



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**PROPUESTA TÉCNICA PARA UN SEGURO
DE DAÑOS POR INUNDACIÓN**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

A C T U A R I O

P R E S E N T A:

JOSÉ ZURIEL LÓPEZ MEJIA



DIRECTOR:

ACT. RICARDO VILLEGAS AZCORRA

2015

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. LA INUNDACIÓN Y SU VALORACIÓN DE DAÑOS EN LAS VIVIENDAS	3
1.1. Introducción.....	3
1.2. Inundación.....	3
1.2.1 Clasificación de las inundaciones	5
1.3. Precipitación.....	6
1.3.1 Categorías de la precipitación.....	8
1.4. Principales inundaciones ocurridas en el mundo.	10
1.4.1 Las inundaciones en México.....	19
1.5. Valoración del riesgo de inundación.....	23
1.5.1 Índice de vulnerabilidad	25
CAPÍTULO 2. DISEÑO DE UN SEGURO DE INUNDACIÓN PARA VIVIENDAS	28
2.1 Panorama Internacional del seguro de inundación	28
2.1.1 Mercado europeo	28
2.1.2 Mercado americano	29
2.2 Diseño de un seguro de inundación	30
2.2.1 Generalidades.....	30
2.2.2 Marco regulatorio	32
2.2.3 Bienes asegurables.....	34
2.2.4 Coberturas de aseguramiento.....	35
2.2.3 Sumas aseguradas	39
2.2.4 Exclusiones.....	40
2.2.5 Deducibles	43
2.2.6 Prima pura y coeficientes de riesgo	44
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LA NOTA TÉCNICA	45
3.1 Introducción.....	45
3.2 Metodología para el análisis del riesgo	45
3.3 Análisis de viabilidad y factibilidad técnica	48
3.3.2 Metodología de la CNSF.....	49
3.3.3 Metodología del CENAPRED.....	52
3.4 Modelo de riesgo por inundación	53
3.3.4 Proceso Poisson-Exponencial	53
3.3.5 Prima de riesgo y tarificación	63
3.3.6 Simulación de precipitaciones.....	67
3.4 Reservas técnicas	70
3.5.1 Definición de variables.....	70
3.5.2 Metodología	71
CONCLUSIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	78
ÍNDICE DE IMÁGENES	79
ÍNDICE DE CUADROS	80
ÍNDICE DE GRÁFICAS	81

INTRODUCCIÓN

Los fenómenos hidrometeorológicos han provocado grandes desastres a nivel internacional. Dentro de éstos se desprenden las inundaciones, que son el fenómeno natural que en los últimos años han acrecentado su fuerza y magnitud, aumentando la intensidad de los desastres y las pérdidas económicas, de impacto medioambiental e incluso de repercusiones sociales a las comunidades y pérdidas de vidas humanas.

Los factores de riesgo que integran a las inundaciones a las viviendas y edificaciones son la vulnerabilidad, la exposición y la severidad. Hay evidencia del incremento de la intensidad de los fenómenos, los cuales han generado daños costosos y decesos significativos para el país. Por este motivo, se debe lograr un claro entendimiento de los factores que afectan en el ámbito social, económico, ambiental y técnico, buscando así una solución que pueda alertar, prevenir o disminuir el daño catastrófico y calcular la pérdida al momento de presentarse este fenómeno hidrometeorológico.

Las inundaciones son fenómenos hidrometeorológicos de difícil cálculo debido a su naturaleza estocástica. En los últimos años se ha hecho más frecuente escuchar que este tipo de fenómenos ha dejado grandes pérdidas, debido al aumento de su fuerza, magnitud y presencia. Esta condición de aleatoriedad y severidad de pérdida, se puede ajustar a una distribución Poisson-exponencial para obtener las probabilidades que ocurren de forma impredecible de este fenómeno natural y pueden ser la base técnica para el desarrollo de un seguro de inundación.

En este contexto, el objetivo de esta tesis es proponer la metodología para el desarrollo de una nota técnica de un seguro de inundación para viviendas que considere las coberturas aplicables, aspectos técnicos y regulatorios que deben operar en el mercado asegurador mexicano con base a los diferentes esquemas de aseguramiento que existen a nivel internacional.

En este contexto, el seguro de inundación se denota como la protección y el resarcimiento de los daños provocados por una condición total o pasajera del desbordamiento de aguas de tierra adentro o de marea, acumulación poco usual o rápida de aguas superficiales de cualquier fuente, aluvión, o desprendimiento de terreno aledaño a la orilla de un lago o cuerpo similar de agua como resultado de erosión o desgaste causado por olas o corrientes de agua excediendo niveles cíclicos anticipados total o parcial en dos o más acres de terreno normalmente seco, o de dos o más propiedades (al menos una de las cuales pertenece al tenedor de la póliza).

Para el diseño de la nota técnica que se propone en esta tesis se utilizará un modelo consistente en una distribución de Poisson-exponencial que permitirá aproximarse a la aleatoriedad y severidad de pérdida, y obtener las probabilidades que ocurren de forma impredecible de este fenómeno natural.

Objetivos específicos:

1. Definir que el fenómeno hidrometeorológico de la inundación, su clasificación y categorías; se mostrará de manera cronológica las principales inundaciones ocurridas en el mundo y en México; además de mostrar su valoración de daños y en particular a las viviendas a partir del índice de vulnerabilidad.
2. Proponer el diseño de un seguro de inundación para viviendas a partir del panorama internacional de este seguro tanto en el mercado europeo como el americano; para ello se definirán los bienes asegurables, las coberturas de aseguramiento, las exclusiones, deducibles, prima de riesgo y otros aspectos técnicos.
3. Desarrollar la metodología que servirá de base para la elaboración de la nota técnica a partir del análisis del riesgo y utilizando las metodologías existentes para la simulación de precipitaciones, con el propósito de modelar el riesgo por inundación y complementar el método para el cálculo de sus reservas técnicas.

CAPÍTULO 1.

LA INUNDACIÓN Y SU VALORACIÓN DE DAÑOS EN LAS VIVIENDAS

1.1. Introducción

Los fenómenos hidrometeorológicos han dejado grandes desastres a nivel internacional. Dentro de éstos se desprenden las inundaciones, que son el fenómeno natural que en los últimos años ha acrecentado su fuerza y magnitud, aumentando la intensidad de los desastres y las pérdidas, no sólo económica y materialmente, también social y en víctimas humanas, pues es necesario la elevación de unos cuantos centímetros del nivel normal del agua para generar daños que van desde pequeñas pérdidas hasta grandes catástrofes.

A lo largo de la historia se han registrado fenómenos meteorológicos, tanto nacionales como internacionales, que han marcado a la historia de los países donde se han suscitado, dejando grandes pérdidas humanas y económicas, provocando importantes daños en las estructuras tanto públicas como casas y edificios dejándolos inhabitables. Los daños a causa de un desastre natural hidrometeorológico representan un gasto significativo para el gobierno del país donde se suscita; además de las personas heridas, afectadas, damnificadas y desaparecidas, dejan a las viviendas afectadas y destruidas.

En el presente capítulo se explica el concepto de la inundación desde su perspectiva de desastre natural, la clasificación que varios organismos internacionales han realizado; así como su clasificación y sus registros históricos a nivel mundial y en México. Finalmente, desde una perspectiva de los daños se explica la valoración del riesgo de inundación y el índice de vulnerabilidad de las viviendas

1.2. Inundación

Las inundaciones son fenómenos naturales que se gestan debido a diversas causas, con una antigüedad mayor que la civilización humana, pues el hombre en la búsqueda de un asentamiento que le brinde seguridad, comodidad y bienestar procuro lugares cercanos al agua. Las áreas planas cercanas al agua facilitaron el establecimiento de la población en su cercanía. Las civilizaciones con más experiencia buscaron situarse en zonas más altas o lugares donde el agua difícilmente llegaría.

La OMM/UNESCO en su glosario internacional de hidrología define una inundación como: el aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce, tomando nivel normal como la elevación de la superficie del agua que no causa daños, por lo que puede decirse que una inundación es aquella elevación superior a la habitual en el cauce, pudiendo generar pérdidas. Otra definición importante relacionada con las inundaciones es la de avenida, quedando definida por ambos organismos como: Una elevación rápida y habitualmente breve del nivel de las aguas en un río o arroyo hasta un máximo desde el cual dicho nivel desciende a menor velocidad. Estos incrementos y disminuciones, representan el comportamiento del escurrimiento en un río.

Los investigadores del Cenapred definen una inundación como aquel posible evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla alguna de la estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o del mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura. Las inundaciones pueden presentarse como:

- Escurrimiento. Suceso donde el agua proveniente de la precipitación, circula sobre o bajo la superficie terrestre y llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca.¹
- Precipitación. Proceso por el cual el vapor del agua que forma las nubes se condensa, formando gotas de agua que al alcanzar el tamaño suficiente se precipitan en estado líquido como lluvia o sólido como nieve o granizo hacia la superficie terrestre. La precipitación se mide en milímetros.²
- Oleaje. Sucesión continuada de olas.³
- Marea de tormenta. Es el ascenso del nivel medio del mar originado por la disminución de la presión atmosférica en el centro del ciclón tropical y los vientos de este fenómeno inciden sobre la superficie mar.⁴

Sobra decir que estos desastres naturales tienen lugar casi siempre en las zonas más deprimidas del planeta. El impacto sobre la población suele ser desastroso. El pésimo acondicionamiento de las construcciones deja a la región afectada sin viviendas ni instalaciones públicas, que quedan arrasadas con la subida del agua. Los habitantes quedan, pues, sin cobijo y la comunidad con los servicios públicos arrasados o reducidos al mínimo. Los hospitales dejan de funcionar, no hay transportes públicos a causa de la destrucción de puentes, carreteras, etc. El desabastecimiento de electricidad, servicios de telecomunicaciones, agua es generalizado. Los residuos líquidos y orgánicos se acumulan y provocan enfermedades. La acumulación de agua y escombros dificultan en gran medida las actividades de rescate.

¹ Cenapred Varios autores, Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Cenapred p.245.

²Ahrens (2000), Aut. cit. por Salas Salinas, Marco Antonio, Jiménez Espinosa Martín, Fascículo Inundaciones, Cenapred, p.51.

³Real Academia Española.

⁴ Salas, Jiménez, Op.Cit, P.50.

FIGURA 1.1. Daños consecuenciales en las viviendas rurales a causa de inundaciones



1.2.1 Clasificación de las inundaciones

Existen dos tipos de inundación que se clasifican en lentas y repentinas; la primera es un crecimiento lento de cauces de ríos y lagos, como resultado de lluvias durante un período largo de tiempo y la segunda es un crecimiento rápido de los cauces de ríos en zonas bajas, causando víctimas y violenta destrucción de propiedades. La duración es variable y depende de muchos factores, pero generalmente es de unas pocas horas, pero cuando las lluvias se extienden en el tiempo, como ocurre con el paso de huracanes, entonces puede llegar a varios días y, excepcionalmente, a un tiempo mayor.

Una de las causas que generan las inundaciones es el ciclo hidrológico o también conocido como el ciclo del agua, el cual describe el movimiento continuo y cíclico del agua en el planeta Tierra. El agua puede cambiar su estado entre líquido, vapor y hielo en varias etapas del ciclo, y los procesos pueden ocurrir en cuestión de segundos o en millones de años. Aunque el equilibrio del agua en la Tierra permanece relativamente constante con el tiempo, las moléculas de agua individuales pueden circular muy rápido.

Las inundaciones pueden clasificarse de diferente manera, pero las más comunes son: por su origen o por el tiempo en que tardan en presentarse sus efectos. La clasificación por origen son: pluviales, fluviales, costeras y falla de obra hidráulica. Por su parte, la clasificación por tiempo de efecto es: súbitas y lentas. En esta clasificación se intenta identificar la posible causa que origina la inundación.

La inundación pluvial se origina a partir de precipitaciones, sobre todo cuando el terreno es saturado y el agua de lluvia excede empezando a acumularse. La principal particularidad en este tipo de inundación es que el agua acumulada procede de la precipitación sobre la zona y no la que viene de alguna otra parte. México se ve afectado por este tipo de fenómenos principalmente durante el verano por la acción de ciclones tropicales, mientras que en invierno es ocasionado por frentes fríos, aunados al efecto ejercido por las cadenas montañosas: tormentas de corta duración y poca extensión, más no así en intensidad.

Las inundaciones rápidas o súbitas son el efecto de lluvias repentinas e intensas que acontecen en áreas específicas. Pueden originar que pequeñas corrientes se transformen en violentos torrentes capaces de causar grandes daños en poco tiempo. Este tipo de inundaciones se presenta con mayor frecuencia en zonas urbanas debido a las construcciones realizadas en este tipo de lugares y a la deforestación, por lo que el agua no puede infiltrarse y casi todo el volumen de agua precipitado se transforma en escurrimiento.

Las inundaciones lentas se presentan cuando al ocurrir una precipitación que satura el terreno, ya no se puede seguir absorbiéndose el agua de lluvia, por lo que el remanente escurre por arroyos, ríos y/o sobre el terreno. Conforme el agua proveniente de la precipitación avanza a la salida de la cuenca y se incrementa en forma proporcional con el área drenada, si el volumen que fluye por el cauce excede la capacidad de éste, ocurrirán desbordamientos sobre sus márgenes y el agua desalojada puede persistir por horas o días sobre el área inundada.

Las inundaciones lentas se presentan con mayor frecuencia en zonas donde la pendiente del cauce es pequeña, lo que ocasiona que la capacidad de los ríos disminuya ocasionando inundaciones en las zonas contiguas. Otra causa de inundación son las actividades humanas, la urbanización de las calles al momento de pavimentar el suelo impide que el agua de lluvia penetre en el suelo, la tala de árboles para sembrar destruye la cobertura vegetal del suelo, esto provoca que las lluvias arrastren la tierra a partes bajas tapando el drenaje, azolvando los ríos y las presas, así como la erosión del suelo y cuando se construyen viviendas cerca de las barrancas y de los ríos, ya que al llover en exceso estos crecen y ante un desbordamiento pueden destruirlas. El exceso de precipitación, la marea de tormenta y el oleaje son causa de inundación, debido a su importancia se profundizara más en estos fenómenos.

1.3. Precipitación

La precipitación es el producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución, este se satura a través de dos procesos por enfriamiento y añadiendo humedad.

FIGURA 1.2. Ciclo hidrológico del agua



Fuente: Ciclo del agua. Ilustración por John M. Evans USGS, Colorado District.

La precipitación que alcanza la superficie de la tierra puede producirse en muchas formas diferentes, como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo. Las principales causas generadoras de precipitación son:

- Ciclones tropicales: estos fenómenos hidrológicos transportan grandes cantidades de humedad provocando tormentas de larga duración.
- Lluvias orográficas: en este tipo de lluvias el relieve juega un papel importante ya que actúa como una barrera o un modificador de la dirección del viento. El viento asciende y se enfría formando corrientes de aire húmedo, después de condensarse se precipita hacia el lado por el cual sopla el viento hacia las montañas
- Lluvias invernales: también conocidos como frentes fríos, consiste en el desplazamiento de frentes de aire frío procedentes de la zona del Polo Norte. En México la zona más afectada es el noroeste del país, donde se presentan grandes precipitaciones.
- Lluvias convectivas. Se generan a partir del calentamiento de la superficie terrestre, pues algunas zonas absorben mejor los rayos del sol, ocasionando que el aire en contacto con el suelo se caliente más que en los alrededores, formando corrientes verticales ascendientes de aire caliente húmedo que al llegar a la troposfera se enfrían condensándose, creando nubes densas en áreas reducidas.
- Inundaciones fluviales. Se forman debido al agua desbordada de los ríos que queda sobre la superficie del terreno cercano a ellos. La diferencia entre este tipo de lluvia y las pluviales es que el agua desbordada sobre el área adyacente pertenece a precipitaciones ocurridas en cualquier parte de la cuenca tributaria, no solo atañe a la lluvia registrada sobre la zona afectada.

Las inundaciones fluviales más importantes se presentan en los ríos que alcanzan las planicies costeras o los de más longitud, debido a que el volumen que escurre sobre el terreno a través de los causes se ve incrementado según el área de contribución de la cuenca.

- Inundaciones costeras. Se generan debido al aumento del nivel medio del mar ocasionado por la marea, por lo que el agua penetra tierra adentro en grandes zonas costeras. La marea de tormenta es debida a los vientos de ciclones tropicales sobre la superficie del mar en conjunto con la disminución de la presión atmosférica en el centro de estos fenómenos naturales. El oleaje del océano es generado principalmente por el viento. La combinación de ambos fenómenos es el responsable de estos estragos.
- Inundaciones por falla de infraestructura hidráulica. Estas inundaciones se generan a causa de la insuficiencia en las obras reservadas para la protección o a su mal funcionamiento. Las inundaciones provocadas por este tipo de falla puede ser de mayor dimensión que si no existieran.

1.3.1 Categorías de la precipitación

La precipitación es un componente principal del ciclo hidrológico responsable de depositar la mayor parte del agua dulce en el planeta. Aproximadamente 505,000 km³ de agua caen como precipitación cada año, y de ellos 398,000 km³ caen sobre los océanos. Dada el área superficial de la Tierra, eso significa que la precipitación anual promediada globalmente es más o menos de 1 m, y la precipitación anual media sobre los océanos de 1.1 m. La precipitación se divide en las tres categorías que se describen en el cuadro 1.1.

CUADRO 1.1. Categorías de precipitación.

Precipitación	Tipos
Líquida	Llovizna Lluvia
Glacial	Llovizna congelada Lluvia congelada (aguanieve)
Congelada	Nieve / Bolitas de nieve / Granos de nieve / Bolitas de hielo / Graniza/ Copos de nieve/ Cristales de hielo

La precipitación se forma mediante la condensación y el proceso de Bergeron. En el primero comienza a formarse cuando asciende el aire cálido y húmedo. Al enfriarse el aire, el vapor de agua comienza a condensarse en núcleos de condensación, formando nubes. Después de que las gotas de agua aumentan su volumen, caen en forma de lluvia y el segundo ocurre cuando los cristales de hielo adquieren moléculas de agua de las gotas de agua frías cercanas. Cuando estos cristales de hielo ganan bastante masa, comienzan a caer. Esto generalmente requiere más masa que la fusión entre el cristal y las gotas de agua vecinas. Este proceso es dependiente de la

temperatura, ya que las gotas de agua frías sólo existen en una nube por debajo de la congelación. Además, debido a la gran diferencia de temperaturas entre la nube y el nivel de tierra, estos cristales de hielo pueden derretirse cuando caen y convertirse en lluvia.

Las formas de precipitación son las siguientes:

- Actividad frontal. La precipitación estratiforme o dinámica ocurre como consecuencia del ascenso lento del aire en sistemas sinópticos, como en los frentes fríos, y antes de los frentes cálidos. Un ascenso similar se observa alrededor de los ciclones tropicales fuera del ojo, y en modelos de precipitación con cabeza de coma alrededor de los ciclones de latitud media.
- Convección. La lluvia convectiva proviene de nubes convectivas, como los cumulonimbos o cúmulos congestus. Cae como chaparrones con una intensidad que varía rápidamente. La precipitación convectiva cae en un tiempo relativamente corto sobre un área determinada. La mayor parte de la precipitación en zonas tropicales parece ser convectiva; sin embargo, se ha sugerido que también se da la precipitación estratiforme. Los copos de nieve y el granizo siempre indican convección. A latitudes medias, la precipitación convectiva tiene relación con los frentes fríos (a menudo detrás del frente), las líneas de chubascos y los frentes cálidos con una significativa humedad disponible
- Efectos orográficos. Los efectos orográficos ocurren en el lado de barlovento de las montañas y está causada por el movimiento de ascendente de un flujo de aire húmedo a través de la montaña, que provoca la refrigeración adiabática y la condensación.

En las zonas montañosas del mundo, sujetas a vientos relativamente consistentes prevalece un clima más húmedo por lo general en el lado de barlovento de la montaña que en el lado de sotavento. La humedad es eliminada por el ascenso orográfico, dejando el aire más seco en la bajada y una sombra de lluvias al lado de sotavento.

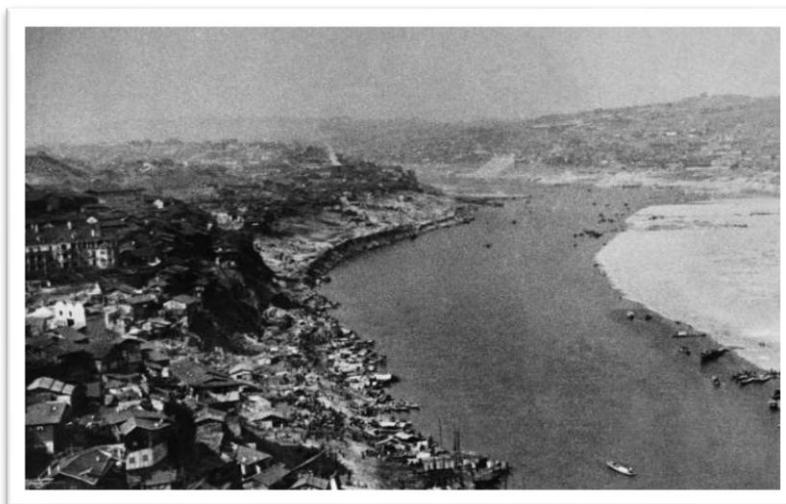
- Actividad tropical. La actividad tropical, en general, consiste en grandes masas de aire de varios cientos de millas con la presión baja en el centro y con vientos que soplan alrededor del centro en cualquier dirección en el sentido de las agujas del reloj (hemisferio sur) o contrario a las agujas del reloj (hemisferio norte). La precipitación surge cuando un frente cálido se forma debido a una masa progresiva de aire cálido que sube por una superficie inclinada de aire frío que se retira, y es enfriada en el proceso de elevación causando la precipitación.
- Tamaño de gota e intensidad. Las tormentas de intensidad alta tienen un tamaño de gota más grande que las tormentas de intensidad baja.

1.4. Principales inundaciones ocurridas en el mundo.

La inundación más antigua del siglo pasado se originó en río Amarillo en China el 18 de agosto de 1931, hubo entre 3.7 y 4 millones de muertos. Luego de dos años de sequía total, unas lluvias torrenciales provocaron el desbordamiento del río Amarillo, cubriendo pueblos y asentamientos urbanos. El resultado fue una total catástrofe, se ahogaron aproximadamente 300,000 personas, se inundó un área de 1,300 km cuadrados, se arruinaron cosechas, faltó comida y las epidemias pusieron fin a la vida de muchas personas. Se estiman un total de casi cuatro millones de muertes y algunas personas vinculan el hecho con la peste bubónica (Hirtz, 2010).

Antes de la construcción de las presas modernas, el río Amarillo era muy propenso a las inundaciones. En los 2,540 años antes de 1946, se registraron 1.593 inundaciones, además de 26 cambios notables de curso y nueve cambios drásticos. Algunas de estas inundaciones han sido los peores desastres naturales de los que hay constancia. Antes de la moderna gestión de desastres, cuando se producían las inundaciones una parte de la población moría inicialmente por ahogamiento, pero muchos más se veían afectados por la hambruna y la propagación de enfermedades que seguían después.

FIGURA 1.3. Inundación en el río Amarillo en China en 1931.



Fuente: Figura extraída de la página (<http://noticias.terra.com/2015>).

Otro de los desastres naturales que han provocado daños mayores han sido las inundaciones en Pakistán. El 12 de noviembre de 1970, un huracán con vientos de 190 kilómetros por hora provocó una marejada de siete metros que golpeó la parte este de Pakistán, actualmente Bangladesh, causando la muerte de aproximadamente 300,000 personas y hubo importantes daños en la agricultura e infraestructura que tardaron varios años en reconstruirse (Hirtz, 2010).

FIGURA 1.3. Inundación en Pakistán 1970.



Fuente: Figura extraída de la página (<http://noticias.terra.com/2014>).

El tifón Nina en 1975, ha sido el más devastador de la historia de China. Se trató de un huracán de baja intensidad que tras atravesar Taiwán, llegó debilitado a las costas de China, donde los vientos no fueron excesivamente fuertes, pero las torrenciales lluvias provocaron el colapso de la presa de Banqiao, se registra que cayeron 104 centímetros de lluvia en un sólo día, más del promedio en un año . Las inundaciones consecuentes elevaron el número de muertos de la catástrofe a cerca de 100,000 personas, pero también provocaron el colapso de otras presas elevando el número total de fallecidos a 200,000 personas.

FIGURA 1.4. Tifón Nina 1975



Fuente: Figura extraída de la página (<http://recuerdosdepandora.com/>,2015).

El terremoto y tsunami de Japón de 2011, denominado oficialmente por la Agencia Meteorológica de Japón como el terremoto de la costa del Pacífico en la región de Tōhoku de 2011 o Gran terremoto de Japón oriental del 11 de marzo, fue un terremoto de magnitud 9,0 que creó olas de maremoto de hasta 40,5 metros.

Tras el terremoto se generó una alerta de tsunami para la costa pacífica de Japón y otros países, incluidos Nueva Zelanda, Australia, Rusia, Guam, Filipinas, Indonesia, Papúa Nueva Guinea, Nauru, Hawái, Islas Marianas del Norte, Estados Unidos, Taiwán, América Central, México, Alaska, Canadá, además en Sudamérica, Colombia, Perú, Ecuador, Tierra del Fuego, Argentina y Chile. Murieron 115,845 personas. Esta catástrofe tuvo un costo aproximado de 310 mil millones de dólares.

FIGURA 1.5. Zona afectada en la costa pacífica de Japón, 2011



El terremoto submarino que ocurrió a las 07:58 en el tiempo local de la región del domingo 26 de diciembre de 2004 con epicentro en la costa del oeste de Sumatra, Indonesia, ocasionó una serie de tsunamis devastadores a lo largo de las costas de la mayoría de los países que bordean el océano Índico, matando a una gran cantidad de personas a su paso e inundando a una gran cantidad de comunidades costeras a través de casi todo el sur y sureste de Asia, incluyendo partes de Indonesia, Malasia, Sri Lanka, India y Tailandia.

Aunque las estimaciones iniciales habían determinado el número de muertes en más de 275,000, sin contar a los millares de personas desaparecidas, un análisis más reciente generado por las Naciones Unidas deja a un total de 229,866 pérdidas humanas, incluyendo 186,983 muertos y 42,883 personas desaparecidas. Para darse una idea de la inmensidad del río, se puede decir que es el responsable del 20% de la descarga de agua dulce del planeta en los océanos, por lo que la destrucción que causa su desbordamiento es enorme debido a la gran cantidad de infraestructura y presas que se construyen alrededor del río. Las lluvias que azotan en las últimas décadas han causado al menos 394 muertos. Esta es la relación cronológica de las principales inundaciones ocurridas en el mundo desde 2000

CUADRO 1.2. Principales inundaciones propiciadas en la primera década de este siglo

Fecha / periodo	Breve descripción del desastre
24 noviembre de 2000	El gobierno de la India calcula en 2.782 los muertos en las inundaciones de los últimos meses.
5 septiembre de 2002	Las inundaciones en China en el primer semestre de 2002 causan 1.532 muertos, sobre todo desde la primavera, época de monzones, y millones de evacuados de las orillas del Yangtze y el lago Dongting.
2004:	Las lluvias en el centro y sur de China causan más de un millar de muertos y 114,7 millones de afectados. En el sur de Asia, las inundaciones causaron 1.550 muertos y 70 millones de afectados.
Junio-julio de 2005	Las inundaciones provocadas por las lluvias del monzón en la India ocasionaron la muerte, entre junio y julio, de 633 personas, y en el estado indio de Maharashtra causaron la muerte de 891 personas, de ellas más de 400 en Bombay.
Junio-agosto de 2007.	Las inundaciones monzónicas desde junio causan más de 2.500 muertos en la India, Nepal y Bangladesh.
7 y 8 noviembre de 2009	Las lluvias en El Salvador causan la muerte de 198 personas y 77 desaparecidos.
Enero de 2010	Dos centenares de personas mueren por las lluvias en los estados brasileños de Sao Paulo, Río de Janeiro y Minas Gerais.
Febrero de 2010:	Mueren 43 personas y catorce desaparecen en México debido a las intensas lluvias e inundaciones, especialmente en el estado de Michoacán, donde 27 murieron personas y doce desaparecieron.
6 abril de 2010	En Brasil mueren al menos 251 personas, 30 desaparecen, 106 resultan heridas y miles damnificadas a consecuencia de un fuerte aguacero de más de 24 horas, que causó deslizamientos de tierra tras 300 derrumbes en los cerros de Río de Janeiro y en municipios vecinos. En Niteroi, vecina de Río, se confirmaron 164 muertes por los aludes y en Río de Janeiro las víctimas mortales fueron 65
30 mayo de 2010:	Alrededor de 180 muertos y miles de damnificados se contabilizan en Guatemala, Nicaragua y Honduras tras el paso de la tormenta 'Agatha', que causó inundaciones y corrimientos de tierras. Guatemala con al menos 170 personas fallecidas fue el país más castigado.
Mayo-agosto de 2010	La temporada de inundaciones en China golpea a una veintena de provincias y causa la muerte de 3.185 personas, más de 1.600 desaparecidos, 15,2 millones de evacuados y daños por 40.495 millones de euros. Las zonas más afectadas fueron las provincias de Gansu y Yunnan
14-22 junio de 2010	Mueren al menos 57 personas y más de 100.000 resultan damnificadas por las lluvias en el nordeste de Brasil.
Agosto de 2010	Las lluvias monzónicas, el lodo y las inundaciones en Pakistán causan 1.985 muertos, 20,1 millones de damnificados, 8,7 millones de personas sin hogar y pérdidas económicas por 10.000 millones de dólares.

Fecha / periodo	Breve descripción del desastre
Agosto de 2010:	Se registran graves inundaciones en La India. Una de las zonas más afectadas es la región de Ladakh, en cuya capital, Leh, el 6 de agosto el lodo cubrió zonas turísticas y causó al menos 174 muertos y centenares de desaparecidos.
Septiembre de 2010	Las autoridades de Guatemala cifran en medio centenar el número de víctimas mortales causadas por las lluvias torrenciales.
9-10 octubre de 2010	Mueren al menos 212 personas en las inundaciones y avalanchas en Vietnam e Indonesia.
10 octubre-15 noviembre de 2010	Las inundaciones en el sudeste de Asia causan al menos 332 muertos y millones de damnificados. Tailandia, con 223 muertos, fue el país más afectado, seguido de Vietnam, con 75, y Filipinas, con 26.
19-26 octubre de 2010	Fallecen al menos 397 personas y millón y medio resultan afectadas tras las inundaciones registradas en varios países del oeste y centro de África. En Nigeria murieron 118 personas y en Benin 46.
1-7 noviembre de 2010	Mueren 199 personas y miles resultan damnificadas por las inundaciones que afectan al Sudeste Asiático. Tailandia, con 160 muertos y siete millones de afectados, fue el país más perjudicado.
5 de diciembre de 2010	Un corrimiento de tierras en la localidad colombiana de Bello causa la muerte de 79 personas.

Fuente: Elaboración de <http://www.abc.es/20110113/internacional/rc-principales-inundaciones-ocurridas-mundo-201101131953.html>

En la Declaración sobre el estado del clima mundial que la Organización Meteorológica Mundial (OMM) publica anualmente se afirma que 2011 ha sido el undécimo año más cálido desde que se iniciaran los registros en 1850. La Declaración confirmó las conclusiones preliminares según las cuales 2011 ha sido el año más cálido jamás registrado, en los que se haya producido un episodio de La Niña, que suele llevar aparejada una disminución de la temperatura. Se estimó que las temperaturas medias mundiales en 2011 superaban en 0,40 °C la media anual de 14 °C correspondiente al período de 1961 a 1990.

Las precipitaciones extremas, causadas en su mayoría por uno de los episodios de La Niña de más intensidad en los últimos 60 años, tuvieron amplias consecuencias a nivel mundial. Por un lado, se produjeron inundaciones de gran magnitud en todos los continentes, mientras que por otro hubo sequías importantes en partes del África Meridional y de América del Norte. La extensión del hielo marino en el Ártico se redujo a niveles casi sin precedentes. Pese a que la actividad de los ciclones tropicales a escala mundial se situó por debajo de la media, en Estados Unidos de América se dio una de las temporadas de tornados más destructivas jamás registradas. La siguiente es una lista de las inundaciones más importantes en todo el mundo.

CUADRO 1.3. Lista de inundaciones en el continente americano.

Fecha	Lugar	Evento
Julio de 1916	Carolina del Norte, USA.	Crecidas en Asheville.
Abril de 1959	Uruguay.	Las inundaciones más grandes y dañinas de la historia de este país.
1972	Nueva York y Pensilvania, USA.	El huracán Agnes causó 122 muertes, la mayoría por las crecidas de los ríos en Nueva York y Pensilvania.
Noviembre de 1985	Armero, Colombia.	Fue una avalancha de agua y lodo provocado por el deshielo del Nevado del Ruiz, ocasionado por una erupción volcánica, provocando la destrucción total de la ciudad de Armero con 25.000 muertos.
1993	USA.	La Gran inundación de 1993 ha sido el mayor desastre hidrológico, después de las catastróficas inundaciones de los años treinta, de Estados Unidos y se debió al desbordamiento del río Misisipi, que sucede de tres a cuatro veces por siglo.
Abril de 1995	Pergamino, Argentina.	Catastrófica inundación del 7 de abril de 1995 en Pergamino, el 60% de la ciudad de 90,000 habitantes en el norte de la provincia de Buenos Aires (Argentina) sufrió una lluvia de 55 mm/30 min durante 3 h, matando a 3 personas y evacuando a 13,000.
1997-1998	Ecuador, Perú, Argentina.	Un fenómeno de El Niño excepcional causó importantes inundaciones en la costa ecuatoriana y en la costa peruana. También creció el río Paraná, causando muchas pérdidas en la provincia de Corrientes (Argentina), provocando inundaciones que tomaron semanas en disminuir.
Diciembre de 1999	Venezuela.	La Tragedia de Vargas provocada por las intensas lluvias a mediados de este mes, que ocasionaron deslaves en las laderas septentrionales de la Cordillera del Ávila, la muerte de decenas de miles de personas, miles de casas y edificios destruidos y unos 300,000 damnificados que quedaron sin hogar.
Febrero de 2002	La paz, Bolivia.	Una colosal nube de más de 10 km de altura desató, desde la parte norte de la ciudad, una fuerte lluvia que inundó rápidamente el centro de la misma. Las calles y avenidas se convirtieron en verdaderos ríos mortales, por la velocidad que adquirió el agua producto del desnivel natural de la ciudad así como por el granizo acumulado que contribuyó a taponar los desagües. Se registraron 69 muertes.
2003	Santa Fe, Argentina.	El río Salado (Norte de Argentina) se desbordó y cubrió gran parte de la ciudad de Santa Fe.
Agosto de 2005	Nueva Orleans, Luisiana Misisipi, USA.	El Huracán Katrina arrasa Nueva Orleans y otras ciudades costeras de los estados de Luisiana y Misisipi, causando 1619 muertos. En Nueva Orleans el agua alcanzó 9 m en algunos barrios y la ciudad tuvo que ser totalmente evacuada.
Febrero de 2010	Buenos Aires, Argentina.	Con lluvias de casi 100 mm, se inunda gran parte de la ciudad, algo poco visto, dejando el saldo de un muerto y un desaparecido.
Abril de 2013	Buenos Aires, Argentina	Inundación en Buenos Aires de 2013. Afecta principalmente a la ciudad de Buenos Aires, al Gran Buenos Aires y el Gran La Plata.

La publicación de la Declaración anual de 2011 se hizo coincidir con el Día Meteorológico Mundial, que se celebra el 23 de marzo. Además, la OMM anunció las conclusiones preliminares del resumen decenal sobre el estado del clima mundial, que se publicará en breve y revela que el cambio climático se aceleró en el período de 2001 a 2010, decenio más cálido jamás registrado en todos los continentes.

CUADRO 1.4. Lista de inundaciones en el continente asiático.

Fecha	Lugar	Evento
Diciembre de 2004	Sur de Asia	Tsunami en las costas del océano Índico. Tras un terremoto de magnitud 9.2 en la escala de Richter con epicentro al oeste de Indonesia se produjo una ola de gran altura más de 30 m en algunas zonas que arrasó las costas de Tailandia, Indonesia, Bangladesh, Sri Lanka, India, e incluso países tan lejanos como Somalia. La cifra de muertos se cifra en 300,000 aunque aún hay muchos desaparecidos.

El ritmo al que se produce el aumento de la temperatura ha sido “notable” desde 1971, según la evaluación preliminar. Fenómenos atmosféricos y oceánicos como los episodios de La Niña hicieron que bajaran las temperaturas temporalmente algunos años, pero no frenaron la tendencia al calentamiento predominante.

La “disminución radical y continua del hielo marino del Ártico” fue una de las características más destacadas de la evolución del estado del clima durante el decenio, según las conclusiones preliminares. La media mundial de precipitaciones fue la segunda más elevada desde 1901 y el fenómeno extremo que se notificó con mayor frecuencia fueron las inundaciones.

El resumen decenal completo se publicará este año una vez que se hayan recibido los nuevos análisis de datos de los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales y de los organismos colaboradores de seguimiento. Su objetivo es propiciar una comprensión más cabal de nuestro clima cambiante y variable desde una perspectiva a más largo plazo y complementar los informes anuales de la OMM.

CUADRO 1.5. Lista de inundaciones en el continente europeo.

Fecha	Lugar	Evento
Enero de 1219	San Marcelo en los Países Bajos	Primera inundación de san Marcelo en los Países Bajos; unas 36,000 muertes.
Enero de 1362	San Marcelo, Países Bajos.	Segunda inundación de san Marcelo o Primer Grote Mandrenke (gran ahogamiento de hombres) en los Países Bajos; entre 40,000 y 100,000 muertes.
Noviembre de 1530	San Félix, Países Bajos	Inundación de San Félix o Sábado Maléfico en los Países Bajos; más de 100.000 muertes.
Octubre de 1634	San Marcelo, Países Bajos.	Segundo Grote Mandrenke ('gran ahogamiento de hombres') en los Países Bajos; entre 8.000 y 15.000 muertes.

Fecha	Lugar	Evento
Enero de 1910	París	Desde finales de diciembre de 1909 las precipitaciones, muchas de ellas en forma de nieve, fueron muy superiores a lo normal en toda la cuenca del Sena, llegando a 160 mm en algunos puntos. Otro factor fue la coincidencia de los picos de crecida del Sena, Marne, Yonne, Aube y otros ríos de menor envergadura. El 23 comenzó el Sena a desbordarse en París con un caudal punta, el 28 de 2,400 m ³ /s y una altura de 8.62 m en el puente de Austerlitz, la segunda crecida más fuerte desde el siglo XVI, tras la del 27 de febrero de 1658 (8.96 m). Se inundaron 500 ha tan solo en la capital francesa, afectando a 150,000 personas y anegando zonas como Notre Dame, los Campos Elíseos o la torre Eiffel.
Marzo de 1930	Montauban, Moissac, Francia.	Inundaciones en la cuenca del Garona y su principal afluente, el Tarn, Francia. Las fuertes lluvias provocaron una avenida del Tarn en Montauban de 6100 m ³ /s y de 8000 m ³ /s en su confluencia con el Garona, en Moissac, donde el agua en las calles alcanzó una altura de 6 a 7 m. Esta riada provocó 200 víctimas mortales, inundó 30.000 hectáreas y destruyó 3000 viviendas y 11 puentes. En Toulouse, el desbordamiento del Garona causó 171 muertos.
Octubre de 1940	Rosellón, Francia.	Inundaciones en el Rosellón, Francia. Las lluvias torrenciales superaron los 1000 mm y esto causó una gran avalancha de agua en los ríos Agly, Têt y Tech, de corto recorrido y fuerte pendiente, que bajaron impetuosos desde los Pirineos inundando la llanura rosellonesa. El desastre se cobró la vida de 50 personas y las riadas destruyeron 43 puentes.
Noviembre de 1951	Rovigo, Venecia, Italia.	En Italia se desborda el río Po, que llegó a un caudal de 13,000 m ³ /s afectó a las provincias de Rovigo y Venecia con 84 víctimas mortales, 180,000 personas sin hogar y 100,000 anegadas. La rotura de tres diques provocó que el Po arrasara la provincia de Rovigo la cual quedó arruinada y perdió, como consecuencia de la ola emigratoria tras el desastre, el 50% de su población.
Febrero de 1953	Zelanda, Holanda Meridional	Una combinación de marea viva con una severa tormenta del noroeste provocó la rotura de numerosos diques y una inundación enorme que costó la vida a más de 1.800 personas. A partir de este desastre se iniciaron los trabajos del Plan Delta
Noviembre de 1966	Véneto, Toscana, Italia	Aluvión, en las regiones italianas del Véneto y Toscana. Las lluvias en menos de 24 horas fueron de más de 400 mm en la cabecera del Arno y de 190 mm en Florencia lo que provocó la mayor crecida de este río que se cifró en 3,540 m ³ /s en Rosano y 4500 m ³ /s en la capital toscana. Las aguas invadieron el casco histórico florentino alcanzando más de 5 m de altura en algunos puntos como la Piazza de la Santa Croce, y causando graves daños, sobre todo en el Ponte Vecchio. Pisa sufrió también el desbordamiento. Otro foco lluvioso importante se localizó más al norte, en el Véneto.
Agosto de 2002	Alemania, Austria, República Checa, Eslovaquia, Hungría, Croacia y Rumanía.	Inundaciones europeas de 2002 que afectó principalmente a las cuencas del Elba y del Danubio, en Alemania, Austria, República Checa, Eslovaquia, Hungría, Croacia y Rumanía. En Praga el río Moldava, afluente del Elba, llegó al máximo histórico de 5000 m ³ /s inundando buena parte del centro histórico y el metro. En Dresde el Elba alcanzó el nivel récord que databa de 1845, afectando a buena parte de la ciudad. El río Danubio se desbordó en Passau (Alemania), y aunque la crecida fue muy fuerte no causó daños importantes aguas abajo.

El decenio 2001-2010 fue el más cálido desde que se iniciaran los registros en 1850, estimándose que las temperaturas mundiales de la superficie del suelo y del mar superaron en 0,46 °C la media a largo plazo de 14 °C correspondiente al período de 1961 a 1990. Nueve años de ese decenio estuvieron entre los diez más cálidos jamás registrados.

El año más cálido de todos fue 2010, seguido de cerca por 2005, con una temperatura media estimada en 0,53 °C por encima de la media a largo plazo. Fue el decenio más cálido jamás registrado para la superficie del suelo y del mar de todos los continentes.

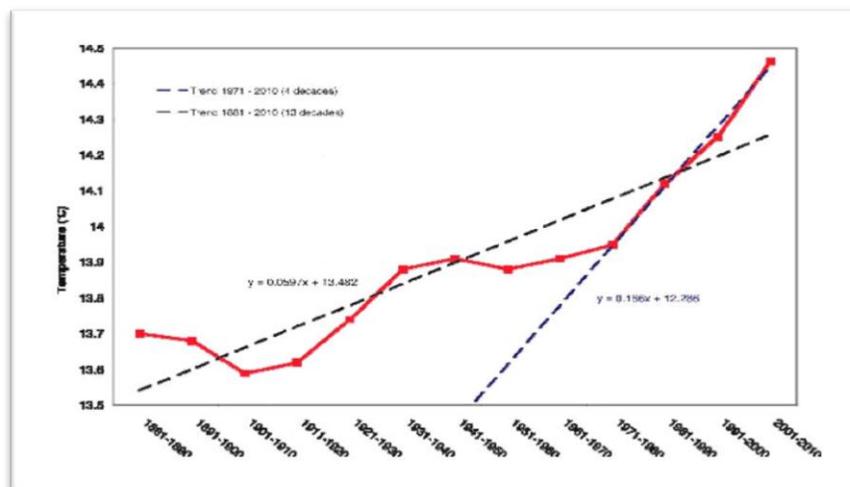
En ese decenio, en la mayor parte de Canadá, Alaska, Groenlandia, Asia y el norte de África se registraron temperaturas situadas entre 1 °C y 3 °C por encima de la media del período de 1961 a 1990. En casi el 90 por ciento de los países que fueron objeto de la evaluación se dio el decenio más cálido jamás registrado. Durante los cuatro decenios anteriores el ritmo de aumento de la temperatura mundial ha sido “notable”, según el resumen preliminar. Desde 1971 la temperatura mundial ha aumentado en un promedio de 0,166 °C por decenio, según las estimaciones, frente a la media de 0,06 °C por decenio calculada para el período completo de 1881 a 2010

En lo que respecta a las precipitaciones, desde 1901 el decenio 2001-2010 fue el segundo con precipitaciones medias mundiales (lluvia, nieve, etc.) más elevadas sobre la tierra, después del de 1951-1960. En esa media mundial hubo grandes diferencias a escala regional y anual.

Durante el decenio, en gran parte del hemisferio norte se registraron condiciones de humedad superiores a la media, especialmente en el este de Estados Unidos de América, el norte y el este de Canadá, y en numerosas partes de Europa y Asia central. También en América del Sur, y en particular en Colombia, en partes del norte y el sur de Brasil, Uruguay y el noreste de Argentina se dieron condiciones de humedad superiores a la media, al igual que en la mayor parte de Sudáfrica, Indonesia y el norte de Australia.

Por el contrario, en otras regiones, las precipitaciones medias fueron inferiores a las normales. El oeste de Estados Unidos, el suroeste de Canadá, Alaska, gran parte del sur y el oeste de Europa, y la mayoría de las zonas del sur de Asia, África central, la zona central de América del Sur, y el este y el sureste de Australia fueron los más afectados

GRÁFICA 1.1. Promedio de exceso/déficit de precipitaciones (azul/rojo) para el periodo 2001-2010



1.4.1 Las inundaciones en México

En México, más del 60 % de los reportes de desastres naturales están asociados a eventos de origen hidrometeorológico, en particular inundaciones y sequías. Estos se presentan principalmente entre los meses de junio y septiembre. Todos los estados tienen uno o varios municipios que han sido afectados de manera más

La República Mexicana se encuentra ubicada en la parte septentrional del continente Americano, sus coordenadas extremas son: Sur: 14° 32' 27'' latitud norte, en la desembocadura del río Suchiate, teniendo como frontera Guatemala y Belice; Norte: 32° 43' 06'' latitud norte, en el Monumento 206, aledaño a los Estados Unidos de América.; Este: 86° 42' 36'' longitud oeste, en el extremo sureste de la Isla Mujeres; Oeste: 118° 22' 00'' longitud oeste, en la Roca Elefante de la Isla de Guadalupe, limitando con el Océano Pacífico.

México posee una extensión territorial de 1,964,375 km: 99.73% corresponde a superficie continental y el resto a superficie insular. Sobresaliendo por la extensión de sus litorales (11,122 km²) en su parte continental, sin incluir litorales peninsulares.

En el 2007 los estados de Tabasco y norte de Chiapas vivieron la mayor catástrofe natural de su historia. A partir del 23 de octubre de este año, en la costa del Golfo de México, delante de Tabasco, empezaron los efectos del frente frío número 4, uno de los fenómenos más violentos que se haya registrado. Con el paso de los días, el frente frío no. 4 se estacionó sobre el sureste de México y el Mar Caribe, incrementando sus efectos sobre estos estados, debido a la presencia de una depresión tropical a la altura de Cuba, que después se convertiría en el huracán "Noel"

El Servicio Meteorológico Nacional calculó que sus días de mayor fuerza, fueron del 28 al 30 de octubre de 2007, el frente frío no. 4 derramó 962 milímetros de lluvia, es decir, casi un metro. El desbordamiento de la cuenca del río Grijalva que es la que abraza a la capital tabasqueña, y la rodea con dos brazos fluviales que conforman su complicada hidrografía, este sistema está conformado por dos grandes fuerzas de agua, mismas que operan sobre Villahermosa, fue la que en mayor parte provocó la gran inundación de 2007.

FIGURA 1.6. Inundaciones en el sureste de Chiapas.



Fuente: Cenapred

A causa de esto fue necesario evacuar a 850 mil personas, de las cuales 158 mil permanecieron en alguno de los 1,435 albergues instalados y el resto con familiares o amigos. Se estima que por lo menos 500,000 de los damnificados perdieron en el agua, una parte importante o la totalidad de su patrimonio. Según la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), los daños globales a la economía de la región fueron de 31 mil 871 millones de pesos (equivalente al 30% del PIB del estado), traducidos en las pérdidas de los patrimonios familiares, en los daños mayores en carreteras y puentes, en la pérdida de 570 mil hectáreas agrícolas, y en los daños a la industria y a los servicios. En el momento más supremo de la inundación, el 62 por ciento de la llanura tabasqueña se encontraba cubierto por agua. Dada su magnitud, la anegación podía ser vista desde el espacio por los satélites de la NASA.

Durante el año 2000 se registraron varios fenómenos naturales que dieron origen a desastres cuyos efectos en la economía nacional ascendieron a alrededor de 2,200 millones de pesos. Afortunadamente, las pérdidas de vidas humanas fueron mínimas, si bien hubo un vasto sector de la población que fue afectado. Vistos en perspectiva, los fenómenos y las pérdidas computadas resultaron inferiores a la tendencia registrada en esta materia. En efecto resultaron inferiores a los promedios que se tuvieron en esta materia en los últimos años. A ello se debió también que los desembolsos del Fondo de Desastres Naturales FONDEN, resultaran inferiores a los montos presupuestados para el año.

CUADRO 1.6. Lista de daños por inundaciones en México

Fecha	Evento	Estado	Muertes	Población afectada
1940	Lluvias de invierno	Sinaloa y Sonora	10	159,000
1959	Ciclón de Manzanillo	Colima y Jalisco	1500	1,600
1960	Lluvias de invierno	Sonora, Sinaloa y Chihuahua	3	96,000
1976	Huracán Lisa	Baja California Sur y Sonora	600	10,000
1988	Huracán Gilbert	Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila	225	139,374
1990	Huracán Diana	Veracruz e Hidalgo	139	50,000
1992	Lluvias de invierno	Nayarit	64	100,000
1995	Huracán Ismael	Sonora, Sinaloa y Baja California Sur	200	24,111
1997	Huracán Pauline	Guerrero y Oaxaca	228	8,500
1998	Lluvias	Chiapas	229	28,753
1999	Depresión tropical 11	Veracruz, Puebla, Hidalgo y Tabasco	387	1,904,000
2000	Huracán Keith	Quintana Roo, Chiapas, Tamaulipas y Nuevo León	9	
2001	Lluvias	Varios Estados	95	126,954
2002	Huracán Isidore	Yucatán y Campeche	4	500,000
2003	Lluvias de verano	Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Zacatecas	14	256,301
2004	Frente frío no. 49	Coahuila	38	6,692
2005	Huracán Stan	Chiapas	86	162,570
2006	Huracán John	Baja California Sur	5	13,090
2007	Lluvias, inundaciones y ciclones tropicales	Tabasco y Nuevo León	53	2,906,940

Fuente: Elaboración propia a partir de CENAPRED.

El registro de tipo de desastres naturales relacionados con el agua en México en el periodo correspondiente de 1970 a 2011, revelan que el 47.25% pertenece a las inundaciones, 23.65% a epidemias relacionadas con el agua, 19.71% por sequías, 9.26% por desprendimiento de tierra y avalanchas y el 0.13% por hambruna. Las pérdidas locales en pesos más importantes a causa de los desastres naturales se muestran en el cuadro 1.7.

CUADRO 1.7. Pérdidas locales en México en pesos.

Evento	Monto
Lluvias	\$ 573,522,468,000
Inundaciones	\$ 486,640,231,000
Heladas	\$ 323,403,736,000
Sequías	\$ 38,803,845,000
Incendios	\$ 28,860,171,078

Fuente: Elaboración a partir de datos extraídos de Desinvertar

En el cuadro anterior se observa que las lluvias superan a las inundaciones en pérdidas económicas, esto en un periodo de registro de 1970 a 2011. Las inundaciones ocupan el segundo lugar en pérdidas monetarias para el país con el 33.53%. Las pérdidas humanas han sido significantes en México a causa de los desastres naturales, las inundaciones ocupan el cuarto lugar con 3,254 muertes. Los cinco estados que presentan mayor número de pérdidas económicas en pesos por inundaciones se muestran en el cuadro 1.8.

CUADRO 1.8. **Pérdidas locales por estado en pesos**

Estado	Pérdidas
Tabasco	\$ 318,020,000,000
Querétaro	\$ 64,520,000,000
Veracruz	\$ 55,558,610,000
Sinaloa	\$ 14,004,300,000
Chiapas	\$ 10,693,240,000

Fuente: Elaboración a partir de datos extraídos Desinvertar

En el cuadro 1.8 encabeza la lista tabasco que aunque no ha tenido pérdidas humanas significativas, es el estado con mayor pérdida económica debido a la catástrofe que sufrió en 2007. Los estados con mayor número de pérdidas humanas y damnificados son:

CUADRO 1.9. **Estados con mayor número pérdidas humanas y damnificados.**

Estado	Muertos	Estado	Damnificados
Veracruz	529	Veracruz	4,112,477
Chiapas	331	Tabasco	1,174,579
Jalisco	285	Oaxaca	640,124
Chihuahua	272	Chiapas	359,170
Oaxaca	186	Estado de México	314,470

Fuente: Elaboración a partir de datos extraídos de Desinvertar

En un periodo de 41 años, Veracruz tuvo 529 pérdidas humanas y 4,112,477 damnificados debidos a las constantes inundaciones que ha sufrido en este lapso de tiempo. En Gutiérrez Zamora en 1999 se registró una inundación que causo la muerte a 307 personas debido al desbordamiento del río Tecolutla y a las intensas lluvias. Los estados con mayor pérdida de ganado y hectáreas de cultivo se muestran en el Cuadro 1.10.

CUADRO 1.10. Estados con mayor pérdida de ganado y cultivo

Estado	Ganado	Estado	Daños cultivos Ha
Tabasco	1,530,100	Tabasco	2,184,042
Veracruz	411,980	Veracruz	1,999,460
Campeche	42,000	Tamaulipas	992,047
Chiapas	2,800	Sinaloa	846,806
Sinaloa	1,800	Oaxaca	705,362

Fuente: Elaboración a partir de datos extraídos de Desinvestar

Conforme a los datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), el 45% de la población del estado de Tabasco es rural; sin embargo, únicamente un 19.5% de la población económicamente activa (PEA) se dedica a las actividades primarias (agricultura, ganadería, pesca y forestería), las cuales aportan el 4.8% del PIB estatal (CEPAL, 2011).

Las inundaciones de septiembre y octubre del 2008 afectaron un área total de 360,000 has, de las cuales 349,033 corresponden a pastizales (34,457 con daños totales) y 10,989 a cultivos (5,028 con daños totales). El monto total de daños y pérdidas por dichas inundaciones en el sector primario se estima en 679 millones de pesos. De ese total un 73.2% corresponde al subsector agrícola (497 millones) y un 26.8% al subsector pecuario (181 millones) (CEPAL, 2011).

1.5. Valoración del riesgo de inundación

El análisis del riesgo debe convertirse en un componente fundamental de la planificación del desarrollo de cualquier región. Los diferentes eventos potencialmente peligrosos para la población deben ser analizados, no sólo en su dinámica propia, sino en la forma que los seres humanos han influido para que dichos eventos puedan llegar a convertirse en desastres, los que en muchos casos han causado impactos severos sobre poblaciones y sus infraestructuras.

Para realizar un análisis de riesgo por inundación se empieza por investigar los aspectos generales de la región a estudiar, los antecedentes, una descripción de la zona, conceptos generales como aproximación a la amenaza, aproximación a la vulnerabilidad e identificación y aproximación al riesgo; los aspectos metodológicos y el alcance del estudio.

En segunda instancia se procede a analizar la amenaza, lo que se refiere a las características de esta como es la tipología de la inundación, la geomorfología del cauce, los aspectos hidrológicos, los aspectos hidrodinámicos, el análisis de la dinámica del río, los factores que condicionan la dinámica del río y por último la zonificación.

Después se empieza con la categorización de la amenaza hidrológica y la categorización de la amenaza geotécnica asociada al río obteniendo los factores de ponderación y aplicación de parámetros para ambos casos. El tercer paso es analizar la vulnerabilidad mediante los componentes de esta, como los factores de exposición, la vulnerabilidad física indicativa, la evaluación estructural, el análisis de resultados de vulnerabilidad física indicativa y la vulnerabilidad relativa.

El cuarto paso es la evaluación del riesgo, cuales son los componentes principales, cuál es su clasificación y el análisis sectorial de resultados. Y el último paso, es buscar una estrategia para la reducción del riesgo mediante los elementos de análisis, los escenarios de acción, la gestión compensatoria y la gestión prospectiva, promoviendo sus acciones y prioridades.

El riesgo en general está dado por la expresión:

$$R = C * V * P$$

Donde:

C: es el valor de los bienes expuestos

V: es la vulnerabilidad o el porcentaje de daños de una vivienda por efecto de una inundación.

P: es el peligro o la probabilidad de que ocurra un hecho potencialmente dañino.

Como se puede ver, tanto la vulnerabilidad como el peligro son adimensionales, por lo que las unidades del riesgo serán las del valor de los bienes expuestos, que generalmente están dadas en unidades monetarias, en nuestro caso pesos. En general, un gran porcentaje de las viviendas en nuestro medio es el resultado de alguna de las combinaciones entre las tablas de materiales en techos y muros; sin embargo, no se descarta la posibilidad de encontrar otros materiales, por lo que deberán especificarse y posteriormente evaluarse para finalmente definir su correspondiente vulnerabilidad. Descripción de las combinaciones de los materiales utilizados en techo y muros

CUADRO 1.11. Combinación de los materiales usados en techos y muros

Combinación	Descripción
1	Vivienda con muros de cartón o plástico y techo de cartón o plástico.
2	Vivienda con muros de piedra sobre piedra y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
3	Vivienda con muros de piedra sobre piedra y techo de palma.
4	Vivienda con muros de lámina de cartón y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
5	Vivienda con muros de bahareque y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
6	Vivienda con muros de bahareque y techo de palma.
7	Vivienda con muros de adobe sin repellido y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
8	Vivienda con muros de adobe sin repellido y techo de palma.
9	Vivienda con muros de adobe sin repellido y techo de teja.
10	Vivienda con muros de madera y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
11	Vivienda con muros de madera y techo de palma.
12	Vivienda con muros de adobe con repellido y techo de lámina (cartón, plástico, asbestos o galvanizada).
13	Vivienda con muros de adobe con repellido y techo de palma.
14	Vivienda con muros de adobe con repellido y techo de paja.
15	Vivienda con muros de adobe con repellido y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla.
16	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
17	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de palma.
18	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de paja.
19	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla.
20	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
21	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de palma.
22	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de paja.
23	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla.
24	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto ligada.

1.5.1 Índice de vulnerabilidad

Las viviendas podrán clasificarse en cinco niveles de acuerdo con el material y tipo de construcción, para poder inferir su capacidad de respuesta ante una inundación.

CUADRO 1.12. Índice de vulnerabilidad según el tipo de vivienda

Tipo	Índice de vulnerabilidad
I	Alto
II	Medio – alto
III	Medio
IV	Medio – bajo
V	Bajo

Para estimar las funciones de vulnerabilidad para cada tipo de vivienda se propone una serie de configuraciones de muebles y enseres menores; posteriormente se lleva a cabo una cuantificación del porcentaje de los daños ocasionados en cada caso, en función del nivel que alcance el agua que entra en la casa.

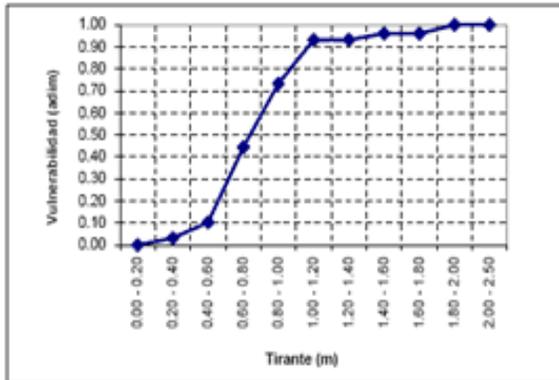
- Vivienda tipo I. Este tipo corresponde a los hogares más humildes, una vivienda consta de un sólo cuarto multifuncional, construido con material de desecho. Asimismo, el menaje es el mínimo indispensable.
- Vivienda tipo II. El segundo tipo corresponde a hogares que pueden ser clasificados como de clase baja, donde la vivienda puede ser descrita como una vivienda de autoconstrucción o viviendas construidas con materiales de la zona, la mayoría de las veces sin elementos estructurales. Con respecto al menaje, la hipótesis es que las diferentes habitaciones cuentan con sus muebles propios y están más o menos definidas.
- Vivienda tipo III. El tercer tipo de viviendas también puede ser clasificado como clase - baja, similar al tipo II, pero con techos más resistentes, construida la mayoría de las veces sin elementos estructurales El menaje corresponde al necesario para las diferentes habitaciones, como en el anterior nivel; sin embargo, se consideran de mayor calidad y por lo tanto un mayor costo.
- Vivienda tipo IV. El cuarto tipo de viviendas se identifica como la típica para la clase media, es decir, puede ser equiparada con una vivienda de interés social, construida la mayoría de las veces con elementos estructurales. El menaje que se ha seleccionado corresponde con el de una casa típica de una familia de profesionistas que ejercen su carrera y viven sin complicaciones económicas.
- Vivienda tipo V. Finalmente, el último sector de viviendas, corresponde al tipo residencial, construida con acabados y elementos decorativos que incrementan sustancialmente su valor. El menaje está formado por artículos de buena calidad y con muchos elementos de comodidad.

CUADRO 1.13. Cuantificación del menaje por tipo de vivienda

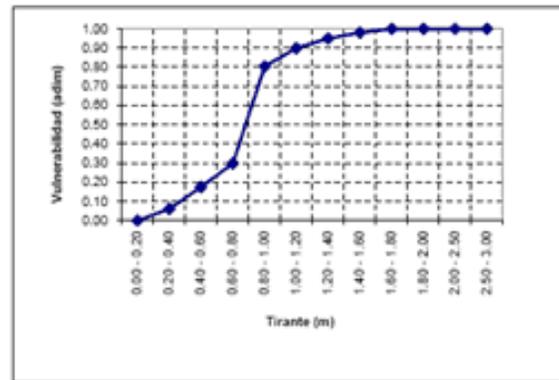
Tipo de vivienda	Cuantificación del menaje (\$)
I	12,500.00
II	50,000.00
III	150,500.00
IV	300,000.00
V	450,000.00

Para cada caso se presenta sobre el eje de las abscisas (x) el nivel alcanzado por el agua (tirante), en metros, mientras que en el eje de las ordenadas (y) el valor corresponde al porcentaje de daños esperados en la vivienda.

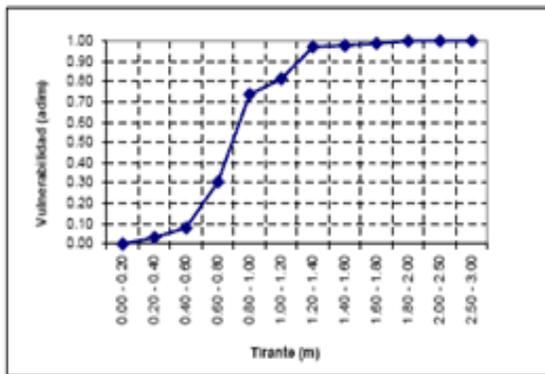
GRÁFICA 1.2. Función de vulnerabilidad por tipo de vivienda



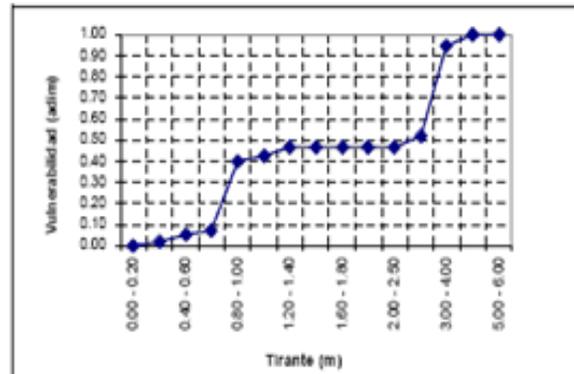
Función de vulnerabilidad para vivienda tipo I



Función de vulnerabilidad para vivienda tipo II



Función de vulnerabilidad para vivienda tipo III



Función de vulnerabilidad para vivienda tipo IV

CAPÍTULO 2.

DISEÑO DE UN SEGURO DE INUNDACIÓN PARA VIVIENDAS

2.1 Panorama Internacional del seguro de inundación

Históricamente, las inundaciones han causado daños y destrucción a comunidades en todos los Estados Unidos. Para ayudar a aliviar la devastación financiera causada por las inundaciones, en 1968 el Congreso creó el Programa Nacional de Seguro contra Inundación (*National Flood Insurance Program*, NFIP por sus siglas en inglés). El NFIP, administrado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés), permite a los dueños e inquilinos de viviendas y propietarios de negocios a adquirir un seguro contra inundaciones con el respaldo del gobierno federal.

En la actualidad, existen más de 4.6 millones de pólizas de seguro contra inundación vigentes y más de 20,000 comunidades participantes en todo el país, que representan cerca de \$773 billones en cobertura. Las comunidades participantes acuerdan adoptar e implementar normas para el manejo de las tierras en zonas inundables de alto riesgo para reducir futuros daños por inundaciones y, a cambio, cualquier propietario de una comunidad participante puede adquirir un seguro contra inundación.

2.1.1 Mercado europeo

Entre 1998 y 2002, Europa sufrió más de 100 inundaciones importantes, entre las que cabe destacar las inundaciones catastróficas del Danubio y del Elba en el año 2002. Estas inundaciones tuvieron un efecto desastroso para las personas afectadas, tanto en lo que se refiere a su salud (unas 700 víctimas mortales desde 1998) y a su situación social (alrededor de medio millón de desplazados) como a su situación económica (al menos 25 000 millones de euros de pérdidas económicas en seguros). Estas inundaciones también son muy perjudiciales para el medio ambiente (riesgos de contaminación cuando se ven afectadas depuradoras de aguas residuales o fábricas de productos químicos, destrucción de la diversidad biológica, etc.).

La Comisión destaca que las inundaciones causadas por ríos y las inundaciones en zonas costeras varían considerablemente en magnitud y en duración, y que sus orígenes (lluvia, tormenta o variación importante del nivel del mar) son fenómenos naturales esencialmente inevitables. No obstante, destaca asimismo que los daños derivados de estas inundaciones dependen en gran medida de las actividades humanas (deforestación, modificación del curso de los ríos, construcciones intensivas en zonas de riesgo, etc.).

Por último, la Comisión considera que la frecuencia de las inundaciones va a aumentar (por el cambio climático y el asentamiento creciente de personas y de bienes en zonas de riesgo de inundación), por lo que resulta necesaria una intervención concertada a escala de la Unión Europea.

La Unión Europea ya dispone de una serie de instrumentos en materia de prevención y gestión de las inundaciones:

- En el ámbito de la investigación, con el quinto y el Sexto Programa Marco de Investigación;
- En el ámbito de la política regional, con la acción, en particular, de los Fondos Estructurales, por ejemplo la iniciativa INTERREG y el Fondo de Cohesión;
- Con el Fondo de Solidaridad de la UE, que aporta una ayuda financiera de emergencia;
- En el ámbito de la política agrícola común, cuya reforma hace especial hincapié en el desarrollo rural;
- En el ámbito del medio ambiente, la Directiva marco sobre la política de aguas contribuirá a reducir los efectos de las inundaciones, aunque no sea uno de sus objetivos principales, y la instauración del centro de control e información permitirá mejorar la preparación de las autoridades nacionales de protección.

Por su parte, varios Estados miembros han desarrollado planes o estrategias de protección contra las inundaciones, así como mapas de riesgos de inundación. Además, están estableciéndose mecanismos de cooperación internacional en cuencas fluviales como las del Rin, el Oder, el Mosa, el Danubio, el Saar, el Mosela y el Elba: los países ribereños han creado organismos que velan por una gestión coordinada de los riesgos de inundación y elaboran planes de protección transfronterizos

2.1.2 Mercado americano

En los EUA, sólo el 20% de los hogares estadounidenses en riesgo de inundaciones están cubiertos por un seguro contra inundaciones. La mayoría de las aseguradoras privadas no aseguran contra el peligro de inundaciones debido a la prevalencia de la selección adversa, que es la compra de seguros por las personas más afectadas por el peligro específico de inundación.

En los seguros tradicionales, las aseguradoras usan la ley económica de un gran número de cobrar una pequeña cuota para un gran número de personas con el fin de pagar las reclamaciones de los pequeños números de los demandantes que han sufrido una pérdida. Por desgracia, en el seguro de inundación, el número de demandantes es mayor que el número disponible de las personas interesadas en la protección de su propiedad desde el peligro, lo que significa que la mayoría de las aseguradoras privadas ven la probabilidad de generar un beneficio de proporcionar un seguro contra inundaciones como a distancia. Sin embargo, hay compañías de

seguros como PURE, Chubb, AIG / Chartis, y el Fondo del bombero que ofrecen seguro de inundación primaria escrita privada de viviendas de alto valor y la catástrofe natural Programa de Seguro suscrita por ciertos aseguradores de Lloyd de que proporciona privada seguro contra inundaciones primaria tanto de bajo valor y de alto valor edificios

En ciertas áreas propensas a las inundaciones, el gobierno federal requiere seguro contra inundaciones para asegurar los préstamos hipotecarios respaldados por agencias federales como la FHA y VA. Sin embargo, el programa nunca ha trabajado como seguros, debido a la selección adversa. Nunca ha fijado el precio a la gente de vivir en zonas muy peligrosas mediante el cobro de una prima adecuada, en cambio, muy pocos lugares se incluyen en la categoría de imprescindible asegurar, y las primas son artificialmente bajas. La falta de seguro contra inundaciones puede ser perjudicial a muchos propietarios de viviendas que pueden descubrir sólo después de que se ha hecho el daño que sus pólizas de seguro estándar no cubren las inundaciones.

2.2 Diseño de un seguro de inundación

En este estudio se presenta la propuesta de una póliza que protege contra las pérdidas causadas por las Inundaciones, el cual es necesario para todas las propiedades que se encuentran en zonas específicas de inundación. El seguro de inundación cubrirá el daño estructural de las residencia, incluyendo daño en los sistema de calefacción, calentador de agua, aire acondicionado, superficies de piso (alfombra y losa), refrigeración, la reparación o reposición de los pisos y remoción de escombros.

El seguro contra inundaciones es una de las mejores maneras de protegerte contra pérdidas ocasionadas por inundaciones. Es importante considerar que dicho riesgo ocurren en todas partes y cualquier lugar puede inundarse bajo determinadas condiciones y afectar la vivienda tanto de dueños e inquilinos de condominios. La cobertura de contenido puede incluir pertenencias como muebles, ropa y otros objetos de valor, de acuerdo con las exclusiones y límites de la póliza.

2.2.1 Generalidades

- Asegurado. Es la persona que en sí misma, en sus bienes o intereses económicos está expuesta al riesgo.
- Avalanchas de lodo. Deslizamiento de lodo provocado por inundaciones o lluvias.
- Bajada de agua pluvial. Conducto instalado desde la cubierta de un edificio hasta el nivel del piso para desalojar aguas pluviales.

- Beneficiario Es la persona física o moral que por designación expresa del contratante, tiene derecho al pago de la indemnización amparada por el contrato de seguro.
- Bien mueble. Cualquier bien que por su naturaleza puede ser trasladado de un lugar a otro, como maquinaria no fija, mobiliario, refacciones, accesorios, entre otros.
- Deducible. Cantidad que corre a cargo del Asegurado en cada siniestro establecido en la carátula de la póliza, ver su aplicación en las coberturas correspondientes.
- Depósitos o corrientes artificiales de agua. Vasos, presas, represas, embalses, pozos, lagos artificiales, canales de ríos y vertederos a cielo abierto.
- Golpe de Mar o Tsunami. Daños ocasionados por la agitación violenta de las aguas del mar a consecuencia de una sacudida sísmica del fondo de éste, que eleva el nivel de las mismas, se propaga hasta las costas y da lugar a inundaciones.
- Granizo. Precipitación atmosférica de agua que cae con fuerza en forma de cristales de hielo duro y compacto.
- Helada. Fenómeno climático consistente en el descenso inesperado de la temperatura ambiente a niveles iguales o inferiores al punto de congelación del agua en el lugar de ocurrencia.
- Huracán. Flujo de agua que se mueve con aire de gran magnitud, en trayectoria circular alrededor de un centro de baja presión, sobre la superficie marina o terrestre con velocidad periférica de vientos de impacto directo igual o mayor a 118 kilómetros por hora, identificados como tal por el Servicio Meteorológico Nacional.
- Indemnización. Importe que está obligado a pagar contractualmente la Compañía en caso de producirse un siniestro. En ningún caso la indemnización será superior a la suma asegurada o al valor de reposición del bien dañado, si este resultara menor.
- Inundación El cubrimiento temporal y accidental del suelo por agua, a consecuencia de desviación, desbordamiento o rotura de los muros de contención de ríos, canales, lagos, presas, estanques y demás depósitos o corrientes naturales o artificiales de agua.
- Inundación por Lluvia. El cubrimiento temporal accidental del suelo por agua de lluvia a consecuencia de la inusual y rápida acumulación o desplazamiento de agua originados por lluvias extraordinarias que cumplan con cualquiera de los siguientes hechos:
 - a. Que las lluvias alcancen por lo menos el 85% del promedio ponderado de los máximos de la zona de ocurrencia en los últimos 10 años, de acuerdo con el procedimiento publicado por la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, medido en la estación meteorológica

más cercana, certificada ésta por el Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua, o

- b. Que los bienes Asegurados se encuentren dentro de una zona inundada que abarque por lo menos el terreno de la vivienda.
- c. Prima. Precio del seguro en cuyo recibo se incluyen los impuestos y recargos repercutibles al Asegurado.
- d. Primer Riesgo. Aquel por el que la compañía renuncia a aplicar la parte proporcional entre el valor de reposición del bien y la suma asegurada en el pago de la indemnización, obligándose a pagar en caso de siniestro el importe total de los daños, hasta donde alcance la suma asegurada contratada, menos el deducible y coaseguro aplicables.
- e. Suma Asegurada. Responsabilidad máxima de La Compañía por todos los siniestros que pudieran ocurrir durante la vigencia de la póliza.

2.2.2 Marco regulatorio

De acuerdo a los Anexos del 5.1.6-a. al 13.3.1 de la Circular Única de Seguros y Fianzas, publicada el 19 de diciembre de 2014 sobre las Disposiciones de carácter general derivadas de la Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas, con el título «Bases Técnicas para el Cálculo de la Prima de Riesgo y de la Pérdida Máxima Probable de los Seguros de Huracán y otros Riesgos Hidrometeorológicos presenta los fundamentos técnicos para la estimación de la pérdida máxima probable asociada a carteras de bienes asegurados contra daños producidos por huracán y otros riesgos hidrometeorológicos.

La definición de pérdida máxima probable, también conocida como PML, es un estimador del tamaño de la pérdida que se excedería poco frecuentemente en una cartera sometida a la ocurrencia de ciertos eventos, en este caso los hidrometeorológicos

La PML para estos casos se define como la pérdida asociada a un periodo de retorno de 1,500 años, es decir, aquella que se exceda, en promedio, una vez cada 1,500 años. Esto quiere decir que la PML es la pérdida para la cual se satisface que:

$$V(PML) = \frac{1}{1500} \text{años}^{-1}$$

La PML es una pérdida que será excedida poco frecuentemente. Qué tampoco frecuentemente se esté dispuesto a aceptar que las pérdidas excedan la PML, mide, esencialmente, el riesgo tolerable. El riesgo tolerable al asociar la PML a un periodo de retorno de 1,500 años es, en promedio, una excedencia cada 1,500 años. Por tratarse de un proceso de ocurrencia aleatorio, modelado como un proceso de Poisson, que en promedio se tenga una excedencia cada 1,500 años no significa que la próxima excedencia ocurrirá dentro de 1,500 años; el tiempo de ocurrencia es aleatorio y no puede determinarse cuándo ocurrirá el siguiente gran evento. Sin embargo, aunque no se puede saber el instante de ocurrencia del próximo evento, si es posible determinar la probabilidad de que en los próximos T_e años (el lapso de exposición) ocurra al menos un evento con pérdidas superiores a la PML, es decir, lo que en análisis probabilista se conoce como la “probabilidad de ruina”, P_R

Esta probabilidad se puede calcular de la siguiente forma:

$$P_R = 1 - \exp(-T_e/T_r)$$

Donde T_e es el periodo de retorno asociado a la PML, en este caso 1,500 años. Un ejemplo sería, la probabilidad de que la PML se exceda al menos una vez durante el próximo año, P_{R1} , vale:

$$P_{R1} = 1 - \exp(-1/1500) \approx \frac{1}{1500}$$

De donde se observa que, para periodos de retorno grandes, la probabilidad anual de excedencia es aproximadamente igual al inverso del periodo de retorno de la PML. En la tabla siguiente se presentan valores de la probabilidad de excedencia de la PML que tiene un periodo de retorno de 1500 años, para diversos valores del lapso de exposición. En el cuadro 2.1 se puede observar que la probabilidad de que la PML sea excedida en los próximos 20 años es 1.3%.

CUADRO 2.1. Probabilidad de que la PML se exceda en los próximos T_e años.

Periodo de exposición (T_e , años)			
1	10	20	50
0.1%	0.7%	1.3%	3.3%

2.2.3 Bienes asegurables

El seguro de inundación ampara el conjunto de construcciones materiales principales y accesorias, tales como: bardas, albercas, patios exteriores, escaleras exteriores, muros de contención independientes y construcciones adicionales dentro del mismo predio asegurado destinados a habitaciones particulares con sus instalaciones fijas de agua, gas, electricidad, calefacción, refrigeración y otras propias del edificio. Asimismo, se consideran también amparados los cimientos y aditamentos que se encuentren bajo el nivel del piso más bajo y los cristales mayores a los 4 milímetros de espesor como vidrios instalados en ventanas, domos, vitrales y acrílicos que formen parte del inmueble.

En el caso de edificios bajo el régimen de propiedad en condominio, quedan incluidas las partes proporcionales de los elementos y/o áreas comunes del edificio. El límite de responsabilidad para la compañía corresponderá al valor de reposición que tenga el inmueble al momento del siniestro teniendo como límite máximo de responsabilidad la suma asegurada establecida en la carátula de la póliza o la mencionada en la especificación para cada inciso. Los bienes aquí amparados quedan asegurados a valor de reposición.

- Bienes cubiertos. Se ampara los contenidos mientras se encuentren dentro del inmueble destinado a habitación particular cuyo domicilio conste en la póliza como ubicación de riesgo y sean propiedad del asegurado, sus familiares o personas que con él habiten o que se encuentren bajo su custodia, se cubren los siguientes tipos de bienes:
 - a. Bienes muebles, enseres, ropa y otros objetos o bienes de uso doméstico o familiar.
 - b. Los cristales mayores a los 4 milímetros de espesor que formen parte de los contenidos tales como: lunas, espejos y cubiertas de mesas. Dentro de estos bienes queda cubierto el decorado del cristal (Plateado, dorado, teñido, pintado, grabado, cortes rotulo, realce y análogos).
 - c. Equipo electrodoméstico y/o electrónico, tales como antenas parabólicas de radio y televisión de uso doméstico, equipos de filmación y proyección, equipos de grabación y sonido, máquinas de escribir eléctricas, microcomputadoras, reguladores de voltaje, televisores, DVD, aspiradoras, congeladores, estufas eléctricas, hornos de microondas, lavadoras de alfombras, pulidoras de pisos, ventiladores, bombas, lavadoras de ropa, lavadoras de platos, secadoras de ropa, aire acondicionado y subestación eléctrica. Esta definición se establece en forma enunciativa y no limitativa.

- d. Equipo electrodoméstico y electrónico bajo custodia de talleres de reparación pero siempre dentro de los límites de los Estados Unidos Mexicanos, la indemnización máxima para este inciso será el equivalente a 200 días de salario mínimo general vigente en el Distrito Federal (SMGVDF) por artículo, con un máximo de 1,000 días de SMGVDF por reclamación.
- e. Prendas de vestir bajo custodia de tintorerías, lavanderías, sastrerías o en talleres de reparación pero siempre dentro de los límites de los Estados Unidos Mexicanos. La indemnización máxima para este inciso será el equivalente a 150 SMGVDF por prenda o juego con un máximo de 650 días de SMGVDF por reclamación.
- f. Mejoras o adaptaciones hechas al inmuebles
- g. Joyas y objetos de arte o de difícil reposición, como son: cuadros, esculturas, gobelinos, antigüedades, artículos de plata y/o colecciones de cualquier tipo.
- h. Dinero en moneda o billetes bancarios. La indemnización máxima será la cantidad que se especifique en la póliza para este concepto. El límite de responsabilidad para la compañía corresponderá al valor de reposición que tengan los contenidos al momento del siniestro teniendo como límite máximo de responsabilidad la suma asegurada establecida en la carátula de la póliza o la mencionada en la especificación para cada inciso. Los bienes aquí amparados quedan asegurados a valor de reposición.

2.2.4 Coberturas de aseguramiento

El objeto de esta garantía es reparar o indemnizar los daños por agua que se produzcan en los bienes asegurados por inundación o fugas procedentes de instalaciones y conducciones fijas, propias o de terceros, o de aparatos electrodomésticos, e incluso los debidos a filtraciones, omisión del cierre de válvulas, grifos, o llaves de paso, o a su desajuste. Siempre que el estado esté asegurado bajo esta garantía, la compañía también indemnizará los gastos en que fuese preciso incurrir para localizar la avería y reponer o reparar el tramo de las conducciones dañadas que hayan originado el siniestro.

En caso de que sea una inundación, este seguro cubre de acuerdo al nivel del agua alcanzado dentro de la vivienda:

Mayor a 40 cm: el pago será de \$10,000.

De 30 a 40 cm: el pago será de \$7,000.

Menor de 30 cm: el pago será de \$ 4,000.

- Cobertura de Daños Materiales. A condición de que éstas sean fijas y privativas de la vivienda asegurada. A tal efecto se entiende por conducciones privativas aquellas que, partiendo del accesorio de unión, con exclusión de éste, de la conducción general o comunitaria, sirven con exclusividad a la vivienda asegurada y están situadas dentro de sus límites o espacio privativo.

Salvo pacto en contrario no estarán asegurados los siguientes supuestos: Los daños, filtraciones o goteras causados por fenómenos meteorológicos, salvo que se deriven de fugas en las bajantes ocultas de aguas pluviales, por la humedad ambiental o por la transmitida por el terreno o la cimentación, o por la crecida, desbordamiento o acción paulatina de las aguas de mares, ríos, rías, lagos, embalses, canales y acequias o de redes de saneamiento o alcantarillado de carácter público.

La reparación o ajuste de grifos, llaves de paso, elementos o aparatos sanitarios y sus accesorios, calderas, calentadores, acumuladores, radiadores, aire acondicionado y, en general, de cualquier aparato o elemento conectado a instalaciones fijas, así como de los electrodomésticos.

Los gastos para desatascar, limpiar, reparar o sustituir tuberías, sumideros, arquetas y cualquier tipo de conducción o canalización que se haya obturado o atascado. Los casos de corrosión o deterioro generalizado de las tuberías o conducciones de la vivienda. La obligación de la compañía, en tales casos, queda limitada a indemnizar la reparación del tramo de conducción o tubería causante del daño a la vivienda, con límite por siniestro de 5,500 pesos.

De producirse siniestros posteriores y no haberse efectuado las reparaciones necesarias, se considerará que el asegurado ha incurrido en culpa grave, por tanto, la compañía quedará desligada de las obligaciones que para ella se derivan de la agravación del riesgo,

La localización y reparación de fugas o averías que no produzcan daños directos en la vivienda o que, aun produciéndolos, tengan su origen en los vasos de piscinas o estanques, pozos, fosas sépticas, redes de riego, sumideros, arquetas u otros elementos de la red horizontal de saneamiento, o en canalones o bajantes de aguas pluviales.

- Congelación de tuberías, conducciones o depósitos. Cuando el siniestro afecte a la cobertura establecida para la cuota de copropiedad del asegurado, y siempre que esté asegurada la vivienda, el concepto de «conducción privativa» se hará extensivo, por analogía, a las conducciones generales de la comunidad de propietarios a la que pertenezca la misma. La responsabilidad de la compañía queda limitada, en cualquier caso, a un máximo de 27,000 pesos por cada pieza individual dañada.

Además de las garantías aseguradas y siempre que resulte necesario como consecuencia directa de un siniestro amparado por esta cobertura de Daños Materiales, la compañía indemnizará o, en su caso, prestará directamente los servicios que corresponden a los siguientes supuestos:

- Inhabitabilidad de la vivienda: Cuando la vivienda estuviera habitada por el asegurado y fuera necesario desalojarla para proceder a la reparación de los daños, también estarán asegurados:
 - o El alojamiento provisional en establecimientos hoteleros, situados en el mismo núcleo urbano o poblaciones adyacentes, durante un período no superior a los diez días siguientes al de ocurrencia del siniestro; con límite de 2,000 pesos diarios por Asegurado y hasta un máximo de 55,000 pesos por siniestro. Tal alojamiento se realizará, dentro de los límites indicados, en régimen de pensión completa e incluirá los gastos de lavandería; cualquier otro gasto correrá por cuenta del asegurado.
 - o El alquiler de una vivienda provisional similar a la asegurada, durante un período máximo de un año, a contar desde la fecha del siniestro, y con límite de 215,000 pesos en cualquier caso.
 - o Cuando el asegurado no sea el propietario de la vivienda, la compañía únicamente compensará el mayor costo de alquiler que pueda suponer el traslado a una vivienda provisional.

Los gastos de traslado de los bienes asegurados, a una vivienda provisional o bodega dentro del mismo núcleo urbano o poblaciones adyacentes, así como los gastos de estancia en éste durante un período máximo de un mes y los subsiguientes traslados de retorno a la vivienda asegurada y, en su caso, desde el guardamuebles a la vivienda provisional.

Los daños que puedan sufrir los bienes asegurados durante su transporte con motivo de los traslados inherentes al desalojo de la vivienda, así como durante su estancia en el guardamuebles o la vivienda provisional, en las mismas condiciones de cobertura pactadas en este contrato. No obstante, queda excluido el hurto o la simple desaparición de los bienes durante su transporte y la estancia en el guardamuebles.

Si como consecuencia de un daño ocasionado en la cocina de la vivienda asegurada, ésta no pueda utilizarse, estarán asegurados también los gastos de restaurante y lavandería, durante un período no superior a los diez días siguientes al de ocurrencia del siniestro; con límite de 1,700 pesos diarios y un máximo de 17,000 pesos por siniestro.

Básicas

- Daños causados directamente a los bienes asegurados con límite en la suma asegurada y ocurridos durante la vigencia de la póliza en la propiedad del asegurado o a su servicio, o propiedad o al servicio de inquilinos.
- Lluvia. Rotura o filtraciones accidentales de tuberías o sistemas de abastecimiento de agua o de vapor, que se localicen dentro de los límites del predio mencionado en la carátula o en las especificaciones de la póliza.
- Inundación por alcantarillado: filtraciones o inundación debajo de los 30 cm al interior del predio previsto en la póliza.

Adicionales

En caso de ser contratada la póliza quedan cubiertos, contra pérdidas o daños materiales ocasionados directamente por avalanchas de lodo, granizo, helada, huracán, inundación, inundación por lluvia, golpe de mar, marejada, nevada y vientos tempestuosos. Para efectos de la presente póliza se entenderá por:

- a) Avalanchas de lodo. Deslizamiento de lodo provocado por inundaciones o lluvias.
- b) Granizo. Precipitación atmosférica de agua que cae con fuerza en forma de cristales de hielo duro y compacto.
- c) Bajo este concepto además se cubren los daños causados por la obstrucción en los registros de la red hidrosanitaria y en los sistemas de drenaje localizados dentro de los predios asegurados y en las bajadas de aguas pluviales a consecuencia del granizo acumulado en las mismas.
- d) Helada. Fenómeno climático consistente en el descenso inesperado de la temperatura ambiente a niveles iguales o inferiores al punto de congelación del agua en el lugar de ocurrencia.
- e) Huracán. Flujo de agua y aire de gran magnitud, moviéndose en trayectoria circular alrededor de un centro de baja presión, sobre la superficie marina o terrestre con velocidad periférica de vientos de impacto directo igual o mayor a 118 kilómetros por hora, que haya sido identificado como tal por el Servicio Meteorológico Nacional.
- f) Inundación. El cubrimiento temporal accidental del suelo por agua, a consecuencia de desviación, desbordamiento o rotura de los muros de contención de ríos, canales, lagos, presas, estanques y demás depósitos o corrientes de agua, naturales o artificiales.
- g) Inundación por lluvia. El cubrimiento temporal accidental del suelo por agua de lluvia a consecuencia de la inusual y rápida acumulación o desplazamiento de agua originados por lluvias extraordinarias que cumplan con cualquiera de los siguientes hechos: Que las lluvias alcancen por lo menos el 85% del promedio ponderado de los máximos de la zona de ocurrencia en los últimos diez años, de acuerdo con el procedimiento publicado por la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, medido en la

estación meteorológica más cercana, certificada ésta por el Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua, o que los bienes asegurados se encuentren dentro de una zona inundada que haya cubierto por lo menos una hectárea.

- h) Marejada. Alteración del mar que se manifiesta con una sobre elevación de su nivel debida a una depresión o perturbación meteorológica que combina una disminución de la presión atmosférica y una fuerza cortante sobre la superficie del mar producida por los vientos.
- i) Golpe de mar o tsunami. Daños por el agua ocasionados por la agitación violenta de las aguas del mar consecuencia de una sacudida del fondo, que eleva su nivel y se propaga hasta las costas dando lugar a inundaciones.
- j) Nevada. Precipitación de cristales de hielo en forma de copos.
- k) Vientos tempestuosos. Vientos que alcanzan por lo menos la categoría de depresión tropical, tornado o grado 8 según la escala de Beaufort (62 kilómetros por hora), de acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional o registros reconocidos por éste.

La cobertura aplicable será aquella que origine en forma inmediata los daños directos a los bienes asegurados, independientemente del fenómeno meteorológico que los origine.

2.2.3 Sumas aseguradas

Al igual que con la mayoría de las tareas de fijación de precios, el precio técnico para el riesgo de inundaciones implica la comprensión de la espera frecuencia de reclamaciones y tamaño esperado. Al igual que con muchos peligros naturales, eventos de diferente magnitud tienen diferentes frecuencias esperadas o períodos estacionarios. Este es un problema particular para inundación, en comparación con otros peligros, ya que hay un limitado número observado de acontecimientos históricos que se puede sacar de en la calibración de los modelos, y se requieren, por tanto, un mayor de lo habitual serie de supuestos en el modelado.

De ahí que la tarea de establecer tarifas de primas reales necesita considerar fuertemente el llamado "tipo I" y "tipo II" errores, y su impacto en el negocio. Es decir, los clientes que han sido identificados (Y de pago) como en riesgo de inundación cuando no están en situación de riesgo (tipo I), y los clientes que se encuentran en riesgo significativo de inundación, pero no han sido identificados (tipo II). Así, los clientes que se identifican en un bajo riesgo de inundaciones seguirán pagando los primas más bajas.

2.2.4 Exclusiones

Debe tenerse en cuenta la existencia de exclusiones en la cobertura del seguro, derivado de ciertas cuestiones impropias del riesgo por inundación, es decir, no imputables directamente al riesgo en cuestión. En ningún caso la compañía aseguradora será responsable por pérdidas o daños causados por:

- a. Mojadura o humedades o sus consecuencias debido a filtraciones:
 - De aguas subterráneas o freáticas.
 - Por deficiencias en el diseño o construcción de techos, muros o pisos.
 - Por fisuras o fracturas de cimentaciones o muros de contención.
 - Por mala aplicación o deficiencias de materiales impermeabilizantes.
 - Por falta de mantenimiento.
 - Por la falta de techos, puertas, ventanas o muros o aberturas en los mismos, o por deficiencias constructivas de ellos.
- b. Corrosión, herrumbre, erosión, moho, plagas de toda especie y cualquier otro deterioro paulatino a consecuencia de las condiciones ambientales y naturales.
- c. El retroceso de agua en alcantarillado y/o falta o insuficiencia de drenaje, en los predios del Asegurado.
- d. La acción natural de la marea.
- e. Inundaciones por lluvia o avalanchas de lodo que se confinen sólo a las ubicaciones donde se encuentren los bienes materia del seguro.
- f. Contaminación directa por agua de lluvia, a menos que haya ocurrido un daño físico amparado explícitamente en la póliza y suceda en las instalaciones aseguradas.
- g. Socavación a edificaciones que se encuentren ubicadas en la primera línea de construcción a la orilla del mar, a menos que se encuentren protegidos por muros de contención con cimientos de concreto armado o protegidos por escolleras con tetrápodos de concreto armado. Se exceptúa de esta exclusión a los edificios y sus contenidos que se encuentren a más de 50 metros de la línea de rompimiento de las olas en marea alta o a más de 15 metros sobre el nivel del mar en marea alta.
- h. Daños o pérdidas preexistentes al inicio de vigencia del seguro, que hayan sido o no del conocimiento del Asegurado.
- i. Pérdidas o daños de cualquier tipo ocasionados por deficiencias en la construcción o en su diseño, o por falta de mantenimiento de los bienes materia del seguro.
- j. Daños causados por contaminación, a menos que los bienes cubiertos sufran daños materiales directos causados por los riesgos amparados, causando contaminación a los bienes cubiertos. No se amparan tampoco los perjuicios o gastos ocasionados por la limpieza o descontaminación del medio ambiente (tierra, subsuelo, aire o aguas).

- k. Cualquier daño material o consecuencial derivado de la falta de suministro de agua, electricidad, gas o cualquier materia prima o insumo, aun cuando la falta de suministro sea resultado de la inundación.
- l. Rapiña, hurto, desaparición, saqueos o robos que se realicen durante o después del fenómeno hidrometeorológico.

Este tipo de seguros de acuerdo a la clasificación descrita por la CNSF, se encontrarán dentro de las operaciones de Daños, aun sin una categorización en las tipificaciones existentes, pues se trata de la ejemplificación un nuevo producto.

Bienes excluidos.

- a) Bienes muebles a la intemperie.
- b) Edificios terminados que por la naturaleza de su ocupación carezcan total o parcialmente de puertas, ventanas o muros macizos completos, cuando dichos edificios no hayan sido diseñados y construidos para operar bajo estas circunstancias, de acuerdo con los reglamentos de construcción de la zona vigentes a la fecha de la construcción. Esta exclusión aplica también a los contenidos de estos edificios.
- c) Contenidos y existencias de los bienes de aquellos edificios que sean destruidos o dañados en sus techos, muros, puertas o ventanas exteriores por la acción directa de los riesgos cubiertos por este Endoso, que causen aberturas o grietas a través de las cuales se haya introducido el agua, el granizo, el lodo, el viento, o la nieve. Esta exclusión no aplica para daños que hayan sido causados por los riesgos de inundación o de inundación por lluvia.
- d) Cultivos en pie, parcelas, huertas, plantas, árboles, bosques, céspedes, jardines.
- e) Edificios o construcciones con muros y/o techos de lonas de plástico y/o textil.
- f) Animales.
- g) Aguas estancadas, aguas corrientes, ríos, aguas freáticas.
- h) Terrenos, incluyendo superficie, rellenos, drenaje, alcantarillado.
- i) Diques, espigones, escolleras, depósitos naturales, canales, pozos, túneles, puentes, equipos flotantes, instalaciones flotantes.
- j) Cimentaciones e instalaciones subterráneas.
- k) Muelles y/o cualquier tipo de bien que se encuentre total o parcialmente sobre o bajo agua
- l) Daños a la playa o pérdida de playa.
- m) Campos de golf.
- n) Líneas de transmisión y/o distribución.
- o) Edificios en proceso de demolición.

- p) Edificios en construcción al momento de la contratación de la póliza.
- q) Edificios en reparación o reconstrucción cuando no estén completos sus techos, muros, puertas y ventanas exteriores.
- r) Todo bien ubicado entre el muro de contención más próximo a la playa o costa y el límite del oleaje, o los bienes que se localicen dentro de la zona federal, lo que sea menor.
- s) Muros de contención hechos con materiales distintos a concreto armado.
- t) Bienes ubicados en zonas consideradas por la Dirección General de Protección Civil o sus Direcciones regionales como de alto riesgo de inundación o de avalancha de lodo.

Riesgos excluidos.

En ningún caso la compañía será responsable por pérdidas o daños causados por:

- a. Mojadura o humedades o sus consecuencias debido a filtraciones:
 - De aguas subterráneas o freáticas.
 - Por deficiencias en el diseño o construcción de techos, muros o pisos.
 - Por fisuras o fracturas de cimentaciones o muros de contención.
 - Por mala aplicación o deficiencias de materiales impermeabilizantes.
 - Por falta de mantenimiento.
 - Por la falta de techos, puertas, ventanas o muros o aberturas en los mismos, o por deficiencias constructivas de ellos.
- b. Mojaduras, viento, granizo, nieve o lluvia al interior de los edificios o a sus contenidos a menos que se hayan originado por el hecho de que los edificios hayan sido destruidos o dañados en sus techos, muros, puertas o ventanas exteriores por la acción directa de los vientos, o del agua o del granizo o de la nieve o por la acumulación de éstos, que causen aberturas o grietas a través de las cuales se haya introducido el agua, granizo, nieve o viento. Esta exclusión no aplica a los casos de inundación o inundación por lluvia.
- c. Corrosión, herrumbre, erosión, moho, plagas de toda especie y cualquier otro deterioro paulatino a consecuencia de las condiciones ambientales y naturales.
- d. El retroceso de agua en alcantarillado y/o falta o insuficiencia de drenaje, en los predios del Asegurado.
- e. La acción natural de la marea.
- f. Inundaciones, inundaciones por lluvia o avalanchas de lodo que se confinen solo a las ubicaciones donde se encuentren los bienes materia del seguro.
- g. Contaminación directa por agua de lluvia, a menos que haya ocurrido un daño físico amparado bajo este endoso a las instalaciones aseguradas.

- h. Socavación a edificaciones que se encuentren ubicadas en la primera línea de construcción a la orilla del mar, a menos que se encuentren protegidos por muros de contención con cimientos de concreto armado o protegidos por escolleras con tetrápodos de concreto armado. Se exceptúa de esta exclusión a los edificios y sus contenidos que se encuentren a más de 50 metros de la línea de rompimiento de las olas en marea alta o a más de 15 metros sobre el nivel del mar en marea alta.
- i. Daños o pérdidas preexistentes al inicio de vigencia de este seguro, que hayan sido o no del conocimiento del Asegurado.
- j. Pérdidas o daños de cualquier tipo ocasionados por deficiencias en la construcción o en su diseño, o por falta de mantenimiento de los bienes materia del seguro.
- k. Daños causados por contaminación, a menos que los bienes cubiertos sufran daños materiales directos causados por los riesgos amparados, causando contaminación a los bienes cubiertos. No se amparan tampoco los perjuicios o gastos ocasionados por la limpieza o descontaminación del medio ambiente (tierra, subsuelo, aire o aguas).
- l. Cualquier daño material o consecuencial derivado de la falta de suministro de agua, electricidad, gas o cualquier materia prima o insumo, aun cuando la falta de suministro sea resultado de algún fenómeno hidrometeorológico.
- m. Rapiña, hurto, desaparición, saqueos o robos que se realicen durante o después de algún fenómeno hidrometeorológico.

2.2.5 Deducibles

En cada reclamación por daños materiales causados por los riesgos amparados por este endoso, o remoción de escombros, en caso de que esta cobertura fuese contratada, siempre quedará a cargo del Asegurado una cantidad equivalente al porcentaje que se indica en la tabla siguiente sobre el valor, real o de reposición de los bienes asegurados según se haya contratado en esta póliza.

CUADRO 2.2. Deducibles para el seguro de inundación

Zona	Deducible	Deducible para ubicaciones situadas frente al mar, lago o laguna o fachadas de cristal, o bien de muros de materiales ligeros o edificios con techos de papalapa o sensibles.
ALFA 1. Peninsula de Yucatan	2%	5%
ALFA 1. Pacifico Sur	2%	5%
ALFA 1. Golfo de Mexico	2%	5%
ALFA. Interior de la Republica	2%	2%
ALFA 2	1%	1%
ALFA 3	1%	1%

2.2.6 Prima pura y coeficientes de riesgo

La prima pura por unidad de riesgo es la fracción de peso que se debe pagar para garantizar un peso de capital.

$$P = \frac{S}{M}$$

Dónde:

S: Monto del siniestro

M: Número de siniestros

Sea n : Número de siniestros que han producido

$$P = \frac{S}{M} = \frac{n}{n} \cdot \frac{S}{M} = \frac{n}{M} \cdot \frac{S}{n}$$

Con

$$f = \frac{n}{M}$$

Frecuencia de los siniestros

$$S_m = \frac{S}{n} \quad \text{Siniestro medio}$$

$$P = f * S_m \quad \text{Probabilidad de ocurrencia multiplicada por el valor medio de los mismos}$$

CAPÍTULO 3.

METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LA NOTA TÉCNICA

3.1 Introducción

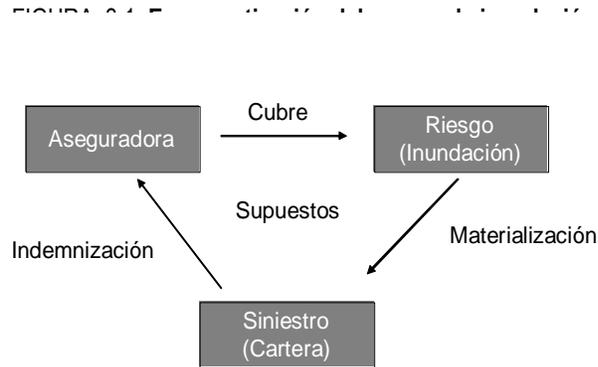
La finalidad de este capítulo es ejemplificar los pasos realizados en una simulación y tener una representación del riesgo que implican las inundaciones ocurridas en la Ciudad de México, D.F. Para poder realizar una simulación es necesario tener en cuenta ciertos supuestos que definirán el experimento y las decisiones a seguir.

En el presente capítulo se señalarán los pasos para el cálculo de la cobertura por eventos relacionados a inundaciones para una vivienda, que puedan llegar a generar pérdidas en instalaciones que cumplan ciertos criterios de valuación.

3.2 Metodología para el análisis del riesgo

- i. Hipótesis y consideraciones. Para poder realizar la simulación es necesario tener o considerar ciertos supuestos que serán la base de partida para el proyecto.
- ii. Definición del Sistema. Es necesario definir el sistema o pasos a seguir para la generación y medición del riesgo en el modelo por inundación.
- iii. Análisis de Datos:
 - Definición de lugar y tiempo.
 - Estructura y tamaño de la Cartera.
 - Simulación de la Frecuencia:
 - Probabilidad de lluvia,
 - Número de lluvias registradas.
 - Simulación de la Severidad:
 - Intensidad de lluvia,
 - Nivel de afectación a casa-habitación,
 - Volumen de cartera
 - Número de Iteraciones.

- iv. Realizar la simulación:
 - o Estimar el parámetro de la f. d. p. Poisson.
 - o Estimar el parámetro de la f. d. p. Exponencial.
- v. Análisis e interpretación de resultados.



El Seguro pretende cubrir (indemnizar), bajo ciertos supuestos, los siniestros derivados del riesgo por inundación, con una temporalidad del seguro de un año o menos para una vivienda, con ubicación en el Distrito Federal.

- vi. Hipótesis Estadísticas. Otro punto importante a tener en cuenta son las hipótesis o supuestos estadísticos y probabilísticos, que se utilizan en el modelado de la función del riesgo por inundación.
- vii. Se considera que las lluvias siguen una distribución perteneciente a la Ley de Fuga:

$$S = \sum_{i=1}^N y_i$$

Dónde:

- $y_i \geq 0$ v.as. que siguen una distribución Exponencial $\left(\frac{1}{\beta}\right)$. Parámetro de escala (lámina media de lluvia por evento).

$$f(y) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{y}{\beta}}$$

- $N > 0$ número entero aleatorio que sigue una distribución Poisson (λ). Parámetro de forma (número de eventos dentro de un periodo T de tiempo).

$$P(N) = \lambda^N \frac{e^{-\lambda}}{N!}$$

- S representa la suma de $N > 0$ variables aleatorias independientes, con parámetro de forma λ , y escala β .

viii. Hipótesis Financieras. Para la cuantificación del menaje de las viviendas se considerarán los parámetros propuestos por el Cenapred, pues estos datos son producto del análisis realizado por sus investigadores.

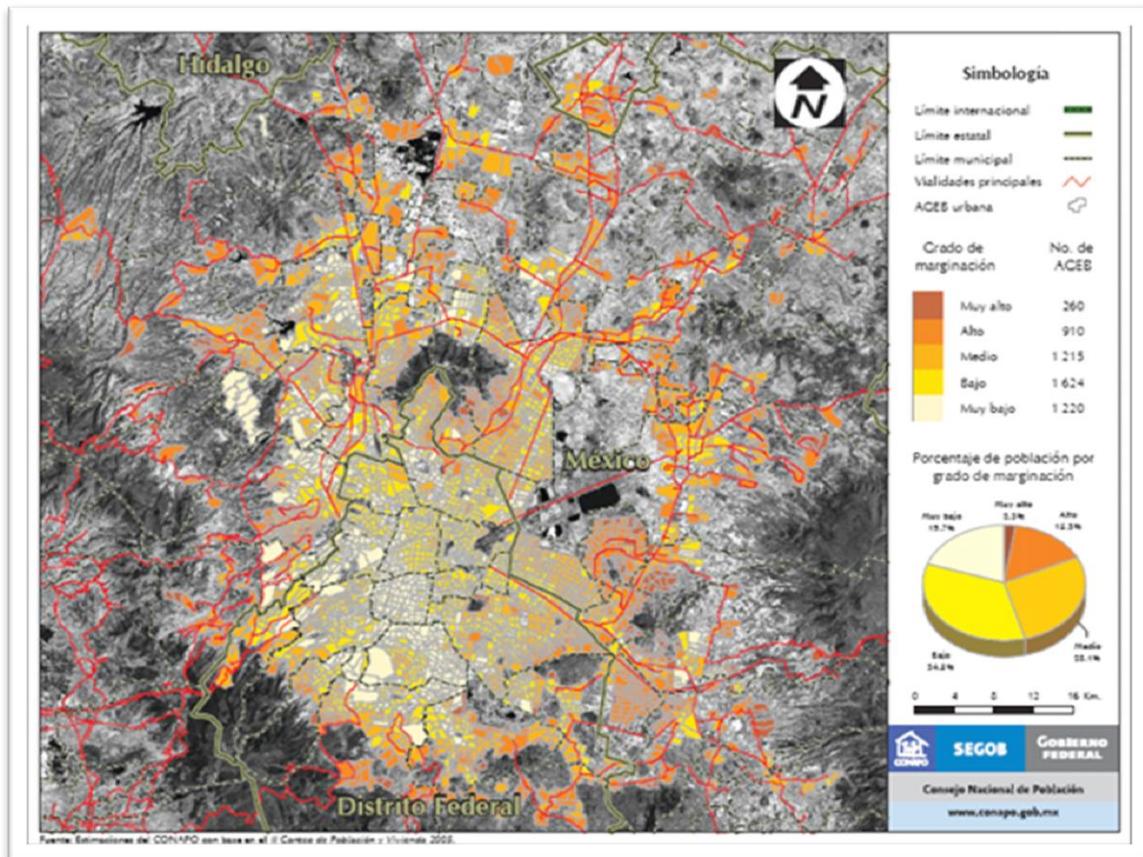
CUADRO 3.1 . Cuantificación del menaje por tipo de vivienda

Tipo de vivienda	(\$)
I	12,500
II	50,000
III	150,500
IV	300,000
V	450,000

- ix. Utilidad Técnica UT: 5%
- x. Porcentaje de Administración, % Adm:
- xi. Porcentaje de Adquisición, %Adq:
- xii. Hipótesis Geográficas. Es necesario determinar la región en la que se dará la cobertura del seguro. Para el ejercicio de simulación se considerará una cobertura en México D.F. Por lo que es necesario determinar la clasificación de acuerdo a la vulnerabilidad de las viviendas en esta región.

Utilizando el índice de marginación urbana podremos tener un panorama del porcentaje de las viviendas y determinar su nivel y cuantificación de menaje al que pertenecen.

FIGURA 3.2. Zona metropolitana del Valle de México: Grado de marginación por AGEB urbana



Fuente: Conapo.

3.3 Análisis de viabilidad y factibilidad técnica

Las inundaciones son fenómenos meteorológicos de difícil cálculo debido a su naturaleza estocástica. En los últimos años se ha hecho más frecuente escuchar que este tipo de fenómenos ha dejado grandes pérdidas, debido al aumento de su fuerza, magnitud y presencia.

En México no existe un seguro contra inundación como producto individual, para conseguir la cobertura es necesario contratarla en conjunto con otras; pero la evolución del fenómeno demuestra que ya no es posible manejar el riesgo contra inundación dentro de un conjunto, que su naturaleza puede y debe ser manejada de manera individual. Diversas instituciones realizan estudios y análisis sobre el riesgo que implican las inundaciones. En los siguientes apartados se enuncian algunas de estas metodologías.

3.3.2 Metodología de la CNSF

La CNSF en su Circular S-10.4.1.1. tiene sus fundamentos técnicos para un seguro contra daños producidos por fenómenos hidrometeorológicos. Este es el análisis que describe las variables consideradas en la definición del peligro por inundación.

El peligro de inundación por exceso de lluvia se encuentra relacionado directamente con la precipitación pluvial en la cuenca donde se ubica el bien asegurado y las características de la topografía del terreno circundante. La secuencia metodológica del sistema de estimación del riesgo por inundación divide la evaluación del peligro en un análisis hidrológico y en otro hidráulico.

- Análisis hidrológico. Incluye el estudio de la precipitación en la cuenca donde se localiza el inmueble asegurado y su relación con el escurrimiento que habrá de concentrarse en las obras de drenaje o las corrientes naturales.
- Análisis hidráulico. Hace referencia al comportamiento en el tiempo del caudal obtenido en el análisis hidrológico, al transitar por el drenaje o las cuencas fluviales.
- Cantidad de precipitación en una cuenca. Dado un escenario de lluvia, se calcula la media aritmética de las alturas de precipitación.

$$P_m = \frac{1}{A} \int_A P(x, y) dA$$

$P(x, y)$: Precipitación por unidad de área.

A: Área de la cuenca analizada.

- Escenarios o eventos. Para poder realizar correctamente los cálculos de las distribuciones de probabilidad de pérdida se debe recurrir al concepto de «evento». Los eventos están constituidos por el paso de huracanes, tormentas y otras amenazas.
- Vulnerabilidad. Se define como la susceptibilidad o propensión de los inmuebles expuestos a ser dañados por el efecto de un peligro o amenaza. Se expresa en términos del valor de reparación del daño causado a un sistema expuesto, normalizado con respecto al costo de la reconstrucción total; por lo que la función de vulnerabilidad toma valores entre cero y uno.
- Daño esperado dada la intensidad
- Para inmuebles de un solo nivel, el valor esperado de daño por inundación es la siguiente función:

$$(*) \quad E(\beta IT) = aT^3 + bT^2 + cT$$

$T[m]$: tirante de inundación para el sitio analizado. a, b, c : constantes que definen la función para diferentes tipos de usos.

Para inmuebles de varios niveles, se extrapoló la función de daño anterior, suponiendo que los valores y la densidad de contenidos se mantendrán constantes con el número de niveles y para cualquier tirante de inundación

$$E(\beta IT) = \frac{\delta_{N_{I\max}} (N_{st} - 1) + \delta_{N_{IT}}}{N_T}$$

$\delta_{N_{I\max}}$: Daño calculado usando (*) para tirante máximo.

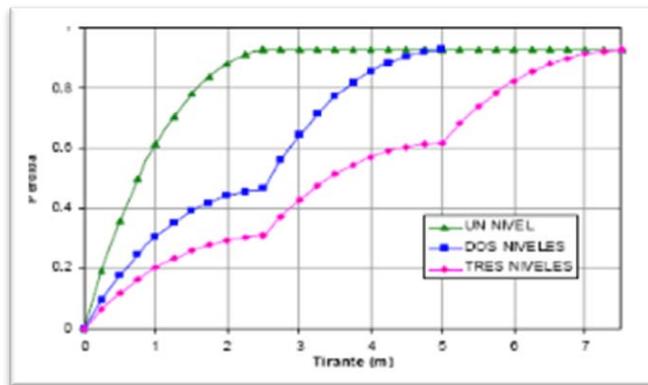
$\delta_{N_{IT}}$: Daño calculado con la misma ecuación para un tirante T sobre los niveles completamente inundados.

N_T : Número total de niveles.

N_{st} : Nivel donde se encuentra la superficie de inundación del agua.

Esta ecuación tiene como límite de aplicación la altura máxima del inmueble y a partir de este valor la pérdida es constante.

GRÁFICA 1.3. Función de vulnerabilidad ante inundación para un hotel tipo de uno, dos y tres niveles



- Densidad de probabilidad del daño en una edificación. Las relaciones de vulnerabilidad no son deterministas, por lo que se supuso que, dada una intensidad de inundación, el daño bruto β es una variable aleatoria cuya esperanza (valor medio) está dado por las ecuaciones anteriores.

La densidad de probabilidades del daño en la estructura se supondrá de tipo Beta, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$P_{\beta}(\beta) = \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} \beta^{a-1} (1-\beta)^{b-1}$$

Donde a y b son parámetros calculados a partir de la media y el coeficiente de variación del daño, $C(\beta)$

$$a = \frac{1 - E(\beta) - E(\beta)C^2(\beta)}{C^2(\beta)}$$

$$b = a \left[\frac{1 - E(\beta)}{E(\beta)} \right]$$

$$C^2(\beta) = \frac{\sigma_{\beta}^2(\beta)}{E^2(\beta)}$$

σ_{β}^2 : varianza de la pérdida

$$\sigma_{\beta}^2 = Q(E(\beta))^{r-1} (1 - E(\beta))^{s-1}$$

$$Q = \frac{V_{\max}}{D_0^{r-1} (1 - D_0)^{s-1}}$$

$$s = \frac{r-1}{D_0} - r + 2$$

Dónde:

V_{\max}, D_0, r : Parámetros que dependen del tipo de estructura.

V_{\max} : Varianza máxima.

D_0 : Nivel del daño para el que ocurre esta varianza máxima.

3.3.3 Metodología del CENAPRED

Debido a las consecuencias catastróficas del sismo de 1985, en México surgieron diversas iniciativas para crear una institución que estudiará los aspectos técnicos de la prevención de desastres. Por un lado, el Gobierno Federal emprendió la tarea de establecer el Sistema Nacional de Protección Civil (Sinaproc). Por otra parte, el Gobierno de Japón ofertó su apoyo para mejorar los conocimientos existentes en relación con la prevención de desastres sísmicos. Finalmente, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) decidió impulsar a su personal académico de alto nivel para que se dedicase a actividades de investigación y desarrollo en prevención de desastres.

Las tres iniciativas concurren en la creación, el 20 de Septiembre de 1988, del Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred) con carácter de órgano administrativo desconcentrado, jerárquicamente subordinado a la Secretaría de Gobernación. Con el apoyo económico y técnico del Japón se construyeron las instalaciones del Centro; la UNAM aportó el terreno para su construcción y proporciona personal académico y técnico especializado.

La Secretaría de Gobernación provee los recursos para su operación.

- Menaje o enseres. Es la medición de la vulnerabilidad por inundación manejada por el Cenapred, relacionada con los bienes que posee la población dentro de sus viviendas.
- Tipología de la vivienda. La vulnerabilidad de una vivienda está en relación con los materiales con los cuales está construida.
- Materiales en muros y techo. Lista de materiales más utilizados en el país:

CUADRO 3.2. Material de muros de vivienda

Tipo	Descripción
M1	Cartón o plástico
M2	Piedra
M3	Láminas de cartón
M4	Bahareque
M5	Adobe sin repellido
M6	Madera
M7	Adobe de repellido
M8	Mampostería sin elementos de concreto
M9	Mampostería con elementos de concreto

CUADRO 3.3. Material de techos de vivienda

Tipo	Descripción
T1	Cartón o plástico
T2	Lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
T3	Palma
T4	Teja
T5	Losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla
T6	Losa de concreto ligada

3.4 Modelo de riesgo por inundación

La ley de Fuga tiene su origen en diversos estudios de series cronológicas de eventos separados por duraciones aleatorias. Las principales hipótesis de esta ley son:

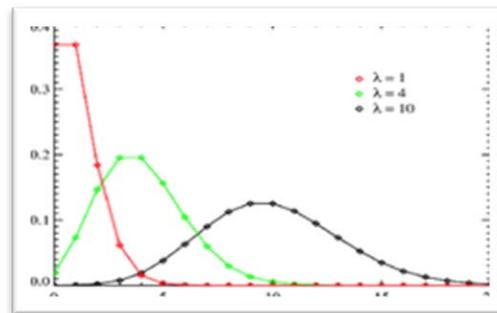
- I. Estacionalidad, es decir, las particularidades estadísticas del evento no cambian en el tiempo.
- II. Independencia entre los eventos.

Esta ley utiliza una distribución Poisson, para simbolizar la probabilidad de ocurrencia de un evento en conjunto con una distribución Exponencial que modela la magnitud media del fenómeno en cuestión.

3.3.4 Proceso Poisson-Exponencial

Se dice que X variable aleatoria (v. a.) se distribuye Poisson(λ) si su función de densidad de probabilidad (fdp) es:

$$P(x = X) = \lambda^x \frac{e^{-\lambda}}{x!}, \quad x \in \{0, 1, 2, 3, \dots\}$$



Esperanza de la Distribución Poisson. Sea X v. a., su esperanza, media o valor esperado es un promedio de los valores que ésta puede tomar, donde cada valor es ponderado por la probabilidad de que X obtenga dicho valor:

$$\begin{aligned}
E(X) &= \sum_{x=0}^{\infty} x \cdot f(x) = \sum_{x=0}^{\infty} x \cdot \lambda^x \frac{e^{-\lambda}}{x!} \\
&= e^{-\lambda} \cdot \sum_{x=0}^{\infty} \lambda^x \frac{x}{x!} \\
&= e^{-\lambda} \cdot \sum_{x=1}^{\infty} \frac{\lambda^{x-1} \lambda}{(x-1)!} \\
&= \lambda e^{-\lambda} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\lambda^k}{k!} \quad \text{con } k = x - 1
\end{aligned}$$

Utilizando el desarrollo de Taylor-Mc Laurin para la función f definida como:

$$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{f^{(k)}(0)}{k!} \cdot x^k$$

En el caso de la función exponencial tenemos que:

$$e^x = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!}$$

Utilizando este desarrollo en la esperanza obtenemos:

$$\begin{aligned}
E(X) &= \lambda e^{-\lambda} e^{\lambda} \\
&= \lambda
\end{aligned}$$

Varianza de la Distribución Poisson. La varianza de una v. a. es una medida del grado de dispersión de los posibles valores que puede obtener la variable con respecto a su media.

$$Var(X) = E(X^2) - E^2(X)$$

Para obtener la varianza de la Distribución Poisson es necesario encontrar el segundo momento de la distribución:

$$\begin{aligned}
E(X^2) &= \sum_{x=0}^{\infty} x^2 \cdot f(x) \\
&= \sum_{x=0}^{\infty} x^2 \cdot \lambda^x \frac{e^{-\lambda}}{x!}
\end{aligned}$$

$$= e^{-\lambda} \left\{ \sum_{x=2}^{\infty} \lambda^x \frac{(x^2 - x)}{x!} + \sum_{x=0}^{\infty} x \cdot \frac{\lambda^x}{x!} \right\}$$

El segundo término de la expresión anterior es $E(X)$, por lo que la ecuación se reescribe como:

$$= e^{-\lambda} \cdot \sum_{x=2}^{\infty} \frac{\lambda^x}{(x-2)!} + \lambda$$

Y utilizando el desarrollo de Taylor-Mc Laurin podemos llegar a una expresión para el segundo momento:

$$\begin{aligned} &= e^{-\lambda} \cdot \lambda^2 \cdot \sum_{x=2}^{\infty} \frac{\lambda^{x-2}}{(x-2)!} + \lambda \\ &= e^{-\lambda} \cdot \lambda^2 \cdot \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\lambda^k}{(k)!} + \lambda && \text{con } k = x - 2 \\ &= e^{-\lambda} \cdot \lambda^2 \cdot e^{\lambda} + \lambda \\ &= \lambda^2 + \lambda \end{aligned}$$

Y volviendo a la definición de varianza,

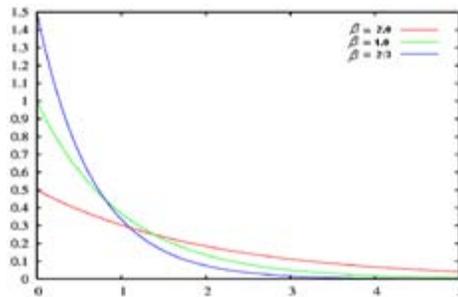
$$\begin{aligned} \text{Var}(X) &= E(X^2) - E^2(X) \\ &= \lambda^2 + \lambda - \lambda^2 \\ &= \lambda \end{aligned}$$

Función de Distribución de Probabilidad Exponencial. La función de Distribución Exponencial es un caso específico de la Distribución Gama. Ambas funciones tienen diversas aplicaciones, no solo en el ámbito científico y de ingeniería; unos de sus posibles usos están relacionados con la teoría de colas, así como en problemas de confiabilidad y tiempos de interarribo.

Sea X v. a. Se dice que X tiene función de Distribución Exponencial con parámetro $\left(\frac{1}{\beta}\right)$ si:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{x}{\beta}}$$

Para toda $x > 0$, y β positiva.



Una de sus principales características es ser la única distribución continua que no posee memoria, es decir, no importa que sucesos o supuestos se tengan, la probabilidad de ocurrencia dado un acontecimiento es la misma aun sin condicionar.

$$P(X \geq y + x | X \geq x) = P(X \geq y)$$

Esperanza de la Distribución Exponencial. Sea X v. a. Al ser una función continua es necesario utilizar una función de integración.

$$\begin{aligned} E(X) &= \int_0^{\infty} x \cdot \frac{1}{\beta} e^{-\frac{x}{\beta}} \partial x \\ &= \frac{1}{\beta} \int_0^{\infty} x \cdot e^{-\frac{x}{\beta}} \partial x \\ &= \frac{1}{\beta} \left[-\frac{x}{\beta} e^{-\frac{x}{\beta}} \right]_0^{\infty} + \beta \left[\int_0^{\infty} e^{-\frac{x}{\beta}} \partial x \right] \\ &= \left[-\beta e^{-\frac{x}{\beta}} \right]_0^{\infty} \\ &= \beta \end{aligned}$$

Varianza de la Distribución Exponencial. Para poder obtener la varianza de la v.a. es necesario encontrar el segundo momento.

$$\begin{aligned}
E(X^2) &= \int_0^{\infty} x^2 f(x) dx = \int_0^{\infty} x^2 \cdot \frac{1}{\beta} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \\
&= \frac{1}{\beta} \int_0^{\infty} x^2 \cdot e^{-\frac{x}{\beta}} dx \\
&= \frac{1}{\beta} \left[-\frac{x^2}{\frac{1}{\beta}} e^{-\frac{x}{\beta}} \right]_0^{\infty} + \frac{1}{\beta} \left[\int_0^{\infty} 2x\beta e^{-\frac{x}{\beta}} dx \right] \\
&= \frac{1}{\beta} \left[-2x\beta^2 e^{-\frac{x}{\beta}} \right]_0^{\infty} + \frac{1}{\beta} \left[\int_0^{\infty} 2\beta^2 e^{-\frac{x}{\beta}} dx \right] \\
&= \frac{1}{\beta} \left[-2\beta^3 e^{-\frac{x}{\beta}} \right]_0^{\infty} \\
&= \frac{1}{\beta} [2\beta^3] \\
&= 2\beta^2
\end{aligned}$$

Una vez encontrado el segundo momento de la distribución, procedemos a generar la varianza.

$$\begin{aligned}
\text{Var}(X) &= E(X^2) - E^2(X) \\
&= 2\beta^2 - \beta^2 \\
&= \beta^2
\end{aligned}$$

Variable Aleatoria S

Sean $y_i \geq 0$ v.as. que sigue una distribución Exponencial $\left(\frac{1}{\beta}\right)$

$$f(y) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{y}{\beta}}$$

Sea $N > 0$ un número entero aleatorio que sigue una distribución Poisson (λ)

$$P(N) = \lambda^N \frac{e^{-\lambda}}{N!}$$

Sea S variable aleatoria, tal que

$$S = \sum_{i=1}^N y_i$$

S representa la suma de $N > 0$ variables aleatorias independientes, que siguen una Ley Fuga con parámetro de forma λ , y escala β .

Esperanza de la variable aleatoria S. La variable aleatoria S representa la suma de un número aleatorio N, que

sigue una distribución Poisson (λ), de variables aleatorias que se distribuyen Exponencial $\left(\frac{1}{\beta}\right)$.

Para poder obtener la media de esta variable aleatoria (S), es necesario condicionar sobre los posible valores que puede obtener N, puesto que es una v. a. que depende de un número aleatorio.

$$S = \sum_{i=1}^N y_i$$

$$E(S) = E\left(\sum_{i=1}^N y_i\right)$$

Condicionamos sobre los posibles valores que puede obtener la variable N por la probabilidad de que este evento ocurra.

$$E(S) = \sum_{k=0}^{\infty} E\left(\sum_{i=1}^N y_i \mid N = k\right) P(N = k)$$

$$= \sum_{k=0}^{\infty} E\left(\sum_{i=1}^k y_i\right) P(N = k)$$

La esperanza de una suma de v.a.s. independientes e idénticamente distribuidas (v.a.i.i.d.), es la suma de las esperanzas de estas v.a.i.i.d. Como las y_i tienen una misma distribución y son independientes entre sí, la expresión anterior se reescribe como:

$$E(S) = \sum_{k=0}^{\infty} k \cdot E(y_i) P(N = K) \quad \text{para cualquier } y_i$$

El primer término es la definición de la esperanza de N

$$E(S) = \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} k \cdot P(N = K) \right\} \cdot E(y_i)$$

Por lo que se concluye que:

$$E(S) = E(N) \cdot E(y_i)$$

$$E(S) = \lambda \cdot \beta$$

Varianza de la variable aleatoria S. Ahora se procede a encontrar la medida de dispersión de la v. a. S con respecto a su media. Para encontrar la varianza es necesario recurrir al concepto de variable condicional.

$$Var(S) = E \left\{ Var \left(\sum_{i=1}^N y_i \mid N = k \right) \right\} + Var \left\{ E \left(\sum_{i=1}^N y_i \mid N = k \right) \right\}$$

Ahora, sustituimos por el valor que puede obtener la v. a. N

$$Var(S) = E \left\{ Var \left(\sum_{i=1}^k y_i \right) \right\} + Var \left\{ E \left(\sum_{i=1}^k y_i \right) \right\}$$

La varianza de una suma de v.a.i.i.d., es la suma de las varianzas de las v. a. i. i. d.

$$\begin{aligned} Var(S) &= E \left\{ \sum_{i=1}^k Var(y_i) \right\} + Var \left\{ E \left(\sum_{i=1}^k y_i \right) \right\} \\ &= E \{ k \cdot Var(y_i) \} + Var \{ k \cdot E(y_i) \} \end{aligned}$$

En el primer término, la varianza de y_i es una constante, por lo que la esperanza de la varianza es la misma varianza. Para el segundo término, la esperanza de y_i es una constante; la varianza de una constante es la constante al cuadrado; por lo que la ecuación anterior se reescribe como:

$$Var(S) = E(N)Var(y_i) + Var(N)E(y_i)^2$$

$$Var(S) = 2 \lambda \cdot \beta^2$$

Tiempos de interarribo. Como se ha observado, las inundaciones son fenómenos naturales que se presentan de manera aleatoria en el tiempo.

Sean T_i variables aleatorias que representan el tiempo entre dos eventos consecutivos (inundaciones). Sabemos que la función de distribución de probabilidad de estas variables es exponencial con parámetro de escala μ_T ; a dichas v. as. se les conoce como tiempo de interarribo.

X_t es el número de eventos que sigue un Proceso Poisson para un tiempo t .

$$f(T) = \frac{1}{\mu_T} e^{-\frac{T}{\mu_T}}$$

Dónde:

μ_T parámetro de forma de la ley exponencial

T intervalo entre dos eventos.

Sea

$$t_r = \sum_{i=1}^r T_i$$

La suma de r variables que siguen una distribución exponencial.

Una forma sencilla de encontrar la distribución de una suma de v.a. es a través de su Función Generadora de Momentos.

$$\begin{aligned} M_{\sum_{i=1}^r T_i}(t) &= E\left(e^{t \cdot \sum_{i=1}^r T_i}\right) \\ &= E\left(\prod_{i=1}^r e^{t \cdot T_i}\right) = \prod_{i=1}^r E(e^{t \cdot T_i}) \\ &= \prod_{i=1}^r \frac{1/\mu_T}{1/\mu_T - t} \\ &= \left(\frac{1/\mu_T}{1/\mu_T - t}\right)^r \end{aligned}$$

De esta forma, la v. a. t_r tendrá una distribución Gama($r, \frac{1}{\mu_T}$), con función de densidad de probabilidad igual a:

$$f(t_r) = \frac{\left(\frac{1}{\mu_T}\right)^r}{(r-1)!} (t_r)^{r-1} e^{-\frac{t_r}{\mu_T}}$$

Variable Aleatoria X_t

A partir de las definiciones anteriores podemos asegurar que:

$$P(X_t \geq r) = P(t_r \leq t)$$

Es decir, la probabilidad de que se presenten al menos r eventos en un periodo t , es equivalente a la probabilidad de que la r -ésima inundación ocurra antes o en el tiempo t .

A partir del resultado anterior podemos encontrar la función de distribución de X_t .

Dado que t_r tiene función de distribución Gama (r, μ_T)

$$P(t_r \leq t) = 1 - e^{-\frac{t}{\mu_T}} \sum_{k=0}^{r-1} \frac{\left(\frac{t}{\mu_T}\right)^k}{k!}$$

Para cualquier $t > 0$

Para cualquier $t > 0$, se cumple que:

$$\begin{aligned} P(X_t = r) &= P(X_t \geq r) - P(X_t = r + 1) \\ &= P(t_r \leq t) - P(t_{r+1} \leq t) \\ &= \left[1 - e^{-\frac{t}{\mu_T}} \sum_{k=0}^{r-1} \frac{\left(\frac{t}{\mu_T}\right)^k}{k!} \right] - \left[1 - e^{-\frac{t}{\mu_T}} \sum_{k=0}^r \frac{\left(\frac{t}{\mu_T}\right)^k}{k!} \right] \\ &= e^{-\frac{t}{\mu_T}} \frac{\left(\frac{t}{\mu_T}\right)^r}{r!} \end{aligned}$$

A partir de la f.d.p. exponencial entre los intervalos o tiempos de interaribo de dos fenómenos naturales, con parámetro de forma μ_T , se concluye que X_t , el número de inundaciones en un periodo de tiempo t , sigue una

$$\text{Ley de Poisson} \left(\frac{t}{\mu_T} \right)$$

Función de densidad de probabilidad de la variable aleatoria S

Sean $y_i \geq 0$ v. as. que sigue una distribución exponencial $\left(\frac{1}{\beta}\right)$; sea $N > 0$ un número entero aleatorio que sigue una Ley de Poisson (ℓ). Entonces:

$$S = \sum_{i=1}^N y_i$$

La variable aleatoria S representa la suma de un número aleatorio N, que sigue una distribución Poisson (ℓ), de variables aleatorias $y_i \geq 0$ que se distribuyen Exponencial $\left(\frac{1}{\beta}\right)$.

Por lo tanto, la v. a. S depende del valor que pueda obtener la v. a. N (Poisson(ℓ)) y las v. as. $y_i \geq 0$ (Exponencial $\left(\frac{1}{\beta}\right)$). Entonces S sigue una distribución Gama $\left(N, \frac{1}{\beta}\right)$.

$$f(x, N) = \frac{\left(\frac{1}{\beta}\right)^N x^{N-1}}{\Gamma(N)} e^{-\frac{x}{\beta}}$$

Se utiliza un cambio de variable $U = \frac{x}{\beta}$ para obtener una variable reducida.

$$T = \begin{cases} v_1 = x \cdot \frac{1}{\beta} \\ v_2 = N \end{cases} \rightarrow T^{-1} = \begin{cases} x = v_1 \cdot \beta \\ N = v_2 \end{cases}$$

$$|J_{T^{-1}}| = \begin{vmatrix} 0 & \beta \\ 1 & 0 \end{vmatrix} = |-\beta| = \beta$$

$$\begin{aligned} f(U, N) &= \beta f(v_1 \cdot \beta, N) \\ &= \beta \left(\frac{1}{\beta}\right)^N \frac{(U\beta)^{N-1}}{\Gamma(N)} e^{-\frac{U\beta}{\beta}} \\ &= \frac{U^{N-1}}{\Gamma(N)} e^{-U} \end{aligned}$$

De la función resultante se desea obtener la función marginal de U. Por la definición de función marginal de probabilidad, se suma sobre todos los valores de N puede tomar, resultando:

$$f(U) = \sum_{N=1}^{\infty} \frac{e^{-\lambda} \lambda^N}{N!} \frac{1}{(N-1)!} U^{N-1} e^{-U}$$

$$f(U) = e^{-(\lambda+U)} \lambda \left[1 + \frac{\lambda U}{2} + \dots + \frac{(\lambda U)^i}{i!(i+1)!} + \dots \right]$$

$$= e^{-(\lambda+U)} \lambda \left[\sum_{i=0}^{\infty} \frac{(\lambda U)^i}{i!(i+1)!} \right]$$

Utilizando una función de Bessel modificada de primer orden la suma puede expresarse como

$$I_1(2\sqrt{\lambda U}) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\sqrt{\lambda U})^{2n+1}}{n!(n+1)!} = \sqrt{\lambda U} + \frac{(\sqrt{\lambda U})^3}{1!2!} + \dots + \frac{(\sqrt{\lambda U})^{2i+1}}{i!(i+1)!} + \dots$$

De esta forma, la función de densidad de probabilidad de la llamada Ley de Fuga para la variable reducida

$$U = \frac{x}{\beta}$$

estará dada por la expresión:

$$f(U) = e^{-(\lambda+U)} \lambda \frac{I_1(2\sqrt{\lambda U})}{\sqrt{\lambda U}}$$

$$f(0) = \lambda e^{-\lambda}$$

Dónde:

λ : Es el parámetro de forma, $\lambda > 0$ (número de eventos dentro en un periodo de tiempo T)

β : Es el parámetro de escala, $\beta > 0$ (lámina media de lluvia por evento)

I_1 : Es la función de Bessel de primer orden

Esta ley es una distribución mixta que tiene una discontinuidad para el valor cero (excepto cuando $\lambda=0$), es decir

la ordenada al origen tiene un valor de $\lambda e^{-\lambda}$.

3.3.5 Prima de riesgo y tarificación

El análisis del riesgo correspondiente a este tipo de productos (nuevos) requiere de un tiempo de estudio y un amplio historial de datos, que aunque existan es difícil tener acceso a ellos. Además la existencia de la información no implica la veracidad o que posea el nivel de confianza necesario.

Debido a la inexistencia de datos de cartera por la innovación del producto, se utilizarán los registros de lámina de lluvia mensual recabados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), como base para los parámetros de las funciones de probabilidad para el cálculo del riesgo por inundación. El cuadro 3.4 contiene el registro de lámina de lluvia mensual presentado en el Distrito Federal, desde 2001 hasta 2010

CUADRO 3.4. Periodicidad de lluvia mensual

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio anual
2001	2.3	8.5	8.5	55.9	58	148.8	162.1	162.1	163	43.7	7.3	3.5	68.64
2002	8.5	2.8	15.3	32.7	29.7	88.1	190.6	102.6	191	88.4	23.4	0.7	64.48
2003	0.3	1.5	14	16.8	17	194.7	146.4	146.2	163.5	56.2	11.3	0.1	64.00
2004	25.5	0.1	23	19	48.5	142.3	115.7	144.1	150.7	53.1	6.1	0.9	60.75
2005	5.9	4.5	3.9	21.9	23.1	90.5	158.8	175.4	64.1	90	6.2	1	53.78
2006	2.2	1.2	11.8	27.6	75.7	105.6	168.6	215.7	153.6	77.4	38.7	4.3	73.53
2007	6	22	20.4	21.4	60.9	104.5	173.8	168.5	172.8	38	7.2	1.6	66.43
2008	0.1	2.9	3.1	39.4	42.6	152.6	164	164.7	113.6	37.7	0	0	60.06
2009	13.2	6.8	8.6	5.9	41.7	86.3	103.6	143	227.8	72.1	0.7	3.4	59.43
2010	25.8	57.3	1.6	14.9	27.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	25.38
Máximo	25.8	57.3	23	55.9	75.7	194.7	190.6	215.7	227.8	90	38.7	4.3	99.96
Mínimo	0.1	0.1	1.6	5.9	17	86.3	103.6	102.6	64.1	37.7	0	0	34.92
Promedio	8.98	10.8	11	25.6	42.5	123.7	153.7	158	155.6	61.8	11.2	1.7	63.72

Fuente: Elaboración propia, con información de CONAGUA.

Para el cálculo de la prima de seguro por inundación, es necesario tener conocimientos de definiciones y aplicaciones estadísticas y probabilísticas.

- Espacio muestral. Denotado por Ω , es el conjunto de todos los posibles resultados que se pueden obtener en un experimento aleatorio.
- Espacio paramétrico. Denotado por Θ , es el conjunto de posibles valores que puede obtener un parámetro (θ).
- Estadístico. Es una función de la muestra aleatoria, la cual no depende de parámetros desconocidos.
- Estimador. Es cualquier estadístico cuyos valores pueden ser usados para estimar o aproximar $\tau(\theta)$ una función del parámetro θ . Una de las principales características de un estimador es que siempre es una v. a. y una función al mismo tiempo. El estimador del estadístico θ se denotara $\hat{\theta}$.
- Métodos de estimación- Método de momentos (Karl Pearson)

Sea $f(X; \theta_1; \dots; \theta_k)$ una densidad de k parámetros, donde:

$$\mu_r = E(X^r) \quad \text{El } r\text{-ésimo momento poblacional alrededor de } 0.$$

$M_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^r$ El r-ésimo momento muestral alrededor del 0.

Igualamos los momentos, tal que:

$$M_1 = \mu_1$$

$$M_2 = \mu_2$$

⋮

$$M_k = \mu_k$$

La solución $(\hat{\theta}_1, \dots, \hat{\theta}_k)$ se conoce como el estimador por el método de momentos.

Método de Máxima Verosimilitud

- Función de verosimilitud. Se define como la densidad conjunta de X_1 hasta X_n (muestra aleatoria) considerada como función de θ y se denota como:

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n f(X_i; \theta)$$

Sea $L(\theta)$ la función de verosimilitud correspondiente a la muestra aleatoria X_1, \dots, X_n de $f(X; \theta)$. Si $\hat{\theta} = T(X)$ es el valor $\theta \in \Theta$ que maximiza a $L(\theta)$, a $\hat{\theta}$ se le llama el estimador máximo verosímil de θ .

$$L(\hat{\theta}_{MV}) \geq L(\theta)$$

Cabe mencionar que también se puede trabajar con la función logarítmica, es decir, utilizar $\log(\theta)$ en vez de $L(\theta)$, este cambio facilitará algunos cálculos sin alterar resultados, pues se puede alcanzar el mismo resultado en el mismo punto.

Estos métodos de aproximación son dos de los más importantes y usados en la estimación de parámetros en hidrología.

El método de máxima verosimilitud es teóricamente el más apropiado para ajustar distribuciones de probabilidad porque produce los estimativos de parámetros más eficientes, sin embargo en ocasiones, no se puede aplicar a todas ellas ya que la maximización debe hacerse numéricamente y no de forma analítica. Para propósitos prácticos el método de momentos es el más fácil de aplicar y apropiado en análisis hidrológicos.

Estimador de la f. d. p. Poisson por método de momentos

Sea X v. a. con f. d. p. Poisson (λ):

$$P(x = X) = \lambda^x \frac{e^{-\lambda}}{x!}, \quad x \in \{0, 1, 2, 3, \dots\}$$

De acuerdo a la definición de estimador máximo verosímil tenemos:

$$E(X) = \frac{1}{n} \sum_1^n X_i$$

$$E(X) = \frac{1}{n} \sum_1^n X_i = \lambda$$

$$E(X) = \lambda$$

$$E(X) = \hat{\lambda} = \bar{X}$$

Por lo que el estimador máximo verosímil para una función de distribución Poisson es la media muestral.

Estimador de la f. d. p. Exponencial por método de momentos

Sea X v. a. con f. d. p. Exponencial $\left(\frac{1}{\beta}\right)$:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{x}{\beta}}$$

Siguiendo la ecuación que define un estimador máximo verosímil tenemos:

$$E(X) = \frac{1}{n} \sum_1^n X_i$$

$$E(X) = \frac{1}{n} \sum_1^n X_i = \beta$$

$$\bar{X} = \beta$$

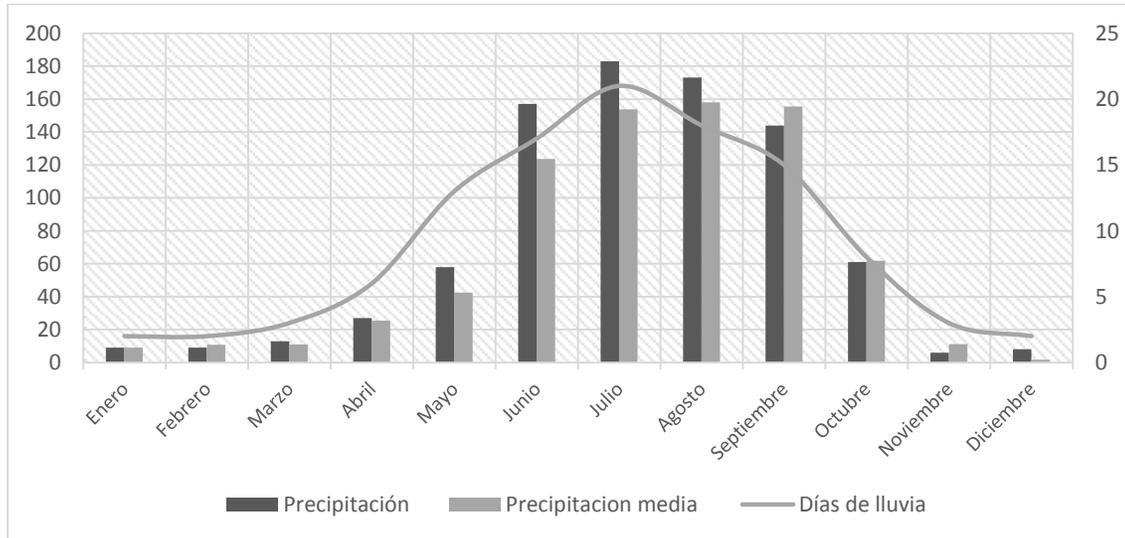
$$\left(\frac{1}{\beta}\right) = \frac{1}{\bar{X}}$$

Por lo que el estimador máximo verosímil para una función de distribución Exponencial es el inverso de la media muestral. Una vez determinado los estimadores para los parámetros de las funciones a utilizar, se procederá a realizar la simulación del número de días que presenten lluvias que afectarán por mes en la región de estudio.

3.3.6 Simulación de precipitaciones

El siguiente paso será generar la intensidad de las lluvias simuladas en el paso anterior, que de acuerdo a las estadísticas afectarán por mes, Para lo cual se utilizarán las estadísticas disponibles en Conagua, Inegi y Educaplus. Para el registro de días que presentan precipitaciones por mes se utilizará la información desplegada en las bases de datos de Educaplus.

GRÁFICA 3.1. Distribución de las precipitaciones



Para el uso de esta Ley en los fenómenos hidrometeorológicos, es necesario tener en cuenta las siguientes hipótesis:

- i. La lluvia es un proceso sin memoria, en lo cual nos ayuda la distribución Exponencial.
- ii. La altura de la lámina de lluvia de cada evento sigue una distribución exponencial.
- iii. El número de eventos (días con lluvia) registrados en una estación de medición en un intervalo t , sigue una distribución de Poisson.
- iv. Si se considera que en la primera hipótesis el proceso es además estacionario, la distribución de la duración entre cada evento, seguirá una ley de distribución exponencial y el intervalo de tiempo T , del número de eventos λ sigue una Ley de Poisson.

CUADRO 3.5. Precipitación media en mm por mes

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Prom. anual
2001	2.3	8.5	8.5	55.9	58	148.8	162.1	162.1	163	43.7	7.3	3.5	68.64
2002	8.5	2.8	15.3	32.7	29.7	88.1	190.6	102.6	191	88.4	23.4	0.7	64.48
2003	0.3	1.5	14	16.8	17	194.7	146.4	146.2	163.5	56.2	11.3	0.1	64.00
2004	25.5	0.1	23	19	48.5	142.3	115.7	144.1	150.7	53.1	6.1	0.9	60.75
2005	5.9	4.5	3.9	21.9	23.1	90.5	158.8	175.4	64.1	90	6.2	1	53.78
2006	2.2	1.2	11.8	27.6	75.7	105.6	168.6	215.7	153.6	77.4	38.7	4.3	73.53
2007	6	22	20.4	21.4	60.9	104.5	173.8	168.5	172.8	38	7.2	1.6	66.43
2008	0.1	2.9	3.1	39.4	42.6	152.6	164	164.7	113.6	37.7	0	0	60.06
2009	13.2	6.8	8.6	5.9	41.7	86.3	103.6	143	227.8	72.1	0.7	3.4	59.43
2010	25.8	57.3	1.6	14.9	27.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	25.38
Máximo	25.8	57.3	23	55.9	75.7	194.7	190.6	215.7	227.8	90	38.7	4.3	99.96
Mínimo	0.1	0.1	1.6	5.9	17	86.3	103.6	102.6	64.1	37.7	0	0	34.92
Promedio	8.98	10.76	11.02	25.55	42.45	123.7	153.73	158.03	155.57	61.84	11.21	1.72	

Fuente: Elaboración propia, con información de CONAGUA.

La importancia de este tipo de estudios se debe al peligro que acompañan a estos fenómenos naturales. Aunque el problema no es solo ambiental, pues el hombre juega un papel importante, ya es éste el que construye cerca de la vera de cuerpos de agua; además, la urbanización transforma el ambiente, dificultando la absorción del agua por el suelo. Aunado a esto, hay que sumar una deficiente cultura de previsión

CUADRO 3.6. Registro de días con lluvia con periodicidad mensual

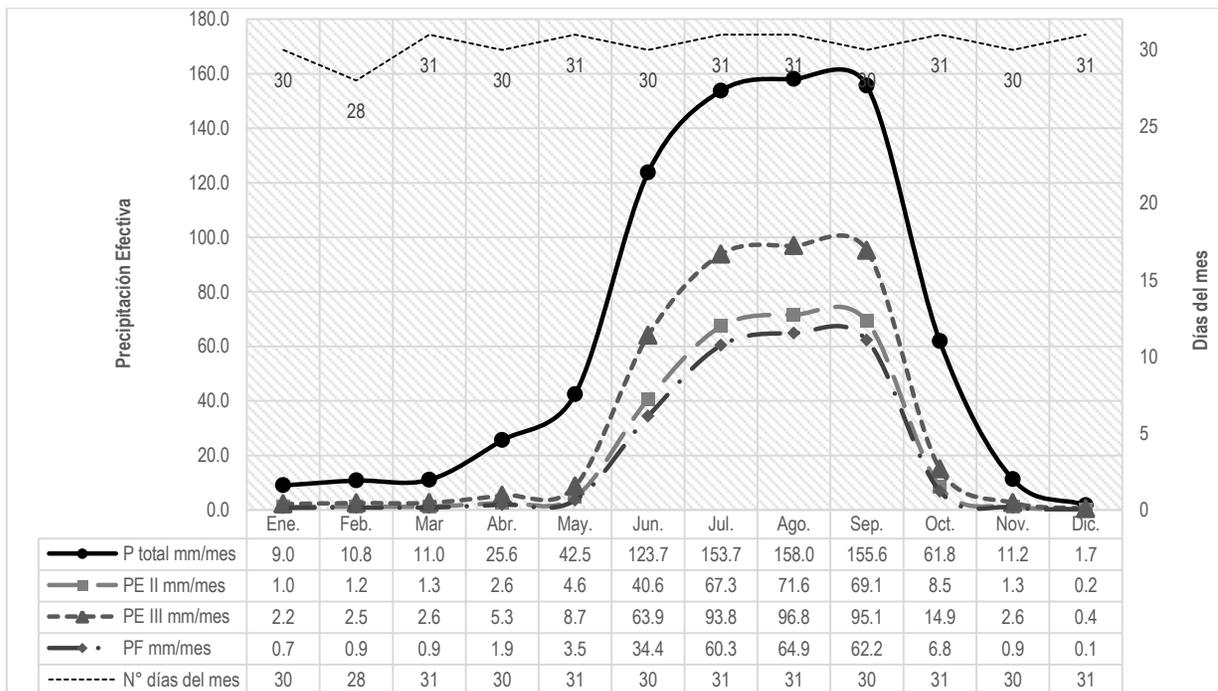
Mes	Precipitación	Días de lluvia	Precipitación por día
Enero	9	2	4.50
Febrero	9	2	4.50
Marzo	13	3	4.33
Abril	27	6	4.50
Mayo	58	13	4.46
Junio	157	17	9.24
Julio	183	21	8.71
Agosto	173	18	9.61
Septiembre	144	15	9.60
Octubre	61	8	7.63
Noviembre	6	3	2.00
Diciembre	8	2	4.00
SUMA	848	110	73.08
PROMEDIO	70.67	9.17	6.09

CUADRO 3.7. Registro de días con lluvia de los últimos 10 años

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
2001	1	2	2	12	13	16	19	17	17	6	4	1	9.17
2002	2	1	4	7	7	10	22	11	20	12	12	0	9.00
2003	0	0	3	4	4	21	17	15	17	7	6	0	7.83
2004	6	0	5	4	11	15	13	15	16	7	3	0	7.92
2005	1	1	1	5	5	10	18	18	7	12	3	0	6.75
2006	0	0	3	6	17	11	19	22	16	10	19	1	10.33
2007	1	5	5	5	14	11	20	18	18	5	4	0	8.83
2008	0	1	1	9	10	17	19	17	12	5	0	0	7.58
2009	3	2	2	1	9	9	12	15	24	9	0	1	7.25
2010	6	13	0	3	6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5.60
Máximo	6	13	5	12	17	21	22	22	24	12	19	1	14.50
Mínimo	0	0	0	1	4	9	12	11	7	5	0	0	4.08
Promedio	2	3	3	6	10	14	18	17	17	9	6	1	

En cualquier parte del mundo donde haya falta de planeamiento, deja de ser una cuestión puramente ambiental (de condiciones de precipitación, o vaciado de cuerpos) y pasa a ser también social, económica, estructural y hasta política.

GRÁFICA 3.2. Modelización de las precipitaciones efectivas mensuales



Fuente: Elaboración propia.

3.4 Reservas técnicas

Las reservas técnicas para el seguro de inundación deberán obtenerse a través de una metodología con muestreo aleatorio, que permitirá determinar la reserva SONR y dar cumplimiento a la Ley vigente con la entrada de Solvencia II ya que esta señala que: “La simulación del índice de siniestralidad última de siniestros ocurridos no reportados FS_i^{IBNR} , de la Institución de Seguros o Sociedad Mutualista de que se trate, deberá considerar el número necesario de iteraciones para asegurar que la mejor estimación de dicho índice FS_i^{IBNR} no difiera en más del 1.0% de su verdadero valor, en el entendido de que el número de iteraciones no podrá ser inferior de 60,000”.

3.5.1 Definición de variables

- Periodo. Año, Semestre, Trimestre o Mes que se tomará como base para el desarrollo del modelo; esté se determinará dependiendo de la estimación que mejor se ajuste a la siniestralidad SONR real.
- Periodo de Origen o Fecha de Ocurrencia del Siniestro (m).- Corresponde al periodo objeto del análisis, en el cual se presenta la ocurrencia de la siniestralidad.
- Periodo de Desarrollo (n).- Es el periodo objeto del análisis, en el cual se presentan las reclamaciones de la siniestralidad ocurrida en el periodo de origen.
- S_{ij} .- Siniestralidad, de siniestros ocurridos en el periodo de origen i y periodo de desarrollo j.
- SA_{ij} .- Siniestralidad Bruta Acumulada en el periodo de desarrollo j, de siniestros ocurridos en el periodo de origen i.
- f_j .- factores de desarrollo del periodo j.
- SAE_{ij} .- Siniestralidad Acumulada Esperada del periodo de origen i y periodo de desarrollo j.
- $SI E_{ij}$.- Siniestralidad Incremental Esperada del periodo de origen i y periodo de desarrollo j.
- R_{ij} .- Residuales del periodo de origen i y periodo de desarrollo j.
- μ_j .- Media del periodo de desarrollo j.
- σ_j .- Desviación Estándar del periodo de desarrollo j.
- RE_{ij} .- Residuales Estandarizados del periodo de origen i y periodo de desarrollo j.
- RE_{ij}^{ALE} .- Residuales Estandarizados Aleatorios del periodo de origen i y periodo de desarrollo j.
- MRE_{ij}^{ALE} .- Monto de Residuales Desestandarizados Aleatorios del periodo de origen i y periodo de desarrollo j.
- PSI_{ij} .- Montos Residuales Aleatorios más Siniestralidad Incremental del periodo de origen i y periodo de desarrollo j.

- PSA_{ij} .- Montos Residuales Aleatorios más Siniestralidad Incremental del periodo de origen i y periodo de desarrollo j .
- f^{ale}_j .- Factores Promedio Aleatorios del periodo j .
- FA^{ale}_j .- Factores Acumulados Aleatorios del periodo j .
- SU_i .- Siniestralidad Ultima del periodo i .
- $SONR_i$.- Reserva de Siniestros Ocurridos pero No Reportados para cada periodo i .
- $SONR^R_i$.- Reserva de Siniestros Ocurridos pero No Reportados Retenida para cada periodo i .
- $SONR^{RET_TOT}$.- Reserva Total de Siniestros Ocurridos pero No Reportados Retenida.
- P_i .- Índice aplicable a las primas devengadas de retención para el periodo siguiente.
- $PDEV_i$.- Prima Devengada de Retención.

3.5.2 Metodología

Partiendo de la matriz de siniestralidad acumulada, el proceso se dividirá en diez pasos donde en cada uno de ellos se generara una matriz hasta obtener la estimación de la reserva para el seguro de inundación_

- Paso 1. A partir de la Matriz de Siniestralidad Acumulada, se obtienen los factores promedio y de desarrollo bajo el método Chain Ladder tradicional.
- Paso 2. Matriz de Acumulada Esperada, partiendo de la última diagonal, se obtiene los datos de años anteriores de forma recurrente sin más que dividir la cifra de año t entre el factor promedio del año $t-1$.
- Paso 3. Matriz Incremental Esperada, a partir de los valores del paso 2, se calculan los incrementos anuales por cada una de las filas.
- Paso 4. Matriz de Residuales, esta matriz se generara como la diferencia de la matriz de siniestralidad ocurrida y la matriz incremental esperada, posteriormente se obtiene la desviación estándar de cada una de las columnas de la Matriz de Residuales.
- Paso 5. Matriz de Residuales Estandarizados, cada valor de la matriz del Paso 4, se dividirá entre el valor de la desviación estándar de su respectiva columna.
- Paso 6. Matriz de Residuales Estandarizados Aleatorios, por medio del proceso Bootstrap, a partir de la matriz del paso 5, se generan muestras aleatorias con reemplazo, donde todos los residuales tienen la misma probabilidad de ser elegidos, esto se realiza con 60,00 iteraciones. A partir de este paso, vamos a dar reversa a la serie de pasos anteriormente descritos hasta llegar a un matriz como la descrita en el Paso 1.

- Paso 7. Matriz de Residuales Des estandarizados, los factores aleatorios en el paso 6, ahora se multiplicara cada valor obtenido en la matriz del paso 6 por la desviación estándar correspondiente obtenida en el paso 4, esto con la finalidad de regenerar los incrementos.
- Paso 8. Matriz Pseudo Incremental Esperada, a los valores de la matriz del paso anterior se le van a sumar los valores de la Matriz Incremental Esperada.
- Paso 9. Matriz Pseudo Acumulada Esperada, a continuación se creara esta matriz sumando los valores de la matriz del paso anterior de manera incremental y volvemos a utilizar el método Chain Ladder para generar nuevamente los factores promedio y acumulados.
- Paso 10. A partir de las muestras generadas, se genera el cálculo de la reserva SONR.

Con base en la estadística de siniestralidad bruta reclamada, la cual ha sido registrada por periodo de origen i y por periodo de desarrollo j , se genera el siguiente triangulo:

Siniestralidad Bruta								
Periodo de Origen	Periodo de Desarrollo							
	1	2	3	...	J	...	n-1	n
1	$S_{1,1}$	$S_{1,2}$	$S_{1,3}$	...	$S_{1,j}$	...	$S_{1,n-1}$	$S_{1,n}$
2	$S_{2,1}$	$S_{2,2}$	$S_{2,3}$	...	$S_{2,j}$	...	$S_{2,n-1}$	
...			
i	$S_{i,1}$	$S_{i,2}$	$S_{i,3}$	...	$S_{i,j}$			
...						
$m-1$	$S_{m-1,1}$	$S_{m-1,2}$						
m	$S_{m,1}$							

Posteriormente se acumula la matriz anterior de la siguiente manera:

Siniestralidad Bruta Acumulada								
Periodo de Origen	Periodo de Desarrollo							
	1	2	3	...	j	...	n-1	n
1	$SA_{1,1}$	$SA_{1,2}$	$SA_{1,3}$	...	$SA_{1,j}$	...	$SA_{1,n-1}$	$SA_{1,n}$
2	$SA_{2,1}$	$SA_{2,2}$	$SA_{2,3}$	...	$SA_{2,j}$	...	$SA_{2,n-1}$	
...			
i	$SA_{i,1}$	$SA_{i,2}$	$SA_{i,3}$	...	$SA_{i,j}$			
...					
$m-1$	$SA_{m-1,1}$	$SA_{m-1,2}$						
m	$SA_{m,1}$							

Dónde:

$SA_{i,j}$ = Siniestralidad Bruta Acumulada en el periodo de desarrollo j , de siniestros ocurridos en el periodo de origen i .

$$SA_{i,j} = S_{i,j} \quad \text{Si } j = 1$$

$$SA_{i,j} = S_{i,j} + SA_{i,j-1} \quad \text{Si } 2 \leq j \leq n$$

Con base en la metodología Chain Ladder tradicional, obtenemos los factores de promedio de acuerdo con la siguiente expresión.

$$f_j = \left(\sum_{i=1}^{n-j} SA_{i,j} \right)^{-1} \times \left(\sum_{i=1}^{n-j+1} SA_{i,j+1} \right)$$

A continuación, se presentan los factores Promedio:

Factores Promedio	$f_j =$	f_1	f_2	f_3	...	f_j	...	f_{n-1}	f_n
-------------------	---------	-------	-------	-------	-----	-------	-----	-----------	-------

Ahora, partiendo de los valores de la última diagonal, se obtienen los valores de los años anteriores de forma recurrente, dividiendo el valor del año t entre el factor promedio del año t , en el siguiente esquema se puede visualizar este proceso.

Siniestralidad Acumulada Esperada								
Periodo de Origen	Periodo de Desarrollo							
	1	2	3	...	J	...	n-1	n
1	SAE _{1,1}	SAE _{1,2}	SAE _{1,3}	...	SAE _{1,j}	...	SAE _{1,n-1}	SAE _{1,n}
2	SAE _{2,1}	SAE _{2,2}	SAE _{2,3}	...	SAE _{2,j}	...	SAE _{2,n-1}	
...			
I	SAE _{i,1}	SAE _{i,2}		...	SAE _{i,j}			
...					
m-1	SAE _{m-1,1}	SAE _{m-1,2}						
M	SAE _{m,1}							

Donde:

$$SAE_{i,j} = \begin{cases} SA_{i,n-(i-1)} & \text{para } j = n - (i - 1) \\ \frac{SA_{i,j+1}}{f_j} & \text{para } j = 1, 2, 3, \dots, n - 1 \end{cases}$$

Con base en el resultado del punto anterior y por diferencias, se determinan los incrementos a partir de los valores estimados conforme a lo siguiente.

Siniestralidad Incremental Esperada								
Periodo de Origen	Periodo de Desarrollo							
	1	2	3	...	j	...	n-1	n
1	SIE _{1,1}	SIE _{1,2}	SIE _{1,3}	...	SIE _{1,j}	...	SIE _{1,n-1}	SIE _{1,n}
2	SIE _{2,1}	SIE _{2,2}	SIE _{2,3}	...	SIE _{2,j}	...	SIE _{2,n-1}	
...			
I	SIE _{i,1}	SIE _{i,2}		...	SIE _{i,j}			
...					
m-1	SIE _{m-1,1}	SIE _{m-1,2}						
M	SIE _{m,1}							

Donde:

$$SIE_{i,j} = \begin{cases} SAE_{i,j} & si j = 1 \\ SAE_{i,j} - SAE_{i,j-1} & si j > 1 y j = n - (i - 1) \end{cases}$$

Para el cálculo de los residuales, se considera la siniestralidad reclamada con periodo de ocurrencia i y periodo de desarrollo j y la siniestralidad proyectada con base en los factores promedios mencionada en el punto anterior conforme a lo siguiente:

Residuales								
Periodo de Origen	Periodo de Desarrollo							
	1	2	3	...	j	...	n-1	n
1	R _{1,1}	R _{1,2}	R _{1,3}	...	R _{1,j}	...	R _{1,n-1}	R _{1,n}
2	R _{2,1}	R _{2,2}	R _{2,3}	...	R _{2,j}	...	R _{2,n-1}	
...			
I	R _{i,1}	R _{i,2}	R _{i,3}	...	R _{i,j}			
...						
m-1	R _{m-1,1}	R _{m-1,2}						
M	R _{m,1}							

Donde:

$$R_{i,j} = S_{i,j} - SIE_{i,j}$$

Una vez obtenidos los residuales, con el siguiente procedimiento se calcula la media y la desviación estándar para cada una de las columnas:

$$\mu_j = \frac{\sum_{i=1}^{m-j+1} R_{i,j}}{m-j+1} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m-j+1} (R_{i,j} - \mu_j)^2}{m-j+1}} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Los resultados de los residuales del punto anterior se dividen entre la desviación estándar de acuerdo a la fórmula anterior obteniendo los residuales estandarizados, que servirán de base para la generación de muestras aleatorias, las cuales se exponen en el punto siguiente de este apartado.

Residuales Estandarizados								
Periodo de Origen	Periodo de Desarrollo							
	1	2	3	...	j	...	n-1	N
1	RE _{1,1}	RE _{1,2}	RE _{1,3}	...	RE _{1,j}	...	RE _{1,n-1}	RE _{1,n}
2	RE _{2,1}	RE _{2,2}	RE _{2,3}	...	RE _{2,j}	...	RE _{2,n-1}	
:	:	:	:		:			
i	RE _{i,1}	RE _{i,2}		...	RE _{i,j}			
:	:	:	:					
m-1	RE _{m-1,1}	RE _{m-1,2}						
m	RE _{m,1}							

Donde:

$$RE_{i,j} = \frac{R_{i,j} - \mu_j}{\sigma_j}$$

CONCLUSIONES

Las inundaciones representan a nivel mundial uno de los desastres naturales que ocasiona mayor número de pérdidas económicas, materiales y de vidas humanas; esto a causa de no hacer un cálculo óptimo del riesgo, donde se pueda prevenir a la población y a los gobiernos para resarcir el daño que provocan estas, implementando modelos actuariales para un mejor control y manejo.

En México las inundaciones ocupan el segundo lugar en pérdidas monetarias para el país. Los cinco estados que presentan mayor número de pérdidas económicas en pesos por inundaciones son Tabasco, Querétaro, Veracruz, Sinaloa y Chiapas. Por su parte, los estados con mayor pérdida de ganado y hectáreas de cultivo son: Tabasco, Veracruz, Tamaulipas, Sinaloa y Oaxaca. Para realizar un análisis de riesgo y sus daños a las viviendas se debe de aproximar a la vulnerabilidad considerando diversos aspectos técnicos como los factores de exposición, la vulnerabilidad física indicativa, la evaluación estructural, el análisis de resultados de vulnerabilidad física y relativa.

Para el diseño de un seguro de inundación que ampare los daños ocasionados a las viviendas se deben valorar las pérdidas causadas y el daño estructural de las residencias, incluyendo daño en los sistemas de calefacción, calentador de agua, aire acondicionado, superficies de piso, refrigeración, la reparación o reposición de los pisos y remoción de escombros.

El seguro contra inundaciones es una de las mejores maneras de protección contra pérdidas ocasionadas por inundaciones. Es importante considerar que dicho riesgo ocurren en todas partes y cualquier lugar puede inundarse bajo determinadas condiciones y afectar la vivienda tanto de dueños e inquilinos de condominios. La cobertura de contenido puede incluir pertenencias como muebles, ropa y otros objetos de valor, de acuerdo con las exclusiones y límites de la póliza.

Aunque las diversas instituciones del país tengan sus propias metodologías, es importante innovar en otro tipo de soluciones donde se tenga contemplado la condición de aleatoriedad y severidad de pérdida, se puede ajustar a una distribución Poisson para obtener las probabilidades que ocurren de forma impredecible de este fenómeno natural. En este sentido, la Secretaría de Gobernación la medición de la vulnerabilidad por inundación manejada por el Cenapred, relacionada con los bienes que posee la población dentro de sus viviendas. La tipología y vulnerabilidad de la vivienda que está en relación con los materiales con los cuales está construida, entre otros aspectos estructurales.

Para el desarrollo de una nota técnica se propone utilizar un modelo de riesgo que basado en la ley de Fuga que entre sus principales hipótesis están la estacionalidad, es decir, las particularidades estadísticas del evento no cambian en el tiempo y la independencia entre los eventos. Esta ley utiliza una distribución Poisson, para simbolizar la probabilidad de ocurrencia de un evento en conjunto con una distribución Exponencial que modela la magnitud media del fenómeno en cuestión.

BIBLIOGRAFÍA

- Arreguín Cortés Dr. Felipe I. Riesgos de inundación en México Tercer Seminario Internacional de Potamología
- Cenapred Fascículo inundaciones
- Cenapred. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos.
- De la Cruz, J. Formulación del riesgo conjunto inundación-sequia, bajo un esquema probabilístico, aplicado en la región hidrológica nazas-aguanaval (RH-36). Tesis Maestría y doctorado en ingeniería, facultad de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. 183pp.
- Hernández, J.A. 2011. Inundaciones y Precariedad: Adaptación y respuesta en la zona Peri-Urbana de la ciudad de Morelia, Michoacán. Tesis Doctorado (Doctorado en Geografía)-UNAM, Facultad de Filosofía y Letras Universidad Nacional Autónoma de México. 292pp.
- Ortiz, .A 2010. Implementación del modelo Hidrológico SWAT: Modelación y simulación multitemporal de la variación de escorrentía en la cuenca del Lago de Cuitzeo. Tesis de Maestría en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. 83pp.
- Reygadas, Y. 201. Cambio en la amenaza de inundación en cuatro subcuencas del sur de la ciudad de Morelia. Tesis de Maestría en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. 134pp.

ÍNDICE DE IMÁGENES

FIGURA 1.1. Daños consecuenciales en las viviendas rurales a causa de inundaciones.....	5
FIGURA 1.2. Ciclo hidrológico del agua	7
FIGURA 1.3. Inundación en Pakistán 1970.	11
FIGURA 1.4. Tifón Nina 1975.....	11
FIGURA 1.5. Zona afectada en la costa pacifica de Japón, 2011	12
FIGURA 1.6. Inundaciones en el sureste de Chiapas.....	20
FIGURA 3.1. Esquematización del seguro de inundación	46
FIGURA 3.2. Zona metropolitana del Valle de México: Grado de marginación por AGEB urbana	48

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1.1. Categorías de precipitación	8
CUADRO 1.2. Principales inundaciones propiciadas en la primera década de este siglo.....	13
CUADRO 1.3. Lista de inundaciones en el continente americano.	15
CUADRO 1.4. Lista de inundaciones en el continente asiático.....	16
CUADRO 1.5. Lista de inundaciones en el continente europeo.	16
CUADRO 1.6. Lista de daños por inundaciones en México	21
CUADRO 1.7. Pérdidas locales en México en pesos.....	21
CUADRO 1.8. Pérdidas locales por estado en pesos	22
CUADRO 1.9. Estados con mayor número pérdidas humanas y damnificados.	22
CUADRO 1.10. Estados con mayor pérdida de ganado y cultivo.....	23
CUADRO 1.11. Combinación de los materiales usados en techos y muros	25
CUADRO 1.12. Índice de vulnerabilidad según el tipo de vivienda.....	26
CUADRO 1.13. Cuantificación del menaje por tipo de vivienda	27
CUADRO 2.1. Probabilidad de que la PML se exceda en los próximos Te años.	33
CUADRO 2.2. Deducibles para el seguro de inundación	43
CUADRO 3.1 . Cuantificación del menaje por tipo de vivienda	47
CUADRO 3.2. Material de muros de vivienda	52
CUADRO 3.3. Material de techos de vivienda	53
CUADRO 3.4. Periodicidad de lluvia mensual.....	64
CUADRO 3.5. Precipitación media en mm por mes.....	68
CUADRO 3.6. Registro de días con lluvia con periodicidad mensual.....	68
CUADRO 3.7. Registro de días con lluvia de los últimos 10 años	69

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1.1. Promedio de exceso/déficit de precipitaciones (azul/rojo) para el periodo 2001-2010.....	19
GRÁFICA 1.2. Función de vulnerabilidad por tipo de vivienda	27
GRÁFICA 1.3. Función de vulnerabilidad ante inundación para un hotel tipo de uno, dos y tres niveles ...	50
GRÁFICA 3.1. Distribución de las precipitaciones	67
GRÁFICA 3.2. Modelización de las precipitaciones efectivas mensuales.....	69