

## DAÑOS OBSERVADOS EN ACAPULCO POR EL HURACÁN OTIS

FERNANDO PEÑA MONDRAGÓN, MARCOS  
M. CHÁVEZ CANO, HÉCTOR GUERRERO BOBADILLA,  
MIGUEL ÁNGEL JAIMES TÉLLEZ, ADRIÁN  
POZOS ESTRADA, EDUARDO BOTERO JARAMILLO,  
ÓSCAR ARTURO FUENTES MARILES,  
LEONARDO ALCÁNTARA NOLASCO,  
BARUO DANIEL ALDAMA SÁNCHEZ  
Y CHRISTIAN MARIO APPENDINI ALBRECHTSEN.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) ha mantenido la usanza de enviar brigadas interdisciplinarias ante la ocurrencia de diversos fenómenos naturales de gran relevancia como sismos y huracanes, tanto en México como en el extranjero; con el propósito de hacer un reconocimiento de daños y recopilación de datos que permitan identificar las deficiencias y aciertos para mejorar la práctica de la ingeniería, identificando necesidades de investigación cuyos resultados se han visto reflejados en la mejora de las normas de construcción en beneficio de la sociedad.

Debido al impacto y daños ocasionados por el huracán Otis en el estado de Guerrero en octubre de 2023, el IIUNAM formó una brigada de especialistas, compuesta de nueve académicos de cuatro coordinaciones: ingeniería estructural, geotecnia, hidráulica e ingeniería sísmológica; con el propósito de recopilar información sobre daños y afectaciones en la infraestructura en parte de la zona costera del Estado de Guerrero. La brigada del IIUNAM llevó a cabo recorridos en la ciudad de Acapulco y sus alrededores con el apoyo y la colaboración de colegas del Colegio de Ingenieros Civiles Guerrerenses.

El miércoles 25 de octubre de 2023, a las 00:25 h, el estado de Guerrero sufrió el impacto del huracán Otis, el cual tocó tierra como un huracán de categoría 5, la máxima clasificación en la escala Saffir-Simpson, con vientos máximos sostenidos de 270 km/h y ráfagas que alcanzaron los 330 km/h.

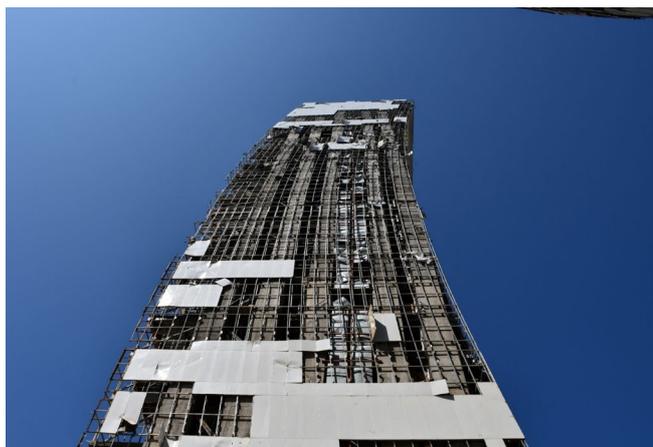
El lunes 23 de octubre, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) informó que la tormenta tropical Otis se encontraba a una distancia de 420 km al sur-suroeste de Puerto Ángel, Oaxaca, y a 605 km al sur-sureste de Acapulco, Guerrero. Durante la tarde de ese mismo lunes, dos días antes del impacto de Otis, se emitió la alerta indicando que la tormenta

tropical tenía el potencial de convertirse en huracán. Para el martes 24, por la tarde, Otis ya había intensificado su fuerza hasta alcanzar la categoría 3. A las nueve de la noche de ese mismo martes 24, Otis alcanzó la categoría 5, ubicándose aproximadamente a 90 km al sur-sureste de Acapulco, casi tres horas y media antes de tocar tierra. A pesar de estos avisos, el huracán Otis tomó por sorpresa a las diferentes autoridades de los tres niveles de gobierno y a la población en general.

Aunque este tipo de comportamiento no es común, en los últimos años se han observado otros huracanes con estas intensificaciones rápidas, principalmente aquellos originados en el Océano Atlántico. Otis, en particular, destaca como un ejemplo notable de intensificación rápida, al pasar de ser una tormenta tropical a un huracán de categoría 5 en menos de 12 h. Además, con el cambio climático se espera que los eventos con intensificación rápida sean más frecuentes, por lo que se están generando discusiones sobre la elaboración de protocolos de respuesta rápida ante eventos de estas características.

La ciudad de Acapulco y localidades vecinas sufrieron graves afectaciones en su infraestructura, viviendas, carreteras y servicios básicos como consecuencia del huracán. Se estima que cerca de 80% de los hoteles sufrieron algún grado de daño. Además, se reportaron 274 mil viviendas, más de 47 mil negocios y mil 224 escuelas con algún grado de afectación. Hasta el momento, el número oficial de fallecidos asciende a 50 personas, con un número indeterminado de desaparecidos. En términos económicos, se estima que el impacto directo del evento alcanza 16 mil millones de dólares. Para poner estos números en perspectiva, el huracán Paulina de categoría 4, que también dejó graves daños en Acapulco en 1997, generó pérdidas por 1.1 mil millones de dólares.

Las primeras observaciones indican que este evento superó en más del doble la velocidad del viento de diseño establecida para estructuras tipo B, en 150 km/h según el Reglamento de Construcciones de Acapulco. Como resultado, las presiones del viento ejercidas sobre las fachadas y cubiertas de las edificaciones excedieron en más de cuatro veces los límites recomendados por la normativa vigente. Se identificaron diversas causas de los daños, que incluyen el uso de elementos no estructurales con un desempeño deficiente ante altas velocidades de viento, fallas en el diseño o construcción de conexiones y elementos de fijación, daño acumulado, corrosión severa, falta de mantenimiento e impacto de proyectiles por el viento. Además, el huracán afectó de manera significativa las principales vías de acceso a Acapulco durante varios días, poniendo de manifiesto problemas potenciales en áreas críticas de la ciudad en términos de estabilidad de laderas, intervención de arroyos y edificaciones en condiciones precarias de estabilidad.



a)



b)



c)



d)

Figura 1. Daños típicos observados en edificaciones:

a) pérdida de fachadas, b) rotura de ventanas y cristales, c) colapso de techumbres ligeras y d) colapso de bardas y elementos aislados

Los daños típicos observados se describen a continuación (ver figura 1). Desprendimiento de fachadas y elementos de recubrimiento. Lo que indica la falta de un diseño formal de ese tipo de elementos. Rotura de vidrios, por las altas velocidades del viento y por el impacto de proyectiles. Daños en elementos no estructurales y contenidos de diversos tipos de construcciones, incluyendo infraestructura crítica como algunos hospitales y escuelas. Daño y colapso de techumbres, techos ligeros de naves industriales, bodegas y arcotechos, generadas debido a las elevadas velocidades del viento. Daños tanto en la infraestructura eléctrica como de telecomunicaciones. Por ejemplo, torres de alta tensión, líneas de distribución, postes, torres repetidoras de telefonía celular y alumbrado público, que ocasionó la interrupción total del suministro de energía eléctrica y de telecomunicaciones por varios días. Interrupción del abastecimiento de agua potable por daño en plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento y plantas de tratamiento de aguas residuales. Pérdida de mobiliario urbano,

como anuncios espectaculares, bardas, semáforos, señalización, entre otros. Inundaciones severas en áreas diversas. Daños importantes a la flora y fauna locales.

Como se ha observado en otros eventos similares, los objetos que se desprenden debido a la velocidad del viento se convierten en proyectiles que, al impactar sobre otras estructuras u objetos en su camino, causan daños adicionales significativos a la infraestructura. Estos proyectiles, al romper ventanas, incluso muros ligeros, exponen el interior de las construcciones y sus contenidos tanto al viento como a la lluvia (ver figura 2). Esto resulta en severos daños a los componentes no estructurales y contenidos del edificio, tales como: elementos de fachada, acabados, sistemas de aire acondicionado, plafones, muebles y electrodomésticos, entre otros. Estas pérdidas incrementan los costos de rehabilitación y tiempos de recuperación de la infraestructura dañada. Además, generan problemas relacionados con la basura, los escombros y los desechos de diversa índole.



a)



b)

Figura 2. Daños en elementos no estructurales y contenidos al interior de: a) departamentos; b) hospitales

Adicionalmente al impacto de los proyectiles, se identificaron tres causas subyacentes que incrementaron las afectaciones provocadas por el paso del huracán (ver figura 3). Daño acumulado previo, corrosión y degradación de los elementos estructurales de acero y concreto, principalmente debido a la falta de mantenimiento. Después del paso del huracán, se presentó el fenómeno de vandalismo por parte de la población, lo que ocasionó daños adicionales a la infraestructura al intentar entrar a negocios o establecimientos comerciales; algunos de los cuales no habían sufrido daño o habían presentado daño menor por el paso del huracán. Residuos, basura y desechos generados por el paso del huracán son un problema adicional al que hay que prestar atención, ya que su manejo inadecuado no solamente causa contaminación adicional, sino que puede generar la proliferación de enfermedades como el dengue y el cólera, especialmente en zonas donde la infraestructura sanitaria era deficiente, escasa o nula.

Cuando ocurre una tragedia de la magnitud del huracán Otis, generalmente se busca abordar tres etapas prioritarias: a) la atención de la emergencia, b) la recuperación de la operatividad o puesta en marcha de la infraestructura y c) el regreso a la normalidad o recuperación total de las actividades. Si bien los tres órdenes de gobierno han dirigido sus acciones hacia las dos primeras etapas, se ha prestado poca o nula atención a la tercera.

Es fundamental que la recuperación total de Acapulco se base en una visión resiliente a largo plazo. Centrarse únicamente en restaurar la operatividad y la actividad económica no es suficiente. El enfoque actual de utilizar las mismas técnicas y materiales empleados anteriormente podría conducir a consecuencias similares en el futuro, especialmente ante la eventualidad de otro huracán con características similares. Por otra parte, el impacto del huracán Otis en Acapulco dejó al descubierto que no se contaba con zonas o sitios con las características necesarias para resguardar a la población durante el impacto.

Para ello, se requiere un plan de reconstrucción integral a largo plazo, que aborde los aspectos esenciales para una comunidad resiliente en el cual participen todos los actores relevantes, incluida la comunidad, los constructores, la academia, el gobierno, la sociedad civil y las sociedades técnicas. Algunas propuestas de acción incluyen el desarrollo de normas de diseño específicas para las regiones afectadas por huracanes, la elaboración de normas de emergencia para la recuperación operativa y la modernización de la red de instrumentación eólica, sísmica y otras para comprender los riesgos multi-amenaza. Además, se destaca la importancia de fortalecer los mecanismos para la aplicación efectiva de estas normas, incluyendo no sólo su creación, sino también, su adecuada implementación y cumplimiento en la construcción y reconstrucción de zonas costeras del país.

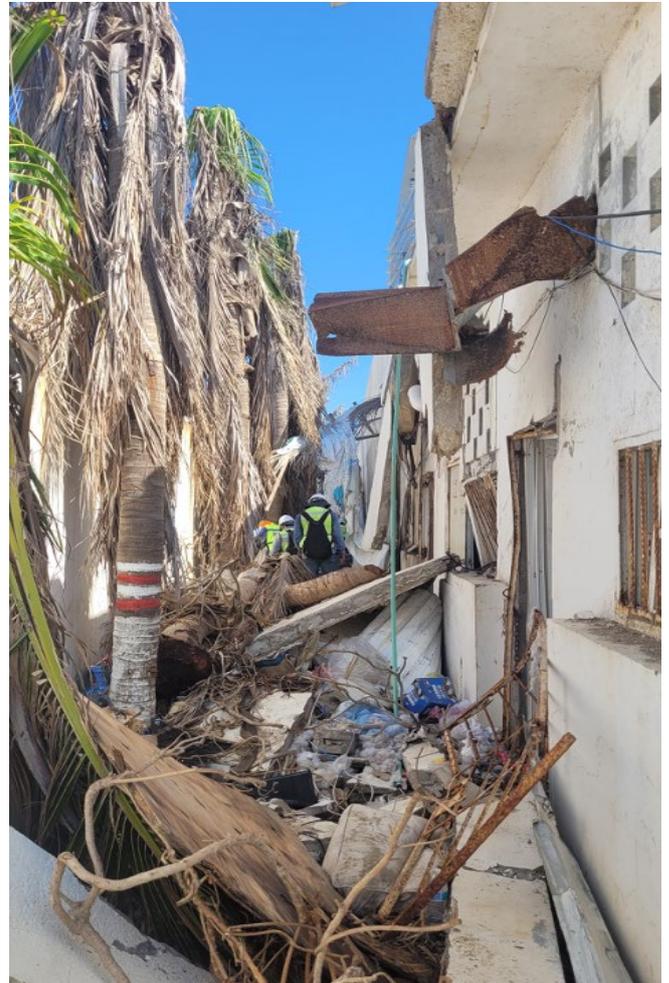
Es esencial no limitarse únicamente a reconstruir y rehabilitar las estructuras dañadas, sino también, llevar a cabo una revisión exhaustiva para asegurar que se haya tenido en cuenta el estado físico de la estructura y garantizar su resistencia ante acciones de viento o sismo en el futuro. Las instalaciones vitales, como hospitales y escuelas requieren una atención especial para garantizar su funcionalidad durante eventos extremos. La revisión, mantenimiento y rehabilitación de estas instalaciones deben llevarse a cabo en todos los niveles, abordando aspectos estructurales, arquitectónicos e instalaciones.

Es importante destacar que muchos hospitales no pudieron brindar un servicio adecuado debido a la falla de las plantas de energía de emergencia, lo cual, se considera inaceptable.

Finalmente, es crucial destacar que la preparación de la población para afrontar estos eventos extremos es de suma importancia. Por tanto, los programas educativos y de capacitación continua juegan un papel fundamental tanto en la preparación como en la concientización de la comunidad sobre cómo responder y enfrentar situaciones de emergencia de este tipo. |



a)



c)



b)

Figura 3. Imágenes que ilustran aspectos importantes a considerar: a) corrosión; b) saqueos; c) desechos sólidos