



MODELO DE CALCULO DE AMENAZAS NATURALES Y SOCIO – NATURALES EN ENTORNOS EDUCATIVOS, CASO DE EJEMPLO UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, EN BUCARAMANGA, COLOMBIA

Jorge Concha Sánchez¹
jorgeconcha2003@yahoo.com

RESUMEN

Las amenazas como parte de la ecuación del riesgo deben ser calculadas y medidas en los espacios territoriales, para tomar las medidas para evitar y/o mitigar los efectos sobre los ecosistemas expuestos, ya que el cambio climático, ha pasado a ser una prioridad y un eje transversal del componente desarrollo sostenible. Los efectos en entornos educativos debe ser prioridad y, siendo la educación un eje básico del desarrollo, analizar las amenazas, su génesis, evolución y efectos ayuda a la sostenibilidad.

Este artículo muestra el cálculo de un escenario posible a partir de elementos constitutivos de la amenaza, comparados con unos valores de referencia o ideales, en una institución de educación superior en Colombia: Unidades Tecnológicas de Santander, que genera dinámicas que afectan al entorno urbano y natural existente en su área de influencia. Se aplicó una metodología ex – post - facto, que lee los fenómenos afectantes, sin intervenir en su génesis ni evolución, utilizando variables e indicadores que midieron el impacto a partir de indicadores de línea base de las amenazas identificadas, se explicaron las interacciones y resultados del modelo de cálculo y su posible interacción con el entorno, los resultados muestran que el modelo es consistente con lo observado en campo, que permite diferenciar las amenazas naturales de las, socio –naturales, pero toma en cuenta que algunas de ellas tienen su origen en procesos de la otra.

Se incorporan variables que analizan cambio climático y sus efectos, sin ser esta una intención de investigación, por los efectos tan fuertes que ha tenido el cambio climático en el desarrollo sostenible de los entornos urbanos en los territorios.

PALABRAS CLAVE: Amenaza – desastre natural – desarrollo y medio ambiente – contaminación – evaluación de efectos medio ambientales.

CLASIFICACIÓN JEL: Q54; Q56; Q53; Q51

¹ Arquitecto, Especialista en Gestión del Riesgo, Msc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Docente investigador, Grupo de Investigación en Medio Ambiente y Territorio (GRIMAT) Unidades Tecnológicas de Santander. Colombia.

ABSTRACT

MODEL CALCULATION OF NATURAL HAZARDS AND SOCIO - NATURAL IN EDUCATIONAL ENVIRONMENTS, AN EXAMPLE SANTANDER TECHNOLOGY UNITS, OF BUCARAMANGA, COLOMBIA

Threats as part of the risk equation should be calculated and measured in the territorial spaces, to take measures to avoid and / or mitigate the effects on ecosystems exposed because climate change has become a priority and a transverse axis of the sustainable development component.

The effects in educational settings should be a priority, and education remains a key feature of development, analyze threats, its genesis, evolution and effects helps sustainability. This article shows the calculation of a possible scenario from constituent elements of threat, compared with reference values or ideals, in an institution of higher education in Colombia: Technological Units of Santander, which generates dynamics that affect the urban environment and existing naturally in their area of influence. Ex - post facto methodology was applied , which reads affecting phenomena without being involved in its genesis and evolution, using variables and indicators that measured the impact from indicators based on identified threats line , interactions and results are explained calculation model and its possible interaction with the environment , the results show that the model is consistent with observations in the field, which allows differentiation of natural hazards , socio- natural , but keep in mind that some of them have their origin in other processes . Variables that analyze climate change and its effects, without an intention of this research, as analyzed by the strong effects that climate change has had on the sustainable development of urban areas in the territories incorporated

KEYWORDS: Threat – natural disaster – development and environment – pollution – environmental impact assessment.

JEL CLASSIFICATION: Q54; Q56; Q53; Q51

1. INTRODUCCIÓN

La definición de los fenómenos que constituyen amenazas en el área de las Unidades tecnológicas de Santander, es el primer paso para modelar y medir efectos de éstas sobre los ecosistemas de estudio, para ello en consulta de expertos², lo mismo que en los archivos de la Corporación ambiental de la ciudad³, se definieron las amenazas naturales que podrían afectar a mayor cantidad de personas en el área de influencia. Las amenazas naturales más prominentes que se evaluaron fueron de orden geológico e hidrometeorológico.

Dentro de las amenazas de orden geológico, se encuentran sismos y deslizamientos; dentro de las de orden hidrometeorológico se encuentran las inundaciones, vendavales,

² Panel de Expertos, la evaluación de las amenazas en la zona de influencia de la CDMB. Taller de conformación del riesgo y su manejo. CDMB, Bucaramanga, Agosto de 2011.

³ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA (CDMB)

las tormentas y las sequías. Desde las amenazas socio – naturales definidas como aquellas en las cuales su ocurrencia o agudización de sus efectos se da por intervención humana y se puede considerar como la reacción de un entorno natural a acciones humanas perjudiciales para los ecosistemas; tales como: procesos no sostenibles de uso y ocupación del territorio, que producen entre otros efectos, deterioros en la cobertura verde, lo que incrementa la posibilidad de inundaciones y deslizamientos en las zonas susceptibles a esta condición; la excesiva urbanización conduce a deterioros en la capacidad de absorción de las aguas superficiales lo que puede provocar inundaciones y avalanchas en otros sectores, también puede incrementar el número de las plagas al destruir el hábitat de especies que son depredadoras naturales de especies nocivas para el ser humano, también da lugar a concentraciones inusuales de población en zonas específicas dentro de un entorno urbano, que conlleva aumento en los procesos de contaminación, por uso inadecuado o excesivo del entorno en agua, aire y suelo por la generación de residuos contaminantes producto de la actividad humana, todo lo anterior da lugar a fenómenos de manifestación local como los descritos anteriormente, regionales como el fenómeno ENSO (El Niño Southern Oscillation) y globales como el Cambio Climático.

Por otra parte los indicadores de la amenaza deben mostrar cuáles son las características mínimas soportables por un ecosistema sin llegar a deteriorarse por una parte, y, por otra, las particularidades existentes en el entorno en un momento específico del tiempo, una vez se tienen las dos unidades de comparación se define su estado en términos positivos cuando la capacidad de recepción y recuperación del ecosistema es mayor que el impacto producido sobre él, y negativa en el caso contrario. Para ello se hace uso de los índices que miden individualmente los rasgos de cada rango de indicadores.

El primer paso mostró las posibles amenazas sobre el área de interés, el componente siguiente analiza la amenaza por cada uno de los fenómenos con posibilidad de ocurrencia en el área de influencia de las UTS. Este análisis dado en términos de la relación de área por cada fenómeno analizado, para ello se debe antes que nada tener construida la información de base, que comprenden aspectos geológicos, geomorfológicos, climáticos, locales; anexo a ello se deben construir la información agrológica sectorial, coberturas del suelo, los fenómenos naturales y socio – naturales con presencia en el sector y los ecosistemas que pueden ser impactados por los efectos.

2. METODOLOGÍA

Para realizar el análisis de amenazas naturales del área de análisis se partió de las coberturas: geológica, geotécnica y geomorfológica para realizar el cálculo del peso porcentual de cada cobertura con respecto al área total de análisis, la fórmula general para el cálculo está dada por: $[w (\%) = (\text{área característica geológica} * 100) / \text{área total unidad de análisis}]$. El producto de esta relación muestra el peso porcentual de las unidades específicas contra el total analizado.

Posteriormente se calculó el modelo de susceptibilidad de pendientes (S_p), en el que se utiliza la cobertura geomorfológica y se le asignan valores que parte de valorar los rangos de pendientes desde 1 para pendiente muy baja, hasta un valor máximo de 5 con pendientes empinadas, para finalmente evaluar la susceptibilidad mediante la fórmula:

SI = Densidad deslizamientos cada formación (D1) / Densidad deslizamientos área estudio (D2), D1= Área de deslizamiento para cada formación / Área de unidad geológica, D2= Área total de deslizamiento / Área de estudio.

Posteriormente se analizó el parámetro susceptibilidad por humedad del suelo (Sh), a partir del modelo propuesto para humedad por Mora – Vahrson (2000), el cuál define el valor de rango precipitación, asigna un numero que es el valor del rango en evaluación para, utilizando el valor de la precipitación mensual, asignar un valor del rango humedad de acuerdo con lo evaluado en el paso anterior, con rangos que oscilan entre un Sh=1 para una muy baja humedad para un valor que va entre 0 y 4 unidades de valoración, hasta un Sh=5 para un valor muy alto de humedad ante unos valores entre 20 y 24. Posteriormente se hace el mismo ejercicio para medir el grado de susceptibilidad ante el valor de disparo por sismo (Ds); partiendo de la valoración del Ds entre 1 para una calificación de sismo leve a uno de intensidad III en la escala Mercalli Modificada, hasta 10 para uno extremadamente fuerte y correspondería a un valor en la escala de XII, se ajustaron los valores para llevarlo a unidades conocidas, este se calculó a partir de un modelo estadístico de ajuste de rangos a partir de los valores de la escala Mercalli modificada, obteniendo como resultado un valor ajustado del intervalo de 1 para valores Ds de 1 y 2 e intensidades Mercalli modificada de III y IV los cuales son sismos leve y muy bajo, hasta un valor ajustado de 5 correspondiente a valores Ds 9 y 10 para intensidades XI y XII, muy fuerte y extremadamente fuerte; con estos valores se define y ubica el mayor sismo regional y se le asigna valor de acuerdo con la tabla de valores; después se calcula el valor del factor de disparo por lluvias (DII), se debe calcular la curva Intensidad Duración Frecuencia (IDF), según el método Gumbel, comparando contra la tabla propuesta en la metodología Mora – Vahrson (1992) y unos valores de lluvia máxima evaluada en un periodo de tiempo significativo, de ser posible el periodo de retorno de 100 años. Según estos valores se asignan valores entre 1 y 5 a la intensidad de lluvias máximas con un periodo de retorno específico siendo DII de 1 con un calificativo de muy bajo para lluvias máximas menores a 100 mm, y 5 un calificativo de muy alto con una intensidad mayor de 400 mm.

Resumiendo la susceptibilidad general del área de estudio estará dada por:

- Susceptibilidad de las pendientes Sp
- Susceptibilidad litológica SI
- Susceptibilidad por humedad de suelo (Sh)
- Disparo por sismo (Ds)
- Disparo por lluvia (DII)
- Posteriormente, se aplica la fórmula general para la susceptibilidad por deslizamiento: $H = \{SI * Sh * Sp\} * [DII * Ds]$, y obtenemos el valor de la susceptibilidad ante deslizamientos del área de análisis.

Una vez obtenido el valor de la susceptibilidad se aplica en cada uno de los escenarios geológicos y geomorfológicos, evaluados dentro del sector y se obtiene así la susceptibilidad de cada cobertura ante deslizamientos.

Una vez se tenga el dato de susceptibilidad, total y parciales son insumos sobre los cuales se construyen los parámetros de la amenaza natural por lluvias o por evento sísmico, para el caso de amenaza sísmica se toman datos de intensidades probables y la respuesta de las distintas zonas ante las sollicitaciones, lo que construye un primer parámetro para este tipo de amenaza.

En la amenaza sísmica desde la morfología se evalúa en una primera instancia el sismo regional más fuerte o que más daño a producido, además de la definición de los escenarios probables de activación se deben tener en cuenta los parámetros específicos del sismo tipo evaluado para el área de estudio y con los datos del sismo definidos, se cruza con la zonificación geológica y geomorfológica⁴, se puede valorar la intensidad para la zona sísmica y para la zona geológica simultáneamente, de acuerdo con unos parámetros de intensidad sísmica Mercalli modificada, modelo que se aplica también para el modelo geomorfológico, obteniendo a su vez unos valores para esta cobertura.

Una vez se tiene definido el parámetro sísmico, se evalúa el parámetro de lluvias construyendo al curva IDF a partir del modelo de distribución de Gumbel, valores que se aplican a su vez a todas las coberturas geológicas para así obtener el valor de la amenaza por este factor en el sector; con toda esta información se construye el modelo de amenaza a partir de los eventos naturales que más se presentan en la zona de estudio.

Se analizaron posteriormente las amenazas socio – naturales, que se evaluaron tenían un peso en la conformación del modelo de amenaza sectorial para lo cual se enfocó en procesos no sostenibles de uso y ocupación del territorio, midiendo y calificando a partir de los condicionantes existentes en el área específica a través de indicadores, que se expresan en índices específicos para cada indicador y la reunión de uno o varios indicadores podrá mostrar características específicas del territorio de análisis.

Las características que se midieron en el sector son: *DENSIDAD* dada en proporción de habitantes y de viviendas por unidad de área del sector de análisis, *INDICE DE FRAGMENTACIÓN* ecosistémica que se define como⁵ la disminución y aislamiento de las manchas de hábitat y poblaciones silvestres que se asocian a esta, las ecuaciones que se utilizan son: $Frag = [Superficie\ total\ del\ hábitat\ (St)/(número\ de\ relictos\ (Nr)] * dispersión\ de\ manchas\ (Dm)$ donde $Dm = 2 Dc (I/p)$ y $Dc = Distancia\ media\ de\ mancha\ a\ mancha\ (centro\ o\ centroide)$, también $I = densidad\ media\ de\ manchas\ (numero\ manchas/superficie\ total\ del\ área\ de\ estudio\ en\ Hectáreas) * 100 = número\ de\ manchas\ por\ cada\ 100\ hectáreas$.

También se midieron los *GASES EFECTO INVERNADERO*, como también los *CONTAMINANTES EN AIRE Y AGUA*, la *COMPACIDAD URBANA* definida como la relación del volumen edificado sobre la superficie de análisis, así como las *ZONAS VERDES TOTALES* dentro de la cual se incluyen las zonas verdes artificiales o construidas por el hombre y las zonas verdes naturales en las cuales el hombre no ha tenido o ha tenido muy poca intervención, características que permitieron, a través de indicadores e índices específicos, medir el grado de amenaza socio – natural del sector.

A partir de estos dos (2) valores Amenaza natural (Hnat) y amenaza socio – natural (Hso-nat), se calcula el valor de la amenaza total (Htotal) del sector a través de la ecuación: $S(Htotal) = Hnat + Hso-nat$.

⁴ INGEOMINAS (2001), Zonificación sismo – geotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga

⁵ INDICE DE FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD PARA LA BIODIVERSIDAD Y EL PAISAJE. Gurrutxaga Mikel, San Sebastián, 2003

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO. Las Unidades Tecnológicas de Santander están ubicadas en la Ciudadela Real de Minas, al occidente de la meseta de Bucaramanga, limitada por una zona plana y semi - plana de las cañadas de la quebrada el Loro en su límite norte y nor. - occidental, y la quebrada la Guacamaya en su límite sur y sur – oriental, con un área total de 1´466.404,81 metros cuadrados.

RESULTADOS. En la caracterización de los aspectos geológicos, el Instituto Geológico Colombiano (INGEOMINAS (2001))⁶, definió que la meseta de Bucaramanga y específicamente la Ciudadela Real de Minas, están ubicadas sobre depósitos de la formación Bucaramanga, que conforman el abanico aluvial de Bucaramanga. El cuál tiene un espesor que oscila entre 240 y 290 metros⁷ y se encuentra a su vez subdividido en cuatro formaciones de piso a techo así: miembros Órganos (Qbo), Finos (Qbf), Gravoso (Qbg) y Limos Rojos (QbLr).

Una vez aplicada la fórmula sobre cada una de las coberturas existentes se encontró que el miembro *limos rojos* tiene el mayor peso sobre la geología del sector de análisis con un $W= 80,27\%$ con respecto al total del área, a continuación está el *miembro órganos* con un $W= 8,55\%$, posteriormente por el *miembro gravoso* con un $W=6,73\%$, a continuación la presencia de *depósitos aluviales, coluviales y llenos mecánicos* existentes en el área de análisis con un $W= 2,77\%$, y por último la presencia del *miembro finos* con un $W = 1,68\%$.

El aspecto geotécnico se analizó desde lo encontrado en el estudio propuesto por INGEOMINAS (2001)⁸, en la cual la fracción correspondiente a la zona de análisis aparecen las zonas: 3A correspondiente a una característica de limos rojos del abanico aluvial de Bucaramanga y 3B correspondiente a los escarpes de la meseta de Bucaramanga; 4B correspondiente al miembro órganos afectado por procesos erosivos de medianos a fuertes; 6B correspondiente a los valles aluviales de la base de la meseta que son afectados por procesos erosivos de medianos a fuertes; 7 y 9 correspondientes a depósitos de coluvión y rellenos sueltos respectivamente, los cuales se caracterizan a través de su peso específico de la misma manera en que se han caracterizado los componentes geológicos, dando como resultado que la zona 3A limos rojos del abanico aluvial de Bucaramanga tiene un $W= 71,86\%$, la zona 3B escarpes de la meseta de Bucaramanga, tiene un $W= 17,15\%$; la zona 4B miembro órganos afectado por procesos erosivos de medianos a fuertes con un $W= 9,61\%$; las zonas 7 y 9 depósitos de coluvión y rellenos sueltos con un $W= 1,12\%$; y por último la zona 6B valles aluviales de la base de la meseta que son afectados por procesos erosivos de medianos a fuertes con un $W= 0,21\%$.

Dentro de los aspectos geomorfológicos, se encontró que las pendientes entre 0% y $\leq 2\%$ se consideran planas, intervalos de $>2\%$ y $\leq 10\%$ se consideran ligeramente inclinadas, entre $>10\%$ y $\leq 18\%$ se consideran moderadas, entre $>18\%$ y $\leq 26\%$ se consideran moderadamente inclinadas y de $>26\%$ en adelante se consideran empinadas; los resultados obtenidos en la medición del peso específico de la característica fueron:

⁶ INGEOMINAS (2001), Zonificación sismo – geotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga.

⁷ Vulnerabilidad Sísmica Indicativa del Municipio de Bucaramanga. Convenio Interadministrativo N° 066/2002. Alcaldía de Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga Ciudad Digital

⁸ INGEOMINAS (2001), Zonificación sismo – geotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga

pendientes entre 0% y $\leq 2\%$ (planas) un W de 56.65%, entre $>2\%$ y $\leq 10\%$ (ligeramente inclinadas) con un W = 22.53%; a pendientes entre $>10\%$ y $\leq 18\%$ (moderadas) un W de 7,34%; pendientes $>18\%$ y $\leq 26\%$ (moderadamente inclinadas) con un W de 3,67% y pendientes $>26\%$ (empinadas) un W = 9,78%.

Realizado el análisis del peso específico se encontró que para la estabilidad de tipo II (baja estabilidad) el W es del 17,34%, para estabilidad de tipo III el W = 10,53% y para la estabilidad alta (tipo IV) es de 72,11%.

Profundizando en el análisis de las pendientes los estudios realizados⁹ concluyen la existencia en el sector de tres (3) tipos de estabilidad de las mismas: tipo II baja estabilidad, tipo III moderada estabilidad y IV alta estabilidad; de un total de 5 tipos de estabilidad que van de muy baja estabilidad a muy alta estabilidad,

Definidos los parámetros de análisis de susceptibilidad se aplicó sobre las coberturas::

- Miembro órganos:

D1= Área deslizamiento miembro órganos / Área unidad geológica

D2= área total de deslizamiento / Área de estudio.

SI= D1 / D2

D1= 8.834,37 m² / 125.379,40 m² = 0,07046

D2= 11.892,16 m² / 1'466.404,81 = 0,00810

SI= 0,07046 / 0,00810 = 8,6987

- Miembro gravoso:

D1= Área deslizamiento miembro gravoso / Área unidad geológica

D2= área total de deslizamiento / Área de estudio.

SI= D1 / D2

D1= 3.057,79 m² / 98.682,99 m² = 0,03098

D2= 11.892,16 m² / 1'466.404,81 = 0.00810

SI= 0,03098 / 0,00810 = 3,8254

- Miembro finos:

D1= Área deslizamiento miembro finos / Área unidad geológica

D2= área total de deslizamiento / Área de estudio.

SI= D1 / D2

D1= 0 m² / 24.679,6 m² = 0

D2= 11.892,16 m² / 1'466.404,81 = 0.00810

SI= 0 / 0,00810 = 0

- Miembro limos rojos:

D1= Área deslizamiento miembro finos / Área unidad geológica

D2= área total de deslizamiento / Área de estudio.

SI= D1 / D2

D1= 0 m² / 1'177.000 m² = 0

D2= 11.892,16 m² / 1'466.404,81 = 0.00810

SI= 0 / 0,00810 = 0

⁹ Vulnerabilidad Sísmica Indicativa del Municipio de Bucaramanga. Convenio Interadministrativo N° 066/2002. Alcaldía de Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga Ciudad Digital

En la *susceptibilidad por característica geológica*, se observa que el *miembro órganos* es la *unidad más susceptible con una Sl= 8,6987*, seguida de la *unidad miembro gravoso con un Sl= 3,8254*, en tercer lugar con un *Sl = 0* están las unidades *finos y limos rojos*, y la susceptibilidad está centrada en la zona de la quebrada la Guacamaya.

El parámetro Humedad del suelo (Sh), calculado con el promedio de precipitación mensual registrado para la zona de Ciudadela Real de Minas, está definida así:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
57,6 0	79,7 0	120,9 0	136 1	118,5 0	81,9 0	88 0	84,7 0	100,5 0	141,9 1	118,7 0	56 0	
VALOR TOTAL		2		PROMEDIO MES			98,7					

La valoración de Sh se dará por la tabla siguiente¹⁰

VALORES ASIGNADOS POR MES	CALIFICATIVO	VALOR SH
0 - 4	Muy bajo	1
5 - 9	bajo	2
10 - 14	medio	3
15 - 19	alto	4
20 - 24	Muy alto	5

De acuerdo con esta valoración (valor total 2), la zona de análisis, corresponde a una humedad de suelo muy baja (Sh = 1).

El contexto de valoración por sismicidad (Ds), de acuerdo con la valoración propuesta por la metodología Mora –Vahrson (Mora et al., 1982), se toma en consideración el evento sísmico de mayor magnitud, que para el caso de la Ciudadela Real de Minas, se toma el sismo de magnitud VIII, con epicentro en la población de Umpalá (S.), distante a 35 Kms en línea recta desde el eje de la Ciudadela Real de Minas. La valoración por Ds en el área de estudio corresponde a un valor de 6 (Elevado), con una valoración del intervalo correspondiente a 3.

Para la evaluación del factor de disparo por lluvias (DII), para Bucaramanga, La lluvia máxima evaluada según los modelos de cálculo de la CDMB, es de 131 mm en un periodo de 100 años y el valor está dado por un grado bajo y corresponde a un DII=2

Por otra parte la fórmula general para el cálculo de la susceptibilidad por deslizamiento es: $H = \{[Sl * Sh * Sp] * [DII * Ds]\}$, con unos escenarios previstos de activación en el sector:

¹⁰ IBDM

- a. (miembro Limos Rojos*pendiente plana*humedad)*(Disparo por sismo*disparo por lluvias)
- b. (Miembro gravoso * pendiente empinada * humedad) * (Disparo por sismo*disparo por lluvia)
- c.1. (Miembro órganos * pendiente moderada * humedad) * (Disparo por sismo * disparo por lluvia)
- c. 2. (Miembro órganos * pendiente moderadamente inclinada * humedad) * (Disparo por sismo * disparo por lluvia)
- c. 3. (Miembro órganos * pendiente empinada * humedad) * (Disparo por sismo * disparo por lluvia)

ESCENARIO 1					
M.LIMOS ROJOS	PEND. PLANA	HUM.SUELO	DISP.SISMO	DISP.LLUVIA	
1	1	1	3	2	6
ESCENARIO 2					
MIEM. GRAVOSO	PEND.EMPINADA	HUM. SUELO	DISP.SISMO	DISP.LLUVIA	
3,82	5	1	3	2	114,6
ESCENARIO 3					
MIEM. ORGANOS	PEND.MODE.	HUM. SUELO	DISP.SISMO	DISP.LLUVIA	
8,69	3	1	3	2	156,42
MIEM. ORGANOS	PEND.MODINCL.	HUM. SUELO	DISP.SISMO	DISP.LLUVIA	
8,69	4	1	3	2	208,56
MIEM. ORGANOS	PEND.INCL.	HUM. SUELO	DISP.SISMO	DISP.LLUVIA	
8,69	5	1	3	2	260,7

La definición del rango de susceptibilidad se realizó mediante modelamiento estadístico¹¹ de los resultados, obteniendo los siguientes rangos:

RANGO DE VALORES	SUSCEPTIBILIDAD	% DEL ÁREA DE ESTUDIO
0 - <=53	[6] MUY BAJA	79,18%
>53 - <=106	BAJA	
>106 - <=159	[114,6] y [156,4] MEDIA	6,73%
>159 - <=212	[208,56] ALTA	3,67%
>212 - 265	[260,7] MUY ALTA	9,78%

En la amenaza sísmica desde la morfología se evalúa en una primera instancia el sismo regional más fuerte o que más daño a producido, este contexto se da en un sismo de

¹¹ El rango de la susceptibilidad del sector de análisis está entre 0 de valor mínimo y 260,7 de valor máximo; los valores máximos y mínimos se restan [260,7 - 0 = 260,7]; posteriormente se divide en el número de rangos sobre los cuales se quiere dividir, en este caso el rango corresponde a 5 subdivisiones, se busca el número superior a la diferencia que sea divisible exactamente en 5, en este caso es 265 lo que da lugar a cinco (5) intervalos de 53 unidades. [265/5 = 53]. Esto da lugar a subdivisiones así: muy baja [0 - <=53], baja [>51 - <=106], media [>106 - <=159], alta [>159 - <=212] y muy alta [>212 - <=265], estos rangos corresponden a cinco (5) intervalos iguales, lo que permite definir el nivel de susceptibilidad.

magnitud VIII con epicentro en la región de Umpalá, zona ubicada a aproximadamente 35 km. de Bucaramanga en dirección sur, sobre la ruta Bucaramanga – Bogotá.

Además de esta característica se encontró que la aceleración máxima para el caso de Bucaramanga se podría dar desde dos (2) escenarios probables el escenario falla frontal de la cordillera de los andes y el escenario falla Bucaramanga – Santa Marta, con escenarios críticos en las zonas de abanicos aluviales, flujos de escombros y zonas de llenos mecánicos, y donde el mayor daño se daría desde la ocurrencia de un sismo en la falla frontal de la cordillera de los andes.

Además de la definición de los escenarios probables de activación se deben tener en cuenta los parámetros específicos del sismo tipo evaluado para Bucaramanga:

Con los datos del sismo definidos, para el caso Bucaramanga (sismo magnitud VIII), desde la zonificación geológica y geomorfológica¹² se puede observar que:

ZONA SÍSMICA	ZONA MORFOLÓGICA	INTENSIDAD SISMICA		ZONA GEOLÓGICA	VALORACIÓN
		MINIMA	MÁXIMA		
1 (ROCA)	4B	VI	VIII	Qbo	3 [MEDIO]
2 (SUELO RIGIDO)	3A – 3B	VI	VIII	QbLr – ESCARPE DE LA MESETA	3 [MEDIO]
3 (RELLENOS MECANICOS)	9	VII	IX	Qllm	4 [ALTO]
4 (RONDA DE RIO)	6B	VII	IX	Qbo	4 [ALTO]
5 (COLUVIÓN)	7	VII	IX	Qbg	4 [ALTO]

En las amenazas socio – naturales unificando los indicadores y aplicando el modelo de cálculo propuesto de rango entre 0 y 1 (0 y 100%), de valores, donde el mejor valor es el mínimo y el peor valor es el más alto, se puede observar:

CARACTERÍSTICA A MEDIR		VALOR ENCONTRADO	RANGO DE LA VALORACIÓN	INDICE ENCONTRADO
DENSIDAD	HABITANTES	500,26 h/ha	[252 – 520] BAJA	BUENO [2]
	VIVIENDA	131 v/ha	[130 – 197] MEDIA	MEDIO [3]
INDICE DE FRAGMENTACIÓN	LORO (LR)	1,12	[0 – 1,5] BAJA	MUY BUENO [1]
	GUACAMAYA (GY)	0,0023	[0 – 1,5] BAJA	MUY BUENO [1]
GASES EFECTO INVERNADERO		1,44 T/AÑO	[1,21 T/AÑO] VALOR MEDIO	ALTO [4]
CONTAMINANTES EN AIRE	NO2	2,85	[2,52 – 7,50] REGULAR	MEDIO [3]
	CO	0,48	[0 – 1,25] BUENO	BUENO [2]

¹² INGEOMINAS (2001), Zonificación sismo – geotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga

CARACTERÍSTICA A MEDIR		VALOR ENCONTRADO	RANGO DE LA VALORACIÓN	INDICE ENCONTRADO
	PM10	4,85	[2,51 – 7,50] REGULAR	MEDIO [3]
	03	9,09	[7,51 – 10] MALO	ALTO [4]
CONTAMINANTES EN AGUA	QUEBRADA EL MACHO (MA)	INADECUADA	[20 – 36] INADECUADA	ALTO [4]
	QUEBRADA LA GUACAMAYA (GY)	DUDOSA	[37 – 51] DUDOSA	MEDIO [3]
	QUEBRADA EL LORO (LR)	INADECUADA	[20 – 36] INADECUADA	ALTO [4]
COMPACIDAD URBANA	ACTUAL	6,64 M3/M2	[5 – 6 M3/M2] MEDIA	ALTO [4]
	FUTURA (CORTO PLAZO)	7,94 M3/M2		MUY ALTO [5]
ZONAS VERDES TOTAL		3,88 M2/HAB	[10 – 15 M2/HAB] MEDIA	MUY ALTO [5]
	ZONAS VERDES ARTIFICIALES	0,2 M2/HAB		MUY ALTO [5]
	ZONAS VERDES NATURALES	3,6 M2/HAB		MUY ALTO [5]
VALOR MEDIO DE LOS FACTORES				58
RANGOS: MÁXIMO: 85 PUNTOS – 100% MÍNIMO: 0 PUNTOS – 0%				0,68% CORRESPONDE A UN ÍNDICE DE AMENAZA SOCIO – NATURAL ALTO [4]

4. CONCLUSIONES

Dentro del contexto de las amenazas naturales se encontró que el mayor porcentaje del territorio (79,18%), está en zona de muy baja susceptibilidad y que el 20,82%, está en zona de susceptibilidad que oscila entre media, alta y muy alta.

Se observa que la zona de mayor susceptibilidad está fuera del área de la meseta y sobre las cañadas que la rodean, lo anterior permite afirmar que la zona de presenta una susceptibilidad media – baja ante las amenazas naturales

En el contexto sísmico el escenario analizado muestra que se pueden encontrar aceleraciones máximas¹³ probables en roca de mayores a 0.3, y en suelo rígido hasta 0.4 además en la zona de rellenos mayores a 0.65; por otra parte en la relación escala Mercalli con la aceleración máxima se encuentra que magnitud VII tiene una aceleración máxima de 0.18 que equivale a 0.34% de la aceleración de la gravedad una velocidad sísmica de 16 – 31 cm/sg y una percepción de sismo muy fuerte y un potencial de daño moderado.

La magnitud VIII tiene una aceleración máxima de 0.34 que equivale a un 0.65% de la aceleración de gravedad, una velocidad sísmica entre 31 y 60 cm/sg, una percepción de

¹³ Microzonificación Sísmica de Bucaramanga, Fase 1, INGEOMINAS – CDMB, 2003

sismo severo y un potencial de daño de moderado a fuerte; la magnitud IX tiene una aceleración máxima de 0.65 que equivale a 1.24% de gravedad y una velocidad sísmica entre 60 y 116 cm/sg, una percepción de sismo violento y un potencial de daño fuerte.

Las zonas en la CRM con la presencia de la condición probable de sismo de magnitudes que oscilan entre VII y IX de la escala MMF se dan en las zonas de cañada de las quebradas del Loro y la Guacamaya, la zona de llenos mecánicos y la zona de escarpa occidental, con un W de 28,11% y el resto con un W = 71.89% tiene unas magnitudes máximas probables entre VI y VII de la escala MMF:

En la geomorfología¹⁴ indica que se pueden presentar deslizamientos en las sub – zonas donde se presenta nivel freático alto o en sub – zonas de rellenos sueltos (Coluvión o llenos mecánicos); la zona 3B Escarpes de la meseta de Bucaramanga, están condicionados los deslizamientos a la existencia de agrietamientos cosísmicos de tipo superficial, a la presencia de cárcavas (pendientes negativas) que hacen perder el soporte a la zona superior. La zona 4B que corresponde al miembro órganos, la condición de deslizamiento está sujeta a la existencia de procesos erosivos activos e intensos. En la zona 3A correspondiente a la Ciudadela Real de Minas el nivel freático está por debajo de los 9 metros (sub – superficial), esta condición solo se presenta en los bordes de la meseta en la zona de afloramientos de aguas, por tanto no se toma en cuenta esta condición sobre la zona de limos rojos, en la zona de llenos mecánicos si puede darse un potencial alto de deslizamiento, que tiene un W = 0.44% del total. En la zona 3B, tomando en cuenta la existencia de tipos de suelo propensos a procesos erosivos se puede evaluar que esta condición da lugar a una baja estabilidad en un W del 17,33% del total del área evaluada, la zona 4B que corresponde a la zona de afloramiento del miembro órganos se evalúa una condición moderada de estabilidad de la pendiente, sector con un W = 10,52%.

Las amenazas naturales se consideran bajas, para la zona de influencia directa, donde su impacto es bajo, no solamente por la afectación, sino que se evalúa el tiempo de presentación del escenario de análisis, el más destructivo en este caso es un sismo, que tiene unos indicadores de sismo de magnitud VII – VIII para la zona plana de la ciudadela real de minas, escenario que de acuerdo con la normativa sismo – resistente aplicada en Colombia, especialmente en los edificios públicos, estaría a salvo de los efectos destructivos, por esta razón se considera un valor baj con tendencia a valor medio en la amenaza natural.

En las amenazas socio – naturales, se encuentran como los indicadores de más alto impacto los que muestran los procesos de urbanización: compacidad urbana con unos índices actuales (6,64 m³/m²) un poco por encima pero que en el próximo futuro tenderán a mostrar índices muy cercanos al hacinamiento (7,94 m³/m²), el otro indicador crítico es el indicador global de las zonas verdes, que muestra 3,86 m²/habitante, cuando el mínimo según la OPS –OMS es de 15 m²/habitante; la contaminación del aire por O₃, está mostrando unos valores altos sin llegar a ser críticos, por otra parte los valores de contaminantes en cuerpos de agua naturales, adquiere también una característica de grave. El puntaje consolidado obtenido es de 58, 1ue corresponde al 0,68% del total del rango, lo que lo sitúa en el área de amenaza socio – natural alta.

¹⁴ Delgado R.J. et Al. APLICACIÓN DEL MODELAMIENTO CON SIG Y GEOSLOPE EN EL DIAGNOSTICO DE LAS AMENAZAS POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, EN EL SO DE LA MESETA DE BUCARAMANGA. Universidad de Pamplona, Revista Agua, Aire y Suelo, Vol 2, N° 1 año 2007. Pamplona

Consolidando el modelo de amenaza se puede observar que el área de meseta que corresponde al área de influencia directa de las Unidades Tecnológicas de Santander está en **amenaza natural muy baja (valoración 1)**, con un valor equivalente de 0,06, este valor se aplica sobre el 80,27% del área que está sobre el miembro Limos Rojos, a pesar del alto índice que puede inducir el contexto sísmico en el área del Municipio, situación que se ve compensada por la calidad del suelo base, por el factor humedad, por el factor detonante lluvia, por otra parte la zona de miembros órganos, gravosos, finos y zona de coluviones que corresponden al 19,66% y que está en la zona de influencia indirecta tiene valores que está entre 114,6 y 260,7 con un índice de **amenaza** que oscila entre *media (valoración 3)* para el caso del **miembro órganos** (8,55%) y *media (valoración 3)*, *alta (valoración 4)* y *muy alta amenaza (valoración 5)* en los miembros gravoso, finos y **zona de coluvión, relleno mecánico y ronda de quebrada** (11,18%); y la **amenaza socio – natural induce un índice valorado en 4.**

El valor consolidado de la amenaza para el área de influencia de las Unidades Tecnológicas de Santander, se evaluó como de nivel 3 (naranja), lo que permite prever que las condiciones son estables, pero que existen factores de están agravando la situación, en este caso el contexto socio – natural es el que induce el mayor valor, para el entorno índice de la amenaza da lugar a una valoración de **amenaza media.**

5. BIBLIOGRAFÍA

- CARDONA, O. Et Al. (2001) *Prevención – Mitigación y Planificación. Medidas estructurales y No estructurales de Gestión de Riesgos.* En “Curso sobre Gestión de Riesgos”. Universidad Nacional de Colombia. Banco Interamericano de Desarrollo. Manizales. 2001
- CAMPOS A. (2009). *Incorporando la Gestión del Riesgo de desastres En la Planificación y Gestión Territorial, Lineamientos generales para la formulación de planes a nivel local,* Proyecto Apoyo a la Prevención de desastres en la comunidad Andina - PREDECAN.
- CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO DE CANADA (IDRC) – ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES DE NACIONES UNIDAS (EIRD). (COMPILADORES) (2008). *Gestión del Riesgo de Desastres Hoy.*
- CEPAL – ECLAC. (2003). División de desarrollo sostenible y asentamientos humanos. *Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.* Santiago de Chile.
- CONCHA J. (2010) “*Evaluación del riesgo urbano con el uso de sistemas de información geográfica, una propuesta metodológica*”, Unidades Tecnológicas de Santander (UTS), ISBN 978-958-708-506-8
- COMUNIDAD ANDINA DE NACIONES. (2008). Manual de Estadísticas Ambientales Andinas. Lima, Perú.
- CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO, CAF. (2010). Metodología de Evaluación Ambiental y Social con Enfoque Estratégico. Bogotá, Colombia
- FERNÁNDEZ M; (COMPILADORA). (1996). Ciudades en Riesgo. Degradación Ambiental, Riesgos Urbanos y Desastres. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- GARCÍA, C. (2003) Modelo Basado en lógica difusa para la construcción de indicadores de vulnerabilidad urbana frente a desastres naturales. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.

- HERZER H (COMPILADORA). *Construcción del riesgo, desastre y gestión ambiental urbana, Perspectivas en debate*. Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires (Argentina). S.F.
- HEWITT, K., (Ed.), "The Idea of Calamity in a Technocratic Age", en Interpretations of Calamity; Allen and Unwin, London, 1983.
- FERNANDEZ, F. (2006) *Indicadores de sostenibilidad y medio ambiente, métodos y escala*. Junta de Andalucía, Barcelona, España.
- JORDÁN, R.; SIMIONI, D. (COMPILADORES). *Gestión urbana para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile, junio de 2003
- KRAMER A.; MUNASHINGUE M. (1992) *ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AND URBAN VULNERABILITY*. Editores y compiladores. En World Bank Discussion Papers 168. Washington D.C.
- LAVELL, A. et. Al. (2003a), *Del concepto de riesgo y su gestión al significado y formas de la intervención social*, Arequipa, COPASA-GTZ/Proyecto Gestión de Riesgo de Desastres Naturales
- LAVELL, A. (2000). "Desastres y desarrollo: hacia un entendimiento de las formas de construcción social del riesgo: el caso del huracán Mitch en Centroamérica", en Garita, Nora y Nowalski, Del desastre al desarrollo sostenible: el caso de Mitch en Centroamérica, BID/CIDHS
- LOZANO CORTIJO, O. (2007). *Metodología para el análisis de la vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos*. PREDES, Lima, Perú.
- MASKREY Andrew; ROMERO, Gilberto (1993). *Como entender los desastres naturales P 1-7*. En: los desastres no son naturales. Maskrey (compilador) LA RED\ ITDG. Tercer mundo editores, Colombia.
- MUNASHINGUE M. (1993). *Degradación del Medio Ambiente Urbano y Vulnerabilidad a Peligros Naturales*. Conferencia Mundial para la Reducción de Desastres Naturales, Comité Técnico Sesión C. Washington D.C.
- SÁNCHEZ – SILVA, M. (2005). En: Introducción a Confiabilidad y Evaluación del Riesgo, (2005), Ediciones Uniandes, Santafé de Bogotá, 508 p.
- VELÁSQUEZ A.; ROSALES C. (1999), *Escudriñando en los desastres a todas las escalas. Concepción, metodología y análisis de desastres en América Latina utilizando DesInventar*. OSSO / ITDG / LA RED.
- WILCHEZ - CHAUX, G. (1995). *Desastres y Medio Ambiente*. Módulo preparado el programa de entrenamiento para el manejo de desastres. PNUD.
- WILCHEZ - CHAUX, G. (1993). *La Vulnerabilidad Global*. La Red, Lima, Perú
- WIJLMAN, A. y LLOYD T. (1984). *Desastres Naturales ¿Fuerza Mayor u Obra del Hombre?*, Earthscan. En Red, consultado el 23 de Agosto del 2011:
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED) (1987): *Our common future*, Oxford University Press, Oxford.