

**DESARROLLO DE UN SOFTWARE DE SIMULACION DE DAÑOS CAUSADOS POR
ACCION DE FENOMENOS NATURALES SOBRE COMUNIDADES VULNERABLES,
BASADO EN EL USO DE TECNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL – REDES
NEURONALES**

OSCAR MAURICIO BARAJAS PINZON

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Maestría en
Automatización Industrial**

Directores. Ingeniero ALBERTO DELGADO, 1999

Ingeniero FABIO GONZALEZ, 2000.

SANTA FE DE BOGOTA D C.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

POSTGRADO EN AUTOMATIZACION INDUSTRIAL

2000.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. GENERALIDADES SOBRE FENOMENOS NATURALES Y SU IMPACTO EN AMERICA LATINA Y EN COLOMBIA.	1
1.1. QUE ES UN DESASTRE?	5
1.2. LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO ANTE UN DESASTRE.	7
1.3. EVALUACION DE DAÑOS Y ANALISIS DE NECESIDADES.	8
1.4. VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PRECALCULO DE DAÑOS POR FENOMENOS NATURALES.	12
1.5. FENOMENOS NATURALES MAS COMUNES QUE PUEDEN DESENCADENAR DESASTRES SOBRE COMUNIDADES VULNERABLES	17
1.6. MARCO CONCEPTUAL Y MODELAMIENTO MATEMATICO BASICO QUE INTEGRA LAS DIFERENTES VARIABLES.	23
1.7. CONDICIONES IDEALES PARA UN ADECUADO PRECALCULO DE DAÑOS POR FENOMENOS NATURALES EN COMUNIDADES VULNERABLES EN COLOMBIA.	28
2. APLICACIÓN DE TECNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL MODELAMIENTO MATEMATICO DE FENOMENOS	31

2.1. REDES NEURONALES.	31
2.2. APLICACIONES DE LAS REDES NEURONALES	32
2.3. RED MULTICAPA	36
2.4. ENTRENAMIENTO CON EL ALGORITMO DE PROPAGACION INVERSA RED MULTICAPA.	38
3. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN PARA PRECALCULO DE DAÑOS CASUADOS POR FENOMENOS NATURALES SOBRE COMUNIDADES VULNERABLES MEDIANTE EL USO DE TECNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL – REDES NEURONALES	44
3.1. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROBLEMA.	44
3.2. DISEÑO DE SOFTWARE	46
3.2.1. DISEÑO DE LA RED NEURONAL	46
3.2.1.1. DESCRIPCION DE LAS ENTRADAS DE LA RED NEURONAL.	46
3.2.1.2. DESCRIPCION DE LAS SALIDAS DE LA RED NEURONAL.	53
3.2.1.3. NORMALIZACION DE DATOS	57
3.2.1.4. TOPOLOGIA DE LA RED NEURONAL.	59
3.2.1.5. CONJUNTO DE DATOS DE ENTRENAMIENTO DE LA RED NEURONAL	60
3.2.1.6. JUSTIFICACION DE LA ESCOGENCIA DE LA RED NEURONAL DEFINITIVA.	60
3.2.2. DISEÑO DE LA APLICACIÓN	66
3.2.2.1. ARQUITECTURA GENERAL DE LA APLICACIÓN	66
3.2.2.2. DESCRIPCION DE LOS MODULOS DE APLICACIÓN.	69

3.2.2.3 DESCRIPCION DE LA INTERFAZ DE USUARIO DE APLICACIÓN	71
3.3. EJEMPLO DE RESULTADOS EN EL USO DE LA APLICACIÓN	73
3.4. CONCLUSIONES	75
BIBLIOGRAFIA	77
ANEXO No. 1. DATOS ESTADISTICOS DE BASE PARA EL DESARROLLO DEL SOFTWARE (CONJUNTO DE DATOS DE ENTRENAMIENTO)	88
ANEXO No 2 CODIGO DEL PROGRAMA EDES 4.2 EN VISUL C++	105
ANEXO No 3 GLOSARIO.	118

LISTA DE FIGURAS

	Pág
FIGURA 1. Inundaciones en Colombia. Departamento del Chocó. 1998.	2
FIGURA 2. Sismo del Eje Cafetero en Colombia. Armenia. Enero de 1999.	4
FIGURA 3. Inundaciones en Venezuela. Diciembre de 1999.	6
FIGURA 4. Aplicación de la metodología EDAN.	10
FIGURA 5. Aplicación de la metodología EDES.	11
FIGURA 6. Sismo del Eje Cafetero en Colombia. Barcelona Quindío.	12
FIGURA 7. Sismo del Eje Cafetero en Colombia. Armenia. Enero de 1999.	19
FIGURA 8. Esquema de una Red Neuronal Multicapa.	36
FIGURA 9. Topología de la Red Neuronal Seleccionada.	59
FIGURA 10. Estructura General de la Aplicación.	66
FIGURA 11. Esquema General de la Aplicación	67
FIGURA 12. Algoritmo de Entrenamiento.	68
FIGURA 13. Interfaz de Usuario.	71

LISTA DE TABLAS

		Pág.
TABLA 1	Algunos desastres importantes en América Latina y El Caribe 1970 – 1993.	88
TABLA 2	Número y Tipo de Edificaciones dañadas debido al terremoto de la Ciudad de México en Septiembre de 1985.	90
TABLA 3	Pérdidas económicas causadas por algunos de los terremotos más recientes.	91
TABLA 4	Pérdidas económicas como consecuencia de desastres en América Latina.	91
TABLA 5	Personas muertas por desastre.	92
TABLA 6	Personas afectadas por desastre.	93
TABLA 7	Personas afectadas por desastre. (Sin Hogar).	94
TABLA 8	Desastres provocados por fenómenos naturales. 1987 - 1996	95
TABLA 9	Desastres provocados por otras causas. 1987 - 1996	95
TABLA 10	Desastres provocados por fenómenos naturales. Número Total de Desastres por región y por tipo. 1997	96

TABLA 11	Desastres provocados por otras causas. 1997	97
TABLA 12	Desastres provocados por fenómenos naturales Promedio anual estimado de daños por región y por tipo de desastre 1987 – 1996.	98
TABLA 13	Desastres provocados por otras causas Promedio anual estimado de daños por región y por tipo de desastre 1987 – 1996.	98
TABLA 14	Principales Tormentas Tropicales y Huracanes en la Cuenca de Ciclones Tropicales en el Atlántico.	99
TABLA 15	Personas afectadas por desastres, por la violencia generada del conflicto interno y por eventos tecnológicos.	102
TABLA 16	Cuadro de Víctimas en Colombia. Año 1998.	102
TABLA 17	Departamentos afectados por acción de fenómenos en 1998	103
TABLA 18	Personas afectadas por desastres en Colombia en 1998 por Departamentos	104

INTRODUCCION

En Colombia se han presentado continuamente fenómenos de origen natural y humano, que han desencadenado Desastres que alteran el normal desarrollo de sus comunidades y asentamientos humanos. Según la información registrada, entre 1921 y 1996 han ocurrido cerca de 11 000 situaciones de emergencia en el ámbito municipal, de las cuales aproximadamente 6.500 han sido reportadas desde 1960. Durante los años 90 se han atendido desde el nivel nacional anualmente un promedio cercano a 400 solicitudes de apoyo municipal y de acuerdo con la información suministrada por los Comités Locales y Regionales y por las entidades operativas a la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres DGPAD del Ministerio del Interior, entre 1993 y 1996, han sido afectadas más de 1'704 649 personas, 91.513 viviendas han sufrido daños parciales y 16.345 han sido totalmente destruidas. Así mismo, el Sismo del eje Cafetero ocurrido en enero de 1999, es un buen ejemplo de los efectos que puede causar un fenómeno natural en aspectos, económicos, sociales, culturales y de infraestructura física en la región afectada. De por sí, los Desastres no son "Naturales", sino que son el fruto de una mala convivencia entre las Comunidades o asentamientos humanos y su Ambiente Natural

Más sin embargo, el análisis estadístico de los datos registrados a este respecto en Colombia no han configurado un modelo matemático con la capacidad de determinar, así sea en forma breve y básica, los posibles efectos o daños que un fenómeno natural puede provocar en comunidades vulnerables, mucho antes de que el suceso ocurra; lo que permitiría a las autoridades plantear planes, programas y proyectos de desarrollo social sostenible con tendencia a la reducción de la vulnerabilidad ante las consecuencias de un desastre

Muchos modelos matemáticos juegan un papel negativo, pues no son ni útiles ni convenientes como instrumentos descriptivos aptos para representar realidades de nuestro universo, especialmente en ciencias de la vida, del comportamiento y las sociales (como la biología, la psicología, la sociología, la economía, las ciencias políticas, las ciencias de la educación y otras), ya que sus entidades no se pueden someter a las leyes aditiva, conmutativa, asociativa y distributiva, que rigen la mayoría de las estructuras matemáticas. Es decir, esos modelos nos alejan de la verdadera naturaleza de estas realidades, ya que al aplicarles un modelo altamente idealizado como el matemático, son reducidas a un esqueleto carente de sentido o significado real

Los modelos matemáticos que más se aproximan a una realidad (mas no llegan a describir esa realidad completamente), son aquellos modelos que permiten una fuerte interacción recíproca entre los constituyentes de dicha realidad. Tal interacción se ve en los modelos cuyas bases son las técnicas de inteligencia artificial, redes neuronales.

El objetivo final del presente trabajo es el de desarrollar una herramienta que facilite el pre cálculo global de daños producidos por fenómenos 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.

1. GENERALIDAD SOBRE FENOMENOS NATURALES Y SU IMPACTO EN AMERICA LATINA Y EN COLOMBIA

América Latina es una de las regiones del mundo más expuestas a las amenazas naturales y sus habitantes quizás de los grupos más vulnerables. Abarca al menos cuatro placas tectónicas activas y se encuentra situada sobre la cuenca del Pacífico, donde tiene lugar una parte significativa de la actividad sísmica y volcánica del planeta. Debido al terreno montañoso, a los complejos sistemas de cuencas hidrográficas y al inadecuado uso de suelos, los deslizamientos de tierra y las inundaciones son frecuentes y potenciales. En toda la región, y en particular en el Caribe y el extremo occidental de América Central, son frecuentes las tormentas tropicales y los huracanes originados en los Océanos Pacífico y Atlántico. La variabilidad climática, que se manifiesta en intensas sequías, inundaciones y fuertes vientos en todo el continente, se ve exacerbada como consecuencia de la recurrencia

de El Niño y La Niña. Debido a la polarización del régimen pluvial, ocurren regularmente sequías e incendios de bosques en algunos lugares y lluvias torrenciales, deslizamientos de tierra e inundaciones en otros.

Algunos fenómenos naturales han tenido un impacto letal y destructivo en la región. Durante los últimos cien años, el número de muertos como consecuencia de la influencia de algunos fenómenos naturales sobre comunidades vulnerables ha llegado a 400.000. Igualmente, millones de personas han sido afectadas directamente por daños o la destrucción de su vivienda, sus medios de subsistencia y sus comunidades. En los peores casos, las inundaciones, los terremotos, los huracanes y los deslizamientos de tierra han resultado en la pérdida de más de 20.000 personas por vez. [1]



Figura 1. Inundaciones en Colombia. Departamento del Chocó. 1998.

La cifra abrumadora de Us\$ 20.000 millones en daños de los últimos 10 años probablemente sea inferior al verdadero impacto de los desastres en la región, ya que miles de fenómenos de menor intensidad que afectan a localidades aisladas no se notifican necesariamente, y debido a la complejidad del impacto económico y social de los desastres es difícil atribuir un valor monetario al costo total para la sociedad y el medio ambiente.

Durante los últimos 30 años, América Latina ha experimentado una expansión rápida y no regulada de sus centros urbanos, caracterizada por el uso inadecuado de la tierra y rezagos en las inversiones en infraestructura. El 75% de la población se encuentra concentrada en ciudades. En las áreas rurales a menudo se conjuga la pobreza, la degradación del ambiente y la vulnerabilidad creciente. Actualmente, 50% de las familias rurales son pobres, cifra similar a la de 1980. El marcado deterioro del ambiente de la región y sus recursos naturales es visible y se debe a varios factores, entre ellos la deforestación, el pastoreo excesivo, las alteraciones de las riveras y el uso de métodos de cultivo inadecuados en las laderas. [1].

Colombia en particular, se encuentra localizada en una zona de muy alta complejidad tectónica, en donde las placas de Nazca, Suramérica y el Caribe se encuentran, generando una alta actividad sísmica y volcánica. Lo abrupto de sus regiones montañosas y la acción de agentes antrópicos, biológicos y de meteorización tales como las lluvias, los vientos y los cambios de temperatura característicos de las condiciones climáticas del trópico, han hecho de Colombia también un país altamente

propenso a la acción de eventos severos de erosión, deslizamientos, crecientes torrenciales, avalanchas, desbordamientos, inundaciones e incendios forestales. [2].



Figura 2. Sismo del Eje Cafetero en Colombia. Armenia Enero de 1999.

El ser humano, desde su existencia, ha interactuado constantemente con la naturaleza, aprovechando sus bondades vitales, organizando sus acciones para que sean lo más coherentes con el actuar de los fenómenos naturales, tales como las estaciones, las épocas de lluvias y sequías, planeando las épocas de cultivo y cosecha. Pero esta relación Hombre – Naturaleza no siempre ha sido armónica.

Los Fenómenos Naturales son las manifestaciones de la naturaleza. Se refieren a cualquier expresión que adopta ésta como resultado de su funcionamiento interno. Los hay de cierta regularidad o de aparición extraordinaria y sorprendente. Entre los primeros tenemos las lluvias en épocas de invierno o las estaciones. Ejemplos de los segundos, tenemos los terremotos, maremotos, lluvias torrenciales entre otros. [3].

Los fenómenos naturales de extraordinaria ocurrencia pueden ser previsibles o imprevisibles , dependiendo del grado de conocimiento que los seres humanos tengan acerca del funcionamiento de la naturaleza

La ocurrencia de un fenómeno natural, sea ordinario o extraordinario, no siempre desencadena un desastre natural. Los efectos de ciertos fenómenos naturales no siempre son desastrosos. Lo son únicamente cuando los cambios producidos por la acción de dicho fenómeno afectan una fuente de vida con la cual los seres humanos contaban, o un modo de vida implementado en función de una determinada geografía.

1.1. QUE ES UN DESASTRE?

Las definiciones existentes de desastre, por lo general, se refieren a las consecuencias y no a las causas de estos fenómenos. La Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres DGPAD del Ministerio del Interior, basándose en conceptos de la UNDRO (hoy ONU/DHA), define desastre como “ evento identificable en el tiempo y el espacio, en el cual una comunidad ve alterado su funcionamiento normal,