



## Decrease in Flood Risk Due to a Structural Measure

---

Faustino De Luna Cruz and Laura Vélez Morales

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

December 4, 2021

# DISMINUCIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN DEBIDO A UNA MEDIDA ESTRUCTURAL

## *DECREASE IN FLOOD RISK DUE TO A STRUCTURAL MEASURE*

**Faustino De Luna Cruz; Instituto de Ingeniería UNAM; [FLunaC@iingen.unam.mx](mailto:FLunaC@iingen.unam.mx).**

**Laura Vélez Morales; Instituto de Ingeniería UNAM; [lauritrilla@yahoo.com.mx](mailto:lauritrilla@yahoo.com.mx). \***

**\*Teléfono (52)56233600 ext. 8613; Instituto de Ingeniería Edificio 5 Coordinación de Hidráulica UNAM, Circuito Escolar s/n, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, México, CDMX., C.P. 04510.**

Palabras clave: Análisis de riesgo; daño anual esperado; daño en viviendas.

### **Objetivos**

El objetivo de éste artículo es el de presentar una evaluación del riesgo por inundaciones pluviales y su mitigación apoyándose en una metodología y herramientas desarrolladas en el Instituto de Ingeniería, de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIUNAM).

### **Metodología**

Las técnicas de obtención de costos de las afectaciones materiales por inundaciones a los hogares dependen de varios aspectos, entre lo que destacan las zonas donde ocurren estos eventos y los recursos financieros disponibles en las viviendas.

Las pérdidas económicas anuales por inundación se calcularon a partir de la esperanza matemática de los costos de las pérdidas que provoca. El riesgo de daño por inundación se cuantifica como la esperanza matemática o valor esperado de los costos de las pérdidas materiales, producidas por la ocurrencia de la inundación sobre un determinado conjunto de viviendas, se obtiene como:

$$R = p_1V_1C_1 + p_2V_2C_2 + \dots + p_nV_nC_n$$

donde  $p_i$  corresponde a la probabilidad de ocurrencia,  $V_i$  es el índice de vulnerabilidad de las viviendas afectadas (su valor está comprendido entre cero y uno),  $C_i$  es el costo total de los daños de las viviendas afectadas correspondientes al evento de inundación  $i$ . Usualmente se consideran  $n > 5$  eventos; sin embargo, cuando  $n = 1$  se tiene que

$$R = p_1V_1C_1 = pVC$$

Esta última es una de las más conocidas que sirven para evaluar el riesgo de daños.

Las funciones del índice de vulnerabilidad para determinados tipos de viviendas en términos de la profundidad de inundación permiten evaluar el costo de los daños para las elevaciones del agua en las viviendas localizadas dentro del área inundada para cierta probabilidad de ocurrencia.

El valor de mercado de la vivienda basado en el análisis y comparación de bienes iguales o similares al bien objeto de estudio, que han sido vendidos o que se encuentran en proceso de venta en el mercado abierto y permiten estimar el costo esperado de los daños a las viviendas.

Una tarea fundamental para prevenir y disminuir daños debidos a fenómenos hidrometeorológicos es la elaboración de mapas de peligro por inundación, de preferencia basados en simulaciones matemáticas de flujo bidimensional superficial, que se apoyen en una adecuada información hidrológica.

La incertidumbre en el modelado hidráulico se genera por limitaciones en el conocimiento la precisa elevación del terreno y de la superficie del agua, así como por el delta por la distribución del sedimento (Reeve et al., 2010). Beven (2001) concluye que el desarrollo de modelos hidrodinámicos debería ser “lo más realista posible”, teniendo en cuenta que hay un equilibrio entre los costos computacionales y la calidad de los datos disponibles.

En lo que respecta a la información topográfica disponible de la zona de estudio, se utilizó el modelo digital de elevación de alta resolución LiDAR (con resolución de 5m), para estimar la elevación de desplante de las viviendas. Además con dicha información se generó una malla de elevaciones de terreno con resolución de 100 m x 100 m para ser utilizada en la modelación matemática bidimensional.

En la zona de estudio se desplantan del orden de 57,500 viviendas vulnerables a inundaciones, de las cuales aproximadamente 900 se ubican abajo de la cota 1.50 msnm. En la historia de los asentamientos cercanos a los ríos que con frecuencia conviven con inundaciones, dan clara muestra de adaptación a las condiciones del lugar, lo cual en ocasiones no se incluye a los asentamientos “nuevos”, es decir, de los años 80’s a la actualidad. Figura 1



**Figura 1 Capacidad de adaptación de la población**

En lo que respecta a la información hidrométrica disponible, se utilizó el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) de la Comisión Nacional del Agua que integra la red hidrométrica nacional (México). En lo que respecta a la información de precipitaciones acumuladas en 24 horas, se utilizó la base de datos CLICOM, que es el banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

La precipitación acumulada para 90 días asociada a un periodo de retorno de 10 años, fue del orden de 2,000 mm, lo cual es importante para estimar la capacidad del drenaje pluvial necesarios una vez construidos completamente los bordos de protección.

Se hizo la modelación matemática, para registros históricos y los hidrogramas asociados a los periodos de retorno de 2, 5, 10 y 50 años. Es necesario mencionar que se obtienen elevaciones de la superficie libre del agua mayores a los registros históricos debido a que por las características

propias de los análisis estadísticos, resultan valores considerados como conservadores ya que incluyen cualquier posibilidad de variación en la medición de los registros.

Se estima el Daño Anual Esperado (Riesgo), en donde se obtiene que el área bajo la curva es del orden de 1,800 millones de \$/año.

En la Figura 2 Los daños para el periodo de retorno de 2 años no son de 0 pesos, debido a que sí hay daños por que las vialidades se encuentran afectadas por las inundaciones durante varios días, pero los habitantes de las viviendas tienen daños mínimos en el menaje. El riesgo con la medida de estructural se estiman del orden de los 661 millones de pesos/año.

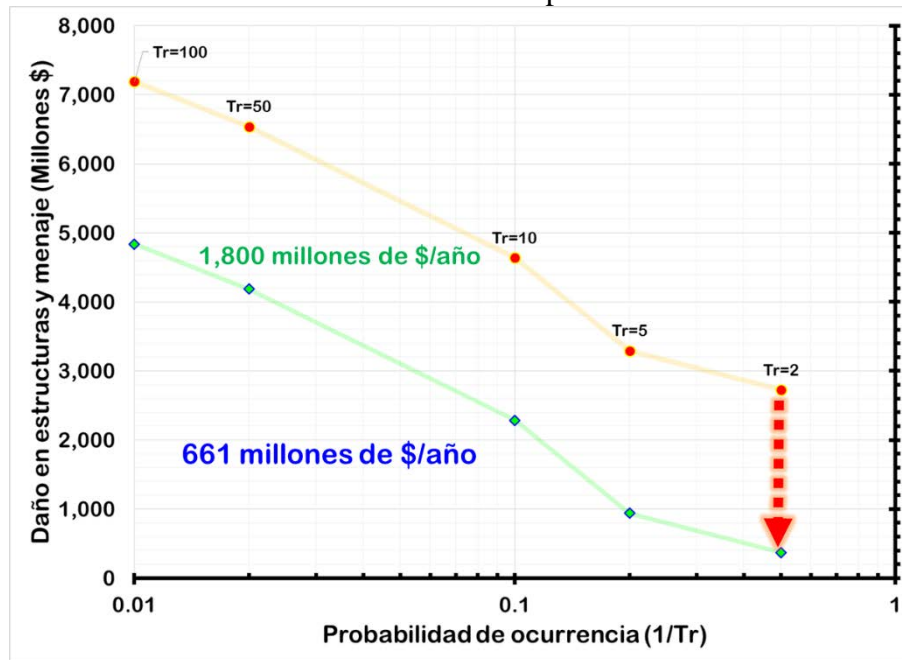


Figura 2 Mitigación del DAE en la zona de estudio con las medidas estructurales

### Conclusiones

El riesgo de daños, también conocido como valor esperado de los daños, es fundamental para el análisis del costo de las medidas estructurales e institucionales para mitigar los efectos desfavorables de las inundaciones y para estimar el beneficio por los daños evitados por su posible implementación.

La evaluación del riesgo debe actualizarse periódicamente por los cambios en la infraestructura, desarrollo urbano y en las viviendas.

Los mapas de riesgo de daño permiten establecer estrategias de prevención y de mitigación del riesgo daños por inundación.

Los mapas de peligro y de riesgo por inundación facilitan la localización de las zonas con los mayores daños potenciales dentro del área de estudio y priorizar los trabajos de restauración por las afectaciones.

### Referencias bibliográficas

BARÓ, Suarez José Emilio. "Costo más probable de daños por inundación en zonas habitacionales de México", septiembre 2011.

CHEN, C. L. (1983). Rainfall intensity-duration-frequency formulas. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 109, No. 12, December 1983, pp. 1603-1621.

Fuentes, O. A., De Luna F., Aragón J. L., Morales H. L., Morales L., (2014) “Caracterización fluvial e hidráulica de las inundaciones en México, organismo de cuenca X golfo centro”, Informe del Instituto de Ingeniería, UNAM elaborado para Comisión Nacional del Agua, (convenio CNA-SGT-GASIR-09/2014), noviembre 2015, México D.F.

OMM-No.1047 Gestión integrada de crecidas: Documento Conceptual. Organización Meteorológica Mundial.. Ginebra, Suiza 2009.

Salas M. A. Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Serie: Atlas Nacional de Riesgos. Fenómenos Hidrometeorológicos., Julio 2011.