

1.4 VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PRECALCULO DE DAÑOS POR FENOMENOS NATURALES

Para evaluar el posible impacto de un fenómeno natural sobre una comunidad vulnerable mediante un sistema de simulación asistido por computador, se deben seleccionar las variables más representativas de los aspectos socio-económicos y culturales de dicha comunidad. Para efectos prácticos de la presente Tesis, se han seleccionado variables que reflejan parámetros de infraestructura, población, educación y cultura así, [4]:

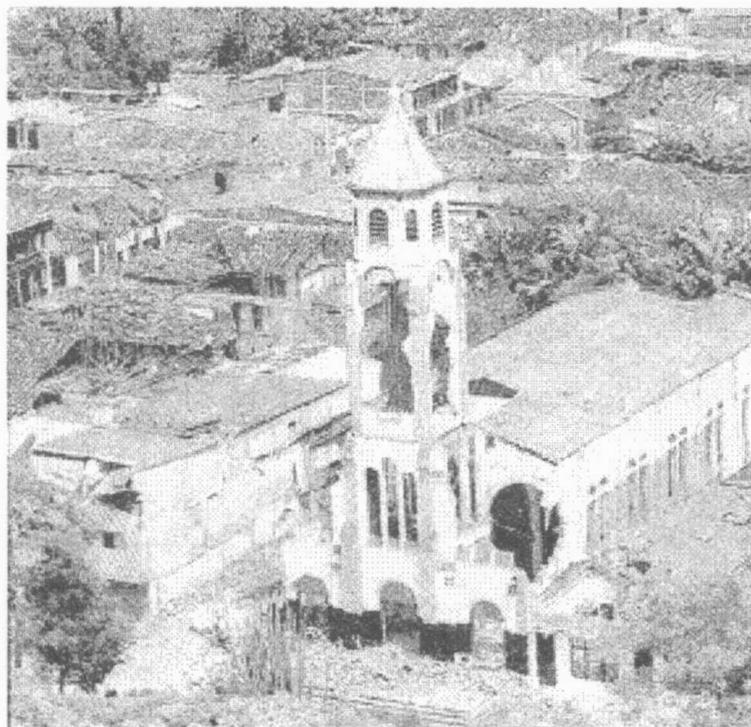


Figura 6. Sismo del Eje Cafetero en Colombia. Estado de la Iglesia de Barcelona – Quindío. Enero de 1999.

1.4.1. Variables de Vulnerabilidad:

Como se ha mencionado anteriormente, la vulnerabilidad se entiende como la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produzca la ocurrencia efectiva de la amenaza sobre la comunidad. Las variables de vulnerabilidad de una comunidad son (3):

1.4.1.1. Vulnerabilidad por Exposición.

Identifica si una comunidad se encuentra más expuesta o menos expuesta al fenómeno natural que puede desencadenar un desastre.

1.4.1.2 Vulnerabilidad por ingresos.

Determina qué tan fuerte económicamente es la comunidad a ser afectada. Esta variable se mide en el número de salarios mínimos promedio por cabeza que recibe la comunidad mensualmente.

1.4.1.3. Vulnerabilidad por construcciones.

Esta variable sirve para determinar la calidad de las edificaciones de la comunidad a ser afectada por un fenómeno natural.

1.4.1.4. Vulnerabilidad por densidad poblacional.

Una comunidad es más vulnerable a la acción de un fenómeno natural, si la densidad poblacional de la misma es mayor

1.4.1.5. Vulnerabilidad por nivel educativo.

Una comunidad con un nivel educativo superior es menos vulnerable a la acción de fenómenos naturales que puedan desencadenar desastres.

1.4.2. Variables de infraestructura.

Se entiende por infraestructura general de una comunidad el conjunto de instalaciones y de servicios necesarios para el normal funcionamiento socio-económico y cultural de la misma. Las variables de infraestructura de una comunidad son:

1.4.2.1. Carreteras y vías de acceso.

Corresponde a la cuadrícula de carreteras del casco urbano de la comunidad afectada.

1.4.2.2. Hectáreas de cultivo y Hectáreas para ganadería.

Variable que permite determinar el grado de daño de una comunidad con alto componente de actividad económica rural.

1.4.2.3. Número de casas.

Permite determinar el nivel de desarrollo en alojamientos de la comunidad a ser afectada. Esta variable también puede dar una idea muy clara con respecto al número de alojamientos temporales necesarios a instalar en operaciones de asistencia humanitaria.

1.4.2.4 Número de centros de salud.

Variable que permite determinar el grado de desarrollo de la infraestructura de salud de la comunidad a ser afectada por acción de un fenómeno natural. Esta variable es de suma importancia en el momento en el que ocurre un desastre, ya que normalmente se saturan los centros asistenciales y centros de salud en sus diferentes niveles de complejidad, capacidad de atención y remisión de paciente, traumatizando los procesos de atención de emergencia y asistencia humanitaria. También es importante considerar que el número total de médicos y especialistas en ciencias de la salud en la comunidad afectada es una variable para determinar el grado de vulnerabilidad de la misma con respecto a la capacidad de atención de la población.

1.4.2.5. Número de escuelas.

Entre más rápido se pueda restablecer los servicios educativos en una comunidad afectada por acción de un fenómeno natural, más rápido se puede recuperar una comunidad y más rápido se pueden implementar los programas de reconstrucción y rehabilitación.

1.4.2.6. Número de fábricas (Unidades Productivas con vinculación de la población de la zona)

Esta variable determina el grado de desarrollo industrial de una comunidad.

1.4.2.7. Número de Centros Religiosos.

Permite determinar el grado de desarrollo cultural y religioso de la comunidad afectada por un desastre

1.4.2.8. Número de Centros Recreativos.

Permite determinar el número de espacios recreativos para la comunidad a ser afectada. Esta variable también permite conocer los sitios posibles en donde se pueden establecer alojamientos temporales y en donde se pueden realizar operaciones y acciones de asistencia humanitaria.

1.4.2.9. Longitud del sistema de acueducto y alcantarillado afectado.

Permite determinar daños sobre sistemas de saneamiento y sistemas para tratamiento y transporte de agua potable.

1.4.2.10. Redes eléctricas y telefónicas afectadas.

Determina el grado de desarrollo en infraestructura eléctrica y de comunicaciones en la comunidad afectada.

1.4.2.11. Porcentaje de crecimiento del Producto Interno Bruto del país a la cual pertenece la comunidad afectada.

El producto Nacional Bruto que para las economías capitalistas se define formalmente como una medida del valor de mercado de los bienes y servicios finales producidos en una economía durante un tiempo determinado, generalmente un año.

Es decir el Producto Nacional Bruto mide el valor de la producción realizada por los residentes de un país, independientemente del lugar en que se encuentren ubicados geográficamente. Cuando se considera la producción realizada dentro de los límites geográfico políticos del país de referencia, se obtiene lo que se conoce como Producto Interno Bruto (PIB) [5].

En todos los países los desastres tienen costos altos.

Si bien involucran más costos y pérdidas absolutas en los montos totales de dinero en los países desarrollados, suponen una pérdida relativa mucho mayor en los países en desarrollo, como porcentaje de su PIB. Según ciertas estimaciones, y siempre en relación al PIB, las pérdidas directas son un 20% mayores en países en desarrollo que comparativamente en los países desarrollados.

Para regiones pequeñas, una variable económica muy importante es el Ingreso Promedio Percápita, la cual es más diciente y representativa del estado económico y productivo de la región en estudio.

1.5 FENOMENOS NATURALES MAS COMUNES QUE PUEDEN DESENCADENAR DESASTRES SOBRE COMUNIDADES VULNERABLES

Aún cuando no existen cifras exactas de los daños y pérdidas que los desastres han causado en el territorio nacional, puede decirse con certeza que este tipo de eventos han afectado de manera notable el desarrollo de muchas poblaciones y regiones. Información muy fragmentada, particularmente en los primeros años, indica que entre

1921 y 1996 han ocurrido cerca de 11.000 situaciones de emergencia registradas en el ámbito municipal, de las cuales aproximadamente 6.500 han sido reportadas a partir de 1960. Durante los años 90 se han atendido desde el nivel nacional anualmente un promedio cerca de 400 solicitudes de apoyo del nivel municipal y de acuerdo con la información suministrada por los Comités Locales y Regionales y por las entidades operativas de la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres DGPAD, entre 1993 y 1996 han sido afectadas 1'704.649 personas, 91.513 viviendas han sufrido daños parciales y 16 435 han sido totalmente destruidas. Esto sin incluir los daños de infraestructura, sembrados, y otros bienes y servicios y teniendo en cuenta que las cifras reales pueden ser mayores debido a que algunas emergencias no son reportadas. [2].



Figura 7. Sismo del Eje Cafetero en Colombia. Armenia 1999.

Los fenómenos naturales que pueden desencadenar más desastres en Colombia son [6],[7]:

1.5.1. Incendios Forestales:

El fuego es la herramienta más utilizada en Colombia para la Colonización principalmente en las montañas, con éste se están destruyendo cerca de 460.000 hectáreas al año por accidentes; por incendios forestales no inducidos se pierden 25.000 hectáreas de bosque al año. Es decir, que en total se pierden 485.000 hectáreas de bosque anualmente por acción del fuego. [53].

1 5.2. Inundaciones.

Colombia es un país cuyo territorio tiene la ventaja de estar irrigado por una gran cantidad de ríos. La abundancia de aguas continentales es excepcional en Colombia. La disponibilidad de agua por unidad de superficie alcanza los 59 l/s/Km². La longitud fluvial sobrepasa los 15.000 Km y los cuerpos de aguas superficiales ocupan cerca de 3 millones de hectáreas conformadas por lagos, lagunas, embalses, ciénagas y pantanos. En Colombia, se localiza el 57% de los páramos del planeta, que como ecosistemas tropicales andinos, son auténticas fábricas de agua e importantes reguladores de caudales. Su preservación está amenazada por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera hacia las partes más altas de los Andes.

El análisis de los Fenómenos del El Niño y La Niña permite establecer que las lluvias durante los dos primeros trimestres son prácticamente normales en las cinco regiones naturales del país, pero generalmente a partir del tercer trimestre se registran precipitaciones muy por encima de lo normal en la mayor parte de las regiones Andina y Caribe, los mayores núcleos se localizan hacia la parte media de los departamentos de Guajira, Bolívar, Cesar y Huila, en el sector sur de Sucre y Tolima, en el nororiente de Cauca y Boyacá y en el Norte de Nariño. La concentración masiva de personas en terrenos anegables por ríos hace que existan en Colombia una gran cantidad de Comunidades vulnerables a la acción del desbordamiento de ríos.

1.5.3. Deslizamientos de Tierra.

Los periodos de lluvia, sumados al uso inadecuado de suelos (monocultivo) y de aguas, pueden producir el desprendimiento y transporte de grandes cantidades de materiales de rocas, formaciones superficiales y suelos, en zonas de pendiente y alta humedad.

Según estudios del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, el 16.9% del territorio colombiano es susceptible a procesos de remoción de masas, siendo dominantes los procesos de remoción de masa fuerte, los cuales ocupan el 11% del territorio seguido por el 5.1% con remoción de masa moderada y el 0.8% de remoción de masa leve.

1.5.4. Erupciones Volcánicas.

El 13 de Noviembre de 1985 se produjo uno de los peores desastres que haya vivido la historia de Colombia: 23.000 muertos y 200.000 damnificados así como pérdidas cuantificadas en 300 millones de dólares, fueron el saldo de la catástrofe anunciada que arrasó con la población de Armero y que afectó gran parte de la Región Norte del Tolima y Caldas ocasionando inmensas pérdidas de pobladores así como en la infraestructura de industria, agricultura y comercio.

Esta catástrofe fue ocasionada por la erupción volcánica del Nevado del Ruiz, el cual ya había hecho erupción el 12 de marzo de 1595 y el 9 de febrero de 1846.

En Colombia se conoce la existencia de por lo menos 35 volcanes, 15 de ellos en actividad ubicados en varios sectores así:

1.5.5. Huracanes y Vientos Fuertes:

Los huracanes son fenómenos hidrometeorológicos que se caracterizan por la aparición de vientos fuertes con trayectoria circular y con velocidades superiores a los 118 Km/h. Se forman sobre el mar Caribe, y su anillo tiene entre 100 y 200 Km de diámetro; se desplazan a velocidades promedio de 20 a 35 Km/h.

Los huracanes se forman en las épocas del año en las cuales la temperatura es relativamente alta, es decir, durante el período comprendido entre los meses de junio a noviembre. El mayor número de ellos se forman en Septiembre y luego le siguen en su orden los meses de Agosto y Octubre, siendo menos probable que se formen en los meses de Junio, Julio y Noviembre. En 1988 el huracán Joan pasó por el país afectando el municipio de Carmen de Bolívar, donde las lluvias huracanadas coincidieron con las fuertes inundaciones, hubo 5 muertos y 900 viviendas afectadas.

1.5.6. Maremotos.

Un maremoto o tsunami es un conjunto de olas marinas que llegan a costa con gran altura, velocidad y fuerza (incluso de 6 metros de altura o más), y golpean con enorme poder destructor lo que encuentran a su paso.

Los maremotos son producidos por movimientos sísmicos que, al sacudir el fondo del mar, forman olas con las características ya mencionadas.

La costa pacífica colombiana se vió afectada por acción de un maremoto en 1906 y 1979 destruyendo una significativa parte de las poblaciones de Tumaco y El Charco ocasionado más de 400 muertos.

1.5.7. Sismos.

El choque lento pero continuo de placas tectónicas y continentales desde hace miles de años, ha hecho que se produzcan cambios en la superficie terrestre, tales como la formación de cordilleras y fricciones que ocasionan una enorme acumulación de energía. Este es un proceso lento que provoca fuertes deformaciones en las rocas al interior de la tierra, las cuales al romperse súbitamente hacen que la energía acumulada se libere en forma de ondas y sacuda la superficie terrestre.

1.6. MARCO CONCEPTUAL Y MODELAMIENTO MATEMATICO BASICO QUE INTEGRA LAS DIFERENTES VARIABLES:

Simular y Modelar aspectos tan humanos como es el nivel de daños de un fenómeno natural que actúa sobre una comunidad vulnerable es tarea muy difícil dado el gran número de variables a ser consideradas en el proceso, más sin embargo, puede ser muy útil intentar aproximar modelos lo más cerca posible a la realidad, gracias a que actualmente se dispone de técnicas de procesamiento de datos muy evolucionadas, tal como lo constituyen las Redes Neuronales en el campo de la Inteligencia Artificial y la gran capacidad de procesamiento actual de los computadores.

El primer modelo matemático básico del efecto de los Desastres Naturales sobre una Comunidad Vulnerable surgió como fruto de la reunión de expertos que en 1979 fué convocada por La Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para Casos de Desastres (UNDRR, Actualmente Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos Humanitarios ONU/DHA) en conjunto con la Organización de las Naciones Unidas

para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) con el fin de proponer una unificación de definiciones que ha sido ampliamente aceptada en los últimos años, con base también en los postulados de Gilbert White en 1974 [63]. Entre otros conceptos, el reporte de dicha reunión “Desastres Naturales y Análisis de Vulnerabilidad” incluyó los siguientes [3]:

1. Amenaza o Peligro (Hazard – H), definida como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado.
2. Vulnerabilidad (V), como el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso.
3. Riesgo Específico (Specific Risk – R_s), como el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un evento particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad
4. Elementos Bajo Riesgo (E), como la población, las edificaciones y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada.
5. Riesgo Total (Total Risk – R_t), como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un evento desastroso, es decir, el producto del riesgo específico R_s y los elementos bajo riesgo E.

En otras palabras, la ecuación del riesgo puede llevarse a cabo mediante la siguiente formulación general:

$$R_t = E.R_s = E.(H.V)$$

Ecuación 1. Fórmula General del Riesgo.

Donde:

R_t representa el riesgo total.

E representa los elementos bajo riesgo.

R_s representa el riesgo específico.

H representa la amenaza o peligro.

V representa el grado de vulnerabilidad de una comunidad.

Esta fórmula tiene interpretación social y no matemática.

Considerando la exposición E implícita en la vulnerabilidad V , sin que esto modifique la concepción original, podría plantearse que:

Una vez conocida la amenaza o peligro A_i , entendida como la probabilidad de que se presente un evento con una intensidad mayor o igual a i durante un periodo de exposición t , y conocida la vulnerabilidad V_e , entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto e a ser afectado o de ser susceptible a sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un evento con una intensidad i , el riesgo R_{ie} puede entenderse como la probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento e ,

como consecuencia de la ocurrencia de un evento con una intensidad mayor o igual a i ,

$$R_{is} = (A_i, V_e)$$

Ecuación 2. Riesgo específico sobre un elemento e

Donde:

R_{is} representa el riesgo específico sobre un elemento e

A_i representa una amenaza de intensidad i que puede afectar al elemento e

V_e representa la vulnerabilidad del elemento e de ser afectado por un fenómeno natural.

Es decir, la probabilidad de producir daños sociales y económicos durante un periodo de tiempo t dado

Una expresión más compleja y completa es la siguiente:

$$R = (IA)(V_1V_2V_3...V_n).$$

Ecuación 3 Fórmula completa del riesgo.

Donde:

R representa el nivel de riesgo

I representa el nivel de intensidad de un fenómeno natural.

A representa el nivel de peligro de un fenómeno natural, por ejemplo un terremoto representa un nivel de peligro alto.

V1, V2... Vn representa la vulnerabilidad de la comunidad al ser afectada por un fenómeno natural.

En donde el término I indica el nivel de intensidad del fenómeno que afecta a la comunidad en estudio. Los términos V1, V2, V3, ... Vn identifican el grado de vulnerabilidad específica de la comunidad, donde cada subíndice limita el aspecto de vulnerabilidad a estudiar, por ejemplo vulnerabilidad estructural, cultural, económica, etc.

La Ecuación aquí planteada es una “ Ecuación Social “, la cual busca integrar las variables más importantes cuando se considera la temática de desastres naturales y sus efectos sobre una comunidad vulnerable, pero que sirve como base para los planteamientos tratados en el presente trabajo, es decir, esta ecuación no se debe interpretar matemáticamente tal como hasta ahora se ha expresado en el documento.

Una versión “ más matemática “ de la ecuación sería así:

$$R_{is} = f(A_i, V_e)$$

Ecuación 4. Representación más matemática de la ecuación del riesgo.

Donde:

R_{is} representa el riesgo específico sobre un elemento e.

A_i representa una amenaza de intensidad i que puede afectar al elemento e .

V_e representa la vulnerabilidad del elemento e de ser afectado por un fenómeno natural.

F representa a la función que relaciona las variables de riesgo y vulnerabilidad. Dicha función por el momento no es conocida.

1.7. CONDICIONES IDEALES PARA UN ADECUADO PRECALCULO DE DAÑOS POR FENOMENOS NATURALES EN COMUNIDADES VULNERABLES EN COLOMBIA.

Según el BID (Banco Interamericano de Desarrollo) y la CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), las mejores condiciones para la realización de un adecuado precálculo de daños en comunidades vulnerables afectadas por desastres naturales en un área determinada son [8],[9],[10],[59],[60]:

1. Documentar la memoria histórica con el propósito de permitir una orientación adecuada del proceso de planificación para el desarrollo sostenible de la zona, considerando la prevención como elemento insispensable y también para evitar cometer los mismos errores, no reconstruir la vulnerabilidad.
2. Utilizar una tipología de desastres y sus consecuencias, aprovechando la información aportada por las fotografías aéreas, imágenes por satélite, cartografía, utilización de sistemas de información geográfica (SIG).

3. Analizar los factores humanos que generan la vulnerabilidad e influye en la magnitud de los desastres mediante el estudio de la influencia de los factores económicos y actividades productivas de la dinámica social que generan y propagan la vulnerabilidad como son el crecimiento demográfico, expansión caótica del urbanismo, infraestructura y actividades productivas de bienes y servicios.
4. Políticas de ordenamiento territorial mediante el análisis de la adecuación de la legislación y las herramientas de control.
5. Incorporación de los factores de vulnerabilidad y riesgo en el ciclo de preparación de proyectos y programas mediante la implementación de sistemas de tecnificación de vigilancia, alerta, alarma y evacuación y el estudio de escenarios y procesos.

Solo tomando en consideración todos los elementos enumerados anteriormente se puede tener una idea aproximada de los posibles daños que una comunidad pueda tener si es afectada por un Desastre Natural.

El objetivo final del presente trabajo es el de desarrollar una herramienta que facilite el pre cálculo global de daños producidos por desastres naturales sobre una comunidad vulnerable, mucho antes de que el desastre ocurra, facilitando con ello los procesos de planificación y la inferencia de los efectos de impacto sobre la comunidad por parte de los diferentes agentes institucionales involucrados en su atención. Esta herramienta se puede desarrollar gracias a la información disponible sobre desastres ocurridos anteriormente y los avances tecnológicos que actualmente existen en cuanto a capacidad de procesamiento de los computadores, capacidad de

almacenamiento de información digital y el desarrollo de técnicas de inteligencia artificial que permiten procesar datos bajo algoritmos especializados, produciendo con ello “ información evolucionada “, útil como criterio para toma de decisiones en el proceso de planificación.

Así mismo se busca dejar la puerta abierta y plantear nuevos modelos matemáticos que considere la mayor cantidad posible de variables que influyen en la magnitud del impacto de un desastre natural sobre una comunidad vulnerable, mediante la aplicación de técnicas de procesamiento de datos por entrenamiento de Redes Neuronales y dinamizar el uso de la información disponible actualmente sobre Desastres, con el propósito de que los datos recolectados sean realmente útiles en los procesos de planificación.

No sobra aclarar que el uso de una herramienta básica de precálculo global como la planteada en el presente trabajo es solo un insumo más del cálculo total que debe surgir como fruto de procesar la información referida en los puntos enumerados anteriormente y depende también del grado de organización y planificación de la localidad a ser estudiada. [44],[61].

Las Redes Neuronales no son modelos “mágicos” cuya “inteligencia” resuelve todo. Los resultados del modelo (software) es brindar el apoyo o guía al experto, no reemplazarlo.