

# ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE SOPORTE TIPO MÉNSULA “SISTEMA T” A BASE DE PERFILES DE ACERO



**ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE  
REDES ANTICAIDAS S.A. DE C.V./ PROHIBIDA SU  
REPRODUCCIÓN COPIA Y O DISTRIBUCIÓN.  
Derechos reservados.**

**EN ATENCIÓN A: LUIS ÁNGEL CORAL LÓPEZ**



**CALCULÓ**  
**JOSÉ DEL CARMEN GÓMEZ JIMÉNEZ**  

---

**INGENIERO CIVIL**

## Tabla de Contenidos

### Contenido

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. PROPÓSITO .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>2. GENERAL/ALCANCE.....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>3. RESPONSABILIDADES.....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>4. DETERMINACIÓN DE CARGAS DE SERVICIO .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>5. REVISIÓN Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS DE ACERO .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>6 . REFUERZO ESTRUCTURAL DE LA MÉNSULA DE PTR, ACERO A-36. CON EL SOFTWARE DE ANALISIS ESTRUCTURAL DLUBAL RFEM 6.02 .....</b> | <b>6</b>  |
| <b>6. CONCLUSIÓN.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>7. BIBLIOGRAFÍA. ....</b>   | <b>10</b> |

## 1. PROPÓSITO.

EL PROPÓSITO DEL PRESENTE TRABAJO ES LA REVISIÓN Y REFUERZO ESTRUCTURAL DE LA MÉNSULA “**SISTEMA T**” FORMADA CON PERFILES PTR DE ACERO A-36, RESPETANDO ESPECIFICACIONES Y NORMAS AISC.

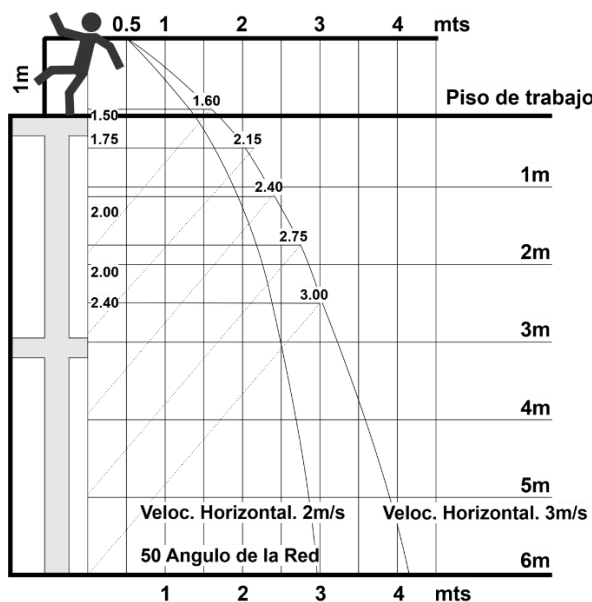
## 2. GENERAL/ALCANCE.

EL ALCANCE DE ESTE DOCUMENTO ES GARANTIZAR LA FUNCIONALIDAD ESTRUCTURAL DE LA MÉNSULA “**SISTEMA T**”, ESTE ELEMENTO ES EL BRAZO DE SOPORTE DE LA MALLA ANTICAÍDAS Y JUNTOS FORMAN LA PROTECCIÓN ANTE POSIBLES ACCIDENTES DEL PERSONAL DE TRABAJO Y MATERIALES. SE RECOMIENDA SU INSTALACIÓN COMO MÁXIMO EN ALTURA NO MAYOR A 6.00 METROS DESDE EL PUNTO DE CAÍDA HASTA EL IMPACTO.

## 3. RESPONSABILIDADES.

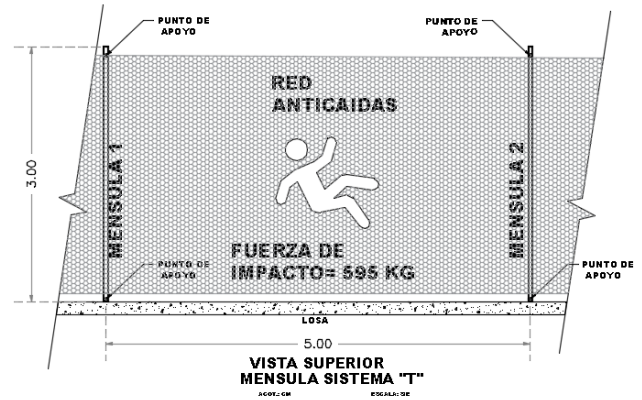
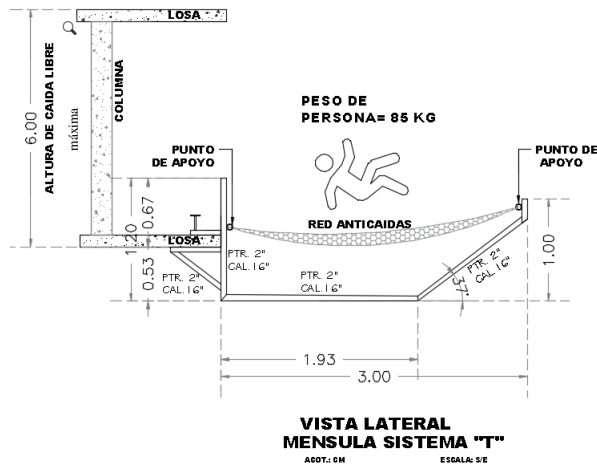
LAS QUE RESULTEN SIEMPRE QUE SE CUMPLA CON LAS CALIDADES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS PARA LA FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA, LA CALIDAD DEL ACERO QUE COMO SE SEÑALA DEBERÁ SER DE ACERO A-36, QUE LAS SOLDADURAS SE HARÁN EMPLEANDO COMO MATERIAL DE APORTACIÓN SOLDADURA E-6010 Y SEGÚN EL CASO E-7018.

## 4. DETERMINACIÓN DE CARGA DE SERVICIO.



**DESCRIPCION:** MÉNSULA A BASE DE PERFILES PTR

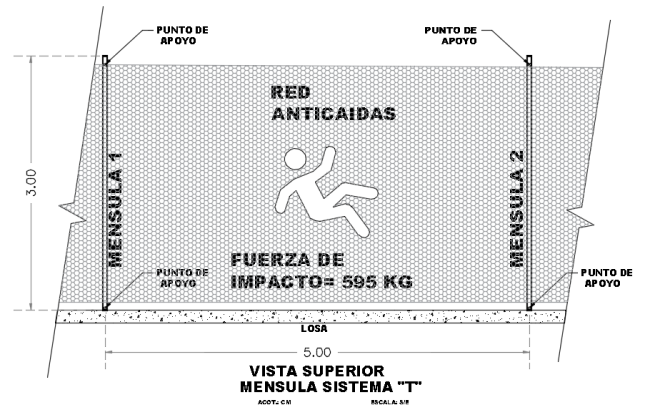
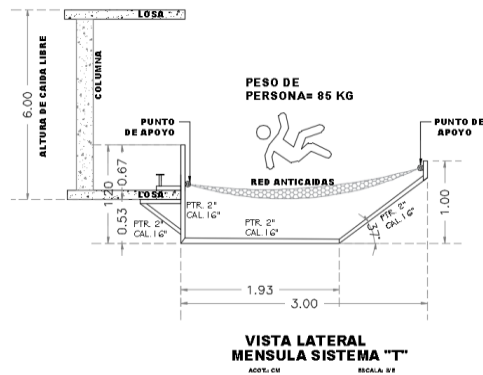
IMAGENES:



**MÉNSULA DE PROTECCIÓN SISTEMA "T"**

**DESCRIPCION:** MÉNSULA A BASE DE PERFILES PTR DE 2"X2" CAL.16

IMAGEN:



USO DE LA MÉNSULA: SOPORTE ANTICAÍDAS DE PERSONAL Y MATERIAL

**PESO DE LA ESTRUCTURA DE ACERO**

| PERFIL DE ACERO PROPUESTO | LONG.<br>m | PESO X UNIDAD<br>KG/ML | PZA<br># | TOTAL<br>KG  |
|---------------------------|------------|------------------------|----------|--------------|
| PTR DE 2"X2" X 1/4"       | 3.50       | 4.75                   | 1        | 16.63        |
| MALLA DE PROTECCIÓN       | 5.00       | 2.00                   | 1        | 10.00        |
| CARGA MUERTA=             |            |                        |          | <b>26.63</b> |

SI UNA PERSONA CAE A LA MALLA DESDE UNA ALTURA DE 6.00M LA FUERZA RESULTANTE ES LA SIGUIENTE:

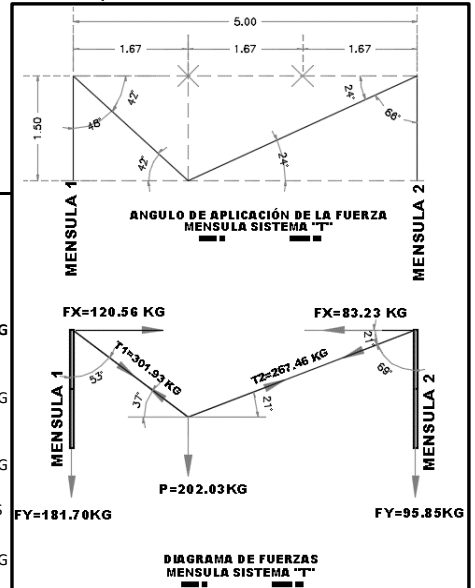
| MASA<br>(kg) | DISTANCIA DE EJE<br>DE GRAVEDAD (d) | GRAVEDAD (g)<br>(m*s2) | ALTURA DE CAÍDA<br>(m) | $V=\sqrt{2*g*h}$<br>m/s | $E_c=(m*v^2)/2$<br>(kg*m/s2) | Impacto= $E_c/g$<br>(kg) |
|--------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 85.00        | 1.00                                | 9.80                   | 7.00                   | 11.71                   | <b>5,831.00</b>              | <b>595.00</b>            |

| PESO TOTAL<br>CARGA VIVA (KG) | NUMEROS DE<br>MÉNSULA | PORCENTAJE DE CARGA<br>EN MÉNSULA 1 | PESO EN MÉNSULA 1<br>KG | PESO EN<br>MÉNSULA 2 (KG) | CARGA MUERTA<br>MÉNSULA 1 (KG) | CARGA MUERTA<br>MÉNSULA 2 (KG) |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>595.00</b>                 | 2                     | 65.00%                              | 386.75                  | 208.25                    | 17.31                          | 9.32                           |

#### BAJADA DE CARGAS

| CARGA DE DISEÑO EN MENSULA 1 (KG) | CARGA DE DISEÑO EN MENSULA 2 (KG) | PUNTOS DE APOYO EN MENSULAS (AMARRES) | CARGA POR PUNTO DE APOYO EN MENSULA 1 (KG) | CARGA POR PUNTO DE APOYO EN MENSULA 2 (KG) |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| 404.06                            | 217.57                            | 2.00                                  | 202.03                                     | 108.78                                     |

SE CONSIDERA QUE LA CARGA CAE EN EL PRIMER TERCIO DEL CLARO



#### ANÁLISIS DE FUERZAS

| MENSULA 1  |             | MENSULA 2  |             |
|--|-------------|--|-------------|
| $\Sigma FY = T1 \cdot \text{SENO } 42^\circ$                               | = 202.03    | $\Sigma FY = T2 \cdot \text{SENO } 24^\circ$         | = 108.78    |
| T1 =   | 301.93 KG   | T2 =   | 267.46 KG   |
| $FY = T1 \cdot \text{SENO } 42^\circ$                                      | = 181.70 KG | $FY = T2 \cdot \text{SENO } 24^\circ$                | = 95.85 KG  |
| $FX = T1 \cdot \text{COS } 42^\circ$                                       | = 241.13 KG | $FX = T2 \cdot \text{COS } 24^\circ$                 | = 249.69 KG |
| LA FUERZA EN X (FX) LA REPARTIREMOS COMO SITUACIÓN CRÍTICA EN DOS MENSULAS |             | LA FUERZA EN X (FX) LA REPARTIREMOS EN TRES MENSULAS |             |
| REDUCCIÓN DE FX = 120.56 KG  |             | REDUCCIÓN DE FX = 83.23 KG                           |             |

## 5. REVISIÓN Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS DE ACERO

#### REVISIÓN DE LA CAPACIDAD DEL MOSQUETON

|                                     |        |  |                                  |
|-------------------------------------|--------|--|----------------------------------|
| MOSQUETON DE RESISTENCIA A TENSION= | 5/16.  | PULGADAS                                     | KG                               |
| TENSION MAYOR = T1                  | 301.93 | RESISTENCIA A TENSION DEL MOSQUETON DE 5/16" | 230.00                           |
|                                     |        |  | <b>NO SE ACEPTA EL MOSQUETON</b> |

#### SE RECOMIENDA UN MOSQUETON DE

|                    |        |   |                               |
|--------------------|--------|---|-------------------------------|
| TENSION MAYOR = T1 | 301.93 | RESISTENCIA A TENSION DEL MOSQUETON DE 1/2" | 540.00                        |
|                    |        |   | <b>SE ACEPTA EL MOSQUETON</b> |

#### Especificaciones

##### Individuales

| Código | Clave    | Carga de trabajo |
|--------|----------|------------------|
| 44037  | BMA-3/16 | 100 kg           |
| 44038  | BMA-1/4  | 120 Kg           |
| 44039  | BMA-5/16 | 230 Kg           |
| 44040  | BMA-3/8  | 350 Kg           |
| 44041  | BMA-1/2  | 540 Kg           |

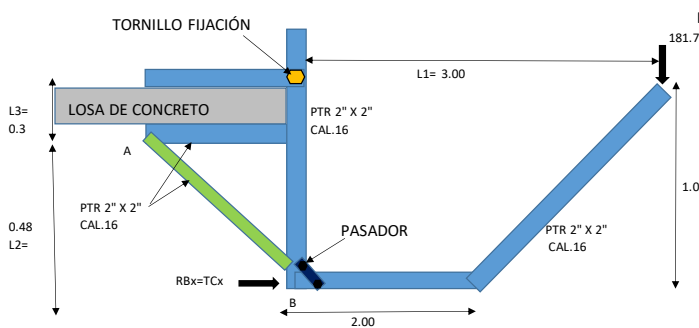
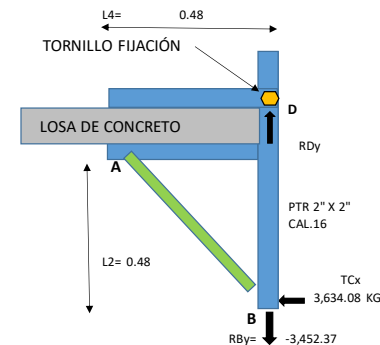


DIAGRAMA DE FUERZAS



SIMPLIFICACIÓN DE FUERZAS

#### FORMULAS DE EQUILIBRIO

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum M = 0$$

$$\sum F_x = RBx - TCx = 0$$

$$\sum F_x = RBx - TC \cdot \cos 45^\circ = 0$$

$$RBx = TC \cdot \cos 45^\circ$$

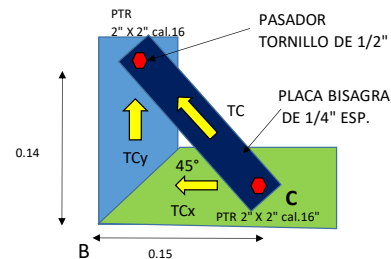
$$RBx = 3,634.08 \text{ KG}$$

$$\sum F_y = RBy + TC \cdot \sin 45^\circ - P = 0$$

$$\sum F_y = RBy + TC \cdot \sin 45^\circ - P = 0$$

$$RBy = -TC \cdot \sin 45^\circ + P$$

$$RBy = -3,452.37 \text{ KG}$$



### DISEÑO DE ELEMENTOS DE ACERO

#### REVISIÓN DE LA CAPACIDAD DEL TORNILLO FIJACIÓN DE ACERO GRADO 5

|                          |          |                      |
|--------------------------|----------|----------------------|
| FUERZA CORTANTE (RDy/2)= | 1,817.04 | KG                   |
| DIAM. DEL TORNILLO=      | 1/2      | PULGADA              |
| AREA DEL TORNILLO=       | 0.95     | CM2                  |
| CAPACIDAD A CORTANTE=    | 2,528.00 | KG/CM2               |
| CORTANTE RESISTENTE=     | 2,400.58 | KG                   |
| FUERZA CORTANTE          | <        | CORTANTE RESISTENTE= |
| 1,817.04                 | <        | 2,400.58 SE ACEPTA   |

$$\sum MB = 0 = TC * \text{SEN}45^\circ * 0.15 - P * L1$$

$$TC = \frac{P * L1}{0.15 * \text{SEN} 45^\circ} \quad TC = 5,139.36 \text{ KG}$$

$$\text{EN DOS BISAGRAS} = TC/2 = 2,569.68 \text{ KG}$$

$$\sum MA = -RBx * L2 + RDy * (L4) = 0$$

$$RDy = \frac{RBx * L2}{L4} = 3,634.08 \text{ KG}$$

#### REVISIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA BISAGRA DE PLACA DE ACERO A-36

|                         |          |                     |
|-------------------------|----------|---------------------|
| FUERZA CORTANTE (TC/2)= | 2,569.68 | KG                  |
| ESPEZOR DE LA PLACA=    | 1/4      | PULGADA             |
| ANCHO=                  | 5.00     | CM                  |
| AREA BRUTA=             | 3.18     | CM2                 |
| AREA EFECTIVA=          | 2.54     | CM2                 |
| CAPACIDAD A TENSION=    | 1,518.00 | KG/CM2              |
| CORTANTE RESISTENTE=    | 3,855.72 | KG                  |
| FUERZA CORTANTE         | <        | CORTANTE RESISTENTE |
| 2,569.68                | <        | 3,855.72 SE ACEPTA  |

#### REVISIÓN DE LA CAPACIDAD DEL TORNILLO PASADOR DE ACERO GRADO 5

|                               |          |                     |
|-------------------------------|----------|---------------------|
| FUERZA CORTANTE (TC/2)=       | 2,569.68 | KG                  |
| FUERZA CORTANTE POR TORNILLO= | 2,569.68 | KG                  |
| DIAM. DEL TORNILLO=           | 1/2      | PULGADA             |
| AREA DEL TORNILLO=            | 1.27     | CM2                 |
| CAPACIDAD A CORTANTE=         | 2,528.00 | KG/CM2              |
| CORTANTE RESISTENTE=          | 3,200.77 | KG                  |
| FUERZA CORTANTE               | <        | CORTANTE RESISTENTE |
| 2,569.68                      | <        | 3,200.77 SE ACEPTA  |

#### REVISIÓN ESTRUCTURAL DEL BRAZO DE PTR

DATOS:

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| LONGITUD=               | 3.00 M           |
| FUERZA=                 | 181.70 KG        |
| PTR=                    | 2"X2" CAL.16     |
| AREA PTR=               | 3.00 CM2         |
| MOMENTO DE INERCIA =IX= | 12.13 CM4        |
| MODULO DE SECCIÓN=SX=   | 4.80 CM3         |
| FLUENCIA DEL ACERO=     | 2,530.000 KG/CM2 |

FUERZAS INTERNAS

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| Momento flector=MB= | 545.11 KG*M      |
| Momento flector=MB= | 54,511.134 KG*CM |

MODULO DE SECCIÓN REQUERIDO

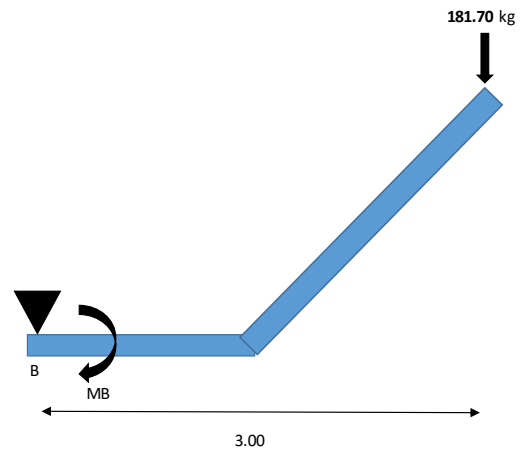
$$SX \text{ req} = MB / F. \text{acero} = 21.55 \text{ CM3}$$

|         |                              |
|---------|------------------------------|
| SX req= | MODULO DE SECCIÓN DE FABRICA |
| 21.55   | < 4.80                       |

NO SE ACEPTA

$$\text{RAZON DE TENSION} = (SX \text{ req} / SX \text{ fabrica}) < 1 =$$

$$4.49 \text{ SE PASA DE LA UNIDAD} \quad \text{NO SE ACEPTA}$$



#### REVISIÓN ESTRUCTURAL DEL PTR PIE DE AMIGO

$$\text{Esbeltez} = \frac{k * L}{r} < 200 \text{ (RECOMENDABLE)}$$

|                                   |                 |
|-----------------------------------|-----------------|
| r= Radio de giro=                 | 2.01 cm         |
| L= Longitud de barra=             | 67.88 cm        |
| K= coef. de esbeltez=             | 1.00            |
| Esbeltez=                         | 34              |
| Esfuerzo de compresion admisible= | 1,381.60 kg/cm2 |
| Fuerza de trabajo=                |                 |
| Area del PTR 2" X 2" X1/4"=       | 3.00 cm2        |

| KL/ r | NOM-B-254 A-36 |
|-------|----------------|
| 33    | 1387.2         |
| 34    | 1381.6         |
| 35    | 1376.7         |

$$\text{Esfuerzo de trabajo} = \frac{FAB}{\text{AREA SECCIÓN}}$$

$$\text{Esfuerzo de trabajo} = 1,713.12 \text{ kg/cm2}$$

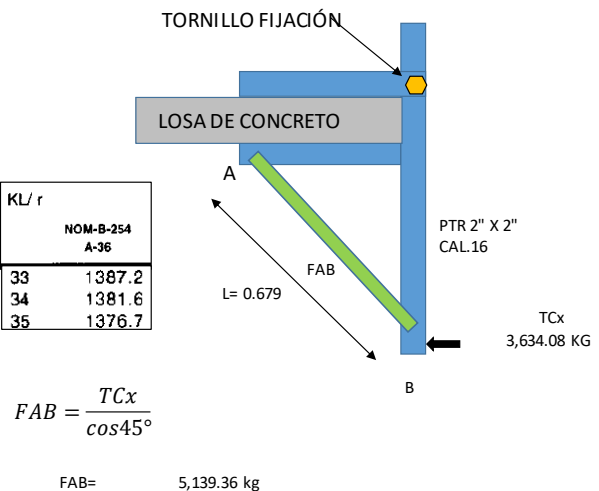
|                     |                                   |
|---------------------|-----------------------------------|
| Esfuerzo de trabajo | Esfuerzo de compresion admisible= |
| 1,713.12            | > 1,381.60                        |

NO SE ACEPTA

$$\text{RAZON DE TENSION} = (\text{Esfuerzo Req} / \text{Esfuerzo de trab.}) < 1 =$$

$$1.24 \quad \text{SE PASA DE LA UNIDAD}$$

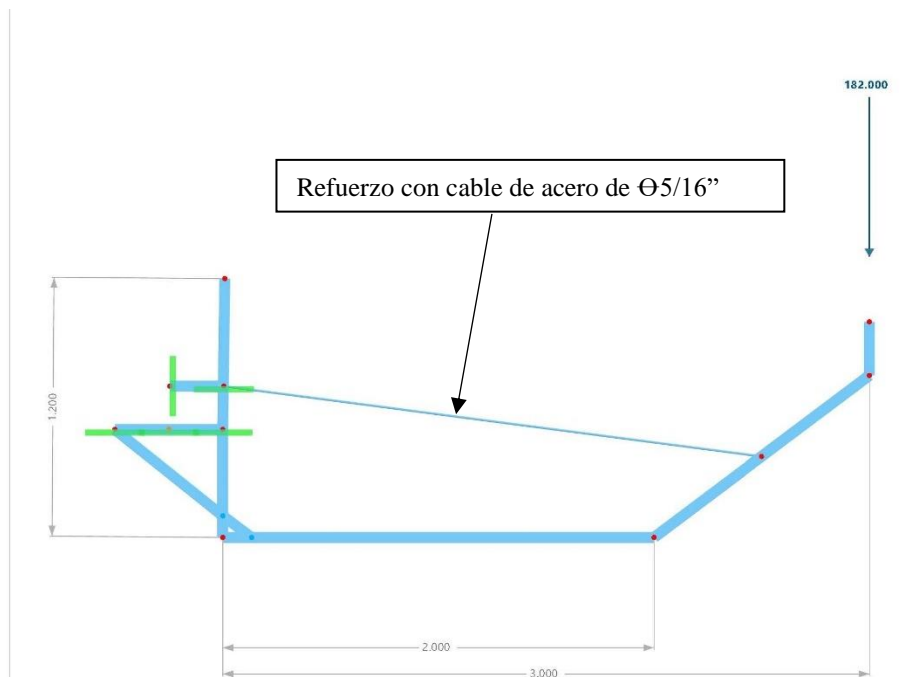
NO SE ACEPTA



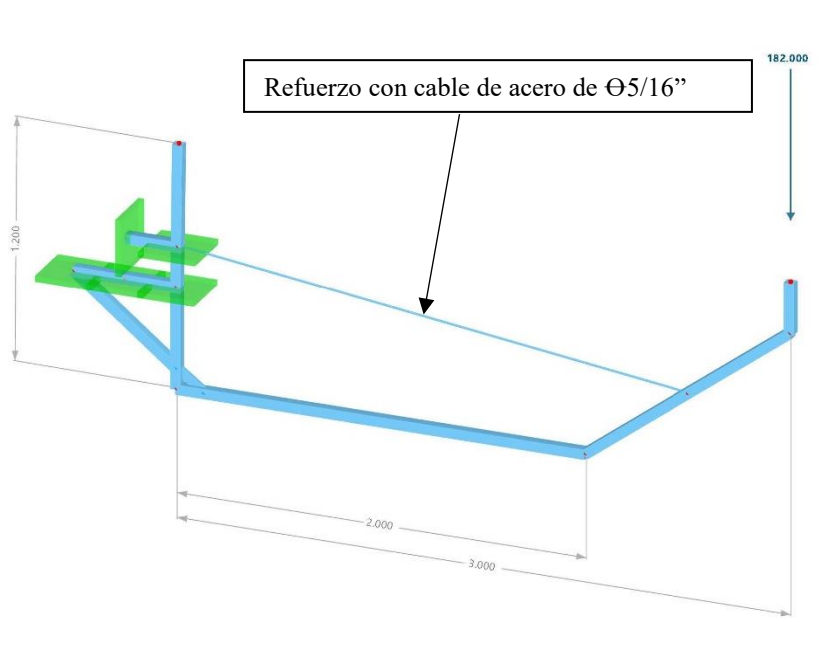
$$FAB = \frac{TCx}{\cos 45^\circ}$$

$$FAB = 5,139.36 \text{ kg}$$

**6. REFUERZO ESTRUCTURAL DE LA MÉNSULA DE PTR DE ACERO A-36. CON EL SOFTWARE (DLUBAL RFEM 6.0).**

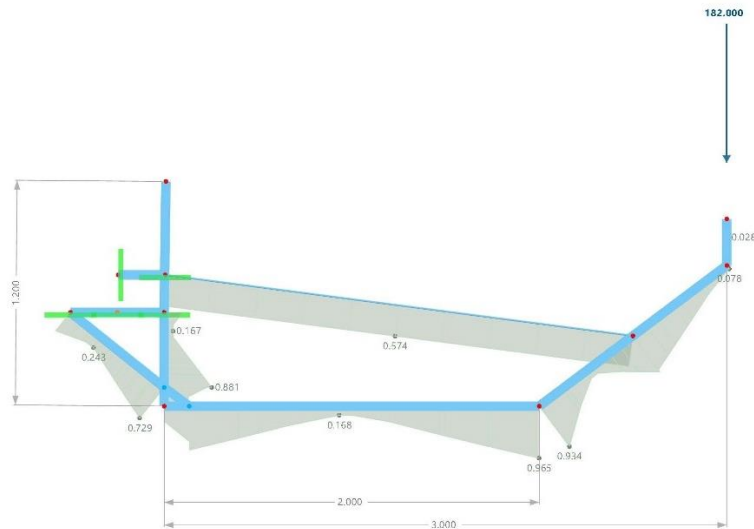


**VISTA LATERAL**



**VISTA ISOMETRICO**

## DIAGRAMA DE ÁREA DE ACERO REQUERIDO



Relación máxima de área de acero en la sección= área requerida/área de la sección propuesta) ≤ 1

Del diagrama se observa que ningún elemento sobrepasa la unidad. La solución del sistema estructural con el cable tensor de acero de  $\Phi$  5/16" es suficiente para garantizar el buen funcionamiento del sistema "T" a base de PTR.

### Análisis de la barra de acero $\Phi$ 5/16"

**Barra Núm. 136 | SP1 | CO1 | 0.000 M | DD1100**

Comprobación de diseño DD1100 | AISC 360 | 2016

Capítulo D  
Resistencia a tracción según D2

$$\begin{aligned} P_{n,Y} &= F_y \cdot A_g \\ &= 2549.290 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 0.49 \text{ cm}^2 \\ &= 1249.580 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_y &= \frac{P_r}{P_{n,Y} \cdot \Phi_t} \\ &= \frac{645.764 \text{ Kg}}{1249.580 \text{ Kg} \cdot 0.90} \\ &= 0.574 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_e &= A_n \cdot U \\ &= 0.49 \text{ cm}^2 \cdot 1.00 \\ &= 0.49 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{n,R} &= F_u \cdot A_e \\ &= 4078.870 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 0.49 \text{ cm}^2 \\ &= 1999.330 \text{ Kg} \end{aligned}$$

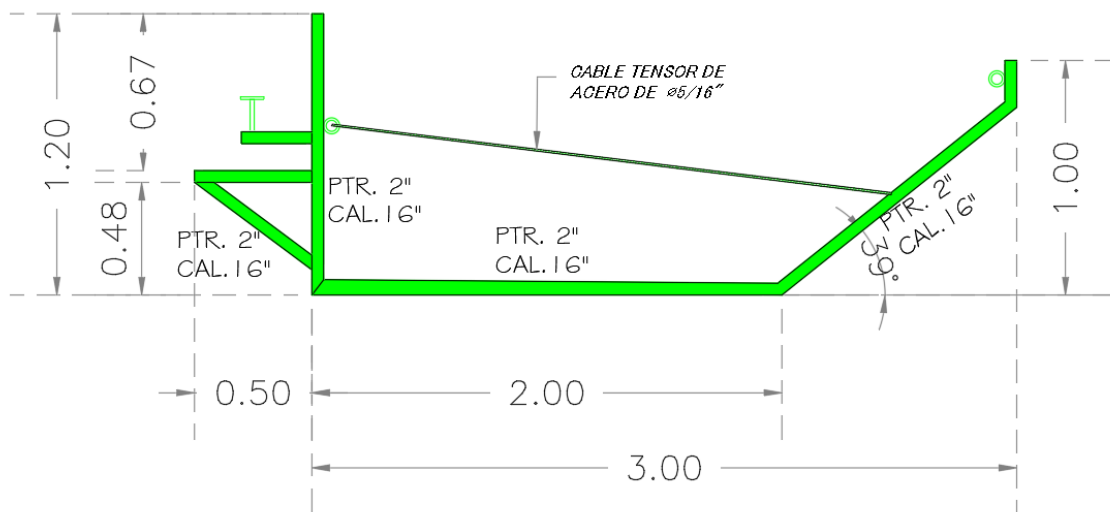
$$\begin{aligned} \eta_u &= \frac{P_r}{P_{n,R} \cdot \Phi_t} \\ &= \frac{645.764 \text{ Kg}}{1999.330 \text{ Kg} \cdot 0.75} \\ &= 0.431 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \max(\eta_y, \eta_u) \\ &= \max(0.574, 0.431) \\ &= 0.574 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.574 \leq 1 \quad \checkmark$$

|           |  |
|-----------|--|
| $P_{n,Y}$ | Resistencia nominal a tracción por fluencia          |
| $F_y$     | Límite elástico                                      |
| $A_g$     | Área bruta de la barra                               |
| $\eta_y$  | Razón de tensiones. Fluencia                         |
| $P_r$     | Resistencia a tracción necesaria                     |
| $\Phi_t$  | Coefficiente de resistencia a fluencia por tracción  |
| $A_e$     | Área neta eficaz                                     |
| $A_n$     | Área neta  |
| $U$       | Coefficiente de arrastre por cortante                |
| $P_{n,R}$ | Resistencia a tracción nominal por rotura            |
| $F_u$     | Resistencia a tracción                               |
| $\eta_u$  | Razón de tensiones. Rotura                           |
| $\Phi_t$  | Coefficiente de resistencia a la rotura por tracción |





**VISTA LATERAL  
MENSULA SISTEMA "T"**

ACOT.: CM

ESCALA: S/E

PLANO ESTRUCTURAL (PES-01)

## 6. CONCLUSIÓN.

SE ANÁLIZO LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL SISTEMA DE SOPORTE CONOCIDO COMO **"SISTEMA T"** A BASE DE PERFILES DE ACERO COMO MUESTRA EL PLANO ESTRUCTURAL PES-01.

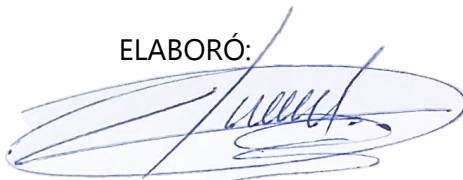
SE APLICÓ UNA FUERZA PUNTUAL DE **181.70 KG** EN EL EXTREMO DEL BRAZO DE LA MÉNSULA, LA MAGNITUD DE LA FUERZA SE OBTUVO DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LA FUERZA DE IMPACTO DE LA CAÍDA DE UNA PERSONA DE 85.00 KG DESDE UNA ALTURA DE 6.00 METROS.

SE REVISARON QUE TODOS LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA, PTR, PLACAS DE ACERO, CABLES Y TORNILLOS CUMPLIERAN CON LA CAPACIDAD DE SOPORTAR LOS ESFUERZOS INTERNOS QUE SE GENERAN CON LA FUERZA DE IMPACTO QUE TRANSFIERE LA MALLA DE PROTECCIÓN QUE ENVUELVE TODAS LAS MÉNSULAS CONOCIDAS COMO **"SISTEMA T"**.

POR LO ANTERIOR SE AFIRMA QUE EL SOPORTE EN FORMA DE MÉNSULA REVISADA PUEDE DESEMPEÑAR LA FUNCIÓN PARA LA CUAL ESTÁ DESTINADA SIEMPRE Y CUANDO SE RESPETEN LOS PARÁMETROS DE DISEÑO.

LA VIDA ÚTIL PUEDE ALARGARSE SI SE DA MANTENIMIENTO PREVENTIVO OPORTUNO A BASE DE SAND BLAST Y APLICACIÓN DE PRIMARIO ANTICORROSIVO RP-6 Y ACABADO CON A-26.

ELABORÓ:



---

ING. JOSÉ DEL CARMEN GÓMEZ JIMÉNEZ  
CED. PROF. 12072005

## **7. BIBLIOGRAFÍA.**

- MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION, AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC)
- DESIGN IN STRUCTURAL STEEL, JOHN E. LOMBERG ED. PRENTICE HALL (1953)
- MANUAL DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN CON ACERO, AHMSA, (2013)
- MANUAL PARA CONSTRUCTORES, ACERO MONTERREY, (1979)