

Dimensionado de barras de acero a flexión bajo el Reglamento ANSI AISC 360/22 utilizando hojas de cálculo.

Sizing of flexural steel bars under ANSI AISC 360/22 standard using spreadsheets.

Presentación: 17/10/2023

Nicolás Agustín Gimenez

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rafaela
nico.agus.gimenez@gmail.com

Resumen

El presente trabajo describe el diseño de planillas cálculo para verificar barras de acero sometidas a flexión.

Dado que el proyecto de investigación del cual somos becarios analiza el comportamiento de una estructura de acero, hemos desarrollado una planilla de cálculo que verifica los estados límites últimos de dichas barras.

La mayoría de los programas de cálculo comerciales utilizados en Argentina, trabajan con ecuaciones del CIRSOC (*) 301 publicado en el año 2005 que es un derivado del americano AISC 360, del año 1999.

Para trabajar con ecuaciones mas modernas, debimos construir nuestros propios sistemas de cálculo aplicando las ecuaciones del Reglamento ANSI AISC 360 – 22 editado en Agosto de 2022 (ANSI AISC 360/22)

Estas planillas de cálculo, de desarrollo propio, son utilizadas para verificar los reportes que emite el software de cálculo estructural utilizado en el PID.

(*) CIRSOC: Centro de investigación de los reglamentos de seguridad para las obras civiles

(**) ANSI: American National standard institute

(***) AISC: American Institute of steel construction

Palabras clave: Reglamento ANSI AISC 360/22, barras acero a flexión, planillas de cálculo

Abstract

This paper describes the generation of calculation sheets to verify steel bars subjected to bending.

Since the research project of which we are scholarship holders analyzes the behavior of a steel structure, we have developed a spreadsheet that verifies the ultimate limit states of bars subjected to bending.

Most of the commercial calculation programs used in Argentina work with equations from CIRSOC (*) 301 published in 2005, which is a derivative of the American AISC 360, from 1999.

To work with more modern equations, we had to carry out our own calculation systems applying the equations of the ANSI AISC 360 – 22 Regulation published in August 2022 (ANSI AISC 360/22)

These self-developed calculation sheets are used to verify the reports issued by the structural calculation software used in the PID. (**) ANSI: American National standard institute

(***) AISC: American Institute of Steel Construction

Keywords: NSI AISC 360/22 Regulation, flexural steel bars, calculation sheets

Introducción

El proyecto de investigación en el cual estamos incorporados como becarios se enfoca en el modelado y cálculo de una estructura metálica diseñada para mitigar el estrés térmico en el ganado bovino.

Esta estructura se compone en su mayor parte, de barras de acero de sección circular hueca.

En Argentina, la mayoría de los programas de cálculo se trabajan con ecuaciones indicadas en el Reglamento CIRSOC 301 del año 2005, el cual es una adaptación de la versión estadounidense de 1999. Esto significa que actualmente se están calculando estructuras utilizando normativas con una antigüedad de 24 años (CIRSOC 301, 2005).

Existe otro Reglamento, el CIRSOC 302/05, que se aplica específicamente a secciones huecas, que hace referencia al estándar "Hollow Structural Sections" (Secciones Estructurales Huecas) del AISC (American Institute of Steel Construction).

Para diseñar la estructura que contiene barras cilíndricas huecas con barras de sección abierta se debería trabajar con dos reglamentos distintos y cada uno de ellos con diferente año de edición.

Por esta razón, los becarios del Programa de Investigación y Desarrollo (PID) estamos desarrollando una serie de hojas de cálculo basadas en el ANSI AISC 360 del año 2022 (ANSI AISC 360/22). Este Reglamento unifica el diseño de secciones cerradas y abiertas dentro de un único estándar.

La elaboración de nuestras propias hojas de cálculo permite la verificación de los informes y resultados generados por el software adquirido por la Universidad Tecnológica Nacional (UTN).

De esta manera el PID trabaja con las normativas mas modernas destinadas al cálculo del diseño de la estructura metálica para la protección del ganado bovino.

Metodología

Para desarrollar las hojas de cálculo, hemos comparado los cuatro Reglamentos y guías que la definen: CIRSOC 301-2005; CIRSOC 302-2005; Guía de Diseño 24 (en inglés) y el Reglamento ANSI AISC 360/22

Las barras sometidas a flexión poseen cuatro estados límites últimos: Fluencia (Y), pandeo Local del Ala (F.L.B.), pandeo Local del Alma (W.L.B.), pandeo Lateral Torsional (L.T.B.); sin embargo, en el caso de barra cilíndrica con sección hueca los estados límites a verificar son: fluencia (Yield) y pandeo lateral (Lateral Buckling) tal como lo expresa la tabla F.1.1.

Las ecuaciones y metodología utilizada en las hojas de cálculo se obtuvieron del capítulo F – Design of members for flexure (Diseño de miembros por flexión) donde se hace especial énfasis en la esbeltez (slenderness) del miembro.

| Sección estudiada en el capítulo | Forma de la sección | Esbeltez de ala | Esbeltez del alma | Estados límites a verificar |
|----------------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------------|
| F8 | ○ | No aplica | No aplica | Fluencia (Y) y Pandeo lateral (L.B.) |

Tabla 1: extracto de la Tabla F.1.1 Reglamento ANSI AISC 360/22 para secciones circulares (Adaptado del ANSI AISC 360/22)

Las barras que están comprendidas en el capítulo F.8 deberán cumplir la condición:

F8. ROUND HSS

This section applies to round HSS having D/t ratios of less than $\frac{0.45E}{F_y}$.

| | |
|--------------|-------------------|
| D= 75 [mm] | E= 200.000 [MPa] |
| t= 1,59 [mm] | Fy= 235 [MPa] |
| D/t= 47,24 | 0,45*E/Fy= 382,98 |

Comprobación

Verifica comprobación: $(D/t) < (0,45*E/F_y)$

Tabla 2: comprobación de la validez del capítulo a la sección considerada adoptada en la planilla de cálculo

En este ejemplo el programa verifica una barra de 75 mm (3”) de espesor t=1,59 mm, siendo el material F-24

Podemos observar que la barra verifica el estar dentro de las condiciones establecidas en el Reglamento.

Verificación a fluencia.

La primera condición que se ha establecido en las planillas de cálculo es que verifique a fluencia.

1. Yielding

$$M_n = M_p = F_y Z \quad (F8-1)$$

Figura 1: primera condición de verificación de las secciones HSS (Fuente: ANSI AISC 360/22)

| | | |
|---------------------------|------------------------------------|---------------|
| $M_n = M_p = F_y Z$ | | (F8-1) |
| $M_n = 25 \text{ [kN.m]}$ | $Z = 106,38 \text{ [cm}^3\text{]}$ | |
| $F_y = 235 \text{ [MPa]}$ | | |

Tabla 3: valor del módulo plástico para una sollicitación dada

Para el análisis de los ratios de esbeltez para el pandeo local (abolladura), el nuevo Reglamento ANSI AISC 360 – 22 agrega 10 casos a los 11 existentes de nuestro CIRSOC 301 – 05.

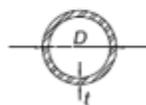
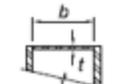
| TABLE B4.1b (continued) | | | | | | |
|--|------|-------------------------|--------------------------|---|--|---|
| Width-to-Thickness Ratios: Compression Elements | | | | | | |
| Members Subjected to Flexure | | | | | | |
| | Case | Description of Element | Width-to-Thickness Ratio | Limiting Width-to-Thickness Ratio | | Examples |
| | | | | λ_p (compact/ noncompact) | λ_r (non-compact/ slender) | |
| Stiffened Elements | 20 | Round HSS | D/t | $0.07 \frac{E}{F_y}$ | $0.31 \frac{E}{F_y}$ |  |
| | 21 | Flanges of box sections | b/t | $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ |  |

Figura 2: extracto de la tabla B4.1b del ANSI AISC 360/22 (Fuente: AISC Reglamento 360/22)

El Reglamento especifica que tipo de sección tendremos, tomando en cuenta las dimensiones geométricas de nuestra sección y los límites que corresponden a cada tipo de barra.

El diagrama de flujo utilizado para determinar los valores de Momento nominal es el que se muestra a continuación.

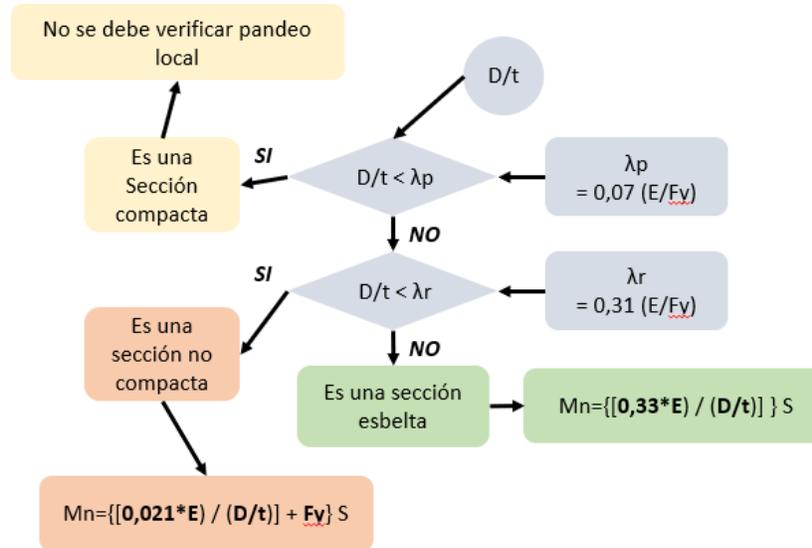


Figura 3: diagrama de flujo utilizado en las hojas de cálculo de barras de sección circular hueca

A diferencia del CIRSOC 301/05 el ANSI AISC 360/22 posee un subcapítulo exclusivo para secciones huecas (HSS).

Resultados y discusión

Comparando los resultados corridos en las hojas de cálculo y los obtenidos en los reportes del programa de cálculo, hemos obtenido los mismos resultados. La diferencia radica en la nomenclatura, ya que el programa comercial posee notación similar a las del Eurocódigo.

2. Pandeo local del ala
 b) para secciones no compactas

$$M_n = \left(\frac{0.021E}{\frac{D}{t}} + F_y \right) S$$

M_n : 7.92 kN·m

Donde:

| | |
|--|--|
| E : Módulo de elasticidad del acero | E : <u>200000.00</u> MPa |
| D : Diámetro exterior | D : <u>200.00</u> mm |
| t : Espesor de la pared | t : <u>1.00</u> mm |
| F_y : Límite elástico mínimo especificado | F_y : <u>235.00</u> MPa |
| S : Módulo resistente elástico | S : <u>30.95</u> cm ³ |

Figura 4: Reporte del programa que coincide con las planillas de cálculo confeccionadas

El programa utilizado utiliza el Reglamento ANSI AISI 360/10 que no difiere en mucho del 360/22.

Conclusiones

El trabajo de construir y diseñar las planillas de cálculo nos permitió obtener las siguientes conclusiones.

Comparando los reglamentos americanos actuales con los vigentes en nuestro país, pudimos apreciar que existe una notable evolución: se pasaron de 10 casos de abolladura a 21.

Trabajar con bibliografía de idioma diferente al nativo nos motivó a adquirir la habilidad para trabajar con herramientas de traducción en línea, hemos comprobado la importancia de aprender un segundo idioma.

Comparando los resultados de los reportes del programa comercial, con nuestras planillas de cálculo no advertimos diferencia. La ventaja del software comercial es su gran base de datos, mientras que en nuestras planillas las secciones y sus características geométricas deben ser cargadas a mano.

Comprendiendo la estructura del programa y las ecuaciones que resuelve, podemos evaluar como mejorar nuestro diseño estructural.

Bibliografías

ANSI AISC (2022). *Specificacion for structural Steel buildings*. Chicago: AISC Editions.

AISC (2010). *Guide N° 24 -Hollow Structural Sections (HSS)* Chicago: AISC Editions.

CIRSOC 301 (2009) *Reglamento Argentino de estructuras de acero para edificios*. Buenos Aires: Editorial INTI