



Ciencias Holguín

E-ISSN: 1027-2127

revista@ciget.holguin.inf.cu

Centro de Información y Gestión

Tecnológica de Holguín

Cuba

Almaguer-Zaldivar, Pavel Michel; Santiago-Cuenca, Hortensia
Un procedimiento para realizar los ensayos a pandeo
Ciencias Holguín, vol. 23, núm. 2, abril-junio, 2017, pp. 1-15
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Holguín
Holguín, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181550959005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Un procedimiento para realizar los ensayos a pandeo / A method for performing buckling tests

Pavel Michel Almaguer-Zaldivar, pavel@uho.edu.cu

Hortensia Santiago-Cuenca hsantiago@facing.uho.edu.cu

Institución de los autores

Universidad de Holguín

PAÍS: Cuba

RESUMEN

La pérdida de la estabilidad de las columnas ocurre debido a que la carga externa alcance el valor de la carga crítica. En este trabajo se presentó un procedimiento para determinar de manera experimental el valor de esa carga mediante el ensayo de compresión. Se mostraron dispositivos que permiten apoyar las barras comprimidas de diferentes maneras. También se expusieron los resultados de experimentos realizados a barras de sección transversal rectangular de acero CT3. Se determinó que existe un error porcentual del 13,01 % entre la carga crítica experimental y la teórica.

PALABRAS CLAVE: ACERO CT3; DNS200; ENSAYO MECÁNICO; PANDEO; PROCEDIMIENTO

ABSTRACT

The loss of column stability occurs because the external load reaches the value of the critical load. In this work a procedure was presented to experimentally determine the value of that load by the compression test. Devices were shown to support the compressed bars in different ways. The results of experiments performed on rectangular cross-section bars of CT3 steel were also exposed. It was determined that there is a percentage error of 13.01% between the experimental and theoretical critical loads.

KEY WORDS: CT3 STEEL; DNS200; MECHANICAL TEST; PANDEO; PROCEDURE

INTRODUCCIÓN

La Resistencia de Materiales es una rama de la mecánica llamada Mecánica de los Sólidos Deformables. En ella se trata de los métodos de cálculo relacionados con la resistencia, la rigidez y la estabilidad de los elementos de las estructuras. Mediante los métodos establecidos en esta ciencia es posible determinar las dimensiones de los elementos de las máquinas y de distintos tipos de estructuras para que resistan las acciones externas a que están sometidas.

La Resistencia de Materiales tiene como fin la elaboración de métodos prácticos de cálculo de los elementos típicos de las estructuras. Por esta razón, para lograr un buen diseño es imprescindible el conocimiento que aporta esta ciencia al ingeniero.

Un cálculo que se le realiza a los elementos de máquinas y estructurales solicitados a compresión axial es la comprobación a pandeo. Las partes de las estructuras que tienen gran esbeltez, pueden sufrir la pérdida de su estabilidad. Por lo tanto conocer la carga que provoca este fenómeno, o sea, la carga crítica; es muy importante para los ingenieros estructurales.

Entre el paso del estado estable al de rotura está el inestable. La fuerza capaz de producirlo se llama crítica, de no alcanzarse el valor de dicha fuerza el estado recupera su posición inicial al cesar dicha fuerza, de sobrepasarse el cuerpo se destruye ^[1, 2, 3, 4].

Por lo tanto, desde el punto de vista de ingeniería la fuerza crítica debería considerarse como una carga peligrosa, debido a que es el valor límite de la carga compresiva o el valor mínimo de la carga compresiva para que un sistema sea inestable ^[4].

Después de estudiar y conocer lo que es la pérdida de la estabilidad y la fuerza capaz de provocar este fenómeno es necesario conocer cómo determinar el valor de la carga crítica P_{crit} .

En ^[5] se plantea el ensayo de columnas aplicando la carga en pequeños escalones. De esta forma se mostraba el inicio de la pérdida de estabilidad, es decir, el pandeo. También se muestra un procedimiento experimental para el estudio a pandeo en ^[6], pero en este caso se estudió el pandeo por el efecto de torsión en vigas simplemente apoyadas en las que puede surgir este

fenómeno. A las vigas se les restringían los desplazamientos en los apoyos y se aplicaban las cargas. Luego medían las deformaciones mediante extensómetros. El diseño y la construcción de un sistema mecánico para la realización de pruebas de compresión de materiales metálicos a temperatura ambiente, así como la implementación de un sistema electrónica dedicado al monitoreo del comportamiento de las probetas, cuando el esfuerzo de compresión aplicado en éstas provoca una falla por pandeo fue implementado en ^[7]. Las deformaciones se midieron mediante galgas extensométricas.

Los ensayos mecánicos tienen un papel muy importante para realizar la verificación de los resultados obtenidos mediante la aplicación de los métodos analíticos. Se realizan con el fin de determinar las propiedades mecánicas del material. Al mismo tiempo puede realizarse para evaluar la resistencia ante estados tensionales complejos. Los ensayos destructivos permiten conocer las distintas propiedades del material a la solicitación a la que están sometidos. Como su nombre lo indica en ellos se destruye la probeta o la muestra ensayada.

Los ensayos mecánicos son de gran importancia en la caracterización de los materiales ingenieriles. Un punto importante de la experimentación radica en la validación de los resultados obtenidos mediante métodos analíticos. Una mejor explotación de los valores de la experimentación y del análisis les traerá a los ingenieros mayor confianza en la simulación así como el incremento de su necesidad para la optimización del diseño. También ganarán en experiencia para futuras simulaciones ^[8].

El pandeo de elementos de construcción ha sido estudiado por diferentes autores. Vatin y Sinelnikov ^[9] evaluó mediante métodos experimentales y analíticos la resistencia de diferentes perfiles de sección delgada de acero galvanizado. También vinculó los resultados obtenidos con la simulación mediante el método de los elementos finitos. López et al ^[10] ensayaron a pandeo diferentes instrumentos médicos, obteniendo los mejores resultados para aquellos contruidos con acero inoxidable. También Perret et al., ^[11] estudiaron el pandeo en elementos del fuselaje de aviones contruido con material compuesto. Estos autores obtuvieron una buena correspondencia entre los resultados experimentales y la simulación numérica de los ensayos.

Ban et al., ^[12] propusieron un nuevo enfoque de diseño. Para ello se basaron en los resultados de los ensayos a compresión realizados sobre columnas a las que les variaron la esbeltez y la sección transversal. Posteriormente compararon los valores obtenidos con cálculos analíticos, obteniendo buena concordancia con los primeros. Otros resultados experimentales fueron evaluados por Shi et al., ^[13] quienes consideraron que la columna tenía cierta curvatura inicial, así como excentricidad en la aplicación de la carga de compresión. Igual se utilizó el método de los elementos finitos para contrastar los resultados experimentales. En ^[14] se estudió el pandeo de bambú con el propósito de ser usado con fines estructurales, así como el comportamiento de elementos de fibras de carbono fue ensayado en otro trabajo. ^[15] También se realizaron estudios experimentales por Ban et al., ^[16] quienes analizaron el pandeo de columnas soldadas de diferentes secciones transversales y consideraron la presencia de defectos iniciales en la geometría, así como las tensiones residuales. Estos autores obtuvieron nuevas formas para la curvatura de las columnas comprimidas. También se estudiaron columnas soldadas por Yang et al., ^[17] quienes también consideraron defectos en la geometría y las tensiones residuales debidas al proceso de soldeo y emplearon el método de los elementos finitos para complementar su investigación. Una teoría para el estudio del pandeo de columnas con comportamiento inelástico fue propuesto por ^[18]. Se tiene en cuenta el efecto de la flexión y la torsión. Para validar la teoría propuesta se comparó los resultados con valores experimentales seleccionados de ensayos a columnas de aluminio y acero inoxidable.

Banat & Mania ^[19] utilizaron diferentes criterios de fallo para evaluar el pandeo de columnas construidas con materiales compuestos. Crearon un modelo que les permitió estimar la carga crítica. Los resultados numéricos obtenidos fueron comparados con los valores experimentales de otros ensayos previos, con buena concordancia entre ambos.

En el año 2010 fue asignada a la Universidad de Holguín la Máquina Universal DNS- 200 (Figura 1). Fue diseñada y construida en el Changchun Research Institute for Testing Machine (CRITM) de la República Popular China, por lo que cumple con requerimientos necesarios de la National Standards of People's Republic of China GB10128 "Metallic materials traction test at room temperature" ^[20]. Esta máquina permite realizar varios ensayos, entre ellos,

tracción, compresión y flexión en tres puntos. Para realizar otros experimentos es necesario diseñar y fabricar los dispositivos necesarios. En este caso se encuentran los ensayos a pandeo.



Figura 1. Máquina de ensayo universal DNS200.

El objetivo de este trabajo es mostrar un procedimiento para realizar los ensayos de laboratorio a columnas comprimidas en las que puede ocurrir la pérdida de estabilidad. Con los resultados obtenidos se pone a disposición de investigadores, estudiantes y profesores el procedimiento mencionado para realizar ensayos a pandeo. Es importante destacar que aunque el mismo está explicado para ser desarrollado en la máquina DNS200 puede ser aplicado a cualquier máquina de ensayo, realizando las modificaciones necesarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

El procedimiento propuesto en este trabajo se aplica en una máquina universal de ensayos DNS200 (Figura 1). La misma consta de un cabezal superior fijo y uno inferior móvil que es donde se encuentra la celda de carga. A esta es posible intercambiarle el punzón para el tipo de ensayo a realizar. Luego en la bancada de la máquina también se encuentra un dispositivo portapunzones, que permite el intercambio de los mismos, en dependencia del experimento. Entre los ensayos originales que se podían realizar en la máquina de ensayos no estaban los de pandeo, por lo que fue necesario diseñar y fabricar los dispositivos que permitieran llevar a cabo los experimentos en cuestión. Las condiciones de apoyo influyen de gran manera en el valor de la carga crítica. Para evaluar esta influencia es necesario contar con dispositivos que simulen

las diferentes maneras en que se apoya la barra comprimida. Los dispositivos contruidos para apoyar las barras en los ensayos a pandeo se muestran en la Figura 2.



a)

b)

Figura 2. Dispositivos para apoyar las barras en los ensayos a pandeo. a) Para simular empotramientos en el ensayo a pandeo. b) Para simular articulaciones en el ensayo a pandeo.

En este trabajo se expone que las barras comprimidas pueden estar apoyadas de cuatro maneras fundamentales:

1. Articuladas en los dos apoyos.
2. Articulada y empotrada.
3. Biempotrada.
4. Empotrada en un apoyo y libre el otro extremo.

Se destaca que en cada combinación de dispositivo de los anteriores, uno de ellos tiene en el extremo una rosca M30 x 1,5 que es para fijarla mediante el dispositivo roscado al cabezal móvil y el otro tiene un muñón que se acopla a la bancada de la máquina. También se señala que atendiendo a las dimensiones de los dispositivos y de la máquina de ensayo las probetas que se empleen para realizar los experimentos deben tener las siguientes dimensiones límites:

- Base de la sección transversal: 60 mm. Se corresponde con el diámetro de los dispositivos.
- Altura máxima de la sección transversal: 10 mm. Corresponden al ancho de las ranuras que existen en las matrices para fijar los dispositivos.
- Altura mínima de la sección transversal: 1 mm. Aunque es menor que el ancho de las ranuras para fijar las probetas, en el caso que se ensayen muestras con valores menores que 10 mm y no queden bien sujetas se calzan las mismas en las zonas de apoyo para lograr la sujeción.
- Longitud de la probeta: 500 mm. Que garantizan el desplazamiento del cabezal móvil de la máquina.

Procedimiento para realizar los ensayos a pandeo

Los materiales necesarios para efectuar estos experimentos son:

1. Probetas.
2. Dispositivos para apoyar las probetas.
3. Pie de rey.
4. Indicador de carátula con una base magnética.
5. Regla graduada.
6. Máquina de ensayos DNS200.
7. Computadora con sistema operativo Windows XP, tarjeta de captura de datos y llave del programa.
8. Software TextExpert.NET. Es un software que se suministra junto con la máquina de ensayo. Controla los ensayos que se realizan en la máquina DNS200, capturando los datos a través de los puertos correspondientes y realizando el procesamiento de los mismos.
9. Elementos de conexión entre la computadora y la máquina DNS200.

Descripción de la práctica.

Para el desarrollo de la práctica se emplean probetas en forma de barras, cuyas dimensiones límites fueron expresadas antes.

La probeta se somete a compresión en la máquina DNS200 para evaluar la carga crítica que es capaz de soportar. Como criterio de fallo se utiliza el concepto de carga crítica; o sea; se considera que la probeta comienza a fallar cuando para un aumento limitado de carga comiencen a desarrollarse grandes desplazamientos (flechas) en la probeta. Las flechas se miden con un indicador

de carátula, fijado mediante una base magnética a la bancada de la máquina de ensayos.

El orden para realizar los experimentos es el siguiente:

1. Se selecciona el juego de dispositivos a utilizar, de acuerdo a la forma en que se vaya a apoyar la probeta.
2. Se ubican los dispositivos en la máquina DNS200. Es importante señalar en este punto que el dispositivo que tiene rosca en la parte de sujeción se ubica en el cabezal móvil de la máquina de ensayos (si no se ha retirado el punzón que se encuentra ubicado en ese cabezal debe retirarse desenroscándolo) y el que tiene pulida esa zona se ubica en la bancada, para lo que es preciso retirar el punzón de ensayos a compresión, si ese aún está ubicado en la posición donde se ubica.

La ventaja de utilizar los lugares donde se ubican otros punzones en la máquina radica en que de esta manera se logra disminuir la posible excentricidad en la aplicación de la carga de compresión.

3. Se miden las dimensiones de la probeta. Estas son:

- Base de la sección transversal (a).
- Alto de la sección transversal (b).
- Longitud de la barra (L). Es importante definir la forma de medir la longitud de acuerdo a los dispositivos que se utilicen (Figura 3).

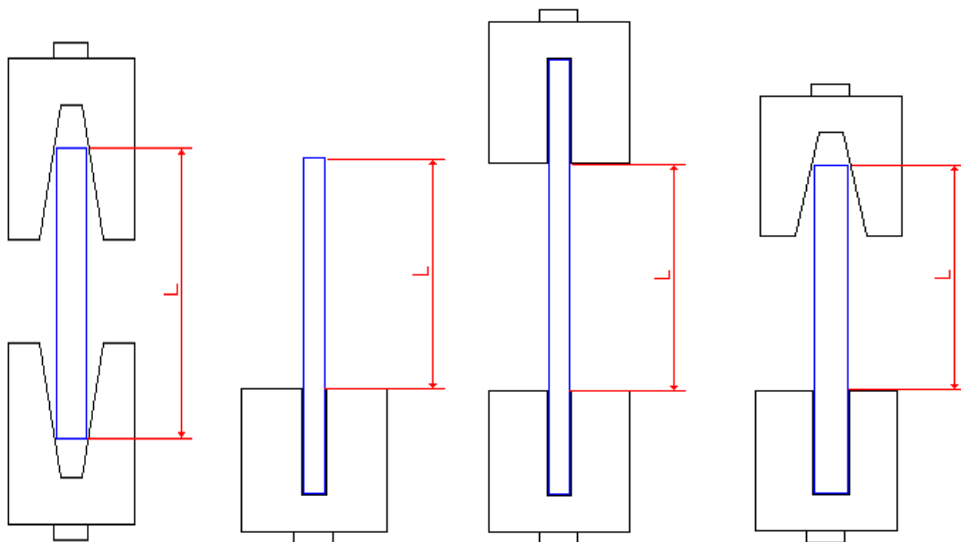


Figura 3. Longitud de la probeta en dependencia de la forma de los apoyos.

4. Se enciende la computadora. La sesión de trabajo desde la que se controla el software TextExpert.NET debe tener privilegios de administración.
5. Una vez encendida la computadora se ejecuta el software que controla la máquina de ensayos.
6. Se procede a realizar la alimentación de la caja de control de la máquina accionando el interruptor correspondiente.
7. Se realiza la conexión entre la máquina de ensayos y la computadora.
8. Posteriormente se coloca la probeta en el punzón inferior y mediante los botones de bajar y subir, presente en la caja de control manual se ubica el cabezal móvil hasta la posición en la cual la probeta quede fija entre los dos dispositivos que tienen la función de realizar la sujeción de la misma.
9. Se ubica el indicador de carátula, de manera que el sensor quede rozando ligeramente la probeta. Como no se conoce hacia qué sentido se flectará la probeta se coloca el sensor de manera que ocurra una lectura en el reloj. Recomendamos que sea hasta que la aguja se posicione en el cero de la escala, para poder realizar la lectura cuando se comience a deformar la probeta.
10. Una vez fijada la probeta se procede a la configuración del experimento en el software TextExpert.NET para que este controle la máquina de ensayos durante el experimento.
11. Para configurar el ensayo en el menú desplegable *Method Type* se escoge la opción *Compression*. Luego se selecciona en el marco *Samples Status* la forma rectangular de la probeta y se le proporcionan al programa los valores de las dimensiones de la sección transversal de la misma. Luego en la pestaña *Control and Collection* debe escogerse una velocidad pequeña (menor que 5 mm/min). La importancia de esto radica en la forma de determinación de la carga crítica. Para ello se aplica el concepto de que la carga crítica se corresponde con el momento en el cual para un aumento limitado de la carga ocurre un aumento ilimitado de las deformaciones. Cuando ocurra esto se puede leer el valor de la carga aplicada directamente en los paneles de monitoreo de los canales; específicamente en el panel de la carga. También se puede detener el ensayo en este momento y guardar los resultados del experimento en formato Excel mediante las opciones que brinda el programa.

RESULTADOS

El procedimiento presentado se aplicó a cuatro probetas de acero CT3. En la Figura 4 se presenta una imagen con el montaje realizado en la máquina DNS200 utilizando los dispositivos para simular articulaciones, mientras que los resultados obtenidos en los experimentos se exponen a continuación en las tablas de la 1 a la 3.



Figura 4. Montaje realizado para ensayar las probetas.

Tabla 1. Características del material de las probetas ^[4]

No.	Material de la probeta	Propiedades mecánicas				
		Límite elástico σ_e (MPa)	Límite de fluencia σ_f (MPa)	Límite de rotura σ_r (MPa)	Módulo de elasticidad E (GPa)	Esbeltez límite λ_{lim}
1	Acero CT3	210	240	450	200	100

Tabla 2. Geometría de las probetas

No.	Longitud (m)	Sección transversal		Características geométricas		
		Base b (mm)	Altura h (mm)	Área $A = bh$ (mm ²)	Momento de inercia mínimo $I_{min} = \frac{hb^3}{12}$ (mm ⁴)	Radio de giro mínimo $i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}$ (mm)
1	0,18	8,9	19,9	177,11	6,600	2,569
2	0,18	8,95	20,2	180,79	6,675	2,583

3	0,18	9,15	20,0	183	6,977	2,641
4	0,18	9,05	20,2	182,81	6,825	2,612

Tabla 3. Resultados

No.	Coeficiente de condiciones de apoyo $\square[]$	Esbeltez λ	Carga crítica		
			Teórica (kN) $P_{crítica} = (a - b\lambda)A$	Experimental (kN)	Error porcentual (%)
1	1	70,060	40,759	50,219	23,211
2	1	69,669	41,686	49,980	19,896
3	1	68,146	42,513	43,245	1,721
4	1	68,899	42,312	39,141	7,495
Promedio			41,818	45,646	13,081

Nota: La carga crítica teórica se determinó mediante la expresión de Yasinsky [2, 3, 4], debido a que la esbeltez de la barra λ es menor que la esbeltez límite del material λ_{lim} .

Los coeficientes a y b son iguales a 310 MPa y 1,14 MPa [3, 4], respectivamente. El error porcentual se determinó utilizando la expresión (1):

$$\%Error = \frac{P_{crítica teórica} - P_{crítica experimental}}{P_{crítica teórica}} * 100 \dots\dots\dots(1)$$

Los resultados muestran diferencias entre el valor de la carga crítica obtenido por métodos experimentales y analíticos. El valor promedio de la primera es algo mayor que la segunda, pero la diferencia no es considerable siendo el error porcentual entre los valores promedios de solo el 13,081 %. Esto es atribuible a las características del material, al modo de aplicación de la carga y a la forma inicial de la barra antes de los experimentos. Se considera que la diferencia obtenida es permisible, incluso porque al ser mayor el valor experimental que el teórico se tiene una reserva de resistencia que está a favor del diseño.

CONCLUSIONES

1. Se elaboró un procedimiento para la realización de los ensayos a pandeo de barras comprimidas. Está propuesto para ser aplicado con una máquina universal de ensayos DNS200, pero puede ser desarrollado con cualquier máquina de ensayos, siempre que se realicen las correcciones correspondientes. También se muestran los dispositivos diseñados para realizar los experimentos. Estos dispositivos permiten apoyar las barras de diferentes maneras, con lo que se puede evaluar la influencia de las condiciones de apoyo en el valor de la carga crítica.
2. En los experimentos realizados a cuatro barras de acero CT3 se obtuvo que la carga crítica experimental fue mayor que la teórica, con lo que se obtiene una reserva de resistencia a favor del diseño de las barras comprimidas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Beer, F. Russell J. (1992). *Mechanics of Materials*. Nueva York; Editorial Mc Graw Hill.
2. Feodosiév, V. (1979). *Resistencia de Materiales*. Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación.
3. Fernández-Levy, G. (1981). *Resistencia de Materiales*. Ciudad de La Habana; Editorial Pueblo y Educación.
4. Stiopin, P. A. (1976). *Resistencia de Materiales*. 6ta ed. Moscú; Editorial Mir.
5. Flexión lateral (PANDEO). (2014) <http://documents.mx/documents/ensayo-de-pandeo.html>. Consultado el 27 de junio de 2016
6. Rezk, H. Persico, D. L. Svoboda H. G. Ruiz-Re, M. S. Guzmán, C. Determinación experimental de cargas críticas de pandeo lateral torsional de vigas elásticas de sección doble Te. http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/XVIII_Jornadas_Argentinas.pdf . Consultado el 27 de junio de 2016
7. Amancha-Guangasi, D. J. (2012). Estudio de pandeo bajo la norma ASTM E9-89a para elaborar la guía práctica en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3031>

8. Chagoyén-Méndez, C. A., González-Martínez, D. Aragón-López, G. B., et al. Linking numerical simulations with test experiences and its application to a railroad bridge. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*, 2013, 36(2): 132 – 142.
9. VATIN, Nikolay I.; SINELNIKOV, Alexey S. Strength and durability of thin-walled cross-sections. En *Design, fabrication and economy of metal structures*. Springer Berlin Heidelberg, 2013. p. 165-170.
10. Lopes, H. P., Elias, C. N., Mangelli, M., Lopes, W. S., Amaral, G., Souza, L. C., & Siqueira, J. F. (2012). Buckling resistance of pathfinding endodontic instruments. *Journal of endodontics*, 38(3), 402-404.
11. Perret, A., Mistou, S., Fazzini, M., & Brault, R. (2012). Global behaviour of a composite stiffened panel in buckling. Part 2: Experimental investigation. *Composite structures*, 94(2), 376-385.
12. Ban, H. Y., Shi, G., Shi, Y. J., & Wang, Y. Q. (2013). Column buckling tests of 420 MPa high strength steel single equal angles. *International Journal of Structural Stability and Dynamics*, 13(02), <http://dx.doi.org/10.1142/S0219455412500691>
13. Shi, G., Jiang, X., Zhou, W., Chan, T. M., & Zhang, Y. (2014). Experimental study on column buckling of 420MPa high strength steel welded circular tubes. *Journal of Constructional Steel Research*, 100, 71-81.
14. He, M., Li, Z., Sun, Y., & Ma, R. (2015). Experimental investigations on mechanical properties and column buckling behavior of structural bamboo. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 24(7), 491-503.
15. Debski, H., Kubiak, T., & Teter, A. (2013). Buckling and postbuckling behaviour of thin-walled composite channel section column. *Composite Structures*, 100, 195-204.
16. Ban, H., Shi, G., Shi, Y., & Bradford, M. A. (2013). Experimental investigation of the overall buckling behaviour of 960MPa high strength steel columns. *Journal of Constructional Steel Research*, 88, 256-266.
17. Yang, L., Zhao, M., Chan, T. M., Shang, F., & Xu, D. (2016). Flexural buckling of welded austenitic and duplex stainless steel I-section columns. *Journal of Constructional Steel Research*, 122, 339-353.

18. Becque, J. (2016). The application of plastic flow theory to inelastic column buckling. *International Journal of Mechanical Sciences*, 111, 116-124.
19. Banat, D., & Mania, R. J. (2016). Comparison of failure criteria application for FML column buckling strength analysis. *Composite Structures*, 140, 806-815.
20. Changchun Research Institute for Testing Machine CRITM. (2008). *DNS Series. Universal electromechanical testing machine. Operation instructions*. Consultado 15/09/2015

Síntesis curricular de los Autores

Pavel Michel Almaguer-Zaldivar, pavel@facing.uho.edu.cu Profesor Auxiliar

Centro de estudios CAD/CAM. Facultad de Ingeniería. Universidad de Holguín. Graduado de Ingeniero Mecánico en la Universidad de Holguín en el año 2002 y de Máster en Diseño y Fabricación Asistido por Computadoras en el año 2014. Profesor de las asignaturas Resistencia de Materiales para ingenieros mecánicos y civiles, Elementos Finitos y Modelación y Simulación de Fenómenos de Transporte. Miembro de la Asociación de Ingenieros Mecánicos de Holguín (ASIMEC) y de la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba (UNAICC). Ha participado en diferentes eventos y tiene varias publicaciones y registros en el CENDA. Ha recibido reconocimientos como título de Oro, Premio relevante y mejor tecnología educativa en el concurso Nacional de computación, y otros. Actualmente investiga sobre la fatiga de uniones soldadas.

Hortensia Santiago-Cuenca, hsantiago@facing.uho.edu.cu

Profesor Auxiliar. Departamento de Mecánica Aplicada. Facultad de Ingeniería. Universidad de Holguín. Graduada de Ingeniero Mecánico en la Universidad de Holguín en el año 1982. Profesora de la asignatura Resistencia de Materiales para ingenieros mecánicos. Ha participado en diferentes eventos y tiene varias publicaciones y registros en el CENDA. Ha recibido diferentes reconocimientos como título de Oro, Premio relevante en el concurso Nacional de computación, y otros.

Institución de los autores.

Universidad de Holguín

Fecha de Recepción: 02 de junio de 2016

Fecha de Aprobación: 11 de diciembre 2016

Fecha de Publicación: 30 de abril de 2017