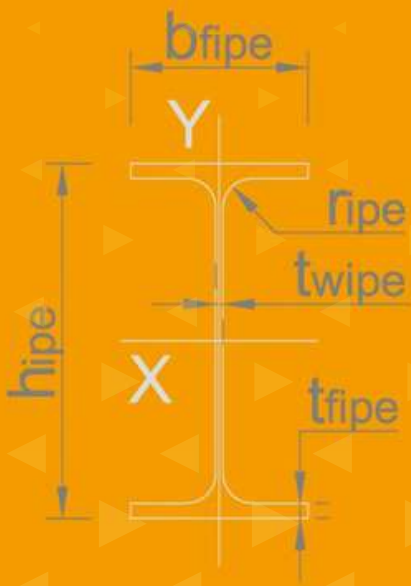


FEBRERO 2023



# PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE VIGAS I CON ALAS DE SECCIÓN CONSTANTE

---

ANGEL MANRIQUE  
INGENIERO CIVIL ESPECIALISTA EN  
ESTRUCTURAS

**STEEL DESIGN 02**

INDICE

03

INTRODUCCIÓN

03

OBJETIVO

03

BASES PARA EL DISEÑO

04

CALIDAD DE LOS MATERIALES

04

GEOMETRÍA DE LA SECCION TRANSVERSAL

04

ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

04

PESO POR UNIDAD DE LONGITUD

05

MOMENTOS DE INERCIA DE LA SECCIÓN

06

RADIO DE GIRO

06

MÓDULO DE SECCIÓN

07

CONSTANTES TORSIONALES

08

RESUMEN DE PARAMETROS GEOMÉTRICOS

## 01 INTRODUCCIÓN

Los perfiles de acero laminado en caliente como los perfiles de alma llena tipo I y H o perfiles de alma llena, se fabrican mediante un proceso de moldeado a altas temperaturas.

En general se comienza el proceso de moldeado con una pieza rectangular de tamaño considerable denominada palanquilla. Luego esta pieza se pasa a través de una serie rodillos que van generando de manera paulatina las dimensiones y geometría final del elemento a fabricar.

Los perfiles tipo I nacen de la conceptualización de concentrar la mayor cantidad de área en los extremos superiores e inferiores de la sección transversal del elemento. Es decir, la sección idealizada a flexión se compone de dos placas paralelas al eje neutro del elemento denominadas alas o patines que generan un par de fuerzas en tensión y compresión que equilibran el momento actuante.

Físicamente esta configuración es como se ha mencionado anteriormente idealizada por lo que se deben unir mediante un elemento delgado contenido en el eje neutro y a su vez perpendicular a las alas. Este elemento que une las alas es primordial para la configuración geométrica del perfil I, pero aporta muy poco a la de capacidad resistente a la flexión, esta es una de las razones por lo que se le denomina alma a este elemento.

Los perfiles tipo I y H de alas de sección constante presentan filetes de arcos circulares en las uniones entre el alma y las alas. Esto con la finalidad de facilitar el proceso de laminado en caliente de las vigas.

## 02 OBJETIVO

El presente documento está referido al cálculo de las propiedades geométricas de perfiles I de alma llena con alas de sección constante.

## 03 BASES PARA EL DISEÑO

### Documentos Técnicos

1. STEEL DESIGN GUIDE 9. AISC 2003. Torsional Analysis of Structural Steel Members

## 04 CALIDAD DE LOS MATERIALES

### 4.1 ACERO ESTRUCTURAL

Peso unitario del acero  $\gamma_a := 7850 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$

## 05 GEOMETRÍA DE LA SECCION TRANSVERSAL

### 5.1. DIMENSIONES DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

|                |        |
|----------------|--------|
| Tipo de perfil | IPE300 |
|----------------|--------|

|                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| Altura total de del perfil  | $h_{ipe} = 300 \text{ mm}$   |
| Ancho del ala del perfil    | $b_{fipe} = 150 \text{ mm}$  |
| Espesor del ala del perfil  | $t_{fipe} = 10.7 \text{ mm}$ |
| Espesor del alma del perfil | $t_{wipe} = 7.1 \text{ mm}$  |
| Radio de filete             | $r_{ipe} = 15 \text{ mm}$    |

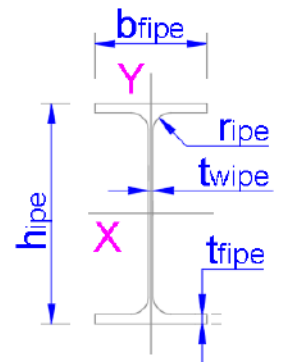


Figura 1. Geometría

## 06 ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Área de las secciones planas         | $A_{AA} := 2 \cdot b_{fipe} \cdot t_{fipe} + (h_{ipe} - 2 \cdot t_{fipe}) \cdot t_{wipe} = 51.88 \text{ cm}^2$ |
| Área de los filetes                  | $A_{Fil} := (2 \cdot r_{ipe})^2 - \pi \cdot r_{ipe}^2 = 1.93 \text{ cm}^2$                                     |
| Área total de la sección transversal | $A_{ipe} := A_{AA} + A_{Fil} = 53.81 \text{ cm}^2$   |

## 07 PESO POR UNIDAD DE LONGITUD

Peso unitario del acero  $\gamma_a = 7850 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$

Peso por unidad de longitud  $P_{mlipe} := A_{ipe} \cdot \gamma_a \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{m}} = 42.24 \cdot \frac{1}{\text{m}} \text{ kgf}$

## 08 MOMENTOS DE INERCIA DE LA SECCIÓN

### 8.1 MOMENTO DE INERCIA EJE X

#### Inercia de las secciones planas

Inercia de las alas del perfil

$$I_{xAlas} := \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot b_{fipe} \cdot t_{fipe}^3 + 2 \cdot b_{fipe} \cdot t_{fipe} \cdot \left( \frac{h_{ipe} - t_{fipe}}{2} \right)^2$$

$$I_{xAlas} = 6719.55 \text{ cm}^4$$

Inercia del alma del perfil

$$I_{xAlma} := \frac{1}{12} \cdot t_{wipe} \cdot \left( (h_{ipe} - 2 \cdot t_{fipe})^3 \right)$$

$$I_{xAlma} = 1279.44 \text{ cm}^4$$

#### Inercia de los filetes

##### Centro de gravedad local de cada filete

$$CG_{filete} := \frac{- \left( \frac{\pi \cdot r_{ipe}^2}{4} \cdot \frac{4 \cdot r_{ipe}}{3 \cdot \pi} \right) + r_{ipe}^2 \cdot \frac{r_{ipe}}{2}}{- \frac{\pi \cdot r_{ipe}^2}{4} + r_{ipe}^2} = 11.65 \text{ mm}$$

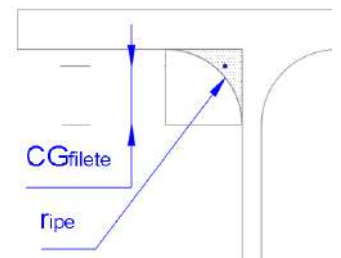


Figura 2. CGfilete

##### Inercia en el centro de gravedad de cada filete

$$I_{fileteCG} := \left( \frac{1}{12} \cdot r_{ipe}^3 \cdot r_{ipe} - \left( \frac{\pi}{16} - \frac{4}{9 \cdot \pi} \right) \cdot r_{ipe}^4 \right) +$$

$$+ \left( r_{ipe}^2 \cdot \left( CG_{filete} - \frac{r_{ipe}}{2} \right)^2 - \frac{\pi \cdot r_{ipe}^2}{4} \cdot \left( CG_{filete} - \frac{4 \cdot r_{ipe}}{3 \cdot \pi} \right)^2 \right)$$

$$I_{fileteCG} = 0.04 \text{ cm}^4$$

##### Inercia de los cuatro filetes eje X

$$I_{xfilete} := 4 \cdot I_{fileteCG} + 4 \cdot \left( r_{ipe}^2 - \frac{\pi \cdot r_{ipe}^2}{4} \right) \cdot \left( \frac{h_{ipe}}{2} - t_{fipe} - r_{ipe} + CG_{filete} \right)^2 = 357.12 \text{ cm}^4$$

#### Inercia total del perfil

Inercia total del perfil eje X

$$I_{xipe} := I_{xAlas} + I_{xAlma} + I_{xfilete} = 8356.11 \text{ cm}^4$$

### 8.2 MOMENTO DE INERCIA EJE Y

#### Inercia de las secciones planas

Inercia de las alas del perfil

$$I_{yAlas} := \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot t_{fipe} \cdot b_{fipe}^3 = 601.87 \text{ cm}^4$$

Inercia del alma del perfil  $I_{yAlma} := \frac{1}{12} \cdot (h_{ipe} - 2 \cdot t_{fipe}) \cdot t_{wipe}^3 = 0.83 \text{ cm}^4$

Inercia de los filetes

Inercia de los cuatro filetes eje Y

$$I_{yfilete} := 4 \cdot I_{fileteCG} + 4 \cdot \left( r_{ipe}^2 - \frac{\pi \cdot r_{ipe}^2}{4} \right) \cdot \left( \frac{t_{wipe}}{2} + (r_{ipe} - CG_{filete}) \right)^2 = 1.07 \text{ cm}^4$$

Inercia total del perfil

Inercia total del perfil eje Y  $I_{yipe} := I_{yAlas} + I_{yAlma} + I_{yfilete} = 603.78 \text{ cm}^4$

**09** RADIO DE GIRO

Radio de giro X

$$r_{xipe} := \sqrt{\frac{I_{xipe}}{A_{ipe}}} = 12.46 \text{ cm}$$

Radio de giro Y

$$r_{yipe} := \sqrt{\frac{I_{yipe}}{A_{ipe}}} = 3.35 \text{ cm}$$

**10** MÓDULO DE SECCIÓN

10.1 MÓDULO DE SECCIÓN ELÁSTICO

Módulo de sección elástico en X

$$S_{xipe} := 2 \cdot \frac{I_{xipe}}{h_{ipe}} = 557.07 \text{ cm}^3$$

Módulo de sección elástico en Y

$$S_{yipe} := 2 \cdot \frac{I_{yipe}}{b_{fipe}} = 80.5 \text{ cm}^3$$

10.2 MÓDULO DE SECCIÓN PLÁSTICO X

Módulo de sección plástico de las secciones planas

Módulo de sección plástico de las alas del perfil

$$Z_{xipeala} := b_{fipe} \cdot t_{fipe} \cdot \left( \frac{h_{ipe} - t_{fipe}}{2} \right)$$

$$Z_{xipeala} = 232.16 \text{ cm}^3$$

Módulo de sección plástico del alma del perfil

$$Z_{xipealma} := \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{h_{ipe} - 2 \cdot t_{fipe}}{2} \right) \cdot t_{wipe} \cdot \left( \frac{h_{ipe} - 2 \cdot t_{fipe}}{2} \right)$$

$$Z_{xipealma} = 68.89 \text{ cm}^3$$

Módulo de sección plástico de los filetes

Módulo de sección plástico de los filetes

$$Z_{xipefilete} := 2 \cdot \left( r_{ipe}^2 - \frac{\pi \cdot r_{ipe}^2}{4} \right) \cdot \left( \frac{h_{ipe}}{2} - t_{fipe} - r_{ipe} + CG_{filete} \right)$$

$$Z_{xipefilete} = 13.13 \text{ cm}^3$$

Módulo de sección plástico total del perfil

Módulo de sección plástico total del perfil  $Z_{xipe} := 2 \cdot (Z_{xipeala} + Z_{xipealma} + Z_{xipefilete}) = 628.36 \text{ cm}^3$

10.3 MÓDULO DE SECCIÓN PLÁSTICO Y

Módulo de sección plástico de las secciones planas

Módulo de sección plástico de las alas del perfil  $Z_{yipeala} := 2 \cdot \frac{b_{fipe}}{2} \cdot t_{fipe} \cdot \left( \frac{b_{fipe}}{2} \cdot \frac{1}{2} \right) = 60.19 \text{ cm}^3$

Módulo de sección plástico del alma del perfil  $Z_{yipealma} := \frac{1}{2} \cdot (h_{ipe} - 2 \cdot t_{fipe}) \cdot \frac{t_{wipe}}{2} \cdot \frac{t_{wipe}}{2} = 1.76 \text{ cm}^3$

Módulo de sección plástico de los filetes

Módulo de sección plástico de los filetes  $Z_{yipefilete} := 2 \cdot \left( r_{ipe}^2 - \frac{\pi \cdot r_{ipe}^2}{4} \right) \cdot \left( \frac{t_{wipe}}{2} + r_{ipe} - CG_{filete} \right)$   
 $Z_{yipefilete} = 0.67 \text{ cm}^3$

Módulo de sección plástico total del perfil

Módulo de sección plástico total del perfil  $Z_{yipe} := 2 \cdot (Z_{yipeala} + Z_{yipealma} + Z_{yipefilete}) = 125.22 \text{ cm}^3$

**11** CONSTANTES TORSIONALES

11.1 CONSTANTE TORSIONANTE

Coefficiente  $\alpha_{lipe}$

$$\alpha_{lipe} := -0.042 + 0.22 \cdot \frac{t_{wipe}}{t_{fipe}} + 0.136 \cdot \frac{r_{ipe}}{t_{fipe}} - 0.0865 \cdot \frac{t_{wipe} \cdot r_{ipe}}{t_{fipe}^2} - 0.0725 \cdot \frac{t_{wipe}^2}{t_{fipe}^2} = 0.18$$

Coefficiente  $D_{lipe}$

$$D_{lipe} := \frac{(t_{fipe} + r_{ipe})^2 + t_{wipe} \cdot \left( r_{ipe} + \frac{t_{wipe}}{4} \right)}{2 \cdot r_{ipe} + t_{fipe}} = 1.92 \text{ cm}$$

Constante torsionante. STEEL DESIGN GUIDE 9

$$J_{ipe} := \frac{1}{3} \cdot \left( 2 \cdot b_{fipe} \cdot t_{fipe}^3 + (h_{ipe} - t_{fipe}) \cdot t_{wipe}^3 \right) + 2 \cdot \alpha_{lipe} \cdot D_{lipe}^4 - 0.42 \cdot t_{fipe}^4$$

$$J_{ipe} = 20.06 \text{ cm}^4$$

11.2 CONSTANTE DE ALABEO

Constante de alabeo. STEEL DESIGN GUIDE 9  $C_{wipe} := \frac{I_{yipe} \cdot (h_{ipe} - t_{fipe})^2}{4} = 126332.32 \text{ cm}^6$

# 11 RESUMEN DE PARAMETROS GEOMÉTRICOS

VIGA [ "IPE300" ]

|                     |   |
|---------------------|---|
| Peso por ml         | $P_{mlipe} = 42.24 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$ |
| Inercia X           | $I_{xipe} = 8356.11 \text{ cm}^4$               |
| Inercia Y           | $I_{yipe} = 603.78 \text{ cm}^4$                |
| Modulo elástico X   | $S_{xipe} = 557.07 \text{ cm}^3$                |
| Modulo elástico Y   | $S_{yipe} = 80.5 \text{ cm}^3$                  |
| Modulo plástico X   | $Z_{xipe} = 628.36 \text{ cm}^3$                |
| Modulo plástico Y   | $Z_{yipe} = 125.22 \text{ cm}^3$                |
| Constante Torsional | $J_{ipe} = 20.06 \text{ cm}^4$                  |
| Constante de alabeo | $C_{wipe} = 126332.32 \text{ cm}^6$             |

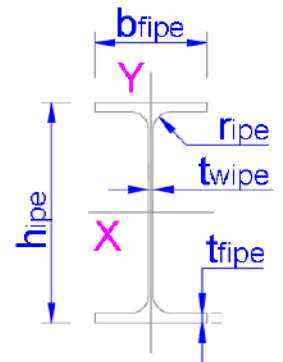


Figura 3. Resumen de Geometría