

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 563 214**

21 Número de solicitud: 201590135

51 Int. Cl.:

E02D 5/00 (2006.01)

E02D 5/22 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

28.02.2014

30 Prioridad:

28.02.2014 WO PCT/ES2014/070155

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.03.2016

Fecha de la concesión:

19.12.2016

45 Fecha de publicación de la concesión:

27.12.2016

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2014/070155

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE GRANADA (100.0%)
HOSPITAL REAL. AVDA. DEL HOSPICIO S/N
18071 GRANADA (Granada) ES**

72 Inventor/es:

**GIL MARTÍN, Luisa María y
HERNÁNDEZ MONTES, Enrique**

54 Título: **PILOTE CON PERFIL DE SECCIÓN MONOSIMÉTRICA PARA CONTENCIÓN DE TIERRAS**

57 Resumen:

Pilote con perfil de sección monosimétrica para contención de tierras.

En la presente invención se propone un nuevo tipo de pilote que comprende un único perfil laminado monosimétrico embutido, de forma que las alas del perfil puedan tener distinto ancho y/o distinto espesor y cuyas dimensiones permiten reducir la cantidad de acero necesario sin que el pilote deje de resistir las sollicitaciones requeridas.

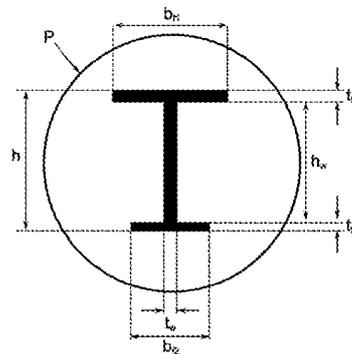


Figura 4

ES 2 563 214 B1

DESCRIPCION

**PILOTE CON PERFIL DE SECCIÓN MONOSIMÉTRICA PARA CONTENCIÓN
DE TIERRAS**

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se enmarca en el sector de la ingeniería civil. Concretamente en el sector de las construcciones que requieren contención de tierras y más concretamente en el del diseño y la fabricación de pilotes para contención de tierras.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Actualmente hay varios procedimientos de construcción para
15 muros de contención de tierras. Uno de ellos es la ejecución de una línea de pilotes fabricados in situ. La línea de pilotes divide al terreno en una parte que se pretende vaciar, es decir, una zona a vaciar, y una parte que no se desea vaciar, es decir, una zona no excavada, que
20 es la que ejerce un determinado empuje de tierras sobre el muro de contención, lo que produce sobre los pilotes una sollicitación asimétrica de acciones en una representación M-N (Momento-Axil).

25 Los pilotes con perfiles embutidos se suelen ejecutar habitualmente introduciendo, tras la extracción de la sección cilíndrica de tierra (ejecución in situ), un perfil metálico con sección en forma de "doble T", de "I" o de "H", con alas iguales (doblemente simétrico), y añadiendo
30 el hormigón posteriormente, o bien rellenando de hormigón el agujero realizado e introduciendo posteriormente el perfil metálico.

La única anterioridad conocida por el solicitante sobre el uso de perfiles monosimétricos en pilotes de contención es la patente CN20072042973U que describe el uso de más de un perfil monosimétrico para lograr una mayor eficiencia del acero empleado como refuerzo del hormigón. Anteriormente no se ha considerado la utilización de perfiles con sección monosimétrica.

OBJETO DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención es un pilote para la contención de tierras con un perfil metálico embutido caracterizado porque la sección del perfil es monosimétrica, de forma que permite optimizar la estructura de los muros de contención. En particular, el perfil embutido en el pilote propuesto posee una sección transversal cuyas dimensiones son inferiores a las soluciones actuales que emplean un perfil con sección bisimétrica de alas iguales, consiguiendo así una importante reducción del material empleado y, por tanto, una mayor eficacia en el consumo de energía global.

En la gran mayoría de obras de contención de tierras que utilizan pilotes de hormigón reforzados con perfiles metálicos embutidos, la aplicación de esta invención podría reducir la cantidad de material necesario para la fabricación de dichos perfiles teniendo en cuenta las sollicitaciones reales a las que se encuentra sometido el muro de pilotes. Estas sollicitaciones consisten en el empuje de tierras y a la acción introducida por elementos superiores, en el caso de que éstos existan.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Figura 1.- Muestra dos secciones transversales de perfiles laminados. La sección de la izquierda (A) es monosimétrica ya que sólo tiene un eje de simetría (e_1). La sección de la derecha (B) es doblemente simétrica porque tiene dos ejes de simetría (e_1 y e_2).

Figura 2.- Muestra una sección transversal de un pilote con perfil embutido doblemente simétrico. **P** representa el contorno del pilote, b_f el ancho de las alas del perfil, t_f el grosor de las alas, t_w el espesor del alma, h la altura nominal y h_w la altura del alma.

Figura 3.- Muestra una sección transversal de un pilote con perfil embutido monosimétrico, cuyas alas presentan anchos (b_{f1} y b_{f2}) distintos.

Figura 4.- Muestra una sección transversal de un pilote con perfil embutido monosimétrico cuyas alas presentan anchos (b_{f1} y b_{f2}) y espesores (t_{f1} y t_{f2}) distintos

Figura 5.- Muestra la distribución de tensiones en la sección transversal definida mediante el ángulo θ que separa las fibras traccionadas de las comprimidas.

Figura 6.- Muestra una representación de las distintas soluciones obtenidas en el proceso de optimización. En este diagrama se han unido los puntos correspondientes a la sección mínima de acero para cada valor de alma, h_w .

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

En edificación y obra civil se denomina "perfil laminado" a un elemento metálico cuya sección transversal está constituida por varios rectángulos (denominados "chapas"). Según el número de chapas y su orientación relativa se obtienen distintos tipos de secciones transversales. Utilizando 2 chapas se obtienen perfiles con sección en T o en L; , mientras que utilizando 3 chapas se obtienen perfiles en forma de U, I, H, o Doble T. La unión entre estas chapas se realiza mediante acuerdos curvos.

5
10

Los perfiles laminados se producen a partir de la laminación en caliente de palanquillas o tochos hasta darle la conformación deseada.

15 Entre sus características destaca su uniformidad estructural pues no presentan soldaduras o costuras y tienen un bajo nivel de acumulación de tensiones residuales localizadas. Se distinguen, básicamente en dos grandes familias:

20

a.1. Perfiles de alas paralelas:

Los perfiles de alas paralelas se producen en secciones tipo "I" y "H", también denominadas doble T. También se denominan "Perfiles IPE". Se caracterizan por tener alas perpendiculares al alma, de caras paralelas, rectilíneas y de espesor constante. En la presente invención el término "perfil con sección doble T" incluye al perfil cuya ala menor tenga un ancho igual al grosor del alma, o perfil en T.

25
30

a.2. Perfiles de alas inclinadas:

Los perfiles de alas inclinadas se producen básicamente en secciones tipo "I", "U" y "L" y se caracterizan por tener

los exteriores de las alas perpendiculares al alma, mientras las caras interiores de las alas presentan una inclinación respecto de la cara exterior, por lo que los espesores de las alas son decrecientes.

5

En edificación y obra civil es también frecuente el empleo de vigas armadas, obtenidas uniendo varias chapas mediante soldadura o con tornillos.

10 A lo largo de la invención se entenderá por "perfil monosimétrico" a un perfil (Fig 1, **A**), que presenta un único eje de simetría (**e1**) a lo largo del alma del perfil, mientras que por "perfil doblemente simétrico" (Fig. 1, **B**) se entenderá a un perfil que presenta un segundo eje de
15 simetría (**e2**) perpendiculares al anterior (**e1**).

Los perfiles embutidos en pilotes que se utilizan habitualmente son perfiles de acero con un perfil de doble T doblemente simétrico cuyas alas tienen las mismas
20 dimensiones de ancho (Fig. 2, **b_f**) y de espesor (Fig 2, **t_f**).

En la presente invención se propone un nuevo tipo de pilote que comprende un único perfil laminado monosimétrico embutido, de forma que las alas del perfil puedan tener
25 distinto ancho (**Fig. 3, w₁ y w₂**) y/o distinto espesor (**Fig. 4, t_{f1} y t_{f2}**), y cuyas dimensiones permiten reducir la cantidad de acero necesario sin que el pilote deje de resistir las sollicitaciones requeridas.

30 Las dimensiones del perfil se determinan utilizando el procedimiento de optimización objeto de la invención.

Para ejecutar ese procedimiento se admite que el punto medio del alma del perfil embutido coincide con el centro del círculo de hormigón. Puesto que el acero está completamente embebido en la sección de hormigón no aparecerán inestabilidades y, por tanto, el agotamiento de la sección mixta hormigón-acero será plástico. La cantidad máxima y mínima de acero embutido se delimita a través del coeficiente de contribución definido en la normativa de estructura mixta (Eurocódigo 4).

10

Las ecuaciones de resistencia aplicables a una sección transversal son muy conocidas. En ellas interviene las aportaciones resistentes tanto de la parte de como de la sección metálica embutida. Estas ecuaciones vienen dadas por las siguientes expresiones:

15

$$\begin{aligned} N_d &= N_c(\theta) + N_s(\theta) \\ M_d &= M_c(\theta) + M_s(\theta) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 1})$$

donde:

20

N_d es el axil de diseño

M_d es el momento flector de diseño

$N_c(\theta)$ y $M_c(\theta)$ son el axil y flector resistidos por el hormigón, respectivamente

25

$N_s(\theta)$ y $M_s(\theta)$ representan el axil y flector resistidos por el acero, respectivamente; y

θ es una variable que define el ángulo de la fibra que separa las partes comprimida y traccionada de la sección transversal.

30

(Figura 5)

Además, se han de tener en cuenta la normativa vigente y algunos condicionantes relativos al proceso constructivo:

35

- Es necesario elegir chapas manejables y que estén dentro de los estándares existentes.

- El recubriendo mínimo viene limitado por normativa.
- La cantidad de acero embutido también viene limitada por la normativa a través de una cota superior y otra inferior del factor de contribución, definido como:

5

$$\delta = \frac{A_s f_{yd}}{A_s f_{yd} + A_c f_{cd}}$$

Siendo A_s el área de acero embebido, A_c el área de hormigón y f_{yd} y f_{cd} las resistencias de cálculo de acero y hormigón respectivamente.

10

Procedimiento de optimización

Los parámetros involucrados en el procedimiento son:

- 15 D diámetro de la sección de hormigón -pilote-
- f_{yd} resistencia característica del hormigón
- f_{cd} resistencia característica del acero
- t_w espesor de la chapa del alma del perfil metálico
- Δt_w variación del espesor de la chapa del alma del perfil metálico en cada iteración (del bucle 1)
- 20 t_{f1} y t_{f2} espesores de cada una de las alas del perfil metálico en cada iteración (del bucle 2)
- Δt_{f1} y Δt_{f2} variación de los espesores de las alas del perfil metálico
- 25 M_d Momento flector que solicita a la sección (valor de cálculo del momento flector)
- N_d carga axil que solicita a la sección (valor de cálculo del axil)
- b_{f1} y b_{f2} anchos de las alas del perfil metálico
- 30 b_{fmax} máximo valor del ancho del ala más grande para garantizar que el recubrimiento es el adecuado (el recubrimiento persigue proteger al acero de la

ES 2 563 214 B1

corrosión y para ello el elemento metálico ha de quedar rodeado de hormigón).

Δb_{f1} y Δb_{f2} variación de los anchos de ambas alas del perfil metálico en cada iteración

5 h_w altura del alma del perfil metálico. Toma valores entre d y D

Δh_w incremento de la altura del alma del perfil metálico

$h_{w \min}$ Valor mínimo de la altura del alma del perfil metálico

- 10 El proceso de optimización viene definido por el siguiente razonamiento: para optimizar la capacidad de ambos materiales se dispondrá el ala más grande de la sección metálica, que requiere mayor cantidad de acero, en la parte traccionada de la sección transversal y lo más alejada posible del centro de gravedad de la sección.
- 15

Así, para un pilote de diámetro D , dados los parámetros de resistencia del acero y del hormigón, f_{yd} , y los valores de las acciones exteriores del diseño, M_d y N_d , el procedimiento objeto comprende los siguientes pasos:

20

- Cálculo, para cada grupo de parámetros t_w , h_w , b_{f1} , b_{f2} , t_{f1} y t_{f2} , que determinan las dimensiones del perfil, seleccionados de entre un conjunto finito de parámetros, de los siguientes valores:

- 25
- o Área del perfil
 - o Resistencia de la sección transversal del pilote
 - o Factor de contribución.

- 30
- Selección del conjunto de parámetros que, cumpliendo la sollicitación definida y la normativa respecto al factor de contribución, ofrezcan el área de perfil mínima.

ES 2 563 214 B1

En la práctica, el conjunto de parámetros t_w , h_w , b_{f1} , b_{f2} , t_{f1} y t_{f2} , estará determinado por las dimensiones de las chapas disponibles para la confección de los perfiles laminados.

5

En una realización particular del procedimiento, se fijan los valores t_w , t_{f1} y t_{f2} al inicio del proceso, de forma que los únicos parámetros que varían son el alto del alma y la anchura de las alas. Preferentemente, se considerará el
10 espesor de las alas igual ($t_{f1}=t_{f2}$)

En una realización preferente, para un pilote de diámetro D , dados los parámetros de resistencia del acero y del
15 hormigón, f_{yd} , y los valores de las acciones exteriores del diseño, M_d y N_d , el procedimiento comprende los siguientes pasos:

Fijados los valores de t_w , t_{f1} y t_{f2} , se ejecuta el
20 siguiente subproceso:

1. Se calcula el recubrimiento mínimo para obtener b_{fmax}
2. Se fijan $b_{f1}:= t_w$, $b_{f2}:= t_w$ y $h_w := h_w \min$
 - 2.1. Se comprueba si el pilote cumple la sollicitación.

25

2.1.1. El pilote no cumple con la sollicitación.

2.1.1.1. Se incrementa el valor de b_{f2} , $b_{f2}:= b_{f2} + \Delta b_{f2}$.

2.1.1.2. Si $b_{f2} < b_{fmax}$, vuelve al paso 2.1

30

2.1.1.3. Si $b_{f2} \geq b_{fmax}$, se incrementa el valor de b_{f1} , $b_{f1}:= b_{f1} + \Delta b_{f1}$ y se define $b_{f2}:= t_w$.

2.1.1.3.1. Si $b_{f1} < b_{fmax}$, vuelve al paso 2.1

2.1.1.3.2. Si $b_{f1} \geq b_{fmax}$, se incrementa el valor de h_w , $h_w:= h_w + \Delta h_w$, se define $b_{f1}:= t_w$

ES 2 563 214 B1

2.1.1.3.2.1. Si $h_w < D$, vuelve al paso 2.1.

2.1.1.3.2.2. Si $h_w \geq D$, se finaliza el subproceso

5 2.1.2. El pilote cumple con la solicitud

2.2. Se comprueba si el factor de contribución está entre los límites fijados por normativa.

10 2.2.1. Si el factor de contribución está entre los límites fijados por la normativa, se almacenan las dimensiones del perfil.

2.2.2. En caso negativo, se incrementa el valor de h_w , $h_w := h_w + \Delta h_w$ y se define $b_{f1} := t_w$ y $b_{f2} := t_w$, y se vuelve al paso 2.1

15

Una vez finalizado el subproceso, se modifican los valores de tf_1 , tf_2 y/o t_w , volviéndose a ejecutar el subproceso para los nuevos valores.

20 De entre las soluciones almacenadas, se elige aquella que tenga menor área.

25 Opcionalmente, los datos almacenados se pueden representar gráficamente como área total de acero versus altura del alma en una de forma que se puedan visualizar todas las posibles soluciones. A partir de esta representación RSD se puede decidir el perfil óptimo a embutir teniendo en cuenta otros factores

30 En una variante de realización, el alma de la viga puede ser sustituida por un conjunto de barras de acero soldadas a las almas, también denominado celosía. El método de cálculo que se aplica para dimensionar el perfil de una

viga de acero es también válido para dimensionar una celosía de este tipo.

5 En el caso en el que el muro pantalla se realice con losa encima, el ala de mayor área (espesor \times ancho) se concentra en la parte que no da a tierras, mientras que el caso de muro de contención en voladizo, el ala de mayor área se concentra en la parte que está en contacto con la tierra contenida.

10 El proceso que aquí se plantea es directamente aplicable perfiles laminados de alas paralelas y a vigas armadas. En el caso de perfiles laminados de alas inclinadas, puesto que los espesores no son constantes, habría que adaptar
15 ligeramente el procedimiento ya que la asimetría, y el consiguiente ahorro de material, se obtendría recortando una de las alas del perfil (es decir, reduciendo su ancho).

20 **REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

La realización preferente de la consiste en un pilote (16) con un perfil embutido monosimétrico donde las alas del perfil no son iguales e incluso puede ser una T si una de
25 las alas no es necesaria.

Pilote con perfil monosimétrico embutido que resiste un momento flector de 515kN.m

30 El siguiente ejemplo muestra el dimensionamiento de un pilote de 600mm de diámetro para resistir un momento flector de 515 kN·m.

Las condiciones consideradas son:

35

ES 2 563 214 B1

- Diámetro del pilote: 600 mm
 - Resistencia del Hormigón: $f_{ck}= 30$ MPa
 - Resistencia del Acero: $f_{yk}= 235$ MPa
- 5 • Solicitación a resistir es: $N_d=0$ y $M_d=515$ kN·m

En este caso, se fija el espesor del alma del perfil:
10 $t_w=10.2$ mm, que no variará a lo largo del proceso.

También se considera que el espesor de ambas alas del perfil metálico es igual, $t_f=t_{f1}=t_{f2}$ y variará entre 10.2 mm y $2t_w$ con pasos de 2mm. Es decir, $\Delta t_{f1} = \Delta t_{f2}= 2$ mm.

15 La altura del alma del perfil metálico, h_w , se inicializa en 100 mm y variará con pasos de 25 mm. Es decir, $h_{w \min}=100$ mm y $\Delta h_w=25$ mm.

20 Para cada combinación de anchos de alas, b_{f1} y b_{f2} se calcula la resistencia de la sección, M . Si dicha resistencia es mayor que $M_d=515$ kN·m, se almacena el vector que contiene las dimensiones del perfil, la resistencia
25 obtenida y el área del perfil ($h_w, b_{f1}, b_{f2}, t_f, M, A$).

Una vez finalizado el procedimiento se podría determinar el perfil que, cumpliendo con la normativa, ofrece el menor área y, por consiguiente, requiera el menos acero.

30 No obstante, la elección final del perfil a utilizar depende de otros factores por lo que, para facilitar la elección se pueden presentar distintas opciones para cada espesor de las alas de ala o para determinadas alturas

35 Para ello basta con representar las distintas soluciones en una gráfica donde el eje de abscisas representa alguno

ES 2 563 214 B1

de los parámetros que influirán en la elección y el eje de ordenadas representa el área del perfil.

En la figura 6 se puede ver un conjunto de soluciones
5 obtenidas de forma que el eje de abscisas representa la altura del alma del perfil.

Para este ejemplo concreto, las dimensiones óptimas en función del tipo de perfil, son:

10

Doblemente simétrico	Monosimétrico	Monosimétrico en forma de T ($b_{f2}=t_w$)
$b_{f1}=b_{f2}=200$ mm	$b_{f1}= 282$ mm; $b_{f2}=102$ mm	$b_f= =272$ mm
$t_{f1}=t_{f2}=16$ mm	$t_{f1}=t_{f2}=14.2$ mm	$t_f= 18.2$ mm
$h_w=468$ mm	$h_w=450$ mm	$h_w=410$ mm
$t_w=10.2$ mm	$t_w=10.2$ mm	$t_w=10.2$ mm
$A_s= 11173.6$ mm ²	$A_s= 10042.8$ mm ²	$A_s= 9318.04$ mm ²

Se puede observar que el pilote objeto de la invención
15 puede ahorrar una cantidad significativa de acero respecto del perfil doblemente simétrico tradicionalmente empleado (10 % en el caso del perfil monosimétrico y 16.6 % en el caso del perfil en T).

20

REIVINDICACIONES

5 1.- Pilote para contención de tierras, que comprende un
único perfil laminado monosimétrico embutido en su
interior.

10 2.- Pilote para contención de tierras según la
reivindicación 1, caracterizado porque los anchos de las
alas del perfil son diferentes.

15 3.- Pilote para contención de tierras según la
reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque los espesores
de las alas del perfil son diferentes.

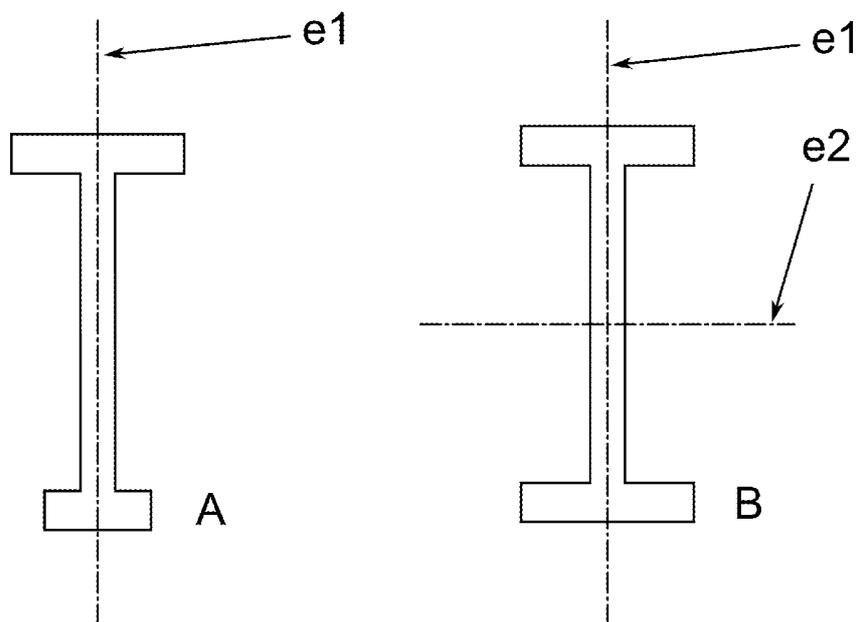


Figura 1

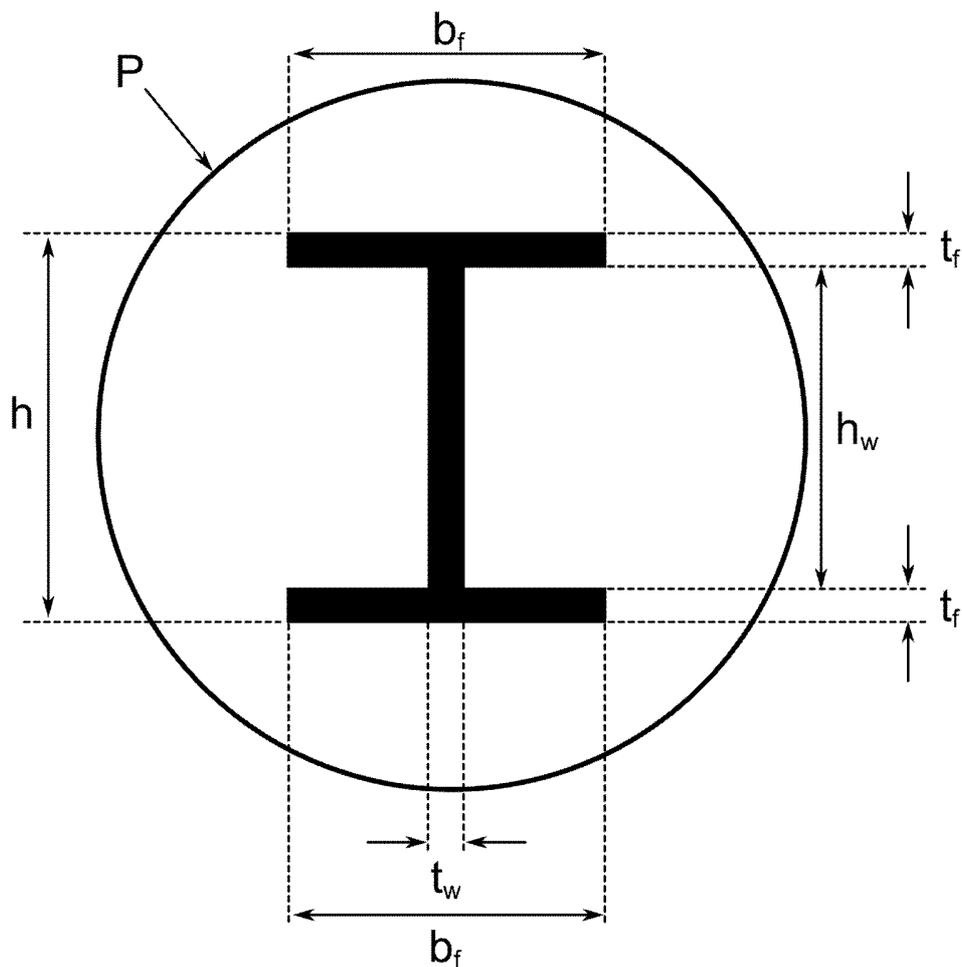


Figura 2

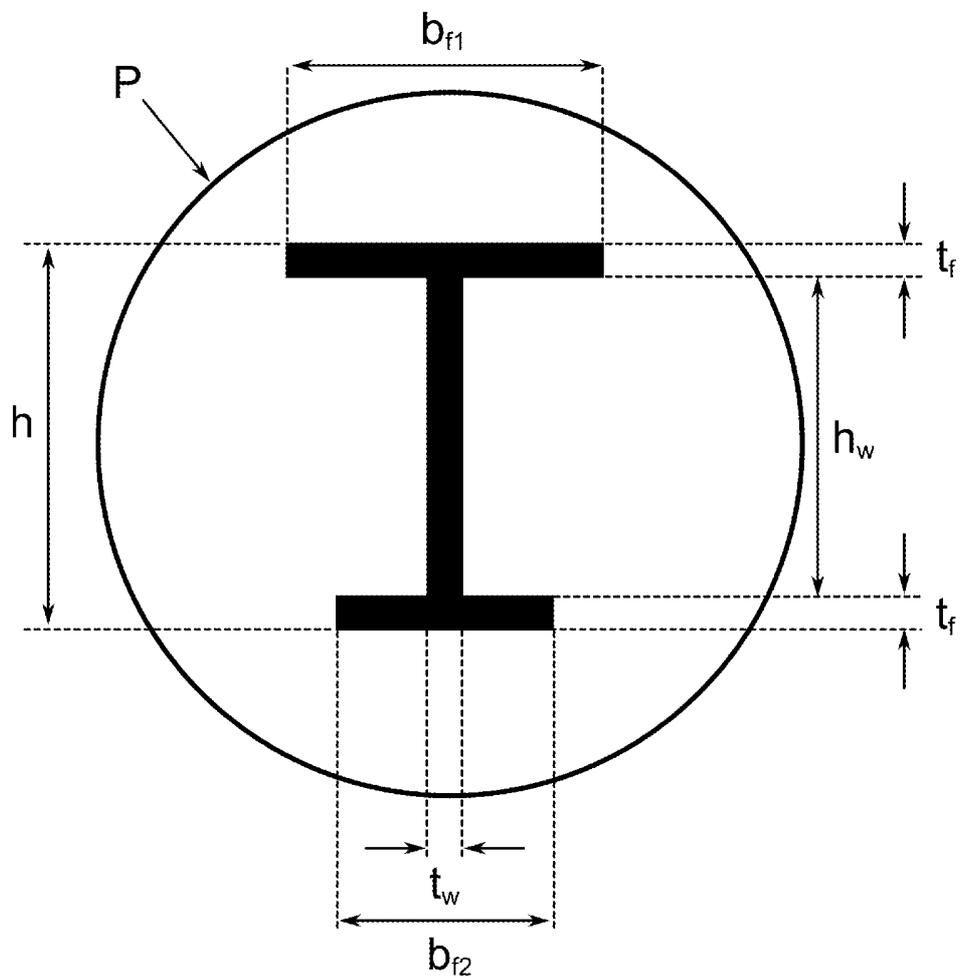


Figura 3

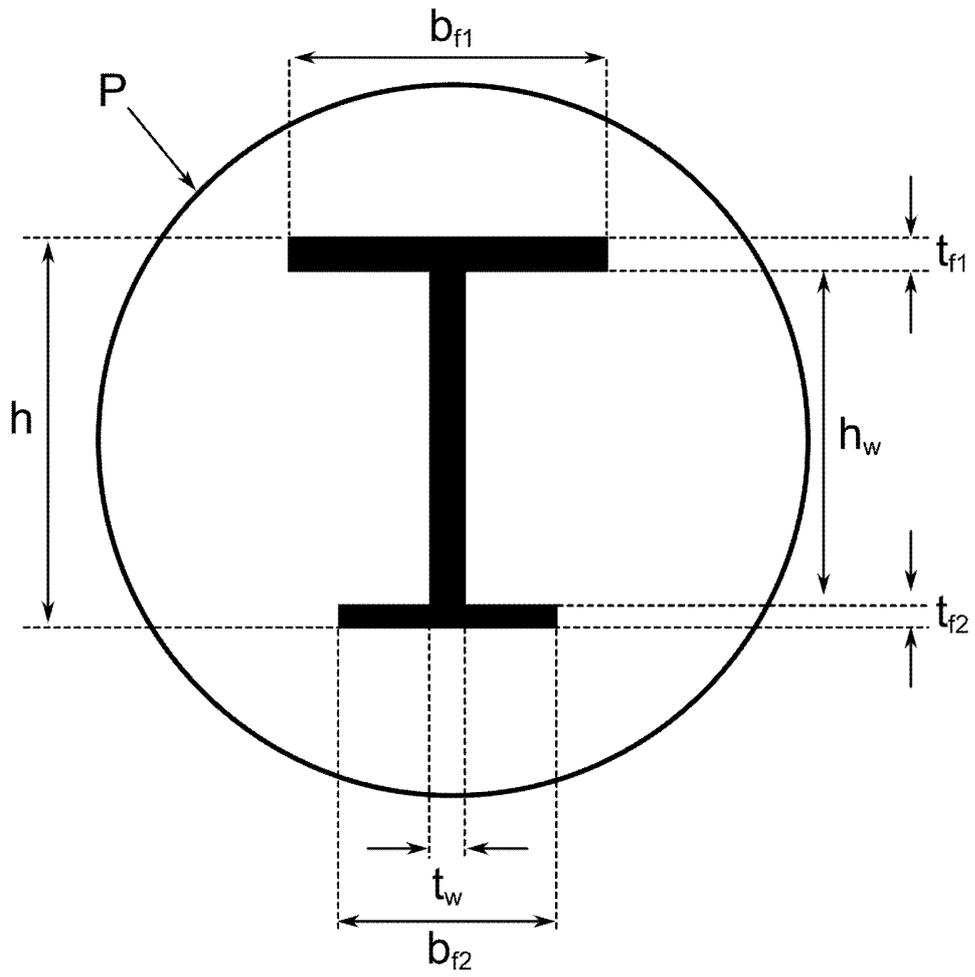


Figura 4

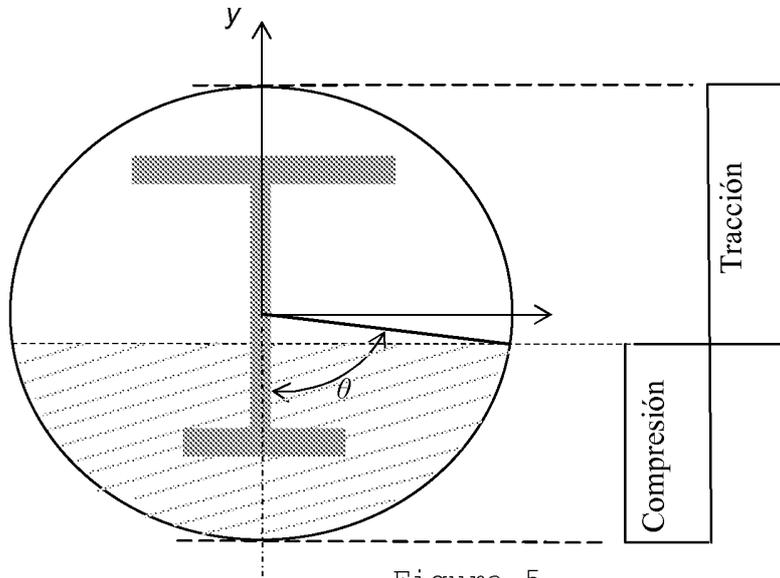


Figura 5

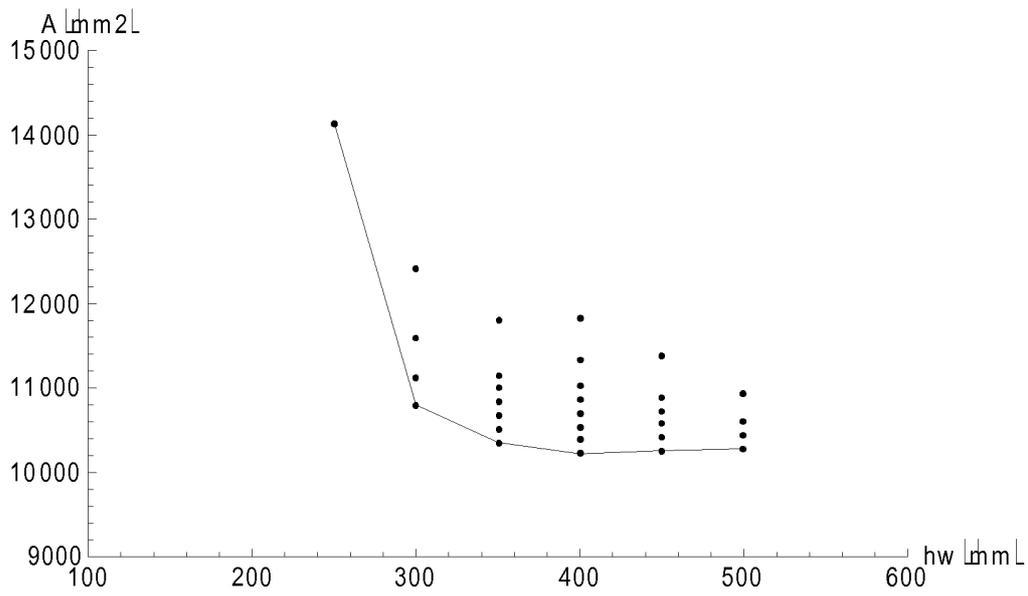


Figura 6