

## **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**

#### **12. MUNICIPIO DE VITERBO**

**Manizales, 2013-2014**

---

## CONTENIDO

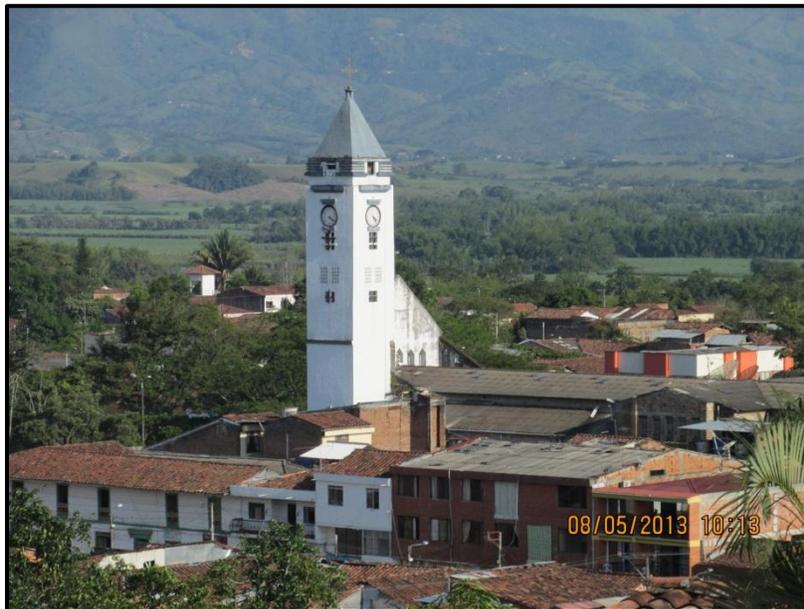
1. MUNICIPIO DE VITERBO .....	3
1.1. Remoción en Masa .....	3
1.1.1. Localización y drenaje superficial .....	3
1.1.2. Uso y cobertura .....	4
1.1.3. Geología .....	5
1.1.4. Pendientes.....	6
1.1.5. Curvatura.....	7
1.1.6. Aspecto.....	7
1.1.7. Relieve Relativo.....	7
1.1.8. Índice de Humedad.....	7
1.1.9. Puntos críticos .....	8
1.1.10. Mapa de Susceptibilidad por Remoción en masa .....	12
1.1.11. Mapa de Persistencia de los Procesos erosivos .....	13
1.1.12. Mapa de Amenaza por Remoción en masa .....	13
1.2. Amenaza por Inundaciones .....	16

## 1. MUNICIPIO DE VITERBO

### 1.1. Remoción en Masa

#### 1.1.1. Localización y drenaje superficial

El municipio de Viterbo en la zona sur-occidental del departamento de Caldas, se localiza en un sector fuertemente influido por la dinámica aluvial, fuertemente ligada a la cuenca medio-baja del río Risaralda y las micro cuencas de las Quebradas Limones y Mellizos. Históricamente el municipio ha sido impactado por la ocurrencia de inundaciones asociadas a períodos invernales. Es importante notar que tanto la Quebrada Limones como el río Risaralda, discurren perimetrales a la cabecera municipal, mientras que la Quebrada Mellizos la atraviesa en sentido noroeste en un tramo de canalización cerrada (Anexo 1, Mapa 12.1).



**Figura 12.1** Panorámica cabecera municipal Viterbo

### 1.1.2. Uso y cobertura

Dadas las condiciones topográficas de la cabecera municipal, salvo en sitios como el quiebre geomorfológico por donde discurre la Quebrada Limones, entre el barrio La Playa y el sector El Mirador, en el sector noroccidental de la cabecera, donde se puede apreciar un desnivel topográfico de unos 40 metros, el uso predominante es el urbano. Cabe eso sí destacar el uso de pastos y rastrojo bajo en zonas circundantes a las Quebradas Limones y Mellizos y el río Risaralda, y franjas remanentes de bosques de guadua se concentran en los corredores de protección de los drenajes de la zona, aunque son evidentes intervenciones recientes en diversos tramos. En la zona urbanizada se destaca la presencia de centros de manzana con vegetación arbórea. (Anexo 1, Mapa 12.2.).



**Figura 12.2** Sector perimetral bajo de la Quebrada Limones, donde se aprecia la ejecución de medidas de mitigación y la presencia de bosques de guadua parcialmente intervenidos.

### 1.1.3. Geología

Los afloramientos más significativos se pudieron definir en los taludes ribereños del río Risaralda y en algunos cortes de vía localizados en el sector del Alto Palatino (El Mirador).

En general los materiales del subsuelo están constituidos por gravas, arenas y arcillas con niveles tobáceos, que conforma el basamento denominado Formación La Paila, el cual es suprayacido por diversas secuencias aluviales manifiestas por terrazas bajas y medias, y por llanuras recientes del río Risaralda y la Quebrada Mellizos. En algunos sectores asilados, es posible reconocer depósitos de ceniza volcánica (Anexo 1 Mapa 12.3)



**Figura 12.3.** Depósitos de llanura de inundación sobre el sector suroriental de la cabecera urbana, asociados a la dinámica del río Risaralda. Nótese los escarpes erosivos que limitan las terrazas bajas y medias.



**Figura 12.4**Detalle de los sedimentos de Viterbo, asociados a la Formación La Paila, que consisten de conglomerados con intercalaciones de arcillolitas

#### 1.1.4. Pendientes

A partir del DTM de las imágenes LIDAR y mediante el histograma típico, se construyó para la cabecera del municipio de Viterbo, el respectivo mapa de pendientes, donde se discriminaron los siguientes rangos en grados: 0-12.5; 12.5 – 15.0; 15.0 – 25.0; 25.0 – 35 y mayores a 35, dado que la geomorfología local es de tendencia plana y de baja disección, estando los mayores contrastes asociados a los escarpes erosivos que delimitan las terrazas aluviales.

Las zonas de mayor inclinación se localizan hacia la zona noroccidental (barrios circunvecinos al Alto Palatino), coincidentes con la depresión formada entre la Quebrada Limones y el sector del Alto Palatino, así como entre las zonas que delimitan los diversos niveles de terrazas hacia el oriente de la cabecera urbana. Las restantes áreas del municipio se caracterizan por tener pendientes inferiores 10°, en donde el factor condicionante para la ocupación urbana son las restricciones derivadas de las zonas forestales protectoras.

En algunos sectores de las llanuras aluviales de las quebradas Limones y Mellizos y el río Risaralda, se encuentran tramos donde la presencia de taludes verticales a subverticales genera zonas de alta pendiente.

El Anexo 1, Mapa 12.4, permite visualizar la homogeneidad de la cabecera municipal, y los contrastes restringidos a ciertas franjas, en particular allí donde la

presencia de terrazas aluviales y/o la alta disección de las corrientes permiten configurar taludes de verticales a subverticales.

### **1.1.5. Curvatura**

Para el sector de Viterbo, resulta evidente que dominan los valores convexos intermedios, sin presentarse contrastes significativos en términos de curvaturas planimétricas o en perfil, sólo manifiestos de forma dispersa hacia al sureste de la cabecera urbana.

En dicho sector en referencia, dichos rasgos coinciden con una zona de deslizamiento parcialmente estabilizada, y que corresponde con unos de los sitios críticos que se indican posteriormente, el cual está fuertemente asociado con la acción de un meandro de la quebrada Limones sobre la base de la ladera (Anexo 1, Mapa 12.5)

### **1.1.6. Aspecto**

Se evidencia una tendencia a predominar las direcciones de las pendientes en sentido sureste, en la mayor parte del área urbana, restringiéndose las direcciones oeste, para el escarpe de la margen izquierda de la quebrada Limones (Anexo 1, Mapa 12.6)

### **1.1.7. Relieve Relativo**

En relieve relativo de la cabecera urbana de Viterbo presenta valores bajos predominantes, presentándose valores intermedios en zonas de escarpes erosivos asociados la distribución de terrazas aluviales (Anexo 1, Mapa 12.7).

Conjuntamente, con otros parámetros morfométricos, se devela para Viterbo una tendencia baja a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, mientras que se manifiesta un contexto propicio para las inundaciones, tal como lo evidencian los registros históricos existentes, con algunas salvedades asociadas principalmente a la margen derecha de la quebrada Limones

### **1.1.8. Índice de Humedad**

Dominan ampliamente las zonas de alta concentración de humedad, dado el

---

predominio en el área urbana de zonas planas, factor que puede incidir hacia las crestas de los escarpes erosivos, como es el caso de la carrera 7 entre calles 10 y 12, y el sector sur de área urbana entre carreras 9 y 12 (Anexo 1, Mapa 12.8)

### **1.1.9. Puntos críticos**

Según los recorridos de campo realizados con las autoridades locales en la fase de iniciación del proceso y evaluados con mayor detalle en una fase ulterior, se pudieron determinar para la cabecera municipal los siguientes puntos críticos relacionados en la Tabla 12.1. Para su localización ver el Anexo 1, Mapa 12.9.

Los puntos críticos se asocian principalmente a procesos de insuficiencia hidráulica, y a procesos de inestabilidad asociados principalmente a la ladera de la margen izquierda de la quebrada Limones.

**Tabla 12. 1. Puntos de control Importantes en el Casco Urbano de Viterbo**

<b>Municipio:</b>		<b>OBSERVACIONES:</b>	<b>FOTO:</b>
<b>Estación</b>	VITERBO	Gaviones de sector cercano al Matadero. Tres secciones de gaviones, con altura entre lámina de agua y parte superior de gaviones de 2,40 m., en una longitud aproximada de 40 m. Ameritan intervenciones complementarias	
<b>Norte</b>	639		
<b>Este</b>	N5 03.538		
<b>Sector</b>	W75 51.934 La Cancha y Matadero		
<b>Municipio:</b>	VITERBO	<b>OBSERVACIONES:</b>	<b>FOTO:</b>
<b>Estación</b>	638	Entrega de aguas canalizadas de Quebrada Mellizos a la altura de Estación de Servicio La Palma	
<b>Norte</b>	638		
<b>Este</b>	N5 03.609		
<b>Sector</b>	W75 52.197 Sector cruce calle 9 con carrera 12. Estación de servicio La Palma		
<b>Municipio:</b>	VITERBO	<b>OBSERVACIONES:</b>	<b>FOTO:</b>
<b>Estación</b>	640	Puente de acceso sobre Quebrada Limones en barrio La Playa. Sección de Quebrada con un ancho de 9 m y 2 m de altura. Velocidad aproximada de flujo = 0,8 m/seg. Comunidad reporta salida de aguas por encima del puente en época invernal. Sección hidráulica reducida por acumulación de materiales a la entrada de puente	
<b>Norte</b>	640		
<b>Este</b>	N5 03.729		
<b>Sector</b>	W75 52.573 Puente de acceso sobre Quebrada Limones hacia el barrio La Playa		

**Tabla 12. 1.** Puntos de control Importantes en el Casco Urbano de Viterbo

Municipio:	VITERBO	OBSERVACIONES:	FOTO:
<b>Estación</b>	641	Sección hidráulica de inicio tramo canalizado Quebrada Mellizos. Sección de 1,1 x 1,50 metros. Se observa una apreciable disminución de sección hidráulica natural del drenaje. Inundaciones históricas por insuficiencia hidráulica y taponamiento de entrada por acumulación de materiales y desborde de aguas	
<b>Norte</b>	N5 03.917		
<b>Este</b>	W75 52.291		
<b>Sector</b>	Inicio canalización Quebrada Mellizos, a la altura del sector Bomberos		
<b>Municipio:</b>	VITERBO	<b>OBSERVACIONES:</b>	<b>FOTO:</b>
<b>Estación</b>		Detalle muro de protección Quebrada Limones.Registros históricos de inundación. Según pobladores, última temporada invernal, sección hidráulica del puente de acceso fue insuficiente, las aguas del drenaje sobrepasaron su nivel máximo. Además, ineficiente manejo y control de aguas de escorrentía superficial en el sector, así como entregas de alcantarillado, que pueden generar inundación regresiva.	
<b>Norte</b>			
<b>Este</b>			
<b>Sector</b>	Inicio recorrido Quebrada limones en tramo urbano de la cabecera municipal de Viterbo, después de Barrio La Playa, y sector de la carrera 5		
<b>Municipio:</b>	VITERBO	<b>OBSERVACIONES:</b>	<b>FOTO:</b>
<b>Estación</b>		Históricamente se han registrado inundaciones durante las temporadas invernales, tales como las ocurridas entre los años 2009 y 2011. Disminución de la sección hidráulica por el canalizado, genera obstrucciones ante eventos torrenciales. Dique construido aguas arriba en el 2010, se presenta socavación lateral	
<b>Norte</b>			
<b>Este</b>			
<b>Sector</b>	Tramo inicial canalizado de Quebrada Mellizos, Bomberos y sector de la carrera 10 con calle 5		

**Tabla 12. 1. Puntos de control Importantes en el Casco Urbano de Viterbo**

Municipio:	VITERBO	OBSERVACIONES:	FOTO:
<b>Estación</b>		Tramo final del canalizado de la Quebrada Mellizos, en donde por las características de la ocupación y la antigüedad de la obra, se han presentado subsidencias y afectación de viviendas. Es importante precisar que la entrega del canalizado debe adecuarse para evitar la aceleración de procesos de socavación lateral y retroceso de escarpes aledaños	
<b>Norte</b>			
<b>Este</b>			
<b>Sector</b>	Sobre de la carrera 12 con calle 9 (Estación de Servicio Las Palmas), canalizado de la Quebrada Mellizos		
<b>Municipio:</b>	VITERBO	<b>OBSERVACIONES:</b>	<b>FOTO:</b>
<b>Estación</b>		Afectaciones por agrietamientos en vías y viviendas del sector, sumado a condiciones de vulnerabilidad física y afectación severa de algunas viviendas del sector tales como las correspondientes a la calle 6 No. 3-21, 3 - 09, entre otras del sector.	
<b>Norte</b>			
<b>Este</b>			
<b>Sector</b>	Alto Palatino. Calle 6 entre carreras 3 y 4		
<b>Municipio:</b>	VITERBO	<b>OBSERVACIONES:</b>	<b>FOTO:</b>
<b>Estación</b>		Antecedentes de procesos de inestabilidad y viviendas reubicadas. Hacia la calle 12, parte posterior del colegio La Milagros, se evidencian rasgos de procesos activos, sobre la ladera asociados a socavación de base por meandro de la quebrada Limones	
<b>Norte</b>			
<b>Este</b>			
<b>Sector</b>	Ladera margen izquierda Quebrada Limones. Sectores de la carrera 7 entre 10 y 12		

Otra situación crítica corresponde al sector de alto Palatino, donde las condiciones de intervención del sector, por cortes y llenos, así como por las intervenciones viales y de servicios, tanto por la presencia de un tanque de agua hacia la parte superior con probables fugas, como de la mismas redes de servicios del sector, y además por los mismos cortes del terreno, que igualmente pueden estar influyendo en la generación de diversos agrietamientos en el sector que afectan algunas viviendas, y ameritan intervenciones correctivas de carácter urgente.



**Figura 12.5.** Sector de la calle 6 entre calles 3 y 4, donde se evidencian prominentes agrietamientos sobre las vías y las viviendas del sector de Alto de Palatino, con factores de causalidad de tipo antrópico

Otro sector con importantes antecedentes de inestabilidad lo conforma el sector de la carrera 7 entre calles 10 y 12, y la parte posterior del colegio La Milagrosa sobre la parte baja de la calle 12, donde se manifiestan signos de actividad de procesos sobre la ladera.

#### **1.1.10. Mapa de Susceptibilidad por Remoción en masa**

La susceptibilidad por procesos de remoción en masa, según el modelo obtenido, a través del análisis jerárquico (AHP), se acercan a los contrastes de relieve marcados los escarpes erosivos perimetrales a la cabecera urbana, donde es importante tener presente que en las anomalías de los parámetros morfométricos obtenidos, puede influir la disposición de llenos de ladera, derivados del proceso de intervención urbana, pese a que estos no están representados en la cartografía geológica obtenida (Anexo 1, Mapa 12.10).

### **1.1.11. Mapa de Persistencia de los Procesos erosivos**

Sector oriental de la cabecera municipal a lo largo del corredor de protección del río Risaralda. Uno de los tramos más críticos es el sector circunvecino al matadero y a la cancha de fútbol, donde por efecto de la socavación lateral el río Risaralda genera retroceso del escarpe e inundaciones (Anexo 1, Mapa 12.11)

### **1.1.12. Mapa de Amenaza por Remoción en masa**

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

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

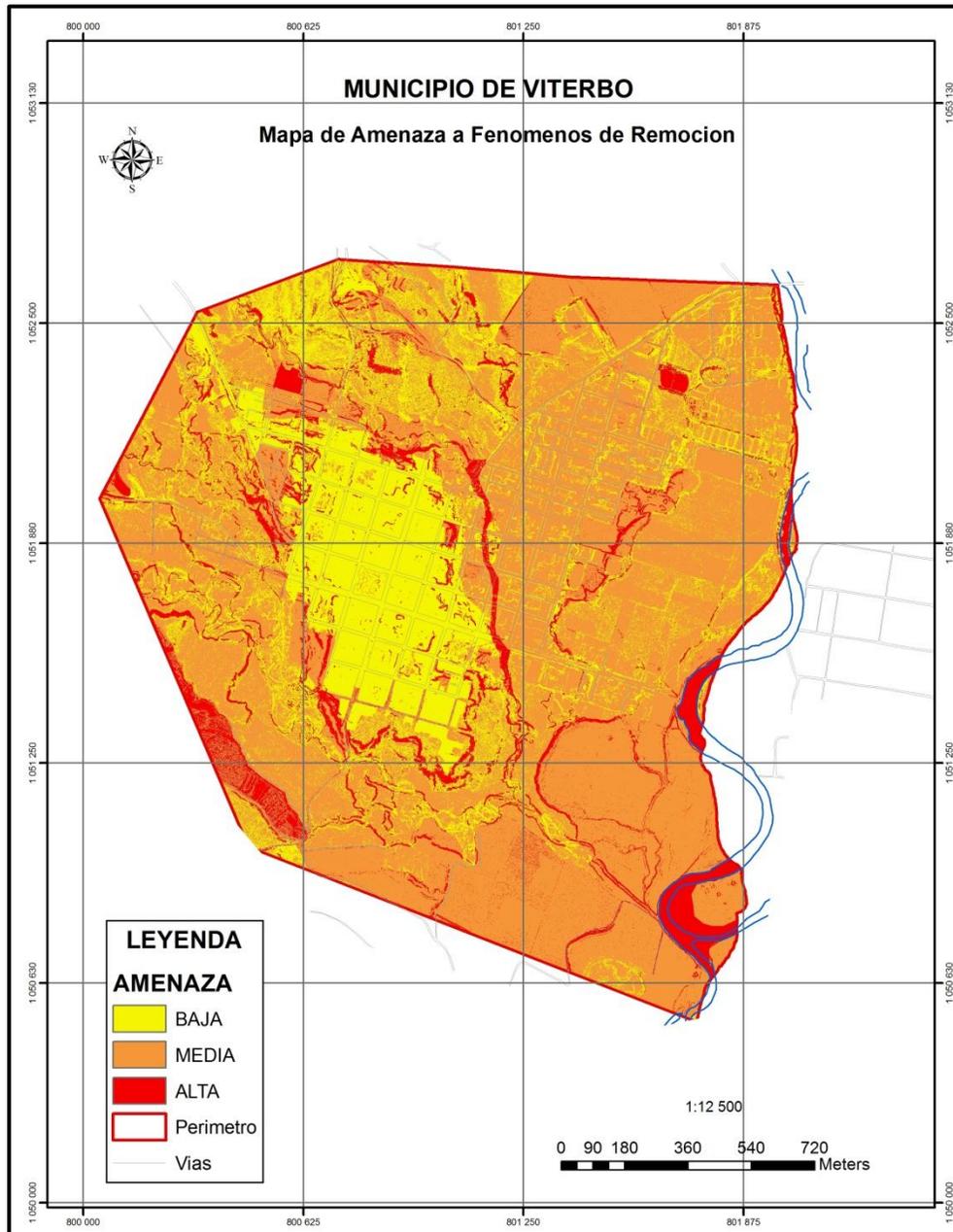
La susceptibilidad a la potencial ocurrencia de fenómenos de remoción en masa en el municipio de Viterbo, se relaciona con los procesos de evolución geomorfológica determinados por los procesos de disección y agradación de los cauces del sector, y evidentemente como ya se ha expresado se concentra sobre los escarpes erosivos, es decir el escarpe de la margen izquierda de la quebrada Limones, la margen derecha de la quebrada Mellizos en su tramo aguas arriba de la vía de acceso a la cabecera municipal y en algunos tramos de los escarpes entre las terrazas bajas y medias hacia el oriente de la cabecera (Anexo 1, Mapa 12.12.)

Las deficiencias en redes de servicios y los parámetros constructivos de las vías urbanas intervienen en muchos casos en las manifestaciones de inestabilidad observados y modelados.

Complementario a lo obtenido en el modelo de susceptibilidad se hace evidente la en la zonificación de amenaza por remoción en masa, la afectación sobre los márgenes del río Risaralda, los procesos de socavación lateral, por la presencia de sedimentos sueltos y de baja consolidación, así mismo sobre las zonas de relieves de mayor contraste.



**Figura 12.6.**Ladera de la calle 12 con carrera 7 con evidentes deformaciones del terreno, derivadas de procesos de inestabilidad tratados parcialmente, y sobre los cuales puede influir la dinámica hacia la base de un meandro de la quebrada Limones.



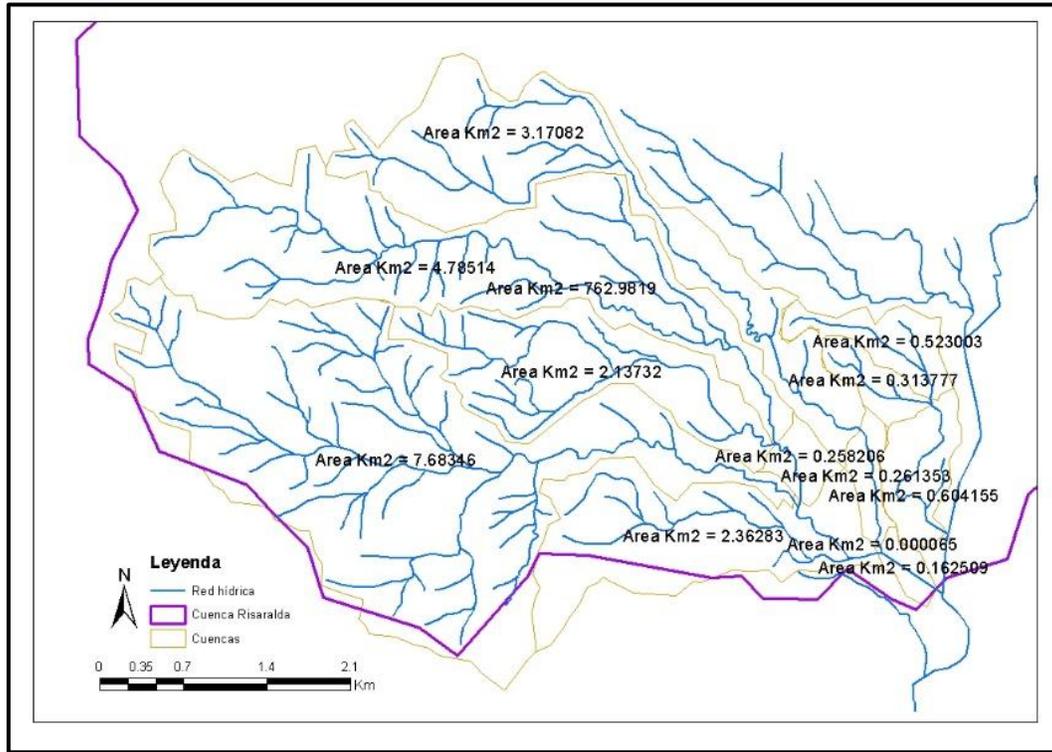
**Figura 12.7.** Mapa de fenómenos de remoción en masa Municipio de Viterbo

## 1.2. Amenaza por Inundaciones

El municipio de Viterbo hace parte de la cuenca hidrográfica del Río Risaralda, que recorre perimetralmente la cabecera municipal hacia el sector oriental, en sentido norte-sur, desembocando en el Río Cauca, en el municipio de La Virginia. Como afluentes principales se destacan las Quebradas Limones que atraviesa la cabecera municipal por su costado occidental y La Mellizos, que recorre el tramo urbano del municipio por su sector central mediante sección canalizada (box-couvert de aproximadamente 1,5 m x 1,2 m). Históricamente, los mencionados drenajes han generado inundaciones en la cabecera municipal, siendo las más impactantes las generadas por la Quebrada Mellizos durante las épocas invernales 2008-2009 y 2010-2011. El Río Risaralda en su recorrido perimetral por la cabecera municipal genera intensificación de los procesos de socavación de orillas e inundación de la llanura aluvial circundante; no obstante la baja densidad poblacional y de ocupación urbana ha evitado que los impactos de dichos procesos sean mínimos y de bajo impacto socio-económico (Anexo 1, Mapa 12.13)

**Tabla 12.2.** Caudales estimados para las Subcuenas del municipio de Viterbo.

Nombre	Área (Km <sup>2</sup> )	PPT 15 (mm)	PPT 100 (mm)	Longitud Cauce Km	TC min	Q (m <sup>3</sup> /s) Tr=15 años	Q (m <sup>3</sup> /s) Tr=100 años
Cuenca 1	4.79	113.83	161.66	6.70	37.67	26.27	38.76
Cuenca 2	0.16	113.05	156.75	0.18	9.98	2.23	3.38
Cuenca 3	2.36	111.82	155.43	3.58	26.23	15.40	23.22
Cuenca 4	7.68	109.01	151.47	6.73	60.65	27.31	41.17
Cuenca 5	2.14	113.05	158.79	4.09	23.10	16.68	25.12
Cuenca 6	0.26	114.00	158.47	0.43	14.17	2.97	4.47
Cuenca 7	0.26	113.81	158.50	0.31	17.36	2.60	3.92
Cuenca 8	3.17	116.14	165.25	6.04	30.77	20.61	31.07
Cuenca 9	762.98	114.08	171.10	84.90	631.73	400.47	634.81
Cuenca 10	0.60	114.36	158.82	0.72	16.62	6.21	6.21
Cuenca 11	0.31	115.05	160.65	0.97	11.70	3.25	3.25
Cuenca 12	0.52	115.80	161.57	1.53	15.35	4.59	4.59



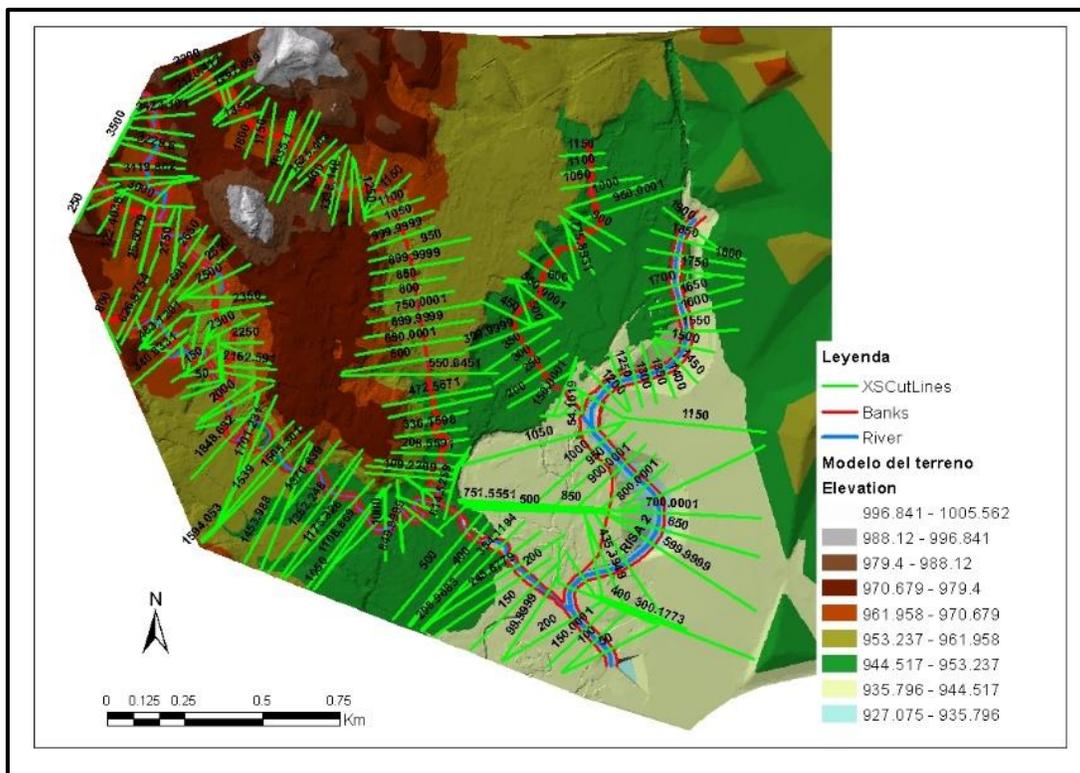
**Figura 12.8.** Cuencas hidrográficas del municipio de Viterbo.

El total de corrientes es recogido pro doce (12) subcuencas de diversos tamaños y características morfométricas (ver **Figura 12.8**), razón por la cual en el proceso de modelación hidráulica se aplican diferentes métodos que se ajusten a las particularidades de cada una de ellas. En la **Tabla 12.2** se muestran los resultados obtenidos y en archivo adjunto (digital) se encuentran consignadas las memorias de cálculo respectivas para cada subcuenca.

La construcción del modelo hidráulico requirió del ajuste y articulación de dos informaciones topográficas diferentes: las procedentes de las imágenes LIDAR, de alta resolución y el modelo de elevación digital del terreno de la USGS con celda de 30x30 metros. A pesar de que las imágenes LIDAR fueron recortadas por la parte central del río Risaralda, seccionando los análisis y el modelo, y que los resultados del modelo hidráulico obtenidos presentan un alto grado de incertidumbre, los mismos permiten establecer un comportamiento global del drenaje y facilitan la toma de decisiones en cuanto a la ocupación de su llanura de inundación ante la eventual ocurrencia de inundaciones asociadas al incremento de precipitaciones en los períodos invernales de la región.

En el caso particular de la quebrada Mellizos, cuyo tramo urbano se encuentra

canalizado mediante box-culvert, se hizo necesario la realización de dos (2) modelos hidráulicos: uno con el box culvert funcional y el segundo, con la situación crítica de que este se encuentre tapado (flujo obstruido) a la entrada, caso que ya se ha presentado en el municipio generando inundaciones sobre las zonas aledañas a la corriente. La **Figura 12.9** muestra el modelo hidráulico del municipio de Viterbo Caldas.

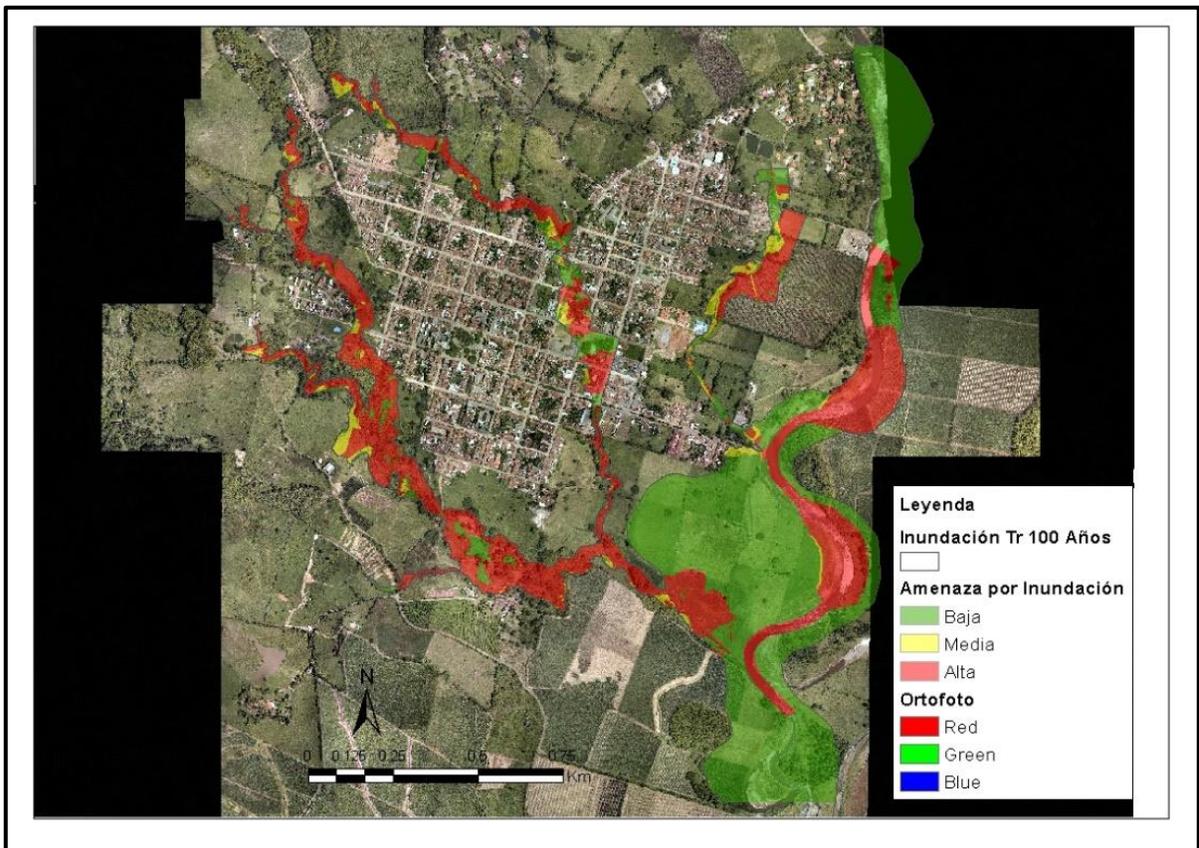


**Figura 12.9.** Modelo hidráulico del municipio de Viterbo.

La zonificación de amenaza por inundación se realiza combinando y reclasificando los mapas de velocidad y calado de los dos escenarios modelados. Los resultados obtenidos en el río Risaralda, donde el nivel de amenaza que predomina en muchas zonas es bajo tiene un alto grado de incertidumbre por la fuente de información topográfica utilizada en el modelo de este sector, mientras que las demás corrientes evidencian las realidades reportadas en el municipio por procesos de inundación asociados al incremento de las precipitaciones en las temporadas invernales. La **Figura 12.10** muestra los resultados de la zonificación de la amenaza por inundación en el municipio de Viterbo, notándose que las manchas de inundación de las Quebradas Limones y Mellizos son las más críticas, en razón a los grupos poblacionales asentados en sus zonas perimetrales. Es importante notar que las zonas circunvecinas a las confluencias de drenajes

(Limonés con Mellizos y Limónes-Mellizos con Risaralda) se convierten en los escenarios más complejos desde el punto de vista hidráulico, razón que amerita que los procesos de expansión territorial de la cabecera municipal tengan restricciones hacia la zona sur-oriental del territorio.

Finalmente, debe establecerse una política urbana clara en la cabecera municipal que evite en el futuro de corto y mediano plazos, que la problemática asociada al tramo canalizado de la Quebrada Mellizos se convierta en un asunto inmanejable para las autoridades locales, dado que según reportes de la comunidad y las mismas autoridades locales, el box-couvert presenta deficiencias no sólo hidráulicas sino también estructurales.



**Figura 12.10.** Zonificación de la amenaza por inundación en el municipio de Viterbo (Caldas).

### 1.3. Vulnerabilidad

Para el análisis de vulnerabilidad en el municipio de Viterbo, 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 Anexo 1, Mapa 12.14). Esto determina un proceso de generalización y ajuste de variables al consolidado dentro de las unidades entendidas como barrios

**Tabla 12.3.** Valores promedio (%) de los factores (indicadores) de Vulnerabilidad en la cabecera municipal de Viterbo por unidad barrial

BARRIO	Tipología	Tenencia	Salud	Nivel Educativo	Ingresos	Edad	POBLACION
1	8,5%	27,2%	22,6%	27,05%	64%	20,3%	164
2	7,9%	27,4%	25,0%	25,95%	65%	19,9%	2934
3	8,6%	27,4%	24,5%	26,28%	64%	20,1%	1127
4	7,6%	28,0%	25,2%	24,22%	63%	20,2%	743
5	10,6%	28,2%	26,4%	27,37%	65%	20,7%	1032
6	11,6%	27,9%	26,1%	26,49%	65%	20,6%	694
7	8,8%	27,0%	22,9%	23,66%	63%	19,3%	2719
8	8,3%	29,1%	18,2%	22,03%	62%	20,2%	232
9	7,1%	27,6%	25,1%	25,54%	65%	21,5%	124
9	7,7%	26,6%	25,0%	28,10%	65%	21,6%	937

- Se incluyeron variables físicas de las edificaciones como son tipología y alturas, la segunda de las cuales se obtuvo mediante la resta del DSM y el DTM, efectuándose el filtrado de aquellas alturas que no correspondieran a edificaciones sino a otros elementos, tales como árboles. Además, de estos dos factores, se utilizaron factores tales como salud, ingresos, tenencia, educación, grupos étnicos y densidad poblacional para la vulnerabilidad social, cada uno de ellos con sus correspondientes clases (ver tabla 12.2), que en su conjunto permitieron evaluar la vulnerabilidad total.
- Una vez pesados y cruzados dichos factores, con sus correspondientes clases, se obtienen las zonas con mayor vulnerabilidad, expresada ésta 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.

En cuanto a las tipologías constructivas predominantes en el área urbana de Viterbo, es muy importante referir el predominio de edificaciones en mampostería, dominante netamente sobre tipologías en bahareque, tapia pisada, adobe, así

como madera o mixtos que representa en conjunto tan sólo representan un porcentaje generalizado inferior al 7 %, de tal forma que en términos de vulnerabilidad, solo se muestra una tendencia mayor de tipologías con deficiencias constructivas para los barrios 4 y 6 con el 17 % y el 22 % . De tal forma que el mapa resultante por fragilidad muestra el predominio de vulnerabilidad media.

**Tabla 12.4.** Valores netos (porcentaje) del factor Tipología para el análisis de Vulnerabilidad en la cabecera municipal de Viterbo

Tipología				
Mampostería	Tapia Bahareque	Pisada - adobe	Madera mixto	Barrio
95%		5%	1%	1
96%		4%	0%	2
94%		5%	1%	3
98%		2%	0%	4
83%		17%	0%	5
78%		22%	0%	6
92%		7%	0%	7
94%		6%	0%	8
100%		0%	0%	9
97%		3%	0%	10

En cuanto al nivel educativo, entre el 10 y el 15 % de la población incluida en SISBEN, no figura con ningún nivel de estudio , mientras que entre el 1 y el 6 % cuentan con estudios superiores, predominando entonces los niveles primaria y secundaria. Así mismo, entre el 25 % y 70 % de la información contenida en SISBEN, es asignada al régimen contributivo, lo que evidencia, pero de cualquier forma en términos generales domina el régimen subsidiado. Un aspecto particular de la vulnerabilidad social se destaca para la población de Viterbo en términos de ingresos, dado que entre el 92% y el 99 % corresponde a valores inferiores a 1 s.m.l.v, mientras apenas alcanzan entre el 1 % y 6 % para el rango entre 1 y 2 s.m.l.v.

**Tabla 12.5.** Valores netos (porcentaje) del factor Salud para el análisis de Vulnerabilidad en la cabecera municipal de Viterbo

Salud			
Contributiva	Subsidiada	Ninguna	Barrio
32%	64%	4%	1
31%	60%	9%	2
29%	64%	7%	3
36%	52%	13%	4
24%	67%	9%	5
29%	60%	11%	6
41%	49%	10%	7
55%	40%	5%	8
34%	55%	11%	9
25%	68%	6%	10

**Tabla 12.6.** Valores netos (porcentaje) del factor Nivel educativo para el análisis de Vulnerabilidad en la cabecera municipal de Viterbo.

Nivel Educativo				
Ninguno	Primaria	Secundaria	Tec - Superior - Postg	Barrio
18%	44%	36%	2%	1
16%	44%	39%	2%	2
17%	42%	39%	2%	3
14%	38%	43%	4%	4
18%	46%	35%	1%	5
17%	44%	37%	2%	6
13%	39%	42%	6%	7
9%	39%	48%	4%	8
18%	36%	45%	1%	9
20%	45%	34%	1%	10

A partir de la evaluación de los factores que inciden en la vulnerabilidad social de la cabecera municipal de Viterbo, y los aspectos relacionados con las edificaciones (tipología y alturas), permitieron establecer las clases para estimar la condición de vulnerabilidad total para el municipio, encontrándose que:

- Las condiciones de vulnerabilidad, muestran tendencias asimilables a entornos de nivel barrial, y a gruesas áreas de la cabecera, siendo predominante ampliamente los niveles de vulnerabilidad media. Esto de todas formas, queda supeditado al respectivo cruce de exposición con el mapa de amenaza por remoción en masa.
- De cualquier forma, los indicadores con mayor relevancia en la definición de los tipos de vulnerabilidad en la cabecera municipal de Viterbo fueron la tipología constructiva, densidad poblacional e ingresos, no obstante los demás factores tienen incidencias complementarias.
- Para el caso particular de Viterbo, se discriminará a partir de este reconocimiento de la vulnerabilidad física y social, la valoración por exposición en relación con los mapas de amenaza por remoción en masa y por inundaciones.

#### **1.4. Riesgo**

##### **1.4.1. Riesgo por Remoción en Masa**

Una vez establecidas e identificadas las condiciones de amenaza por remoción en masa y vulnerabilidad en la cabecera municipal de Viterbo, 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.

Para consolidar dicho producto se tuvo en cuenta la matriz observada en la Tabla 9.6, la cual de todas formas exige la aplicación de un modelo matemático que permita efectuar un cruce y obtener una amplia distribución de valores, para lo cual se pondero el ejercicio con diversos valores hasta lograr una mayor sensibilidad en la distribución de valores, y seleccionar finalmente los rangos por el método de quiebres naturales.

**Tabla 12.7.** Matriz de calificación del riesgo por fenómenos de remoción en masa, a partir de amenaza y vulnerabilidad

		<b>AMENAZA</b>
		<b>Alta</b>
<b>VULNERABILIDAD</b>	<b>Baja</b>	
	<b>Media</b>	
	<b>Alta</b>	
		<b>RIESGO</b>
		<b>Alto</b>
		<b>Muy alto</b>

En el Anexo 1, Mapa 12.15., se pueden diferenciar las categorías de riesgo por remoción en masa, definidas para la cabecera municipal de Viterbo. Los problemas principales por fenómenos de remoción en masa se asocian al sector del Alto Palatino, donde problemas de intervención urbana del sector han intervenido en el origen del proceso, mientras que el sector posterior al Colegio La Milagrosa, se han manifestado diversos antecedentes de deslizamiento, y se evidencian signos de reactivaciones importantes, coincidentes con la margen izquierda de la quebrada Limones.

La categorización de los niveles de riesgo por remoción en masa identificados en la Tabla 9.7, para el conteo específico de viviendas arroja un resultado de 93 viviendas en riesgo alto y 7 en condición de riesgo muy alto, sin embargo. Algunas deficiencias en el modelo final se derivan de no contar con el producto LIDAR, con el total de la sección del río Risaralda hacia el oriente de la cabecera municipal.

Una vez concluido, el análisis sobre mitigabilidad y definición de obras de intervención se efectuará una clasificación de mayor detalle en términos de definir el riesgo mitigable y riesgo no mitigable, y las respectivas acciones que se deriven de dicha categorización.

**Tabla 12.8.** Viviendas en zonas de riesgo alto por remoción en masa

FID_1	X	Y
7	800603,80278200000	1052061,51651000000
8	800608,11228900000	1052063,27949000000
9	800613,30328700000	1052061,81034000000
10	800618,10251100000	1052060,83090000000
11	800632,01046700000	1052057,30494000000
12	800636,12408800000	1052056,03168000000
13	800639,65004800000	1052054,75841000000
14	800646,11431000000	1052052,30983000000
15	800655,02715500000	1052049,66536000000
16	800650,81559100000	1052034,09237000000
17	800648,36700700000	1052017,83377000000
18	800644,54721600000	1052011,85923000000
19	800644,05749900000	1052007,06000000000
20	800641,02125500000	1052002,16283000000
21	800639,25827500000	1051995,89446000000
22	800631,71663700000	1051991,19318000000
23	800635,04671100000	1051983,06388000000

**Tabla 12.8.** Viviendas en zonas de riesgo alto por remoción en masa

FID_1	X	Y
24	800631,32486300000	1051974,34692000000
25	800622,50996200000	1051975,22841000000
26	800615,16421000000	1051977,77494000000
27	800602,72540500000	1051983,25977000000
28	800596,84880400000	1051984,63097000000
29	800590,48248600000	1051984,92480000000
30	800583,62645100000	1051987,47133000000
31	800579,02311400000	1051988,45077000000
32	800572,95062600000	1051990,50758000000
33	800570,99175900000	1051993,93559000000
34	800566,19253400000	1051991,87878000000
35	801131,01365800000	1052031,60082000000
36	801124,96024800000	1052022,79586000000
37	801134,31551800000	1051987,02571000000

38	801153,57636700000	1051991,42819000000
39	801159,62977600000	1051823,58365000000
40	801158,52915600000	1051817,53024000000
41	801149,17388700000	1051784,51164000000
42	801179,99124500000	1051723,42724000000
43	801165,13287600000	1051685,45585000000
44	801182,19248500000	1051610,61369000000
45	801179,44093500000	1051578,14540000000
46	801356,19362000000	1051726,66031000000
47	801352,16947800000	1051721,08842000000
48	801347,21668800000	1051706,84915000000
49	801344,43074400000	1051692,91943000000
50	801340,71615200000	1051688,58574000000
51	801338,85885500000	1051679,60880000000
52	801336,69201000000	1051671,56052000000
53	801333,59651600000	1051664,13134000000
54	801332,04877000000	1051659,48810000000
55	801329,26282500000	1051641,53423000000
56	801326,47688100000	1051634,41460000000
57	801318,42859800000	1051610,26975000000
58	801315,02355500000	1051600,36417000000

**Tabla 12.8.** Viviendas en zonas de riesgo alto por remoción en masa

FID_1	X	Y
59	801311,92806100000	1051583,33895000000
60	801306,97527100000	1051570,33788000000
61	801317,80949900000	1051565,69464000000
62	801325,23868400000	1051562,90870000000
63	801331,42967100000	1051563,21825000000
64	801337,62065800000	1051560,12275000000
65	801342,88299700000	1051557,95591000000
66	801347,52623700000	1051557,33681000000
67	801352,78857700000	1051555,47951000000
68	801358,36046500000	1051553,31267000000
69	801363,93235400000	1051551,14582000000
70	801372,59973600000	1051548,66943000000

71	801380,02892000000	1051544,95483000000
72	801387,45810500000	1051543,71664000000
73	801140,81714200000	1052043,97507000000
74	801124,23876600000	1052049,15581000000
75	801100,06196800000	1052039,48509000000
76	801093,49969400000	1052027,05131000000
77	801157,39551700000	1051912,72960000000
78	801148,18530900000	1051916,26018000000
79	801184,56563300000	1051712,36918000000
80	801163,07514600000	1051716,05326000000
81	801148,95282600000	1051665,70412000000
82	801160,00507600000	1051515,88473000000
83	801170,96138700000	1051571,52015000000
84	801147,64804600000	1051525,92961000000
85	801072,00920700000	1051442,51966000000
86	801073,04535600000	1051451,06788000000
87	801075,11765300000	1051459,35707000000
88	801078,22609800000	1051469,97759000000
89	801079,78032100000	1051477,74871000000
90	801082,37069200000	1051483,70656000000
91	800734,14947100000	1051429,17374000000
92	800745,27705200000	1051427,35160000000
93	800751,14856000000	1051424,24315000000
94	800745,62243500000	1051407,66478000000

**Tabla 12.8.** Viviendas en zonas de riesgo alto por remoción en masa

FID_1	X	Y
95	800748,04011500000	1051403,52018000000
96	800745,27705200000	1051397,64867000000
97	800742,16860700000	1051388,32334000000
98	800742,51398900000	1051383,83336000000
99	800740,44169200000	1051379,34338000000

**Tabla 12.9.** Viviendas en zonas de riesgo muy alto por remoción en masa

FID_1	X	Y
0	800612,10499200000	1052158,81295000000
1	800619,06985300000	1052157,41998000000
2	800624,64174100000	1052154,63403000000
3	800633,34781700000	1052152,02221000000
4	800642,05389300000	1052148,71390000000
5	800650,75996800000	1052146,97269000000
6	800658,59543700000	1052145,40559000000

### 1.4.2. Riesgo por inundación

Una vez establecidas e identificadas las condiciones de amenaza por inundación, donde se destacan para un período de recurrencia de 100 años, 3 niveles de remoción en masa y vulnerabilidad en la cabecera municipal de Viterbo, 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.

De las 69 viviendas identificadas en riesgo por inundación, 37 corresponde a riesgo alto, mientras 32 a riesgo muy alto (Anexo 1, Mapa 12.16). Para el municipio de Viterbo, la condición de riesgo por inundación presenta una particular contribución de la quebrada Mellizos, dada su canalización y nivel de urbanismo a lo largo de la misma, que conduce al mayor grado de exposición al riesgo en términos de número de edificaciones, identificando varias zonas con niveles de amenaza alta y media, donde se dan notables cambios en el perfil de la sección del cauce modificado, que generan obstrucciones y reboces.

**Tabla 12.10.** Viviendas en zonas de riesgo alto por inundación

<i>Id</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>
2	801066.60665300000	1052061.63491000000
3	801085.92605200000	1052048.61974000000
4	801072.09743000000	1052037.63819000000
5	801051.69343300000	1052063.05845000000
7	801093.45045000000	1052029.70706000000
8	801101.04263500000	1052037.84155000000
9	801085.04481700000	1052009.64200000000
11	801110.80401500000	1051966.80039000000
12	801107.55022200000	1051952.70062000000
13	801104.29642800000	1051944.02383000000
14	801103.75412900000	1051938.60085000000
15	801134.93631700000	1051984.15395000000
16	801144.69769800000	1051977.91752000000
18	801156.08597500000	1051911.48590000000
23	801104.56757800000	1051874.06727000000
24	801098.60229000000	1051854.27336000000
25	801096.43309400000	1051847.49463000000
26	801090.73895500000	1051835.83520000000
37	801175.87988600000	1051844.51198000000
38	801176.15103500000	1051852.10417000000
39	801180.21827700000	1051859.96750000000
40	801183.74322000000	1051876.77877000000
42	801161.78011400000	1051714.08909000000
53	801202.72368200000	1051604.54471000000
56	801604.45671400000	1051518.35266000000
57	801724.57592500000	1052157.80091000000
58	801724.16920100000	1052151.90341000000
59	801721.93221800000	1052147.42945000000
60	801719.08514800000	1052139.70169000000
61	801719.63168400000	1052136.20640000000
62	801717.34386100000	1052129.57171000000
63	801710.48039000000	1052133.23223000000
64	801713.45456000000	1052142.04035000000

<i>Id</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>
65	801719.63168400000	1052165.37615000000
66	801710.48039000000	1052169.26545000000
67	801708.19256600000	1052162.51637000000
68	801707.16304600000	1052155.08095000000

**Tabla 12.11.** Viviendas en zonas de riesgo muy alto por inundación

<i>Id</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>
0	801075.55458600000	1052082.58121000000
1	801070.67389500000	1052069.56603000000
6	801116.49815400000	1052025.36867000000
10	801096.43309400000	1052007.47281000000
17	801149.03608900000	1051913.92624000000
19	801165.03390700000	1051889.52279000000
20	801172.62609200000	1051888.43820000000
21	801118.93849900000	1051900.36877000000
22	801111.34631400000	1051890.60739000000
27	801121.37884400000	1051825.80267000000
28	801122.73459200000	1051832.58141000000
29	801124.90378700000	1051839.08899000000
30	801125.44608600000	1051845.59658000000
31	801127.07298300000	1051851.29072000000
32	801111.88861300000	1051847.76578000000
33	801168.83000000000	1051814.68554000000
34	801169.10114900000	1051823.90462000000
35	801170.72804600000	1051830.68336000000
36	801171.81264400000	1051836.91980000000
41	801149.84953800000	1051784.58795000000
43	801181.03172600000	1051709.20840000000
44	801200.55448700000	1051702.15852000000
45	801213.84081000000	1051721.68128000000
46	801229.83862800000	1051702.70081000000
47	801189.97965800000	1051678.29736000000
48	801202.99483200000	1051677.48392000000
49	801218.99265000000	1051676.67047000000

<i><b>Id</b></i>	<i><b>X</b></i>	<i><b>Y</b></i>
<b>50</b>	801221.16184600000	1051667.18024000000
<b>51</b>	801214.92540800000	1051647.11518000000
<b>52</b>	801209.23126900000	1051632.74425000000
<b>54</b>	801192.69115200000	1051607.52735000000
<b>55</b>	801589.27234400000	1051451.83066000000