

# Resumen

La estimación de la magnitud de los daños ocasionados a obras de infraestructura causados por fenómenos naturales ha sido siempre un tema de enorme trascendencia económica y social. México, por su ubicación geográfica y condiciones climáticas es vulnerable a los embates de fenómenos hidrometeorológicos generados tanto en el Océano Pacífico como en el Atlántico.

En el año 2005, de los fenómenos hidrometeorológicos generados en el Atlántico, treinta adquirieron la categoría de huracán. Dentro de esa activa temporada ciclónica, ocho huracanes impactaron costas mexicanas. Emily, Stan y Wilma por sus características fueron huracanes preponderantes con los daños ocasionados y evaluados en la infraestructura nacional, afectando principalmente el sureste de la República Mexicana.

En México, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) es la institución encargada de evaluar los daños y efectos ocasionados a la infraestructura nacional a causa de un huracán y otros fenómenos naturales perturbadores, además de ello, difunde los efectos e impactos generados en la población y sus bienes a causa de estos fenómenos ocurridos en el territorio nacional. Parte integral de esta difusión la conforman la información sobre los daños directos, registrados y reflejados como pérdidas económicas en infraestructura para las zonas afectadas por el paso de un huracán.

La magnitud en las pérdidas económicas producidas por fenómenos naturales detonan la necesidad para cualquier gobierno de desarrollar y contar con una herramienta que permita estimar las pérdidas ante futuros fenómenos y, de esta manera, optimizar recursos para la prevención y mitigación del impacto como parte integral de una estrategia económica-social.

En México, el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) realizó el estudio y desarrollo del sistema R-FONDEN, sistema de cómputo especializado en la estimación del riesgo, tomando en cuenta por un lado, la ocurrencia de eventos posibles o históricos y por otro, las características de las construcciones expuestas. Esta estimación arroja valores que se traducen como daños directos a la infraestructura de una cartera en estudio.

Con base en lo anterior, la elaboración y desarrollo de esta tesis se concreta en la comparación y análisis tanto cualitativo como cuantitativo de las pérdidas económicas reportadas por el CENAPRED contra los valores estimados por el sistema R-FONDEN, ambos, reflejados como daños directos a las edificaciones que integran las carteras de las Secretarías de Salud (SSA) y Educación Pública (SEP), así como la infraestructura carretera a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) ante la ocurrencia y evaluación de los huracanes Emily, Stan y Wilma. Por consiguiente, la presente tesis tiene como finalidad el contribuir mediante recomendaciones que coadyuven al sistema R-FONDEN para que sea un sistema confiable en la estimación de pérdidas económicas esperadas por los efectos que podrían ocasionar a cualquier infraestructura la ocurrencia de futuros fenómenos naturales con determinadas características, lográndose así, optimizar la administración de recursos para la mitigación del riesgo frente a futuros fenómenos naturales.

# Introducción

La ocurrencia de los huracanes Emily, Stan y Wilma afectando principalmente el sureste de la República Mexicana fueron eventos históricos que contribuyeron para que el año 2005 se convirtiera en el año que más pérdidas económicas se hayan registrado en la historia del país por fenómenos hidrometeorológicos, acentuándose los efectos negativos sobre las condiciones de vida de la población y su significativo impacto económico. De ahí la importancia de documentar en esta tesis las características de estos fenómenos hidrometeorológicos.

Con objeto de evaluar los efectos y daños causados en territorio nacional ante la ocurrencia de los fenómenos mencionados, esencialmente a las edificaciones de la Secretaría de Salud (SSA) y de la Secretaría de Educación Pública (SEP), así como de la infraestructura carretera de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), en la presente tesis se documentan las pérdidas económicas registradas por el CENAPRED y las estimadas por el sistema R-FONDEN ante la ocurrencia y evaluación de los huracanes Emily, Stan y Wilma, ambas reflejadas como daños directos a los activos de las carteras a cargo de estas tres Secretarías.

En los siguientes renglones se describe la manera en la que el CENAPRED inspeccionó y registró los daños y cómo es que el R-FONDEN estimó las pérdidas ante la ocurrencia y evaluación de los huracanes aquí presentados.

## **Metodología para el levantamiento de información y modelación de los eventos en estudio**

### **CENAPRED**

Con objeto de evaluar los efectos y calcular los daños ocasionados por el paso de estos tres huracanes, el CENAPRED como parte de su metodología, estableció brigadas y realizó visitas a las zonas afectadas con dos principales fines: por un lado analizar las características y naturaleza de los fenómenos y por otro, evaluar el impacto socioeconómico en la población. Para ello, en las misiones de trabajo participaron investigadores de su área de estudios económicos y sociales, así como consultores externos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Estas brigadas se reunieron y entrevistaron con autoridades de las distintas dependencias municipales, estatales y federales, integrando información de los daños ocurridos en cada uno de los sectores afectados. Uno de los propósitos de la visita en campo fue recabar la mayor información acerca de las afectaciones y, en la medida de lo posible, hacer recorridos a las zonas afectadas observando y registrando los daños ocasionados por el paso de los fenómenos.

Dichas actividades al ser realizadas por los investigadores del área de riesgos hidrometeorológicos contribuyeron para reforzar la información sobre las características físicas de Emily, Stan y Wilma como su origen, marea de tormenta, oleaje, vientos máximos, etc.

**Sistema R-FONDEN**

Huracanes como Emily, Stan y Wilma hicieron evidente la necesidad de contar con técnicas para evaluar el riesgo y que éstas sean lo más precisas posibles, de tal manera que una nación y su gobierno puedan estar preparados y hacer frente a los efectos ocasionados por eventos catastróficos optimizando los recursos disponibles.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM desarrolla el sistema de cómputo R-FONDEN para estimar el riesgo provocado por diferentes fenómenos naturales, entre ellos, los huracanes, tomando en cuenta para éstos, lo relacionado con su trayectoria e intensidad y las características de las construcciones, como número de pisos, uso, materiales, etc.

La manera en la que el R-FONDEN estima las pérdidas esperadas por un huracán, es a través de considerar la modelación de eventos, empleando para éstos las trayectorias de los huracanes históricos correctamente registrados, generando mapas de amenaza que se utilizan en conjunto con la evaluación de funciones de vulnerabilidad de cada uno de los sistemas estructurales de las carteras en estudio.

Se considera que durante la evaluación del riesgo por un huracán se producen tres tipos de pérdidas; las debidas al efecto del viento, las ocasionadas por la marea de tormenta y las correspondientes a la inundación. Los resultados del R-FONDEN son estimaciones probabilísticas del daño en la infraestructura. Por otro lado, la estimación del riesgo que se presenta en esta tesis, considera una parte determinista, en el sentido que se utilizan eventos científicamente registrados que ocurrieron en el pasado.