

Un primer acercamiento al problema de decisión en emergencias, mediante tablas de pago: caso práctico aplicado en Tabasco, México.

*Miguel Ángel Balladares Sánchez**
Beatriz Pico González†,
Anayansi Careta Isordia‡

Resumen

La aplicación de tablas de pago en un evento de riesgo permite orientar el juicio de los tomadores de decisiones hacia diferentes alternativas de apoyo a la decisión. Se generaron tablas de pago como un primer acercamiento al problema de decisión para evacuar una población en riesgo de inundación; para ello fue necesario calcular los principales costos involucrados en el proceso y determinar las probabilidades. Se aplicaron fórmulas empíricas para obtener los costos del evento en el contexto particular y se determinaron las probabilidades mediante taller de expertos. El estudio se aplicó a un escenario de inundación ocurrido en la ciudad de Villahermosa Tabasco, México. Los resultados muestran que el criterio de Máxima Posibilidad es más sensible a diferentes montos asegurados por fallecimiento de las personas que el criterio de Máximo Valor Monetario Esperado.

Palabras Clave: evacuación, tabla de pago, decisiones, costos

Abstract

The application of pay tables in a risk event can guide the judgment of decision makers to different alternatives to support the decision. Pay tables were generated as a first approach to the problem of decision to evacuate a population at risk of flooding; for this purpose was necessary to calculate the major costs involved in the process and determine the odds. Empirical formulas were applied for the costs of the event in the particular context and probabilities were determined by expert workshop. The study was applied in a scenario of flood occurred in the city of Villahermosa Tabasco, Mexico. The results show that the Maximum Possibility criterion is more sensitive to different amounts insured by death of people than the criterion of Maximum Expected Monetary Value.

* Estudiante doctoral de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Cunduacán Jalpa Km. 1, Colonia La Esmeralda, 86690 Cunduacán Tabasco, México. Correo: miguel.balladares@ujat.mx

† Profesor Investigador de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.

Keywords: evacuation, pay table, decisions, costs.

1 Introducción

Las inundaciones ocasionan alrededor del 40% de las pérdidas económicas y vidas humanas estimadas en 40 000 millones de dólares y 250 000 víctimas por año, respectivamente (Llanes, 2012). Solo en Asia, ocurren más de la mitad de las catástrofes relacionadas con inundaciones (Tingsanchali, 2012). Ante esta situación, la toma de decisiones apoyada por modelos es cada vez más importante en situaciones de emergencia (Dahm R., 2013). No obstante, existe una tendencia al aumento de los costos de los desastres y la frecuencia de ocurrencia en escenarios asociados al cambio climático (Climate, 2014). Al respecto, Tanako (2012) refirió que las sociedades con mayor desarrollo sufren mayores pérdidas económicas.

El desplazamiento de población desde una zona de desastre es una respuesta intuitiva y de primera mano que las personas deciden por ellas mismas o con apoyo de las instancias gubernamentales de ayuda, bajo la dirección de un comité intergubernamental. Sin embargo, cuando las variables de los fenómenos evolucionen con el tiempo se generan situaciones de incertidumbre (Clement, 95) para determinar el momento idóneo para iniciar un proceso de evacuación:

- a) Evacuar con demasiada anticipación, resulta más caro que hacerlo a tiempo. Además, evacuar a las personas y que el evento no se desarrolle tiene consecuencias de orden político y resta credibilidad a los organismos encargados de la ayuda.
- b) Evacuar en medio de la contingencia resulta en mayores pérdidas y mayor peligro para las personas involucradas.

Dada esta complejidad, se han documentado diversos modelos de apoyo como los que se muestran a groso modo, en la tabla siguiente:

Tabla 1 Modelos de apoyo a las decisiones. Basado en la revisión documental

Autor/país	Descripción general
Frieser (2004).	<p>Aplica decisiones secuenciales mediante árboles de decisión. El caso de estudio se centra en desbordamiento de diques en Holanda.</p> <p>El método que utiliza para la evaluación de costos es el <i>método estándar</i>.</p> <p>Las probabilidades que utiliza para alimentar los árboles de decisión se obtienen de la <i>probabilidad de falla</i> de los diques.</p>
Holanda	<p>Los costos tangibles directos los deduce el autor a partir de indemnizaciones gubernamentales recibida por las familias afectadas.</p> <p>Se demuestra mediante el estudio de caso, que los costos tangibles directos integrados por los costos de evacuación y los costos por daños, varían de forma diferente con el tiempo. Este comportamiento y las consecuencias sociales de evacuaciones fallidas permite plantear un modelo que sugiere tres cursos de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Evacuar de forma inmediata b) No evacuar c) Retardar la evacuación hasta obtener mayor información
(Yang, 2012)	<p>Aplica la teoría de sistemas complejos y presenta dos tipos de modelo para la simulación de la evacuación peatonal como apoyo a la toma de decisiones.</p>
China	<p>Uno de los modelos se basa en marco de trabajo Multi-agente y un algoritmo PSO modificado. El otro se basa en las ecuaciones de Euler sobre la dinámica de fluidos. El estudio de caso de la simulación de flujo peatonal se desarrolla en Optical Valley Plaza</p>

Ante la relevancia que tiene para el desarrollo de los países, mitigar los efectos de las inundaciones, se han desarrollado diversos modelos en diferentes ámbitos, con diversos grados de sofisticación y atención a necesidades variadas en contextos particulares. Tal sofisticación depende del número de variables involucradas en el fenómeno estudiado y en la información disponible.

Un enfoque más congruente con la realidad mexicana y los países en desarrollo, daría cabida a la posibilidad de considerar el problema de las inundaciones como un sistema complejo (García, 2000), en donde los modelos de apoyo a las decisiones, operan y evolucionan de forma similar a la construcción del conocimiento, pudiéndose clasificar en modelos intra, inter y trans (García, 2011); cada uno con un grado de sofisticación acorde al contexto.

En este sentido, cobra importancia la propuesta de aplicar herramientas sencillas para acercamientos preliminares al problema de decisión, cuando los sistemas de información son precarios o limitados.

Este trabajo explora el uso de las tablas de pago para apoyar a los comités intergubernamentales de decisiones en países en desarrollo, poniendo en perspectiva los aspectos generales de problema de decisión como un primer acercamiento. Se pretende, mediante un estudio de caso, mostrar la utilidad de estas herramientas usando como insumos los costos principales de un evento y las probabilidades de ocurrencia establecidas mediante taller de expertos.

Hipótesis: es factible aplicar tablas de pago como apoyo preliminar en decisiones bajo riesgo para determinar el inicio o no de un proceso de evacuación o en su defecto, optar por otros métodos de apoyo.

2 Desarrollo de la teoría

Los estudios sobre evacuación de gran escala, se han desarrollado desde cuatro enfoques diferentes: las teorías de la evacuación, el modelado de la evacuación, la toma de decisiones en evacuación y la evaluación de riesgos durante la evacuación (Jing-Hong, 2010). En este ámbito, la logística humanitaria ha aportado diferentes modelos para resolver, en casos de desastres, lo relativo a: alertas, establecimiento de rutas seguras para la evacuación y el suministro, optimización de los tiempos de entrega de suministros básicos como alimento y medicinas, la asignación de albergues, optimización de tiempos de evacuación, minimización de costos de apertura de albergues, entre otros (Gaytán, 2012).

La determinación de los costos tangibles directos de una inundación considera los daños ocasionados por el contacto de personas, infraestructura, bienes muebles, ganado, etc. con el agua y los costos tangibles indirectos se derivan de la interrupción de actividades económicas por el evento, de los procesos de evacuación, de la interrupción de servicios públicos, entre otros (Suarez, 2011). Al respecto, se reconocen tres metodologías para evaluar los costos tangibles directos: método de evaluación directa, métodos conceptuales y el análisis de vulnerabilidad.

Otros métodos como las curvas F-N y F-D asocian el número de personas afectadas por un evento y los daños ocasionados por esta afectación en función de la probabilidad de ocurrencia del fenómeno en estudio (Escuder-Bueno, 2012). No obstante, se ha aplicado evaluación directa para estimar costos de evacuación en modelos probabilísticos de toma de decisiones en procesos de evacuación por desbordamiento de diques en Holanda (Frieser, 2004).

La estimación de las probabilidades de ocurrencia de un evento es básica para alimentar modelos probabilísticos, aunque no parece indispensable para generar una tabla de pagos para

casos de decisiones bajo incertidumbre; no obstante, ésta puede evaluarse mediante modelos o con el apoyo de expertos (Serrano, 2011). Al respecto la ANCOLD, recomienda este medio y utiliza para ello tablas de aproximación para determinar la probabilidad de ocurrencia (ANCOLD, 2003).

3 Materiales y métodos

Se consideró el escenario de inundación descrito en el apartado 2.1 y se aplicaron las fórmulas planteadas en la sección 2.2, estimándose los costos hasta tres días previos a un evento de inundación de una zona urbana por excedentes de lluvia. Los datos generales y los criterios asumidos se plantean en la tabla No. 1. Se considera un patrón de evacuación mostrados por la tabla No. 2 y la figura No. 3.

Para determinar la probabilidad de desbordamiento, se aplicó un taller de expertos aplicando las tablas desarrolladas por la ANCOLD.

3.1 Zona de estudio, escenario de inundación y rutas de evacuación

La zona de estudio y el escenario de inundación se ubican en el Centro Histórico de la Ciudad de Villahermosa Tabasco, México. El último se genera por excedentes de lluvia; se asocia a un periodo de retorno de dos años ($Tr = 0.5$); esto significa que por lo menos cada dos años éste se repite bajo condiciones similares (Aparicio, 1992), registrándose la última de ellas el mes de diciembre de 2013 a raíz del frente frío No. 20 (Barboza, 2013). En esta área inundable viven alrededor de 3,427 personas (Centro, 2009). Para efectos de aplicar el modelo se consideró la evacuación del 80% de la población afectada (2,742 personas) de acuerdo a la respuesta indicada en la curva de evacuación respectiva (CEPC-Tabasco, 2014). Esta zona de afectación está

clasificada en el Atlas de Riesgo del Municipio del Centro como de peligro alto dado que los niveles sobre el nivel del mar oscilan entre 3.79 y 5.59m. (Centro, 2009).

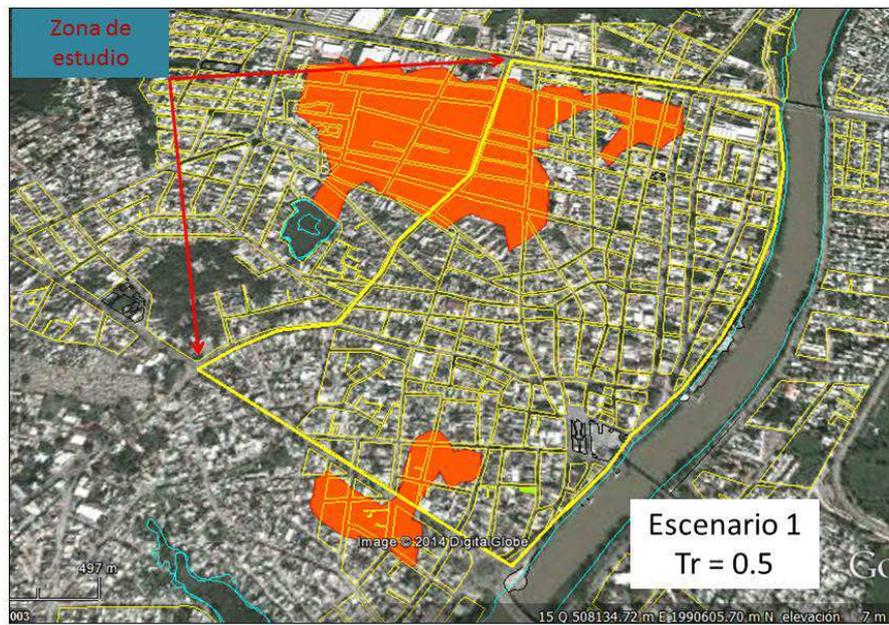


Figura 1 Zona de estudio y área de inundación (marcado en color naranja)

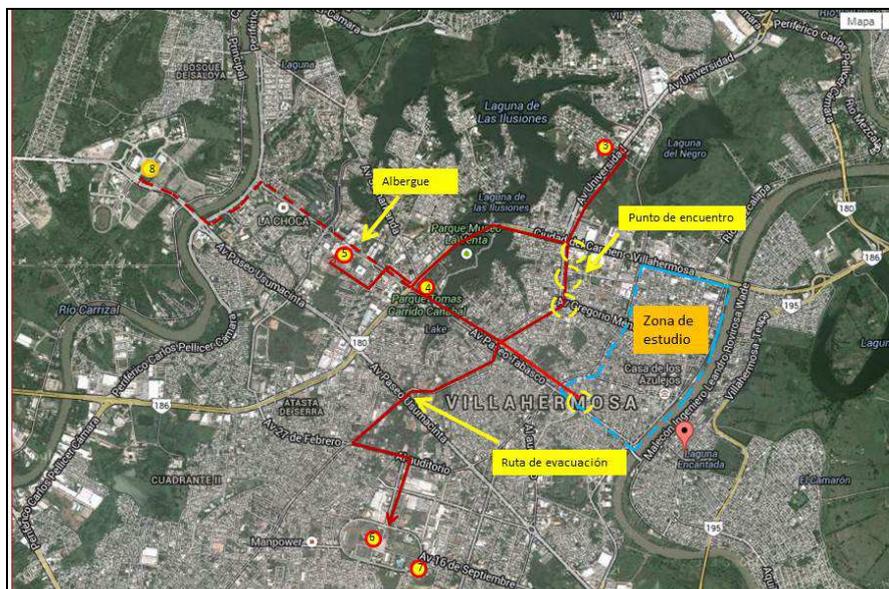


Figura 2 Rutas de evacuación

3.2 Estimación de costos

Se aplicaron dos fórmulas generales generadas a partir de las ecuaciones de Freiser (2004) con ciertas adecuaciones al contexto particular. Se consideran dos tipos de costos importantes para aplicar la propuesta: los costos totales por evacuación (\$ CTE) y los costos totales por daños (\$ CTD).

Los costos totales de evacuación (\$ CTE) dependen de número de personas evacuadas de acuerdo al escenario, el tipo de transporte usado para el traslado, la distancia entre los puntos o sitios del desastre y los albergues, el número de días que las personas permanecen albergadas o separadas de sus viviendas, la manutención de las personas albergadas, la cantidad de personal asignado para la logística del traslado y vigilancia en la zona afectada y personal de apoyo en los albergues para control.

$$\text{\$ CTE} = \text{\$ DR} + \text{\$ M} + \text{\$ L} \quad (1)$$

Donde:

\\$ CTE = Costos Totales de Evacuación

\\$ DR = Costos Desalojo-Retorno

\\$ M = Costos de Manutención

\\$ L = Costos de Logística

$$\text{\$ DR} = \text{TPD} / \text{CT} * 4 \text{DMA} * \text{\$KMR} \quad (2)$$

TPD = Total de Personas Desalojadas y albergadas

CT=Capacidad del Transporte

DMA= Distancia Media entre Albergues y puntos de encuentro de la zona en km

\\$ KMR= Costo por Km. Recorrido

$$\text{\$ M} = \text{\$ AD} * \text{TPD} * \text{ND} \quad (3)$$

\\$ AD= Alimentación Diaria/Persona

TPD = Total de Personas Desalojadas y Albergadas

ND = Número de días entre la evacuación y el evento + 3

$$\text{\$ L} = \text{SMD} * \text{NA} / 20 * \text{ND} \quad (4)$$

\\$ SMD= Salario Medio /Día

NA = No. De afectados

Es importante destacar que a la asignación de los días entre la evacuación y la ocurrencia del evento, se agregaron tres días adicionales considerando el proceso de recuperación post evento.

En la integración de los Costos totales por daños a diferencia de la consideración del número de personas desalojadas (TPD) considerados en los Costos totales por Evacuación, en esta fórmula considera a la población total afectada (NA); aclarando que este último número es mayor al primero. La razón de esta consideración es la siguiente: en caso de darse un evento extraordinario como el que se analiza en esta investigación, en las evacuaciones de lento desarrollo, una gran cantidad de personas emigran o se trasladan de forma independiente hacia lugares seguros (CEPC-Tabasco, 2014).

$$\text{\$ CTD} = 0.01 * \% \text{ NED} * \text{NA} * \text{\$ VED} \quad (5)$$

Donde:

NED =No Evacuados/Día

NA = Número de Afectados

\\$ VED = Valor Económico por Deceso

En la integración de la fórmula anterior, se considera solamente el monto que pudiera generarse de las posibles víctimas mortales de un proceso de evacuación. Se da por hecho que una evacuación tardía implica mayores riesgos. De acuerdo a Frieser (2004), se considera que el 1% de la población no evacuada, independientemente de las razones, está en riesgo de perecer por diferentes causas: ahogamiento, paro cardíaco, etc.

En la asignación del valor económico por deceso, se consideraron los montos establecidos por la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS) (SEGUROS, 2014). El criterio asumido establece como valor por deceso el monto medio asegurado en México, por persona, como protección contra fallecimiento.

Finalmente, los valores NED (No evacuados por día) para aplicar la fórmula 5, se toman de la curva de evacuación respectiva. Dicha curva describe la evolución del número de personas evacuadas por día en caso del establecimiento de los protocolos de actuación. Es de esperarse que cada población responda de forma diferente a un evento pues intervienen aspectos como: tipo de terreno, medio de evacuación, número de habitantes, efectividad de los medios de comunicación, resiliencia de la población, etc.

La aplicación de las fórmulas descritas en la sección 2.2, requirió de datos generales mostrados en la tabla No. 1 así como los datos aportados por la curva de evacuación del evento mostrada en la figura No. 3 la cual se deriva de la tabla No.2. La evolución de los costos se muestra en las tablas No.3 y 4 y la figura No. 4.

DATOS GENERALES			COSTOS BASE		
Concepto	Valor	Fuente	Concepto	Valor	Fuente
Población afectada (Hab) (NA)	3427	Atlas 2013, Protección Civil	Costo alimentación /día/persona (\$ AD)	\$120.00	CENAPRED
Población Desalojada/Albergada (Hab) (TPDA)	2742	Atlas 2013, Protección Civil	Salario medio/día/persona (\$ SMD)	\$220.00	Análisis de Salario Real
Capacidad del medio de transporte (personas por unidad) (CT)	15	SEDENA	Costo medio por km recorrido de transporte (\$KMR) = (\$400.00/60)	\$6.66	SEDENA
Distancia media entre albergues y puntos de encuentro (Km.) (DMA)	3.9	Definido a partir del escenario	Factor para definir costo por km recorrido	(1/60)	Criterio
Factor para definir personal de logística	(1/20)	SEDENA	Valor económico por deceso (\$ VED)	\$ 374, 000.00	AMIS

Figura 2 Datos básicos generados del escenario

Tabla 2 Respuesta de la población al proceso de evacuación considerada para el escenario

Día	% Evacuados	% No evacuados
3	94	6
2	84	16
1	73	27
0	0	100



Figura 3 Curva de evacuación para el escenario

Tabla 3 Costos totales por Evacuación (\$ CTE) para tres días antes del evento considerando la evacuación de 3,427 personas

Día	\$ Desalojo/ retorno	\$ Manutención	\$ Logística	\$CTE	\$CTE (millones)
3	\$ 19,011.20	\$ 1,974,240.00	\$ 226,182.00	\$ 2,219,433.20	\$ 2.22
2	\$19,011.20	\$ 1,645,200.00	\$ 188,485.00	\$ 1,852,696.20	\$ 1.85
1	\$19,011.20	\$ 1,316,160.00	\$ 150,788.00	\$ 1,485,959.20	\$ 1.49
0	\$19,011.20	\$ 987,120.00	\$ 113,091.00	\$ 1,119,222.20	\$ 1.12

Tabla 4 Costos por Daños (\$ CTD) para tres días, considerando \$ 200,000.00 como Monto asegurado por fallecimiento

Día	Desalojados	Pob. Total	No Evacuados	\$CTD	\$CTD (millones)
3	94%	3,427	205	\$ 411,240.00	\$ 0.41
2	84%	3,427	548	\$ 1,096,640.00	\$ 1.10
1	73%	3,427	925	\$ 1,850,580.00	\$ 1.85
0	0%	3,427	3,427	\$ 6,854,000.00	\$ 6.85

Tabla 5 Costos por Daños (\$ CTD) para tres días, considerando \$ 350,000.00 como Monto asegurado por fallecimiento

Día	Desalojados	Pob. Total	No Evacuados	\$CTD	\$CTD (millones)
3	94%	3,427	205.62	\$ 719,670.00	\$ 0.72
2	84%	3,427	548.32	\$ 1,919,120.00	\$ 1.92
1	73%	3,427	925.29	\$ 3,238,515.00	\$ 3.24
0	0%	3,427	3427	\$11,994,500.00	\$ 11.99

Tabla 6 Costos por Daños (\$ CTD) para tres días, considerando \$ 374,000.00 como Monto asegurado por fallecimiento

Día	Desalojados	Pob. Total	No Evacuados	\$CTD	\$CTD (millones)
3	94%	3427	205.62	\$ 769,018.80	\$ 0.77
2	84%	3427	548.32	\$2,050,716.80	\$ 2.05
1	73%	3427	925.29	\$3,460,584.60	\$ 3.46
0	0%	3427	3427	\$12,816,980.00	\$ 12.82

3.3 Asignación de probabilidades

En el caso que se analiza, se realizó un taller de expertos para aproximar la probabilidad de inundación de la zona de interés. Se hizo el ejercicio para tres días previos al posible suceso.

Tabla 7 Probabilidad asignada por expertos para tres días antes del evento

	Respuesta	Probabilidad Asignada
Experto1	Muy probable	0.99
Experto2	Probable	0.9
Experto3	Probable	0.9
Experto4	Neutro	0.5
Experto5	Probable	0.9
Experto6	Muy probable	0.99
Experto7	Muy improbable	0.01
Experto8	Improbable	0.1
Experto9	Muy probable	0.99
Experto10	Improbable	0.1
Experto11	Improbable	0.1
Experto12	Improbable	0.1
	Media	0.548333333

De acuerdo a la probabilidad media mostrada en la tabla 5, existe una probabilidad superior a la media de que se presente una inundación en la zona de interés.

3.4 Acercamiento al problema mediante la aplicación de las tablas de pago: criterios de Máxima Posibilidad y Máximo Valor Monetario Esperado

3.4.1 Análisis para tres días previos al evento: En las tablas siguientes se muestran los valores calculados para tres días antes del suceso y tres diferentes montos asegurados

Tabla 8 Aplicación del criterio de Máxima Posibilidad para \$ CTE (3 días antes) y un Monto asegurado de \$ 200,000.00, tres días antes del suceso

Alternativa/Estado de la naturaleza	Se inunda	No se inunda
Actuar	-2.22	-2.22
No actuar	-0.41	0
Probabilidad a priori	0.54	0.46

De acuerdo a este criterio de Máxima Posibilidad: la decisión es no actuar, dado que se tienen menores pérdidas por no actuar.

Tabla 9 Aplicación del criterio de Máxima Posibilidad para \$ CTE (3 días antes) y un Monto asegurado de \$ 350,000.00, tres días antes del suceso

Alternativa/Estado de la naturaleza	Se inunda	No se inunda
Actuar	-2.22	-2.22
No actuar	-0.72	0
Probabilidad a priori	0.54	0.46

De acuerdo a este criterio de Máxima Posibilidad: la decisión es no actuar, dado que se tienen menores pérdidas por no actuar.

Tabla 10 Aplicación del criterio de Máxima Posibilidad para \$ CTE (3 días antes) y un Monto asegurado de \$ 374,000.00, tres días antes del suceso

Alternativa/Estado de la naturaleza	Se inunda	No se inunda
Actuar	-2.22	-2.22
No actuar	-0.77	0
Probabilidad a priori	0.54	0.46

De acuerdo a este criterio de Máxima Posibilidad: la decisión es no actuar, dado que se tienen menores pérdidas por no actuar.

Tabla 11 Aplicación del criterio de Máximo Valor Monetario Esperado para \$ CTE (3 días antes) y un Monto asegurado de \$ 200,000.00, tres días antes del suceso

Alternativa/Estado de la naturaleza	Se inunda	No se inunda
Actuar	-2.22	-2.22
No actuar	-0.41	0
Probabilidad a priori	0.54	0.46

$$(-2.22*0.54) + (-2.22*0.46) = -2.22$$

$$(-0.41*0.54) + (0*0.46) = -0.22$$

De acuerdo a este criterio, la decisión es no actuar dado que se tienen menores pérdidas económicas.

Tabla 12 Aplicación del criterio de Máximo Valor Monetario Esperado para \$ CTE (3 días antes) y un Monto

asegurado de \$ 350,000.00, tres días antes del suceso

Alternativa/Estado de la naturaleza	Se inunda	No se inunda
Actuar	-2.22	-2.22
No actuar	-0.71	0
Probabilidad a priori	0.54	0.46

$$(-2.22*0.54) + (-2.22*0.46)= -2.22$$

$$(-0.71*0.54) + (0*0.46)= - 0.38$$

De acuerdo a este criterio, la decisión es no actuar dado que se tienen menores pérdidas económicas.

Tabla 13 Aplicación del criterio de Máximo Valor Monetario Esperado para \$ CTE (3 días antes) y un Monto

asegurado de \$ 374,000.00, tres días antes del suceso

Alternativa/Estado de la naturaleza	Se inunda	No se inunda
Actuar	-2.22	-2.22
No actuar	-0.77	0
Probabilidad a priori	0.54	0.46

$$(-2.22*0.54) + (-2.22*0.46)= -2.22$$

$$(-0.77*0.54) + (0*0.46)= - 0.41$$

De acuerdo a este criterio, la decisión es no actuar dado que se tienen menores pérdidas económicas.

2.4.2 Análisis para dos días previos al evento: En las tablas siguientes se muestran los valores calculados para dos días antes del suceso y tres diferentes montos asegurados

Tabla 14 Aplicación del criterio de Máxima Posibilidad para \$ CTE (2 días antes) y un Monto asegurado de \$ 200,000.00, tres días antes del suceso

Alternativa/Estado de la naturaleza	Se inunda	No se inunda
Actuar	-1.85	-1.85
No actuar	-1.10	0
Probabilidad a priori	0.54	0.46

De acuerdo a este criterio de Máxima Posibilidad: la decisión es no actuar, dado que se tienen menores pérdidas por no actuar.

Tabla 15 Aplicación del criterio de Máxima Posibilidad para \$ CTE (2 días antes) y un Monto asegurado de \$ 350,000.00, tres días antes del suceso

Alternativa/Estado de la naturaleza	Se inunda	No se inunda
Actuar	-1.85	-1.85
No actuar	-1.92	0
Probabilidad a priori	0.54	0.46

De acuerdo a este criterio de Máxima Posibilidad: la decisión es actuar, dado que se tienen menores pérdidas por actuar.

Tabla 16 Aplicación del criterio de Máxima Posibilidad para \$ CTE (2 días antes) y un Monto asegurado de \$

374,000.00, tres días antes del suceso

Alternativa/Estado de la naturaleza	Se inunda	No se inunda
Actuar	-1.85	-1.85
No actuar	-2.05	0
Probabilidad a priori	0.54	0.46

De acuerdo a este criterio de Máxima Posibilidad: la decisión es actuar, dado que se tienen menores pérdidas por actuar.

Tabla 17 Aplicación del criterio de Máximo Valor Monetario Esperado para \$ CTE (2 días antes) y un Monto

asegurado de \$ 200,000.00, tres días antes del suceso

Alternativa/Estado de la naturaleza	Se inunda	No se inunda
Actuar	-1.85	-1.85
No actuar	-1.10	0
Probabilidad a priori	0.54	0.46

$$(-1.85 \cdot 0.54) + (-1.85 \cdot 0.46) = -1.85$$

$$(-1.10 \cdot 0.54) + (0 \cdot 0.46) = -0.59$$

De acuerdo a este criterio, la decisión es no actuar dado que se tienen menores pérdidas económicas.

Tabla 18 Aplicación del criterio de Máximo Valor Monetario Esperado para \$ CTE (2 días antes) y un Monto asegurado de \$ 350,000.00, tres días antes del suceso

Alternativa/Estado de la naturaleza	Se inunda	No se inunda
Actuar	-1.85	-1.85
No actuar	-1.92	0
Probabilidad a priori	0.54	0.46

$$(-1.85*0.54) + (-1.85*0.46) = -1.85$$

$$(-1.92*0.54) + (0*0.46) = -1.03$$

De acuerdo a este criterio, la decisión es no actuar dado que se tienen menores pérdidas económicas.

Tabla 19 Aplicación del criterio de Máximo Valor Monetario Esperado para \$ CTE (2 días antes) y un Monto asegurado de \$ 374,000.00, tres días antes del suceso

Alternativa/Estado de la naturaleza	Se inunda	No se inunda
Actuar	-1.85	-1.85
No actuar	-2.05	0
Probabilidad a priori	0.54	0.46

$$(-1.85*0.54) + (-1.85*0.46) = -1.85$$

$$(-2.05*0.54) + (0*0.46) = -1.07$$

De acuerdo a este criterio, la decisión es no actuar dado que se tienen menores pérdidas económicas.

En resumen, si se operan los dos criterios desde el día tres hasta el día uno y tres montos asegurados, los resultados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 20 Se muestran los resultados: Si actuar o No actuar de acuerdo al criterio de optimización de recursos económicos, para tres días previos al evento y tres montos asegurados

Criterio	Monto asegurado \$ 200,000.00 Días Previos			Monto asegurado \$350,000.00 Días Previos			Monto asegurado \$ 374,000.00 Días Previos		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
Máxima Posibilidad	No	No	Si	No	Si	Si	No	Si	Si
Máximo Valor Monetario Esperado	No	No	No	No	No	Si	No	No	Si

4 Discusión de resultados

Si bien la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS), estima en \$374,000.00 el monto medio asegurado por fallecimiento en México (SEGUROS, 2014) se consideraron dos montos asegurados más, que son menores en valor para ofrecer a los decisores diferentes panoramas de acuerdo al nivel socio económico de la población en cuestión.

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 21, se observa que el método de Máxima Posibilidad es más sensible a los montos establecidos por fallecimiento. Por el contrario, el criterio de Máximo Valor Monetario Esperado, es menos sensible al factor económico, incluso, si se considera que una evacuación en el día 1, implica mayor riesgo de pérdidas humanas entre el 27 % de personas no evacuadas (figura 3) en caso de darse el suceso.

Es importante reconocer que la visión de análisis es estática desde tres antes del suceso, no obstante, se pueden analizar horizontes más amplios y apuntalar el análisis con otras herramientas como los árboles de decisión propuestos por Clement (1995).

Con los resultados obtenidos se evidencia la utilidad de las tablas de pago, por lo menos en dos criterios muy sencillos, para acercar a los comités de decisión hacia otras herramientas de análisis y quizá de mayor sofisticación. En este punto resulta interesante apuntar que, de acuerdo

a Jing-Hong et al (2014), hay poca claridad de resultados al intentar analizar exhaustivamente todos los factores que pudieran influir durante una evacuación mediante un solo modelo, y si se considera que la mayoría de las aportaciones se orientan de acuerdo al criterio de los autores (Yazo, 2014), se vislumbra pertinente adaptar la metodología que mejor se comprenda desde la perspectiva y las herramientas de apoyo con que cuenten los decisores.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados mostrados mediante el caso de aplicación, resulta factible acercarse al problema de decisión en casos de emergencias por inundación, aplicando tablas de pago, orientando la toma de decisiones hacia el uso de otras herramientas de análisis. Se concluye que el criterio de Máxima Posibilidad es más sensible, para este caso, que el de Máximo Valor Monetario Esperado.

A partir del presente trabajo, se abre la posibilidad de incursionar en otros criterios de análisis mediante tablas de pago.

Referencias

- ANCOLD. (2003). *AUSTRALIAN NATIONAL COMMITTEE ON LARGE DAMS (ANCOLD): INCORPORATED GUIDELINES ON RISK ASSESSMENT*. AUSTRALIA.
- APARICIO, F. (1992). *EN FUNDAMENTOS DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE (PÁGS. 249-251)*. MÉXICO: LIMUSA. (PÁGS. 249-251). MÉXICO D.F.: LIMUSA.
- BARBOZA, R. (26 DE DICIEMBRE DE 2013). *EL UNIVERSAL.COM*. RECUPERADO EL 12 DE MAYO DE 2014, DE EL UNIVERSAL.COM: [HTTP://WWW.ELUNIVERSAL.COM.MX/ESTADOS/2013/TABASCO-SE-INUNDA-OTRA-VEZ-975341.HTML](http://www.eluniversal.com.mx/estados/2013/tabasco-se-inunda-otra-vez-975341.html).

- CENTRO, M. D. (10 DE OCTUBRE DE 2009). *ATLAS DE RIESGO DEL MUNICIPIO DEL CENTRO*.
VILLAHERMOSA: SEDESOL. RECUPERADO EL 10 DE OCTUBRE DE 2013, DE
VILLAHERMOSA.GOB.MX: WWW.VILLAHERMOSA.GOB.MX/PROTEC_CIVIL/ATLAS_DE_RIESGO.PD
- CEPC-TABASCO. (8 DE FEBRERO DE 2014). *PROTECCIÓN CIVIL TABASCO*. RECUPERADO EL 2 DE FEBRERO
DE 2014, DE PROTECCION CIVIL TABASCO: HTTP://PROTECCIONCIVIL.TABASCO.GOB.MX/
- CLEMENT, R. (1995). *AN INTRODUCTION TO DECISION ANALYSIS. SECOND EDITION*. E.U.: DUKE
UNIVERSITY, 1995, 24-27 PP. EN HARD DECISION (PÁGS. 24-27). E.U.
- CLIMATE, R. M. (2014). *WHAT IS CLIMATE RISK MANAGEMENT? CLIMATE RISK MANAGEMENT*, 1-4.
- DAHM R., D. F. (2013). *"ON THE FLOOD AND INUNDATION MANAGEMENT OF HO CHI MINH CITY, VIETNAM"*.
REINO UNIDO: ICFR:EXPERIENCES IN ASIA AND EUROPE.
- ESCUDE-BUENO. (2012). *A QUANTITATIVE FLOOD RISK ANALYSIS METHODOLOGY FOR URBAN AREAS WITH
NATURAL HAZARDS AND EARTHS SYTEMS SCIENCES*, 2843-2863.
- FRIESER. (2004). *"PROBABILISTIC EVACUATION DECISION MODEL FOR RIVER FLOODS IN THE
NETHERLANDS"*. DELFT HOLANDA: DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY FACULTY OF CIVIL
ENGINEERING AND GEOSCIENCES.
- GARCÍA, R. (2000). *EL CONOCIMIENTO EN CONSTRUCCIÓN*. MÉXICO: GEDISA. 252 PP
- GARCÍA, R. (2011). *INTERDISCIPLINARIEDAD Y SISTEMAS COMPLEJOS*. REVISTA LATINOAMERICANA DE
METODOLOGÍA DE LAS CIENCIAS SOCIALES VOL 1 NO. 1: 66-101.
- GAYTÁN, I. P. (2012). *"UN MODELO BI-CRITERIO PARA LA UBICACIÓN DE ALBERGUES COMO PARTE DE UN
PLAN DE EVCUACIÓN EN CASO DE INUNDACIONES"*. REVISTA INGENIERÍA INDUSTRIAL, 35-56.
- JING-HONG. (2014). *PRINCIPALS ASPECTS REGARDING TO THE EMERGENCY EVACUATION OF LARGE-SCALE
CROWDS: A BRIEF REVIEW OF LITERARTURES UNTIL 2010*. PROCEA ENGINEERING, 1-6.
- KAILIPONI, P. (2010). *ANALYZING EVACUATION DECISIONS USING MULTI-ATTRIBUTE UTILITY THEORY*.
PROCEA ENGINEERING, 163-174.

- LIU, Y. (1 DE MAYO DE 2012). *FLOOD EMERGENCY MANAGEMENT USING HYDRODYNAMIC MODELLING*.
PROCEDIA ENGINEERING 28, 750-53. OBTENIDO DE IBERAULA:
[HTTP://WWW.IBERAULA.ES/WEB/INDEX.PHP](http://www.iberaula.es/web/index.php)
- LLANES. (2012). "EL ABORDAJE DEL ESTUDIO DEL RIESGO NATURAL DESDE LA DISCIPLINA GEOGRÁFICA".
COMUNICACIONES. BREVES CONTRIBUCIONES DEL I.E.G, 113-128.
- SEGUROS, A. M. (17 DE MAYO DE 2014). *AMIS*. RECUPERADO EL 17 DE MAYO DE 2014, DE AMIS:
[HTTP://WWW.AMIS.ORG.MX/AMIS/INDEX.HTML](http://www.amis.org.mx/amis/index.html)
- SERRANO, L. (2011). *DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA COMPLETA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS EN SEGURIDAD DE PRESAS*. ESPAÑA: TESIS.
- SUAREZ, B. (2011). SUÁREZ SUÁREZ, B. J. (2011). "COSTO MÁS PROBABLE DE DAÑOS POR INUNDACIÓN EN ZONAS HABITACIONALES DE MÉXICO". TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DEL AGUA, 12., 1-10.
- TANAKO, T. (16 DE JUNIO DE 2012). *BM PIDE ABRIR PRESUPUESTOS A DESASTRES*. RECUPERADO EL 6 DE ABRIL DE 2014, DE CNEXPANSIÓN: [HTTP:// WWW.CNNEXPANSION.COM/ECONOMIA/2012/06/16/ BM-PIDE-ABRIR-PRESUPUESTOS-A-DESASTRES](http://www.cnnexpansion.com/economia/2012/06/16/bm-pide-abrir-presupuestos-a-desastres)
- TINGSANCHALI, T. (2012). *TINGSANCHALI. URBAN FLOOD DISASTER MANAGEMENT*. PROCEDIA ENGINEERING . PROCEDIA ENGINEERING, 25-37.
- VARELA, J. (2014). *ON-BOARD DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SHIP FLOODING*. PROCEDIA COMPUTER SCIENCE, 1688-1700.
- YANG, B. (2012). *THE RESEARCH OF MULTI RESOLUTION OF THE EMERGENCY EVACUATION*. PROCEDIA ENGINEERING 29, 3110-3116.
- YAZO, O. G. (2014). *DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE ESTUDIO DE CASOS EN SITUACIONES DE SOPORTE LOGÍSTICO*. GLOBAL CONFERENCE ON BUSINESS AND FINANCE PROCEEDINGS, 878-887.

[Lista de subtítulos](#)

Figura 1 Zona de estudio y área de inundación (marcado en color naranja)

Figura 2 Rutas de evacuación

Figura 3 Curva de evacuación para el escenario

Tabla 1 Modelos de apoyo a las decisiones. Basado en la revisión documental

Tabla 2 Respuesta de la población al proceso de evacuación considerada para el escenario

Tabla 3 Costos totales por Evacuación (\$ CTE) para tres días antes del evento considerando la evacuación de 3,427 personas

Tabla 4 Costos por Daños (\$ CTD) para tres días, considerando \$ 200,000.00 como Monto asegurado por fallecimiento

Tabla 5 Costos por Daños (\$ CTD) para tres días, considerando \$ 350,000.00 como Monto asegurado por fallecimiento

Tabla 6 Costos por Daños (\$ CTD) para tres días, considerando \$ 374,000.00 como Monto asegurado por fallecimiento

Tabla 7 Probabilidad asignada por expertos para tres días antes del evento

Tabla 8 Aplicación del criterio de Máxima Posibilidad para \$ CTE (3 días antes) y un Monto asegurado de \$ 200,000.00, tres días antes del suceso

Tabla 9 Aplicación del criterio de Máxima Posibilidad para \$ CTE (3 días antes) y un Monto asegurado de \$ 350,000.00, tres días antes del suceso

Tabla 10 Aplicación del criterio de Máxima Posibilidad para \$ CTE (3 días antes) y un Monto asegurado de \$ 374,000.00, tres días antes del suceso

Tabla 11 Aplicación del criterio de Máximo Valor Monetario Esperado para \$ CTE (3 días antes) y un Monto asegurado de \$ 200,000.00, tres días antes del suceso

Tabla 12 Aplicación del criterio de Máximo Valor Monetario Esperado para \$ CTE (3 días antes) y un Monto asegurado de \$ 350,000.00, tres días antes del suceso

Tabla 13 Aplicación del criterio de Máximo Valor Monetario Esperado para \$ CTE (3 días antes) y un Monto asegurado de \$ 374,000.00, tres días antes del suceso

Tabla 14 Aplicación del criterio de Máxima Posibilidad para \$ CTE (2 días antes) y un Monto asegurado de \$ 200,000.00, tres días antes del suceso

Tabla 15 Aplicación del criterio de Máxima Posibilidad para \$ CTE (2 días antes) y un Monto asegurado de \$ 350,000.00, tres días antes del suceso

Tabla 16 Aplicación del criterio de Máxima Posibilidad para \$ CTE (2 días antes) y un Monto asegurado de \$ 374,000.00, tres días antes del suceso

Tabla 17 Aplicación del criterio de Máximo Valor Monetario Esperado para \$ CTE (2 días antes) y un Monto asegurado de \$ 200,000.00, tres días antes del suceso

Tabla 18 Aplicación del criterio de Máximo Valor Monetario Esperado para \$ CTE (2 días antes) y un Monto asegurado de \$ 350,000.00, tres días antes del suceso

Tabla 19 Aplicación del criterio de Máximo Valor Monetario Esperado para \$ CTE (2 días antes) y un Monto asegurado de \$ 374,000.00, tres días antes del suceso

Tabla 20 Se muestran los resultados: Si actuar o No actuar de acuerdo al criterio de optimización de recursos económicos, para tres días previos al evento y tres montos asegurados