



UTPL

La Universidad Católica de Loja

Modalidad Abierta y a Distancia



Evaluación de Riesgos mediante Modelos Probabilísticos

Guía didáctica



Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Geociencias

Evaluación de Riesgos mediante Modelos Probabilísticos

Guía didáctica

Carrera	PAO Nivel
▪ Gestión de Riesgos y Desastres	V

Autora:

González Briceño Priscila Amalia



PREV_3003

Asesoría virtual
www.utpl.edu.ec

Universidad Técnica Particular de Loja

Evaluación de Riesgos mediante Modelos Probabilísticos

Guía didáctica

González Briceño Priscila Amalia

Diagramación y diseño digital:

Ediloja Cía. Ltda.

Telefax: 593-7-2611418.

San Cayetano Alto s/n.

www.ediloja.com.ec

edilojacialtda@ediloja.com.ec

Loja-Ecuador

ISBN digital - 978-9942-39-516-0



Los contenidos de este trabajo están sujetos a una licencia internacional Creative Commons **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0)**. Usted es libre de **Compartir** – copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. **Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material citando la fuente, bajo los siguientes términos: **Reconocimiento**- debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. **No Comercial**-no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. **Compartir igual**-Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original. No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

7 de abril, 2022

Índice

1. Datos de información.....	8
1.1. Presentación de la asignatura	8
1.2. Competencias genéricas de la UTPL.....	8
1.3. Competencias específicas de la carrera.....	9
1.4. Problemática que aborda la asignatura	9
2. Metodología de aprendizaje	10
3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje	11
 Primer bimestre.....	 11
 Resultado de aprendizaje 1	 11
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje.....	11
 Semana 1	 11
 Unidad 1. Probabilidades: fenómenos geológicos en el contexto de la teoría de probabilidades.....	 12
1.1. Clases de Experimentos	12
1.2. Definición empírica de probabilidades	12
1.3. Definición clásica de probabilidades de La Place.....	12
1.4. Definición axiomática de probabilidades	12
1.5. Incertidumbre, proceso aleatorio y conceptos relacionados	12
1.6. Enfoques probabilísticos.....	12
1.7. Sumar probabilidades	12
1.8. Multiplicar probabilidades, Probabilidad condicional y Sucesos independientes.....	12
1.9. Teorema de Bayes	12
1.10. Variable aleatoria	12
1.11. Descripción probabilística de una variable aleatoria discreta y continua. Función de Probabilidad y Función de Probabilidad Acumulada	12
1.12. Variable aleatoria continua, Función de Densidad de probabilidades y Función acumulada de probabilidades.....	13
1.13. El Valor Esperado y la Varianza de una variable aleatoria.....	13
Actividades de aprendizaje recomendadas	19

Semana 2	19
Actividades de aprendizaje recomendadas	23
Autoevaluación 1	24
Semana 3	26
Unidad 2. Modelación Probabilística	26
2.1. Modelo Uniforme	26
2.2. Ensayo de Bernoulli	26
2.3. Modelo Binomial	26
2.4. Distribución Geométrica	26
2.5. Distribución de Poisson	26
2.6. Aproximación de la Binomial a la de Poisson	26
Actividades de aprendizaje recomendadas	29
Semana 4	30
2.7. Distribución Uniforme	30
2.8. Distribución normal	30
2.9. Distribución Beta	30
2.10. Distribución exponencial	30
2.11. Distribución Gama	30
2.12. Distribución Logarítmico Normal (Lognormal)	30
Actividades de aprendizaje recomendadas	33
Autoevaluación 2	34
Resultado de aprendizaje 2	35
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje	35
Semana 5	35
Unidad 3. Modelos de evaluación de pérdidas	35
3.1. Modelo de evaluación de amenaza Sísmica	35
Actividades de aprendizaje recomendadas	36
Semana 6	36
3.2. Modelo de evaluación de amenaza por inundaciones	36
Actividades de aprendizaje recomendadas	38

Semana 7	38
3.3. Modelo de evaluación de amenazas por lluvias	38
Actividades de aprendizaje recomendadas	39
Autoevaluación 3	40
Semana 8	41
Actividades de aprendizaje recomendadas	41
Segundo bimestre	43
Resultado de aprendizaje 2	43
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje	43
Semana 9	43
Unidad 4. Análisis y evaluación de la amenaza	43
4.1. Evaluación de Amenazas	44
4.2. Modelo de evaluación	45
Actividades de aprendizaje recomendadas	48
Semana 10	48
4.3. Metodología de análisis de amenazas naturales	49
Actividades de aprendizaje recomendadas	52
Autoevaluación 4	53
Semana 11	54
Unidad 5. Definición de inventario de elementos expuestos y vulnerabilidad de las construcciones	54
5.1. Generalidades	54
5.2. Información básica requerida	54
Semana 12	56
5.3. Parámetros para caracterizar la vulnerabilidad física y humana ...	56
5.4. Modelo aproximado de exposición	56
Actividades de aprendizaje recomendadas	58
Semana 13	58

Actividades de aprendizaje recomendadas	63
Autoevaluación 5	64
Semana 14	66
Unidad 6. CAPRA Comprehensive Approach to Probabilistic Risk Assessment	66
6.1. Descripción general del software	67
Actividades de aprendizaje recomendadas	69
Semana 15	70
6.2. Enfoque Integral a la evaluación de riesgos probabilística.....	70
6.3. Usos del modelo CAPRA.....	71
Actividades de aprendizaje recomendadas	73
Autoevaluación 6	74
Semana 16	76
Actividades finales del bimestre.....	76
4. Solucionario	77
5. Glosario.....	85
6. Referencias bibliográficas	88



1. Datos de información

1.1. Presentación de la asignatura



1.2. Competencias genéricas de la UTPL

Son aquellas capacidades (actitudes, habilidades y conocimientos) comunes a todas las profesiones que se ofrecen en la UTPL. Constituye una parte fundamental del perfil que el estudiante debe desarrollar durante su formación.

- Comunicación oral y escrita
- Orientación a la innovación e investigación
- Pensamiento crítico y reflexivo
- Trabajo en equipo
- Compromiso e implicación social
- Comportamiento ético
- Organización y planificación del tiempo

1.3. Competencias específicas de la carrera

GESTIÓN DE RIESGOS Y DESASTRES

- Maneja y evalúa datos relacionados con la gestión de riesgo (mapas temáticos de riesgo, reportes, guías metodológicas).
- Posee capacidades de análisis, síntesis, abstracción y generalización en el manejo de datos y de otras fuentes de información, para el fortalecimiento de la investigación enfocada hacia la aplicación de metodologías y procedimientos en la respuesta y preparación en la gestión del riesgo y la presencia de desastres, en escenarios particulares y específicos, y un nivel adecuado de comprensión a la resolución de conflictos.
- Aplica técnicas y métodos de investigación para la gestión del riesgo, y su gobernanza en la búsqueda y el entendimiento de la vulnerabilidad a las diferentes amenazas que enfrenta la sociedad y el país.
- Genera y determina estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático, como uno de los principales generadores de la presencia de amenazas recurrentes en el país.
- Aplica los conocimientos científico tecnológicos para atender situaciones de emergencia y entender los procesos que lo originan (amenazas, vulnerabilidades y riesgos).

1.4. Problemática que aborda la asignatura

En la actualidad el impacto de eventos naturales tal como: inundaciones, incendios forestales, terremotos y otros eventos peligrosos de origen natural y socio natural, evidencian el riesgo al que están expuestas las comunidades en situación de vulnerabilidad ante este tipo de fenómenos en todo el mundo. Es por esto que es de vital importancia contar con las herramientas o instrumentos que nos permitan evaluar y anticipar en gran medida los riesgos potenciales de estos desastres, para poder minimizar su impacto y tomar medidas de pronta respuesta, con la finalidad de generar acciones que se encaminen a prevenirlas o mitigarlas, sobre todo en la toma de decisiones desde la perspectiva de la planificación física, la reducción y la financiación; es así como la carrera de Gestión de Riesgos

y Desastres, a través de la asignatura de *“Evaluación de riesgos mediante modelos probabilísticos”*, busca dotar al estudiante de las competencias necesarias que le permitirán evaluar los eventos naturales a un nivel más preventivo, haciendo uso de la estadística, específicamente, de los modelos probabilísticos, a través, de metodologías y evaluaciones probabilísticas, que le permita inferir, cuantificar y pronosticar el daño que estos eventos naturales y socio naturales podrían causar a la población en general.



2. Metodología de aprendizaje

A través del aprendizaje por descubrimiento y el aprendizaje basado en problemas, usted va a comprender y analizar cada uno de los elementos que se contemplan en la planificación semanal.

Para ello, lo invito a revisar los materiales y recursos educativos que se han previsto en cada uno de los temas a desarrollarse en las semanas que comprende el período académico.

Mediante la lectura de los documentos elaborados y también con las orientaciones académicas que reciba por parte de su profesor, podrá descubrir la utilidad de las medidas e indicadores que le permitan lograr los resultados de aprendizaje y, por tanto, el desarrollo de las competencias profesionales.

La aplicabilidad se la descubre mediante el desarrollo de problemas, de ahí que es importante que vaya revisando los ejercicios desarrollados en el texto básico, así como también vaya desarrollando otros ejercicios que se encuentran propuestos en el texto.



3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje



Primer bimestre

Resultado de aprendizaje 1

- Emplea modelos probabilísticos para evaluar los riesgos.

Para lograr este primer resultado de aprendizaje, es necesario partir de la identificación de los elementos conceptuales de las probabilidades, por ello, lo invito a que asuma con claridad los diferentes conceptos, comprendiendo su significado, alcance y aplicabilidad en cada uno de los momentos de aprendizaje.

Cuando usted ha logrado comprender cada uno de los elementos conceptuales, podrá entender que son las probabilidades y cuál es su enfoque dentro de la gestión del riesgo.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje



Semana 1

Unidad 1. Probabilidades: fenómenos geológicos en el contexto de la teoría de probabilidades

1.1. Clases de Experimentos

1.2. Definición empírica de probabilidades

1.3. Definición clásica de probabilidades de La Place

1.4. Definición axiomática de probabilidades

1.5. Incertidumbre, proceso aleatorio y conceptos relacionados

1.6. Enfoques probabilísticos

1.7. Sumar probabilidades

1.8. Multiplicar probabilidades, Probabilidad condicional y Sucesos independientes

1.9. Teorema de Bayes

1.10. Variable aleatoria

1.11. Descripción probabilística de una variable aleatoria discreta y continua. Función de Probabilidad y Función de Probabilidad Acumulada

1.12.Variable aleatoria continua, Función de Densidad de probabilidades y Función acumulada de probabilidades

1.13.El Valor Esperado y la Varianza de una variable aleatoria

¡Estimado alumno! Empezamos el estudio de esta asignatura revisando la primera parte. Es importante poder diferenciar entre dos clases de fenómenos o experimentos:

Determinísticos: que son aquellos realizados bajo las mismas condiciones generales, presentan siempre el mismo resultado, es decir, se relacionan con la **causalidad**. Algunos ejemplos serían: las leyes gravitacionales, las leyes de Kepler sobre el comportamiento de los planetas, etc.

Aleatorios: estos así estén bajo iguales condiciones y se pueda saber los posibles resultados, ninguno se puede anticipar con certeza, es decir, este se basa en factores de **casualidad** o del azar, que imposibilita controlarlos debido al desconocimiento de las causas. Algunos ejemplos serían: muestras aleatorias de repuestos bien fabricados, la duración de llamadas telefónicas de emergencia, el resultado de un partido de fútbol, etc.

Entonces el objeto de la teoría de probabilidades **es proporcionar un modelo matemático adecuado**, aplicable a la descripción e interpretación de los fenómenos aleatorios. Ante esto se busca entender el concepto de Probabilidad, así como su enfoque. A continuación, veamos algunos conceptos:

La probabilidad es el:

"Valor entre cero y uno, inclusive, que describe la posibilidad relativa (oportunidad o casualidad) de que ocurra un evento." En general es un número que describe la posibilidad de que algo suceda. (Lind, D., Marshall, W. & Wathen, S. 2019).

Adicional también podemos enunciar las siguientes definiciones:

Tabla 1.
Definiciones de probabilidades

Empírica	Clásica de La Place (1812)	Axiomática
La frecuencia de ocurrencia, expresada como frecuencia relativa, se transforma en la probabilidad de ocurrencia, esta verificación experimental que conduce a interpretar la probabilidad como: <i>el límite de la frecuencia relativa que resultaría de considerar una serie infinita de experiencias.</i>	La probabilidad de A es igual al número de casos favorables a A, sobre número de casos totales, donde k es el número de casos posibles a A en una serie de n casos totales siempre que todos los casos sean equiprobables..	Kolmogorov (1933), baso a la probabilidad en el cumplimiento de algunos axiomas como: <ul style="list-style-type: none"> ▪ $P \geq 0$ ▪ $0 \leq P \leq 1$
$P(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n_A}{n}$	$P(A) = \frac{k}{n}$	Si A y B ocurren simultáneamente: $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$ Si A y B no ocurren simultáneamente: $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$

Fuente: Elaboración propia

Para un mejor entendimiento del tema de probabilidades es importante que maneje algunos conceptos como: fenómenos y experimentos aleatorios, resultado, espacio muestral, variables aleatorias, suceso, suceso simple y compuesto, suceso imposible, complementario o contrario, equiprobable y no equiprobable y sucesos mutuamente excluyentes. Estos conceptos deben ser ampliamente dominados, ya que permiten la construcción de un modelo.

Es importante poder conocer hacia donde se enfocan las probabilidades es por esta razón que el enfoque de la probabilidad se divide de la siguiente forma:

Figura 1.

Enfoques de las probabilidades

Enfoque clásico

Determina valores de probabilidad antes de realizar el experimento. (enfoque a priori).
Se da cuando todos los resultados son igualmente probables y no pueden ocurrir al mismo tiempo.

Enfoque de frecuencias relativas

Determinar la probabilidad en base a la proporción de veces que ocurre un resultado favorable (enfoque empírico), debido a que para determinar los valores de probabilidad se basa en la observación y recopilación de datos.

Enfoque subjetivo de la probabilidad

Determina que la probabilidad de un evento se da en base al grado de confianza que una persona tiene en que el evento ocurra basada en toda la evidencia que tiene disponible, fundamentado en la intuición, opiniones, creencias personales y otra información indirecta (enfoque personalista).

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, dentro del tema de gestión de riesgos es claro que los enfoques probabilísticos más utilizados son: el enfoque clásico y el enfoque de frecuencias relativas.

Sumas de Probabilidades

Si se quiere conocer la probabilidad que ocurra un suceso A u ocurra un suceso B y si A y B pueden ocurrir simultáneamente, entonces la probabilidad de que ocurra A o B es la suma de las probabilidades

individuales de esos eventos menos la probabilidad que ambos ocurran simultáneamente.

$$P(A \text{ ó } B) = P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B), \text{ para } A \cap B \neq \emptyset.$$

Por ejemplo, si el suceso A par = {2, 4, 6} y el $B > 3$ = {4, 5, 6} ambos tienen dos elementos en común,

$A \cap B = \{4, 6\}$. La probabilidad de que ocurra un número par o un número mayor a 3 es:

$$P(A \cap B) = \frac{3}{6} + \frac{3}{6} - \frac{2}{6} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$$

Multiplicar probabilidades, probabilidad condicional y Sucesos independientes

Si se quiere conocer la probabilidad de dos sucesos que ocurren simultáneamente se hace foco en los eventos que ambos sucesos tienen en común, esto es la *intersección*. La fórmula que se emplea para el cálculo lleva a la definición de **probabilidad condicional y a la de sucesos dependientes**. Dos sucesos son dependientes cuando la probabilidad de ocurrencia de uno cambia, afecta o depende de la ocurrencia de otro. Sea B un suceso que sabemos que ha ocurrido, la **probabilidad condicional** de un suceso A dado que ha ocurrido B , se escribe $P(A|B)$, se define como:

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}, \text{ que es igual a } P(A \cap B) = P(B) * P(A|B)$$

Y se llama probabilidad condicional de un suceso B dado que A ha ocurrido

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}, \text{ que es igual a } P(A \cap B) = P(A) * P(B|A)$$

De las expresiones anteriores se deduce la **regla de la multiplicación de sucesos dependientes**.

Dos sucesos A y B **son independientes** cuando la ocurrencia o no ocurrencia de uno de ellos no cambia la probabilidad de ocurrencia del otro.

Es decir, $P(A) = P(A)$ o $P(B)$ entonces al reemplazar esto en la ecuación se tiene:

$$P(A \cap B) = P(A) * P(B)$$

Evidentemente, si A y B son mutuamente excluyentes $P(A \cap B) = 0$, $P(A \cap B) = P(A) * P(B) = 0$ entonces de ahí que si la probabilidad conjunta de dos eventos es cero, los eventos son independientes.

Si interesa conocer si dos sucesos son mutuamente excluyentes se analiza la probabilidad de que por lo menos ocurra uno o varios sucesos, es decir se analiza lo que ocurre en la unión. Pero cuando interesa conocer si dos sucesos son independientes se considera la intersección, o la probabilidad de que ocurran todos los sucesos.

Teorema de Bayes

Expresa la probabilidad condicional de un suceso aleatorio A dado B en términos de la distribución de probabilidad condicional del evento B dado A y la distribución de probabilidad marginal de solo A .

El teorema expresa que si A_1, A_2, \dots, A_n son un conjunto de sucesos mutuamente excluyentes y exhaustivos () con probabilidad de cada uno de ellos distinta de cero (0), y B es un suceso cualquiera del que se conocen las probabilidades condicionales, entonces la probabilidad viene dada por la expresión:

$$P(B) = \frac{P(A_i) * P(A_i)}{\sum_{i=1}^n P(A_i) * P(A_i)},$$

donde $P(A_i)$ es la probabilidad de A_i , $P(A_i)$ es la probabilidad de B cuando se conoce que A_i ha sucedido y $P(B)$ son las probabilidades de A_i cuando se conoce que sucedió B .

Variable Aleatoria

Ahora bien, para aplicar la teoría de probabilidades a situaciones prácticas es más conveniente trabajar con números que con resultados cualitativos, porque los números reales permiten análisis matemáticos. Además, que en ciertos experimentos aleatorios no es posible identificar todos los puntos de una muestra. Estas observaciones inducen a considerar lo que se conoce como **variable aleatoria y función de probabilidades**.

Se llama **Variable Aleatoria** a una función que asigna un número real a cada punto del espacio muestral. Algunos ejemplos de variables estadísticas:

- Y= Resultado de lanzar un dado.
- X= El caudal de un río en m^3
- Z= La magnitud de un terremoto.

Un ejemplo consistiría en pasar de una variable cualitativa a una variable cuantitativa: la presencia de bacterias en dos ríos de la ciudad, esta variable va a tener respuestas cualitativas de si o no existen bacterias en los dos ríos, pero se puede cuantificar esta variable si le damos otro sentido a esta variable, diciendo ahora el número de ríos con presencia de bacterias, lo que ya genera un valor cuantificable, lo que permite ya tener o establecer probabilidades sobre la presencia de bacterias en los dos ríos. Cuantificablemente, tendríamos los valores 0, 1 y 2, lo que es un espacio muestral de $\{0,1,2\}$, formado por tres subconjuntos mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos.

$X = \text{N}^\circ \text{ de ríos con bacterias}$ $R = \{0,1,2\}$

Es importante también saber la diferencia entre variable aleatoria discreta y variable aleatoria continua. La primera hace referencia al espacio muestral con un número finito de elementos o una cantidad infinita numerable tal como: número de vehículos, número de hijos, número de casas, etc. En cambio, la segunda hace referencia a un espacio muestral asociado con un número infinito de puntos, es decir, variables como: el peso de una persona, la estatura de una persona, el caudal de agua en una represa, la fuerza de un terremoto, etc.

Recursos de aprendizaje

Los recursos que va a utilizar para este resultado de aprendizaje son:

LECTURA: [Introducción al análisis estadístico de datos geológicos](#)

El libro le proveerá de todo el marco teórico acerca del concepto de probabilidades y su aplicabilidad dentro de las ciencias geológicas. Deberá leer a partir de la página 32 – 42 para ampliar el tema de esta semana y la revisión de ejercicios prácticos.

LECTURA: Suárez, J. (2002) Introducción a la teoría de la probabilidad.

[Parte I](#)

De este libro revise el capítulo I, de elementos básicos sobre el tema de probabilidades.

LECTURA: Lind, D., Marshall, D & Wathen, S. (2019). Estadística aplicada a los negocios y a la economía. McGraw Hill. Decimoséptima edición.

El libro le ayudará a entender el tema de las probabilidades su concepto y utilidad, para esto revise los capítulos 5, 6 y 7.

Estimado/a estudiante, le animo a completar las actividades recomendadas descritas a continuación



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Reflexione sobre los primeros temas trabajados en la guía virtualizada y en la lectura del primer y segundo libro.
- Revise las orientaciones desarrolladas por el docente en el aula virtual y participe de la tutoría permanente.



Semana 2

Descripción probabilística de una variable aleatoria discreta y continua. Función de Probabilidad y Función de probabilidad acumulada.

Como las variables aleatorias son sucesos que provienen de un experimento, cada suceso tiene una probabilidad asociada. Para el ejemplo anterior de los ríos hay una probabilidad asociada a 0, a 1 y a 2 que serán $P(0)$, $P(1)$ y $P(2)$ respectivamente. Las variables aleatorias se describen con su función de probabilidades y con la función de probabilidades acumuladas.

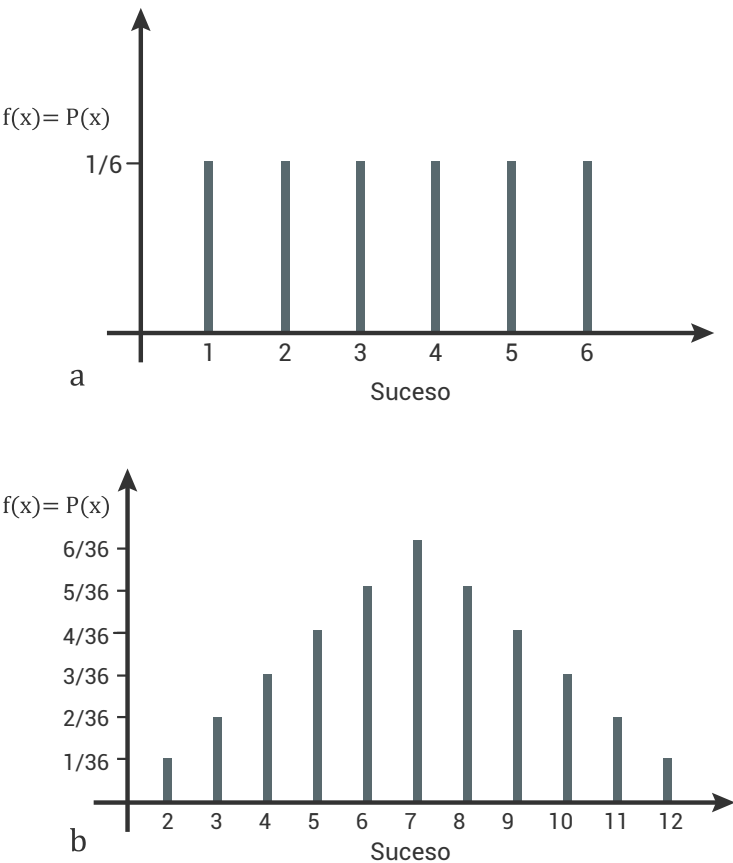
Si X es una **Variable Aleatoria Discreta**, cada valor de x_i , tiene asignado un valor de probabilidad $P(x_i)$, un ejemplo de esto puede ser el número de sismos que se registran al mes en Japón. Por tal razón la función que permite asociar a cada valor de la variable su valor de probabilidad se llama **Función de Probabilidad**.

$$f(x_i) = P(X = x_i)$$

Donde X es la variable aleatoria y x_i es un valor particular de la variable.

Entonces la función $f(x)$, asume el valor numérico para todo x_i , además de que la suma de las probabilidades es igual a 1. $\sum_{i=1}^n f(x_i) = 1$. La función de probabilidad se representa con una tabla, una ecuación o una gráfica.

Figura 2.
Ejemplos de funciones de probabilidad variable discretas aleatorias



Nota: a) Función de probabilidades del experimento aleatorio lanzar un dado y observar es el número que aparece, si el dado no está cargado, los seis números tienen una oportunidad igual de aparecer en cualquier jugada. b) Función de probabilidades del experimento lanzar dos dados simultáneamente con el mismo número y la función de probabilidad de la variable aleatoria suma de los números de ambos dados, en este caso los sucesos no son equiprobables.

Fuente: Alperin, M. (2013)

Otra función útil para caracterizar probabilísticamente a una variable aleatoria X es la Función Acumulada de Probabilidades también llamada Distribución acumulada de probabilidades. Esta función permite calcular la

probabilidad de que la variable aleatoria asuma un valor menor o igual que un número particular. Para una Variable Aleatoria Discreta la distribución de probabilidad acumulada es una función escalonada, puesto que se incrementa por saltos o escalones en cada uno de los posibles valores de X .

Ahora si tenemos una **Variable Aleatoria Continua**, la función de probabilidad es continua, ya que su gráfico es suave y no presenta saltos, pero debido a la continuidad de los valores la probabilidad puede ser de cero, por tal razón es más apropiado utilizar la **Función de Densidad de Probabilidad**, puesto que esta permite acumular la probabilidad de derecha a izquierda y viceversa, generando un intervalo de valores, que permite calcular la probabilidad que tomará la variable entre estos dos valores. Gráficamente se vería así:

Figura 3.

Función de densidad de variables aleatorias continuas



Nota: a) y b) el área bajo la curva $f(x)$ es igual a uno. c) la probabilidad que un valor se encuentre comprendido en el intervalo $[a,b]$

Fuente: Alperin, M. (2013)

El valor esperado y la varianza de una variable aleatoria

Para describir la distribución de probabilidad y distribución de densidad, se hace uso de la media y de la varianza.

El valor medio de una variable aleatoria se conoce como la Esperanza Matemática $E(X)$ o Expectativa, en cambio, que la esperanza para una **variable discreta** es un promedio ponderado de los valores que puede asumir la variable X con probabilidades:

$$E(X) = x_1p_1 + x_2p_2 + \dots + x_np_n$$

$$\sum_{i=1}^N x_i p(x_i)$$

Si la función de probabilidades describe exactamente la distribución de frecuencias entonces el valor esperado es igual a la media poblacional, $E(X) = \mu$.

La esperanza de una **variable continua** es:

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$$

Para obtener el valor preciso de $E(X)$, se debe aplicar el cálculo, pero una aproximación a este valor puede ser subdividiendo el rango en n partes iguales y calculando las probabilidades de que la variable se encuentre en el intervalo comprendido por cada sub intervalo.

La **varianza** de una variable aleatoria es una medida de dispersión con respecto al valor medio, entonces la varianza para los distintos tipos de variables es:

Variable aleatoria discreta	Variable aleatoria continua
$V(X) = E(X^2) - \mu^2$	$V(X) = \sum_{i=1}^n (x_i - \mu^2) f(x_i) c$

*c es la amplitud del intervalo de clase.

Recursos de aprendizaje

Los recursos que va a utilizar para este resultado de aprendizaje son:

LECTURA: [Introducción al análisis estadístico](#)

El libro le proveerá de todo el marco teórico acerca del concepto de probabilidades y su aplicabilidad dentro de las ciencias geológicas. Deberá leer los temas relacionados a esta semana y la revisión de ejercicios prácticos.

LECTURA: Suárez, J. (2002) Introducción a la teoría de la probabilidad.

[Parte II](#) páginas de la 29 – 49

[Parte III](#) páginas de la 49 - 72

De este libro revise el capítulo II sobre variables aleatorias

LECTURA: Lind, D., Marshall, D & Wathen, S. (2019). Estadística aplicada a los negocios y a la economía. McGraw Hill. Decimoséptima edición.

La lectura o revisión de este libro es **opcional** ya que le ayudará a entender el tema de las probabilidades su concepto y utilidad, para esto revise los capítulos 5,6 y 7.

Continuemos con el aprendizaje mediante su participación en las actividades que se describen a continuación:



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Reflexione sobre los primeros temas trabajados en la guía virtualizada y en la lectura del primer y segundo libro.
- Revise las orientaciones desarrolladas por el docente en el aula virtual y participe de la tutoría permanente.

Estimado estudiante, para evaluar su aprendizaje puede realizar la autoevaluación de la Unidad 1.



Autoevaluación 1

Recuerde que la *autoevaluación no es obligatoria*, sin embargo, le ayuda a reforzar sus conocimientos y lo prepara para la evaluación bimestral. ¡Vamos a trabajar!

1. El concepto de probabilidad manifiesta lo siguiente:
 - a. Es la obtención de un valor medio de una serie de valores.
 - b. Es la realización de varios experimentos para comprobar si un evento se cumple o no, a través de varios posibles resultados.
 - c. Es conocer los posibles resultados de una variable aleatoria, a través de su valor máximo y mínimo.
2. ¿Qué es una variable discreta?
 - a. Es la que toma valores enteros.
 - b. Es la que toma valores continuos entre un intervalo de valores.
 - c. Es la que toma valores únicamente negativos.
3. ¿Qué es una variable continua?
 - a. Es la que toma valores únicamente enteros y positivos.
 - b. Es la que toma valores continuos, es decir, valores no enteros.
 - c. Es la que toma valores únicamente negativos.
4. () En la definición axiomática de probabilidad, uno de los axiomas manifiesta:

Si A y B ocurren simultáneamente su probabilidad es:
$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$
5. () ¿El enfoque de frecuencias relativas determina valores de probabilidad antes de realizar un experimento?
6. () ¿La función que da un valor de probabilidad a cada valor de una variable es la función de probabilidad?

7. () ¿Es lo mismo decir función de probabilidad que función de densidad?

[Ir al solucionario](#)



Unidad 2. Modelación Probabilística

2.1. Modelo Uniforme

2.2. Ensayo de Bernoulli

2.3. Modelo Binomial

2.4. Distribución Geométrica

2.5. Distribución de Poisson

2.6. Aproximación de la Binomial a la de Poisson

En esta unidad comenzamos definiendo el concepto de un modelo probabilístico: el cual es una representación matemática deducida de un conjunto de supuestos con el doble propósito de estudiar los resultados de un experimento aleatorio y predecir su comportamiento futuro cuando se realiza bajo las mismas condiciones dadas inicialmente.¹

Modelo Uniforme

En este modelo la probabilidad se distribuye de forma uniforme a lo largo de un intervalo, y proviene de un proceso de selección aleatoria, donde X es una variable aleatoria.

$$X = 1, 2, 3, \dots, n \rightarrow f(x)(X) = \frac{1}{n}$$

¹ Suarez, J. (2002). *Introducción a la teoría de la probabilidad*. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

$$M'(t=0) = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^n x = \frac{1}{n} \frac{(n+1)n}{2} = \frac{n+1}{2} = \mu, \text{ es la media}$$

$$V(X) = \frac{n^2-1}{12} = \sigma^2, \text{ es la varianza}$$

Ejemplo: lanzamiento de un dado al azar. X es la variable aleatoria. Número de sucesos al lanzar el dado.

$$f(x)(X) = \{1/60 \quad X=1,2,3,4,5 \quad \mu = 3.5 \quad \sigma^2 = 35/12$$

Modelo o Ensayo de Bernoulli

Este modelo es el más sencillo de todos. En un experimento aleatorio repetitivo donde ocurren dos resultados posibles A y B, la probabilidad de que ocurra A es p. Un ejemplo puede ser el lanzamiento de una moneda, esperando que salga cara o cruz, a lo largo de n intentos. Probabilidad de éxito o fracaso.

$$X = \{1 \text{ si } A \text{ ocurre} \quad P(X = 1) = p \quad 0 \text{ si } B \text{ ocurre} \quad P(x = 0) = 1-p=q$$

$$\text{La esperanza y varianza serían:} \quad E(X) = \sum_i x_i f(x_i) = p; \quad V(X) = p * q$$

Modelo Binomial

Aquí también se pueden dar experimentos que generan solamente dos resultados posibles (p y q), que son pruebas idénticas, pero independientes, por ejemplo, un pozo perforado tiene o no petróleo, un alumno aprueba o no la materia. La función de probabilidad que nos permite obtener n éxitos en las n pruebas independientes, con p como probabilidad de éxito sería:

$$B(x, n, p) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x},$$

donde $\binom{n}{x} = \frac{n!}{x!(n-x)!}$, son las combinaciones posibles de n elementos de x elementos

Además, este modelo es simétrico cuando p=0.5 y asimétrico cuando p≠0.5.

Modelo o distribución Geométrica

Este modelo tiene dos posibles resultados, A o B, que son independientes, donde la probabilidad de A es p y de B es 1-p, que no cambia en cada

repetición. X viene a ser la variable aleatoria que indica el número de experimentos hasta obtener el resultado A. La variable X toma valor de 1 si A ocurre en el experimento 1, 2 si pasa en el segundo y así sucesivamente.

$$P(x=1) = P(A) = p$$

$$P(x=2) = P(BA) = P(B) \cdot P(A) = (1-p) \cdot p$$

$$P(x=3) = P(BBA) = P(B) \cdot P(B) \cdot P(A) = (1-p)^2 \cdot p$$

Su función de distribución de la variable geométrica es: $f(x) = P(x) = 1-p^{x-1} \cdot p$

Su esperanza es: $E(X) = \frac{1}{p}$

Su varianza es: $V(X) = \frac{1-p}{p^2}$

Modelo de Poisson

En este modelo los eventos ocurren en distintos intervalos de tiempo o puntos del tiempo (región del espacio) y son independientes entre ellos. Para la ocurrencia exacta de un evento en un intervalo de tiempo, esta es proporcional a la longitud del intervalo de tiempo. X es la variable aleatoria que indica el número de ocurrencias por unidad especificada.

La función de probabilidad que permite calcular la probabilidad de generar exactamente X ocurrencias en la unidad especificada es:

$$P_t(x, \lambda) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!}$$

La esperanza de una variable de Poisson es: $E(X) = \lambda$

La varianza de una variable de Poisson es: $V(X) = \lambda$

Aproximación de la Binomial a la de Poisson

La aproximación de Poisson a la distribución binomial se utiliza, cuando hay un resultado diferente sobre la probabilidad de ocurrencia de una cantidad determinada de éxitos en una serie de experimentos independientes. Es bastante ventajosa en el caso de que la probabilidad de éxito sea pequeña y la cantidad de experimentos sea bastante grande. Al decir que son pequeñas podemos hablar de sub intervalos basados en el

tiempo de realización de los experimentos. En una distribución binomial hay un número fijo de intentos, mientras en Poisson los intentos son ilimitados.

Se considera aceptable la aproximación con base en los siguientes criterios:

- Si $p < 0.1$ y $n \cdot p < 5$
- $n > 100$ y $p < 0.01$

Cualquiera sea el criterio el parámetro Lambda se calcula como $\lambda = n \cdot p$.

Recursos de aprendizaje

Los recursos que va a utilizar para este resultado de aprendizaje son:

LECTURA: [Introducción al análisis estadístico](#)

Esta parte del libro le proveerá de todo el marco teórico acerca de los modelos probabilísticos y su aplicabilidad dentro de las ciencias geológicas. Deberá leer a partir de la página 50 - 57 para ampliar el tema de esta semana y la revisión de ejercicios prácticos.

LECTURA: Suárez, J. (2002) Introducción a la teoría de la probabilidad.
[Parte IV](#) páginas de la 79 - 93

De este libro revise el capítulo que se refiere a los modelos probabilísticos útiles en Geología.

VIDEO: [Explicación de modelos Gamma y Exponencial](#)

VIDEO: [Explicación de modelos de Pascal, Geométrico y Hipergeométrico](#)

VIDEO: [Explicación de los modelos de Poisson](#)

Estimado/a estudiante, sugiero las siguientes actividades de aprendizaje, para afianzar los contenidos abordados.



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Reflexione sobre los temas trabajados en la guía virtualizada y en la lectura del primer y segundo libro.
- Revise las orientaciones desarrolladas por el docente en el aula virtual y participe de la tutoría permanente.



2.7. Distribución Uniforme

2.8. Distribución normal

2.9. Distribución Beta

2.10. Distribución exponencial

2.11. Distribución Gama

2.12. Distribución Logarítmico Normal (Lognormal)

Distribución Uniforme o rectangular

Si una variable aleatoria tiene un valor que se encuentra dentro de cierto intervalo definido por los números a y b , este sigue una distribución uniforme, si su densidad de probabilidad se mantiene constante en el intervalo de a y b , y estos son considerados parámetros. Revise los ejemplos prácticos del libro propuesto.

Su función de densidad es: $f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & \text{si } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$

Su función de densidad acumulada es:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{si } a < x < b \\ 1 & \text{si } x \geq b \end{cases}$$

La esperanza y la varianza son: $E(X) = \frac{a+b}{2}$ y $V(X) = \frac{(b-a)^2}{12}$ respectivamente.

Distribución Normal o Gaussiana

Este tipo de distribución es muy común en muchas variables geológicas, tales como: esfericidad, relieve topográfico, redondez, densidad de drenajes, nivel de agua en acuíferos, entre otros. Por ende, el modelo normal es muy utilizado en el tema estadístico, ya que, si una variable aleatoria X tiene una distribución normal, se dice que está normalmente distribuida con una media y varianza constante. Los parámetros en la distribución normal son μ y σ .

La función de densidad es:
$$n(\mu; \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (-\infty < x < \infty)$$

La esperanza es $E(X)=\mu$ y la varianza $V(X)=\sigma^2$.

Distribución Beta

Se da para una variable aleatoria continua que toma valores en el intervalo $[0,1]$, lo que la vuelve muy apropiada para modelar proporciones. En el tema inferencial es muy utilizada como distribución a priori cuando las observaciones tienen una distribución binomial. Ajusta una gran variedad de distribuciones empíricas, ya que adopta diversas formas dependiendo de cuáles sean los valores de los parámetros α y β , mediante los que viene definida la distribución.

Su función de densidad es:

$$g(x) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} \quad 0 < x < 1 \quad \alpha, \beta > 0$$

Su valor de esperanza y varianza es:

$$E(X) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad V(X) = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2(\alpha + \beta + 1)} = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2}$$

Distribución exponencial

Esta distribución es utilizada cuando la variable X es aleatoria que indica el tiempo transcurrido entre dos eventos de la misma naturaleza o menciona el tamaño de una región del espacio. Es similar a la de Poisson, por lo que el parámetro en la distribución es λ , además no depende de los eventos ocurridos en el pasado.

Su función de densidad es: $gx(X) = \lambda e^{-\lambda(x-a)}$

Distribución Gamma

La variable aleatoria X tiene esta distribución cuando sus parámetros son: α y λ .

Se utiliza también para modelar valores de datos positivos que sean asimétricos a la derecha y mayores que 0. La distribución gamma se utiliza comúnmente en estudios de supervivencia de fiabilidad. Por ejemplo, describir el tiempo que transcurre para que falle un componente eléctrico.

Su función de densidad viene dada por:

$f(x, \alpha, \theta) = \left\{ \frac{1}{\Gamma(\alpha)\theta^\alpha} x^{\alpha-1} \cdot \exp \exp \left(-\frac{x}{\theta} \right) \quad x > 0, \alpha, \theta > 0 \text{ y } 0 \text{ en otro caso.} \right.$

Media $E(X) = \alpha \cdot \theta$ $VAR(X) = \alpha \cdot \theta^2$

Distribución Logarítmico Normal (Lognormal)

Es una distribución flexible estrechamente relacionada con la distribución normal, generalmente utilizada para modelar datos que sean aproximadamente simétricos o asimétricos a la derecha.

Esta distribución se basa en el modelo de crecimiento multiplicativo, lo que significa que, en cualquier instante de tiempo, el proceso sufre un incremento aleatorio de degradación que es proporcional a su estado actual. Este efecto multiplicador se acumula para generar la falla y, por lo tanto, es empleado para modelar partes o componentes que fallan principalmente debido a esfuerzo o fatiga.

En [hidrología](#) se usa la distribución log-normal para analizar [variables aleatorias](#) como valores máximos de la precipitación y la descarga de río, además para describir épocas de sequía. Su función de densidad es:

$$gx(X) = \frac{1}{x\sigma_Y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2}} \quad x > 0$$

Donde su valor de esperanza y varianza son:

$$E(X) = e^{\mu Y + \frac{\sigma Y^2}{2}} = \mu x$$

$$V(X) = e^{2\mu Y + \sigma^2 Y} (e^{\sigma^2 Y - i}) = \sigma_x^2$$

Aquí la variable aleatoria X, tiene los parámetros μ y σ

Recursos de aprendizaje

Los recursos que va a utilizar para este resultado de aprendizaje son:

LECTURA: [Parte V](#), páginas de la 96 – 111.

De este libro revise el capítulo que se refiere a los modelos probabilísticos útiles en Geología.

VIDEO: [Explicación de modelos Gamma y Exponencial](#)

VIDEO: [Explicación de distribución uniforme, distribución uniforme, distribución normal estándar.](#)

VIDEO: [Población y muestra](#)

Estimado/a estudiante, le animo a completar las actividades recomendadas descritas a continuación



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Reflexione sobre los temas trabajados en la guía virtualizada.
- Revise las orientaciones desarrolladas por el docente en el aula virtual y participe de la tutoría permanente.

Estimado estudiante, para evaluar su aprendizaje puede realizar la autoevaluación de la Unidad 2.



Autoevaluación 2

Recuerde que la autoevaluación no es obligatoria, sin embargo, le ayuda a reforzar sus conocimientos y lo prepara para la evaluación bimestral. ¡Vamos a trabajar!

1. () ¿El modelo de Bernoulli es considerado un modelo continuo aleatorio?
2. () ¿La distribución de Poisson pertenece a los modelos discretos aleatorios?
3. () ¿El modelo uniforme proviene de un proceso de selección aleatoria?
4. () ¿El modelo binomial es aquel que genera varios resultados posibles?
5. () ¿Una distribución rectangular se da en una variable aleatoria continua que toma valores en el intervalo de (0, 1)?
6. () ¿La distribución Gamma modela valores de datos positivos asimétricos?
7. () ¿La distribución Lognormal, es la que calcula la probabilidad de un valor aleatorio a través de su valor máximo sacado el logaritmo natural?

[Ir al solucionario](#)

Resultado de aprendizaje 2

- Reconoce los componentes analíticos necesarios para el análisis de una amenaza.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje



Semana 5

Unidad 3. Modelos de evaluación de pérdidas

Lo que se va a revisar en la Unidad 3, es conocer cuáles son los factores o variables generales de tipo cualitativo y cuantitativo que nos permitirán estimar las pérdidas generadas por los desastres de origen natural. Básicamente, esta Unidad consistirá en que usted revise varios documentos que le ayudarán a entender cómo funcionan las metodologías que permiten evaluar los impactos de los distintos eventos naturales.

3.1. Modelo de evaluación de amenaza Sísmica

Comenzamos esta unidad con el análisis de los modelos de evaluación de las pérdidas que genera una amenaza de sismicidad.

La peligrosidad que induce la actividad sísmica sobre las regiones y poblados cercanos, ha generado la necesidad de definir parámetros que evalúen la amenaza y metodologías que ayuden a estimar dichos parámetros.

Medir los efectos de la magnitud y distancia de afectación es importante, por tal razón se debe definir los parámetros de movimiento fuerte, cuya estimación se hace por medio de ecuaciones denominadas **funciones de atenuación**. Esto permitirá seleccionar las metodologías de cálculo de la amenaza, a través de un análisis que puede ser de tipo determinístico o probabilístico.

Para un amplio entendimiento de este tema revise los documentos que se citan en la parte de **recursos de aprendizaje**.

Recursos de aprendizaje

Los recursos que va a utilizar para este resultado de aprendizaje son:

LECTURA: [Modelos de evaluación de amenazas naturales y selección](#), revise la parte 1 sobre modelación de evaluación de amenaza sísmica.

LECTURA: [Modelos de evaluación de amenazas naturales y selección](#), este documento enfatiza la obtención de los parámetros de medición, así como la recopilación de datos para la construcción de variables o factores. Se debe leer el documento completo.

LECTURA: [Modelación probabilista de riesgos naturales en el nivel global: el modelo global de riesgo](#). Revise el tema 1 sobre la evaluación probabilista de la amenaza sísmica.

LECTURA: [ENFOQUE INTEGRAL PARA LA EVALUACIÓN PROBABILISTA DEL RIESGO \(CAPRA\): INICIATIVA INTERNACIONAL PARA LA EFECTIVIDAD DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE](#) De este documento debe leer el capítulo 2.

Continuemos con el aprendizaje mediante su participación en la actividad que se describe a continuación:



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Reflexione sobre los temas trabajados en la guía virtualizada.
- Revise las orientaciones desarrolladas por el docente en el aula virtual y participe de la tutoría permanente.



Semana 6

3.2. Modelo de evaluación de amenaza por inundaciones

Este tipo de amenaza es generado por el peligro del desbordamiento ya sea de ríos, lagunas, cauces, entre otros, debido a las excesivas lluvias, a más de que a esto se le puede sumar las características topográficas de las áreas de influencia.

Algunas metodologías suelen realizar un análisis a nivel: hidrológico, hidráulico y de flujo de llanura. El análisis de flujos en ríos y de canales abiertos suelen hacer uso de modelos hidrodinámicos, de modelos estocásticos y de modelos conceptuales.

Cabe recalcar que la amenaza de inundación se expresa por una medida de intensidad distribuida de forma geográfica, la cual está ligada a su **probabilidad de ocurrencia**. Es importante también poder diferenciar el tipo de inundaciones que se están produciendo que pueden ser por lluvias, huracanes, ya que esto permitirá **estimar probabilísticamente** las pérdidas asociadas a estos fenómenos. Es importante conocer los pasos que nos permitan construir un modelo de amenaza por inundaciones.

Para un mayor entendimiento de este tema, debe revisar los recursos de aprendizajes, los cuales especifican el desarrollo del tema.

Recursos de aprendizaje

Los recursos que va a utilizar para este resultado de aprendizaje son:

LECTURA: [Modelos de evaluación de amenazas naturales y selección](#), revise la parte sobre modelación de evaluación de amenaza por inundación.

LECTURA: [Modelación probabilista de riesgos naturales en el nivel global: el modelo global de riesgo](#). Revise el tema 3 sobre la evaluación de la amenaza por inundación.

LECTURA: [ENFOQUE INTEGRAL PARA LA EVALUACIÓN PROBABILISTA DEL RIESGO \(CAPRA\): INICIATIVA INTERNACIONAL PARA LA EFECTIVIDAD DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE](#), de este documento debe leer el capítulo 2, la parte relacionada con el análisis de la amenaza por inundación.

LECTURA: [Cuba: Metodologías para la determinación de riesgos de desastres a nivel territorial - Parte 1](#) Del siguiente link debe leer los temas 1 y 2, lo que le dará un enfoque más específico sobre el tema de las inundaciones.

Estimado/a estudiante, sugiero las siguientes actividades de aprendizaje, para afianzar los contenidos abordados.



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Reflexione sobre los temas trabajados en la guía virtualizada.
- Revise las orientaciones desarrolladas por el docente en el aula virtual y participe de la tutoría permanente.



Semana 7

3.3. Modelo de evaluación de amenazas por lluvias

En la semana 6 revisamos el tema relacionado con las inundaciones y consideramos algunos escenarios sobre los cuales se podrían producir estas inundaciones. El tema que veremos a continuación, será un poco más específico y complementario al de la semana anterior.

Es conocido que las intensas lluvias a varios niveles son las que generan las inundaciones, por lo que es importante poder modelar las amenazas de estas lluvias, ya que se convierte en el primer paso de evaluación antes de cualquier análisis sobre inundaciones. Lo que se busca es generar **escenarios estocásticos** de intensidad de lluvia. Entre los parámetros a analizar tenemos: tiempo de precipitaciones sucesivas, duración de la lluvia, intensidad media de la lluvia y volumen de las precipitaciones. Calcular la pluviometría, calcular las curvas IDF, curvas PADF, y análisis de series de datos pluviométricos, permitirá tener información sobre los parámetros antes mencionados.

Entre algunos de los **modelos estadísticos** utilizados tenemos el de Markov, y el de Wilks, también tenemos modelos no paramétricos como el de los K-vecinos más cercanos, combinación de series diarias y mensuales, entre otros.

Para una mayor comprensión de este tema, revise los recursos de aprendizaje que se sugiere a continuación:

Recursos de aprendizaje

Los recursos que va a utilizar para este resultado de aprendizaje son:

LECTURA: [Modelos de evaluación de amenazas naturales y selección.](#)

Revise la parte 4 sobre modelación de evaluación de amenaza por lluvias intensas.

LECTURA: [Cuba: Metodologías para la determinación de riesgos de desastres a nivel territorial - Parte 1](#) Del siguiente link debe leer los temas 1 y 2, lo que le dará un enfoque más específico sobre el tema de las inundaciones.

LECTURA: Recuperado: [Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales: Guía para el especialista](#) del siguiente documento debe revisar la parte 5, lo que le permitirá contrastar con lo revisado en los documentos anteriores.

Estimado/a estudiante, le animo a completar las actividades recomendadas descritas a continuación



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Reflexione sobre los temas trabajados en la guía virtualizada.
- Revise las orientaciones desarrolladas por el docente en el aula virtual y participe de la tutoría permanente.

Estimado estudiante, para evaluar su aprendizaje puede realizar la autoevaluación de la Unidad 3, la actividad va a permitir comprobar que usted está teniendo sintonía con los temas tratados.



Autoevaluación 3

Recuerde que la autoevaluación no es obligatoria, sin embargo, le ayuda a reforzar sus conocimientos y lo prepara para la evaluación bimestral.

¡Vamos a trabajar!

1. () ¿La estimación de los parámetros de movimiento se calcula por funciones de atenuación?
2. () ¿Existe algún modelo representativo de predicción de la amplitud?
3. () El análisis probabilístico busca incluir de forma analítica la incertidumbre en las variables que miden la amenaza sísmica?
4. () La metodología para la estimación del peligro por inundación se divide en: análisis básico, análisis probabilístico y análisis de correlación.
5. () ¿Un modelo considerado como modelo hidráulico es el del filtro de Kalman?
6. () ¿Los modelos basados en ARIMA se construyen en dos fases?
7. () ¿Uno de los sistemas computacionales para el análisis de inundaciones es el programa SPSS?

[Ir al solucionario](#)



Revisión de las unidades del 1 al 3

Unidad 1. Probabilidades

Unidad 2. Modelos probabilísticos

Unidad 3. Modelos de evaluación de pérdidas

Debe revisar nuevamente los contenidos de los capítulos del 1 al 3, para un reforzamiento de los contenidos y como preparación previa al examen presencial. Para esto tendrá que basarse en las lecturas sugeridas en cada unidad.

Estimado/a estudiante, sugiero las siguientes actividades de aprendizaje, para afianzar los contenidos abordados.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Actividad 1:

- **Actividad de aprendizaje:** Lea los contenidos de las unidades 1 al 3 de la guía virtualizada.
- **Procedimiento:** Para el desarrollo de esta actividad es importante que realice una lectura comprensiva de todos los temas abordados y que vaya trabajando mediante cuadros sinópticos o resúmenes para que luego pueda revisarlos con mayor facilidad. Recuerde que lo importante es que usted quede lo suficientemente claro con todas las temáticas.

Actividad 2:

- **Actividad de aprendizaje:** Lea las orientaciones académicas que su docente tutor le ha ubicado en la plataforma de aprendizaje.
- **Procedimiento:** Después de la lectura analice las explicaciones y confróntelas con la lectura realizada en el texto básico y en la guía

virtualizada de manera que pueda establecer las consultas que considere necesarias.

Actividad 3:

- **Actividad de aprendizaje:** Desarrolle las actividades recomendadas.
- **Procedimiento:** Es importante que aun no siendo obligatoria su presentación, usted desarrolle las actividades recomendadas ya que de esa manera puede desarrollar las habilidades y destrezas en la aplicación de los contenidos en los aspectos de la vida práctica.



Segundo bimestre

Resultado de aprendizaje 2

- Reconoce los componentes analíticos necesarios para el análisis de una amenaza.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje



Semana 9

Unidad 4. Análisis y evaluación de la amenaza

Iniciaremos al estudio de la presente unidad, comprendiendo de manera general que el riesgo de desastre no solo depende de la posibilidad que se presenten eventos o fenómenos naturales intensos, sino también de las condiciones de vulnerabilidad que favorecen o facilitan que se desencadenen desastres cuando se presentan dichos fenómenos.

Por lo tanto, es importante que quede claro, que la vulnerabilidad está íntimamente ligada a los procesos o condiciones sociales que se desarrollan en las áreas propensas y usualmente tiene que ver con la fragilidad, la susceptibilidad o la falta de resiliencia de la población ante amenazas de diferente índole.

“Los desastres son eventos socio-ambientales cuya materialización es el resultado de la construcción social del riesgo”

Ahora bien, es necesario identificar y reconocer el riesgo existente y las posibilidades de generación de nuevos riesgos desde la perspectiva de los desastres. Esto implica, la evaluación y seguimiento del riesgo, socializar e identificar sus causas, para lo cual se debe hacer uso de herramientas apropiadas e idóneas que faciliten la comprensión del problema y oriente la toma de decisiones.

Por lo tanto, es importante, revisar y analizar los métodos vigentes de estimación de riesgos, establecer indicadores de vulnerabilidad y del

progreso en su reducción, y estimular la producción y difusión amplia de información sobre riesgos a nivel local y nacional.

4.1. Evaluación de Amenazas

Partiremos recordando que la amenaza está relacionada con el peligro que significa la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre que puede manifestarse en un sitio y durante un tiempo de exposición determinado.

Con esta definición, es prioritario realizar una constante evaluación de las amenazas, utilizando las herramientas que se ajusten a la información con la que se cuenta, debido a que aún no se cuenta con técnicas que permita modelar con precisión los posibles escenarios, por lo tanto, se debe aprovechar la información con la que se cuenta, por ejemplo combinando un análisis probabilístico con un análisis del comportamiento físico de la fuente generadora, utilizando información de eventos que han ocurrido en el pasado y modelando con algún grado de aproximación los sistemas físicos involucrados (Cardona,2021).

En otras palabras, para poder cuantificar la probabilidad de que se presente un evento de una u otra intensidad durante un período de exposición, es necesario contar con información, la más completa posible, acerca del número de eventos que han ocurrido en el pasado y acerca de la intensidad que tuvieron los mismos.

A continuación, se plasma el siguiente ejemplo:

Para la amenaza sísmica:

En un sector de una ciudad podría expresarse en términos del valor de la probabilidad que durante un lapso, digamos de 100 años, se pueda presentar un sismo que genere una aceleración pico del suelo igual o superior, supongamos, al 30% de la aceleración de la gravedad (g).

El valor de la amenaza, en este caso, sería el valor de la probabilidad, es decir, un valor que puede estar entre cero y uno (0 y 1).

En términos probabilísticos un valor cercano a 1 significaría que existe casi la certeza o una alta posibilidad de que, durante el tiempo de exposición definido, 100 años, se presente un evento que genere una aceleración en ese sector de la ciudad igual o superior a la aceleración de referencia, 30% g.

Por el contrario, si el valor fuera de 0, su interpretación sería que es muy poco posible que se

Fuente: Consorcio Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina - Consultores en Riesgos y Desastres, 2011.

¿Qué va a permitir realizar este análisis o pronóstico?

- Definir especificaciones sismo – resistentes para las edificaciones, considerando las posibles aceleraciones que probablemente tendrán que soportar durante su vida útil.

Un pronóstico puede ser:

- Corto plazo, generalmente basado en la búsqueda e interpretación de señales o eventos premonitorios.
- Mediano plazo, basado en la información probabilística de parámetros indicadores.
- Largo plazo, basado en la determinación del evento máximo probable en un período de tiempo que pueda relacionarse con la planificación del área potencialmente afectable.

4.2. Modelo de evaluación

Para efectos de estudio, se tomará en cuenta, el modelo de evaluación de amenaza por lluvias intensas, como se mencionó en semanas anteriores, esta constituye el primer paso, para posteriores evaluaciones de amenazas por inundación y como elemento detonante de deslizamientos.

El modelo de evaluación por lluvias intensas, hace referencia a la precipitación sobre un punto geográfico, considerándolo como un proceso estocástico con periodicidad e intensidad muy variables dependiente de las variaciones climáticas (Consorcio Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina - Consultores en Riesgos y Desastres, 2011).

El sistema CAPRA, recomienda, considerar los siguientes parámetros:

- Duración de la lluvia
- Intensidad media de la lluvia
- Volumen total de la precipitación
- Tiempo entre precipitaciones sucesivas

A nivel de cálculo, el valor más importante es el volumen total de precipitación P , el cual puede calcularse según la ecuación $P = I \cdot t$, siendo I la intensidad media y t la duración total de la lluvia. Estos dos parámetros no son independientes ya que, dentro de las observaciones experimentales, a mayor intensidad la duración es menor, y viceversa.

Dependiendo de la localidad donde se realice la evaluación, se puede realizar cálculos de la pluviometría, siempre y cuando, existan datos de varias estaciones pluviométricas ante lo cual se plantea el problema de evaluar una precipitación media para el área de estudio.

Asimismo, otras consideraciones a tener en cuenta son: la cantidad o intensidad, la duración, la frecuencia y la distribución espacial de las precipitaciones.

- La intensidad de las precipitaciones varía de un lugar a otro, por ejemplo, hay zonas en las que en un solo día cae más lluvia que en otras a lo largo de todo un año.
- Para la intensidad y la duración de las precipitaciones, es necesario introducir el concepto de probabilidad o de frecuencia con el fin de poder hacer estimaciones hacia el futuro, evaluar cuantitativamente la amenaza asociada a las precipitaciones y evaluar riesgos a la infraestructura expuesta.

Existen varios modelos estadísticos para la estimación de lluvias, para ejemplo se revisará el caso de Costa Rica, la metodología utilizada por Radulovich (1987) demostró la existencia de una relación entre la lluvia de inicio de temporada (abril y/o mayo) con la lluvia de final de temporada (noviembre) para algunas estaciones de la Vertiente Pacífica de Costa Rica.

La metodología empleada por Radulovich, aplica una relación para diferentes rangos de precipitación (bajo, medio y alto) entre mayo y noviembre. De esta manera, la ubicación en un rango en mayo, da una estimación de lo que podría suceder en noviembre.

Por otro lado, Roberto Villalobos et al (2001) propusieron un método estadístico simple, con el fin de pronosticar los períodos lluviosos para aplicaciones agrícolas. A pesar de que fue desarrollado para el régimen de lluvia del Pacífico, el método ha dado buenos resultados en otras regiones del país. Agrupa años con características pluviométricas semejantes, con el fin de encontrar un patrón que pueda definir anticipadamente el comportamiento de la distribución de la precipitación durante el año en curso. De acuerdo con la distribución (normal o no) de los totales de precipitación anual, se agrupan los registros en años secos, normales o lluviosos, por ejemplo:

- Si la distribución de la precipitación anual es normal o muy cercana a lo normal, el criterio de agrupamiento es el promedio y la desviación estándar.
- Si la distribución no es normal, el criterio de agrupamiento es los terciles. De esta forma se elaboran tres escenarios (seco, normal y lluvioso). De acuerdo con el comportamiento real de los primeros meses del año, se asigna el escenario que mejor corresponda.

El pronóstico será el comportamiento promedio del escenario con sus respectivos límites.

La importancia de este proceso radica en que, la identificación de amenazas en una localidad no es suficiente, debe complementarse con el desarrollo de modelos probabilísticos de riesgo, que den cuenta del potencial de pérdidas máximas esperadas durante un tiempo de exposición y de modelos analíticos que permitan determinar la capacidad o el acceso a recursos económicos que permitan cubrir el déficit que puede generar un desastre (Marulanda, 2013).

Recurso de aprendizaje

Es importante diferenciar la amenaza del evento que la caracteriza, puesto que la amenaza significa la potencialidad de la ocurrencia de un evento con cierto grado de severidad, mientras que el evento en sí mismo representa al fenómeno en términos de sus características, su dimensión y ubicación geográfica (Cardona, 2021).

Para reforzar estos conocimientos, le recomiendo que revise el siguiente [link](#).

Estimado/a estudiante, le animo a completar las actividades recomendadas descritas a continuación



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Reflexione sobre los temas trabajados en la guía virtualizada.
- Revise las orientaciones desarrolladas por el docente en el aula virtual y participe de la tutoría permanente.

Infografía

En resumen, evaluar la amenaza es “pronosticar” la ocurrencia de un fenómeno con base en: el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de eventos en el tiempo.



Semana 10

La evaluación de amenazas, por lo general la realizan instituciones técnicas y científicas relacionadas con campos afines a la geología, la hidrometeorología y los procesos tecnológicos, quienes generan cartografía, en este caso mapas de amenaza, insumos de fundamental importancia para la planificación física y territorial.

En esta semana seguiremos revisando otras metodologías, que permiten hacer una evaluación de amenazas de acuerdo a la información con la que se cuenta en los territorios.

Nuevamente, se tomará como referencia a Costa Rica, un país que ha venido trabajando en la Metodológica de Análisis de Amenazas Naturales para Proyectos de Inversión Pública en Etapa de Perfil, la revisión y validación de la metodología fue realizada por el Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible (CLACDS) de INCAE Business School y la empresa Estudios, Proyectos y Planificación (EPYPSA).

4.3. Metodología de análisis de amenazas naturales

La metodología de análisis de amenazas naturales, está estructurada bajo algunos criterios, para el caso de la amenaza por inundación, consideran los siguientes:

Paso 1. Criterio básico: Considerar la ubicación del espacio de estudio.

Paso 2. Matriz de estimación de la amenaza: se la utiliza para estimar el índice de amenaza del sitio del proyecto o de la zona expuesta frente a la ocurrencia de una inundación (peligrosidad). Las variables que este grupo de expertos ha utilizado para estimar el nivel de amenaza por inundación son:

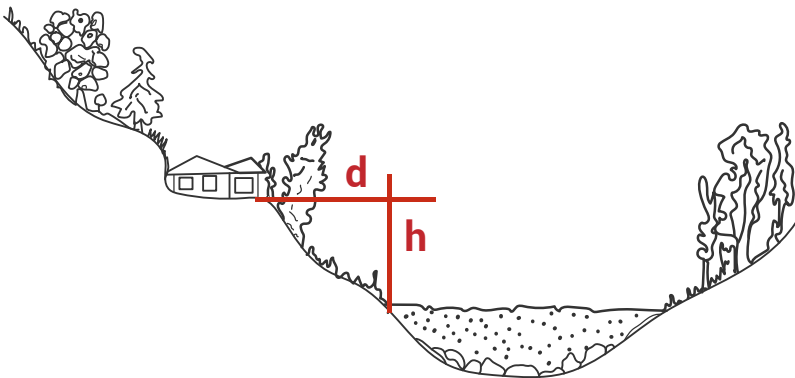
1. Localización en zonas de amenaza con potencial de inundación. Esta variable considera el cumplimiento de al menos uno de los siguientes aspectos para obtener el mayor nivel de incidencia:
 - a. Antecedentes de inundación: Se busca identificar si existen registros históricos o antecedentes de memoria colectiva sobre inundaciones. En razón de la falta de información detallada, se suelen utilizar los registros institucionales y de referencia de los habitantes para determinar dicha propensión.
 - b. Ubicación del sitio en alguna de las áreas de amenaza potencial de inundación, según lo establecido en los mapas homónimos que han elaborado algunas instituciones.
2. Pendiente promedio del terreno con Precipitación (promedio mensual 3 meses más lluviosos en mm): para este caso han utilizado una Matriz de Combinación entre las variables pendiente promedio del terreno y la precipitación promedio mensual de los tres meses más lluviosos.
 - a. Humedad del suelo: Esta variable es la utilizada en la metodología de Mora-Vahrson, que realiza un balance hídrico simplificado a partir de promedios mensuales de precipitación y suponiendo una evapotranspiración potencial de 125 mm/mes. Se recomienda utilizar la mayor cantidad de registros disponibles de precipitación en la región.

- b. Vegetación predominante La vegetación predominante será determinada por el tipo de flora del área en estudio. Las categorías que se emplean son: bosque denso, bosque no denso, arbustiva, charral y suelo desnudo o herbáceo (se ajusta a las denominaciones que existen en cada país). Mientras menos cobertura vegetal densa exista en el área de la cuenca, mayor será el escurrimiento superficial y por ende los picos de crecidas.

3. Distancia a cuerpos de agua y altura sobre el tirante de agua.

Figura 4.

Esquema de medición de distancia y altura sobre cuerpos de agua



d: Distancia horizontal media hasta el borde del cauce del cuerpo de agua.

h: Altura sobre el tirante de agua.

Fuente: MIDEPLAN, 2014

Finalmente, con estos datos construyen la matriz de amenaza por inundación, que se detalla a continuación.

Tabla 2.

Matriz de amenazas por inundación

Variable	Parámetro	Nivel de incidencia	Puntaje	Valor	Ponderación %	Índice
Localización en zonas de amenaza con potencial de inundación	Si	Muy Alto	5		35,0	
	No	Muy Bajo	1			

Variable	Parámetro	Nivel de incidencia	Puntaje	Valor	Ponderación %	Índice
Pendiente promedio del terreno con Precipitación (promedio mensual 3 meses más lluviosos en mm) Matriz combinación 1)	Combinación de parámetros	Muy Alto	5		20,0	
		Alto	4			
		Medio	3			
		Bajo	2			
		Muy Bajo	1			
Valoración del parámetro de humedad del terreno	20-24	Muy Alto	5		15,0	
	15--19	Alto	4			
	10-14	Medio	3			
	5-9	Bajo	2			
	0-4	Muy Bajo	1			
Cobertura vegetal, Vegetación predominante	Suelo desnudo o herbáceo	Muy Alto	5		10,0	
	Charral	Alto	4			
	Arbustiva	Medio	3			
	Bosque no denso	Bajo	2			
	Bosque denso	Muy Bajo	1			
Distancia a cuerpos de agua y Altura sobre el tirante de agua (Matriz de combinación)	Combinación de parámetros	Muy Alto	5		20,0	
		Alto	4			
		Medio	3			
		Bajo	2			
		Muy Bajo	1			
Índice total						

Fuente: MIDEPLAN, 2014

Recursos de aprendizaje

Existen otras metodologías que pueden ser utilizadas de acuerdo a la familiarización y experiencia que se tenga, para lo cual le recomiendo que lea el siguiente libro en línea "[METODOLOGÍA DE MODELACIÓN PROBABILISTA DE RIESGOS NATURALES](#)", desde la página 71(5-1) hasta la página 93 (5-23).

Asimismo, revisar el caso de [Sistema de alerta temprana de inundaciones en Cuenca](#)

Continuemos con el aprendizaje mediante su participación en las actividades que se describen a continuación:



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Reflexione sobre los temas trabajados en la guía virtualizada.
- Revise las orientaciones desarrolladas por el docente en el aula virtual y participe de la tutoría permanente.



Autoevaluación 4

1. () En la metodología de análisis de amenazas naturales, el criterio básico es la ubicación del espacio o localidad de estudio.
2. () Los registros históricos de eventos adversos no son necesarios, ya que no detallan ninguna información relevante para el análisis de amenazas.
3. () Si se va a evaluar la amenaza por inundación es importante considerar las siguientes características como: humedad del suelo, vegetación predominante, distancia a cuerpos de agua y altura sobre el tirante de agua.
4. () Realizar un análisis o pronóstico de un evento adverso por sismos permite definir especificaciones sismo-resistentes para las edificaciones, considerando las posibles aceleraciones que probablemente tendrán que soportar durante su vida útil.
5. () Los desastres son eventos socio-ambientales cuya materialización es el resultado de la construcción social del riesgo.

[Ir al solucionario](#)



Unidad 5. Definición de inventario de elementos expuestos y vulnerabilidad de las construcciones

5.1. Generalidades

En esta unidad se analizará otro de los factores del riesgo, que corresponde a la evaluación de los elementos expuestos y esenciales, susceptibles a sufrir daño o afectación por las amenazas naturales o antrópicas. Dichos elementos expuestos pueden ser, obras de infraestructura, sus contenidos, y de manera general los ocupantes de la infraestructura expuesta o los habitantes de las diferentes poblaciones geográficas (Consortio Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina - Consultores en Riesgos y Desastres, 2011).

Se inicia con la geo-referenciación y su caracterización. Sin embargo, este tipo de información no está fácilmente disponible, por lo que, es necesario diseñar procedimientos aproximados, que, con base en información básica permitan realizar estimativos confiables de los parámetros relevantes para la caracterización de la exposición y la asignación de la vulnerabilidad.

En general, es importante, contar con una base de datos, de cualquier elemento geográficamente referenciado susceptible de sufrir algún tipo de efecto por causa de cualquier parámetro de intensidad de amenaza que se defina.

5.2. Información básica requerida

Existen algunas metodologías o herramientas, que, pueden ser aplicadas para levantamiento de información, sobre todo, para conocer cuáles son los requerimientos mínimos que se debe tener para cada uno de los bienes o elementos expuestos.

Una de esas herramientas es el sistema CAPRA, diseñada para funcionar con información mínima, como la que se detalla a continuación:

Figura 5.

Información mínima de diagnóstico para analizar los elementos expuestos



Fuente: (Consortio Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina - Consultores en Riesgos y Desastres, 2011).

Con estos datos y con la información correspondiente a las amenazas, vulnerabilidad física y vulnerabilidad de afectación humana, quedan definidos de manera integral los parámetros para la evaluación del riesgo.

Cabe señalar, que no solo se aplica para infraestructura (edificaciones), sino también, puede analizarse otro tipo de componentes como: zonas de cultivo o en general cualquier otro elemento susceptible de daño.

Recursos de aprendizaje

Para complementar su aprendizaje, es necesario que revise el siguiente documento "[Metodología de definición del inventario de activos expuestos](#)" las páginas 9-11.



5.3. Parámetros para caracterizar la vulnerabilidad física y humana

Se debe tener en cuenta que, cada amenaza, presenta características específicas, por lo tanto, el nivel de vulnerabilidad, dependerá de las amenazas a las cuales están expuestos.

Tabla 3.

Características de vulnerabilidad física ante amenazas naturales

Vulnerabilidad ante eventos sísmicos	Vulnerabilidad ante vendavales	Vulnerabilidad ante eventos de inundación	Vulnerabilidad ante caída de cenizas
Sistema estructural característico.	Factor de forma de la edificación.	Tipo de material de pisos	Tipo de estructuras
Material estructural.	Tipo de fachada y materiales.	Grado de calidad de acabados en zonas inundables	Tipo de cubiertas
Características estructurales especiales (Edificación de esquina, columnas cortas, asentamientos, etc.)	Tipo de cubierta y materiales, Tipo de conexiones.		

Fuente (Consortio Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina - Consultores en Riesgos y Desastres, 2011).

Con relación a las características de vulnerabilidad humana ante amenazas naturales, esta se expresa mediante el número esperado de víctimas (en los términos detallados que el usuario desee, es decir fallecidos, heridos, afectados o cualquier otra, según sea la información que tengan a disposición) como porcentaje del número total de personas expuestas y su varianza (Consortio Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina - Consultores en Riesgos y Desastres, 2011).

5.4. Modelo aproximado de exposición

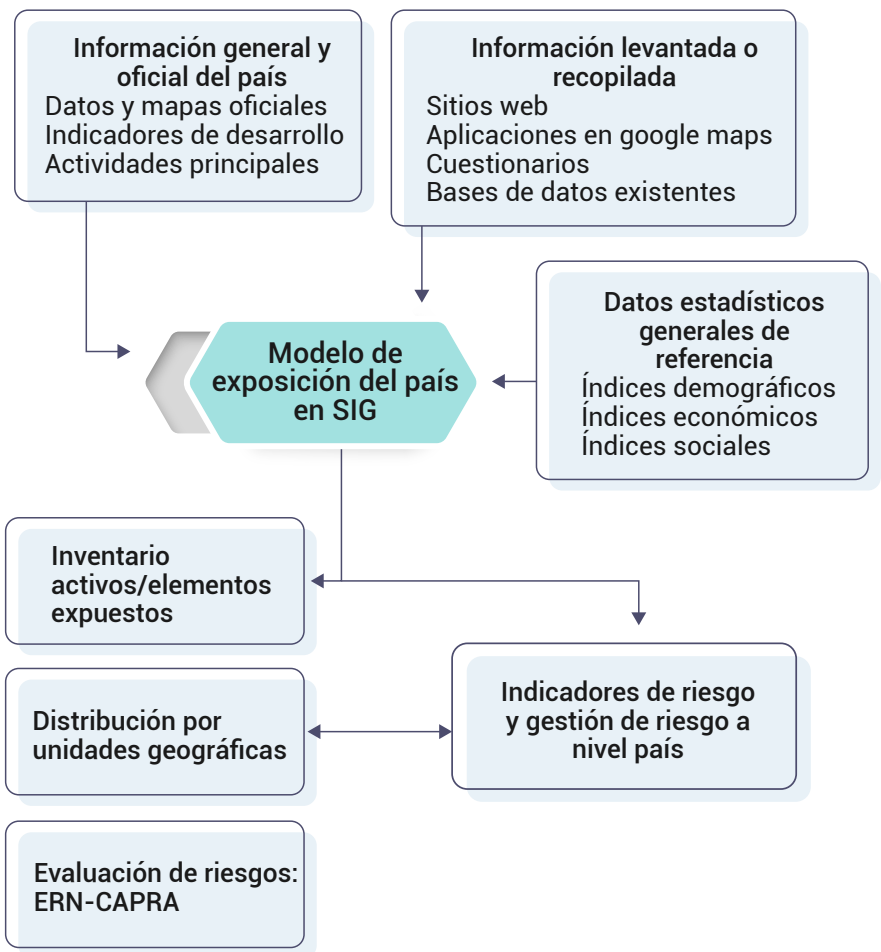
Los modelos que se puedan generar, van a depender del inventario de bienes inmuebles e infraestructura que se tenga en cada país o localidad.

Su mayor aproximación de afectación, va a depender de la resolución y detalle de información que se disponga.

En caso de no contar información a detalle es necesario realizar estimaciones aproximadas que representen o den cuenta de dicho inventario de activos expuestos en forma aproximada.

A continuación, se presenta una de los esquemas con los que se trabaja en el sistema CAPRA, en el cual, se presenta el procedimiento general para desarrollar un modelo simplificado de activos expuestos para un país o región cualquiera.

Figura 6.
Modelo de exposición de país



Fuente: (Consortio Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina - Consultores en Riesgos y Desastres, 2011).

Recurso de aprendizaje

Complementando esta propuesta de modelo CAPRA, le recomiendo que revise las páginas 2-2 a la 2-11 (14-23) del documento "[Metodología de definición del inventario de activos expuestos](#)"

Estimado/a estudiante, sugiero las siguientes actividades de aprendizaje, para afianzar los contenidos abordados.



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Reflexione sobre los temas trabajados en la guía virtualizada.
- Revise las orientaciones desarrolladas por el docente en el aula virtual y participe de la tutoría permanente.



Semana 13

Como se ha revisado, existen algunas metodologías y herramientas que permiten hacer análisis de elementos expuestos. A nivel de Ecuador, el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE), desarrolló la metodología para la elaboración de las Agendas de Reducción de Riesgos (ARR) en 2015, como parte del Manual del Comité de Gestión de Riesgos (CGR), metodología que se actualizó en 2018. Esta metodología se compone de los siguientes pasos.

1. Identificación de los elementos esenciales a nivel provincial, cantonal o parroquial, en función de la operación y la continuidad de sus servicios en situaciones normales y de emergencia.
2. Identificación de los riesgos existentes, las amenazas y la vulnerabilidad de los elementos esenciales, las instituciones y la población ante un evento peligroso.

Bajo estos dos lineamientos, los elementos esenciales se seleccionan en relación con las instalaciones públicas y privadas en las áreas de salud, educación, seguridad pública, suministro de agua, electricidad, telecomunicaciones, transporte y los que sean necesarios en condiciones normales y en situaciones de emergencia (SNGRE, 2018).

Luego de su identificación, se determina su importancia en función de:

Tabla 4.

Cobertura de la población de los elementos esenciales

Cobertura de la población: cuántas personas en el cantón están siendo atendidas por el elemento esencial.		
Por ejemplo: casi todos los ciudadanos se benefician de un hospital central, por lo tanto, la cobertura del elemento (hospital) es alta.		
Criterios para determinar el puntaje de importancia:		
Detalle	Cobertura	Resultados
A mayor cobertura, mayor importancia del elemento.	Hasta 40% de la población	1
	Del 41% al 60%	2
Los GAD deberán zonificar su territorio para establecer la población beneficiaria.	Más del 60% de la población	3

Fuente: SNGRE, 2018

Tabla 5.

Funciones alternativas de los elementos esenciales

Funciones alternativas: capacidad del elemento esencial para proporcionar otros servicios además de su función original.		
Por ejemplo: las escuelas pueden ser utilizadas como refugios en situaciones de emergencia		
Criterios para determinar el puntaje de importancia:		
Detalle	Funciones	Resultados
A mayor potencial de funciones, mayor importancia	Con 1 función	1
	Con 2 funciones	2
	Con 3 funciones o más	3

Fuente: SNGRE, 2018

Tabla 6.

Alternativas operacionales de los elementos esenciales

Alternativas operacionales: si las funciones del elemento pueden ser reemplazadas por otras cuando esté dañado por un desastre	
Por ejemplo: el aeropuerto no puede ser reemplazado por otros. Sin embargo, la función de los puentes puede ser cubierta por rutas alternativas si las hay.	

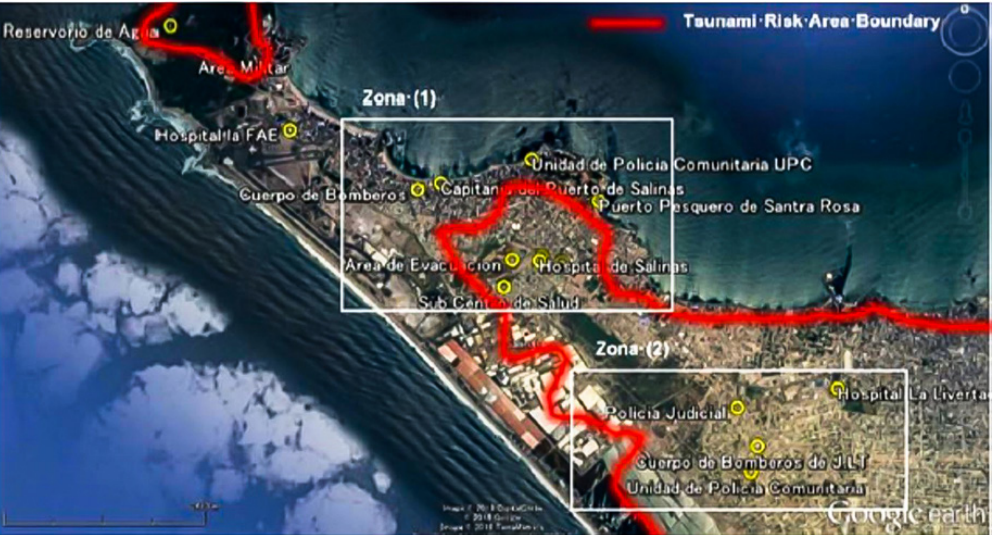
Criterios para determinar el puntaje de importancia:

Detalle	Cobertura	Resultado
Si el elemento es	Con 2 más sustitutos	1
insustituible es más	Con 1 sustituto	2
importante	insustituible	3

Fuente: SNGRE, 2018

Posterior a este análisis, se realizarán representaciones gráficas (mapas), en donde debe visibilizarse la relación entre la ubicación de los elementos esenciales de la localidad, con el área aproximada de peligro previsto, como se indica en la figura 7.

Figura 7.
Mapa de elementos esenciales y área de peligro previsto por tsunami



Fuente: SNGRE, 2018

Tabla 7.
Nivel de importancia de los elementos esenciales

Elemento	Cobertura	Posible Funcionamiento	Operaciones Alternativas	Total	Nivel de importancia
Planta de agua potable	3	1	3	7	Alto
Hidrantes	1	1	1	3	Bajo

Elemento	Cobertura	Posible Funcionamiento	Operaciones Alternativas	Total	Nivel de importancia
Hospital Juan Carlos Guasti	3	2	3	8	Alto

Fuente: SNGRE, 2018

Hasta aquí, se ha determinado el nivel de importancia de los elementos esenciales, sin embargo, es necesario conocer la vulnerabilidad de los mismos, en este sentido el SNGRE, aplica una metodología en función de la dependencia / autonomía, la capacidad de rendimiento / acceso, la frecuencia de fallas y la vulnerabilidad física.

Para esta metodología, proponen categorías que van de 0 a 1.

Total	Vulnerabilidad elemento esencial
0	Si no es vulnerable
1	Si es vulnerable

Fuente: SNGRE, 2018

Tabla 8.

Criterios para determinar el nivel de vulnerabilidad de los elementos esenciales

Criterios	Ejemplo
Dependencia/Autonomía: si el elemento tiene suficiente autonomía para su funcionamiento.	Los hospitales tienen sus propios generadores de reserva para continuar su operación en caso de emergencia.
Rendimiento / capacidad de acceso: accesibilidad en situaciones normales y de emergencia.	Rutas de ingreso y salida con que cuente el elemento esencial.
Frecuencia de fallas: en función del mal funcionamiento del elemento debido a la gestión inadecuada, la falta de capacitación y el mantenimiento inadecuado.	Falta de gestión para la implementación de mejoras o mantenimiento del elemento esencial.
Vulnerabilidad física: probabilidad de la debilidad estructural del elemento, como el envejecimiento, subsidencia, agrietamiento, etc.	Un edificio construido sin el diseño sismo resistente necesario.

Fuente: SNGRE, 2018

Esto se plasma, a través de matrices que permitan el manejo sencillo de la información levantada, como se muestra en el siguiente ejemplo:

Tabla 9.
Vulnerabilidad de elementos esenciales del cantón Zapotillo

Elemento Esencial	Parroquia	Dependencia / autonomía	Permanencia y calidad de acceso	Frecuencia de fallas	Vulnerabilidad física	Inundación	Déficit Hídrico	Sismos	Total	Nivel de importancia
Agua	1 Planta de agua potable. Zapotillo	1	1	1	0	1	1	1	6	Alto
	1 Planta de agua potable. Limones	1	1	1	0	1	1	1	6	Alto
	1 Planta de agua potable Garzareal	1	1	1	0	0	1	1	5	Medio
	1 Planta de agua potable. Paletillas	1	1	1	0	0	1	1	5	Medio
	1 Planta de agua potable Bolaspamba	1	1	1	0	0	1	1	5	Medio
	1 Planta de agua potable Mangahurco	1	1	1	0	0	1	1	5	Medio
	1 Planta de agua potable Cazaderos	1	1	1	0	0	1	1	5	Medio

Fuente: Elaboración propia

Total	Categoría
5 o más	Alto
3-4	Medio
1-2	Bajo

Fuente: SNGRE, 2018

Considerando estas categorías, que va a depender del profesional, quien de acuerdo a su experiencia, será quien dispongan de ciertos rangos; se procede a realizar la interpretación, en la cual podemos determinar que el elemento esencial es altamente vulnerable a las amenazas por inundación y déficit hídrico en las parroquias del cantón Zapotillo, por lo tanto, es importante, definir acciones de reducción de riesgos de manera prioritaria.

Para reforzar el aprendizaje de esta semana, le invito a realizar la siguiente actividad interactiva.



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Reflexione sobre los temas trabajados en la guía virtualizada.
- Revise las orientaciones desarrolladas por el docente en el aula virtual y participe de la tutoría permanente.
- Le invito a desarrollar el siguiente crucigrama, en el cual Usted podrá fortalecer su conocimiento.

Crucigrama

Participe de la autoevaluación, en la cual se han planteado algunas interrogantes, con respecto a los contenidos analizados en esta semana.



Autoevaluación 5

1. () El software CAPRA, sirve solo para hacer análisis de edificaciones frente a sismos.
2. () Para construir una base de datos de elementos esenciales de centros poblados se puede utilizar información disponible a nivel catastral o de censos recientes.
3. () Los parámetros para caracterizar la vulnerabilidad física y humana, van a depender de las amenazas naturales a las cuales están expuestos.
4. () Un elemento se vuelve esencial cuando su funcionamiento es primordial en tiempos normales y en emergencias.
5. () Un elemento esencial o activo se vuelve importante en función de su cobertura, funciones y alternativas operacionales.
6. () Un estadio puede ser utilizado como refugio en situaciones de emergencia, corresponde a la cobertura poblacional.
7. () El sistema de agua potable de un cantón cubre el 85% de la población, lo cual hace que sea un elemento esencial con un nivel bajo de importancia.
8. () La vulnerabilidad de los elementos esenciales no está en función de las amenazas naturales, sino de las condiciones de dependencia/autonomía, capacidad de rendimiento/acceso, frecuencia de fallas y vulnerabilidad física.
9. () Los supermercados tienen sus propios generadores de reserva para continuar su operación en caso de emergencia, esto implica una alta vulnerabilidad física.

10. () Es el desastre en sí mismo que dictamina que componentes de la infraestructura se convierten en importantes en dicho periodo de emergencia.

[Ir al solucionario](#)

Asimismo, es importante que cumpla con la actividad planificada para esta semana, los detalles se encuentran en el Plan Docente y en la opción tareas del EVA, corresponde a una práctica experimental, las instrucciones que se le proporcionarán, a través de un tutorial, que será subido en anuncios. Luego por favor suba su investigación.



Semana 14

Unidad 6. CAPRA Comprehensive Approach to Probabilistic Risk Assessment

La tecnología se ha venido posicionado a lo largo del tiempo, permitiendo construir espacios, en donde se vaya generando información y sea accesible a nivel mundial. Bajo esta premisa, desde el 2008, surge la iniciativa CAPRA, (Probabilistic Risk Assessment), en asociación con el Centro de Coordinación de Prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC), la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres (UNISDR), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y El Banco Mundial, como un medio para crear conciencia entre los países clientes de América Central al proporcionarles un conjunto de herramientas que les permitirían comprender mejor el riesgo de eventos naturales adversos (Consortio Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina - Consultores en Riesgos y Desastres, 2011).

El Programa CAPRA, en coordinación con los gobiernos, instituciones, empresas privadas y otras agencias abordan desafíos de desarrollo específicos y en su mayoría intentan satisfacer las necesidades de información sobre el riesgo de desastres, a través de aplicaciones de software especializadas, amplia documentación, servicios de consultoría y asesoramiento, capacitación práctica y otros servicios complementarios.

Si bien es cierto, no es la única herramienta para el análisis de riesgos, sin embargo, es una buena opción de software, para el cálculo y definición de amenazas naturales, vulnerabilidad, exposición y riesgo.

Los resultados que se presentan a través de CAPRA, son presentados en términos de pérdidas probables, que corresponden al punto de partida básico para:

Figura 8.
Resultados de CAPRA para la gestión del territorio



Estudios de protección financiera de entidades territoriales y administrativas.	Estudios de relación beneficio costo para validación financiera de medidas de mitigación.	Planes de ordenamiento territorial de ciudades o zonas, sistemas de alerta temprana.
---	---	--

Fuente: Elaboración propia

En general todos los resultados se enfocan a la aplicación propia de la gestión del riesgo, desde el ámbito institucional y de toma de decisiones, hasta el ámbito académico especializado, que es donde se debe hacer mayor énfasis.

6.1. Descripción general del software

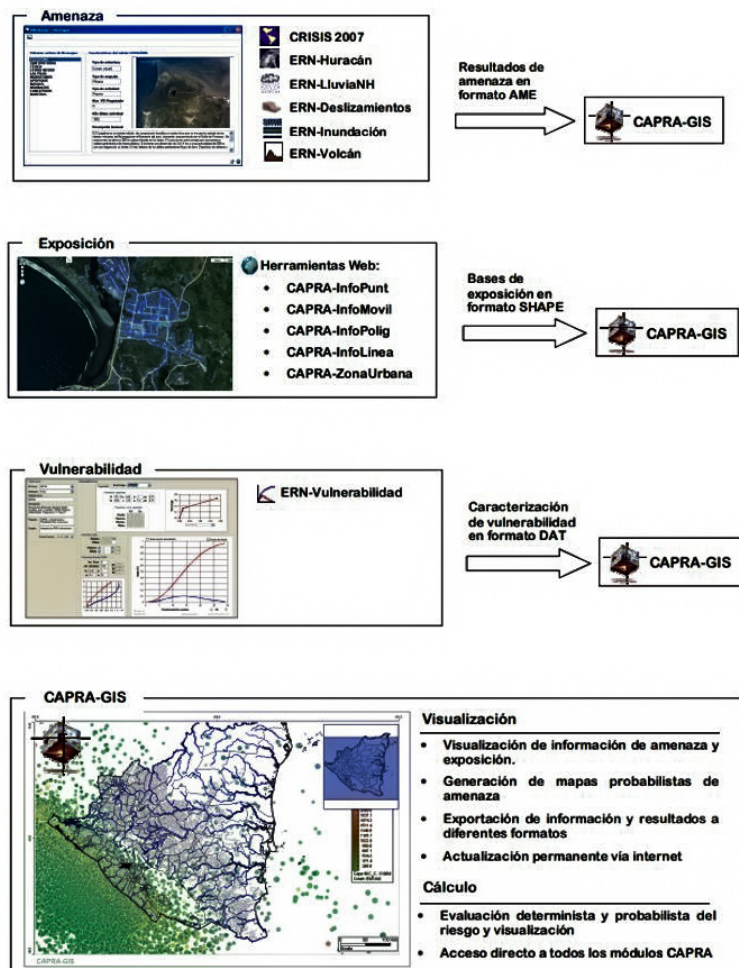
El software CAPRA, ha sido construido tomando en cuenta los factores de la gestión de riesgos, los mismos que están agrupados en módulos de funcionamiento (amenaza, vulnerabilidad, exposición y riesgo).

Queda claro, que cada uno de estos análisis debe hacerse por separado, finalmente, la información o resultados arrojados por estos módulos, se integra en un sistema central de procesamiento, el cual permite la visualización general de los componentes del análisis, así como la evaluación determinista o probabilista del riesgo.

A continuación, se presentan los siguientes módulos con los que cuenta CAPRA:

Figura 9.

Descripción general del software CAPRA



Fuente: (Consortio Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina - Consultores en Riesgos y Desastres, 2011).

Recurso de aprendizaje

El enlace que se comparte a continuación, permite conocer con mayor precisión, como se ha venido forjando la plataforma [CAPRA](#)

Continuemos con el aprendizaje mediante su participación en las actividades que se describen a continuación:



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Reflexione sobre los temas trabajados en la guía virtualizada.
- Revise las orientaciones desarrolladas por el docente en el aula virtual y participe de la tutoría permanente.
- Todo lo referente a la plataforma CAPRA, está inmerso en la [página web](#), por lo que le recomiendo que se familiarice con la herramienta, que está posicionándose, para la generación de información dentro de lo que es el riesgo de desastres.



Inicio » Acerca de CAPRA

■ ACERCA DE CAPRA

La plataforma CAPRA (Probabilistic Risk Assessment) es una iniciativa que tiene como objetivo fortalecer la capacidad institucional para evaluar, comprender y comunicar el riesgo de desastres, con el objetivo final de integrar la información sobre el riesgo de desastres en las políticas y programas de desarrollo. Bajo el Programa CAPRA, el gobierno, las instituciones, las empresas privadas y otras agencias abordan desafíos de desarrollo específicos y satisfacen las necesidades de información sobre el riesgo de desastres, a través de aplicaciones de software especializadas, amplia documentación, servicios de consultoría y asesoramiento, capacitación práctica y

- Asimismo, revisar el siguiente [link](#), que corresponde a un tutorial para la evaluación de la amenaza por sismos y tsunami, utilizando el módulo CRISIS 2007, en el cual se puede definir un modelo sísmico para la evaluación probabilística de la amenaza, y el cálculo de escenarios estocásticos para la evaluación del riesgo.

CRISIS2007 fue desarrollado en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional de México (UNAM) por M. Ordaz, A. Aguilar y J. Arboleda. [R-CRISIS - Program for Probabilistic Seismic Hazard Analysis](#)

- Finalmente, le invito a que revise el siguiente proyecto ejecutado en Ecuador, "[Perfil de Riesgo de Desastres por Evento Sísmico de Ecuador](#)", elaborado por el BID en el 2020, con la utilización del software CAPRA.



6.2. Enfoque Integral a la evaluación de riesgos probabilística

Para comprender el riesgo de desastre debido a fenómenos naturales, como sismos, tsunamis, inundaciones, sequías, huracanes, se han desarrollado herramientas que permitan su entendimiento, a través de la articulación entre países, quienes han aunado esfuerzos, para el desarrollo de opciones enfocadas a generar información validada que permita tomar decisiones enfocadas a la reducción de daños potenciales.

Esta ha sido la razón, para construir el modelo de evaluación de riesgo CAPRA, convirtiéndose en una metodología y plataforma de información técnico-científica, que la integran una serie de herramientas para la evaluación y comunicación de riesgo en diferentes niveles territoriales (Cardona, et.al. 2021).

Como se lo analizó en las semanas anteriores, los modelos establecidos en CAPRA, para la evaluación de amenazas y la evaluación de pérdidas en elementos expuestos utilizando métricas probabilistas tales como la curva de probabilidad de excedencia, la pérdida anual esperada y la pérdida máxima probable; van a permitir finalmente, generar las medidas útiles para análisis del riesgo multiamenaza (Cardona, et.al, 2021).

Revisar el siguiente documento ["Enfoque Integral para la Evaluación Probabilista del Riesgos \(CAPRA\): Iniciativa Internacional para la efectividad de la Gestión del Riesgo de Desastres"](#), en donde se precisa las métricas probabilistas utilizadas:

- **Curva de probabilidad de excedencia (CEP):** representa la frecuencia anual con la cual la pérdida de una cantidad monetaria específica será excedida.
- **Pérdida Anual Esperada (PAE):** La PAP es la pérdida anual **esperada**. Matemáticamente, la PAP es la suma de los productos de las pérdidas esperadas por evento y la probabilidad de ocurrencia anual de dicho evento para todos los eventos estocásticos considerados en el modelo de pérdida (Ordaz, et al, 1998; Ordaz, 1999).

- **Pérdida Máxima Probable (PMP):** representa la cantidad de pérdida para una frecuencia anual de excedencia dada, o su inverso, el período de retorno.

6.3. Usos del modelo CAPRA

La utilización del modelo CAPRA, ha servido para:

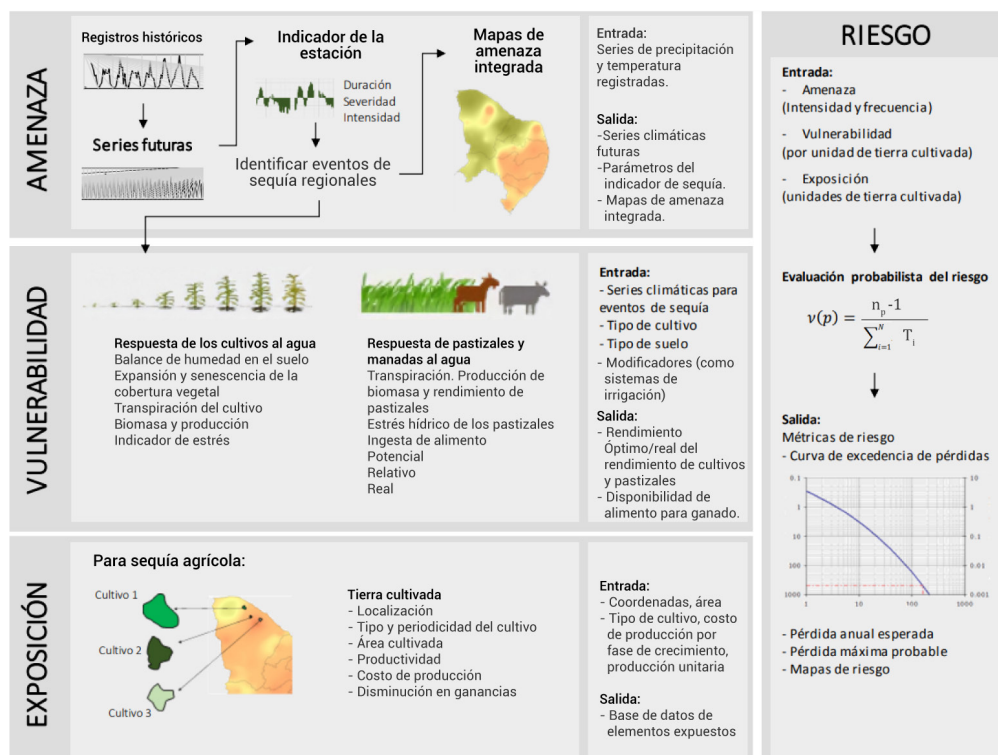
- Planificación urbana
- Realizar escenarios de pérdida para planes de emergencia
- Para implementar sistemas de alerta
- Para mecanismos de evaluación de pérdidas en tiempo real
- Para la evaluación holística de riesgo de desastre utilizando indicadores

Es importante que tenga en cuenta, que la evaluación probabilista del riesgo, debe considerar las características específicas que presenta cada una de las amenazas y las condiciones de vulnerabilidad y exposición de cada localidad.

Por ejemplo, para la evaluación probabilista del riesgo por sequía, se debe considerar factores detonantes propios de esta amenaza, como lo plantean en la siguiente figura:

Figura 10.

Esquema general del modelo probabilista de evaluación de riesgo por sequía



Fuente: Cardona, et.al. 2021.

Para el caso de la amenaza por sequía en el sector agropecuario, lo que proponen los autores Omar Cardona, Gabriel Bernal y María Alejandra Escovar, es aplicar una metodología con enfoque probabilista que considere las incertidumbres propias e inherentes a este tipo de amenazas, así como las inevitables limitaciones en la información disponible. La figura 10, considera las características específicas que se han tomado para esta amenaza, dejando claro que la evaluación de riesgos requiere de información precisa de variables, según las condiciones locales.

Finalmente, los resultados del modelo probabilista de riesgo para el caso de la amenaza por sequías, han servido para:

- Planificación del territorio con el uso de mapas de amenaza integrada: ¿dónde y qué sembrar para reducir las pérdidas esperadas? ¿Dónde establecer nuevos proyectos agroindustriales? ¿En qué zonas del país se incentiva el uso de semillas resistentes a la sequía?

- Inversión en proyectos de infraestructura: ¿qué distritos de riego priorizar?
- Seguros agrícolas para la transferencia del riesgo: ¿Cuál es la prima pura de riesgo?
- Análisis costo-beneficio de estrategias de manejo de cultivos como: distritos de riego, construcción de reservorios, uso de fertilizantes, rotación de cultivos.
- Medidas de adaptación a variabilidad climática.
- Estimación de pérdidas en el sector pecuario, relacionado con la disminución en la disponibilidad de alimento (pasto).

Recurso de aprendizaje

En el siguiente enlace: [Evaluación probabilista del riesgo por sequía en el sector agrícola de Colombia](#) se muestra a detalle, el trabajo realizado por expertos en riesgos. Esta evaluación de riesgo con enfoque probabilista es inédita en Colombia, permitiéndoles posicionarse y sobre todo ser un referente para los tomadores de decisión del proceso de gestión del riesgo en el sector agropecuario.

Hemos llegado al final del estudio de la asignatura, en la cual se ha realizado un recorrido amplio de la importancia de emplear modelos probabilísticos para evaluar los riesgos, además conocer algunas metodologías que van a permitir al profesional, reconocer los componentes analíticos necesarios para el análisis de amenazas, vulnerabilidades y contar con el escenario real de riesgos.

Estimado/a estudiante, sugiero las siguientes actividades de aprendizaje, para afianzar los contenidos abordados.



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Reflexione sobre los temas trabajados en la guía virtualizada.
- Revise las orientaciones desarrolladas por el docente en el aula virtual y participe de la tutoría permanente.

Le invito a que realice la autoevaluación para comprobar sus conocimientos.



Autoevaluación 6

1. () La tecnología cumple un rol importante en la gestión de riesgos, porque permite generar información de forma rápida y eficaz para la toma de decisiones.
2. CAPRA (Probabilistic Risk Assessment) es:
 - a. Atlas de riesgos.
 - b. Aplicación móvil.
3. () El software CAPRA ha sido construido tomando en cuenta los factores de la gestión de riesgos.
4. () Los análisis de amenazas, vulnerabilidad y riesgos deben hacerse en un solo proceso.
5. () El programa CRISIS 2007, que se utiliza en CAPRA, sirve para el cálculo de amenaza por deslizamientos.
6. La utilización del modelo CAPRA ha servido para:
 - a. Persuadir a las autoridades, sobre lo innecesario de trabajar en gestión de riesgos.
 - b. Disminuir la inversión en reducción de riesgos.
 - c. Planificación urbana, realizar escenarios de pérdida para planes de emergencia, para implementar sistemas de alerta.
7. () La evaluación de amenazas, vulnerabilidades y riesgos que se realiza en una localidad, es la misma para todos los territorios, esta no varía.
8. Para identificar y cuantificar el riesgo por sequía para el sector agropecuario, a través de modelos probabilistas, se debe considerar:
 - a. Pérdida de edificaciones e infraestructura en general.
 - b. Degradación de medios de subsistencia.

9. () El objetivo de la evaluación probabilista del riesgo es evaluar las pérdidas potenciales para el sector agropecuario, debido a la ocurrencia natural de condiciones de clima extremo, considerando exposición y vulnerabilidad de cultivos, pasturas y ganado.
10. () La modelación probabilista permite realizar pronósticos sobre los eventos adversos o sus intensidades.

[Ir al solucionario](#)



Actividades finales del bimestre

Actividad 1

Estimado estudiante, recuerde que debe realizar la evaluación de las Unidades 4, 5 y 6, que se han revisado en este bimestre, por lo tanto, es importante que previo al desarrollo de la misma, haya revisado los contenidos, para que sus respuestas, estén acorde a lo impartido.

Actividad 2

Dentro de las actividades de aprendizaje se planteó una actividad síncrona (chat calificado). Sin embargo, en caso de que no haya podido participar de esta actividad, tiene que cumplir con la actividad suplementaria, que corresponde a un cuestionario, especificaciones que se encuentran detalladas en el plan docente.

Actividad 3

Es momento de revisar todos los contenidos abordados en el segundo bimestre, con el objetivo de que pueda rendir su evaluación final, de acuerdo a las indicaciones y planificación de la universidad. La valoración de esta evaluación es de 10 puntos.



4. Solucionario

Autoevaluación 1		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	b	Las probabilidades evalúan las posibilidades de que un evento ocurra cuando estas se dan al azar.
2	a	Las variables discretas son aquellas que no pueden tomar un valor entre dos consecutivos, por ejemplo: número de vehículos, número de hijos.
3	b	Las variables continuas son aquellas que pueden tomar cualquier valor a lo largo de un intervalo.
4	V	Cuando un evento ocurre de forma simultánea (A y B), su probabilidad es igual a la suma de las probabilidades individuales menos la probabilidad conjunta.
5	F	El enfoque de frecuencias relativas determina la probabilidad con base en la proporción de veces que ocurre el evento.
6	V	Asignar un valor de probabilidad a cada dato de una variable es lo que realiza la función de probabilidad.
7	F	La función de densidad proviene de la derivada de la función de distribución de probabilidad.

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluación 2

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	Este tipo de modelo pertenece a los modelos discretos aleatorios
2	V	Dentro de los modelos discretos aleatorios consta el modelo de Poisson.
3	V	Se dice que este modelo de probabilidad se distribuye de forma uniforme y proviene de un proceso de selección aleatorio.
4	F	En el modelo binomial, en los experimentos generados, solo se pueden dar dos resultados posibles.
5	F	Esta distribución tiene una variable aleatoria cuyo valor está dentro del intervalo definido por los números a y b .
6	V	Esta distribución modela valores positivos asimétricos a la derecha y mayores a cero.
7	F	La distribución lognormal, está estrechamente relacionada con la distribución normal y modeliza datos que sean casi simétricos o asimétricos a la derecha.

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluación 3

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	Estos parámetros definen el nivel de peligro por amenaza sísmica y se estiman por ecuaciones conocidas como funciones de atenuación.
2	V	Sí existen modelos, uno de ellos es el modelo de aceleración máxima.
3	V	Parámetros como: frecuencia de ocurrencia, probabilidad de que ocurra en un sitio específico son parte del análisis probabilístico.
4	F	Las metodologías se dividen en: análisis hidrológico, análisis hidráulico y análisis de flujo de llanura.
5	V	Este modelo es estocástico y proporciona un buen marco para la estimación incremental de una cantidad.
6	F	Este tipo de modelos necesita de 4 fases para poder ser implementado.
7	F	El programa SPSS sirve para generar información estadística, mientras que uno de los programas para inundaciones puede ser el de: TIEMPO FLOOK, SOBEK, entre otros.

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluación 4

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	La ubicación es el principal criterio que se debe considerar al momento de hacer un análisis de amenazas; no se puede generalizar, debido a que cada territorio tiene sus propias características.
2	F	Los antecedentes de amenazas son primordiales porque permiten conocer la dinámica con la que se han presentado los eventos y el impacto que han ocasionado, en caso de la falta de información detallada se suele utilizar los registros institucionales y de referencia de los habitantes, para determinar dicha propensión.
3	V	Considerar las características geográficas del lugar de estudio es imprescindible para conocer la dinámica del terreno frente a la presencia de eventos por inundación.
4	V	Los análisis o pronósticos de eventos peligrosos permitirán que se tomen decisiones más acertadas, para minimizar las condiciones de vulnerabilidad de una localidad.
5	V	Los desastres no son naturales, son la consecución de fenómenos naturales, que, al materializarse y encontrar condiciones sociales vulnerables, generan grandes impactos.

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluación 5

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	F	No solo se aplica para infraestructura (edificaciones), sino también, puede analizarse otro tipo de componentes como: zonas de cultivo o, en general, cualquier otro elemento susceptible de daño.
2	V	Debido a que no existe información específica referente a elementos esenciales o activos de una localidad, una buena fuente es acudir al catastro municipal o censos que se levantan para proyectos específicos.
3	V	Las amenazas naturales, presentan características específicas, por lo tanto los parámetros para determinar la vulnerabilidad de los elementos esenciales van a depender de las amenazas a las cuales están expuestos.
4	V	Precautelar la seguridad de los elementos esenciales es una de las estrategias de la gestión de riesgos, por lo tanto, contar con un inventario de activos, permitirá saber las condiciones en las que se encuentran y qué se debe hacer para evitar su afectación.
5	V	Considerar estas características permitirá saber las funciones del elemento o activo, si tiene una mayor cobertura poblacional, varias funciones y es insustituible su nivel de importancia es alto, por lo tanto, es imprescindible precautelar su estabilidad.
6	V	La función de un estadio es para actividades recreativas, pero en caso de emergencias se lo puede utilizar como refugio, por lo tanto, tiene funciones alternativas.

Autoevaluación 5		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
7	F	Este elemento representa un nivel alto de importancia, por la amplia cobertura del servicio de agua potable a la población.
8	V	Las condiciones físicas, sociales, políticas, ambientales de los elementos esenciales, determinan su nivel de vulnerabilidad frente a las amenazas naturales. Por lo tanto, los desastres no son naturales, son la consecuencia de la construcción social del riesgo.
9	F	Existen algunos elementos esenciales que cuentan con equipamiento propio, permitiéndoles ser autónomos en situaciones de emergencia.
10	V	No todos los componentes de la infraestructura necesitan ser mantenidos a niveles que se disfrutarían en tiempos sin desastres, dado que hay condiciones especiales que no existirán en periodos de respuesta. Por ejemplo, no todos los hospitales tendrán la misma importancia o capacidad de emergencia, ni todos los desastres tendrán las mismas necesidades de servicios médicos en el mismo grado.

Ir a la
autoevaluación

Autoevaluación 6

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	En la gestión de riesgos, la tecnología constituye un factor de gran relevancia. Desde su uso con propósitos técnicos y científicos para el conocimiento, predicción y pronóstico de amenazas, se constituye en una aliada de indudable valor.
2	a	Es un software para el cálculo y definición de amenazas naturales, vulnerabilidad, exposición y riesgo.
3	V	Los resultados obtenidos en el software CAPRA se enfocan a la aplicación propia de la gestión del riesgo, tomando como base los factores de amenaza, vulnerabilidad, exposición y riesgo.
4	F	Los análisis de cada uno de los factores, deben hacerse por separado, finalmente, la información o resultados arrojados por estos módulos, se integra en un sistema central de procesamiento, el cual permite la visualización general de los componentes del análisis, así como la evaluación determinista o probabilista del riesgo.
5	F	El programa establecido en el software CAPRA para el cálculo de la amenaza por deslizamiento es ERN-Deslizamientos, esto quiere decir que, para cada una de las amenazas se han establecido programas específicos con los cuales se va a trabajar, esto se debe a que cada amenaza presenta sus propias características.
6	c	La utilización del modelo CAPRA ha servido para fortalecer la planificación y ordenamiento territorial, realizar escenarios de pérdida para planes de emergencia, para implementar sistemas de alerta, para mecanismos de evaluación de pérdidas en tiempo real y para la evaluación holística de riesgo de desastre utilizando indicadores.
7	F	La evaluación probabilista del riesgo debe considerar las características específicas que presenta cada una de las amenazas y las condiciones de vulnerabilidad y exposición de cada localidad, no se puede generalizar, porque cada territorio presenta sus particularidades.
8	b	La sequía es una amenaza de desarrollo lento que no causa pérdidas sobre el ambiente construido (edificaciones e infraestructura en general), pero si ocasiona la degradación de los medios de subsistencia de la población expuesta (principalmente agua y cultivos), aumentando sus condiciones de vulnerabilidad y, en consecuencia, aumentando el riesgo a niveles que pueden exceder los impuestos por eventos catastróficos de otros fenómenos naturales.

Autoevaluación 6

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
9	V	Correcto, la evaluación probabilista parte de la identificación de áreas geográficas y tierras cultivadas que se encuentran en riesgo, para finalmente modelar los resultados en términos de pérdida económica.
10	F	La modelación probabilista permite realizar pronósticos sobre los niveles futuros de pérdida (no de eventos o sus intensidades), considerando la amenaza propia de la región de estudio y la incertidumbre en su estimación, así como la vulnerabilidad inherente de los elementos expuestos y su incertidumbre.

[Ir a la autoevaluación](#)



5. Glosario

- **Amenaza:** Es un proceso, fenómeno o actividad humana que puede ocasionar muertes, lesiones u otros efectos en la salud, daños a los bienes, interrupciones sociales y económicas o daños ambientales.
- **CAPRA:** Es una plataforma de software abierto, con sus siglas en inglés CAPRA (Probabilistic Risk Assessment) (Evaluación Probabilística del Riesgo), que permite evaluar, entender y comunicar el riesgo de desastres con el fin último de integrar la información de riesgo de desastre generada en las políticas y programas de desarrollo. Aplica técnicas probabilistas al análisis de las amenazas y pérdidas causadas por desastres de origen natural para la evaluación de riesgos.
- **Desastre:** Es una interrupción grave en el funcionamiento de la comunidad en alguna escala, debido a la interacción de eventos peligrosos con las condiciones de exposición y de vulnerabilidad que conlleven a pérdidas o impactos de alguno de los siguientes tipos: humanos, materiales, económicos o ambientales que requiere atención del Estado central.
- **Elementos esenciales:** Conjunto de estructuras físicas, instalaciones, redes y otros activos que proporcionan servicios indispensables para el funcionamiento social y económico de una comunidad o sociedad.
- **Emergencia:** Es un evento que pone en peligro a las personas, los bienes o la continuidad de los servicios en la comunidad y que requieren una respuesta inmediata y eficaz a través de las entidades locales.
- **Escenarios de afectación:** Es un análisis técnico que describe, de manera general, las condiciones probables de daños y pérdidas que puede sufrir la población y sus medios de vida, ante la ocurrencia de eventos de origen natural, socio natural o antrópico teniendo en cuenta su intensidad, magnitud y frecuencia, así como las

condiciones de vulnerabilidad que incluye la fragilidad, exposición y resiliencia de los elementos que conforman los territorios como: población, infraestructura, actividades económicas, entre otros.

- **Evaluación de amenazas:** Es el proceso mediante el cual se determina la posibilidad de que un fenómeno físico se manifieste con un determinado grado de severidad, durante un período de tiempo definido y en un área determinada. Representa la recurrencia estimada y la ubicación geográfica de eventos probables.
- **Evaluación del riesgo de desastres:** Enfoque cualitativo o cuantitativo para determinar la naturaleza y el alcance del riesgo de desastres mediante el análisis de las posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de exposición y vulnerabilidad que conjuntamente podrían causar daños a las personas, los bienes, los servicios, los medios de vida y el medioambiente del cual dependen.
- **Evento o suceso peligroso:** Es la manifestación o materialización de una o varias amenazas en un período de tiempo específico.
- **Exposición:** Situación en que se encuentran las personas, las infraestructuras, las viviendas, las capacidades de producción y otros activos humanos tangibles situados en zonas expuestas a amenazas.
- **Probabilidad:** "Valor entre cero y uno, inclusive, que describe la posibilidad relativa (oportunidad o casualidad) de que ocurra un evento." En general es un número que describe la posibilidad de que algo suceda. (Lind, D., Marshall, W. & Wathen, S. 2019).
- **Riesgo de desastres:** Es la probable pérdida de vidas o daños ocurridos en una sociedad o comunidad en un período de tiempo específico, que está determinado por la amenaza, vulnerabilidad y capacidad de respuesta.
- **Servicios esenciales:** Para el manejo de desastres o catástrofes corresponden a aquellos que deben protegerse o recuperarse con prioridad, por ser claves para que el Estado central maneje los desastres o catástrofes. Incluye los siguientes servicios: gestión de riesgos, seguridad interna y externa, atención de la salud, servicio de registro civil, identificación y cedulação, telecomunicaciones, y los que presta el ministerio de finanzas.

- **Vulnerabilidad:** Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes o los sistemas a los efectos de las amenazas.



6. Referencias bibliográficas

- Alperin, M. (2013). *Introducción al análisis estadístico de datos geográficos*. Universidad Nacional de la Plata. Argentina.
- Cardona, Omar Darío (2021): "Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo" en: Los desastres no son naturales, A. Maskrey (compilador). LA RED, Tercer Mundo Editores, Bogotá. [enlace web](#)
- Cardona, O; Reinoso, E; Ordaz, M; Yamin, L. 2011. Enfoque Integral para le Evaluación Probabilista del Riesgo (CAPRA): Iniciativa Internacional para la efectividad de la gestión del riesgo de desastres. Disponible en: [enlace web](#)
- Consorcio Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina - Consultores en Riesgos y Desastres. 2011. Tomo I: Metodología de Modelación Probabilista de Riesgos Naturales. Informe Técnico ERN-CAPRA-T1-3: Modelos de evaluación de amenazas naturales y selección. Disponible en: [enlace web](#)
- Instrumentos de apoyo para el *Análisis y la gestión de riesgos naturales*. Guía para el especialista.
- Lind, D., Marshall, D & Wathen, S. (2019). Estadística aplicada a los negocios y a la economía. McGraw Hill. Decimoséptima edición.
- Metodología de análisis probabilista del riesgo. Informe técnico ERN-CAPRA-T1-6.
- Metodologías para la determinación de riesgos de desastres a nivel territorial. Parte 1. PNUD Cuba. 2014.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica; Metodología de análisis de amenazas naturales para proyectos de inversión pública en etapa de perfil / Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica; Ministerio de Agricultura y Ganadería y Comisión

Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. 2014. Metodología de análisis de amenazas naturales para proyectos de inversión pública en etapa de perfil. 2014 San José – Costa Rica. Disponible en: [enlace web](#)

Modelos de evaluación de amenazas naturales y selección. Informe técnico ERN-CAPRA-T1-3.

Modelación probabilista de riesgos naturales en el nivel global: el modelo de riesgo. 2013. ITEC S.A.S. – INGENIAR LTDA. – EAI S.A.

Secretaría de Gestión de Riesgos. 2018. Plan Nacional de Respuesta ante Desastres. Ecuador.

Suarez, J. (2002). *Introducción a la teoría de la probabilidad*. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

Villalobos, R., Retana, J., 2001. Un método para Pronosticar Lluvias en Costa Rica: Agrupación de Años con Características Pluviométricas Semejantes para la Creación de Escenarios Climáticos. Gestión de Desarrollo, Instituto Metereológico Nacional. 2001.

Yamin, L. (2013). *Modelación probabilista para la gestión del riesgo de desastre: el caso de Bogotá, Colombia*. Universidad de los Andes.