



# Visita de reconocimiento sobre los efectos del huracán Odile en la infraestructura del sur de la península de Baja California

El 10 de septiembre de 2014 el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) alertó de la formación de una depresión tropical frente a las costas de los estados de Guerrero y Michoacán, a 391 km al sur de Lázaro Cárdenas y 385 km al suroeste de Acapulco, con velocidades máximas de viento sostenido (VMS) de 55 km/h y ráfagas de 75 km/h. El SMN informó el 13 de septiembre que la depresión tropical se había convertido en huracán, de acuerdo con la escala Saffir-Simpson, al superar VMS de 118 km/h. El 14 de septiembre alcanza la categoría IV con VMS de 215 km/h y ráfagas de 260 km/h. La nubosidad llegó a tener un diámetro de 600 km aproximadamente, un núcleo de 70 km y desplazamiento de 24 km/h en dirección nornoroeste. El huracán, con categoría III, tocó tierra el 14 de septiembre aproximadamente a las 23:45 h en las inmediaciones de Cabo San Lucas con VMS de 205 km/h y ráfagas de 240 km/h, y se disipó como tormenta tropical el 17 de septiembre (figura 1). Este sistema atmosférico fue acompañado de lluvias, las cuales resultaron ser de menor intensidad comparado con otros huracanes que han afectado al estado de Baja California Sur, como el caso de Juliette en octubre de 2001.

Las consecuencias del huracán en la infraestructura del estado de Baja California Sur fueron significativas. De acuerdo con los comunicados de prensa de la Presidencia de la República del 25 de septiembre y 7 de octubre, el 95 % de los usuarios del estado se quedaron sin servicio de energía eléctrica por el daño de cientos de torres de transmisión, miles de postes de distribución y cientos de transformadores. El 100 % del suministro de agua potable se interrumpió ante el paso del meteoro; la actividad agropecuaria resultó perjudicada y aproximadamente el 30 % del total de las hectáreas cultivadas fueron afectadas. El Aeropuerto Internacional de Los Cabos y el Aeródromo Internacional de Cabo San Lucas sufrieron daños considerables. Más de 10 000 viviendas fueron afectadas principalmente por daños en elementos no estructurales y contenidos, pero también

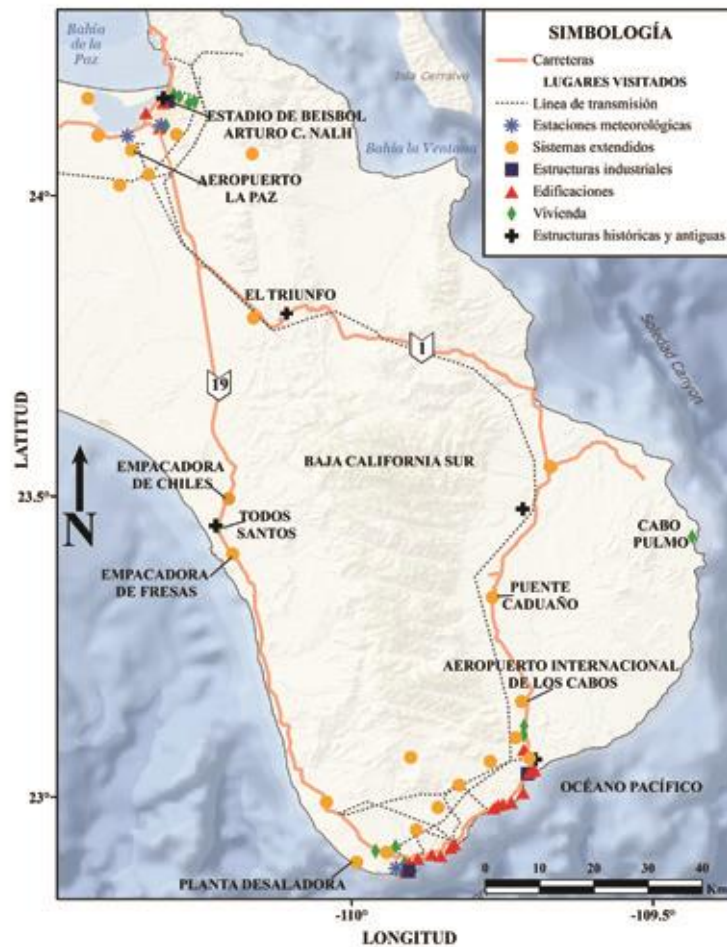
hubo 1800 con daños mayores o totales; las viviendas eran en su mayoría de construcción informal y se encontraban en zonas irregulares. En cuanto a daños en carreteras y puentes, el más significativo fue el colapso del puente Caduaño. La infraestructura hotelera en Los Cabos y San José del Cabo sufrió daños severos en elementos no estructurales y contenidos. Fue necesario evacuar a más de 38 000 turistas y albergar a más de 11 000 personas. El impacto económico directo del evento se ha estimado en más de 14 mil millones de pesos, aunque esta cifra se ajustará en el futuro próximo conforme se terminen los trabajos de recuperación y pago de seguros. El número de fallecidos fue de seis personas.

Debido a la relevancia de este hecho para el país, el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) y la Academia de Ingeniería (AI) decidieron efectuar una visita a las zonas afectadas con el objetivo de obtener información relevante sobre el desempeño de la infraestructura después del evento. Para ello, se contactó al Dr. Carlos Valdés González, director general del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), con el fin de coordinar actividades con las que ellos emprenderían. Así mismo, se contactó al Dr. José Luis Fernández Zayas, director ejecutivo del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), y al M. en I. Víctor Javier Bourguett Ortiz, director general del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), ya que se consideró conveniente incorporar al equipo a expertos en diseño eólico y fenómenos hidrometeorológicos de estas instituciones. El grupo que realizó la visita de reconocimiento quedó conformado por Marcos Mauricio Chávez Cano, José Alberto Escobar Sánchez, Miguel Ángel Jaimes Téllez, David Murià Vila, Fernando Peña Mondragón, Juan José Pérez Gavilán Escalante, Adrián Pozos Estrada y Eduardo Reinoso Angulo, por parte del IIUNAM; José Alberto Escobar Sánchez, David Murià Vila y Eduardo Reinoso Angulo, también como miembros de la AI; Óscar López Bátiz, por parte del CENAPRED; Alberto López López y Ulises Mena Hernández, por parte del IIE.

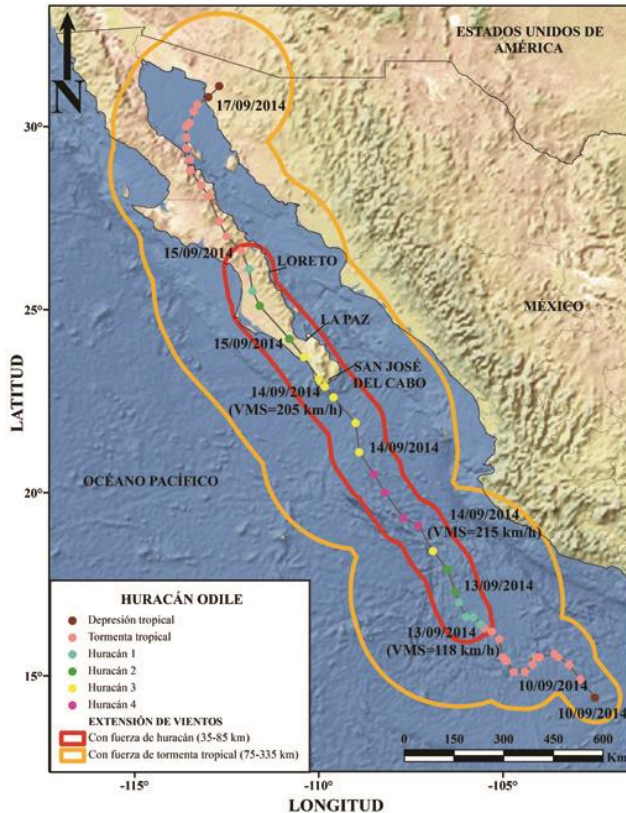
Para desarrollar un itinerario y un plan de trabajo que permitiera obtener el mayor provecho durante el viaje de reconocimiento de daños, se llevaron a cabo reuniones de trabajo previas en el IIUNAM. Se establecieron contactos con el M. en C. César Fernando Fuentes Estrada, coordinador de Proyectos de Transmisión y Transformación de Comisión Federal de Electricidad (CFE), para conocer de primera mano los daños y trabajos de rehabilitación de la infraestructura eléctrica; con el Lic. Alejandro Argudín Leroy, director general de Aeronáutica Civil de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, para observar los daños del Aeropuerto Internacional de Los Cabos; con el M. en C. Juan Manuel Caballero Gonzáles, director del SMN, para inspeccionar las estaciones meteorológicas de La Paz y Los Cabos; y con el Ing. Jorge Yáñez, director de Siniestros de Grupo Nacional Provincial (GNP), para tener acceso a algunos hoteles. Además, se contó con la valiosa cooperación y guía del M. en I. Jorge Emilio Arboleda Villagómez, exbecario del IIUNAM radicado en La Paz. Varios de estos contactos se lograron gracias a la intervención del Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro, Presidente de la AI, y del Dr. Adalberto Noyola Robles, director del IIUNAM. Por su parte, el Dr. Carlos Miguel Valdés González elaboró un salvoconducto oficial para los integrantes del grupo de trabajo con el fin de facilitar el acceso a los sitios afectados.

La visita de reconocimiento de daños fue realizada del 25 de septiembre al 5 de octubre de 2014; incluyó recorridos en las ciudades de La Paz, San José del Cabo y Cabo San Lucas, los pueblos de Todos Santos y El Triunfo, donde se constataron las afectaciones a la infraestructura urbana, hospitalaria, educativa, deportiva, habitacional, comercial y turística (figura 2). Así mismo, se hicieron recorridos en las carreteras federales 1 y 19 que comunican a la capital con el sur del estado

para reconocimiento de daños en el campo, instalaciones industriales, puentes, caminos y algunas áreas costeras. Durante la inspección de la zona portuaria de Los Cabos se tuvieron dos reuniones con el Ing. Fernando Hoyos Romero, oficial de Protección de la Instalación Portuaria por parte de la Administración Portuaria Integral Cabo San Lucas, quien comentó sobre la afectación y proporcionó información del evento. En las ciudades de La Paz y Los Cabos se visitaron las estaciones meteorológicas. En cuanto a la infraestructura de la CFE, el M. en C. César Fernando Fuentes Estrada (miembro de la AI) ofreció un recorrido en helicóptero para observar los daños y trabajos de recuperación de la línea de transmisión La Paz-Los Cabos, y una reunión con personal de esta dependencia para comentar los daños y los trabajos de rehabilitación de la infraestructura eléctrica. También se tuvo oportunidad de visitar la Planta Desaladora de Agua de Mar de Los Cabos.



Las observaciones preliminares del grupo de trabajo permiten aseverar que el sur de la península de Baja California se está recuperando muy rápidamente de los daños provocados por el huracán. Cabe destacar las rápidas labores de reparación emprendidas por la CFE, parte de ellas provisionales para restablecer la energía eléctrica, y con una adecuada coordinación con la CONAGUA para también restablecer el abastecimiento de agua potable. Los daños más relevantes fueron en la infraestructura eléctrica, principalmente en las líneas de transmisión y distribución, donde se observaron problemas relacionados con efectos topográficos y de rugosidad del terreno, así como



un mal desempeño estructural de las torres de transmisión de madera y de acero (figura 3). El desempeño de los elementos estructurales de edificaciones y puentes fue aceptable, con la excepción de contados casos, como el colapso del puente Caduaño (figura 4). En cuanto al desempeño de los elementos no estructurales, este fue deficiente en un gran número de casos; por ejemplo, varias edificaciones con materiales novedosos para fachadas para lograr un adecuado aislamiento térmico perdieron parcial o totalmente sus recubrimientos (figura 5). Respecto a daños en cubiertas, hubo numerosos casos en escuelas, comercios (figura 6), naves industriales, hangares, estadios, estaciones de gasolina, en contraste con otras que tuvieron un desempeño aceptable. El impacto de diversos objetos y escombros desplazados por los fuertes vientos provocó numerosos daños en diversas estructuras, en mobiliario

urbano y en vehículos. Incluso sistemas modernos de protección contra huracanes (cortinas antihuracanes) instalados en ventanas y portales en zonas residenciales y hoteleras fallaron tras el impacto de objetos. Debido a las elevadas velocidades del viento, las cubiertas y las fachadas fueron sometidas a succiones y sobrepresiones importantes. En algunas edificaciones también se detectó que cuando la presión inducida por el viento o el impacto de algún objeto lograba romper ventanas o puertas, este fluía al interior de la edificación, junto con la lluvia, incrementando las fuerzas de succión o presión en las paredes y techo, ocasionando que algunos elementos estructurales se dañaran, generando además severos daños en sus componentes no estructurales (elementos de fachada, acabados, sistemas de aspersores, sistema de aire acondicionado, sistema de techo suspendido con plafones) y contenidos del edificio. Estas pérdidas de componentes no estructurales y contenidos de edificios podrían, en algunos casos, llegar a ser significativas y exceder el valor de la pérdida estructural del edificio. Otros elementos altamente vulnerables ante el efecto de altas velocidades de viento fueron los anuncios espectaculares, señalamientos viales y postes de alumbrado público, entre otros, que presentaron severos daños y colapso total en algunos casos. Afortunadamente, no hubo consecuencias fatales para la población por este hecho, pero hubo varios heridos a consecuencia del impacto provocado por los numerosos escombros esparcidos por el viento, particularmente pequeños escombros en playas.

El grupo de trabajo considera que las principales causas de daño fueron:

- El empleo de elementos de fachada, tipos de cubierta, tipos de acabados, materiales y anclajes que tienen un deficiente desempeño ante las altas velocidades de viento.
- Daño acumulado previo.
- Fallas en el diseño o construcción de conexiones de elementos estructurales y no estructurales.
- Falta de mantenimiento en diversos elementos estructurales y no estructurales.
- Impacto de proyectiles lanzados por el viento.



Las recomendaciones generales para mitigar estos efectos en futuros eventos son:

- Elaborar normas de diseño específicas para zonas de huracanes. En ellas considerar, además de la frecuencia e intensidad de los huracanes, el efecto de su duración.
- Para evitar el daño en ventanas, instalar marcos de apoyo reforzados y anclados correctamente a la estructura para fijar cubiertas resistentes a presiones de viento e impacto de objetos.
- Mejorar el diseño estructural del anclaje en los componentes no estructurales (marcos de ventanas, ventanales, puertas, cubiertas ligeras, anuncios espectaculares).
- Evitar la reinstalación de los mismos elementos estructurales y no estructurales que fallaron durante el huracán.
- Dar mantenimiento regular a las estructuras para prevenir pérdidas de resistencia.
- Mejorar y ampliar la instrumentación eólica de las zonas que año con año son afectadas por huracanes para incrementar el entendimiento de estos fenómenos hidrometeorológicos.
- Establecer disposiciones para regular el empleo de materiales ligeros, elementos de fachadas y cubiertas de estructuras, para controlar o reducir los objetos y escombros ante el eventual daño de estos.
- Mejorar las prácticas de diseño de sistemas extendidos y sus cimentaciones.

Además de lo anterior, se debe revisar las velocidades de viento medidas en las estaciones meteorológicas respecto a las establecidas para el diseño; correlacionar los daños observados con las velocidades de viento que los causaron, tomando en cuenta el posible daño acumulado por eventos previos; revisar las estructuras rehabilitadas estratégicas de la región para verificar la adecuada consideración del estado físico de la estructura y las velocidades de viento; comparar los modelos de estimación de pérdidas respecto a lo ocurrido en este huracán que permita contar con un sistema de estimación temprana de daños por huracanes más confiable; desarrollar pruebas experimentales en un túnel de viento para evaluar el comportamiento de estructuras y sus componentes ante vientos intensos; ejecutar estudios analíticos de estructuras sensibles al viento, similares a las que sufrieron daño o se colapsaron; y hacer pruebas a escala real de sistemas de anclaje y cristales para evaluar su rendimiento ante presiones y succiones ocasionadas por vientos huracanados, así como pruebas de elementos de fachadas o cubiertas protectoras de ventanales para evaluar su resistencia al impacto de objetos.

