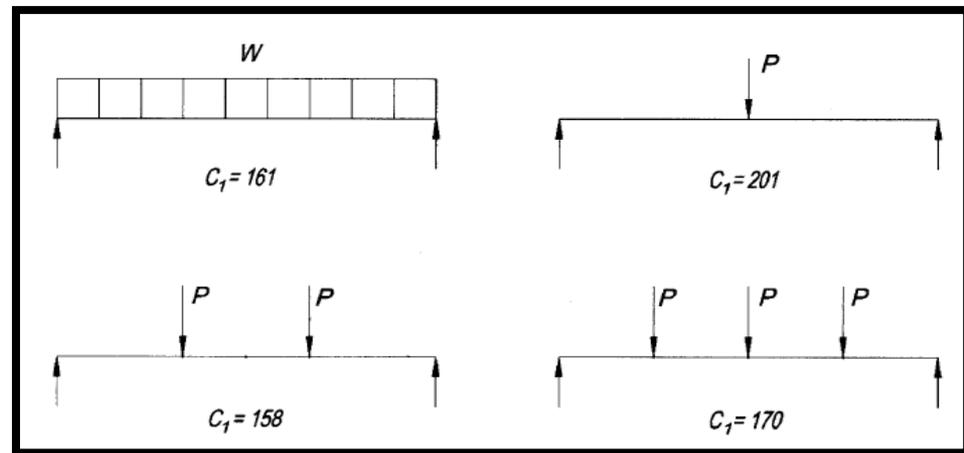
$$\Delta_{max} = \frac{1}{1200} \cdot 157$$

$$\Delta_{max} = 0.13 \text{ pulg}$$

$$\Delta = \frac{ML^2}{C_1 I_x}$$

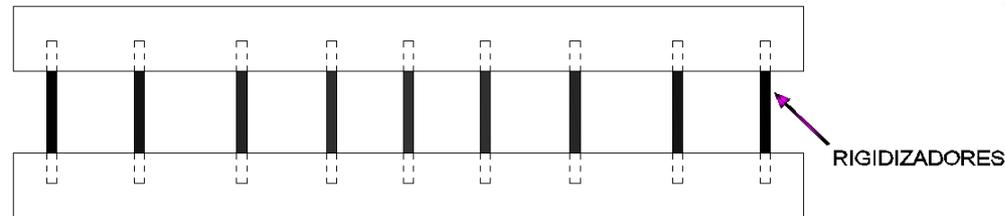
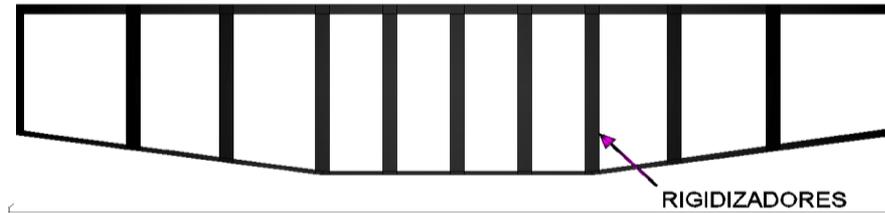
$$\Delta = \frac{1782 \cdot 152^2}{201 \cdot 12520}$$

$$\Delta = 0.12 \text{ pulg}$$



# DISEÑO DE LA VIGA CON SECCIÓN VARIABLE EN UN PÓRTICO CON SOPORTES FIJOS Y CARGA PUNTAL EN EL CENTRO

- Rigidizadores



$$a = 25 \cdot t_a$$

$$a = 25 \cdot \frac{5}{8}$$

$$a = 15.63 \text{ pulg}$$

$$I_{at} = at^3 \left[ \frac{2.5}{(a/h)^2} - 2 \right] \geq 0.5at^3$$

$$I_{at} = 15.63 \cdot 0.81 \left[ \frac{2.5}{(165.63/30.45)^2} - 2 \right] \geq 0.5 \cdot 15.63 \cdot 0.81^3$$

$$I_{at} = 23.84 \geq 4.15$$

$$t_{at} + \frac{t_w}{2} \geq \frac{t_f}{2}$$

$$\frac{5}{8} + \frac{0.8}{2} \geq \frac{1.46}{2}$$

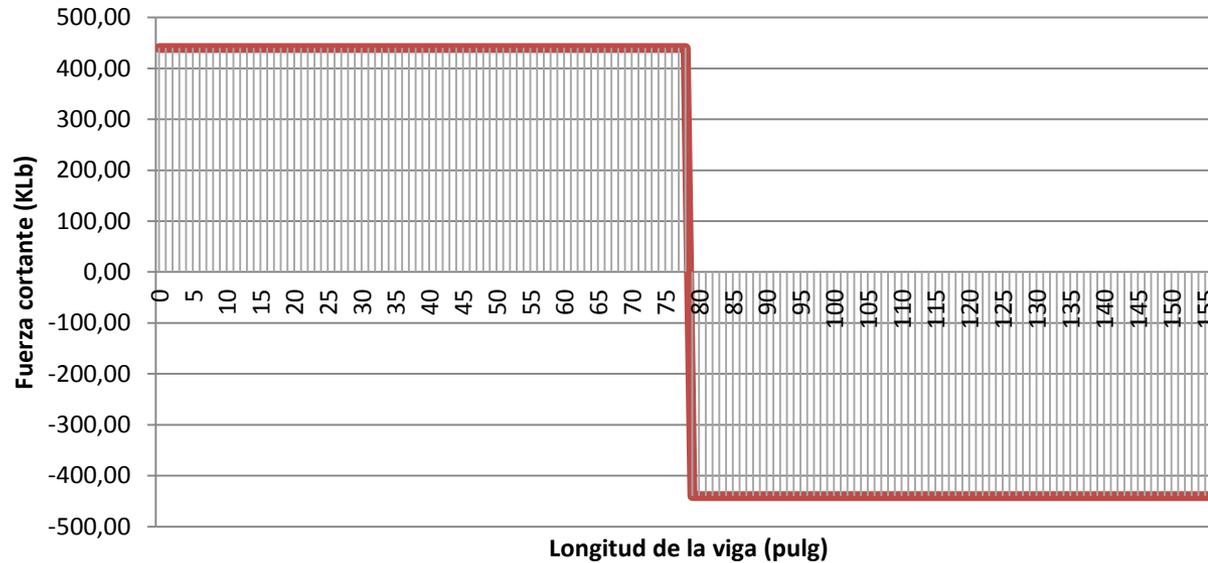
$$1.03 \text{ pulg} \geq 0.73 \text{ pulg}$$



# DISEÑO DE LA VIGA CON SECCIÓN VARIABLE EN UN PÓRTICO CON SOPORTES FIJOS Y CARGA PUNTAL EN EL CENTRO

- Diseño de la viga por cortante

Diagrama de Fuerza cortante



$$V_u = \frac{dM(x)}{dx} = \frac{Px}{2} + M_2$$

$$V'_u = \frac{880 \cdot 1.6}{2}$$

$$V_u = \frac{P}{2}$$

$$V'_u = 704 \text{ Klb}$$



# DISEÑO DE LA VIGA CON SECCIÓN VARIABLE EN UN PÓRTICO CON SOPORTES FIJOS Y CARGA PUNTAL EN EL CENTRO

$$k_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2}$$

$$k = 5 + \frac{5}{(15.63/20.75)^2}$$

$$k = 13.82$$

$$h/t_w \leq 1.1 \sqrt{k_v E / F_y}$$

$$25.61 \leq 116.05$$

$$\Rightarrow C_v = 1$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$37.59 \leq 63.57$$

$$\Rightarrow \phi = 1$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 0.6 \cdot 36 \cdot (2 \cdot 25.5 \cdot 0.81) \cdot 1$$

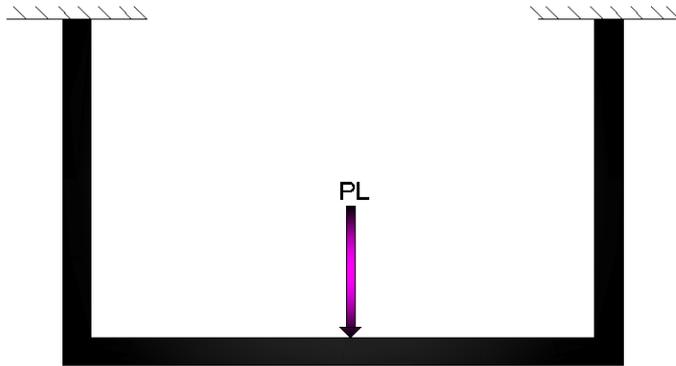
$$\phi V_n = 892.3 \text{ Klb}$$

$$892.3 \text{ Klb} > 704 \text{ Klb}$$



# DISEÑO DE LA VIGA DE SECCIÓN CONSTANTE INFERIOR DEL PÓRTICO

- Diseño de la viga por momento flector



Designación	d (pulg)	tw (pulg)	bf (pulg)	tf (pulg)	Z (pulg <sup>3</sup> )
2W24x192	25.5	0.81	13	1.46	1118

$$\phi_b M_n = \phi_b F_y Z$$

$$\phi M_n = 0.9 \cdot (2 \cdot 559) \cdot 36$$

$$\phi M_n = 36223.2 \text{ Klb pulg}$$

– Calculo de las constantes

$$\phi' = \frac{I_{1-2}}{I_{2-3}} \cdot \frac{L}{h}$$

$$\phi' = \frac{8013}{12520} \cdot \frac{157}{138}$$

$$\phi' = 1.46$$

$$F = 6 \left( 2 + \frac{1}{\phi} \right)$$

$$F = 6 \left( 2 + \frac{1}{1.46} \right)$$

$$F = 16.1$$



# DISEÑO DE LA VIGA DE SECCIÓN CONSTANTE INFERIOR DEL PÓRTICO

– Calculo de los momentos flectores

$$M_2 = M_3 = -\frac{3PL}{2F}$$

$$M_2 = -12910.31 \text{ Klb pulg}$$

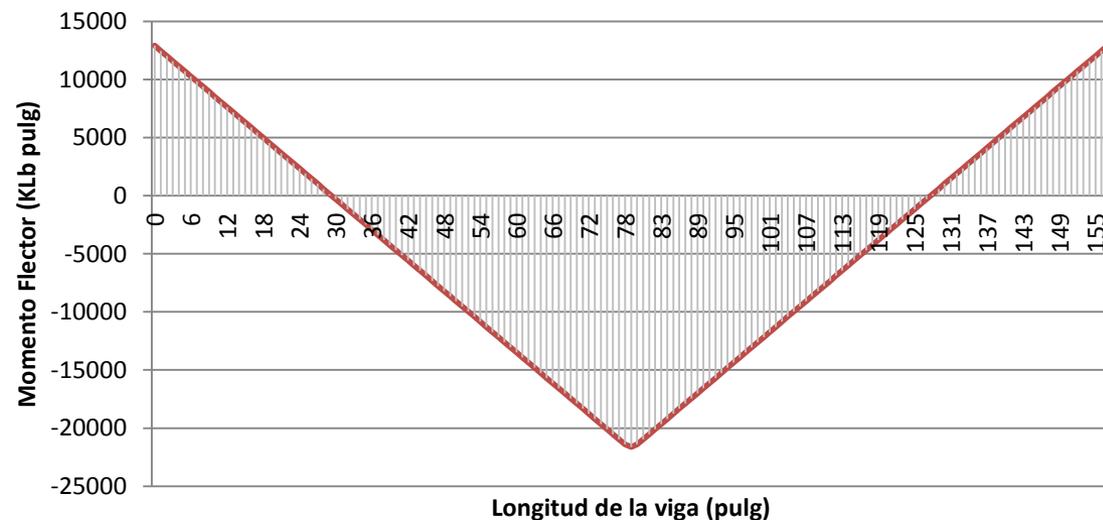
$$M_x = \frac{Px}{2} + M_2 \quad \text{cuando } x \leq \frac{L}{2}$$

$$M(x) = \frac{880x}{2} + (-12910.31)$$

$$M_u = 21629.69 \text{ Klb pulg}$$

$$M'_u = 34607.5 \text{ Klb pulg}$$

Diagrama de momento flector



$$\phi M_n > M'_u$$

$$36223.2 \text{ Klb pulg} > 34607.5 \text{ Klb pulg}$$



# DISEÑO DE LA VIGA DE SECCIÓN CONSTANTE INFERIOR DEL PÓRTICO

## – Deflexión de la viga

$$\Delta_{max} = 0.13 \text{ pulg}$$

$$\Delta = \frac{1782 \cdot 152^2}{201 \cdot 12520} \quad \Delta = 0.1233 \text{ pulg}$$

- Diseño de la viga por cortante

$$V_u = \frac{-P}{2}$$

$$\frac{20.75}{0.81} \leq 1.1 \sqrt{\frac{13.82 \cdot 29000}{36}}$$

$$\longrightarrow C_v = 1$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 0.6 \cdot 36 \cdot (2 \cdot 25.5 \cdot 0.81) \cdot 1$$

$$V_u' = \frac{880 \cdot 1.6}{2}$$

$$25.61 \leq 116.05$$

$$\phi V_n = 892.3 \text{ Klb}$$

$$V_u' = 704 \text{ Klb}$$

$$\frac{20.75}{0.81} \leq 2.24 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$

$$\longrightarrow \phi = 1$$

$$892.3 \text{ Klb} > 704 \text{ Klb}$$

$$k = 13.82$$

$$25.61 \leq 63.57$$



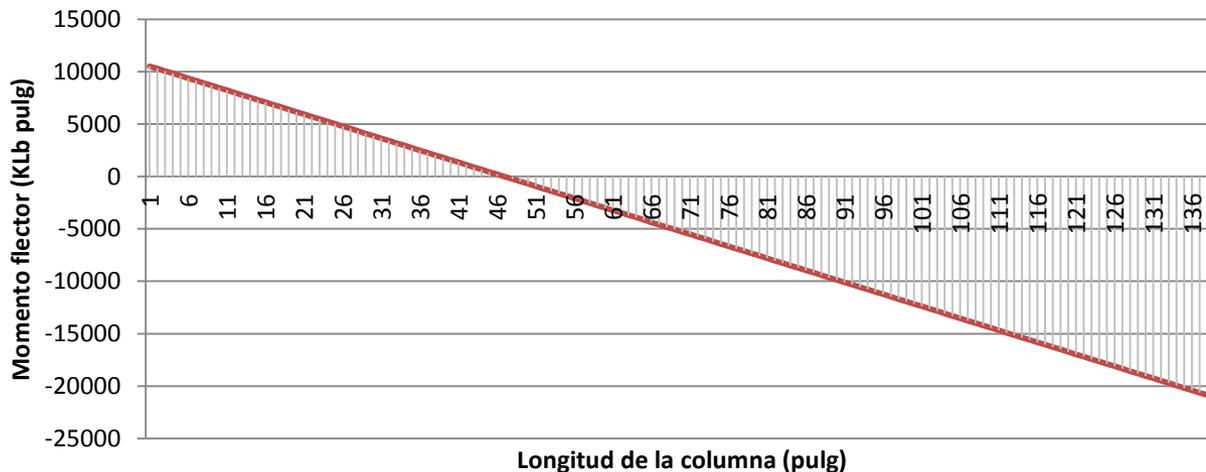
# DISEÑO DE LAS COLUMNAS CON SECCIÓN CONSTANTE EN UN PÓRTICO CON SOPORTES FIJOS Y CARGA PUNTAL EN EL CENTRO

- Diseño de las columnas en combinación de esfuerzos

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_y}{F_y} + \frac{f_z}{F_z} \leq 1$$

$$M_{y1} = 10692.3 \left(1 - \frac{y}{138}\right) + (-21384.59) \frac{y}{138}$$

Diagrama de Momento Flector



$$M_{y1} = -21384.59 \text{ Klb}$$



# DISEÑO DE LAS COLUMNAS CON SECCIÓN CONSTANTE EN UN PÓRTICO CON SOPORTES FIJOS Y CARGA PUNTAL EN EL CENTRO

- Calculo de  $f_a$  (esfuerzo de compresión producido en la columna) y  $F_a$  (esfuerzo de compresión que resiste la columna)

$$f_a = \frac{1.6 \cdot P}{A}$$

$$f_a = \frac{440 \cdot 1.6}{72.27}$$

$$f_a = 9.74 \text{ ksi}$$

$$KL/r \leq 4.71 \sqrt{(E/F_y)}$$

$$11.2 \leq 133.68$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$F_e = 1666.35 \text{ ksi}$$

$$F_{cr} = \left[ 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y$$

$$\phi F_{cr} = 32.19 \text{ ksi}$$

$$F_a = \phi F_{cr}$$



# DISEÑO DE LAS COLUMNAS CON SECCIÓN CONSTANTE EN UN PÓRTICO CON SOPORTES FIJOS Y CARGA PUNTAL EN EL CENTRO

- Cálculo de  $f_x$  (esfuerzo flector producido en la columna) y  $F_x$  (esfuerzo flector que resiste la columna)

$$f_x = \frac{M_{y1}}{S_x}$$

$$f_x = \frac{21384.59}{631.2}$$

$$f_x = 33.83 \text{ ksi}$$

$$\phi F_x = \phi \cdot 0.7 \cdot S_x$$

$$\phi F_x = 0.9 \cdot 0.7 \cdot 631.2$$

$$\phi F_x = 397.5 \text{ ksi}$$

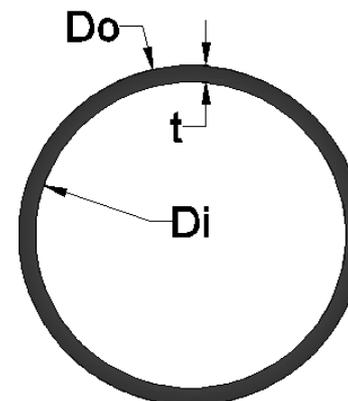
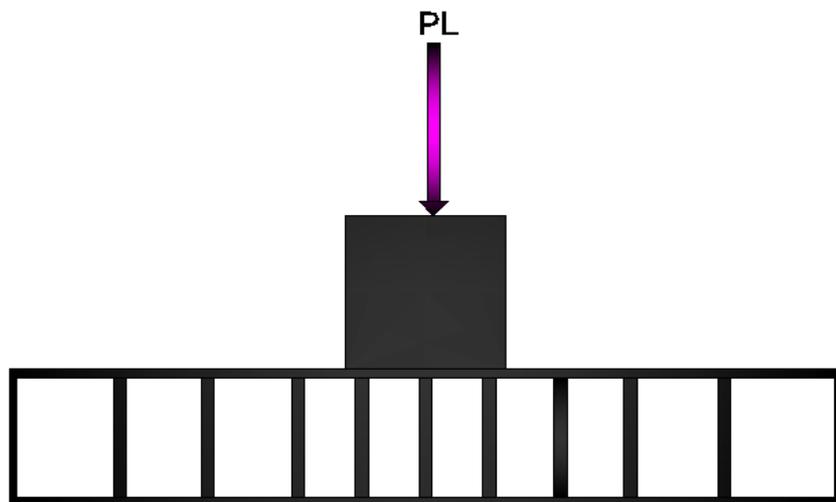
- Reemplazo de los valores en la ecuación general de esfuerzos combinados

$$\frac{9.74}{32.19} + \frac{33.83}{397.5} \leq 1$$

$$0.39 \leq 1$$



# DISEÑO DE LA MESA DONDE SE COLOCARA LA MATRIZ



Proveedor	Designación	Do (mm)	Di (mm)	t (mm)	A (cm <sup>2</sup> )	Ix=Iy (cm <sup>4</sup> )	rx (cm)
IPAC	20" Ced. 20 (tubería sin costura)	508	488.96	9.52	14908.52	463231861	173.18
ACINCEC	20" NPS SCH 40	508	477.77	14.45	23401.73	711313053	174.34
IPAC	20" Ced. 40 (tubería sin costura)	457	428.75	14.27	19651.23	482286956	156.66
ACINCEC	18" NPS SCH 40	457	428.75	14.27	19651.23	482286956	156.66



# DISEÑO DE LA MESA DONDE SE COLOCARA LA MATRIZ

$$D_o = 20 \text{ pulg}$$

$$D_i = 18.81 \text{ pulg}$$

$$t = 0.569 \text{ pulg}$$

$$A = 36.15 \text{ pulg}^2$$

$$I_x = I_y = 1703.71 \text{ pulg}^4$$

$$r_x = 6.86 \text{ pulg}$$

$$P_u = 1408 \text{ KLb}$$

$$\frac{KL}{r_x} = \frac{2.1 \cdot 37.79}{6.86}$$

$$\frac{20}{0.569} < 0.11 \frac{29000}{36}$$

$$\frac{KL}{r_x} = 11.56$$

$$33.72 < 88.61$$

$$KL/r \leq 4.71 \sqrt{(E/F_y)}$$

$$11.56 \leq 133.68$$

$$F_e = 681.69 \text{ ksi}$$

$$F_{cr} = \left[ 0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

$$\phi F_{cr} = 31.69 \text{ ksi}$$

$$P_n = 31.69 \cdot 36.15$$

$$P_n = 1145.8 \text{ KLb}$$

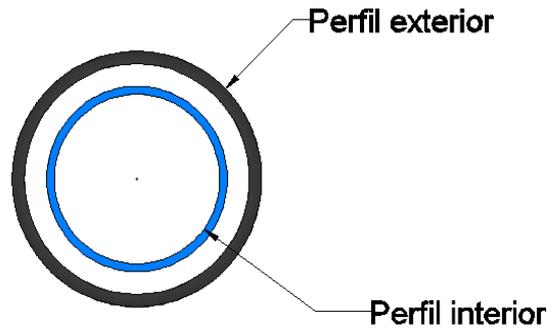
$$P_n < P_u$$

$$1145.8 \text{ KLb} < 1408 \text{ KLb}$$



# DISEÑO DE LA MESA DONDE SE COLOCARA LA MATRIZ

- Refuerzo del perfil circular



$$D_o = 18 \text{ pulg}$$

$$D_i = 16.88 \text{ pulg}$$

$$t = 0.562 \text{ pulg}$$

$$A = 30.79 \text{ pulg}^2$$

$$I_x = I_y = 1171.49 \text{ pulg}^4$$

$$r_x = 6.17 \text{ pulg}$$

$$\frac{D}{t} < 0.11 \frac{E}{F_y}$$

$$\frac{18}{0.562} < 0.11 \frac{29000}{36}$$

$$32.03 < 88.61$$

$$I_{xt} = 2875.19 \text{ pulg}^4$$

$$A_t = 66.94$$

$$r_{xt} = 6.55 \text{ pulg}$$

$$\left(\frac{KL}{r_{xt}}\right)_t = \frac{2.1 \cdot 37.79}{6.55}$$

$$\left(\frac{KL}{r_{xt}}\right)_t = 12.11$$

$$KL/r \leq 4.71 \sqrt{E/F_y}$$

$$12.11 \leq 133.68$$

$$F_e = 621.33 \text{ ksi}$$

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e}\right] F_y$$

$$\phi F_{cr} = 31.62 \text{ ksi}$$

$$P_n = 31.62 \cdot 66.94$$

$$P_n = 2155.55 \text{ KLb}$$

$$2155.55 \text{ KLb} > 1408 \text{ KLb}$$



# CÁLCULO DE LA SOLDADURA

- Soldadura de rigidizadores y costillas con el perfil de la columna
  - **Espesor rigidizador: 5/8 pulg**
  - **Espesor alma: 0.59 pulg**
  - **Longitud de la soldadura del alma-rigidizador: 23.81 pulg**
  - **Longitud de la soldadura del patín-rigidizador: 6.69 pulg**

$$t = \frac{5}{8} \text{ pulg}$$

$$t' = \frac{5}{8} - \frac{1}{16}$$

$$t' = \frac{9}{16} \text{ pulg}$$

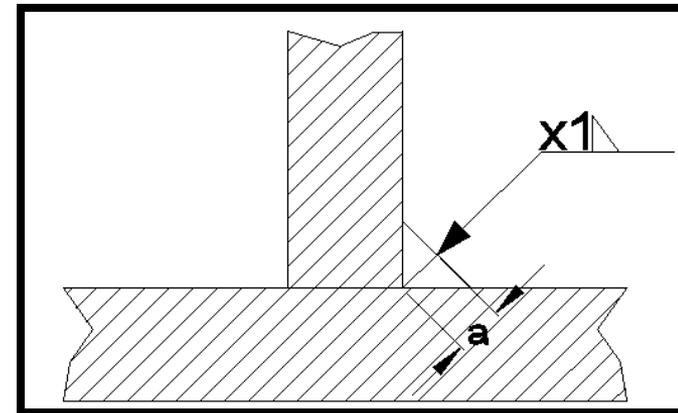
$$A_f = a \cdot L$$

$$A_f = \frac{9}{16} \cdot 0.707 \cdot 23.81 \quad A_{f1} = \frac{9}{16} \cdot 0.707 \cdot 6.69$$

$$A_f = 9.47 \text{ pulg}^2 \quad A_{f1} = 2.66 \text{ pulg}^2$$

$$A_{ft} = 2 \cdot 9.47 + 2.66 \cdot 4$$

$$A_{ft} = 42.22 \text{ pulg}^2$$



# CÁLCULO DE LA SOLDADURA

- Electrodo para la soldadura: E7018

$$\sigma = \frac{V_u \cdot 1.6}{0.75 \cdot A_{ft}}$$

$$\sigma = \frac{704}{0.75 \cdot 42.22}$$

$$\sigma = 22.23 \text{ ksi}$$

$$\sigma_{elect} > \sigma$$

$$70 \text{ ksi} > 22.23 \text{ ksi}$$

- Resistencia de la soldadura en la estructura
  - Viga inferior

	Espesor 1 (pulg)	Espesor 2 (pulg)	Proceso	$\sigma_{elect} (ksi)$	t'(pulg)	L(pulg)	$A_n (pulg^2)$	$\frac{\sigma}{\phi} (ksi)$
Rigidizadores	0.63	0.81	SMAW	70	0.57	22.58	39.46	23.79
Alma- patín	0.81	1.46	SMAW	70	0.75	157.48	471.51	1.99
Alma -placa	0.81	2.00	SMAW	70	0.75	22.58	33.80	27.77
Mesa- alas	1.46	2.00	SMAW	70	1.40	42.50	118.84	7.90



# CÁLCULO DE LA SOLDADURA

– Viga superior

	Esesor 1 (pulg)	Esesor 2 (pulg)	Proceso	$\sigma_{elect}$ (ksi)	t'(pulg)	L(pulg)	$A_n$ (pulg <sup>2</sup> )	$\frac{\sigma}{\phi}$ (ksi)
Rigidizadores	0.63	0.81	SMAW	70	0.57	23.74	40.77	23.02
Alma- patín	0.81	1.46	GMAW	70	0.75	157.48	235.76	3.98
Alma -placa	0.81	2.00	SMAW	70	0.75	22.58	33.80	27.77
Placas sujeción- alas	1.46	2.00	SMAW	70	1.40	42.50	118.84	7.90

– Patín central – lateral

	Esesor 1 (pulg)	Esesor 2 (pulg)	Proceso	$\sigma_{elect}$ (ksi)	t'(pulg)	L(pulg)	$A_n$ (pulg <sup>2</sup> )	$\frac{\sigma}{\phi}$ (ksi)
Patín lateral-central	1.46	1.46	SMAW	70	1.34	6.09	16.28	57.66



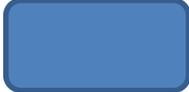
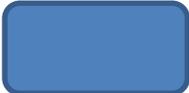
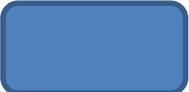
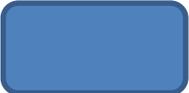
# CÁLCULO DE LA SOLDADURA

## – Mesa

	Espesor 1 (pulg)	Espesor 2 (pulg)	Proceso	$\sigma_{elect}$ (ksi)	t'(pulg)	L(pulg)	$A_{ff}$ (pulg <sup>2</sup> )	$\frac{\sigma}{\phi}$ (ksi)
Tubo 20"	0.594	2	SMAW	70	0.47	125.66	118.00	7.96
Tubo 18"	0.562	2	SMAW	70	0.44	113.10	98.85	9.50
Placa-tubo 20"	0.594	2	SMAW	70	0.47	125.66	118.00	7.96



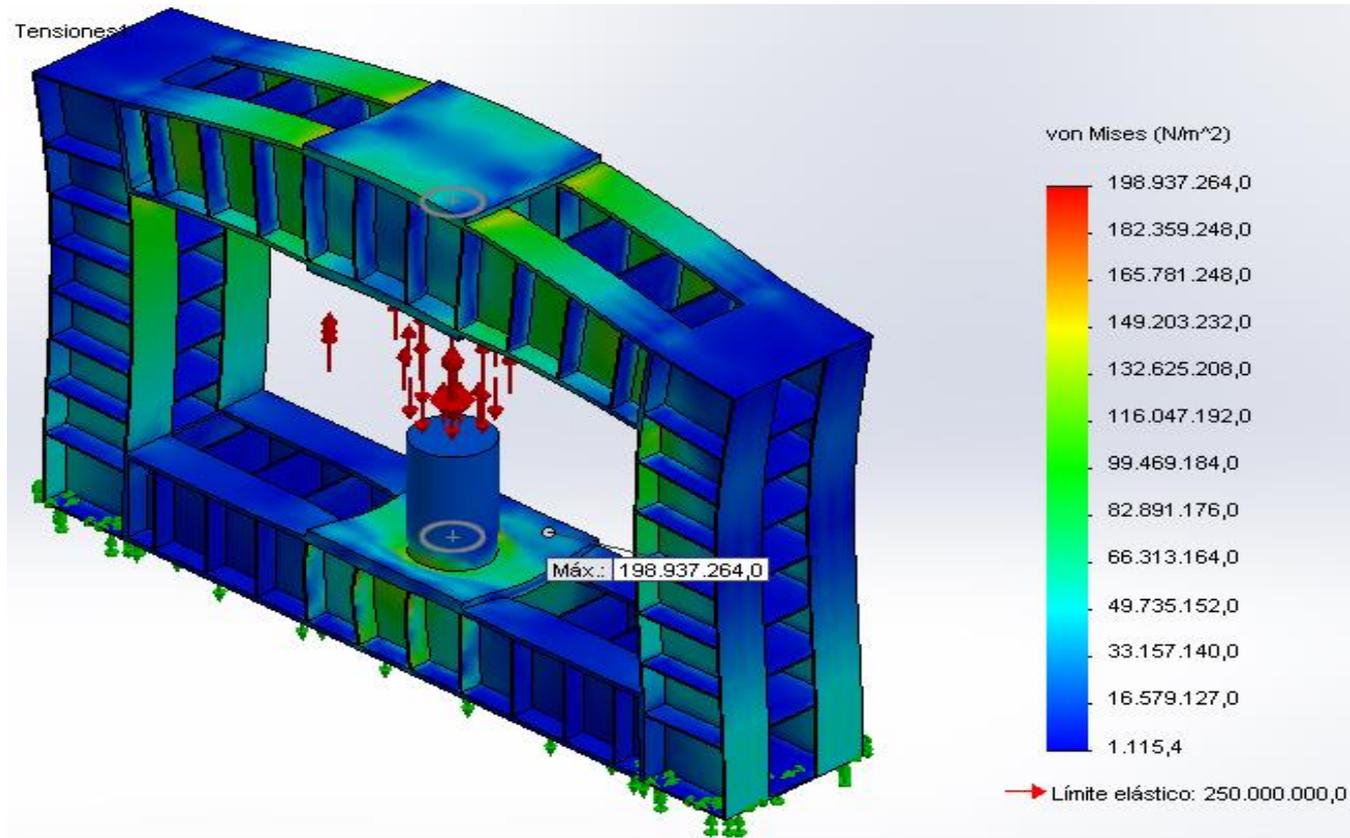
# INGENIERÍA DE DETALLE

- Planos de conjunto y de la estructura metálica de la prensa hidráulica y WPS 
- Hoja de procesos y montaje 
- Plano eléctrico 
- Manual de operación y mantenimiento 

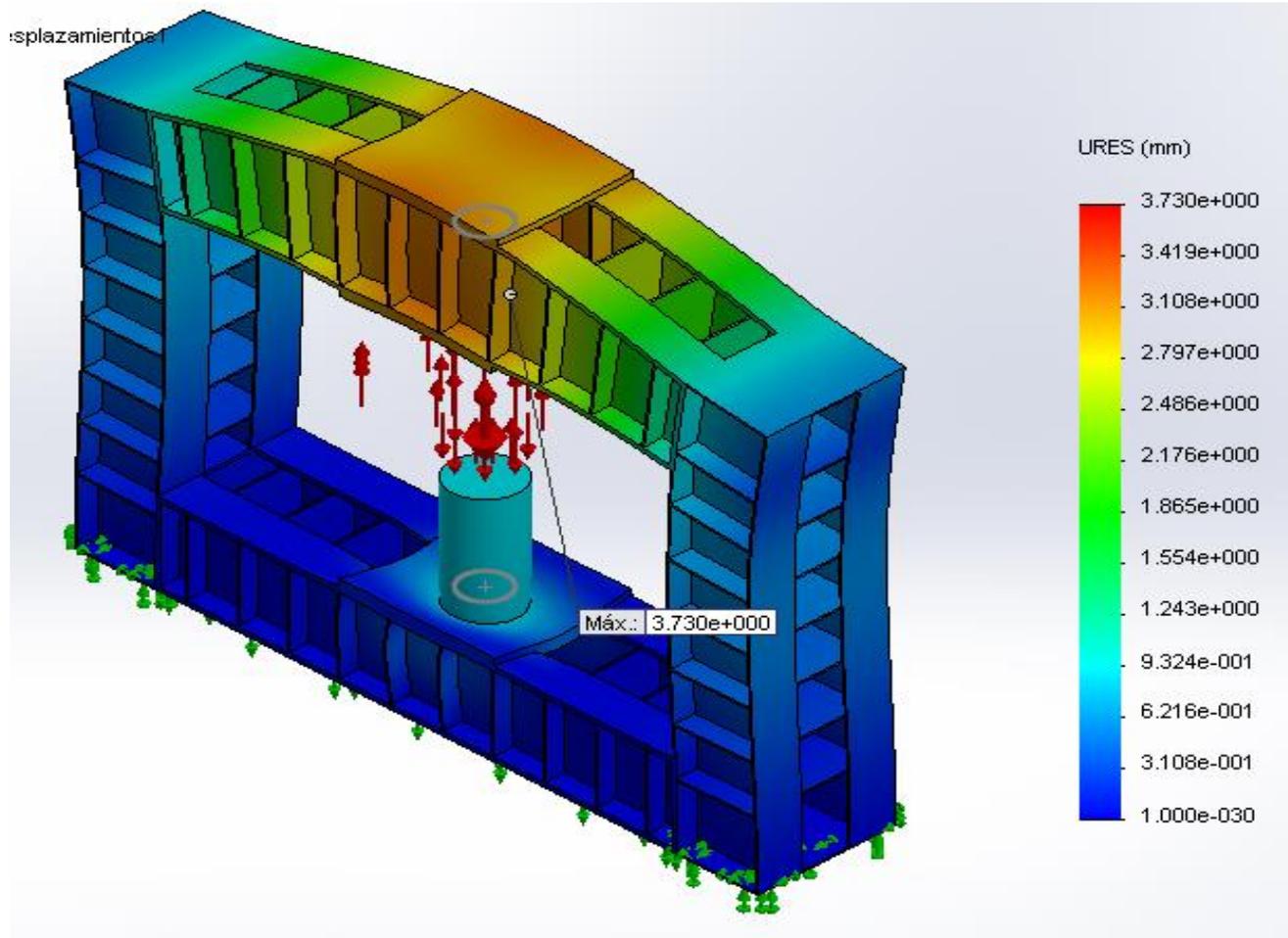


# INGENIERÍA DE DETALLE

- Simulación de la prensa



Desplazamientos



# INGENIERÍA DE DETALLE

- Lista de materiales

Materiales	Descripción	Unidad	Cant.
Perfil ASTM A36	645 X 355 X 20 X 15 mm	m	14
Plancha ASTM A36	1220 X 2440 X16 mm	kg	4486,7
Plancha ASTM A36	1220 X 2440 X38 mm	kg	10655
Plancha ASTM A36	1220 X 2440 X21 mm	kg	3925,8
Plancha ASTM A36	1220 X 2440 X 50,8 mm	kg	9496,7
Tubo ASTM 106B	20"NPS SCH 40	m	1
Tubo ASTM 106B	18"NPS SCH 40	m	1
Manguera de Nitrilo	ø 1-1/4"	m	1
Manguera de Nitrilo	ø 1"	m	1
Manguera de Nitrilo	ø 5/8"	m	2
Central hidráulica		unidad	1
Pitón hidráulico	ø 14"	unidad	1



# INGENIERÍA DE DETALLE

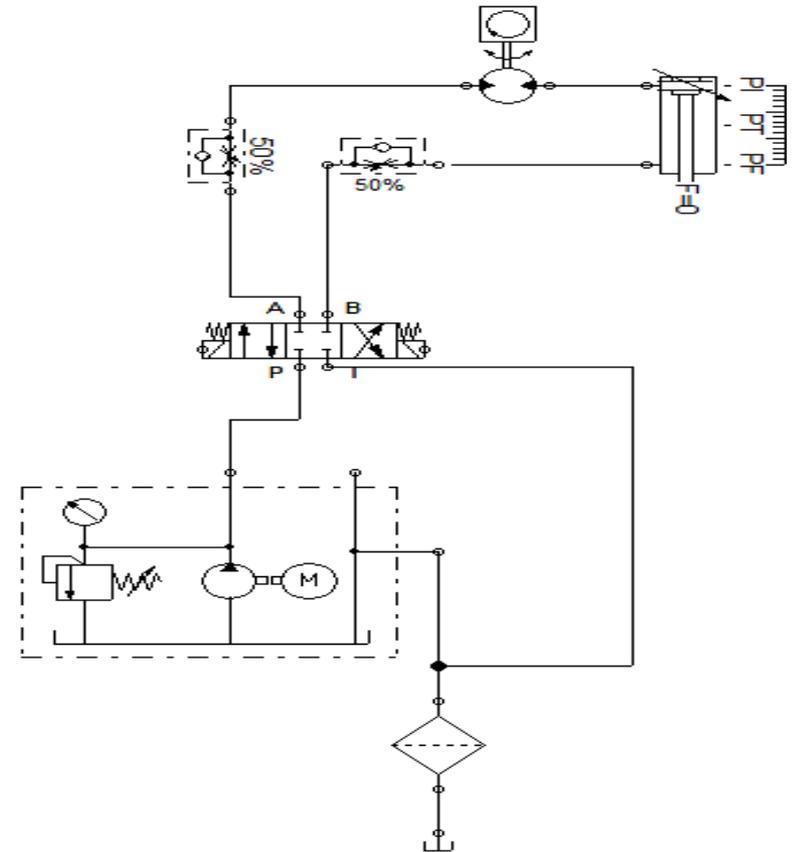
LOGO! 12/24RC 12/24 VDC 4DI / 4DO tipo relé / 4AI	0-10V	unidad	1
MÓDULO ENTRADAS ANALÓGICAS LOGO! AM2 12/24 VDC 2 AI	0-10V, 0-20mA	unidad	1
LOGO! TD. Display con 4 líneas texto.		unidad	1
Fuente de poder LOGO!		unidad	1
Selector Tres posiciones I- O-II		unidad	1
Pulsador rojo de tipo hongo	40 mm. + 1NC	unidad	1
Luz piloto verde con LED	24VAC / VDC	unidad	2
Transmisor SITRANS P220, para medición de presión manométrica	rango de 0 a 3000 psi	unidad	1
Tablero eléctrico plástico	Hibox 300x400x300 mm	unidad	1
Industrial interruptor de pie	19 x 13 x 12.3 cm	unidad	1
Materiales para instalación		unidad	1



# INGENIERÍA DE DETALLE

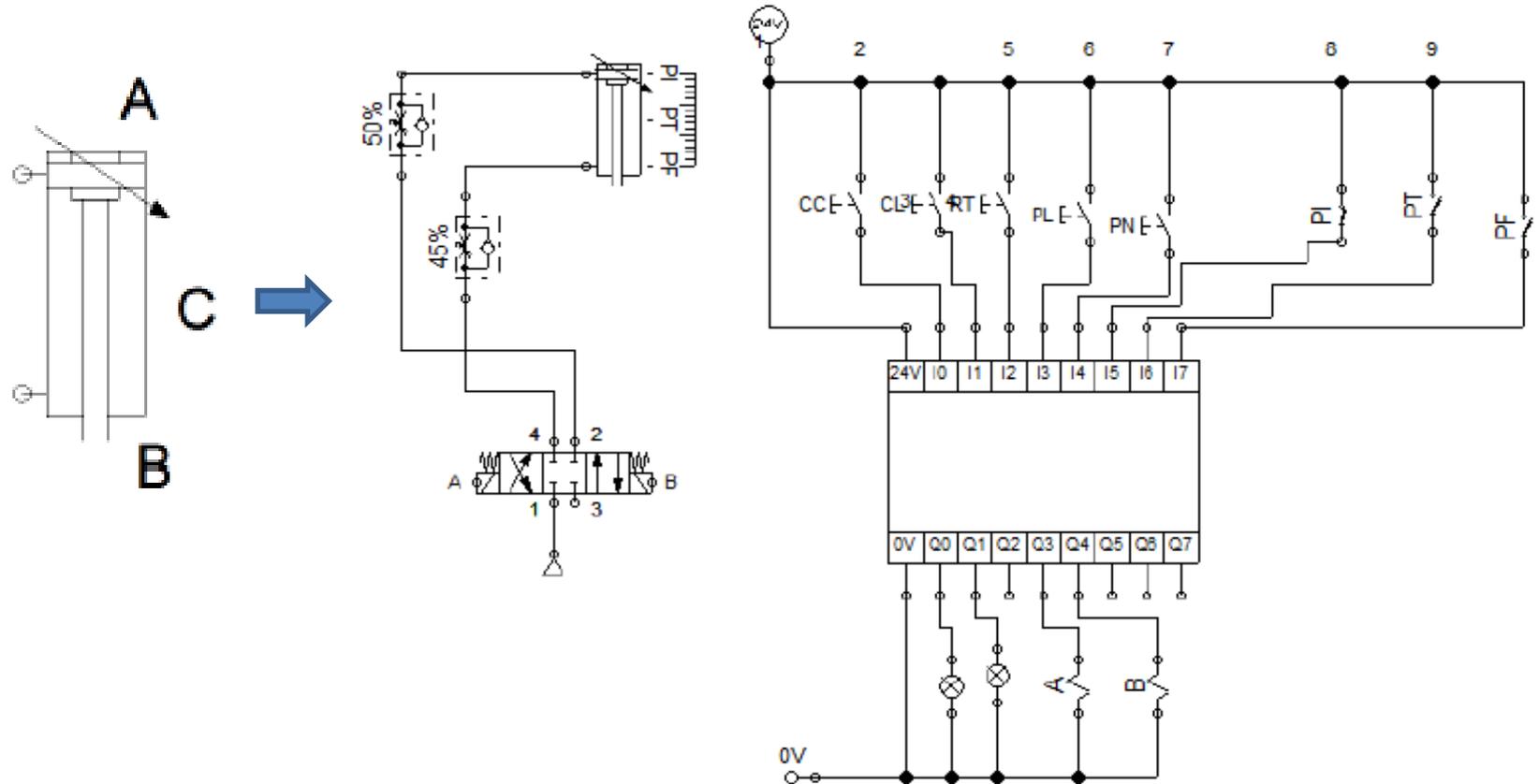
- Circuito hidráulico

Ítem	Elemento	Modelo / Marca	Descripción
1	Cilindro hidráulico	Parker	$D_i=14"$ , $D_v=7"$ , $P=3$ ksi, $F=209$ Ton, $L_v=19,69"$
2	Bomba hidráulica	Bosch AZPG 45	1200 rpm, $Q=58$ l/min, $N=24$ kW, $P_{max}=250$ bar
3	Válvula direccional	Wandfluh NG6	Centro bloqueado, $Q=80$ l/min, $P_{max}=350$ bar
4	Válvula reguladora de flujo	Bosch 2FRM	$Q_{max}=50$ l/min, $P_{max}=315$ bar
5	Válvula de alivio	DB 6 DPW7-1X780V	$Q_{max}=48$ l/min, $P_{max}=206$ bar
6	Filtro	Bosch 10TEN0100-H3XLA00-P2,2-M	$20 \mu m$ , $Q_{max}=58$ l/min
7	Mangueras hidráulicas	462ST-10, 462ST-16, 46ST-20	Línea de aspiración $\phi 1-1/4"$ , retorno $\phi 1"$ , presión $\phi 5/8"$



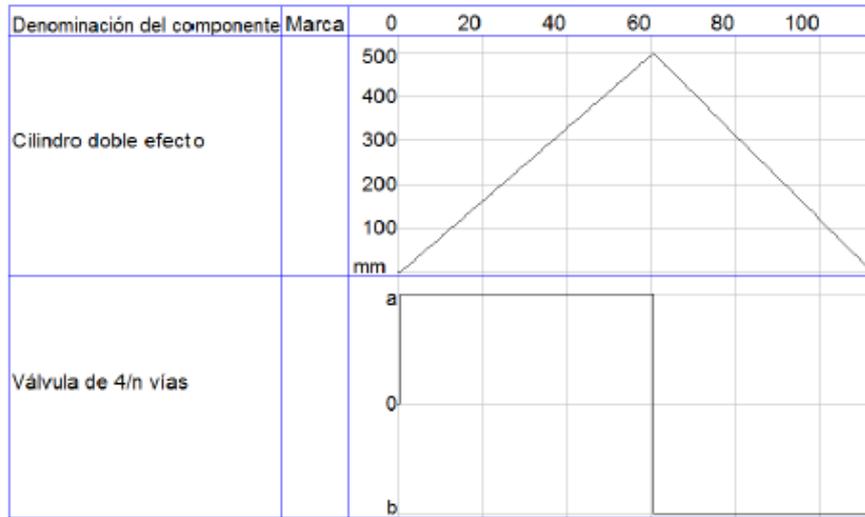
# INGENIERÍA DE DETALLE

- Automatización de la prensa

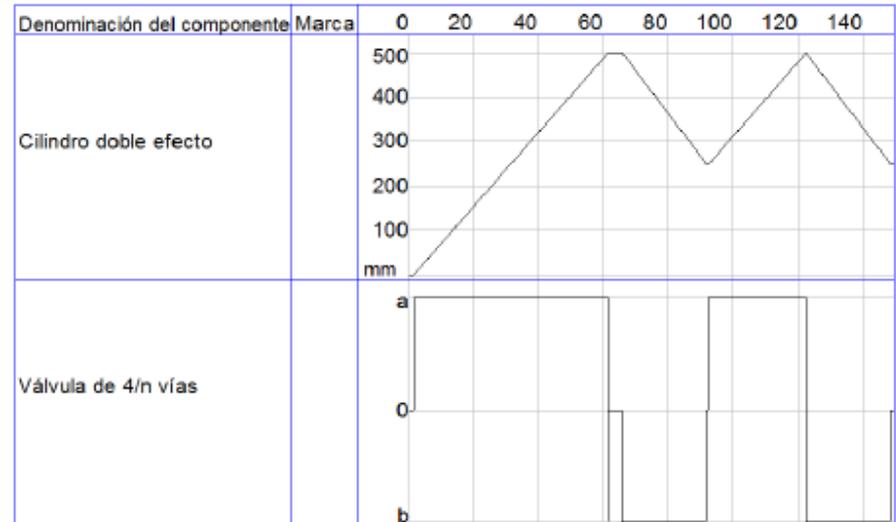


# INGENIERÍA DE DETALLE

- Carrera corta



- Carrera larga



# INGENIERÍA DE DETALLE

- Elementos de la automatización

Elementos de la automatización			
Materiales	Descripción	Unidad	Cant.
LOGO! 12/24RC 12/24 VDC 4DI / 4DO tipo relé / 4AI	0-10V	unidad	1
<b>MÓDULO ENTRADAS</b>			
ANALÓGICAS LOGO! AM2 12/24 VDC 2 AI	0-10V, 0-20mA	unidad	1
LOGO! TD. Display con 4 líneas texto.		unidad	1
Fuente de poder LOGO!		unidad	1
Selector Tres posiciones I-O-II		unidad	1
Pulsador rojo de tipo hongo	40 mm. + 1NC	unidad	1
Luz piloto verde con LED	24VAC / VDC	unidad	2
Transmisor SITRANS P220, para medición de presión manométrica	rango de 0 a 3000 psi	unidad	1
Tablero electrico plástico	Hibox 300x400x300 mm	unidad	1
Industrial interruptor de pie	19 x 13 x 12.3 CM	unidad	1
Materiales para instalación		unidad	1



# ANÁLISIS DE COSTOS

## Costos directo materiales

Ítem	Materiales	Descripción	Proveedor	Cant.	Unidad	Costo C/U (USD)	Costo Total (USD)
1	Perfil ASTM A36	645 X 355 X 20 X 15		14	m	170	2380
2	Plancha ASTM A36	1220 X 2440 X16	Dipac	4486,68	kg	1,00	4486,68
3	Plancha ASTM A36	1220 X 2440 X38	Dipac	10654,56	kg	1,10	11720,016
4	Plancha ASTM A36	1220 X 2440 X21	Dipac	3925,84	kg	1,10	4318,424
5	Plancha ASTM A36	1220 X 2440 X 50,8	Dipac	9496,72	kg	1,10	10446,392
6	Tubo ASTM 106B	20"NPS SCH 40	Dipac	1	m	87	87
7	Tubo ASTM 106B	18"NPS SCH 40	Dipac	1	m	26	26
8	Electrodo	E6011	Indura	25	kg	1	25
9	Manguera de Nitrilo	ø 1-1/4"	Parker	1	m	150,6	150,6
10	Manguera de Nitrilo	ø 1"	Parker	1	m	132,75	132,75
11	Manguera de Nitrilo	ø 5/8"	Parker	1	m	105,83	105,83
12	Cilindro hidráulico	ø 14"	MEQSELECTIVE	1	unidad	7957	7957
13	Motor eléctrico	25 HP	MEQSELECTIVE	1	unidad	7500	7500
14	Bomba de engranajes externos	58 gl/min	MEQSELECTIVE	1	unidad	6800	6800
15	Electroválvula set OP 4/3	centro bloqueado	MEQSELECTIVE	1	unidad	1550	1550
16	Válvula reguladora de caudal	Qmax= 50 l/min, Pmax= 315 bar	MEQSELECTIVE	1	unidad	875	875
17	Deposito	250 l	MEQSELECTIVE	1	unidad	1700	1700
18	Mirilla de nivel con termómetro		MEQSELECTIVE	1	unidad	640	640
19	Manómetro	0 - 5000 psi	MEQSELECTIVE	1	unidad	280	280
		Continúa	→				



## Costos directo materiales

20	Filtro	20 um	MEQSELECTIVE	2	unidad	320	640
21	LOGO! 12/24RC 12/24 VDC 4DI / 4DO tipo relé / 4AI	0-10V	SIEMENS	1	unidad	165	165
22	MÓDULO ENTRADAS ANALÓGICAS LOGO! AM2 12/24 VDC 2 AI	0-10V, 0-20mA	SIEMENS	1	unidad	117	117
23	LOGO! TD. Display con 4 líneas texto.		SIEMENS	1	unidad	203	203
24	Fuente de poder LOGO!		SIEMENS	1	unidad	112	112
25	Selector Tres posiciones I-O-II		SIEMENS	1	unidad	20,46	20,46
26	Pulsador rojo de tipo hongo	40 mm. + 1NC	SIEMENS	1	unidad	26,8	26,8
27	Luz piloto verde con LED	24VAC / VDC	SIEMENS	2	unidad	12,48	24,96
28	Transmisor SITRANS P220, para medición de presión manométrica	rango de 0 a 3000 psi	SIEMENS	1	unidad	316	316
29	Tablero eléctrico plástico	Hibox 300x400x300 mm	varios	1	unidad	80	80
30	Industrial interruptor de pie	19 x 13 x 12.3 CM	Brand New	1	unidad	75,57	75,57
31	Materiales para instalación			1	unidad	50	50
						<b>Subtotal</b>	<b>63011,482</b>



## Mano de obra directa

Descripción	Cant.	Unidad	Costo C/U (USD)	Valor Mensual (USD)	Costo Total (USD)
Soldador 1	2	Horas/Hombre	3,31	132,34	529,36
Soldador 2	2	Horas/Hombre	3,31	132,34	529,36
Obrero 1	2	Horas/Hombre	2,38	95,38	381,54
Obrero 2	2	Horas/Hombre	2,38	95,38	381,54
				<b>Subtotal</b>	<b>1821,8</b>



## Costos indirectos consumibles

Util	Descripción	Proveedor	Cant.	Unidad	Costo C/U (USD)	Costo Total (USD)
<b>Disco de corte</b>	Línea PS-FORTE (PSF)	PFERD	10	unidad	3	30
<b>Tanque de oxígeno</b>	200/50	AGA	3	unidad	70	210
<b>Tanque de acetileno</b>	8/8AL	AGA	3	unidad	70	210
<b>Tanque de CO2</b>	166/50	AGA	3	unidad	75	225
<b>Electricidad</b>	EEQ	EEQ	2000	kWh	0,26	520
<b>Fluido hidraulico</b>	Shell Tellus S2 V	Shell	1	Barriles	420	420
<b>Subtotal</b>						<b>1615</b>



## Costos indirectos Herramientas

Descripción	Cant.	Unidad	Costo C/U (USD)	Costo Total (USD)
Oxicorte	80	hora	10	800
Amoladora	50	hora	20	1000
Soldadora	150	hora	30	4500
Ensamblaje	30	hora	10	300
			<b>Subtotal</b>	<b>6600</b>



## Costo total del Proyecto

Descripción	Total
Materia prima	63011,482
Insumos	1615
Mano de obra directa	1821,8
Costos indirectos	6600
<b>Total costos</b>	<b>73048,28</b>
Imprevistos (10%)	7304,82
<b>Total general</b>	<b>80353,11</b>



# CONCLUSIONES

- La prensa hidráulica proyectada tiene una fuerza de deformación plástica en un disco ASTM 316 se basa en la teoría flexión simétrica de placas circulares, con valor de 147,95 [Ton], en un espesor de 1/2". Este resultado se comparó con un software de modelado por elementos finitos y se tiene un valor de 151 [Ton], con un error del 2,02%; este error se debe a que el software considera otros factores como la restitución del material, la fricción de los elementos y la velocidad de deformación.
- El diámetro interior del cilindro es 14", el diámetro del vástago que es 7", la carrera del cilindro es 500 [mm], la presión de trabajo del cilindro es de 3 [ksi] y la configuración de la brida de sujeción es cuadrada. La fuerza de retroceso se calcula con el valor del diámetro del vástago cuyo resultado es 149,25 [Ton], la cual es menor a la fuerza de avance del cilindro que es 200 [Ton].



# CONCLUSIONES

- La centralita hidráulica tiene las siguientes características: un bomba de engranajes externos Bosch de caudal 58 l/min y potencia de 25 HP, una válvula solenoide de bobina WANDFLUH 4/3 con bloqueo en la posición central, permite un caudal de máximo 80 l/min y una presión 350 [bar], válvula reguladora de flujo antirretorno de 2 vías tipo 2FRM marca Bosch de presión de trabajo de 315 [bar] y un caudal máximo de 50 l/min, una válvula de alivio de presión máxima de 260 [bar], un filtro Bosch 10TEN0100-H3XLA00-P2,2-M tiene un grado de filtración como mínimo de 20 [ $\mu\text{m}$ ] y un caudal máximo de 58 l/min, unas mangueras Paker de  $\varnothing 1\frac{1}{4}$ ",  $\varnothing 1$ " y  $\varnothing 5/8$ " una longitud máxima de 1 [m] y un depósito de 250 l. Las pérdidas por accesorios en la centralita hidráulica es despreciable debido a que los tramos de conexión son cortos teniendo como máximo de 1 [m] de tramo y la caída de presión es de 4 a 8 [bar] las cuales son mínimas en este sistema ya que la presión de trabajo es de 206,84 [bar].
- La estructura metálica tiene una configuración de marco tipo H con viga superior de sección variable compuesta por doble perfil I, con dos columnas que están constituidas con doble perfil W y una viga base compuesta de 2 perfiles armados I. Todos los elementos de la estructura cuentan con rigidizadores y costillas de unión. Con esta configuración la viga superior presenta una deflexión de 0.12" lo cual es favorable para el conformado de las tapas porque el cilindro se mantendrá en su posición de trabajo y este no se será alterado por una excesiva deflexión, y se cumple con la norma AASHTO 2010 la cual permite un deflexión máxima de 1/1200 de la longitud del claro cuyo valor es 0,13".



# CONCLUSIONES

- La prensa hidráulica presenta un trabajo semiautomático por este motivo se debe implementar la instrumentación la cual consta de cinco entradas digitales, tres entradas analógicas, 2 salidas digitales y 2 salidas analógicas. Con estos elementos mencionados anteriormente más una programación con compuertas lógicas se logra una automatización de la prensa y como resultado se tiene un trabajo eficiente tanto para el obrero y la conformación de la tapa.
- En la ingeniería de detalle se realizó el circuito hidráulico con dos alternativas de funcionamiento uno de conexión al PLC y una conexión electrohidráulica, esta conexión se utilizara en caso de daño del PLC. Además se desarrolló las hojas de procesos de la estructura de la prensa, con estas estiman un tiempo de construcción de 20 días de 8 horas diarias.
- Con el análisis financiero se determina que el proyecto es viable porque el costo de importación de la prensa hidráulica es de \$298500 y el valor del actual proyecto es de \$80353,11; con esto a parte de tener un ahorro económico de 73% y se generara tecnología en el país.



# RECOMENDACIONES

- Para un buen funcionamiento y mantenibilidad de la prensa hidráulica se recomienda referirse al manual de operación y mantenimiento.
- Se recomienda que la centralita hidráulica pueda contar con 2 bombas hidráulicas una para el llenado rápido y otra para realizar el trabajo de conformado, con esto ayudaría al mantenimiento y en el caso que una bomba falle la centralita no dejaría de funcionar.
- Para un futuro proyecto se podría implementar la automatización para el movimiento de la materia prima y así conformar la tapa evitando que los operadores realicen el trabajo de mover la materia prima

