

# ANÁLISIS PARAMÉTRICO DE ANUNCIOS ESPECTACULARES SUJETOS A LA ACCIÓN DEL VIENTO

PARAMETRIC ANALYSIS OF UNIPOLE ADVERTISING BOARD SUBJECT TO WIND ACTION

Juan J. Cruz S<sup>1</sup>, José F. Grajales M.<sup>1</sup>, Iveth A. Samayoa A.<sup>1</sup>,  
Marcos G. Hernandez C.<sup>2</sup>

## RESUMEN

*En la costa de Chiapas, los anuncios espectaculares tipo paleta, estructurados mediante una mampara predominantemente rectangular soportada por un tubo pedestal de acero anclado sobre una zapata aislada de concreto armado, deben resistir los vientos característicos de esta zona.*

*Se aborda el análisis este tipo de mamparas ante vientos con velocidad de diseño entre 80 a 180 km/hr.*

*Se proponen secciones comerciales de tubos que cumplan con los rangos de relación de esbeltez entre 120 a 200, y se determinan los ratios de demanda/capacidad con la finalidad de aportar una sencilla herramienta de selección de sección de tubo para pedestal.*

**Palabras clave:** Mamparas elevadas, acción del viento, velocidad de diseño, tubo pedestal, relación de esbeltez.

## ABSTRACT

On the coast of Chiapas, the spectacular palette-type ads, structured by a predominantly rectangular screen supported by a steel pedestal tube anchored on an insulated reinforced concrete footing, must resist the characteristic winds of this area.

The analysis of this type of screens sub-

ject to winds with design speed between 80 to 180 is presented.

Commercial sections of tubes are proposed that meet the slenderness ratio ranges between 120 to 200, and the demand / capacity ratios are determined in order to provide a simple pedestal tube section selection tool.

**Keywords:** Screens, wind action, design speed wind, pedestal tube, slenderness ratio.

## INTRODUCCIÓN

El presente artículo corresponde al estudio de análisis paramétrico de estructuras tipo mamparas elevadas (anuncios espectaculares) las cuales son susceptible a los efectos de las acciones de empuje de viento debido a su configuración geométrica, tomando como punto principal de estudio el pedestal de soporte del mismo.

Este tipo de estructura aparentemente es muy sencilla porque cuenta solamente con tres partes principales que son: la mampara, el pedestal y la cimentación; en la Figura 1 se muestran esquemáticamente estas tres partes. Sin embargo, vista en forma minuciosa, una mampara consta de varios componentes y accesorios que hacen que esta estructura sea realmente muy compleja tanto en su diseño estructural, como en su construcción y también en su comportamiento sobre todo ante viento como el producido por huracán o tromba. Tanto la cimentación como el pedestal y la mampara elevada pueden constar de diversos elementos tales como: anclas suelo-zapata, vigas estabilizadoras, anclas pedestal-zapata, lastres, placas-base, acartelamientos, el tubo del pedestal, escaleras externas e internas, andamios, placas de conexión pedestal-mampara, travesaño principal de la mampara, placas verticales del travesaño, arma-

<sup>1</sup>Profesor-investigador, Facultad de Ingeniería- Universidad Autónoma de Chiapas. Email: juan.cruz@unach.mx

<sup>2</sup>Alumno MI, Facultad de Ingeniería- Universidad Autónoma de Chiapas.

duros, pernos de sujeción, láminas de la mampara, accesorios de iluminación, ganchos o argollas de sujeción, travesaños secundarios; además, se tienen diversos elementos de sujeción o conexión tales como pernos, tornillos, remaches, soldaduras, etc.

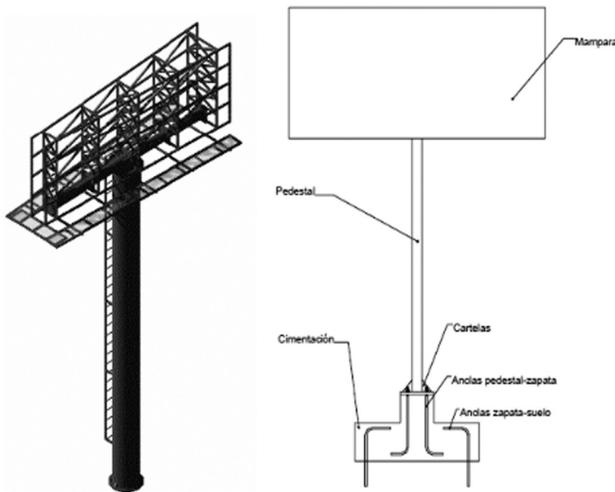


Figura 1. Partes de un anuncio

## METODOLOGÍA

En este apartado se abordan las consideraciones que se tomaron para la designación de los datos a utilizar en el análisis paramétrico, las cuales son: las secciones de mampara según la altura del anuncio, la sección del tubo pedestal, velocidades de viento y los materiales.

### Geometría

Se plantean las dimensiones de la mampara elevada (figura 2), la cual tendrá como altura del anuncio de 5, 10, 15, 20 y 25 metros, con mamparas con dimensiones donde la relación base y altura de como resultado 2; como se muestra en la tabla correspondiente. Las velocidades del viento que están actuando en la mampara y tubo del pedestal, serán tomadas con velocidades mínima de 80km/hr y un máximo de 180 km/hr, con incrementos de 10 km/hr.

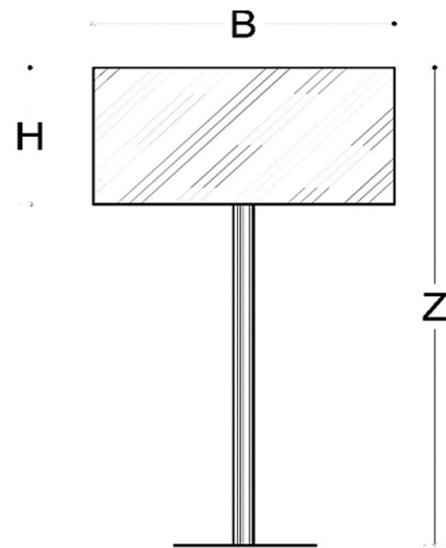


Figura 2. Partes de un anuncio

Tabla 1. Secciones de mampara

Propuesta de Secciones de Mampara Elevada			
Altura anuncio z (m)	Sección Mampara		Relación H/B
	B (m)	H(m)	
5.00	3.00	1.50	2.00
	2.50	1.25	2.00
	2.00	1.00	2.00
10.00	5.00	2.50	2.00
	4.00	2.00	2.00
	3.00	1.50	2.00
15.00	6.50	3.25	2.00
	5.00	2.50	2.00
	4.00	2.00	2.00
20.00	7.50	3.75	2.00
	6.50	3.25	2.00
	5.00	2.50	2.00
25.00	10.00	5.00	2.00
	8.50	4.25	2.00
	7.50	3.75	2.00

### Tubo pedestal

La propuesta para la sección de tubo de pedestal la cual se optó de sección circular hueca, está en función de asegurar la estabilidad de la estructura tomando en cuenta para eso la relación de esbeltez ( $R_E$ ).

$$R_E = \frac{kl}{r}$$

donde:

- RE = Relación de Esbeltez
- k = factor de longitud efectiva
- l = longitud del elemento
- r = radio de giro

De acuerdo con la fórmula de Relación de esbeltez, se dieron valores a cada término para obtener las propuestas del pedestal, de la siguiente manera:

- La longitud del elemento, l, se propuso de acuerdo a la altura de los anuncios a analizar; 5 metros, 10 metros, 15 metros, 20 metros y 25 metros respectivamente.
- El factor de longitud efectiva, se tomó de la tabla C-A-7.1 del Reglamento AISC 360-16, donde caemos en el tipo de caso (e) y se toma como valor de "k" igual a 2.
- Para el radio de giro se realizó un concentrado de todos los perfiles de sección hueca en una tabla de Excel y se vinculó los valores de longitud, factor de longitud efectiva y los radios de giro de cada elemento; y de esta manera obtener relaciones de esbeltez para cada perfil.

De las relaciones de esbeltez obtenidas según el inciso "c", se escogieron aquellas secciones con valores menores de 120 y 200 respectivamente, para cada caso de análisis.

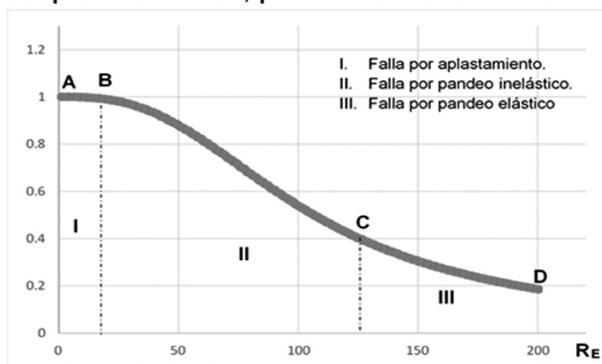


Figura 3. Relación entre esfuerzo de falla y la esbeltez de las columnas

Tabla 2. Relación de secciones circulares según altura de anuncio

Altura Anuncio		5.00 M			
Tubo Circular "OC"		Cedula 40			
D (mm)	t (mm)	r (cm)	RE	≤	120
273.00	9.27	9.33	107.18	≤	120
I = 6693.37		cm <sup>3</sup>			
Altura Anuncio		10.00 M			
Tubo Circular "OC"		Cedula 40			
D (mm)	t (mm)	r (cm)	RE	≤	120
508.00	15.09	17.44	114.68	≤	120
I = 71032.8		cm <sup>3</sup>			
Altura Anuncio		15.00 M			
Tubo Circular "OC"		-----			
D (mm)	t (mm)	r (cm)	RE	≤	120
762.00	19.05	26.28	114.16	≤	120
I = 306983.94		cm <sup>3</sup>			
Altura Anuncio		20.00 M			
Tubo Circular "OC"		-----			
D (mm)	t (mm)	r (cm)	RE	≤	120
1,067.00	25.40	36.84	108.58	≤	120
I = 1127849.85		cm <sup>3</sup>			
Altura Anuncio		25.00 M			
Tubo Circular "OC"		-----			
D (mm)	t (mm)	r (cm)	RE	≤	120
1,219.00	25.40	42.21	118.46	≤	120
I = 169627.35		cm <sup>3</sup>			
Altura Anuncio		5.00 M			
Tubo Circular "OC"		Cedula 40			
D (mm)	t (mm)	r (cm)	RE	≤	200
168.00	7.11	5.70	175.44	≤	200
I = 6693.37		cm <sup>3</sup>			
Altura Anuncio		10.00 M			
Tubo Circular "OC"		Cedula 40			
D (mm)	t (mm)	r (cm)	RE	≤	200
324.00	10.31	11.09	180.34	≤	200
I = 12498.8		cm <sup>3</sup>			
Altura Anuncio		15.00 M			
Tubo Circular "OC"		Cedula 40			
D (mm)	t (mm)	r (cm)	RE	≤	200
457.00	14.27	15.66	191.57	≤	200
I = 48680.2		cm <sup>3</sup>			
Altura Anuncio		20.00 M			
Tubo Circular "OC"		Cedula 40			
D (mm)	t (mm)	r (cm)	RE	≤	200
610.00	17.48	20.96	190.84	≤	200
I = 142917		cm <sup>3</sup>			
Altura Anuncio		25.00 M			
Tubo Circular "OC"		-----			
D (mm)	t (mm)	r (cm)	RE	≤	200
762.00	19.05	26.28	190.26	≤	200
I = 306983.94		cm <sup>3</sup>			

## MÉTODO DE ANÁLISIS

El anuncio espectacular de acuerdo con la sección de mampara propuesta según la altura del mismo, se procedió a modelarlo con el programa Sap2000, mediante las cargas de viento obtenidas según el análisis dinámico de viento propuesto por el Manual de Diseño de Obra Civil de CFE 2008 (CFE MDOC 2008), con el cual se obtuvieron los elementos mecánicos presentes en el tubo pedestal y posteriormente revisar por capacidad – demanda la sección propuesta del tubo pedestal de acuerdo al Reglamento del AISC 360 - 16 (AISC 2016) y paralelamente revisarlo con la Normatividad Mexicana NTC-DCEA-17 (NTC DCEA 2017).

Lo antes descrito se puede desarrollar en los siguientes puntos:

1. Análisis de Empuje del Viento según lo que cita el Manual de Diseño de Obra Civil de CFE 2008.
2. Modelado de Anuncio Espectacular con el Software de elementos finitos en 3D y obtener sus elementos mecánicos en el tubo pedestal.
3. Revisar la sección del tubo pedestal según el Reglamento AISC 360 – 16
4. Revisar la sección del tubo pedestal según la Norma NTC-DCEA-17.
5. Comparación de la capacidad – demanda de acuerdo a los reglamentos vigentes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta el resumen de los análisis ejecutados para cada configuración.

En cada configuración se asocia el perfil comercial que cumpla la relación de esbeltez de 120 y de 200.

Se analizaron velocidades de viento propias de la costa chiapaneca, de 80 km/hr hasta 180 km/hr.

Para cada velocidad de análisis se vario el tamaño de la mampara en relación a la base y altura del anuncio.

Haciendo referencia a la altura de análisis que abarca el presente estudio, se presenta el resumen de resultados agrupados con respecto a las alturas desde los 5.0 mts hasta los 25 mts, rango en el que se encuentran los anuncios existentes en la costa de Chiapas.

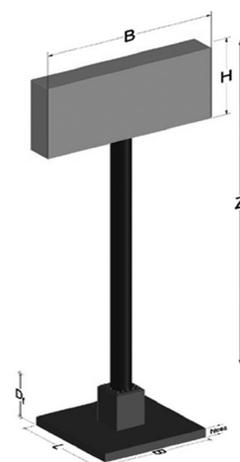


Figura 4. Descripción de las variables geométricas de la mampara

Las gráficas se alternan entre las que representan a las relaciones de esbeltez menores o iguales a 120 y las relaciones de esbeltez menores o iguales a 200.

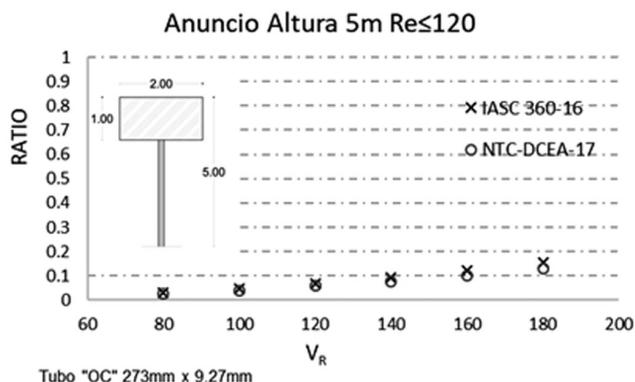


Figura 5. Anuncio  $h=5$  mts,  $2.0 \times 1.0$  mts

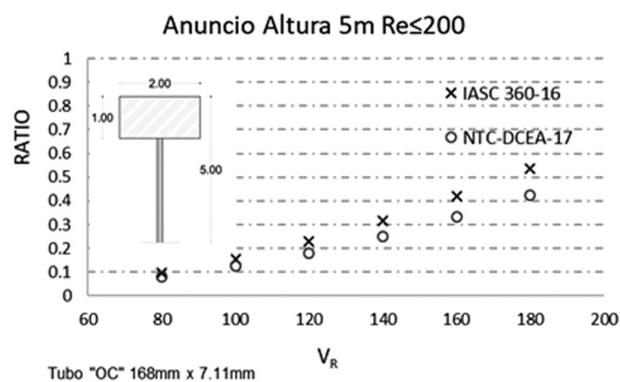


Figura 6. Anuncio  $h=5$  mts,  $2.0 \times 1.0$  mts

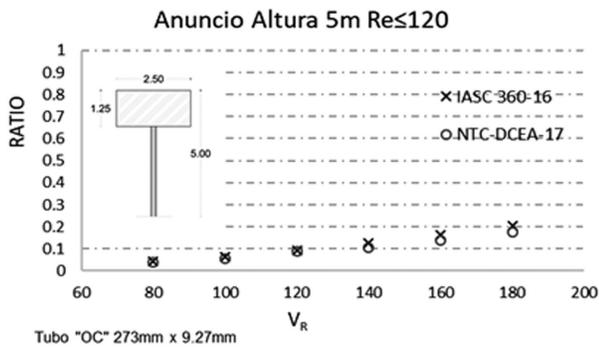


Figura 7. Anuncio  $h=5$  mts,  $2.5 \times 1.25$  mts

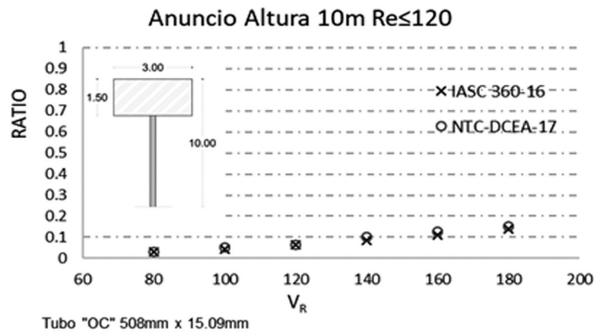


Figura 11. Anuncio  $h=10$  mts,  $3.0 \times 1.5$  mts

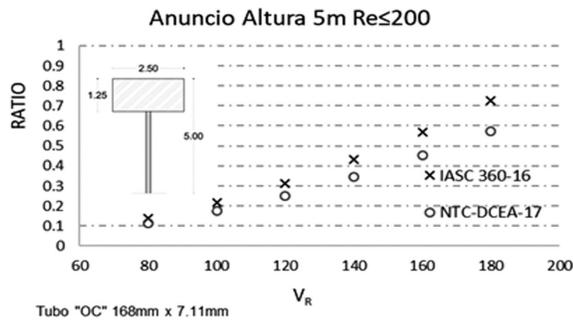


Figura 8. Anuncio  $h=5$  mts,  $2.5 \times 1.25$  mts

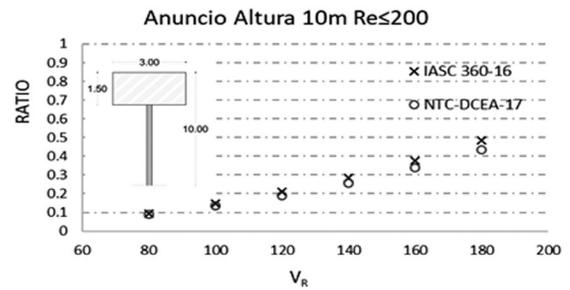


Figura 12. Anuncio  $h=10$  mts,  $3.0 \times 1.5$  mts

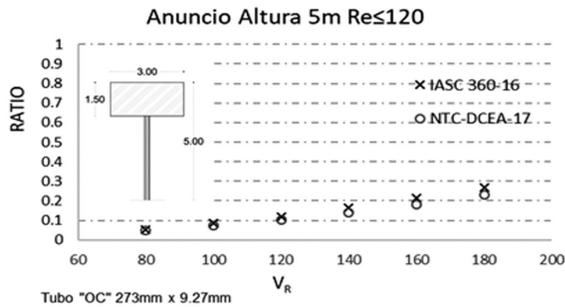


Figura 9. Anuncio  $h=5$  mts,  $3.0 \times 1.5$  mts

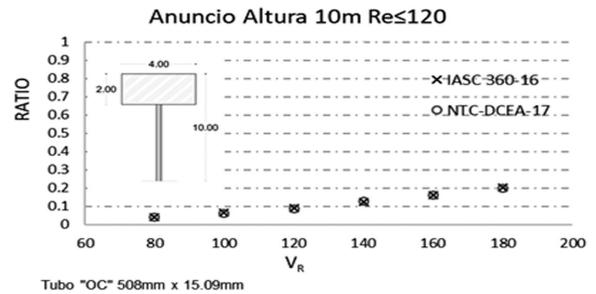


Figura 13. Anuncio  $h=10$  mts,  $4.0 \times 2.0$  mts

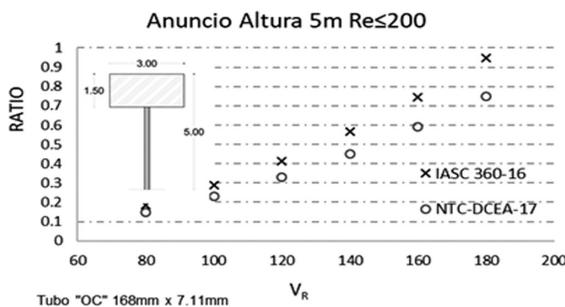


Figura 10. Anuncio  $h=5$  mts,  $3.0 \times 1.5$  mts

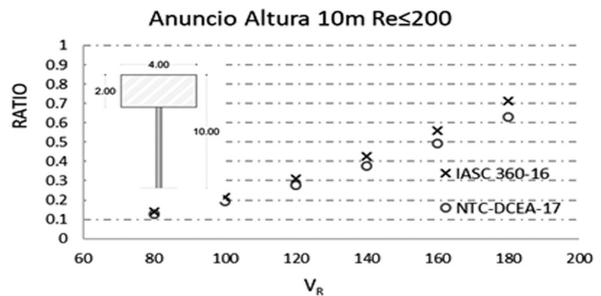


Figura 14. Anuncio  $h=10$  mts,  $4.0 \times 2.0$  mts

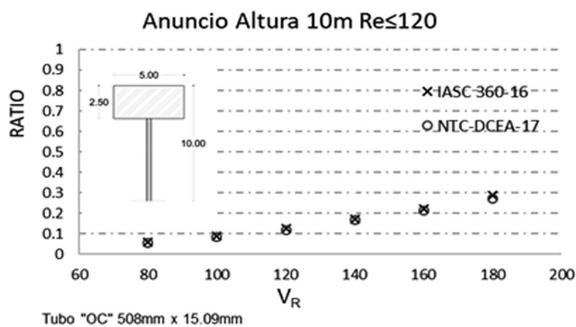


Figura 15. Anuncio  $h=10$  mts,  $5.0 \times 2.5$  mts

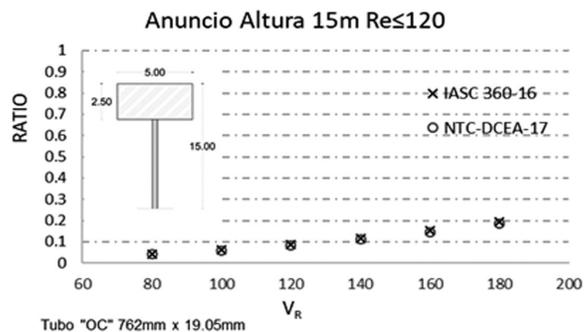


Figura 19. Anuncio  $h=15$  mts,  $5.0 \times 2.5$  mts

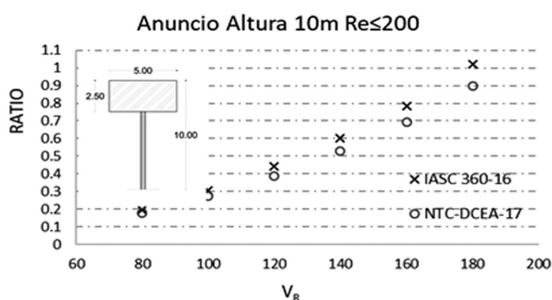


Figura 16. Anuncio  $h=10$  mts,  $5.0 \times 2.5$  mts

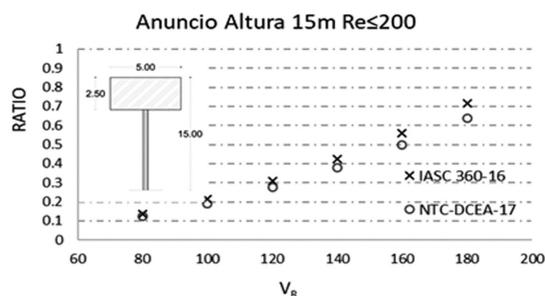


Figura 20. Anuncio  $h=15$  mts,  $6.5 \times 3.25$  mts

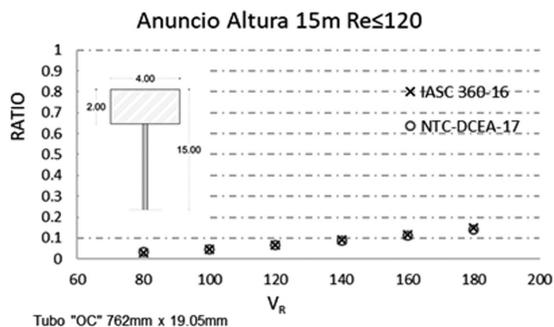


Figura 17. Anuncio  $h=15$  mts,  $4.0 \times 2.0$  mts

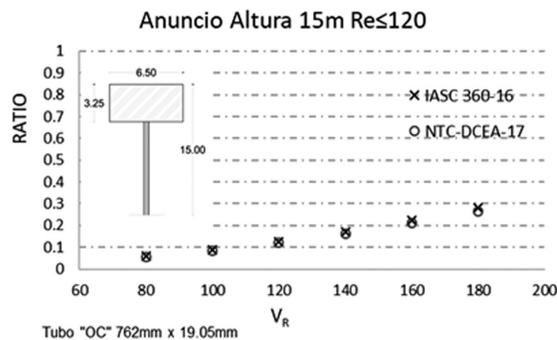


Figura 21. Anuncio  $h=15$  mts,  $6.5 \times 3.25$  mts

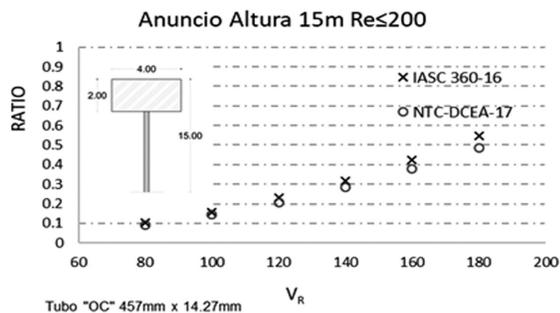


Figura 18. Anuncio  $h=15$  mts,  $4.0 \times 2.0$  mts

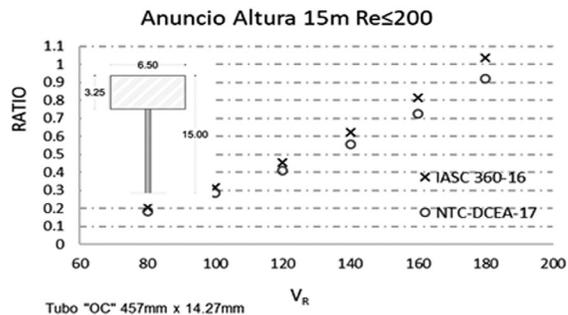


Figura 22. Anuncio  $h=15$  mts,  $6.5 \times 3.25$  mts

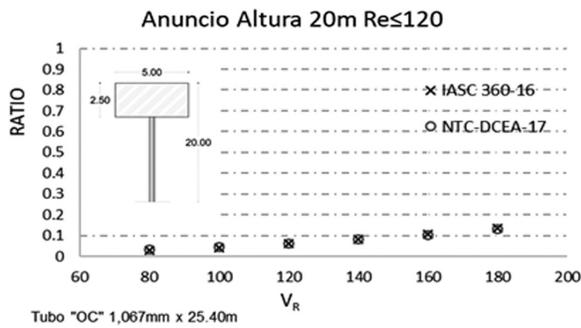


Figura 23. Anuncio  $h=20$  mts, 5.0 x 2.5 mts

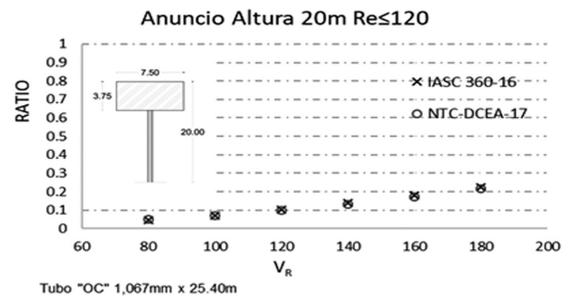


Figura 27. Anuncio  $h=20$  mts, 7.5 x 3.75 mts

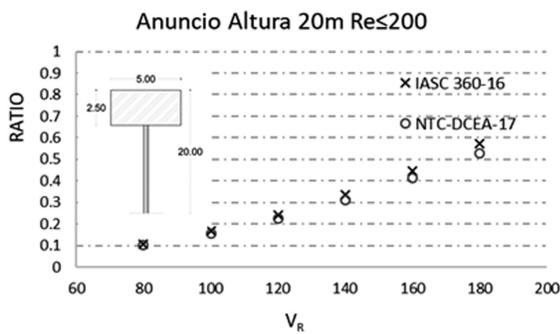


Figura 24. Anuncio  $h=20$  mts, 5.0 x 2.5 mts

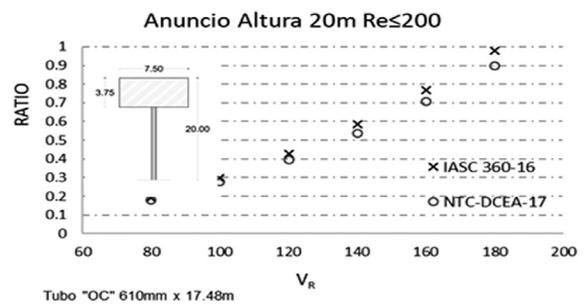


Figura 28. Anuncio  $h=20$  mts, 7.5 x 3.75 mts

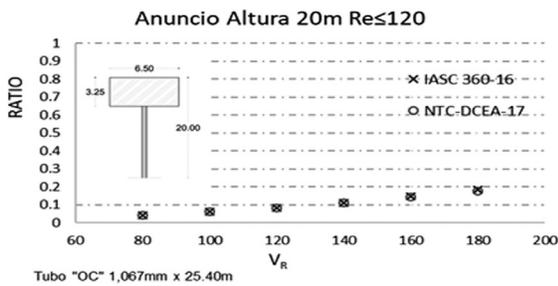


Figura 25. Anuncio  $h=20$  mts, 6.5 x 3.25 mts

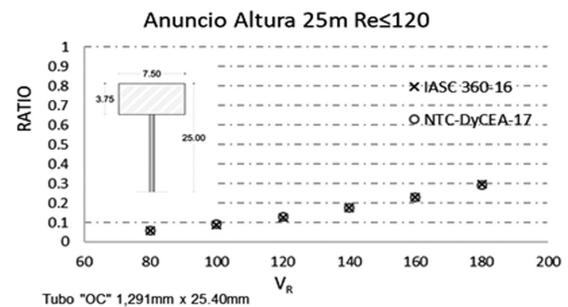


Figura 29. Anuncio  $h=25$  mts, 7.5 x 3.75 mts

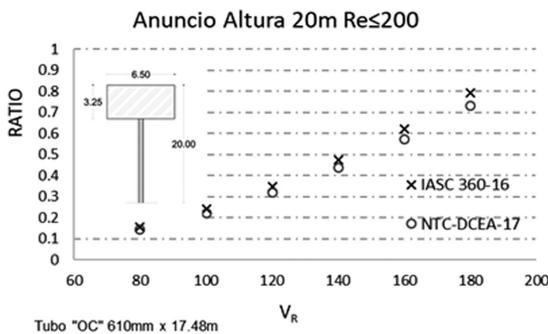


Figura 26. Anuncio  $h=20$  mts, 6.5 x 3.25 mts

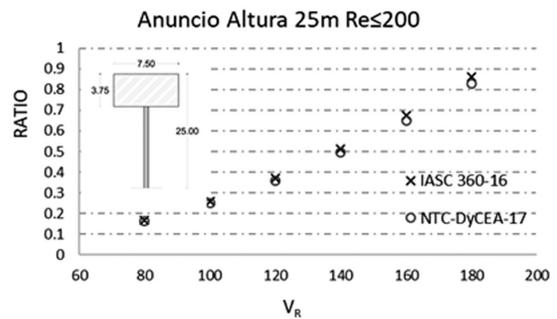


Figura 30. Anuncio  $h=25$  mts, 7.5 x 3.75 mts

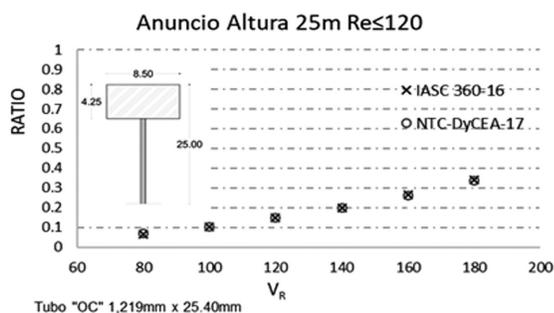


Figura 31. Anuncio  $h=25$  mts,  $8.5 \times 4.25$  mts

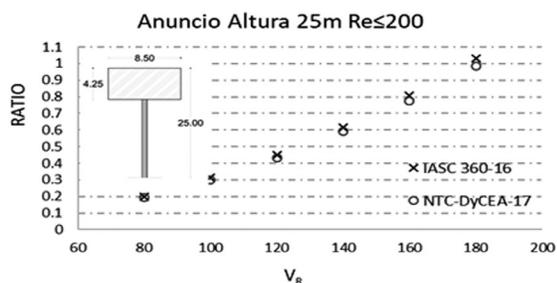


Figura 32. Anuncio  $h=25$  mts,  $8.5 \times 4.25$  mts

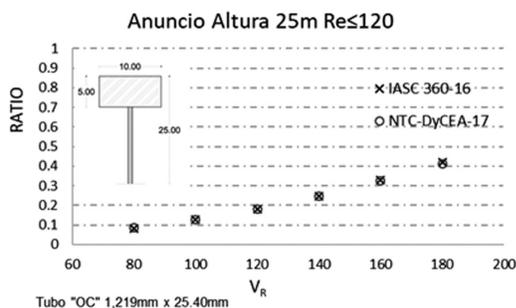


Figura 33 Anuncio  $h=25$  mts,  $10.0 \times 5.0$  mts

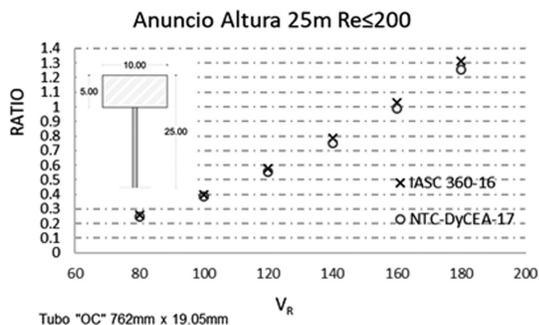


Figura 34. Anuncio  $h=25$  mts,  $10.0 \times 5.0$  mts

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El proceso de asignación de la sección circular para tubo del pedestal, en función de relaciones de esbeltez menor igual a 120 y 200, respectivamente; nos proporciona secciones de diámetros comerciales muy cercanos a la relación de esbeltez teórica.
2. Al comparar la relación capacidad – demanda de cada caso analizado, con relaciones de esbeltez menor igual a 120, se comportan en un rango muy conservador de no mayor al 30% de capacidad, tomando como referencia la velocidad de viento más desfavorable en cada caso.
3. En el caso de relaciones de esbeltez menor igual a 200, la capacidad – demanda que nos proporciona las secciones analizadas, va aumentando paulatinamente como se incrementa la velocidad de viento, llegando a casos que sobrepasan el 100% de la capacidad de la sección, en velocidades de viento arriba de 180 km/hr, puntualmente en los anuncios de altura 25 mts y mampara de  $5.0 \times 10.0$  mts.
4. Al analizar los resultados obtenidos en cada caso de estudio, se observó un comportamiento aceptable de las secciones de tubo de pedestal propuestas, lo cual presenta un buen apoyo para predimensionamiento de anuncios espectaculares tipo mampara elevada.
5. Las velocidades regionales utilizadas en el análisis paramétrico, se encuentran dentro de los valores de diseño, que proporcionan el Manual de Diseño de Obras Civiles – Diseño por Viento - 2008 para periodos de retorno de 50 y 200 años; y comparándolos con los valores propuestos mediante mapas de isotacas obtenidos de la tesis "Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo por la acción del viento", (Marroquin 2013), están dentro de esos rangos.

Tomando en cuenta lo antes mencionando, referentes a las velocidades recomendadas de diseño; se puede observar que las velocidades de diseño obtenidas en función de las velocidades regionales propuestas en este trabajo, que fueron como mínimo la velocidad de 80 km/hr y aumentando paulatinamente 10 km/hr; se observó que en velocidades regiona-

les de 160 km/hr, el pedestal no llega a exceder el 100% de su capacidad; como es el caso del Anuncio de 20 metros de altura con sección de mampara de 7.50 metros de ancho por 3.75 metros de alto, por el reglamento del AISC presenta índice del 76.90% y con las NTC-DyCEA-17 un índice del 70.70%.

Al llegar a la velocidad regional máxima propuesta con velocidad de 180 km/hr ya se excede en algunos casos esta capacidad, como el caso del Anuncio de 25 metros de altura con sección de mampara de 10 metros de ancho por 5 metros de alto, al aplicar el reglamento del AISC presenta un índice del 131.30% y con las NTC-DCEA-17 un índice del 125.70%.

## REFERENCIAS

- American Institute of Steel Construction AISC, (2016), Specification for Structural Steel Buildings 360 – 2016, EEUU, AISC.
- Comisión federal de electricidad CFE, (2008), Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Viento CFE 2008, México, Instituto de Investigaciones eléctricas.
- Gobierno de la Ciudad de México, (2017), Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Acero 2017, México, Gob. CDMX.
- Marroquín, Ismael Hidalgo; Tesis "Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo por la acción del viento"; Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de maestría y doctorado en ingeniería, ingeniería civil – estructuras – 2013.