

La peligrosidad de las mamparas elevadas (anuncios espectaculares) ante viento huracanado

Julio César Baeza Balam ¹, Gabriel Vargas ², David Pérez Navarrete ³

RESUMEN

Los anuncios elevados conocidos también como espectaculares o mamparas elevadas son estructuras relativamente comunes cuya construcción en general no está debidamente reglamentada en muchas partes de nuestro país. En el presente trabajo se presentan los principales tipos de falla observados en varias mamparas elevadas colapsadas durante el paso del huracán Isidoro sobre el Estado de Yucatán, principalmente en la ciudad de Mérida. Adicionalmente, se discuten en forma breve algunos aspectos relacionados con este tipo de estructuras.

Palabras Clave: Mamparas elevadas, Fallas estructurales, Huracán "ISIDORO", Colapsos, Impactos de mamparas

ANATOMÍA DE UNA MAMPARA ELEVADA

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. Como se muestra en

las Figuras 1 y 2, 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, armaduras, 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.

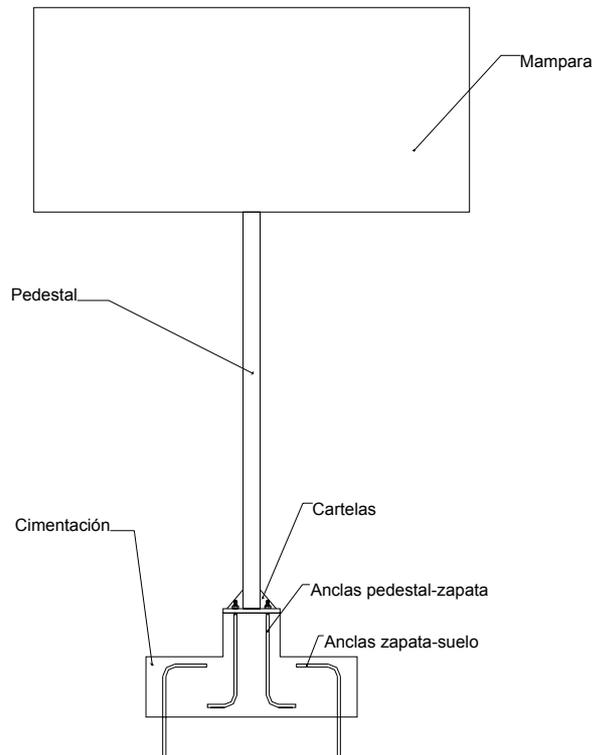


Figura. 1

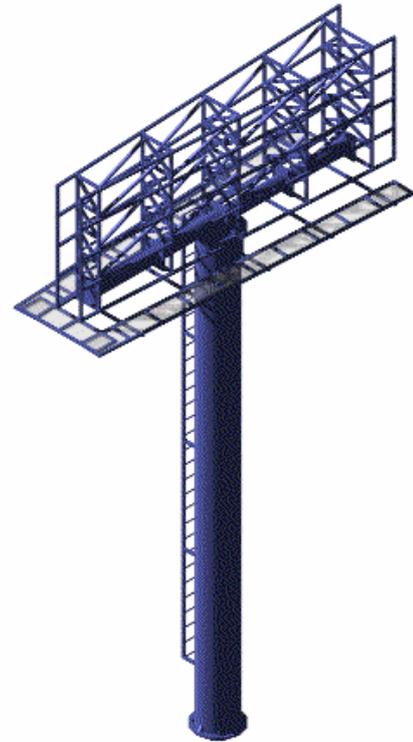


Figura. 2

PROBLEMÁTICA ESENCIAL DE LA MAMPARA ELEVADA

Una mampara elevada es una estructura que no obstante su gran número de componentes y su aparente gran complejidad, el modelar teóricamente su comportamiento ante las acciones más comunes a las que está sometida durante su vida útil tales como la acción gravitatoria y la de viento, es una actividad relativamente sencilla ya que esencialmente consta de los siguientes pasos:

- 1) Establecer el peso propio de la mampara elevada, el cual dependiendo de las dimensiones de la estructura generalmente oscila entre 5 y 15 toneladas, las más comunes son del orden de 10 toneladas.
- 2) Establecer la presión (y la succión) del viento que actuará en dirección horizontal sobre la mampara y mínimamente sobre el pedestal.
- 3) Con las fuerzas verticales y horizontales se procede al diseño de todos los componentes, generalmente solo los componentes principales y de la cimentación.

Desde el punto de vista del proceso de su diseño estructural lo anterior se resume en el

establecimiento de las fuerzas mostradas en la figura no. 3, la cual básicamente nos muestra una viga-columna en posición vertical, empotrada en un de sus extremos y libre en el otro, sometida a una fuerza longitudinal vertical a compresión y otras fuerzas transversales al dicho eje. La etapa referente al análisis estructural resulta trivial ya que la obtención de los esfuerzos es inmediata al tratarse de una viga isostática. Este proceso ya descrito, de hacerse minuciosamente conlleva una serie de diversas actividades tal vez no complejas pero que en la práctica raras veces se realiza adecuadamente dada la sencillez de la estructura y sus componentes; pero existen otros motivos por los cuales estas estructuras no pasan por un proceso de cálculo estructural (diseño estructural) o bien, si dicho proceso se realiza, es en forma inadecuada o incompleta; estas razones son:

- un total desconocimiento sobre los tipos de fallas que generalmente presentan estas estructuras sobre todo ante viento.
- no se conocen las consecuencias de estas fallas.
- se carece de una normatividad oficial al respecto por parte de las autoridades municipales no existen mecanismos oficiales de control en su construcción.

- los constructores consideran irrelevante e innecesario realizar el proceso de cálculo estructural ya que el tiempo y el costo del mismo están en franca contraposición con el tiempo y el costo de construcción de una estructura considerada tan simple; se considera a estas estructuras tan triviales

que muchas veces son consideradas desechables.

Aunque a veces se reconoce la necesidad de realizar el proceso de cálculo estructural, no se tiene la preparación técnica o la información técnica adecuada para realizarlo; por su sencillez este tipo de estructuras es menospreciada en su importancia o en su peligrosidad.

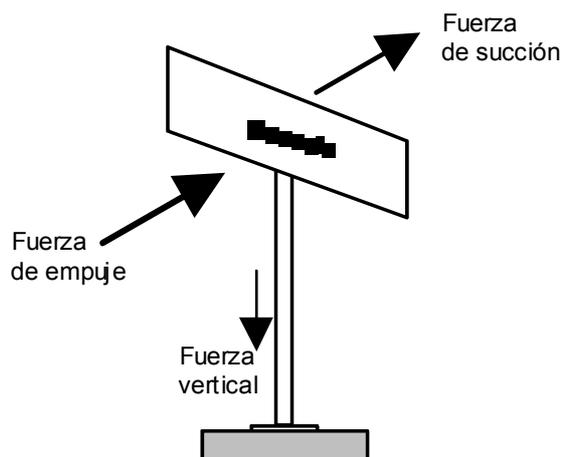


Figura. 3

TIPOS DE FALLAS ESTRUCTURALES

A continuación se procederá a describir los principales tipos de falla de estas mamparas elevadas ocurridas principalmente ante viento generado por huracán.

Los tipos de fallas descritos a continuación fueron registrados principalmente durante el paso del huracán Isidoro el 22 de septiembre de 2002 en la ciudad de Mérida y en sus poblaciones aledañas. Se describirán brevemente algunas características de la estructura, se discutirá el tipo de falla ocurrido y se describirán brevemente las consecuencias de estas fallas. Una mampara elevada puede colapsar de muchas formas; algunos tipos de falla pueden no ser graves o peligrosas pero otros sí lo son; se presenta a continuación una breve lista de los principales tipos de fallas ocurridos durante el paso del huracán Isidoro, el cual tuvo como características principales: vientos promedio de alrededor de 170 km/hr con rachas de hasta 230 km/hr y con una duración de 11 horas en forma intensa. Los tipos de falla observados son:

- a) De los elementos estructurales de la mampara.
- b) De la conexión pedestal-mampara.

- c) Del pedestal.
- d) De la conexión pedestal-placa base.
- e) De las anclas placa-base-zapata.
- f) De las anclas cimentación-suelo.
- g) De la cimentación (o suelo).

FALLA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA MAMPARA

En las fotografías 1, 2 y 3 se muestran algunas de las fallas típicas de las mamparas ocurridas durante Isidoro. Como puede observarse este tipo de falla no es de gran peligrosidad ya que aun cuando la mampara colapsó por la falla de sus elementos estructurales, ésta no llegó al suelo ni a construcciones aledañas permaneciendo en la parte alta del pedestal (al ser abatida a su posición horizontal no ofrece oposición a la presión horizontal del viento condición que, combinada con el comportamiento dúctil del material de la mampara evita que vuele y se impacte con las construcciones aledañas).

Este tipo de falla ilustra mucho sobre la necesidad de realizar el proceso de cálculo estructural aun para los componentes estructurales en teoría más insignificantes, como los que hay en la propia mampara.

FALLA DE CONEXIÓN PEDESTAL-MAMPARA

En la fotografía 4 se muestra un caso de falla de la unión o conexión entre el pedestal y la mampara. Este tipo de falla es muy peligrosa ya que implica necesariamente la pérdida total de la

mampara y el consiguiente impacto de ella sobre personas o bienes. La enseñanza que nos deja este tipo de falla es que el diseño de tornillos, pernos, remaches o soldaduras, aun tratándose de pequeños componentes es necesario ya que al no hacerlo se crean condiciones de gran riesgo.



Fotografía 1



Fotografía 2



Fotografía 3

FALLA DEL PEDESTAL

Este tipo de falla fue la más común ocurrida durante el paso del huracán Isidoro. En las figuras (5 a 9) se presentan diversos casos de fallas de pedestal.

La falla del pedestal implica la mayoría de las veces, el impacto tanto del pedestal como de la mampara; esto aunque es aparatoso, no siempre trae consecuencias graves ya que si la mampara elevada está ubicada en una zona no habitada o lejos de

construcciones, el impacto de la misma probablemente no tendrá consecuencias graves; sin embargo, durante el paso del huracán Isidoro algunas de estas mamparas impactaron sobre las azoteas de varias casas y demás construcciones, colapsando los tableros de losas; en la región peninsular yucateca, las losas más utilizadas actualmente son construidas con el sistema de vigueta-bovedilla, las cuales son altamente vulnerables al impacto de objetos ya que la capa de concreto a compresión en la superficie

superior posee un espesor muy pequeño (3 o 4 cm) y las bovedillas son huecas de concreto vibrocomprimido las cuales al ser impactadas se fracturan y sus fragmentos caen sobre los usuarios de las construcciones que poseen estas losas produciendo lesionados o inclusive pérdidas de vidas; al darse esto último, la dimensión del problema alcanza niveles de tragedia de gran magnitud.



Fotografía 4



Fotografía 5



Fotografía 6



Fotografía 7



Fotografía 8

Algunas veces, la falla estructural del pedestal no es total; o sea, no ocurre el desplome total y el consecuente impacto sobre otras construcciones como es el caso de la mampara elevada mostrada en la foto 4 en la cual se tuvo simultáneamente el estiramiento o extracción de las anclas placa-base-zapata sino que además ocurrió la falla por pandeo del pedestal, el cual generalmente es de sección tubular. Para la mampara mostrada en la figura 11, el colapso ocurrió por la existencia de una escotilla o ventana



Fotografía 9

que permitía el acceso al interior del pedestal de la mampara por medio de una escalera marina interna. En las fotos 12, 13 y 14 se muestra la parte inferior de una losa de vigueta y bovedilla de azotea que fue impactada por una mampara elevada (foto 15); los fragmentos de esta losa cayeron sobre los usuarios de la construcción que en este caso fueron los integrantes de una familia que fueron lesionados seriamente.



Fotografía 10



Fotografía 11



Fotografía 12



Fotografía 13



Fotografía 14



Fotografía 15

FALLA DE LA CONEXIÓN PEDESTAL-PLACA-BASE

En las fotografías 16, 17 y 18 se muestran las fallas estructurales de los elementos de la conexión pedestal-placa-base; como puede observarse, esta falla fue producida por el punzonamiento de la placa-base por las tuercas de las anclas y por el barrido de las tuercas, las cuales en su mayoría presentaban

elevados niveles de corrosión; sin embargo, en las fotos 19, 20 y 21 se muestran las fallas de la soldadura de unión entre los acartelamientos y el tubo del pedestal con la placa base. Nuevamente esta falla fue inducida por los elevados niveles de corrosión existentes en las placas de los acartelamientos o en el tubo del pedestal o en la misma soldadura (ver fotografía 21).



Fotografía 16



Fotografía 17



Fotografía 18



Fotografía 19



Fotografía 20



Fotografía 21

**FALLA DE LAS ANCLAS
PLACA-BASE-ZAPATA**

En las fotografías 22 a 24 se muestran las fallas de las anclas placa-base-zapata; esta falla es causada por la pérdida de adherencia entre las anclas

y el concreto de la zapata o también puede ser causada por la fractura del ancla por tensión (foto 23). Nuevamente, este tipo de falla implica a veces el abatimiento e impacto de todo el pedestal y la mampara, por lo que su nivel de peligrosidad puede ser muy alto.



Fotografía 22



Fotografía 23



Fotografía 24

FALLA DEL SUELO DE LA CIMENTACIÓN

En las fotografías 25 y 26, se muestra respectivamente el volteamiento y la extracción de zapatas por la falla del subsuelo circundante; en el

primer caso, se muestra el giro de la zapata en el suelo arenoso (100% friccionante), en tanto que en el segundo caso ha colapsado el suelo circundante al dado o zapata propiciando la extracción de las zapatas.



Fotografía 25



Fotografía 26

CAUSAS DE LAS FALLAS PRESENTADAS

Existen diversas causas que han originado o propiciado la ocurrencia de las fallas estructurales presentadas en el presente trabajo. En general puede establecerse que la mayoría de las fallas presentadas aquí fue el producto de una combinación o serie de factores entre los cuales se tienen:

- a) Carencia del cálculo estructural
- b) Deficiencias constructivas
- c) Corrosión avanzada
- d) Carencia de mantenimiento adecuado
- e) Carencia de elementos estructurales resistentes
- f) Estructuración inadecuada
- g) Modelado inadecuado de la estructura
- h) Empleo de un tipo de cimentación inadecuada

CONCLUSIONES

1. Se han presentado en este trabajo varios tipos de colapsos o fallas, parciales o totales de las mamparas elevadas, ocurridas durante el huracán Isidoro, ubicadas principalmente en la ciudad de Mérida o en poblaciones aledañas.
2. Algunas de estas fallas han sido leves, otras han sido catastróficas y han afectado construcciones aledañas con cuantiosos daños materiales pero sobre todo han lesionado o puesto en grave riesgo la integridad física de los usuarios de dichas construcciones.

3. Algunas de las fallas registradas en el presente trabajo difícilmente puede ser visualizadas de manera previa, tales como el pandeo por flexocompresión, la extracción de anclas, el volteamiento de zapatas, la falla de la placa-base, el punzonamiento de las placa-base, etc. Es importante señalar que este tipo de información no está disponible en la bibliografía básica relacionada con la ingeniería.
4. Muchas de las fallas locales ocurridas en los casos presentados aquí, ocurrieron simplemente por que no se revisaron numéricamente algunas condiciones críticas; en tanto que otras fallas ocurrieron aun existiendo un proceso de cálculo del cual emergieron las características generales de la estructura, pero no se revisaron las características particulares de la estructura, lo cual es una práctica común entre los diseñadores.
5. También es posible detectar diversos errores o prácticas constructivas inadecuadas a partir de la información proporcionada; para evitarlos, tanto en el proceso de cálculo estructural como en el proceso constructivo deberán tomarse en consideración los distintos tipos de fallas presentados en este trabajo.
6. El material gráfico presentado en este trabajo ayudará a visualizar a los constructores y diseñadores el comportamiento de este tipo de construcciones y a establecer criterios para evitar la ocurrencia de colapsos de estas estructuras. También es posible, a partir de la

información proporcionada aquí establecer un conjunto de recomendaciones técnicas para ser incluidas dentro de los reglamentos de construcciones, tales como el uso de acartelamientos, el empleo de ciertos tipos de soldadura, espesores mínimos de la placa-base, la prohibición de hacer agujeros en el pedestal, atiesar adicionalmente donde sea necesario, etc.

7. Aunque las mamparas elevadas a veces surgen de un proceso adecuado del cálculo

estructural es muy posible que colapsen por varias causas imponderables tales como: daño acumulado, corrosión avanzada, modificaciones hechas a la estructura original, calentamiento térmico severo al agregársele accesorios, colocación de apéndices, etc. Por lo tanto, deberá preverse en las normas de construcciones del municipio o de la ciudad la posibilidad de colapso y evitar su construcción en áreas pobladas o cerca de viviendas o edificios ocupados.

BIBLIOGRAFÍA

Baeza B. J.; Gómez M. M.; González N. C. (1997). "La patología estructural en la formación del ingeniero civil". Construcción y Tecnología, Vol., X núm. 115, IMCYC, México.

Calavera R. J. (1996). "Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado". Tomo I, 2ª edición, Intemac, España.

Kaminetzky D. (1991). "Design and construction failures: lessons from forensic investigations". 2a edición, Mc Graw Hill, Inc., USA.

Greenspan H. F.; O'Kon J.; A; Beasley K. J.; Ward J. S. (1989). "Guidelines for failure investigation". 1a edición, ASCE, USA