

**IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS A MOVIMIENTOS EN MASA EN EL MUNICIPIO DE VILLARRICA –
TOLIMA, COMO INSUMO PARA LA TOMA DE DECISIONES**



AUTOR

JONATHAN STIVEN MONTENEGRO HOYOS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

ESPECIALISTA EN GEOMATICA

Director:

FRANCISCO JAVIER BRICEÑO ZULUAGA

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
BOGOTÁ, 19 JUNIO 2020**

IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS A MOVIMIENTOS EN MASA EN EL MUNICIPIO DE VILLARRICA – TOLIMA, COMO INSUMO PARA LA TOMA DE DECISIONES

Autor: Jonathan Stiven Montenegro Hoyos
 Email: 04101054@unimilitar.edu.co
 Universidad Militar Nueva Granada

Resumen

La generación de riesgo se da por procesos de uso y ocupación inadecuada e insostenible del territorio. [1]. La mayoría de los municipios del país no cuentan con inventarios ni estudios detallados, que identifiquen la infraestructura que se encuentra expuesta a las diferentes amenazas ya sean de origen natural o antrópico a las que se encuentran expuestos. Entre los fenómenos naturales que amenazan nuestro país podemos encontrar los movimientos en masa que es uno de los más frecuentes en el país y se encuentra identificado en el decreto 1807 de 2014, compilado en el decreto 1077 del 2015 que expresa las amenazas que se deben tener en cuenta en la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en el ordenamiento territorial.

El municipio de Villarrica, en el departamento del Tolima ha sido afectado por el fenómeno natural de movimientos en masa en el transcurso del tiempo, es necesario realizar una caracterización de la amenaza, en tanto que el presente artículo permitirá realizar una identificación de los elementos o infraestructura que se encuentra expuesta a este fenómeno en dicho municipio, con el fin de conocer e implementar medidas en términos de la gestión del riesgo de desastres como son la intervención prospectiva o intervención correctiva, buscando disminuir las condiciones de riesgo existente en el territorio. Esta identificación se realizará a partir del análisis de la información disponible y uso de la tecnología de los Sistemas

de Información Geográfica - SIG y de herramientas como la teledetección y el intersect.

Los resultados permitirán determinar y cuantificar el número de infraestructura que se encuentra expuesta a dicho fenómeno, por consiguiente, de aproximadamente 1060 edificaciones que posee el casco urbano del municipio de Villarrica, el 54% se encuentran en amenaza alta y el 34% de las edificaciones se encuentran en amenaza media, generando un total que ronda los 88% de infraestructura expuesta a dicho fenómeno, las cuales se caracterizan por ser viviendas de uno y dos pisos, lotes por ocupar, zonas verdes y equipamientos como la plaza de mercado, instituciones educativas, alcaldía municipal, Hospitales, parques, salones comunales y polideportivos.

Abstract

The generation of risk occurs due to processes of inappropriate and unsustainable use and occupation of the territory. Most of the country's municipalities do not have inventories or detailed studies that identify the infrastructure that is exposed to the different threats, whether of natural or anthropogenic origin, to which they are exposed in our country. Among the natural phenomena that threaten our country we can find the mass movements that is one of the most frequent in the country and is identified in decree 1807 of 2014,

compiled in decree 1077 that expresses the threats that must be taken into account in the incorporation of disaster risk management in land use planning.

The municipality of Villarrica, in the department of Tolima has been affected by the natural phenomenon of mass movements over time, it is necessary to characterize the threat, while this article will allow identification of the elements or infrastructure that is exposed to this phenomenon in said municipality, in order to know and implement measures in terms of disaster risk management such as prospective intervention or corrective intervention seeking to reduce the risk conditions existing in the territory. This identification will be made from the analysis of the available geographic information.

The results will allow to determine and quantify the number of infrastructure that is exposed to said phenomenon, therefore, of approximately 738 buildings in the town of Villarrica, 54% are in high threat and 34% of buildings are in medium threat of the total buildings, which are characterized by being located in the urban area of the municipality and are identified as one and two-story homes, lots to occupy, green areas and facilities such as the market square, educational institutions, municipal mayor's office, hospitals, parks, community room and sports centers.

Índice de Términos: movimientos en masa, ordenamiento territorial, infraestructura expuesta, casco urbano, Sistema de información geográfico

I. INTRODUCCIÓN

Colombia por su ubicación geográfica y espacial, se encuentra ubicado en la convergencia de grandes placas tectónicas como son la de Nazca, Cocos, Caribe y América del sur, lo que explica la presencia de cadenas montañosas, separadas por valles interandinos, la dinámica de esta tectónica

favorece la ocurrencia de sismos, erupciones y movimientos en masa [2], por lo que las zonas mas susceptibles a sufrir por estos fenomenos son los municipios que se encuentran distribuidos en la región andina, que a su vez son los municipios que presentan mayor crecimiento y desarrollo urbano. Dado el caso que se llegue a presentar un desastre, en estos municipios se reflejara y se presentaria una mayor pérdida económica y social.

Por otro lado, de acuerdo con los registros del Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA) del Servicio Geologico Colombiano (SGC), desde 1900 hasta 2011, se han reportado más de 16.969 movimientos en masa, ocasionando un 10% de viviendas destruidas y un 36% de vidas perdidas[3], basicamente los deslizamientos o movimientos en masa, según el analisis de gestión de riesgo de colombia elaborado por el banco mundial en el año 2012 expresa que el presenta fenomeno ha ocasionado mayor perdidas de vidas humanas que otro fenomeno amenazante (Figura 1), mientras que en viviedas destruidas es el tercer fenomeno con mayor desastres ocurridos (Figura 2) los departamentos donde se presentan con mayor frecuencia este fenomeno y ha ocasionado mayor afectación ha sido Caldas, Caqueta, Tolima, Antioquia, Bolivar, Boyaca, Cauca, Cesar, Cundinamarca, Huila, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindio y Santander. [4]

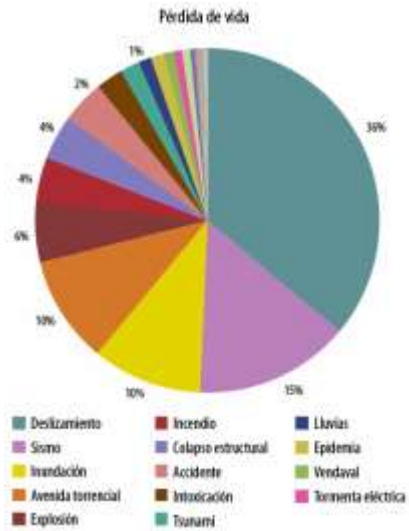


Figura 1. Pérdidas de Vidas por Fenómeno entre los años 1970 - 2011

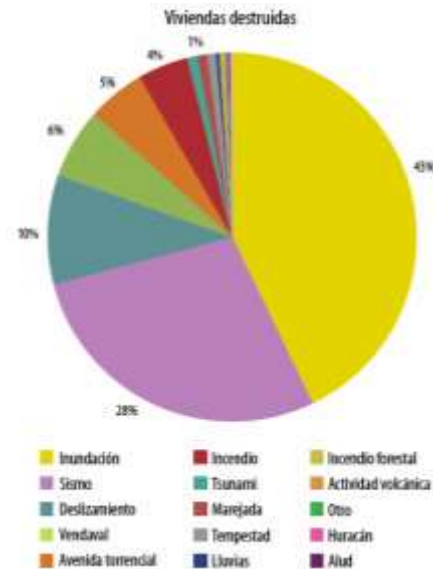


Figura 2. Viviendas Destruidas por Fenómeno entre los años 2079 - 2011

Los movimientos en masa son desplazamientos del suelo por efectos de la gravedad [5], asimismo, se pueden definir y/o clasificar según el material que desplaza ya sean rocas o tierra [6]. De igual importancia el Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático – IDIGER en el año 2015, define el fenómeno de movimientos en masa como el proceso por el cual un volumen de material constituido por roca, suelo, tierra y

escombros se desplaza por acción de la gravedad [7]. De la misma manera este es conocido popularmente como deslizamientos, derrumbes, procesos de remoción en masa, falla de taludes y laderas [8].

A nivel internacional, se ha desarrollado investigaciones que involucran los Sistemas de Información Geográficos (SIG) como herramienta de selección e intersección para determinar la evaluación de la vulnerabilidad y caracterización de amenaza. Tal es el caso, del estudio realizado en las comunidades alpinas, en las zonas montañosas de Austria en el 2010, donde el, nos permiten identificar y revisar las metodologías existentes para la identificación de los elementos expuesto, asimismo, se identifican pequeños problemas que de alguna manera u otra, dificultan los avances, como es el caso de la disponibilidad de datos.[9].

El municipio de Villarrica, Tolima, ha tenido una afectación en su casco urbano a causa de movimientos en masa y otras afectaciones derivadas, especialmente detonadas en temporadas de lluvia. Según el Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres – PMGRD del municipio, menciona que desde el año 1947 el Instituto Colombiano de Geología y Minería – INGEOMINAS, hoy Servicio Geológico Colombiano – SGC, realizó estudios y toma de fotografías aéreas por inestabilidad y deslizamientos del terreno causados por filtraciones de aguas y por el diaclasamiento de roca. Según el SGC define diaclasamiento como la fractura de la roca, acompañada de deslizamientos. En el año 1993 el INGEOMINAS identifica que el casco urbano del municipio se encuentra expuesto a un amenaza alta por deslizamiento, además, de encontrar que el municipio está localizado en suelos compuestos por un depósito de flujos (mezcla de aguas de escorrentía y aguas servidas) afectada por el proceso de reptación debido a la retención de agua, disminuyendo la resistencia de carga. Para el año 2017, el SGC realiza un estudio de movimiento en masa, con la escala de trabajo

Universidad Militar Nueva Granada. Montenegro. Identificación de Elementos Expuestos a Movimientos en Masa en el Municipio de Villarrica – Tolima, como Insumo para la Toma de Decisiones.

según normativa, donde informa que en el municipio se evidencia una problemática de movimiento en masa constante pero de velocidad lenta. [10]

Al reconocer que el municipio siempre se ha visto afectado por este fenómeno y para poder categorizarlo como riesgo de desastres, no solo se debe considerar la amenaza, por el contrario, se requiere un análisis de elementos expuestos y su vulnerabilidad [11]. Cabe destacar que la mayoría o ninguno de los municipios de Colombia poseen una identificación de sus elementos expuestos por cualquier fenómeno amenazante, este estudio se puede reconocer como un piloto, para ser replicado en otros municipios que presentan características similares o cuenten con los insumos adecuados. Por esta razón el objetivo de este artículo es identificar la infraestructura pública y privada, que se encuentra expuesta al fenómeno de movimientos en masa en el municipio de Villarrica, Tolima, con el fin de poder utilizar esta información como insumo para la toma de decisiones en la implementación de medidas en términos de la gestión del riesgo de desastres como son la intervención prospectiva o intervención correctiva, buscando disminuir las condiciones de riesgo existente en el territorio.

II. OBJETIVOS

Objetivo General

- Identificar los elementos expuestos a movimientos en masa en el casco urbano del municipio de Villarrica – Tolima, como insumo para la toma de decisiones en términos de la gestión del riesgo de desastres

Objetivos específicos

- Conocer el porcentaje del fenómeno de movimiento en masa que amenaza el casco urbano del municipio.

- Conocer la cantidad de infraestructura que se encuentra expuesta al fenómeno en mención.

III. ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio es desarrollado en el municipio de Villarrica, en el Tolima (Figura 3), se encuentra ubicado al oriente del departamento del Tolima, en límites con el departamento del Huila. A una distancia aproximada de 132 km a la ciudad de Ibagué, capital del departamento y una distancia aproximada de 171 km a la capital Bogotá, cuenta con una extensión de aproximada de 3772,15 ha, de las cuales 110,26 ha corresponden a suelo urbano, la economía en el municipio es la agricultura y ganadería. [12]

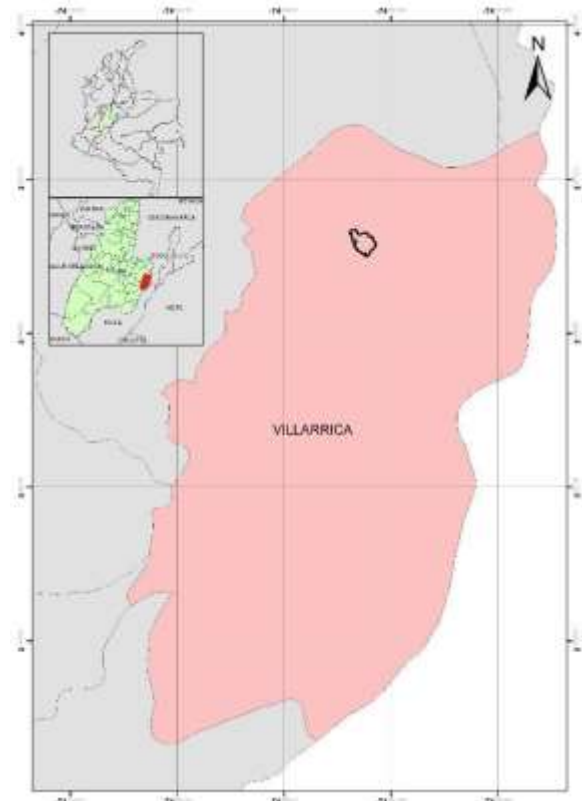


Figura 3. Ubicación Villarrica

Se desarrolla este estudio en dicho municipio por ser en la actualidad de gran importancia para el gobierno departamental y nacional. Dado que el

Universidad Militar Nueva Granada. Montenegro. Identificación de Elementos Expuestos a Movimientos en Masa en el Municipio de Villarrica – Tolima, como Insumo para la Toma de Decisiones.

presidente de la república el señor Iván Duque Márquez, en el taller construyendo país en el municipio de Fresno, en el departamento del Tolima, llevado a cabo el 19 de enero del 2019, se comprometió con el reasentamiento de la población ubicada en zona de amenaza alta por el fenómeno de movimiento en masa, generando una acción popular y una calamidad pública. Pero el municipio al contar con el estudio de identificación de la infraestructura expuesta no ha podido realizar avances significativos

IV. METODOLOGÍA

Para tener una idea más clara y acertada de la metodología que se abordó, para el desarrollo del presente artículo es necesario revisar el siguiente esquema (Figura 2), el cual explicara el paso a paso a seguir en la cuantificación de los elementos expuestos al fenómeno de movimiento en masa.



Figura 4. Metodología

A. *Solicitud de Información*

La identificación de los elementos o de la infraestructura expuesta al fenómeno de movimientos en masa para el municipio del estudio, se requiere de información determinada del territorio, para lo cual se solicitó a la entidad

territorial el Esquema de Ordenamiento Territorial, el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, Plan Integral de Reducción del Riesgo de Desastres, asimismo, para completar la información necesaria, para llevar a cabo este estudio y gracias al servidor de Earth Explorer, se pudo emplear una imagen satelital del sensor Sentinel-2 con las siguientes características (Tabla 1)

Tabla 1. Imagen Satelital

Insumos	Fecha	Características
Imagen Sentinel 2	24/01/2018*	<u>Resolución espacial:</u> 10 m <u>Resolución radiométrica:</u> 16 bits <u>Resolución temporal:</u> Diaria <u>Resolución espectral:</u> 13 Bandas, desde el espectro visible hasta el infrarrojo de onda corta (SWIR)

* Fecha de toma de imagen.

B. *Depuración de Información*

Posterior al recibimiento de la información, el paso a seguir es la recopilación y depuración de insumos suministrados por la entidad territorial para el desarrollo del presente estudio, a solicitud bien recibida, se ejecuta la acción de clasificación y organización de tal manera que se pueda verificar la calidad y comparar la información suministrada vs la información requerida. Entre la información que requerida específicamente buscamos mapeación o zonificación del estudio de amenaza elaborado por el Servicio Geológico Colombiano, adicionalmente la información que se encuentra en el Esquema de Ordenamiento Territorial, sobre la utilización y usos del suelo en relación con la cartografía existente, según este instrumento de planificación, donde podemos destacar la siguiente información por poseer datos geográficos que serán utilizados en el transcurso de la metodología (Tabla 2)

Tabla 2. Información Geografica

Insumos	Fecha	Características
---------	-------	-----------------

Universidad Militar Nueva Granada. Montenegro. Identificación de Elementos Expuestos a Movimientos en Masa en el Municipio de Villarrica – Tolima, como Insumo para la Toma de Decisiones.

<i>EOT de Villarrica</i>	29/12/03*	Mapas y Datos en formato DWG
<i>Modificación EOT de Villarrica</i>	27/08/2015**	Mapas y datos en Formato PDF
<i>Mapa Movimiento en masa municipal del SGC</i>	2017	Shapefile

* Fecha del Acuerdo Municipal 017 del 29 de diciembre de 2003 en el cual se adopta el Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT para el municipio de Villarrica.

** Fecha de presentación y aprobación del Decreto 054 de 2015: “Por el cual se adopta la modificación excepcional para el EOT del municipio de Villarrica”.

La información recolectada que se encontraba en un formato diferente como el PDF y el DWG, se deben exportar o transformar a formato shapefile (shp), con el fin de ser utilizada por los SIG, de ahí fue proyectada al Sistema de Coordenadas Planas Magna Sirgas, origen Centro, teniendo en cuenta la localización geoespacial del municipio de Villarrica. Se realiza esta proyección, buscando dar cumplimiento al Marco Geocéntrico para Colombia por la Resolución 068 de 2005 emitida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.

C. Selección de Imagen Satelital

De la información suministrada por la entidad territorial, al no satisfacer las necesidades ya sea por no contar con la información solicitada o como sucedió en este caso de estudio, no se cuenta con la información actualizada específicamente hablando de la cartografía municipal y para dar cumplimiento a los objetivos de este estudio, es preciso buscar una imagen que nos permita actualizar y/o proyectar las edificaciones faltantes. De la misma manera a esta imagen encontrada se le debe emplear la técnica de la teledetección aplicada en los Sistemas de Información de Geográfica, para lo cual la imagen a seleccionar debe cumplir con los siguientes criterios, con el fin, de ser precisos y llevar a cabo una acertada identificación de elementos expuestos al fenómeno de movimientos en masa en el municipio objeto de estudio.

1) *Periodo de Imágenes Satelitales*

Dentro de presente criterio, que determina la fecha significativa para la toma de la imagen satelital, se estableció que la imagen debe ser reciente, no mayor a 2 años. Esto debido que los estudios realizados por el Servicio Geológico Colombiano, que se empleara en el presente estudio son del cuarto trimestre del 2017, por lo que la fecha de la imagen debe ir acorde con la fecha del estudio.

2) *Criterios de Búsqueda y Selección de Imágenes*

Para tomar la decisión de la imagen, se tuvo en cuenta factores como son el porcentaje de nubosidad, resolución espacial y resolución espectral.

En cuanto a la nubosidad se profundizó en encontrar imágenes recientes, donde el porcentaje sean menores del 20%, sin embargo, no se pudo cumplir con este criterio, por lo que se seleccionó una imagen donde se identifique el casco urbano del municipio sin interrupciones de nubes.

Por el lado de la resolución espacial, se buscó imágenes capturadas por un sensor que entre sus aplicaciones sea el seguimiento a la gestión de los desastres naturales, asimismo, de poseer una política de datos libres y abiertos. Con una resolución espacial de 10 metros.

Mientras que en el tema de la resolución espectral se basó en una imagen compuesta por una cantidad finita de bandas y a su vez se presentan de manera individual, donde sobresalen las bandas de aspecto visible (Azul, Rojo, Verde) y las bandas de los infrarrojos (cercano y de onda corta) (Figura 5)

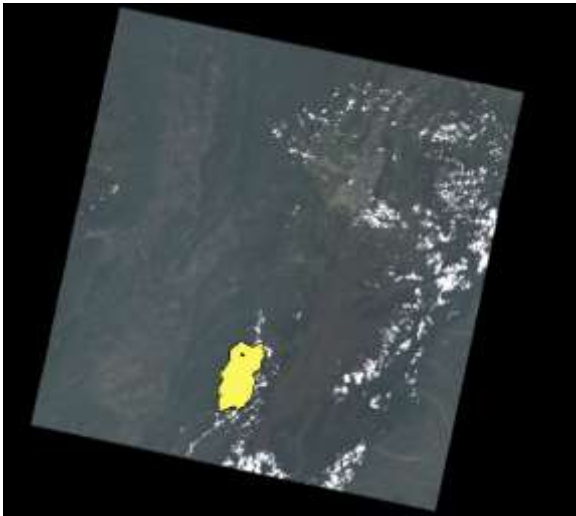


Figura 5. Imgen Sentinel

Posterior a realizar análisis de los distintos criterios, se determinó que la imagen adecuada, es una imagen del sensor Sentinel-2 del 24 de enero del 2018, dicha imagen fue descargada de la página web Earth Explorer (Figura 6)



Figura 6. Imagen Sentinel – Recortada

3) *Procesamiento digital de las imágenes*

Al tener la imagen descargada es necesario aplicarle un tratamiento previo en el software Erdas Image, que es una herramienta usada principalmente para el procesamiento de imágenes satelitales y fotografías aéreas, con capacidad de procesamiento Ráster y Vectorial con lenguaje de modelado gráfico [13]. Entre los tratamientos realizados a dicha imagen encontramos las

correcciones geométricas, son aquellas correcciones que se realizan por distorsión del sensor debido al relieve. Para dicha corrección se puede hacer por el método de la “Georreferenciación” o por medio de la herramienta “Auto Sync Workstation”, que trata de recopilación de diferentes fuentes y superponerlas hasta lograr la adecuada [14].

Al finalizar la corrección geométrica, se le debe aplicar la herramienta del “Layer Stack”, que consiste en combinar las bandas deseadas (visibles e infrarrojos), al realizar esta técnica se genera una nueva imagen, pero con la diferencia que está compuesta por las múltiples capas. Accediendo a realizar las diferentes combinaciones que nos permitan identificar con mayor claridad y precisión en la imagen satelital el área de trabajo.

D. Cruce de Información

Antes de realizar el cruce de información correspondiente para cumplir con el objetivo planteado en el presente documento, es necesario la realización de un inventario de edificaciones, el cual se realiza con base a la información que se encuentra disponible en los instrumentos de planificación territorial como son el Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres y el Esquema de Ordenamiento Territorial.

Además de la información recolectada de los anteriores instrumentos de planificación territorial, que son construidos y elaborados por la administración local, se tuvo en cuenta un convenio pactado y firmado entre la alcaldía municipal y la Fundación Sin Límites, fundación que hace parte de la defensa civil colombiana, sede Tolima, dicho convenio se suscribió en el contrato No. 055 del 2018. El convenio mencionado en resumidas cuentas mencionaba que la Fundación Sin Límites, hará un inventario y caracterización de los materiales y estado de las edificaciones que se encuentra en casco urbano del municipio. (Tabla 3)

Universidad Militar Nueva Granada. Montenegro. Identificación de Elementos Expuestos a Movimientos en Masa en el Municipio de Villarrica – Tolima, como Insumo para la Toma de Decisiones.

Tabla 3. Inventario de Edificaciones por Barrio

	Vivienda 1 piso	Vivienda 2 pisos	Lotes Urbanizables	Plaza Mercado	Iglesias	Parques	Poli dep ortivo	Salones Comunes	Instituciones Educativas	Hospital
<i>Andalucía</i>	72	3	63	-	-	1	1	2	-	-
<i>Centro</i>	135	85	34	1	3	2	1	-	-	-
<i>Gaitán</i>	93	17	32	-	3	1	-	1	1	-
<i>Higino Patiño</i>	93	15	40	-	-	-	-	1	-	-
<i>Miraflores</i>	22	16	66	-	3	-	-	1	2	1
<i>Obrero</i>	43	2	5	-	-	-	-	1	-	-
	656	138	240	1	9	4	2	6	3	1

* Fuente Alcaldía Municipal de Villarrica 2020

** Elaboración propia.

Para la identificación de la infraestructura expuesta al fenómeno de movimientos en masa al municipio de estudio, se realiza un cruce de información suministrada, la cartografía y el estudio de amenaza elaborado por el Servicio Geológico Colombiano, para el cual utilizamos el programa ArcGIS, que consiste en un sistema que permite la recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. [15]. Dentro del programa en mención se utilizaron las siguientes herramientas.

1) *TELEDETECCIÓN*

Esta herramienta con el manejo apropiado de los recursos de la tierra, es necesario emplear la combinación de herramientas como son la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica, dado que permiten la obtención y procesamiento de información relacionada con la toma de decisiones para una correcta planificación territorial [17].

2) *INTERSECT*

Esta herramienta permite la intersección geométrica de cualquier tipo de entidades, donde la cobertura de intersección debe poseer una

topología de polígono, mientras que las entidades de entrada pueden poseer una forma diferente entre las que encontramos el punto, línea o polígono. Asimismo, esta herramienta genera una nueva cobertura mediante la superposición de entidades a partir de los archivos de entrada. [18].

Según la metodología expuesta por *M. Papathoma-Köhle - M. Kappes - M. Keiler - T. Glade* y B.L. Ramos – D.P. Hernández, exponen que se deben preparar los datos espaciales necesarios para realizar una identificación de elementos expuestos y la aplicación de herramientas de selección e intersección para determinar la evaluación de la vulnerabilidad y caracterización de amenaza. Donde al final se unieron para producir un mapa único. Para lo cual se debe estar en terreno para hacer un levantamiento preciso de las edificaciones existentes, pero al no poder ir a territorio por distintos motivos, se trabajará con las herramientas que se tienen a la mano como son los instrumentos socializados por la entidad territorial y la digitalización de las unidades homogéneas (edificaciones y manzanas) a través de una imagen satelital.

Universidad Militar Nueva Granada. Montenegro. Identificación de Elementos Expuestos a Movimientos en Masa en el Municipio de Villarrica – Tolima, como Insumo para la Toma de Decisiones.

E. Edición de Resultados

Con el fin de garantizar y generar un mapa único y final, se realizó una recodificación de los resultados, permitiendo agrupar por categorías, que estarían asociadas a los elementos que se encuentran en los niveles de caracterización de la amenaza (alta, media y baja).

Como se posee el estudio elaborado por el Servicio Geológico Colombiano, sobre todo el casco urbano del municipio de estudio no es necesario realizar el procedimiento de asociar píxeles, dado que todos los elementos al estar incluidos en el área de estudio, todos tendrían su clasificación.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el desarrollo del presente se tomó información del cartográfica del Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT del municipio de Villarrica, Tolima, con sus respectivas modificaciones y actualizaciones, información del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, el Plan de Acción Específico por la declaratoria de Calamidad a la amenaza por movimientos en masa, insumos de orden nacional como son el Atlas de Riesgo de Desastres, el Tercer Comunicado de Cambio Climático y la población del municipio de Villarrica determinada en el Censo del 2018 por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE.

La información anteriormente mencionada fue procesada y analizada, donde podremos destacar que gracias al EOT y a la imagen satelital se pudo elaborar y digitalizar la cartografía, como se puede observar en la Figura 7, donde se representan las edificaciones existentes en el casco urbano del municipio de Villarrica.



Figura 7. Edificaciones Existentes

Asimismo, encontramos la zonificación del fenómeno de amenaza por movimientos de masa, dicho estudio fue elaborado por el Servicio Geológico Colombiano, el cual se encuentra a nivel municipal, mirar Figura 8, el cual se encuentra a escala de detalle 1:25000, de la misma forma se encuentra el estudio de amenaza para el casco urbano del municipio, como se evidencia en la Figura 9 a escala de detalle 1:2000, dando cumpliendo el decreto 1807 del 2014, compilado en el decreto 1077 del 2015

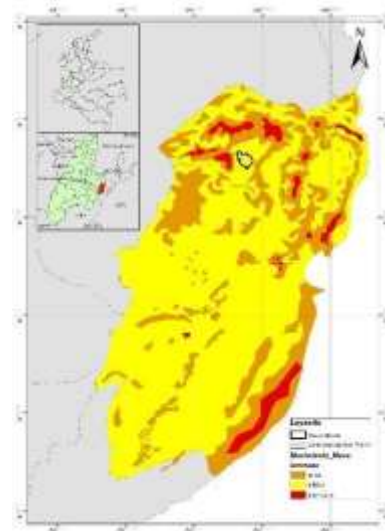


Figura 8. Zonificación de la Amenaza, en el municipio de Villarrica - Tolima

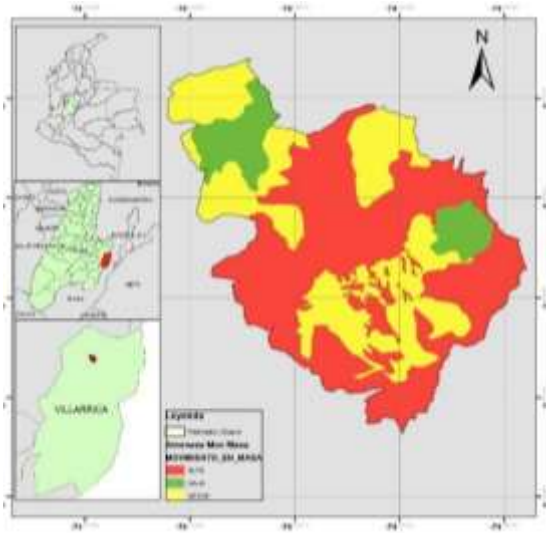


Figura 9. Zonificación de la Amenaza en el Casco Urbano del municipio de Villarrica - Tolima

En relación a los documentos que se mencionan en el transcurso del presente documento que son de orden nacional como son el Atlas de Riesgo de Colombia y la Tercera Comunicación de Cambio Climático fueron utilizados como insumos teóricos, para entender sobre los diferentes fenómenos amenazantes a los que están expuestos los municipios en el país.

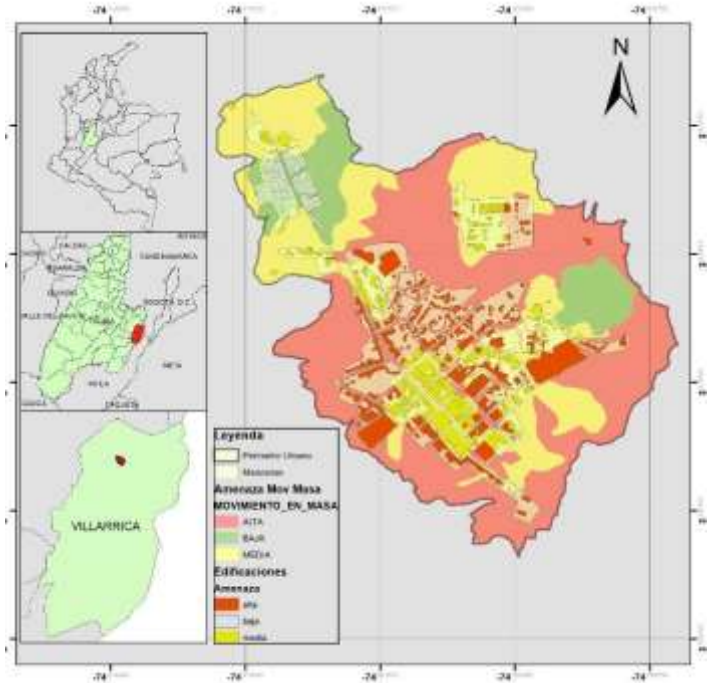


Figura 10. Elementos Expuestos, al fenómeno de Movimientos en Masa

Entre los resultados encontramos podemos evidenciar en la Figura 10, las edificaciones que se encuentran expuesto al fenómeno de origen natural hacen referencia a un 88%, mientras que el restante el 12 % se encuentran en zonas que no presentan amenazas a este fenómeno

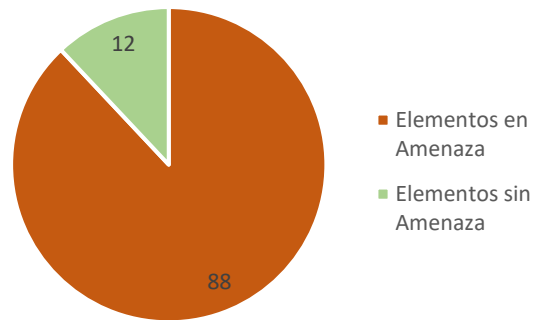


Figura 11. Elementos Expuestos a la Amenaza

Conociendo que el total de la infraestructura del casco urbano del municipio es de aproximadamente 1060 edificaciones, como se evidencio en la Figura 11, el 88% de la infraestructura se encuentra en zona de amenaza, pero como se evidencia en la Figura 12, el 54% del

total de las edificaciones se encuentra ubicado en zonas de amenaza alta por el fenómeno de Movimientos en masa, no obstante, en la Figura 13 se evidencia que el 34% del total de las ediciones se encuentra en zona de amenaza media por el fenómeno natural de Movimientos en masa.

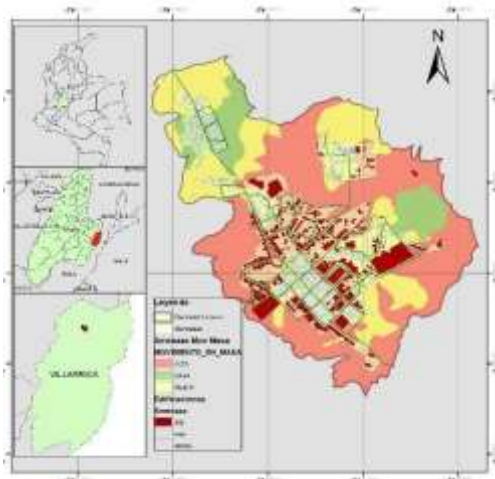


Figura 12. Elementos Expuestos por Amenaza Alta

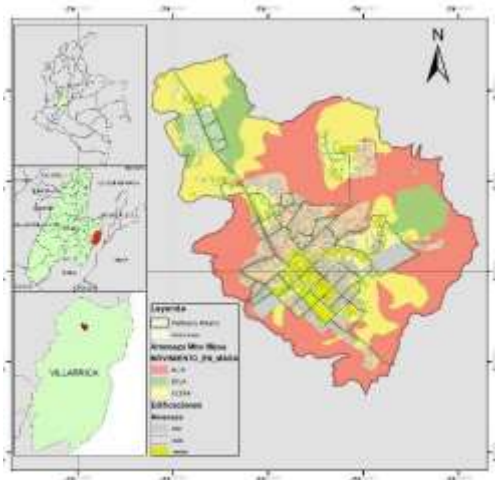


Figura 13. Elementos Expuesto por Amenaza Media

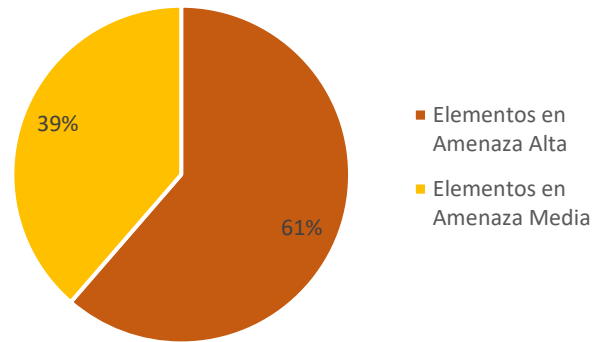


Figura 14. Porcentaje de Elementos Expuestos según Caracterización de la Amenaza

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, nos podemos dar cuenta que el casco urbano del municipio se encuentra en constante peligro de sufrir un desastre dado que la mayoría de sus edificaciones se encuentra en zonas de riesgo por el fenómeno de origen natural como es el movimiento en masa, de hecho se pretende que la entidad territorial tome acciones en reasentar las edificaciones que se encuentran en las zonas de amenaza alta, mientras que para las edificaciones que se encuentran en las zonas de amenaza media, lo ideal es la realización de obras de mitigación, para disminuir las condiciones de riesgo y mermas las zonas de amenaza.

En consecuencia, de los resultados obtenidos, se espera que la administración municipal, acoja este estudio para adelantar acciones que permitan reducir el riesgo de desastres en el territorio.

En el presente estudio se tuvieron limitaciones de diferentes índoles como la dificultad de acceder a datos que pertenecen a la administración municipal y a diferentes entidades de orden gubernamental y nacional, que no facilitaron por distintos motivos, de la misma manera el tiempo de ejecución del documento se llevó a cabo en la época de la pandemia por el COVID-19, generando que por distintos motivos laborales no permitieron un trabajo con mayor dedicación.

Para las edificaciones que se encuentran en las zonas de amenaza media, se debe realizar un nuevo estudio con mayor dedicación y detalle, con el fin de determinar y hacer una relación Costo vs Beneficio, que es mejor para el municipio si hacer obras de mitigación o por el contrario es mejor realizar un reasentamiento, si se toma esta decisión, se estaría hablando de hacer un reasentamiento de aproximadamente el 90% del casco urbano

VI. CONCLUSIONES

En relación a los resultados se concluye que más del 88% de las edificaciones existentes en el casco urbano del municipio de Villarrica, Tolima. se encuentran ubicadas en zonas de riesgo por el fenómeno de movimientos de masa.

De las edificaciones que se encuentran en zona de amenaza, el 61% de estas se ubican en zona de riesgo alto, por es necesario la ejecución de investigaciones detalladas, planeación e implementación de medidas para reducir las condiciones de riesgo en el territorio, se recomienda realizar un reasentamiento de viviendas, dado que las medidas de intervención estructural puede ser más dispendiosas y poco prácticas, además, pueden ser más costoso que el valor del reasentamiento.

Mientras, el 39% de las edificaciones que se encuentran expuestas al fenómeno natural, se ubican en zona de riesgo medio, por lo que se requiere una investigación y planeación detallada para evitar que aumente el riesgo. En esta zona las medidas estructurales son viables para reducir las condiciones de riesgo. asimismo, se propone realizar un análisis detallado con respecto a la relación Costo vs Beneficio si es necesario realizar obras de mitigación o si es mejor reasentar esta infraestructura conjunta.

De las edificaciones que se encuentran en zona de riesgo bajo, hacen referencia al 12% del total de

construcciones que presenta el municipio de Villarrica. Usualmente es aceptable para los tomadores de decisiones, pero se requiere realizar mantenimiento e intervenciones prospectivas como son: delimitar la altura y expansión de las edificaciones, controlar las actividades de usos del suelo, etc. con el fin de garantizar que no se generen nuevas condiciones de riesgo.

VII. REFERENCIAS

- [1] Congreso de la República, “Ley 1523. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones”. Artículo 3: “Principios Generales” 2012.
- [2] Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. “Atlas de Riesgo de Colombia: Revelando los desastres latentes” 2018
- [3] Banco Mundial. “Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: Un aporte para la construcción de políticas públicas”. 2012.
- [4] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. “Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático: Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo”. 2017
- [5] D.M. Cruden “A simple definition of a Landslide”, Une Definition Simple D’Un Glissement de Terrain, 1991
- [6] D.J. Varnes “Slope movements, types and processes”, Landslides: Analysis and control, transportation research board. Special Report 176, 1978
- [7] IDIGER. Panorama general de riesgo. Soporte del Plan Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (PDGR-CC). 2015.

E.G DUQUE: Manual de geología para Ingenieros, Capitulo 16 “Movimientos Masales” — Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

Universidad Militar Nueva Granada. Montenegro. Identificación de Elementos Expuestos a Movimientos en Masa en el Municipio de Villarrica – Tolima, como Insumo para la Toma de Decisiones.

- L.M Highland – P.Bobrowsky, “Manual de derrumbes: Una guía para entender todo sobre los derrumbes”. (USGS). 2008
- [8] D.J. Varnes “Landslides types and processes”, in Eckel, E. B (ed) Landslides and Engineering Practice, Highway Res. Board Special Report 29, 1958
- [9] M. Papathoma-Ko`hle – M. Kappes – M. Keiler – T. Glade, “Physical vulnerability assessment for alpine hazards: state of the art and future needs”
- [10] Alcaldía Municipal de Villarrica, “Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres”. 2018
- [11] Grupo de Estándares para Movimientos en Masa – GEMMA, “Geociencias para las Comunidades Andinas. Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas”. 2007
- [12] Alcaldía de Villarrica, “Nuestro municipio”, 2020 [Online]. Available: <http://www.villarrica-tolima.gov.co/municipio/nuestro-municipio>.
- [13] ESRI, “Erdas Image y sus Funciones”— Ayuda | ArcGIS for Desktop.” [Online]. Available: <https://www.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=3d177114c2404b78936cb524269ce1b3>
- [14] M.E. Popescu, Landslide Causal Factors And Landslide Remedial Options Illinois Institute of Technology, Chicago, USA. 2001
- [15] ESRI, “Erdas Image y sus Funciones”— Ayuda | ArcGIS for Desktop.” [Online]. Available: <https://www.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=3d177114c2404b78936cb524269ce1b3>
- [16] ESRI, “Inducción ArcGIS” – Ayuda | ArcGIS for Desktop.” [Online]. Available: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- [17] B.L. Ramos – D.P. Hernández “Remote Sensing and Geographic Information System in the Decision-Making Process for Land Management”
- [18] ESRI, “Intersect”—Ayuda | ArcGIS for Desktop.” [Online]. Available: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/how-intersect-analysis-works.htm>