

CONTRATO 292 CORPOCALDAS – GEOSUB S.A.S

**IDENTIFICAR Y CARACTERIZAR LA AMENAZA,
VULNERABILIDAD Y RIESGO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y
LAS ÁREAS DE DESARROLLO RURAL RESTRINGIDO**

10. MUNICIPIO DE RISARALDA

Manizales, 2013-2014

CONTENIDO

1. MUNICIPIO DE RISARALDA (CALDAS).....	3
1.1. REMOCIÓN EN MASA.....	3
1.1.1. Localización y drenaje superficial	3
1.1.2. Uso y cobertura.....	3
1.1.3. Geología.....	3
1.1.4. Pendientes.....	4
1.1.5. Curvatura	4
1.1.6. Aspecto	5
1.1.7. Relieve relativo.....	5
1.1.8. Índice de Humedad	5
1.1.9. Puntos críticos.....	5
1.1.10. Susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa.....	8
1.1.11. Clasificación de los Procesos erosivos	8
1.1.12. Amenaza por remoción en masa	9
1.2. Amenaza por inundación.....	9
1.3. Vulnerabilidad municipio de Risaralda	9
1.4. Riesgo municipio de Risaralda.....	14
REFERENCIAS	17

1. MUNICIPIO DE RISARALDA (CALDAS)

1.1. REMOCIÓN EN MASA

1.1.1. Localización y drenaje superficial

En el municipio de Risaralda se incluyó la toma de imágenes LIDAR y ortofotos de la cabecera urbana. Previo a la zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa, cuya metodología general ha sido descrita anteriormente, se ha procedido a preparar en detalle diversos insumos requeridos para el proceso de álgebra de mapas para establecer dicha zonificación. A continuación se describen e ilustran dichos productos para la cabecera urbana del municipio de Risaralda (Anexo 1, Mapa 10.1.)

1.1.2. Uso y cobertura

Además de la destinación a construcciones y vías, se evidencian extensas zonas destinadas a cultivos de café y pastos, como las principales coberturas existentes, observándose en ciertas zonas plátano y remanentes de guaduales, y pequeñas zonas boscosas, sobre la margen inferior de la vía que conduce al sector de Cambía. Hacia el sector del Hotel El Mirador, se presentan taludes sub-verticales asociados a cortes de vía que en la actualidad tienen coberturas de rastrojo bajo (Anexo 1, Mapa 10.2.).

1.1.3. Geología

Al interior del perímetro urbano de la población de Risaralda, predominan materiales residuales derivados de diabasas, cuyo espesor es inferior a 10 metros, notándose afloramientos frecuentes donde aparece la estructura relicto de la litología de basamento, así como de discontinuidades relacionadas.

En forma generalizada sobre pendiente moderada a baja se presenta una secuencia de cenizas volcánicas pardas, donde no se diferencia eventos individuales en relación con su grado de alteración, y cuyo espesor total oscila entre 6 y 10 metros (Anexo 1, Mapa 10.3.).

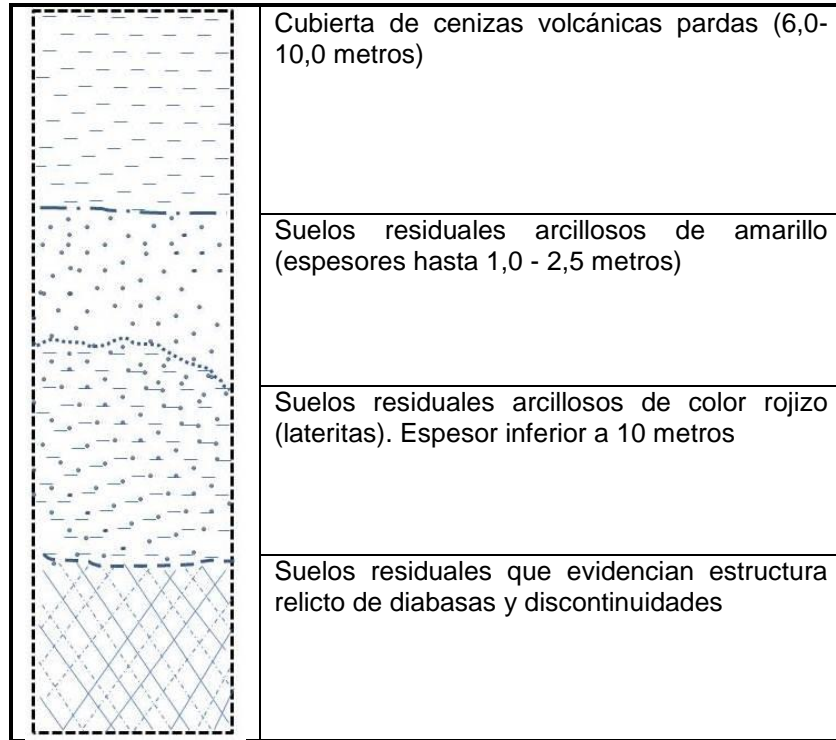


Figura 10.1 Perfil de meteorización de suelos residuales lateríticos del sector de Risaralda, Caldas. Las interfaces entre dichos suelos y las cenizas volcánicas que actúan como nivel de cambio de permeabilidad importante.

1.1.4. Pendientes

Las pendientes mayores se relacionan directamente con cabeceras amplias de nacimientos y drenajes, y en algunos casos a cortes viales, mientras en la mayor parte del territorio urbano la pendiente es moderada a baja (Anexo 1, Mapa 10.4.).

1.1.5. Curvatura

En la realización del mapa de curvatura se usó como base el DTM obtenido a partir de la imagen LIDAR (Anexo 1, Mapa 10.5.), el cual evidencia de forma muy sistemática y contrastante un pronunciado dominio de formas cóncavas tanto en planimetría como en perfil, lo que resulta relevante en términos de la calificación de su influencia en la génesis de los procesos erosivos, y no se evidencian variaciones notables en dicha expresión para las laderas oriental y occidental del área urbana de Risaralda (Anexo 1, Mapa 10.5.).

1.1.6. Aspecto

El mapa de aspecto muestra mayor homogeneidad sobre la ladera oeste que sobre la correspondiente oriental, y de acuerdo a su distribución y en conjunto con otros facilita la determinación de zonas homogéneas para la asignación del factor morfométrico (Anexo 1, Mapa 10.6.).

1.1.7. Relieve relativo

En el caso de la cabecera del municipio de Risaralda, es evidente que los mayores contrastes de relieve se asocian a la dinámica de modelamiento de cuencas, en particular de sus cabeceras, probablemente bajo el influjo de proceso tectónicos (Anexo 1, Mapa 10.7.).

1.1.8. Índice de Humedad

En este mapa se muestra el resultado de la aplicación de la fórmula del índice de humedad:

$$W = \ln(A_s / \tan \beta)$$

Donde w corresponde a índice de humedad, mientras A_s es el área aferente, y β es la pendiente calculada (Anexo 1, Mapa 10.8.). Las zonas de saturación muy alta y alta se localizan en las zonas periféricas de la cabecera municipal, coincidente con las zonas desprovistas de urbanismo concentrado, las zonas de transición urbano-rurales y aquellos centros de manzana donde aún se conserva vegetación.

Por el contrario las zonas con saturación media y baja se localizan sobre todo en la zona céntrica de la cabecera municipal, donde las prácticas urbanas han posibilitado la aparición de zonas impermeabilizadas, con poca o ninguna presencia de vegetación (Anexo 1, Mapa 10.9.).

1.1.9. Puntos críticos

La determinación de los puntos críticos de la cabecera municipal de Risaralda se estimó a partir de los controles de campo, el uso de las imágenes LIDAR y el registro histórico de eventos. Se diferenciaron durante el trabajo de campo algunos sitios críticos con base en la manifestación de procesos de remoción en masa, erosión concentrada, y en alguna medida con base en la distribución de elementos expuestos, particularmente vivienda y/o vías y/o infraestructura de

acueducto o saneamiento básico. Se destacan algunos sectores correspondientes a laderas intervenidas mediante urbanismo a lo largo de la K 4, entre calles 9 y 7, en zonas circunvecinas al Coliseo Lino Arias; la zona perimetral al Colegio María Inmaculada; el sector norte del municipio coincidente con la vía hacia el municipio de Anserma, los taludes inferior y superior de la vía hacia el municipio de San José a la altura del barrio San Javier y el sector sur de la cabecera a la altura del sector denominado El Mirador, salida hacia el Corregimiento de Arauca.

Se relaciona entonces un listado de dichos sitios críticos, con su localización, observaciones pertinentes así como su correspondiente registro fotográfico, (Anexo 1, Mapa 10.9.).

Tabla 10.1. Sitios críticos cabecera municipal Risaralda

RISARALDA	OBSERVACIONES:	Foto
Sector noroeste de la cabecera municipal (salida San José)	Proceso de remoción en masa activo, asociado a lluvias intensas y excavación sin controles técnicos, en suelo residual de Formación Barroso	
Sector centrooeste de la cabecera municipal (salida Cambía)	Proceso de remoción en masa estabilizado mediante ejecución de pantalla anclada. Por las fuertes pendientes y tipo de materiales, obras pueden ser insuficientes	
Hotel El Mirador, salida zona rural	Muros en gavionería estabilizando parcialmente proceso de remoción en masa, en talud colindante con Hotel El Mirador. Las obras deben continuarse y complementarse a lo largo de la ladera, en razón a la presencia de viviendas en la corona	
Talud superior vía salida a Cambía	Talud estabilizado mediante perfilado, construcción de trinchos en guadua y obras para el manejo de aguas de escorrentía. Debe ampliarse la estabilización y complementarse con ejecución de otras medidas de mitigación	

1.1.10. Susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa

Para elaborar el mapa de susceptibilidad por remoción en masa se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros intrínsecos:

- Uso y Cobertura
- Geología
- Pendiente
- Curvatura
- Relieve Relativo (Interno)
- Índice de Humedad

Una vez evaluada y procesada la información temática de la cabecera municipal, a partir de la metodología descrita, se obtuvo para el municipio de Risaralda:

- La susceptibilidad alta a los fenómenos de remoción en masa están delimitados hacia las zonas perimetrales de la cabecera municipal, en razón a las fuertes pendientes y a la transición de usos entre lo urbano-rural. Dicha susceptibilidad es coincidente con el registro y reporte de eventos erosivos que a lo largo de la historia del municipio han manifestado las comunidades y autoridades locales. También se registran susceptibilidades altas hacia la zona centro-sur de la cabecera, debido a la presencia de laderas de alta pendiente con grados de intervención urbana apreciables.
- El resto de la cabecera municipal presenta susceptibilidades de media a baja. En el mapa susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa de Risaralda se puede apreciar la distribución espacial de aquellas zonas (Anexo 1, Mapa 10.10.).

1.1.11. Clasificación de los Procesos erosivos

En el Anexo 1, Mapa 10.11., se muestra la localización de las principales áreas afectadas por procesos erosivos, y que fueron clasificados de acuerdo con su persistencia de eventos. En el Mapa se muestra que los principales eventos de deslizamientos que son observables en las imágenes LIDAR, y los que han sido sometidos a algún tipo de tratamiento, se localizan principalmente en las laderas oeste y este, y algunos puntos de la parte norte y sur de la cabecera municipal. Se destacan los puntos del Mirador, la salida hacia el municipio de Anserma y el Colegio María Inmaculada y aquellas áreas perimetrales a la cabecera municipal en donde la transición urbano-rural es apreciable. En la parte central de la cabecera municipal no se observan procesos erosivos, salvo vestigios de antiguos movimientos ya intervenidos a lo largo de la K 4.

1.1.12. Amenaza por remoción en masa

En el Anexo 1, Mapa 10.13., se muestra el mapa de amenaza por remoción en masa que se obtuvo cruzando los mapas de susceptibilidad (Anexo 1, Mapa 10.10.), el mapa clasificado de procesos erosivos (Anexo 1, Mapa 10.11.) y el mapa de detonantes por lluvia (Anexo 1, Mapa 10.12.), de acuerdo con la valoración propuesta en la Tabla 1.5. En el mapa se observa que la concentración de la amenaza por fenómenos de remoción en masa sigue persistiendo en aquellas zonas perimetrales a la cabecera municipal (transición urbano-rural) y en los sectores norte y sur del municipio. En la zona central de la cabecera la K 4, entre calles 9 y 6, sigue evidenciando una amenaza alta en razón a los desarrollos urbanos adelantados y la permanencia de centros de manzana colindantes con cortes de trazados viales.

El sector del Colegio María Inmaculada, en los taludes perimetrales, en particular el localizado hacia el norte, evidencia una problemática de amenaza alta, en virtud al tipo de tratamiento, el estado del talud, los materiales, la localización de viviendas en corona y el inadecuado control y manejo de aguas de escorrentía provenientes de la parte alta del sector urbanizado.

1.2. Amenaza por inundación

El municipio de Risaralda no presenta condición de amenaza por inundaciones, dada su localización geográfica y las unidades geomorfológicas predominantes. No obstante, es notoria en todos los desarrollos constructivos de la cabecera municipal la ausencia de canales y bajantes que garanticen un control adecuado de las aguas de escorrentía provenientes de los techos de las viviendas y la ausencia de alcantarillado pluvial, separado del sistema de saneamiento básico del municipio.

1.3. Vulnerabilidad municipio de Risaralda

Para el análisis de vulnerabilidad se consideraron los siguientes insumos:

- Información SISBEN aportada por las Secretarías de Planeación de los municipios objeto de estudio y la correspondiente espacialización de datos a través de la unidad barrios (ver Mapa anexo 10.14)
- Metodológicamente se utilizaron los factores salud, ingresos, tenencia, educación, grupos étnicos y densidad poblacional para la vulnerabilidad social, cada uno de ellos con sus correspondientes clases (ver tabla 10.2)

y los factores tipología y altura, con sus correspondientes clases (ver Tabla 10.3), para evaluar la vulnerabilidad total.

- Una vez pesados y cruzados dichos factores, con sus correspondientes clases, se obtienen las zonas con mayor vulnerabilidad, expresada esta en términos de fragilidad de los elementos expuestos. Quiere decir entonces que cada factor y clase se evalúan a partir del criterio de si contribuyen en mayor o menor medida al incremento o no de la vulnerabilidad en los barrios de cada cabecera municipal.

Tabla 10.2. Valores promedio (%) de los factores (indicadores) de Vulnerabilidad en la cabecera municipal de Risaralda por unidad barrial

BARRIO	Tipología	Tenencia	Salud	Nivel Educativo	Ingresos	Edad	Población
1	30.9%	35.7%	28.9%	31.55%	65%	26.8%	99
2	25.7%	23.7%	30.2%	25.63%	65%	12.8%	148
3	12.7%	26.0%	27.4%	26.64%	65%	21.9%	162
4	23.5%	28.8%	28.7%	24.44%	64%	20.1%	178
5	19.0%	26.7%	26.3%	21.02%	61%	19.4%	89
6	25.1%	29.0%	29.4%	31.83%	65%	26.9%	350
7	14.5%	26.3%	26.1%	25.92%	64%	24.7%	176
8	26.6%	20.6%	26.5%	26.47%	65%	22.2%	65
9	13.3%	24.4%	28.0%	26.21%	65%	22.6%	214
10	23.9%	30.8%	27.4%	31.48%	65%	23.5%	173
11	12.5%	25.4%	27.8%	29.07%	65%	25.0%	108
12	14.8%	26.3%	25.5%	27.44%	65%	24.2%	239
13	28.5%	20.0%	36.8%	33.17%	65%	21.8%	29
14	24.2%	28.0%	25.1%	24.10%	63%	21.1%	816
15	22.5%	29.2%	26.4%	22.47%	64%	20.3%	410
16	25.6%	30.4%	29.3%	28.34%	65%	21.9%	301
17	24.5%	27.6%	27.8%	29.13%	65%	23.2%	469

Tabla 10.3. Valores netos (porcentaje) del factor Tipología para el análisis de Vulnerabilidad en la cabecera municipal de Risaralda

Tipología			
Mampostería	Tapia Pisada - Adobe - Bahareque	Madera - mixto	Barrio
7%	81%	12%	1
11%	89%	0%	2
73%	27%	0%	3
25%	72%	2%	4
43%	57%	0%	5
22%	73%	5%	6
64%	36%	0%	7
6%	94%	0%	8
70%	30%	0%	9
23%	76%	2%	10
74%	26%	0%	11
63%	37%	0%	12
28%	55%	17%	13
23%	75%	3%	14
26%	73%	0%	15
20%	75%	5%	16
23%	74%	4%	17

A partir de los resultados tabulados por unidad barrial se pudo determinar por ejemplo, en el caso del factor Tipología, que los barrios 3,7,9,11 y 12 de la cabecera municipal de Risaralda presentan construcciones que pertenecen a la categoría mampostería (simple o confinada), haciendo que dichas zonas sean menos susceptibles a la afectación asociada a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, toda vez que los mencionados barrios superan el promedio porcentual calculado para los mismos. Es también observable que la tipología dominante en Risaralda es tapia pisada-adobe-bareque, con fundamento en las valoraciones realizadas.

En cuanto al factor salud, casi la totalidad de los residentes de la cabecera municipal se inscriben en el régimen subsidiado o sin ningún tipo de acceso a los

servicios de salud, salvo los residentes de los barrios 14 y 15, que están ligeramente por encima de la media del factor. Dichas características permiten inferir una condición de moderada a alta vulnerabilidad con referencia al régimen de salud de la población.

Llama especialmente la atención que no obstante las economías locales y los niveles socio-económicos que se perciben en la cabecera municipal, el régimen contributivo de salud ocupe los porcentajes que se evaluaron, según la información SISBEN suministrada. También es notorio que en los niveles de ingreso de la población, la totalidad del universo evaluado, según la fuente de información, devengue menos de un salario mínimo mensual legal vigente, y que sólo un pequeñísimo porcentaje de la población supere los dos (2) salarios mínimos legales vigentes.

Tabla 10.4. Valores netos (porcentaje) del factor Salud para el análisis de Vulnerabilidad en la cabecera municipal de Risaralda

Salud			Barrio
Contributiva	Subsidiada	Ninguna	
4%	91%	5%	1
11%	77%	12%	2
19%	72%	9%	3
25%	58%	16%	4
24%	67%	9%	5
3%	91%	6%	6
26%	64%	10%	7
12%	85%	3%	8
14%	77%	8%	9
12%	83%	5%	10
12%	81%	6%	11
19%	77%	4%	12
0%	76%	24%	13
34%	55%	11%	14
35%	50%	15%	15
14%	74%	12%	16
12%	82%	6%	17

En cuanto al nivel educativo es perfectamente apreciable que los niveles de básica primaria y bachillerato superan altamente las demás clases evaluadas, superando ligeramente la media porcentual establecida para el municipio y las unidades barriales objeto de análisis. Es pertinente precisar que el nivel educativo superior-tecnológico-postgrado presenta niveles porcentuales muy bajos y en algunas unidades barriales es nulo, manifestando dicho factor que el promedio de la población cuenta con un nivel educativo de básica primaria y/o bachillerato. Para el caso particular de las unidades barriales 6, 7, 10 y 13, es necesario referir que en dichos sectores el valor porcentual del analfabetismo está equiparado con los porcentajes de la educación básica primaria, infiriéndose de dicho comportamiento una tendencia hacia la vulnerabilidad social alta.

Tabla 10.5. Valores netos (porcentaje) del factor Nivel educativo para el análisis de Vulnerabilidad en la cabecera municipal de Risaralda.

Nivel Educativo				
Ninguno	Primaria	Secundaria	Tecnológica - Superior - Postgrado	Barrio
21%	62%	17%	0%	1
11%	53%	31%	4%	2
17%	44%	38%	1%	3
11%	49%	34%	6%	4
9%	35%	48%	8%	5
26%	52%	22%	0%	6
20%	34%	41%	5%	7
14%	51%	35%	0%	8
15%	47%	35%	3%	9
28%	46%	25%	1%	10
19%	52%	29%	0%	11
18%	46%	35%	1%	12
28%	55%	17%	0%	13
14%	38%	42%	6%	14
11%	39%	43%	7%	15
19%	50%	29%	2%	16
21%	49%	28%	2%	17

A partir de la evaluación de los factores que inciden en la vulnerabilidad social de

la cabecera municipal de Risaralda, con sus correspondientes clases, se pudo estimar la condición de vulnerabilidad total para el municipio, encontrándose:

- La zona centro y norte de la cabecera municipal presentan una vulnerabilidad media, en razón a los diferentes factores evaluados.
- La zona sur y sur-occidental (unidad barrial 6 y circunvecinas), además de la zona centro oriental (unidad barrial 13) y el sector nor-occidental de la cabecera (unidades barriales 7, 8 y 16) presentan vulnerabilidades altas, acorde con todos los indicadores evaluados, según información base SISBEN (Anexo 1, Mapa 10.15)
- Los indicadores con mayor relevancia en la definición de los tipos de vulnerabilidad en la cabecera municipal de Risaralda fueron el factor tipología constructiva, densidad poblacional e ingresos, no obstante los demás factores tener incidencias complementarias.

1.4. Riesgo municipio de Risaralda

Una vez establecidas e identificadas las condiciones de amenaza por remoción en masa y vulnerabilidad en la cabecera municipal de Risaralda, se cruzan los mapas temáticos obtenidos en fases anteriores y se configura la condición de riesgo para la cabecera municipal, bajo el entendido que dicha condición sólo es aplicable a la infraestructura potencialmente expuesta y, que para el caso particular de los municipios del occidente caldense, corresponde a las viviendas localizadas en las cabeceras municipales englobadas en los perímetros urbanos.

Tabla 10.6. Matriz de calificación del riesgo por fenómenos de remoción en masa, a partir de amenaza alta y vulnerabilidad

		AMENAZA	
		Baja	Alta
VULNERABILIDAD	Baja		
	Media		
	Alta		

RIESGO	
Alto	
Muy alto	

Para el municipio de Risaralda la condición de riesgo más evidente se localiza hacia el sector nor-occidental de la cabecera, coincidente con ocupación de perímetro de vía que conduce al municipio de Anserma (Caldas), en donde además de la condición de vulnerabilidad de las viviendas de la zona, se evidencia una condición de amenaza por fenómenos de remoción en masa asociada a usos inadecuados del suelo, presencia de infraestructura con afectaciones históricas por deslizamientos y vías sin las obras complementarias suficientes que garanticen la evacuación controlada de las aguas de escorrentía y en algunos casos de aguas servidas.

En el Anexo 1, Mapa 10.16., se pueden diferenciar las categorías de riesgo definidas para la cabecera municipal de Risaralda y en él se puede identificar que en la generalidad territorial de la cabecera, no obstante la condición de vulnerabilidad física de las construcciones (adobe-bahareque), los niveles de riesgo son bajos.

Adicionalmente, en la Tabla 10.7., se identifican y georreferencian las viviendas con categoría de riesgo alto y muy alto, evaluadas en el municipio de Risaralda.

Tabla 10.7. Base de datos de viviendas identificadas con condición de riesgo alto y muy alto cabecera municipal Risaralda (Caldas)

ID	X	Y	RIESGO
0	812857.11168600000	1063636.76190000000	MUY ALTO
1	812854.61011600000	1063635.01080000000	MUY ALTO
2	812850.35744700000	1063629.75751000000	MUY ALTO
3	812846.60509300000	1063626.50546000000	MUY ALTO
4	812842.10226700000	1063622.75311000000	MUY ALTO
5	812837.34928400000	1063616.49918000000	MUY ALTO
6	812832.59630100000	1063612.99699000000	MUY ALTO
7	812824.34112000000	1063606.74306000000	MUY ALTO
8	812818.83766600000	1063601.23961000000	MUY ALTO
9	812814.08468300000	1063595.23584000000	MUY ALTO
10	812811.58311300000	1063588.98192000000	MUY ALTO
11	812624.63639900000	1063227.95776000000	ALTO
12	812688.05119700000	1063303.19248000000	ALTO
13	812681.48457600000	1063298.68965000000	ALTO
14	812676.04366200000	1063288.74591000000	ALTO

15	812670.41512900000	1063284.05547000000	ALTO
16	812669.47704100000	1063278.98979000000	ALTO
17	812659.72091800000	1063285.55641000000	ALTO
18	812657.84474000000	1063295.31253000000	ALTO
19	812652.21620800000	1063299.25250000000	ALTO
20	812639.08296600000	1063301.12868000000	ALTO
21	812628.57637200000	1063313.51145000000	ALTO
22	812618.88278900000	1063316.07556000000	ALTO
23	812626.13734100000	1063109.90451000000	ALTO
24	812620.13357400000	1063117.57599000000	ALTO
25	812614.79689100000	1063124.91393000000	ALTO
26	812607.79249500000	1063128.91644000000	ALTO
27	812602.12227000000	1063134.25312000000	ALTO
28	812619.46648800000	1063103.90074000000	ALTO
29	812463.19557600000	1062731.99244000000	ALTO
30	812457.41417000000	1062725.76631000000	ALTO
31	812449.85387000000	1062720.87435000000	ALTO
32	812510.78099500000	1062556.77136000000	ALTO
33	812518.34129600000	1062549.65579000000	ALTO
34	812528.12521400000	1062520.30403000000	ALTO
35	812530.79355500000	1062509.18594000000	ALTO
36	812532.57244900000	1062500.29147000000	ALTO
37	812531.68300200000	1062494.95479000000	ALTO
38	812531.23827800000	1062488.28394000000	ALTO
39	812539.68802600000	1062507.85177000000	ALTO
40	812533.01717300000	1062524.75127000000	ALTO

REFERENCIAS

Asociación de Ingeniería Sísmica (AIS). 2009, correspondiente al Estudio General de la Amenaza Sísmica de Colombia, 226 p.

Chacón, J., Irigaray, C., Fernández, T and El Hamdouniet, R., 2006. Landslides in the main urban areas of the Granada province, Andalucía, Spain. IAEG2006 paper number 414 edited by the Geological Society of London.

Goepel K., 2013. Analytical hierarchy process, AHP Matrix at <http://bpmsg.com>

Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M., and Stark, C. P., 2007. Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe, Meteorol. Atmos. Phys., 98, 239–267.

Hervás, J., Barredo, J.I. y Lomoschitz, A., 2002. Elaboración de mapas de susceptibilidad de deslizamientos mediante SIG. Teledetección y Métodos de evaluación multicriterio. Aplicación a la depresión de Tirajana (Gran Canaria). En: F.J. Ayala-Carcedo y J. Corominas (eds.). Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. Fundamentos y aplicaciones en España Instituto Geológico y Minero de España, 168-180.

Jian, W. & Xiang-guo, P., 2009. GIS-based landslide hazard zonation model and its application. Procedia Earth and Planetary Science 1:1198–1204.

Keith, A. K., 2008. GIS-based analysis of potential water infiltration in the Gog River watershed, Mobile, Alabama. Department of Earth Sciences, University of South Alabama, Mobile. 11 p.

<http://www.usouthal.edu/geography/fearn/480page/2010/10Keith.pdf>

Kouli, M. Lydakis-Simantiris, N. y Soupios P. 2008. Chapter 1. GIS –based aquifer modeling and planning using integrated geoenvironmental and chemical approaches. Technological Educational Institute of Crete, Department of Natural Resources and Environment. In: Groundwater: Modelling, Management... ISBN: 978-1-60456-832-5. Editors: L.F. Konig and J.L. Weiss, pp. 1-61. Nova Science Publishers, Inc

Nguyen, T.L., 2008. Landslide susceptibility mapping of the mountainous area in a Luoi district, Thuathien Hue province, Vietnam. PhD Thesis Vrije Universiteit Brussel. 255 p.

Zezere, J. L., Trigo, R. M., and Trigo, I. F., 2005. Shallow and deep landslides induced by rainfall in the Lisbon region (Portugal): assessment of relationships with the North Atlantic Oscillation, *Nat.Hazards Earth Syst. Sci.*, 5, 331–344, <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/5/331/2005/>.