

ASISTENCIA TÉCNICA EN EL ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR
MOVIMIENTOS EN MASA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CENTRAL HIDROELECTRICA EN
EL MUNICIPIO DE ONZAGA, SANTANDER.

PRESENTADO POR:
GUSTAVO ANDRÉS REY ARDILA
ID: 000243849

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2020

ASISTENCIA TÉCNICA EN EL ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR
MOVIMIENTOS EN MASA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CENTRAL HIDROELECTRICA EN
EL MUNICIPIO DE ONZAGA, SANTANDER.

GUSTAVO ANDRÉS REY ARDILA
ID:000243849

DIRECTOR ACADÉMICO:
GERARDO BAUTISTA GARCÍA
INGENIERO CIVIL

DIRECTOR EMPRESARIAL:
MARIA ALEJANDRA VALENCIA DIAZ
INGENIERA CIVIL

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2020

Nota de aceptación:

Firma Presidente del Jurado

Firma Jurado N°1

Firma Jurado N°2

Bucaramanga, Enero del 2020

DEDICATORIA:

A mi madre, por su motivación durante toda mi carrera universitaria y su constante apoyo ante las adversidades que he encontrado en el camino. A mi padre por ser el mejor ejemplo que haya podido tener, por valores como el respeto y tenacidad que inculco en mi personalidad desde mi infancia y a mi hermana, por ser la fuente de inspiración para superarme cada día más y así poder ser un ejemplo digno para ella.

AGRADECIMIENTOS:

A la Ingeniera Maria Valencia, por su amabilidad y confianza en mis capacidades para formar parte de sus proyectos del 2019. Al Ingeniero Gerardo Bautista, por estar atento a mis inquietudes y brindarme su conocimiento buscando siempre sacar adelante este trabajo de grado y a la Universidad Pontificia Bolivariana, por enseñarme que la ingeniería civil va mas allá de grandes construcciones, es la forma de vida que elegí y estoy seguro que llenare de grandes recuerdos mi historial profesional.

Tabla de contenido

GLOSARIO	10
EMPRESA	12
PROYECTO.....	14
RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO	15
GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE.....	16
INTRODUCCIÓN.....	17
1. OBJETIVOS:.....	18
1.1. OBJETIVO GENERAL:	18
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	18
2. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO:.....	19
2.1. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS:	19
2.1.1. ZONIFICACIÓN SISMOLOGÍA:.....	19
2.1.2. CURVAS IDF.....	20
2.1.3. EVENTOS HISTORICOS	21
2.2. PUNTOS, RUTAS ESTRATÉGICAS Y MAPAS	26
2.2.1. MAPA DE PUNTOS Y RUTAS ESTRATÉGICAS	27
2.2.2. MAPA DE PENDIENTES.....	29
2.2.3. MAPA DE FALLAS GEOLÓGICAS	31
2.3. INSPECCIÓN DEL LUGAR.....	32
2.3.1. ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS.....	32
2.3.2. MOVIMIENTOS EN MASA	34
3. PUNTUACIÓN PARÁMETROS	38
3.1. GEOLOGÍA	39
3.2. GEOMORFOLOGÍA	40
3.3. PENDIENTES	41
3.4. COBERTURA VEGETAL.....	41
3.5. PRECIPITACIÓN.....	42
3.6. FALLAS GEOLÓGICAS.....	42
4. RECOMENDACIONES	44
5. APORTE AL CONOCIMIENTO	45
6. CONCLUSIONES	54
7. BIBLIOGRAFÍA	78

ANEXOS	Pág.
ANEXO A – REGISTRO SISMOS SANTANDER, NORTE DE SANTANDER Y BOYACÁ EN EL 2019.	57
ANEXO B – REGISTRO DE SISMOS DE GRAN MAGNITUD EN LA HISTORIA DE SANTANDER, NORTE DE SANTADER Y BOYACÁ.	59
ANEXO C – ANÁLISIS HIDRLÓGICO Y CURVAS IDF.	60
ANEXO D – FICHA TÉCNICA DE MOVIMIENTO EN MASA EN COROMORO, SANTANDER.	67
ANEXO E – FICHA TÉCNICA DE MOVIMIENTO EN MASA EN ONZAGA, SANTANDER.	68
ANEXO F - MAPA GEOLÓGICO DE ONZAGA, SANTANDER EN 1996.	69
ANEXO G – MAPA EOT 2002 ONZAGA GEOLOGÍA.	71
ANEXO H – MAPA EOT 2002 ONZAGA GEOMORFOLOGÍA.	73
ANEXO I – MAPA EOT 2002 ONZAGA COBERTURA VEGETAL.	75
ANEXO J – MAPA EOT 2002 ONZAGA ISOTERMAS E ISOYETAS.	77

LISTADO DE IMÁGENES	Pág.
IMAGEN #1 – GRÁFICA CURVAS IDF	21
IMAGEN #2 – VALLE COROMORO, SANTANDER.	23
IMAGEN #3 – DEFORESTACION COROMORO, SANTANDER.	23
IMAGEN #4 – ZONA DE ESTUDIO	26
IMAGEN #5 – MAPA ZONA DE ESTUDIO CON LOS DATOS NECESARIOS PARA EL TRABAJO EN CAMPO.	28
IMAGEN #6 – MAPA PUNTOS ZONA DE ESTUDIO.	29
IMAGEN #7 – MAPA ELEVACIÓN ZONA DE ESTUDIO.	30
IMAGEN #8 – MAPA CURVAS DE NIVEL ZONA DE ESTUDIO.	30
IMAGEN #9 – MAPA RASTER ZONA DE ESTUDIO.	31
IMAGEN #10 – DESARENADOR CONTAMINADO VEREDA CORTADERAS ALTA	32
IMAGEN #11 & #12 – TUBERÍA CAPTACIÓN, DESARENADOR Y TANQUE DE 500L DE UN ACUEDUCTO VEREDAL EN CORTADERAS SECTOR ALTO.	33
IMAGEN #13 – NUEVO DESARENADOR PARA BEBEDERO DE ANIMALES.	33
IMAGEN #14 - BEBEDERO EQUINOS VEREDA TIERRA AZUL.	34
IMAGEN #15 & #16 – DESLIZAMIENTO, FLUJO DE ROCAS Y DETRITOS SOBRE LA VÍA QUE COMUNICA CON SAN JOAQUÍN.	35
IMAGEN #17 – DESLIZAMIENTO ACTIVO SOBRE LA VÍA QUE COMUNICA CON SAN JOAQUÍN.	35
IMAGEN #18 – SURCOS Y CÁRCAVAS SOBRE LA VÍA QUE COMUNICA CON SAN JOAQUÍN.	36
IMAGEN #19 Y #20 – CAIDA DE ROCAS SOBRE LA VÍA QUE COMUNICA CON SAN JOAQUÍN.	37
IMAGEN #21 – MAPA DE EVENTOS SÍSMICOS	45
IMAGEN #22 – MAPA PENDIENTES ZONA DE ESTUDIO.	48

LISTADO DE TABLAS	Pág.
TABLA #1 - ESTACIÓN METEOROLÓGICA UTILIZADA PARA EL ANÁLISIS DE LLUVIAS.	20
TABLA #2 – CUADRO COMPARATIVO DESLIZAMIENTOS DE LA HISTORIA	25
TABLA #3 – LEYENDA Y CARACTERÍSTICAS DEL MAPA DE ZONA DE ESTUDIO PARA TRABAJO EN CAMPO	27
TABLA # 4 – GRADOS DE SUSCEPTIBILIDAD	38
TABLA # 5 – CALIFICACIÓN UNIDADES LITOLÓGICAS	39
TABLA # 6 – CALIFICACIÓN DEL PARÁMETRO GEOMORFOLOGÍA	40
TABLA # 7 – CALIFICACIÓN DEL PARÁMETRO PENDIENTES	41
TABLA # 8 – CALIFICACIÓN DEL PARÁMETRO COBERTURA VEGETAL	41
TABLA # 9 – CALIFICACIÓN DEL PARÁMETRO PRECIPITACIÓN	42
TABLA # 10 – CALIFICACIÓN PROXIMIDAD A FALLAS GEOLÓGICAS	43
TABLA #11 – FORMATO SÍSMICO ESTUDIO ONZAGA Y SAN JOAQUÍN.	45
TABLA #12 - PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL EN UN DÍA EN LA ESTACIÓN DE SAN JOAQUÍN.	46
TABLA #13 – FORMATO DE CLASIFICACIÓN DE EVENTOS HISTÓRICOS	47
TABLA #14 – FORMATO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS	50
TABLA #15 – FORMATO DE MOVIMIENTOS EN MASA	51
TABLA #16 – FORMATO DE SUSCEPTIBILIDAD Y PUNTUACIONES	53

GLOSARIO

- Zona de Estudio: Hace referencia al polígono irregular de 12 lados que contiene la extensión de tierra y agua que requiere el Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo. Once (11) vértices se encuentran en el municipio de Onzaga y tres (3) en el municipio de San Joaquín, ambos en el departamento de Santander. (Rey, 2019)
- Rio Onzaga: Principal fuente hídrica del sector presenta un recorrido de 25kms paralelo a la Falla de Onzaga en dirección Noreste y sus principales afluentes son el Rio Susa, Rio Chaguacá y 7 quebradas, en la que sobresale la quebrada Siachia. Desemboca en el rio Chicamocha. (Rey, 2019)
- Cortaderas: Primera vereda en la que se realizó las inspecciones de estructuras hidráulicas y movimientos en masa también es la vereda donde se localiza el campamento. (Rey, 2019)
- Tierra Azul: Segunda vereda en la que se realizó las inspecciones de estructuras hidráulicas y movimientos en masa, también es la vereda donde inicia el rio Onzaga en la zona de estudio. (Rey, 2019)
- Geomorfología: Caracterización de las geoformas y de los procesos morfo dinámicos, considerando su génesis y evolución. (Colombia, 2015)_(Suarez, Estructuras de Contención y Anclaje , 2013)_(Suarez, Estructuras de Contención y Anclaje , 2013)
- Agentes detonantes: Son aquellos eventos que potencian la ocurrencia de los grandes movimientos en masa, tales como la precipitación, sismicidad y pendientes. Estos escenarios son diferentes según las épocas del año y en algunos casos muestran similitudes según el análisis histórico mensual. (Colombia, 2015)_(Suarez, Estructuras de Contención y Anclaje , 2013)_(Suarez, Estructuras de Contención y Anclaje , 2013)
- Movimientos en Masa: Desplazamiento de grandes cantidades de material cuesta abajo por acción de la gravedad y los agentes detonantes, puede clasificarse en volcamiento, deslizamiento, flujo, propagación lateral y reptación. (Colombia, 2015) (Suarez, Estructuras de Contención y Anclaje , 2013)_(Suarez, Estructuras de Contención y Anclaje , 2013)
- Formación: Es la unidad de división litoestratigráfica que define su composición y estructura para diferenciarla de las adyacentes. (Colombia, 2015)_(Suarez, Estructuras de Contención y Anclaje , 2013)_(Suarez, Estructuras de Contención y Anclaje , 2013)

- Precipitación: Caída de agua sólida o líquida a la superficie terrestre. (Colombia, 2015)_(Suarez, Estructuras de Contención y Anclaje , 2013)_(Suarez, Estructuras de Contención y Anclaje , 2013)
- Enjambre sísmico de Bucaramanga: Denominado de tal manera debido a que su ubicación está entre la cordillera Oriental y el valle Medio del río Magdalena, región tectónicamente compleja y sísmicamente activa. Además es catalogada como la segunda zona con más actividad sísmica en el mundo. (Colombia, 2015)_(Suarez, Estructuras de Contención y Anclaje , 2013)_(Suarez, Estructuras de Contención y Anclaje , 2013)

SIGLAS DE ENTIDADES NACIONALES:

- SGC: Servicio Geológico de Colombia.
- CAS: Corporación Autónoma Regional de Santander.
- IDEAM: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales.

EMPRESA

DESCRIPCIÓN: MG ECOTECNIA S.A.S. es una empresa de consultoría Santandereana constituida en el año 2015, ubicada en la capital de Santander, Bucaramanga. Ofrece soluciones de ingeniería en ciencias de la tierra, posee un equipo profesional capacitado y experimentado que esta dotado de mentes jóvenes capaces de dar resultados con garantía. (MG ECOTECNIA S.A.S, 2018)

MISIÓN: Somos una empresa especializada con el mejor talento humano y disposición en el desarrollo de estudios técnicos y académicos dirigidos a la caracterización del territorio en base a componentes geológicos y ambientales, ofrecemos servicios y equipos de alta calidad dando importancia a la satisfacción de nuestros clientes, usando como eje estructurante herramientas tecnológicas que contribuye a escenarios interpretativos mucho mas acertados. (MG ECOTECNIA S.A.S, 2018)

SERVICIOS:

- ◆ Diseño de cimentaciones para estructuras, estabilización de taludes y diseño de cualquier tipo de estructura de contención para la prevención de riesgos geológicos. (Romero, 2016)
- ◆ Estudios hidrogeológicos tales como: la evaluación de las condiciones climáticas, su régimen pluviométrico, la composición química del agua, las características de las rocas, los rasgos geológicos y geotectónicos. (Romero, 2016)
- ◆ Composición de estudios ambientales que permitan hacer una descripción detallada del territorio en base a los componentes agua, aire y suelo; proyectando un equilibrio entre los procesos de desarrollo y conservación ambiental. (Romero, 2016)

ULTIMOS 5 TRABAJOS REALIZADOS:

- ◆ MAYO 2019: Estudios Y Diseños Para La Construcción Del Puente Con Sus Accesos Sobre La Quebrada La India En La Vereda El León Del Municipio De San Vicente De Chucuri - Centro Oriente Presentado: Municipio De San Vicente De Chucuri – Santander. (Diaz M. A., 2019)
- ◆ FEBRERO 2019: Análisis Geotécnico De Estabilidad Del Talud Salazar En Las Palmas. (Diaz M. A., 2019)

- ◆ ENERO 2019: Levantamiento Arquitectónico Y Peritaje Estructural Del Parqueadero Palacio. (Diaz M. A., 2019)

- ◆ DICIEMBRE 2018: Rehabilitación Y Mejoramiento De La Vía Urbana Que Comunica A Los Barrios Plaza De Ferias – Buenos Aires, San Vicente De Chucuri – Santander. (Diaz M. A., 2019)

- ◆ OCTUBRE 2018: Estudio De Inundación Y Georreferenciación Quebrada Las Cruces Y Cantarranas, Municipio De San Vicente De Chucuri – Santander. (Diaz M. A., 2019)

PROYECTO

ASISTENCIA TÉCNICA EN EL ESTUDIO DE AMENANAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN EL MUNICIPIO DE ONZAGA, SANTANDER.

DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA: Entre los municipios de Onzaga y San Joaquín del departamento de Santander se plantea la construcción de una central hidroeléctrica, para la cual se hace necesario realizar un estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. En dicho estudio se hará énfasis en la Sismología, Geología, Geomorfología, Movimientos en Masa, Caracterización Fisicomecánica de los Suelos, Análisis de Estabilidad y Estudios de Amenaza por Inundación y Avenidas Torrenciales.

TRABAJO DEL PRACTICANTE: La información sobre las estructuras hidráulicas y los movimientos en masa de los Municipios de Onzaga y San Joaquín es escasa, por ende, es necesario el personal calificado para inspeccionar la zona y tomar decisiones en torno al análisis de los datos recolectados. Por tal razón MG ECOTECNIA S.A.S. contrató al practicante para llevar a cargo ese trabajo.

ESCENARIOS INVOLUCRADOS: El transcurrir del proyecto se dará en 2 facetas claves, el trabajo en campo y en oficina. El primero de ellos hace énfasis a la inspección ingenieril de la zona de estudio en los municipios de Onzaga y San Joaquín, teniendo en cuenta que la movilización del campamento entre veredas se hará en pro a la eficacia de la toma de información. Y el segundo, a la zonificación de zonas en el software y la elaboración del informe técnico final en la ciudad de Bucaramanga.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ASISTENCIA TÉCNICA EN EL ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CENTRAL HIDROELECTRICA EN EL MUNICIPIO DE ONZAGA, SANTANDER.

AUTOR(ES): GUSTAVO ANDRÉS REY ARDILA

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): GERARDO BAUTISTA GARCÍA

RESUMEN

Entre los municipios de Onzaga y San Joaquín en Santander, se efectuó un estudio de factibilidad para la construcción de una central hidroeléctrica enfocándose en los agentes detonantes de grandes movimientos en masa y una inspección de las actuales estructuras hidráulicas del sector. Mediante visitas de campo, se buscó enlistar la totalidad de los eventos para poder clasificarlos, medir sus impactos y realizar la zonificación, teniendo en cuenta la hidrología, fallas geológicas y geomorfología. Cabe anotar que este proceso paso por 3 fases, los análisis y registros con apoyo de entidades nacionales, la clasificación mediante formularios que permitieron hacer un inventario de los eventos de la zona y la realización del mapeo agrupando la información recolectada en el software ArcGis. Por otra parte, en las visitas de campo, también se evaluó el estado de las estructuras hidráulicas presentes en la zona, donde se encontraron Acueductos Veredales con tanques de almacenamiento, desarenadores, tuberías para captación y transporte para consumo humano y estructuras hidráulicas con tanques de sedimentación, tuberías de transporte y bebederos para consumo animal.

PALABRAS CLAVE:

Falla geológica, Movimientos en masa, Precipitación, Estructuras hidráulicas y Zonificación

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: TECHNICAL ASSISTANCE IN THE STUDY OF THREAT, VULNERABILITY AND RISK FOR MASS MOVEMENTS FOR THE CONSTRUCTION OF A HYDROELECTRIC IN THE MUNICIPALITY OF ONZAGA, SANTANDER.

AUTHOR(S): GUSTAVO ANDRÉS REY ARDILA

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: GERARDO BAUTISTA GARCÍA

ABSTRACT

Between the municipalities of Onzaga and San Joaquín in Santander, a feasibility study was carried out for the construction of a hydroelectric plant focusing on the detonating agents of large mass movements and an inspection of the current hydraulic structures of the sector. Through field visits, we made a list of all the events in order to classify them, measure their impact and implement zoning, taking into account hydrology, geological faults and geomorphology. It's worth noting that this process went through 3 phases, the analysis and documentation with the support of national entities, the classification through forms that allowed an inventory of the events in the area and the mapping by grouping the information collected in the ArcGis software. On the other hand, in the field visits, the condition of the hydraulic structures present in the area was also evaluated, where there were sidewalks Aqueducts with storage tanks, sand traps, pipes for collection and transport for human consumption and hydraulic structures with sedimentation tanks , transport pipes and drinking fountains for animal consumption.

KEYWORDS:

Geological fault, Mass movements, Precipitation, Hydraulic structures and Zoning.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

La certeza de predecir los grandes movimientos en masa va ligado a factores desencadenantes que han sido minuciosamente estudiados por el hombre, de tal manera que su ocurrencia es consecuencia de eventos naturales o alteraciones de nuestra especie que afectan directamente la estabilidad del terreno. La incertidumbre de estos eventos esta relacionada directamente con la zona sísmica del sector y la ubicación de sus fallas geológicas, el clima y la época de lluvias, las pendientes y su cobertura vegetal, la geología y sus geoformas, agentes detonantes que al zonificarlos se presentan como una herramienta muy útil en la toma de decisiones en las etapas de planeación de un proyecto.

Con información del SGC, el IDEAM, los sistemas de información geográfica como Google EARTH y SAS PLANET y el reconocimiento profesional en campo, se busca dar una visión al sponsor de la factibilidad de esta obra, mediante la presentación de mapas que demuestran los factores de amenaza y vulnerabilidad, con valores acordes a la valoración del peligro que puedan representar. Además, se evaluará la calidad de las estructuras hidráulicas de la zona, se hará un conteo y se describirá las condiciones en las que se encuentran actualmente.

Onzaga y San Joaquín, municipios de Santander localizados al sur del departamento, son los lugares donde se espera la construcción de una Central Hidroeléctrica. Su geología, hidrología y complejidad sísmica hicieron necesario un estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para analizar que tan viable es su construcción, licitación a cargo de MG ECOTECNIA S.A.S.

Esta practica empresarial desarrollo una Zonificación de Susceptibilidad para la construcción de una mega obra en el departamento. En este documento se describirán las diferentes actividades desarrolladas como Auxiliar de Ingeniería, actividades de investigación, caracterización de la zona, trabajo en campo y apoyo en los diseños correspondientes a la zonificación de los agentes detonantes.

1. OBJETIVOS:

1.1. OBJETIVO GENERAL:

Caracterizar las estructuras hidráulicas y los movimientos en masa existentes en la zona de estudio mediante la recolección de datos a entidades competentes y visitas de campo, para posteriormente ser convertidos en una capa del Mapa de Amenaza y Vulnerabilidad en el Software ArcGis, a fin de realizar los informes técnicos.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ◆ Recolectar información referente de entidades como el Servicio Geológico de Colombia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Corporación Autónoma de Santander, etc.
- ◆ Trazar eficientemente las rutas a recorrer del equipo de estructuras hidráulicas para las visitas en los días de trabajo en campo.
- ◆ Identificar y evaluar las estructuras hidráulicas y los movimientos en masa situados dentro de la zona de estudio.
- ◆ Apoyar al equipo en la realización del informe técnico en los temas competentes.
- ◆ Asistir el desarrollo del mapeo en el software ArcGis.

2. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO:

A continuación, se expondrán todos los temas de discusión en torno a los objetivos planteados en esta práctica empresarial.

2.1. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS:

Recolección de datos que aporten significativamente en temas referentes al estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo en los municipios de Onzaga y San Joaquín, Santander. Esta información clasificada fue obtenida de Corporaciones científicas aprobadas por el estado, tales como el SGC, IDEAM y la CAS.

2.1.1. ZONIFICACIÓN SISMOLOGÍA:

El Servicio Geológico Colombiano ofrece en su página web un motor de búsqueda de los sismos ocurridos en nuestro territorio. En su página web se puede encontrar su descripción y un mapa en vivo que muestra los más recientes. Esta información online permite a cualquier ciudadano estar al tanto de las actividades sísmicas de nuestro país.

Con base en lo anterior, se decidió hacer un registro de actividades sísmicas en zonas aledañas a la zona de estudio desde mayo hasta junio del 2019 (**ANEXO A**) y otra tabla con los eventos más representativos de la historia (**ANEXO B**). Además, siguiendo la recomendación del INGEOMINAS se llegó a la conclusión que para analizar Onzaga y San Joaquín era necesario estudiar todos los eventos ocurridos en los departamentos de Santander, Norte de Santander y Boyacá. Las razones se explicarán a continuación:

- Onzaga se encuentra al borde de la Cordillera Oriental, la cual a 150 kilómetros se cruza con el valle del Rio Magdalena, intersección conocida como el enjambre sísmico de Bucaramanga.
- Onzaga es el punto final de la línea que traza la falla de Bucaramanga, la cual al llegar al municipio se separa en dos, formando un sistema de fallas compuesto por la Falla Chaguacá y la Falla Boyacá.
- El pueblo se encuentra a 80 kilómetros del departamento de Boyacá y a 85 kilómetros del departamento de Norte de Santander, por ende, su composición geológica y geomorfológica presentan similitudes con los municipios adyacentes.

La documentación de los sismos permite dar una visión clara en el análisis de la amenaza, basándose en su rango de frecuencia, periodo de retorno y la afectación de este agente detonante sobre las formaciones geológicas. Por tal razón fue necesario crear un registro correspondiente a el Municipio de Onzaga y sus zonas aledañas, con el fin de conocer más detalladamente el comportamiento sísmico de la zona.

Onzaga y San Joaquín nunca han sido registrados como Epicentros de un movimiento sísmico a lo largo de la historia, sin embargo, su cercanía a municipios como Los Santos, Chitá, Jordan, etc., conllevan a que su geomorfología haya tenido cambios significantes en el transcurso de los años, como consecuencia de la propagación de las ondas y su impacto sobre las placas tectónicas que limitan con las fallas geológicas de Boyacá y Onzaga.

Cabe anotar que los tres últimos sismos de gran relevancia en el departamento fueron en el año 1967 en Betulia con una magnitud de 6.8, en el año 1974 en Guaca con una magnitud de 4.8 y en el año 2015 en los Santos con una magnitud de 6.3. Este último evento, afectó drásticamente la comunicación vial del municipio y represó el río Onzaga sobre la vía a San Joaquín por grandes movimientos de material, especialmente por suelo y rocas de gran tamaño.

El nivel de amenaza sísmica tiene tres factores principales según el criterio de esta investigación; el primero es su cercanía al municipio de los Santos, segundo nido sísmico del mundo; el segundo su posicionamiento sobre la cordillera Oriental, zona perteneciente al enjambre sísmico de Bucaramanga y el tercero, ser una terraza formada sobre un conjunto de dos fallas geológicas.

2.1.2. CURVAS IDF

El IDEAM ofrece en su página web un banco de datos Hidrometeorológicos de fácil descarga, gracias a que cuenta con numerables estaciones en todos los departamentos del país. Debido a esto, es posible obtener información como el brillo solar, precipitación, Radiación UV, temperatura, dirección del viento, etc. Que se puede conseguir en registros históricos Anuales, mensuales y diarios.

Con base en lo anterior, se ordenó y clasificó la información de la estación pluviométrica mas cercana desde el año 2000 al 2017, a fin de entender el comportamiento de precipitación a lo largo de cada mes del año y se logrará calcular las curvas IDF (**ANEXO C**).

Se analizó la información disponible en la estación meteorológica San Joaquín, representativa de la microcuenca de la zona de estudio. La estación tiene información de lluvias máximas en 24 horas. La información de lluvia diaria esta completa en un 95.8%, sin embargo, puede considerarse confiable y hay concordancia con las diversas estaciones.

Nombre	Código	Tipo	Municipio	Corriente	Elevación m.s.n.m
San Joaquín	24030200	PM	San Joaquín	Cauca	2000

Tabla #1. Estación meteorológica utilizada para el análisis de lluvias. - Fuente: IDEAM

El cálculo de las curvas de intensidad, duración y frecuencia permite definir índices para alimentar los modelos de precipitación – escorrentía, como el mapeo de la zonificación en

el software Arcgis. Mediante el uso de los datos de precipitación, se realizan regresiones lineales para determinar los valores de periodo de retorno y tiempo de duración, y con base a los resultados se realizan las gráficas (Tiempo de duración Vs Intensidad).

El análisis depende de la duración y la intensidad de las tormentas de la región, el uso del modelo de regresión lineal permite extrapolar la ecuación relacionando 3 constantes simultáneamente en una familia de curvas, para suplir la escasez de algunos datos pluviográficos usando los obtenidos por la estación de San Joaquín; la cual se encuentra a menos de 1km de la zona de estudio.

De la precipitación analizada con base a los datos registrados en la estación de San Joaquín se puede exponer que el año más seco desde el 2000 al 2017, registrando en promedio de todos los meses del año en precipitación máxima mensual en un día el valor de 12.01 mm/h fue el 2015. Además, los meses del año con menor índice de lluvias fueron enero y febrero, registrando en promedio 17.42 mm/h y 15.87 mm/h respectivamente; dato interesante ya que el 10 de Marzo del 2015 se presentó el último gran sismo de gran magnitud en Colombia.

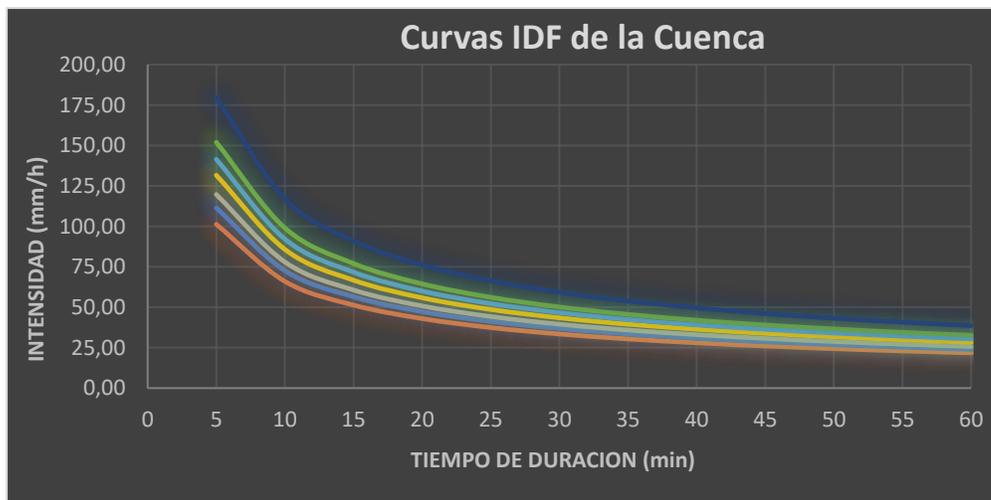


IMAGEN #1. GRÁFICA CURVAS IDF – FUENTE: PROPIA

La zona de estudio evidencia su afectación por las Tormentas con valores altos para las intensidades, sus curvas IDF permiten concluir que entre más duración tengan las precipitaciones obtendremos menores valores de intensidad y que entre más grande sean los periodos de retornos, las densidades serán menores.

2.1.3. EVENTOS HISTORICOS

El Servicio Geológico de Colombia ofrece en su página web un motor de búsqueda geocientífica llamado MIIG, que permite encontrar y descargar recursos en diferentes

formatos y escalas, de tal manera que lleva un registro histórico de movimientos en masa en todas las regiones del país donde se presenten.

Con base en lo anterior, se creó un documento donde se resalta los grandes movimientos en masa que han afectado directamente la economía y las vías de comunicación de los municipios de Onzaga, San Joaquín y sus alrededores, desde una perspectiva de riesgo, amenaza y vulnerabilidad.

Teniendo en cuenta la información recolectada, se describirán los acontecimientos de mayor impacto en la historia de la zona de:

- Deslizamiento en Coromoro, Santander (1999) : El municipio depende económicamente de la siembra de productos y crianza de animales, por lo que actividades como el riego y el pastoreo son comunes en el diario vivir de la mayoría de los habitantes del pueblo, esto hace que la comunidad tenga sus asentamientos sobre las 2 principales fuentes hídricas del sector, que son el Rio Yama y el Rio Guachavita con el fin de suplir la necesidad de agua de las plantas y los animales, además la limpieza física y sanitaria de los corrales de las bestias. Estas actividades conllevan a la reducción de la cobertura vegetal del ecosistema y se aumenta la probabilidad de deslizamientos.

Los Ríos se caracterizan por estar en valles profundos con forma en V, con una morfología escarpada en las zonas altas y pendientes que oscilan entre los 40° y 70°. Su geología muestra Rocas Paleozoicas metamórficas (metalodolitas y metalimolitas) bastante fracturadas, suprayacidas por rocas sedimentareas cretáceas (cuarzos y cuarzoarenitas) de hasta 5 metros de espesor. (Área de Ingeniería Geoambiental U.O. Bucaramanga. (1999) Informe Técnico sobre deslizamientos que afectan el rio Yama (Sectores el Puntural y Gordural), Rio Guachavita o Guadual (Sectores vereda Zuñiga y Loma de la Mula) del municipio de Coromoro, departamento de Santander. Recuperado de: <https://miig.sgc.gov.co/Paginas/advanced.aspx>)



Imagen #2. Valle Coromoro, Santander - INGEOMINAS

A pesar de ser un deslizamiento antiguo, con una cobertura vegetal del 70% que ayudó a que el avance del fenómeno no fuera mayor, la fuerte ola de invierno provocó el avance total del deslizamiento traslacional de continua caída de detritos al río, conformando un depósito aluvial de 250 metros de longitud y 80 metros de ancho, en consecuencia, la velocidad, el caudal y la profundidad del río han cambiado drásticamente, golpeando fuertemente aguas abajo las laderas del valle, de tal forma que afectó a la comunidad con nuevos deslizamientos en la banca de la vía impidiendo su comunicación con la cabecera municipal. (Área de Ingeniería Geoambiental U.O. Bucaramanga. (1999) Informe Técnico sobre deslizamientos que afectan el río Yama (Sectores el Puntural y Gordural), Río Guachavita o Guadual (Sectores vereda Zuñiga y Loma de la Mula) del municipio de Coromoro, departamento de Santander. Recuperado de: <https://miig.sgc.gov.co/Paginas/advanced.aspx>)

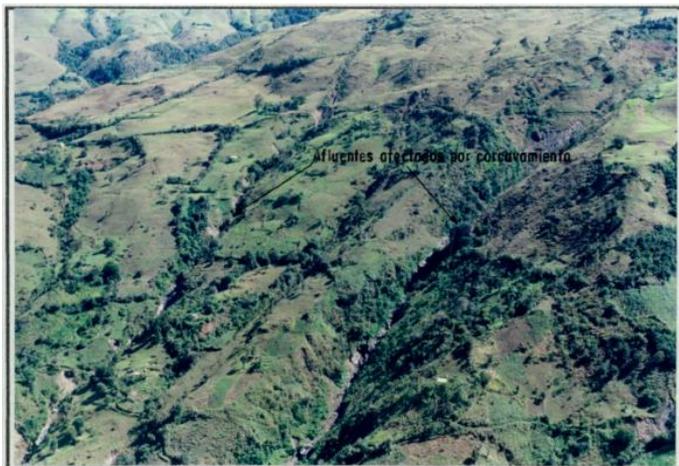


Imagen #3. Deforestación Coromoro, Santander – INGEOMINAS

A causa de los detalles encontrados y registrados en la ficha técnica (**ANEXO D**), se puede concluir que los continuos deslizamientos que amenazan con represar el río e incomunicar la población, fueron causados por la deforestación. El sobrepastoreo en sectores donde la cobertura vegetal era necesaria y la falta de obras de estabilización, drenaje y mantenimiento ayudaron notablemente a que el acontecimiento se llevara a cabo.

- Deslizamiento en Onzaga, Santander (1996) : Al igual que en Coromoro, el municipio de Onzaga depende económicamente de la siembra de productos, tales como el Maíz, Lulo, Tomate y papá, y de la crianza de Bueyes con fines competitivos, por lo que estas actividades hacen parte de los hábitos del 80% de los habitantes de Onzaga, es decir, aquellos que no residen en el casco urbano. El mismo caso de Coromoro de tierras desbrozadas y quemadas para convertirlas en pastizales para criar ganado, hace que se reduzca drásticamente la cobertura vegetal que ayuda a soportar los movimientos en masa.

Este municipio es reconocido por tener numerosos manantiales, con 7 quebradas y 2 Ríos en su extensión, hacen que este terreno este conformado por material acumulado en el paso de los años, formando una terraza variable de entre 40 y 50 metros de altura, que, además, es el punto donde se interceptan dos lineamientos de dos fallas geológicas. (Subdirección de Ingeniería Geo ambiental U.O. Bucaramanga. Eduardo Castro Marin. (1996) Deslizamiento la Orquita, Vereda Tinavita, municipio de Onzaga, departamento de Santander. Recuperado de: <https://miig.sgc.gov.co/Paginas/advanced.aspx>)

La inestabilidad del sitio del deslizamiento se debe a la composición de las rocas de la zona, ya que las fallas han producido un alto grado de descomposición y fracturamiento, que conlleva a las aguas subterráneas a saturarse de material y provocar su desplazamiento ladera abajo. (Subdirección de Ingeniería Geoambiental U.O. Bucaramanga. Eduardo Castro Marin. (1996) Deslizamiento la Orquita , Vereda Tinavita, municipio de Onzaga, departamento de Santander. Recuperado de: <https://miig.sgc.gov.co/Paginas/advanced.aspx>)

A causa de los detalles encontrados Y registrados en la ficha técnica (**ANEXO E**), se concluyó que los 150 metros del ancho del valle son suficientes para descartar un posible represamiento del río, pero es posible que el desvío lateral del cauce del río afecte viviendas y la vía paralela que comunica con San Joaquín dentro de su nuevo rango de trayectoria. (Subdirección de Ingeniería Geoambiental U.O. Bucaramanga. Eduardo Castro Marin. (1996) Deslizamiento la Orquita, Vereda Tinavita, municipio de Onzaga, departamento de Santander. Recuperado de: <https://miig.sgc.gov.co/Paginas/advanced.aspx>)

TABLA #2 – CUADRO COMPARATIVO DESLIZAMIENTOS DE LA HISTORIA – UNIDAD OPERATIVA DE INGENIERÍA GEO AMBIENTAL DE BUCARAMANGA

	EVENTOS HISTÓRICOS DE MAYOR REPERCUCCIÓN	
	Coromoro	Onzaga
Año	1999	1996
Localización	En el sur - oriente del departamento de Santander, 2 puntos ubicados en el sur - oriente de la cabecera municipal y 1 ubicado en el nor - oriente. A los dos primeros se llega por la vía que comunica con el corregimiento de Pueblo viejo, tomando el camino de herradura que atraviesa el río. Al evento restante se llega por la vía de tercer orden que comunica con Menemba.	A 90 kms en línea recta del sur - oriente de Bucaramanga, por el camino que conduce a Bogotá, desviándose en San Gil por una carretera en muy malas condiciones. Se ubica en la plancha 152-I-B a escala 1:25000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
Problema	A pesar de ser un deslizamiento antiguo, con una cobertura vegetal del 70% que ayudó a que el avance del fenómeno no fuera mayor, la fuerte ola de invierno provocó el avance total del deslizamiento traslacional de continua caída de detritos al río, conformando un depósito aluvial de 250 metros de longitud y 80 metros de ancho, en consecuencia, la velocidad, el caudal y la profundidad del río han cambiado drásticamente, golpeando fuertemente aguas abajo las laderas del valle, de tal forma que afectó a la comunidad con nuevos deslizamientos en la banca de la vía impidiendo su comunicación con la cabecera municipal.	Deslizamiento con plano de falla en parte circular, 100 metros de ancho y 180 metros de largo involucrando un total de 54.000 metros cúbicos de material, con flujos de lodo dentro de su masa por el alto contenido de agua de la zona.
Geología & Geomorfología	Los Ríos se caracterizan por estar en valles profundos con forma en V, con una morfología escarpada en las zonas altas y pendientes que oscilan entre los 40° y 70°. Su geología muestra Rocas Paleozoicas metamórficas (metalodolitas y metalimolitas) bastante fracturadas, suprayacidas por rocas sedimentarias cretáceas (cuarzos y cuarzoarenitas) de hasta 5 metros de espesor.	Este municipio es reconocido por tener numerosos manantiales, con 7 quebradas y 2 Ríos en su extensión, hacen que este terreno este conformado por material acumulado en el paso de los años, formando una terraza variable de entre 40 y 50 metros de altura, que además, es el punto donde se interceptan dos lineamientos de dos fallas geológicas. Su geología muestra arcillolitas laminadas de color gris claro y oscuro altamente meteorizadas, con capas de chert negro y concreciones calcáreas.
Hidrología	El Río Yama y el Río Guadual hacen parte de toda la morfología del valle.	En la parte baja del casco urbano confluyen los Ríos Susa, Chaguacá y la quebrada Siachía, conformando el Río Onzaga.
Recomendación	Declarar alerta amarilla / Plan de contingencia con restricción de paso peatonal / Construcción de espigones para cambiar corriente / Construcción de Zanja De desvío a lo largo de la barrera de sedimentos / Estabilización de talud / Plan de reforestación.	Construcción de espigones para cambiar corriente / Construcción de Zanja De desvío a lo largo de la barrera de sedimentos / Estabilización de talud / Plan de reforestación.

(Área de Ingeniería Geoambiental U.O. Bucaramanga. (1999) Informe Técnico sobre deslizamientos que afectan el río Yama (Sectores el Puntural y Gordural), Río Guachavita o Guadual (Sectores vereda Zuñiga y Loma de la Mula) del municipio de Coromoro,

departamento de Santander. Recuperado de:
<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/advanced.aspx>
(Subdirección de Ingeniería Geoambiental U.O. Bucaramanga. Eduardo Castro Marin. (1996) Deslizamiento la Orquita , Vereda Tinavita, municipio de Onzaga, departamento de Santander. Recuperado de: <https://miig.sgc.gov.co/Paginas/advanced.aspx>)

2.2. PUNTOS, RUTAS ESTRATÉGICAS Y MAPAS

Onzaga y San Joaquín son municipios ricos en recursos, fauna y flora, pero su información poblacional es escasa. El EOT suministrado por los entes gubernamentales con la totalidad de los datos necesarios se remite al año 2000, por lo que en algunos casos los registros de las veredas son mínimos o nulos.

Con la intención de optimizar el proceso de estudio, se conformaron 3 equipos que trabajaron en las labores de interés, buscando así, la continua comunicación de información para ir generando diariamente actualizaciones en los mapas de zonificación de la zona de estudio.

Equipo 1: Usuarios del Agua, deben encuestar a la totalidad de las viviendas marcadas en el mapa con un punto negro, con preguntas acerca de deslizamientos, uso, calidad y captación del agua. Este grupo está conformado por Psicólogos y Estudiantes de Ingeniería nativos de estos municipios.



Imagen #4. Zona de Estudio - Fuente: Google Earth Pro

Equipo 2: Estructuras Hidráulicas y Movimientos en masa, deben inspeccionar y evaluar las estructuras de suministro de agua marcadas en el mapa con triángulos y círculos azules, y los movimientos en masa marcados en el mapa con el color rojo. Este grupo está conformado por Practicantes de Ingeniería Civil, Ambiental y tecnólogos en Geología.

Equipo 3: Ingeniería de Software, deben realizar y actualizar el mapa conforme el equipo 2 encuentre nuevos puntos que no están trazados y se encarga de la zonificación de Amenaza y Riesgo usando el programa ArcGis. Además, están encargados del trazo y el diseño de las rutas diarias que deben recorrer los otros equipos.

Con el fin de coordinar eficazmente el trabajo en campo en la zona de estudio, se diseñó un mapa con los puntos relevantes al estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, tomando como referencia las imágenes satelitales de programas como Google Earth y SasPlanet.

2.2.1. MAPA DE PUNTOS Y RUTAS ESTRATÉGICAS

El uso de softwares de imágenes satelitales como Google Earth y Sas Planet permitieron que los trazos de las capas referentes a carreteras, geología y cuerpos de agua se hicieran con la mayor precisión posible. Además, la opción Fronteras y Etiquetas, divide las veredas correctamente, por ende, la localización de viviendas, estructuras hidráulicas y grandes movimientos en masa, fueron posibles tras un recorrido en el programa. La Georreferenciación mediante estos mapas digitales son bastante exactas, debido a que permiten analizar el lugar con imágenes actuales y de años atrás, en diferentes horas del día, ayudando a encontrar sectores de alta probabilidad de deslizamiento al analizar sus cambios de relieve. Estos están ubicados en el mapa de la zona de estudio con polígonos de color rojo.

TABLA #3 - LEYENDA Y CARACTERÍSTICAS DEL MAPA ZONA DE ESTUDIO PARA TRABAJO EN CAMPO - PROPIO				
LUGAR	FIGURA / COLOR	TIPOS	DESCRIPCIÓN	PROYECTO
Vivienda	Círculo negro		Hogares Onzagueños en zona rural.	Punto de encuestas equipo usuarios del agua.
Vía	Línea negra	Transitable	Pavimentada en su totalidad.	Posibles rutas equipo de Inspección.
		Transitable	Pavimentada en algunos tramos.	
		Transitable	Riego de recebo con compactación.	
	Línea punteada negra	Transitable	Carretera en mal estado, solo 4x4.	
		No transitable		
Casco urbano	Polígono gris		Cabecera municipal de Onzaga, Santander.	Zona alimentación e hidratación.
Zona de estudio	Croquis rosa		Área en la cual se realiza el proyecto.	Extensión de territorio donde se realizó el estudio de factibilidad.
Veredas	Polígonos de varios colores		Subdivisión territorial Rural.	
Suministro	Círculo azul	Distrito de Riego	Bebedores de animales y canales de riego para cultivos.	Estructuras Hidráulicas en la zona de estudio.
		Sistemas de Abastecimiento	Acueductos veredales y tanques de almacenamiento.	
Deslizamientos	Polígonos rojos		Movimientos de tierra activos en los últimos años.	Zona de alta susceptibilidad de movimiento en masa.

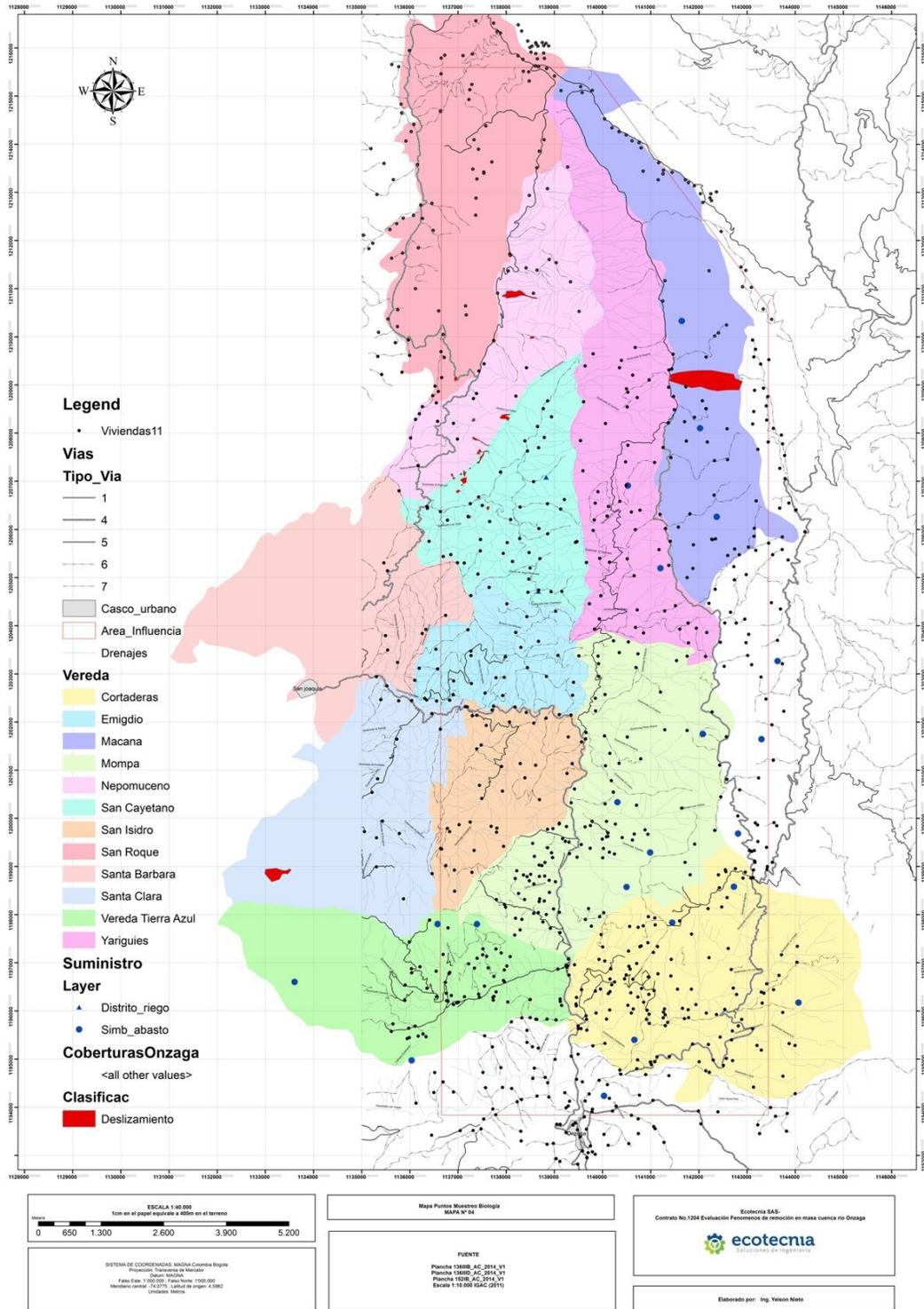


Imagen #5. Mapa zona de estudio para trabajo en campo – MG ECOTECNIA S.A.S.

Los recorridos diarios en el trabajo en campo fueron establecidos bajo los siguientes criterios:

- **Altitud:** Para evitar el cansancio y la deshidratación en las caminatas, siempre se buscó iniciar el día laboral en los puntos más altos del sector a estudiar.
- **Número de viviendas:** Los sectores con mayor número de viviendas y puntos de estudio fueron prioritarios, ya que abarcan zonas con mayor área.
- **Afluentes hídricos:** El uso del agua para producir energía es el propósito del megaproyecto, en consecuencia, evaluar las condiciones y su potencial fue de vital importancia.
- **Acceso vial:** Fue imposible transitar la totalidad de la zona en vehículos debido a las escasas carreteras veredales, por tal razón, las rutas de alta montaña se debieron llevar a cabo en camionetas 4x4 y senderos ecológicos.

2.2.2. MAPA DE PENDIENTES

La pendiente del terreno es el ángulo entre la superficie y la horizontal, razón por la cual debe ser considerada al analizar la frecuencia de deslizamientos y el grado de susceptibilidad de la zona estudiada. El primer item a considerar para la creación de este mapa, son las curvas de nivel, información que se debe extraer y trabajar en diferentes plataformas.

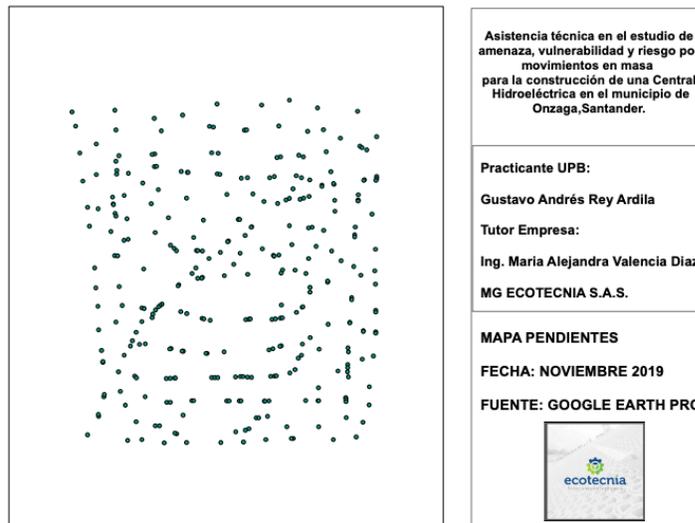


Imagen #6. Mapa de puntos de la zona de estudio – Diseño Propio

En primer lugar, se creó una ruta sobre la zona estudiada en Google Earth Pro con la mayor cantidad de puntos posibles para obtener una mayor precisión, a fin de captar la mayor cantidad de información de Longitud y Latitud. Tras obtener los datos, se calcula la Elevación en GPS ELEVATION para de esta manera poder transformarla en un mapa en el software ArcGis.



Imagen #7. Mapa de Elevación de la zona de estudio – Diseño Propio

En segundo lugar, se utilizó los comandos Data Management, Triangulated Surface y Contour, para de esta manera abrir las elevaciones y convertirlas en un TIN de curvas de nivel. En nuestro caso el intervalo de altura marca desde los 1700 msnm hasta los 3300 msnm y se posicionaron las curvas cada 5 metros.

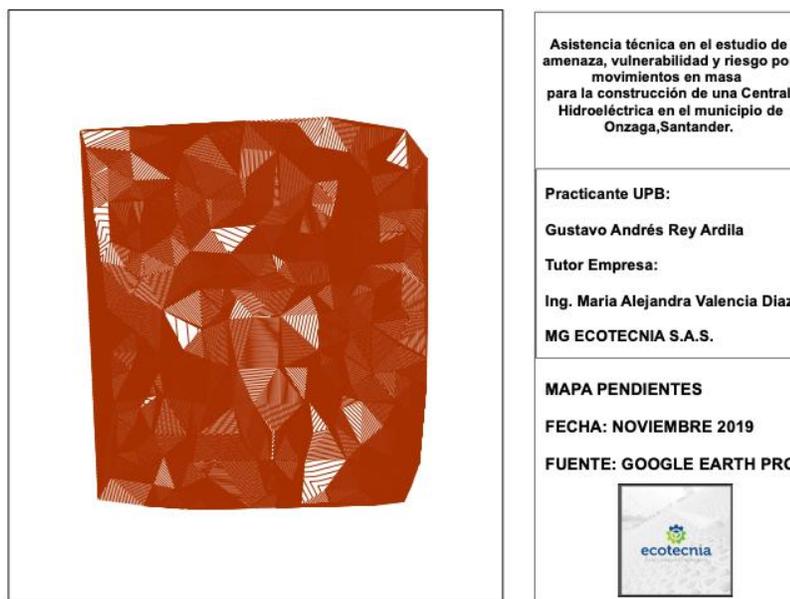


Imagen #8. Mapa de curvas de nivel de la zona de estudio – Diseño Propio

En tercer lugar, se transformó la imagen a Raster con el comando Conversion From Tin, para tener una imagen plana que conserva las propiedades de altura, luego se optimiza comparando la imagen con las curvas de nivel y obtenemos un raster a color que representa en una gama de colores de verde, amarillo y rojo donde están los lugares con mayores pendientes.

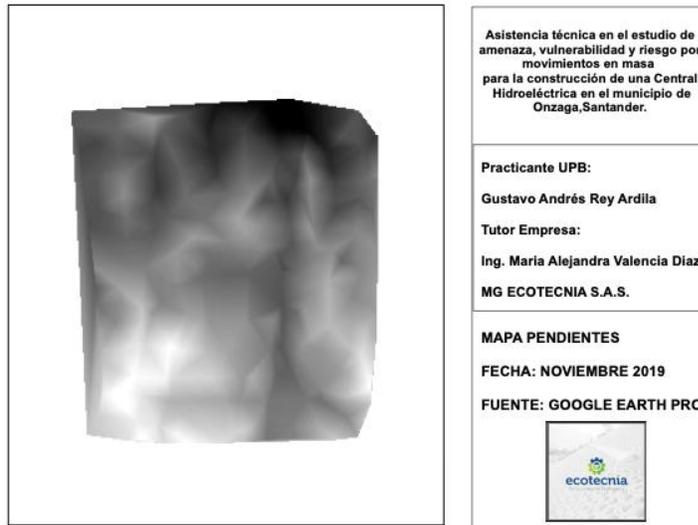


Imagen #9. Mapa raster blanco y negro de la zona de estudio – Diseño Propio

2.2.3. MAPA DE FALLAS GEOLÓGICAS

En lugares con mayor presencia de fallas se presenta un alto potencial de ocurrencia de deslizamiento, por tal razón, la localización de estas sobre la zona de estudio es de vital importancia. La actividad tectónica es causa de la desestabilización de las laderas, por consiguiente, encontrar fracturas, fallas, diaclasas y juntas es común en lugares con tal descripción.

Para la creación de este mapa se usó el Archivo DWG de Geología EOT Onzaga 2002 (**ANEXO G**), el cual posee 1 sola capa con la totalidad de datos geológicos y la ubicación de las fallas de Onzaga. El primer paso fue crear 3 capas nuevas en Autocad:

- El croquis de Onzaga: Usando el comando POLILÍNEA se bordeó el objetivo.
- Polígono zona de estudio: Se exportó del archivo KMZ de Google Earth Pro.
- Figuras fallas geológicas: Se unieron 1462 líneas con el comando UNIR para dar forma al polígono irregular cerrado que hace referencia a las fallas y se les asignó un sombreado.

En segundo lugar, se exportó el archivo a ArcGIS para colocar el GRID y el Layout view.

2.3. INSPECCIÓN DEL LUGAR

El trabajo en campo tiene como objetivo registrar la totalidad de las estructuras hidráulicas y movimientos en masa, evaluarlos y analizar el estado en el que se encuentran. De esta manera se da una visión más acertada de la condición actual del sector, que confirma o desestima lo analizado en los programas de georreferenciación.

2.3.1. ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

Para realizar el análisis de la zona de estudio fue necesario diseñar formatos de clasificación de eventos que contengan todos los escenarios posibles según las estructuras hidráulicas y la geomorfología del sector. Cabe anotar que la cabecera municipal de Onzaga y San Joaquín promedian en altitud los 1960 msnm y la vereda Cortaderas sector baja, lugar del campamento inicial, registra 2200 msnm. Los terrenos de difícil acceso y senderos de alta montaña se registran a partir de los 3000 msnm.

Las estructuras hidráulicas presentes en la zona son arcaicas, de fácil construcción y diseño, en consecuencia, su funcionalidad evidencia numerosas fallas que afectan la calidad y el volumen transportado de agua; de igual manera no presentan el mantenimiento adecuado, por tanto, en algunos casos se han convertido en estanques propicios para albergar renacuajos y zancudos.



Imagen #10. Desarenador Contaminado Vereda Cortaderas Alta – Propia

En campo se encontraron Bocatomas, desarenadores, tanques de almacenamiento con fines de distribución para consumo humano y animal, y en las zonas más altas acueductos veredales. A pesar de su diseño y falta de mantenimiento, las estructuras en su mayoría funcionan y cabe resaltar que las tuberías de transporte del insumo son exteriores, en PVC y con diámetros de 3 pulgadas para captación y 1 pulgada para conducción.



imagen #11 y #12. Tubería Captación, desarenador y Tanque de 500 litros de un Acueducto Veredal en Cortaderas sector Alto – Propia

Las tuberías exteriores presentan filtraciones debido a que están expuestas al paso de los bueyes y equinos, además al no tener en cuenta la pendiente, algunos de los conectores en pvc están desajustados por la velocidad que toma el agua al chocar con estos. Este sistema abastece a las veredas de Tierra Azul y Cortaderas, y se evidencian nuevas construcciones de este tipo que atentan contra la salud de sus habitantes y claramente son diseñados sin tener en cuenta los requisitos ingenieriles.



imagen #13. Nuevo Desarenador para bebedero de animales. No esta en funcionamiento. – Propia

Para finalizar el tema de las estructuras hidráulicas, se debe resaltar la poca atención que tiene la comunidad con la calidad del agua. Los sucios bebederos y el estiércol de los animales son arrojados mensualmente a las quebradas que alimentan el Rio Onzaga,

alterando el PH y creando microorganismos dañinos que afectan aguas abajo el abastecimiento en la cabecera municipal del pueblo.



imagen #14. Bebederos Equinos Vereda Tierra Azul – Propia

Cabe resaltar que lo anteriormente expuesto fue el trabajo del auxiliar técnico en ingeniería, el cual debía recorrer los puntos de estructuras hidráulicas trazados en el mapa de trabajo en campo, teniendo en cuenta las zonas donde hay mayor densidad poblacional y evaluarlos de tal manera que su operación sea compatible con la Hidroeléctrica.

2.3.2. MOVIMIENTOS EN MASA

Los Movimientos en Masa que afectan la zona de estudio en las veredas de Cortaderas y Tierra Azul se encuentran sobre la banca de la vía, obstruyendo constantemente la comunicación con San Joaquín y los pueblos límites del departamento de Boyacá. La situación es crítica ya que son las dos únicas vías terrestres de acceso para llegar a Onzaga, y en tiempos de lluvias, el comercio agrícola de la zona se ve afectado.

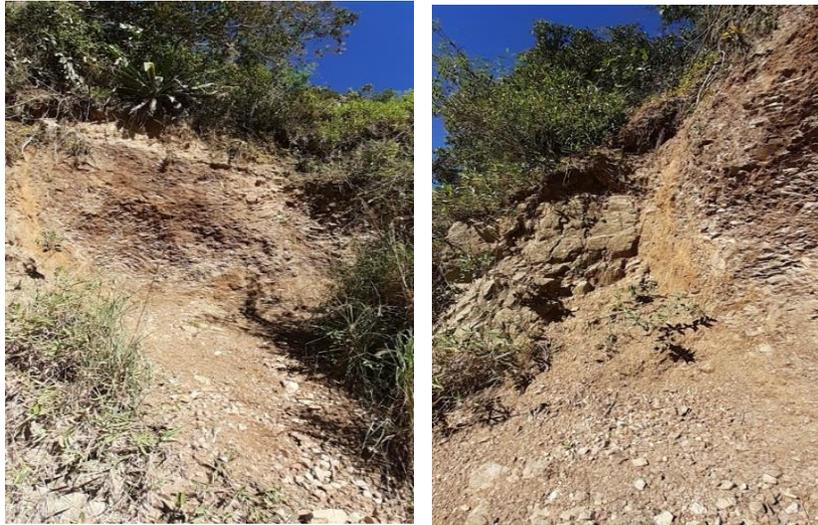


imagen #15 y #16. Deslizamientos, Flujo de Rocas y Detritos sobre la vía que comunica con San Joaquín – Propia

Los movimientos en su mayoría están activos y son de tipo flujo, deslizamiento y caído, con materiales desde Rocas, suelo y detritos que evidencian la homogeneidad de la geomorfología de la zona. Cabe anotar que a la construcción de estas vías secundarias les falta las obras de mitigación, situación que ha venido perjudicando a la comunidad desde el año de 1996.



Imagen #17. Deslizamientos activos sobre la vía que comunica con San Joaquín – Propia



Imagen #18. Surcos y Cárcavas sobre la vía que comunica con San Joaquín –Propia

La erosión presente en la zona es hídrica, consecuencia de las lluvias y su respectivo escurrimiento superficial, razón por la cual se presenta segregación, transporte y sedimentación del suelo. Tras el análisis se establece que la erosión laminar es típica de la zona y que en algunos sectores ha evolucionado a surcos, los cuales son controlables y en los peores casos, a cárcavas de gran profundidad, procesos causados por la presión del pastoreo y que ya no tienen mitigación alguna.

Afortunadamente la cobertura vegetal en la zona promedia un 95%, situación que ayuda a controlar los movimientos en masa en los meses del año con mayor precipitación. Onzaga y San Joaquín alcanzan los 4° en la madrugada y en las tardes soleadas los 22°, por consiguiente, los cambios de temperatura y las fuertes lluvias son agentes detonantes en el transporte de material a las bancas de las vías.



imagen #19 y #20 Caído de Rocas sobre la vía que comunica con San Joaquín – Propia

Cabe resaltar que lo anteriormente expuesto fue el trabajo del auxiliar técnico en ingeniería, el cual debía recorrer los puntos de movimientos en masa trazados en el mapa de trabajo en campo, teniendo en cuenta prioritariamente las zonas paralelas al Rio Onzaga y evaluarlos de tal manera que se caractericen para un posterior estudio de la captación de la hidroeléctrica.

3. PUNTUACIÓN PARÁMETROS

La investigación tiene como fin la comprensión y el entendimiento de los deslizamientos de tierra en la zona de estudio, para de esta manera, orientar a la hora de tomar decisiones al patrocinador. Así mismo, se empleó el método de análisis heurístico de Mora - Vahrson, el cual consiste en dar una puntuación subjetiva a los pesos de los factores relevantes para de esta forma conseguir una suma de susceptibilidad a la amenaza relativa.

Cabe resaltar la presencia de indicadores morfodinámicos en este enfoque heurístico, los cuales ayudan a parametrizar de tal manera que se profundice en su relevancia. La obtención de mapas temáticos, estudios físicos y eventos de deslizamientos en la zona de estudio, hacen parte de las fases preliminares y necesarias para comenzar la investigación de manera adecuada.

La zonificación por deslizamientos en tierra clasifica los parametros en variables intrínsecas y de disparo, en primer lugar nos referimos a aquellos elementos pasivos que son característicos de la zona, como lo son la geología (g), geomorfología (geo), las pendientes (p) y la cobertura vegetal (cv), y en segundo lugar, agentes externos causantes de deslizamientos, como lo son la precipitación (pr) y los sismos (fg) ocasionados por fallas activas en el límite de las placas tectónicas.

La calificación por categorías en términos de susceptibilidad ayuda a clasificar el estado actual de los parametros de la zona de estudio, asignándole un valor representativo según la magnitud del peligro que representan y las fórmulas propuestas por Mora – Vahrson para calcular los parametros y la susceptibilidad final, estudian el impacto de los parametros intrínsecos y de disparo dando una visión general del potencial de susceptibilidad de la zona.

CATEGORIA DE LA SUSCEPTIBILIDAD	GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD
1	Muy baja susceptibilidad
2	Baja susceptibilidad
3	Media susceptibilidad
4	Alta susceptibilidad
5	Muy alta susceptibilidad

Tabla # 4 – Grados de Susceptibilidad - SGC

$$P_i = g + \text{geo} + p + cv$$

$$P_d = pr + fg$$

$$S = P_i + P_d$$

(Mora Sergio & Vahrson Wilhelm. 1991, Modelo de determinación “A priori” de la amenaza de deslizamientos en grandes áreas utilizando indicadores morfodinámicos. Escuela Centro Americana de Geología, Universidad Nacional, Costa Rica.

3.1. GEOLOGÍA

Con el fin de conocer el grado de susceptibilidad se hace un análisis de los datos anteriormente estudiados en la plataforma Simma del SGC, como son el caso de los deslizamientos en Onzaga en 1999 (**ANEXO F**) y en Coromoro en 1996, de tal manera que la geología presente en estos eventos se cataloga como alta susceptibilidad. Además, se complementa la caracterización teniendo en cuenta los planes de ordenamiento territorial de cada municipio, en este caso, la geología presente en el EOT (**ANEXO G**) que ayudo a comprender la zona de estudio.

Características y asignación de valores del parámetro geología.

Equivalente Geológico	Geoforma Asociada	Calificación
Qal	Deposito Aluvial	1
Kia	Areniscas blancas cuarcíticas, compactas de grano fino a grueso, excepcionalmente conglomeráticas con delgados niveles de arcillas negras laminadas intercaladas.	4
Kitm	Parte superior: Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. / Parte Intermedia: Calizas gris oscuras compactas, fosilíferas. / Parte Inferior: Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, aveces conglomeráticas.	3
Pdo	Neis, cuarzo - feldespático, Ortoneis granodiorítico.	2
Qm	Morrenas	1
Ksc	Arcillas ngras laminadas, calizas fosilíferas, calizas y areniscas calcáreas con exogyra squamata, calizas con estructuras cone in cone y areniscas formando un nivel importante hacia la base.	3

Pd	Pizarras, filitas, metamolitas, metareniscas y metaconglomerados.	3
Pcrn	Conglomerados calcáreos con cantos de caliza de Lutitas y areniscas muy cementadas con material calcáreo, limos y limolitas rojas.	2
Dft	Conglomerados con guijos y cantos / Arenisca cuarcítica, cuarzo, arcillolita violeta, Limos rojizos y verdosos.	1
Ksl	Parte superior: Calizas en blanco delgadas, capas de chert delgadas, arcillas negras laminadas y algunos bancos fosfáticos delgados. / Parte inferior: Arcillas negras laminadas con capas delgadas de chert negro, concreciones calcáreas aplanadas hasta de 2 metros de diámetro.	3
Pk	Perfil Geológico	2
JRcm	Cuarzomonzonita biotítica blanca a rosada, grano medio, alaskítica.	3

Tabla # 5 – Calificación unidades litológicas - Propia

3.2. GEOMORFOLOGÍA

Con base al Mapa de Geomorfología del EOT de Onzaga del 2002 (**ANEXO H**) se determinó la calificación y caracterización de las geoformas de la zona de estudio, de manera que se relaciona la litología, el paisaje y el tipo de relieve presente en el sector. De igual manera que la geología, se comparan los eventos ocurridos en la zona para determinar su incidencia y poder calcular el peso de cada ítem geomorfológico.

Características y asignación de valores del parámetro geomorfología.

Tipo de relieve	Litología	Paisaje	Calificación
Terrazas	Rocas sedimentarias (conglomerados calcáreos)	Valle	1
Planos estructurales Denudacionales	Arcillas negras laminadas calizas	Montaña estructural	1

Frentes estructurales	Rocas metamórficas	Montaña estructural	1
Frentes masivos disecados	Roca sedimentaria	Montaña erosional	2
Frentes masivos	Arenisca	Montaña	1
Valle Aluvial	Deposito Aluvial	Valle aluvial	1

Tabla # 6 – Calificación del parámetro geomorfología- Propia

3.3. PENDIENTES

Según los resultados obtenidos en el mapa de pendientes (**IMAGEN #11. MAPA PENDIENTES DE LA ZONA DE ESTUDIO**) desarrollado en grados y con intervalos de 5 metros entre las curvas de nivel, la zona de estudio en la mayoría de su área presenta inclinaciones bajas, por tal razón, se asignaron los valores a los rangos teniendo en cuenta las pendientes en la totalidad de la extensión del municipio.

Características y asignación de valores del parámetro pendientes.

Rango de Pendientes (grados)	Descripción	Susceptibilidad	Calificación
0 - 7	Plana a suavemente inclinada	Muy baja	0
7 -11	Inclinada	Baja	1
11-19	Muy inclinada	Media	2
19-40	Abrupta	Alta	3
40-86	Escarpada	Muy Alta	4

Tabla # 7 – Calificación del parámetro pendientes - Propia

3.4. COBERTURA VEGETAL

El mapa digital de coberturas vegetales y uso del suelo de la zona de estudio se descargó del EOT del municipio de Onzaga (**ANEXO I**). Se procede a definir las diversas categorías de acuerdo a la tipología encontrada en el mapa y valorizar acorde al inventario de deslizamientos del SGC (**2.1.3. EVENTOS HISTÓRICOS**).

Características y asignación de valores del parámetro cobertura vegetal.

Cobertura	Susceptibilidad	Calificación
Bosque Natural Secundario	Baja	2
Áreas de diferentes cultivos	Alta	4

Rastrojos	Muy baja	1
Predominio cultivos de tabaco	Alta	4
Pastos naturales y rastrojos	Muy baja	1
Bosque natural	Baja	2

Tabla # 8 – Calificación del parámetro cobertura vegetal - Propia

3.5. PRECIPITACIÓN

Yeidy Medina (2017) infirió que existe una relación directa entre las tasas pluviométricas y la susceptibilidad de los terrenos a la ocurrencia de deslizamientos, incrementándose dicha susceptibilidad en la medida que disminuye la cobertura vegetal y aumenta la pendiente, asociándose de manera complementaria un incremento de la humedad de los suelos.

Teniendo en cuenta el análisis de curva IDF (**2.1.2. CURVAS IDF**), las precipitaciones del análisis hidrológico (**ANEXO C**) y el mapa de Isoyetas de EOT de Onzaga (**ANEXO J**) y la opinión de expertos del equipo de trabajo, se determinó que los valores de calificación más baja eran para los intervalos de menor precipitación.

Características y asignación de valores del parámetro precipitación.

Rango (mm)	Descripción	Calificación
200-500	Muy bajo	1
500-1000	Bajo	1
1000-1500	Medio	2
1500-2000	Medio	3
2000-2500	Alto	4
más de 2500	Muy alto	5

Tabla # 9 – Calificación del parámetro precipitación – Propia

3.6. FALLAS GEOLÓGICAS

Radbruch-Hall (1976) observó que las áreas donde existe alta densidad de fallas son zonas de incidencia particularmente alta en la potencial ocurrencia de procesos de deslizamientos de tierra. De igual forma, Varnes (1984) llegó a la conclusión que el grado de fracturamiento y de cizallamiento de un macizo rocoso juega un papel importante en la determinación de la estabilidad de taludes o laderas. Onzaga posee 3 fallas en su extensión, la falla de Onzaga, la falla de Bucaramanga y la Falla Chaguaca, razón por la cual la probabilidad de deslizamientos a causa de la actividad tectónica es bastante alta.

Teniendo en cuenta el análisis sismológico (**2.1.1. ZONIFICACIÓN SISMOLOGÍA**), el mapa de fallas geológicas (**IMAGEN #12. MAPA FALLAS GEOLÓGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO**) y el inventario de deslizamientos (**2.1.3. EVENTOS HISTÓRICOS**) se realizó una ponderación según la cercanía de los deslizamientos a las fallas, expuesta a continuación.

Características y asignación de valores del parámetro de proximidad a fallas geológicas .

Proximidad al trazo de la falla	Susceptibilidad	Calificación
3 - 5 kms	Baja	1
1 - 3 kms	Media	3
0 - 1 km	Alta	5

Tabla # 10 – Calificación proximidad a fallas geológicas – Propia

4. RECOMENDACIONES

1. La comunidad desconoce las actividades a seguir en caso de un sismo, falta pedagogía y simulacros que ayuden a capacitar a los ciudadanos en el momento que se presenten estos acontecimientos, por ende, deben conocer acerca de las rutas de evacuación, elementos de protección personal y manejo del pánico.
2. El IDEAM facilita la información organizada 2 meses después de solicitada por vía E-MAIL, por tal razón se recomienda disponer de un tiempo acorde para estudiar los datos, analizarlos y culminar la investigación. Este caso se dio al solicitar los datos de temperatura, brillo solar, precipitación y vientos de la estación de San Joaquín.
3. El municipio debe tener información actualizada y veraz acerca de los fenómenos que afectan a su comunidad, por ende, se recomienda realizar estudios de caracterización geológica en la totalidad de su extensión, estudios de sus afluentes hídricos y el mantenimiento de su estación pluviométrica en San Joaquín, ya que desde el 2018 no arroja resultados.
4. El equipo de trabajo en campo y el de Ingeniería de Software compartían información en tiempo real con el fin de cumplir los objetivos trazados en el tiempo establecido, trabajo cumplido gracias a capacitaciones en manejo de herramientas GPS y radios de alto alcance. Se recomienda que, en trabajos de exploración e inspección en zonas de gran extensión, el personal conozca de estas herramientas y sea capaz de compartir rutas y hacer rastreo con otros GPS emparejados, además de posicionar y registrar puntos en las coordenadas establecidas por el proyecto.
5. El recorrido en alta montaña requiere de la indumentaria, instrumentación e hidratación adecuada para evitar imprevistos que alteren el buen desarrollo del proyecto. Botas cómodas que permitan pisar de manera segura y protejan el pie de mordeduras de reptiles, machete para abrirse paso entre pastizales altos, impermeable completo en caso de lluvia, bebidas hidratantes para recargarse en horas de mayor temperatura, Mapa de Trabajo en Campo para ubicarse y no salir de las rutas establecidos, y por último, tener una buena capacidad física.

5. APORTE AL CONOCIMIENTO

5.1. ZONIFICACIÓN SISMOLOGÍA

El mapa muestra los lugares que han sido afectados por sismos en una radio de 300 kilómetros, además según su color muestra la amenaza por proximidad a la zona de estudio. El color rojo denota que su radio de acción corresponde a 60 kilómetros, el naranja entre 61 - 120 kilómetros y el amarillo entre 121 y 300 kilómetros. Con este mapa se deja expuesto una vez más que el sector del estudio hace parte de una zona sísmica.

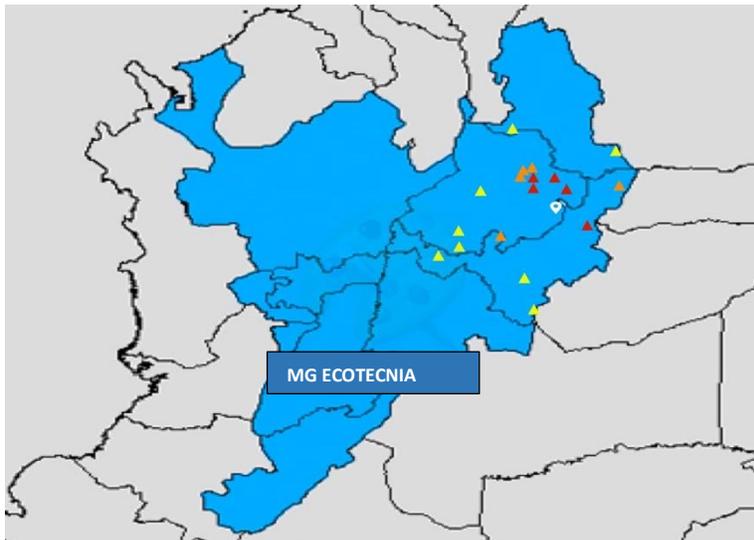


Imagen #21. MAPA DE EVENTOS SÍSMICOS EN SANTANDER, NORTE DE SANTANDER Y BOYACÁ – FUENTE: PROPIA

El siguiente formato resume el anexo A, haciendo énfasis en los municipios con mayor presencia sísmica de las zonas aledañas al sector de estudio. Aquí se muestra los eventos con mayor y menor importancia en el 2019, además de su fecha y magnitud.

FORMATO SÍSMICO PARA EL ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO DE LA ZONA DE ESTUDIO ENTRE ONZAGA Y SAN JOAQUÍN					
LUGAR ZONA DE ESTUDIO:		ONZAGA Y SAN JOAQUÍN			
FECHA ESTUDIO		24 DE MAYO AL 06 JUNIO DEL 2019			
DESCRIPCIÓN DE SISMOS					
DISTANCIA ZONA - EPICENTRO	CANTIDAD	MUNICIPIOS IMPLICADOS	MUNICIPIO CON MAS EVENTOS	MAGNITUD PROMEDIO (ML)	PROFUNDIDAD PROMEDIO (KM)
1KM - 60 KMS	95	3	LOS SANTOS	2,3	146
61 KMS - 120 KMS	11	5	ZAPATOCA	2	143
121 KMS - 300 KMS	14	10	TOLEDO	3,1	SUPERFICIAL
MAGNITUD (ML) DE LOS SISMOS					
MUNICIPIO	FECHA	MAYOR MAGNITUD	FECHA	MENOR MAGNITUD	
LOS SANTOS	25/05/19	4.8	24/05/19	2.0	
ZAPATOCA	26/05/19	2.4	27/05/19	2.0	
TOLEDO	3/06/19	3.3	3/06/19	2.8	

TABLA #11. FORMATO SÍSMICO ESTUDIO ONZAGA Y SAN JOAQUÍN – FUENTE: PROPIA

5.2. CURVAS IDF

Esta hoja electrónica muestra todos los valores de precipitación máxima desde enero del año 2000 hasta diciembre del año 2017, resaltando los meses de la historia mas calurosos, brindando la media máxima anual y la media máxima mensual de los años estudiados. Este recurso permite contextualizar al lector de manera eficaz y rápida, ya que se evidencian los valores puntuales, permite analizar las alteraciones climáticas y el estudio e investigación de patrones en los meses de lluvia.

PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL EN UN DÍA - ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA SAN JOAQUÍN													MEDIA
MÁXIMA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2000	15,4	13,4	31,6	14,3	24	22,4	25,4	17,3	27,2	37	58,6	61,9	24,158
2001	15,4	8,4	18,1	30,5	19,6	21,6	14,7	37,1	11,4	26,9	59,6	48,9	26,017
2002	45,1	4,9	27	44,5	50,2	32,4	16,1	37,1	26,5	39,4	74,2	26,2	35,300
2003	29	2,6	43	66,1	36,6	48,5	33,6	41,9	18,1	72,2	45,2	26,6	38,617
2004	38,3	30,5	29,3	19	46,9	45	19,6	19	26,8	28,7	40	50,5	32,800
2005	11	68,7	19	2,5	32,4	50,1	17,6	22,8	23,9	21,7	45	38	29,392
2006	8,2	13,4	6,8	40,5	57,3	36,5	40,9	9,6	22,5	12,1	31,3	63	28,508
2007	19,5	24,1	4,9	33,2	22,2	32,6	26	28	37,1	24,8	52	26,4	27,567
2008	20	21,1	29,2	23,7	27,9	38,9	20,9	11		27,5	44,7	35,7	27,327
2009	9,3	26,1	27,6	25,9	31,9	25,1	26,4	15,3	31,6	31,1	9,2	82,7	28,517
2010	2,1	5,1	18,5	43,2	47,5	32,1	30,5	35,7	25,5	10,5			25,070
2011			61	70,3	38,5	48,9	21,2	19,7	24,5	70	30,2	24,8	40,910
2012	41,5	12,5	25,6	67,6	30,3	30,7	30,7	24,2	30,4	26,3	22,8	28,3	30,908
2013	11,8	13,2	26,4	32,8	37,6	20,6	32,6	26,4	26,3	57,2	64,3	1,3	29,208
2014	3,2	1,5	27,4	16,5	6,5			3,6	7,8	11,4	27,4	80	18,530
2015	11	4,8	35	35	6,3	6,4	3,7	4,7	6,8	5,7	5,7	19,5	12,050
2016	3,2	10	40	30	80	42	10	20	2	80	52	36	33,767
2017	12,2	9,5	9,2	22,6	40,8	50,7	40,8	60,3	50,7	50,6			34,740
MEDIA	17,42	15,87	26,64	34,34	35,36	34,38	24,16	24,09	23,48	35,17	37,73	40,61	29,105

TABLA #12. PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL EN UN DÍA EN LA ESTACIÓN DE SAN JOAQUÍN – PROPIA

5.3. EVENTOS HISTORICOS

Las fichas técnicas de los acontecimientos carecían de información relevante de los sucesos transcurridos, situación que llevo a investigar los Informes técnicos para conocer con detalles las características ingenieriles de los eventos. Cabe anotar que se encontraron similitudes en los ámbitos que conciernen a los deslizamientos, por tal razón, se decidió realizar un formato que abarcara la totalidad de las características dando una visión mas detallada, aunque resumida, de los eventos históricos.

El formato se centra en la localización, el problema, la geomorfología y la geología, la hidrología y observaciones. Categorías que exponen con claridad las características fundamentales del evento.

TABLA #13 - FORMATO DE CLASIFICACIÓN DE EVENTOS HISTÓRICOS – PROPIA

FORMATO DE CLASIFICACIÓN DE EVENTOS HISTÓRICOS									
ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO									
FECHA DEL SUCESO:			LUGAR:						
FECHA DEL REPORTE:			ENTIDAD A CARGO:						
1. LOCALIZACIÓN									
CIUDAD			UNIDAD OPERATIVA MAS CERCANA:						
MUNICIPIO			KILOMETROS DE DISTANCIA:						
PUEBLO									
NOMBRE:				PRINCIPALES VÍAS DE ACCESO:					
2. PROBLEMA									
TIPO DE MOVIMIENTO				MATERIAL					
DESPLAZAMIENTO				ROCA					
CAIDO				DETRITOS					
FLUJO				SUELO					
VOLCAMIENTO				LODOS					
PROPAGACIÓN LATERAL				TURBA					
REPTACIÓN				VOLUMEN TRANSPORTADO:					
COBERTURA DEL SUELO				VULNERABILIDAD					
HERBÁCEA / MATORRALES				FÍSICA					
BOSQUE / SELVA				SOCIAL					
PASTOS				ECONÓMICA					
CULTIVOS				AMBIENTAL					
CONSTRUCCIONES									
CUERPOS DE AGUA									
SIN COBERTURA									
3. GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA									
MORFOLOGÍA:			FORMACIÓN:						
			EDAD:						
INCLINACIÓN			DESCRIPCIÓN:						
PENDIENTES:									
PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA				PRESENCIA FALLAS GEOLÓGICAS					
SI				SI					
NO				NO					
4. HIDROLOGÍA									
CUERPOS DE AGUA				NOMBRE:					
RIO				ANCHO:					
QUEBRADAS				PROFUNDIDAD:					
LAGUNAS				CAUDAL:					
MANANTIALES				COTA MÁXIMA					
				REGISTRADA:					
5. OBSERVACIONES									

5.4. MAPAS

5.4.1. MAPA DE PENDIENTES:

Mapa final de pendientes de la zona de estudio realizado en el software ArcGis.

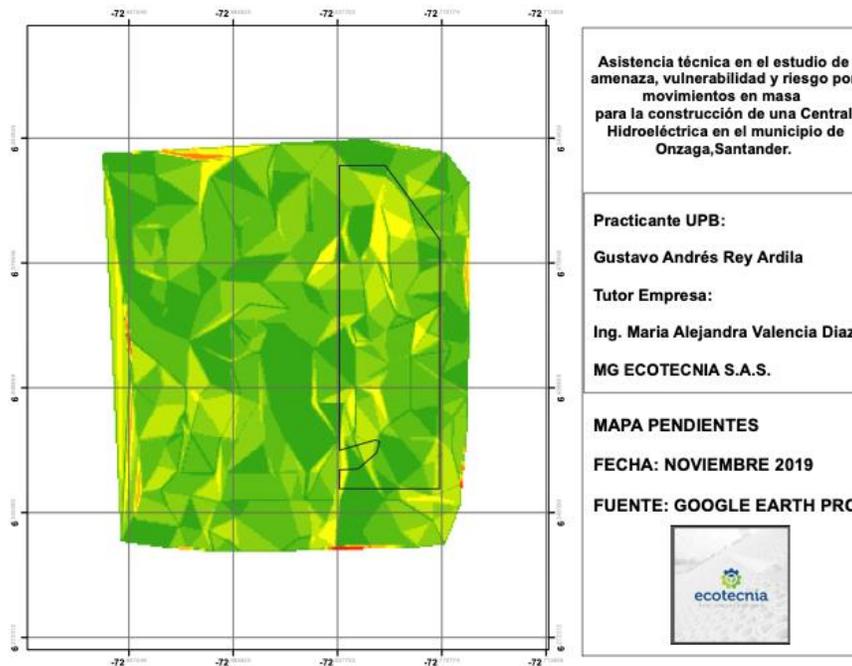


Imagen #22. Mapa de pendientes de la zona de estudio – Diseño Propio

5.4.2. MAPA DE FALLAS GEOLOGICAS:

Mapa final de fallas geológicas realizado en los softwares de Autocad y ArcGis.

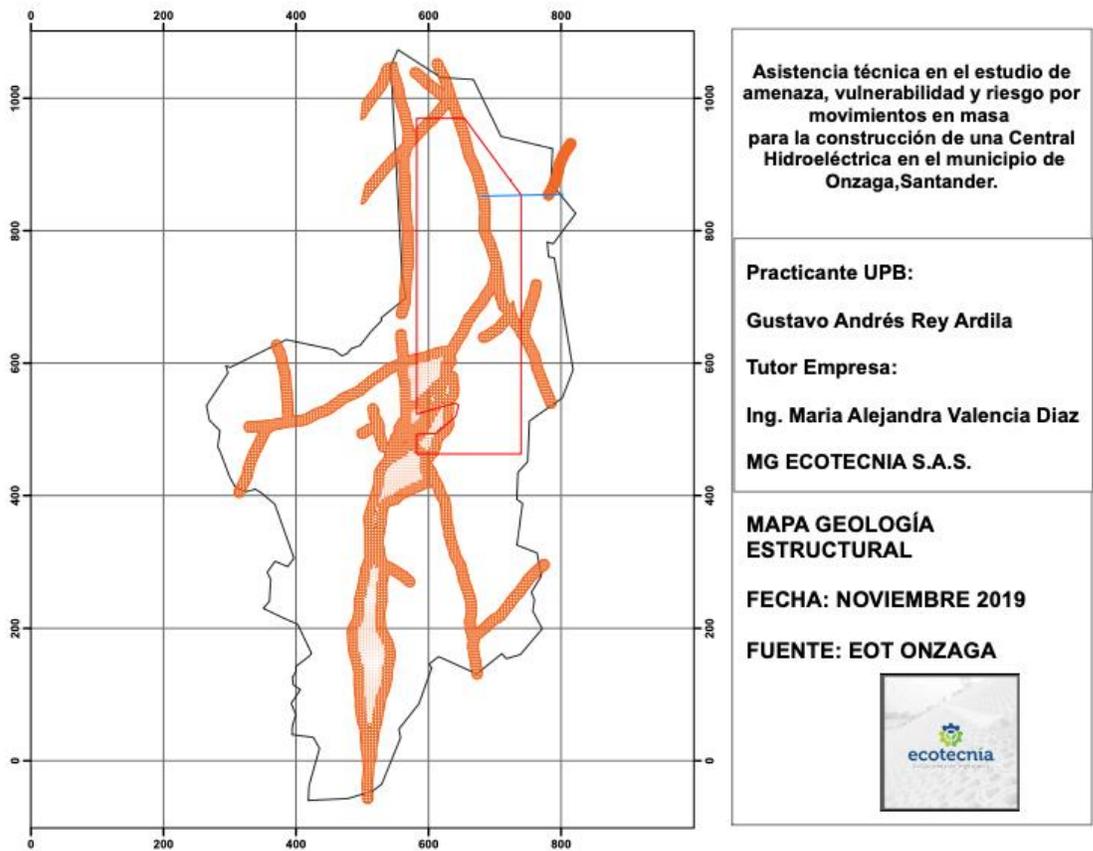


Imagen #23. Mapa fallas geológicas de la zona de estudio – Diseño Propio

5.5. ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS Y MOVIMIENTOS EN MASA

Para facilitar la inspección de las estructuras hidráulicas y los puntos críticos de movimientos en masa, se crearon formatos que contengan todos los posibles eventos dentro de la zona de estudio.

En los formatos de las estructuras hidráulicas se enfatizó el tipo de estructura, funcionamiento, estado, tipo de material y dimensiones. En los de los movimientos en masa se tuvo en cuenta la clasificación del movimiento, tipo de material, tipo de erosión, humedad, cobertura del suelo, origen del suelo y su vulnerabilidad. Cabe anotar que se deja un espacio al registro fotográfico y a una descripción o anotación por parte del trabajador en campo.



INVENTARIO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

LOCALIZACION	LOCALIZACION ESPECIFICA	PROPIETARIOS
<input type="text"/>	NORTE: <input type="text"/>	<input type="text"/>
FECHA VISITA DD/MM/AA	ESTE: <input type="text"/>	
FECHA REPORTE DD/MM/AA	ALTURA: <input type="text"/>	

REGISTRO FOTOGRAFICO

CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA HIDRÁULICA			
TIPO DE LA ESTRUCTURA	EN FUNCIONAMIENTO	ESTADO	
Bocatoma <input type="text"/>	SI <input type="text"/>	Bueno <input type="text"/>	
Desarenadores <input type="text"/>	NO <input type="text"/>	Regular <input type="text"/>	
Acueductos Veredales <input type="text"/>		Malo <input type="text"/>	
Otros: _____			
MATERIAL	DIMENSIONES		
Mamposteria <input type="text"/>	Ancho (m) <input type="text"/>		
Concreto reforzado <input type="text"/>	Largo (m) <input type="text"/>		
Tierra Armada <input type="text"/>	Alto (m) <input type="text"/>		
Otro: _____			

DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

TABLA #14 – FORMATO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS – MG ECOTECNIA S.A.S.



INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA

LOCALIZACION	LOCALIZACION ESPECIFICA	PRIORIDAD
	NORTE:	ALTA
FECHA VISITA DD/MM/AA	ESTE:	MEDIA
	ALTURA:	BAJA
FECHA REPORTE DD/MM/AA		

REGISTRO FOTOGRAFICO

ACTIVIDAD DEL MOV/ESTADO	CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO	TIPO DE MATERIAL
Activo Reactivado Suspendido Inactivo Latente Inactivo Abandonado Inactivo Estabilizado	TIPO DE MOVIMIENTOS Caído Volcamiento Deslizamiento Flujo Propagación Lateral Reptación	Roca Detritos Suelo Lodos Turba

TIPO DE EROSIÓN	HUMEDAD
SUPERFICIAL Surcos Hondonadas Laminar Cárcavas No evidencia	SUBSUPERFICIAL Cavernas Tubificación ORIGEN Origen antrópico

COBERTURA DEL SUELO	ORIGEN DEL SUELO	VULNERABILIDAD (Castelli et al.,2002)
Herbácea/Matorrales Bosque/selva Pastos Cultivos Construcciones Cuerpo de agua Sin cobertura	Residual Sedimentario Coluvial Volcánico Aluvial Roca	Física Social Económica Ambiental Valoración Clasificación

NOTAS

TABLA #15 – FORMATO DE MOVIMIENTOS EN MASA – MG ECOTECNIA S.A.S.

5.6. PUNTUACIÓN PARÁMETROS

Los parámetros intrínsecos hacen referencia a las características físicas del terreno y los de disparo son externos, es decir, su acción genera consecuencias sobre el relieve. Teniendo en cuenta lo anterior, se diseñó un formato que tiene como objetivo el registro total de las características de la zona con su respectiva puntuación del nivel de amenaza, el cual describe detalladamente la geología, la geomorfología, la pendiente, la cobertura vegetal, la precipitación y las fallas geológicas.

TABLA #16 - FORMATO DE SUSCEPTIBILIDAD Y PUNTUACIONES – PROPIA

FORMATO DE SUSCEPTIBILIDAD			
LUGAR:		COORDENADAS:	
FECHA:		PERSONAS AFECTADAS:	
PUNTUACIONES			
CATEGORÍA		GRADO	
1		Muy baja susceptibilidad	
2		Baja susceptibilidad	
3		Media susceptibilidad	
4		Alta susceptibilidad	
5		Muy alta susceptibilidad	
PARÁMETROS INTRÍNECOS			
1. GEOLOGÍA			
EQUIVALENTE GEOLÓGICO	GEOFORMA ASOCIADA	PUNTUACIÓN	
2. GEOMORFOLOGÍA			
TIPO DE RELIEVE	LITOLOGÍA	PAISAJE	PUNTUACIÓN
3. PENDIENTES (°)			
RANGO	DESCRIPCIÓN	SUSCEPTIBILIDAD	PUNTUACIÓN
0 - 7	PLANA	MUY BAJA	1
7 - 11	INCLINADA	BAJA	2
11 - 19	MUY INCLINADA	MEDIA	3
19 - 40	ABRUPTA	ALTA	4
40 - 86	ESCARPADA	MUY ALTA	5
4. COBERTURA VEGETAL			
TIPO DE COBERTURA	SUSCEPTIBILIDAD	PUNTUACIÓN	
PARÁMETROS DE DISPARO			
5. PRECIPITACIÓN (MM)			
RANGO	DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN	
6. FALLAS GEOLÓGICAS (KM)			
PROXIMIDAD AL TRAZO	SUSCEPTIBILIDAD	PUNTUACIÓN	
3 - 5	BAJA	1	
1 - 3	MEDIA	3	
0 - 1	ALTA	5	

6. CONCLUSIONES

1. La zona de estudio es altamente vulnerable a los agentes detonantes, en especial en los meses del año con mayores índices de lluvias. Su geología, geomorfología y litografía caracterizada, hacen que el recorrido del río se vea constantemente afectado por posibles desbordamientos o taponamientos que ponen en riesgo las carreteras veredales, viviendas y la posible captación de la central hidroeléctrica. Sin embargo, los puntos mas peligrosos son localizables y las estructuras de contención mitigarían los movimientos en masa.
2. La construcción de viviendas y vías paralelas a los ríos y valles, han presentado complicaciones con grandes movimientos en masa a lo largo de la historia. El departamento de Santander por su geología no ha sido la excepción y ha presentado deslizamientos como consecuencia de agentes detonantes como los sismos, las lluvias y las pendientes pronunciadas. La falta de cobertura vegetal por intervención humana es un factor que ha ayudado a producir estos eventos, siendo esta la manera más económica y efectiva de prevención.
3. Las estructuras hidráulicas encontradas en la zona carecen de un diseño ingenieril adecuado para brindar calidad, por ende, su almacenamiento, uso y distribución no tiene compatibilidad con las obras de la central hidroeléctrica. A pesar de su elaboración rustica, un aproximado de 80 viviendas en la vereda Cortaderas son abastecidas con el insumo contaminado, albergando huevos de zancudos, renacuajos y creando un ambiente propicio para las bacterias, además del estiércol que es lanzado a las fuentes de captación. En la Vereda Tierra Azul, paralela al río Onzaga, su uso es más antiguo, ya que mediante mangueras llenan pozos para abastecer el agua diaria de las fincas.
4. Los movimientos en masa del sector presentan similitudes en su tipología, material que transportan, tipos de erosión, humedad y porcentaje de cobertura vegetal, además, su cercanía al río también debe ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar las estructuras de contención correspondientes, las cuales deben ser resistentes a los altos índices de erosión del sector y ser de un costo de mantenimiento bajo, debido al difícil acceso en algunos puntos críticos.
5. En la zona de estudio predominan las pendientes bajas y medias, esto conlleva que como factor intrínseco se le asigna un valor bajo de susceptibilidad y amenaza. Sin embargo, a la hora de la construcción de mega obras es una ventaja, debido a que esto hace mas fácil el trazo de rutas, transporte de materiales, acceso de vehículos de varios ejes, ubicación de campamentos, entre otros.
6. El análisis sísmico e hidrológico de la zona de estudio permitió concluir que la ubicación de la falla Bucaramanga y Onzaga siguen los lineamientos de los contactos

litológicos, además en parte de su extensión es paralela a la quebrada Siachía, circunstancias que teniendo en cuenta los antecedentes históricos, amenazan con represar las fuentes hídricas del sector o la futura captación de la central hidroeléctrica.

7. El método de Mora – Vahrson utiliza los mapas para dar una visión de los desequilibrios existentes entre los indicadores morfo dinámicos, causantes de fuerzas que pueden alterar la estabilidad de grandes volúmenes de tierra produciendo deslizamientos. No obstante, esta investigación nunca reemplazara los estudios geotécnicos de campo y laboratorio, pero si nos permite abordar a escala los lugares mas susceptibles a estos eventos dentro del área de la zona estudiada.
8. Durante el desarrollo del proyecto fue clave la asignación de actividades y la comunicación entre equipos, debido a la variedad de tareas que se realizaron en un área de estudio con una extensión tan grande. La destacada selección de personal, las herramientas de alta tecnología y las reuniones semanales de todas las ramas implicadas en el estudio, mantuvieron al tanto a los trabajadores de los retos que se presentaban continuamente.
9. Teniendo en cuenta el mapa de pendientes se concluye que en la zona predominan las partes planas e inclinadas, es decir, un grado de susceptibilidad medio y en el mapa de fallas geológicas, dentro de la zona se presenta un lineamiento con ramificaciones, por ende, su grado de susceptibilidad es alto. Cabe resaltar que esta zona presenta conflictos con el uso del suelo y es propensa a deslizamientos.

ANEXOS

- Los anexos A & B fueron investigaciones plasmadas en hojas electrónicas y el anexo C es el proceso de cálculo de las curvas IDF, desarrollados por el auxiliar técnico en ingeniería.
- El anexo D & E son las fichas técnicas de los informes de eventos históricos de movimientos en masa, resumen a cargo del auxiliar técnico en ingeniería y requeridos como soportes en el informe final del proyecto por parte de MG ECOTECNIA S.A.S.
- El anexo F es el mapa geológico de Onzaga, en 1996. Mapa presente en el informe técnico de la unidad operativa de Ingeniería Geo ambiental de Bucaramanga.
- El anexo G, H, I Y J son mapas de Onzaga del 2002 que hacen parte del EOT del municipio.

ANEXO A

REGISTRO SISMOS SANTANDER, NORTE DE SANTANDER Y BOYACÁ EN EL 2019

GUSTAVO ANDRÉS REY ARDILA - PRACTICANTE DE INGENIERÍA CIVIL UPB											
DOCUMENTACIÓN DE SISMOS EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER, NORTE DE SANTANDER Y BOYACÁ DEL 24 DE MAYO AL 06 DE JUNIO DEL 2019											
FECHA	HORA UTC	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD	MAGNITUD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	REGISTRO FOTOGRAFICO	ESTADO	TABLA 2.0	
										AMENAZA POR CERCANÍA A LA "LA ZONA"	
6/06/19	13:40	6.79°	-73.6°	141	2.3	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL	AMARILLO	121 - 300 KMS DE DISTANCIA
6/06/19	9:32	6.78°	-73.15°	147	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL	NARANJA	61 - 120 KMS DE DISTANCIA
6/06/19	5:46	6.83°	-73.16°	145	2.6	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL	ROJA	0 - 60 KMS DE DISTANCIA
5/06/19	22:46	6.81°	-73.12°	150	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
5/06/19	22:05	6.77°	-73.08°	150	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
5/06/19	19:42	6.78°	-73.09°	150	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
5/06/19	19:04	6.81°	-73.12°	155	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
5/06/19	17:31	5.65°	-73.99°	111	2.2	BOYACÁ	PAUNA	NO	MANUAL		
5/06/19	4:32	6.79°	-73.15°	140	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
6/06/19	8:52	5.92°	-73.56°	127	2.0	BOYACÁ	MONQUIRÁ	NO	MANUAL		
5/06/19	10:15	6.75°	-73.14°	150	2.3	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
5/06/19	5:16	6.83°	-73.16°	142	2.4	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
5/06/19	3:00	6.84°	-73.28°	118	2.0	SANTANDER	ZAPATOCA	NO	MANUAL		
4/06/19	22:56	6.83°	-73.13°	140	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
4/06/19	22:04	6.82°	-73.12°	143	3.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
4/06/19	20:42	6.83°	-73.16°	148	3.3	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
4/06/19	18:51	6.81°	-73.07°	148	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
4/06/19	17:26	6.76°	-73.15°	147	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
4/06/19	16:55	6.77°	-73.14°	148	2.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
4/06/19	14:47	6.78°	-73.15°	145	2.5	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
4/06/19	14:37	6.83°	-73.14°	129	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
4/06/19	4:51	6.81°	-73.17°	147	2.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
4/06/19	4:16	6.77°	-73.16°	146	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
4/06/19	2:00	6.8°	-73.14°	143	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
4/06/19	1:07	6.84°	-73.19°	147	2.0	SANTANDER	ZAPATOCA	NO	MANUAL		
3/06/19	23:02	6.77°	-73.12°	145	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
3/06/19	22:54	6.88°	-73.14°	151	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
3/06/19	22:44	6.75°	-73.08°	145	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
3/06/19	20:38	6.89°	-73.18°	151	2.0	SANTANDER	GIRÓN	NO	MANUAL		
3/06/19	19:17	7.07°	-72.17°	SUPERFICIAL	3.3	NORTE DE SANTANDER	TOLEDO	NO	MANUAL		
3/06/19	16:49	7.08°	-72.19°	SUPERFICIAL	2.8	NORTE DE SANTANDER	TOLEDO	NO	MANUAL		
3/06/19	15:16	4.88°	-73.18°	SUPERFICIAL	2.0	BOYACÁ	SAN LUIS DE GANECO	NO	MANUAL		
3/06/19	14:57	6.83°	-73.17°	146	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
3/06/19	14:52	6.95°	-72.22°	SUPERFICIAL	2.2	BOYACÁ	CUBARÁ	NO	MANUAL		
3/06/19	14:31	6.78°	-73.16°	144	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
3/06/19	11:17	7.06°	-72.16°	SUPERFICIAL	3.2	NORTE DE SANTANDER	TOLEDO	NO	MANUAL		
3/06/19	5:38	6.83°	-73.18°	149	2.0	SANTANDER	ZAPATOCA	NO	MANUAL		
3/06/19	5:04	6.88°	-73.13°	147	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
3/06/19	2:45	6.78°	-73.16°	145	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
2/06/19	20:29	6.05°	-72.46°	SUPERFICIAL	2.2	BOYACÁ	CHITÁ	NO	MANUAL		
2/06/19	16:52	6.77°	-73.16°	145	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
2/06/19	16:39	6.81°	-73.14°	147	2.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
2/06/19	11:45	6.84°	-73.16°	150	2.8	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
2/06/19	11:29	6.83°	-73.14°	150	2.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
2/06/19	7:04	6.78°	-73.11°	146	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
2/06/19	4:39	6.86°	-73.15°	146	3.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
2/06/19	2:42	6.73°	-73.51°	110	2.8	SANTANDER	EL CARMÉN	NO	MANUAL		
2/06/19	2:14	6.85°	-73.16°	146	2.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
2/06/19	0:22	6.85°	-73.13°	146	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
1/06/19	23:07	6.82°	-73.13°	141	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
1/06/19	19:15	6.79°	-73.14°	152	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
1/06/19	17:53	6.79°	-73.18°	146	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
1/06/19	4:04	6.81°	-73.18°	133	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
1/06/19	19:16	6.78°	-73.13°	149	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
1/06/19	17:59	6.8°	-73.13°	146	2.7	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
1/06/19	16:17	5.74°	-73.9°	106	2.1	SANTANDER	ALBANIA	NO	MANUAL		
31/05/19	9:28	7.65°	-73.3°	127	2.0	NORTE DE SANTANDER	LA ESPERANZA	NO	MANUAL		
31/05/19	0:54	6.77°	-73.09°	138	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
30/05/19	15:33	6.78°	-73.14	150	3.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL		
30/05/19	8:06	6.86°	-73.22°	148	2.0	SANTANDER	ZAPATOCA	NO	MANUAL		

30/05/19	6:53	6.83°	-73.12°	153	2.4	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
30/05/19	5:59	6.79°	-73.12°	141	2.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
30/05/19	5:56	6.81°	-73.15°	144	2.4	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
30/05/19	4:45	6.78°	-73.17°	143	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
30/05/19	4:40	6.82°	-73.18°	146	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
30/05/19	4:35	6.79°	-73.18°	141	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
30/05/19	4:17	6.79°	-73.18°	145	2.5	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
30/05/19	1:56	6.78°	-73.13°	146	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
29/05/19	23:08	6.8°	-73.14°	149	3.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
29/05/19	21:46	6.78°	-73.13°	147	2.7	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
29/05/19	20:53	5.95°	-73.77°	114	2.1	SANTANDER	BOLIVAR	NO	MANUAL
29/05/19	20:17	6.8°	-73.12°	149	2.3	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
29/05/19	19:55	6.82°	-73.14°	144	2.4	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
29/05/19	19:17	5.73°	-74.26°	SUPERFICIAL	2.1	BOYACÁ	OTANCHE	NO	MANUAL
29/05/19	12:55	6.76°	-73.13°	143	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
29/05/19	09:40	6.81°	-73.12°	148	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
29/05/19	08:44	6.83°	-73.17°	151	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
29/05/19	03:23	6.82°	-73.17°	146	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
29/05/19	3:00	6.99°	-73.07°	SUPERFICIAL	3.6	SANTANDER	PIEDECUESTA	NO	MANUAL
28/05/19	18:08	6.54°	-73.49°	108	2.4	SANTANDER	EL CARMEN	NO	MANUAL
28/05/19	16:00	6.79°	-73.13°	147	2.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
28/05/19	12:26	6.8°	-73.12°	146	2.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
28/05/19	11:18	6.8°	-73.18°	149	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
28/05/19	8:12	6.82°	-73.19°	149	2.1	SANTANDER	ZAPATOCA	NO	MANUAL
28/05/19	03:09	6.86°	-73.15°	146	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
27/05/19	16:45	6.84°	-73.14°	142	2.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
27/05/19	15:22	6.76°	-73.07°	147	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
27/05/19	14:24	6.16°	-73.76°	99	2.8	SANTANDER	BOLIVAR	NO	MANUAL
27/05/19	11:52	6.82°	-73.13°	145	2.4	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
27/05/19	8:04	6.79°	-73.11°	145	2.3	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
27/05/19	7:22	6.81°	-73.13°	152	2.4	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
27/05/19	4:51	6.83°	-73.12°	142	2.4	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
27/05/19	4:48	6.79°	-73.15°	142	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
27/05/19	4:39	6.82°	-73.14°	149	3.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
27/05/19	3:58	6.81°	-73.19°	142	2.0	SANTANDER	ZAPATOCA	NO	MANUAL
27/05/19	3:47	6.82°	-73.11°	142	2.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
27/05/19	3:32	6.8°	-73.18°	147	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
26/05/19	23:34	6.81°	-73.14°	150	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
26/05/19	23:08	6.79°	-73.09°	147	2.3	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
26/05/19	22:52	6.79°	-73.12°	149	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
26/05/19	18:40	6.83°	-73.14°	145	2.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
26/05/19	16:03	6.85°	-73.15°	145	2.6	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
26/05/19	11:39	6.76°	-73.12°	145	2.4	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
26/05/19	6:51	6.84°	-73.18°	148	2.4	SANTANDER	ZAPATOCA	NO	MANUAL
26/05/19	6:17	5.29°	-73.13°	SUPERFICIAL	2.7	BOYACÁ	ZETAQUIRÁ	NO	MANUAL
26/05/19	6:13	6.86°	-73.13°	150	3.8	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
26/05/19	6:08	5.32°	-73.12°	SUPERFICIAL	2.0	BOYACÁ	ZETAQUIRÁ	NO	MANUAL
26/05/19	5:59	6.81°	-73.15°	144	2.3	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
26/05/19	4:53	6.81°	-73.11°	140	2.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
26/05/19	4:41	6.82°	-73.14°	142	2.6	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
26/05/19	1:31	6.71°	-73.14°	145	2.0	SANTANDER	JORDAN	NO	MANUAL
25/05/19	19:13	6.79°	-73.15°	147	2.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
25/05/19	18:29	6.78°	-73.15°	149	2.8	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
25/05/19	16:31	6.8°	-73.14°	151	3.1	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
25/05/19	14:01	6.79°	-73.13°	138	2.2	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
25/05/19	10:57	6.81°	-73.16°	146	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
25/05/19	10:13	6.81°	-73.12°	145	4.8	SANTANDER	LOS SANTOS	SI	MANUAL
24/05/19	21:55	6.78°	-73.04°	151	2.0	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
24/05/19	19:55	6.79°	-73.17°	150	2.3	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL
24/05/19	7:38	6.8°	-73.13°	149	3.3	SANTANDER	LOS SANTOS	NO	MANUAL

ANEXO B
REGISTRO DE SISMOS DE GRAN MAGNITUD EN LA HISTORIA
DE SANTANDER, NORTE DE SANTANDER Y BOYACÁ

FECHA		HORA UTC	PROFUNDIDAD	MAGNITUD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	REGISTRO FOTOGRAFICO	ESTADO	TABLA 2.0	
día/mes/año	hh:mm	Km	MI						AMENAZA POR CERCANÍA A LA "LA ZONA"	
16/01/1644	5:00	15	6.5	NORTE DE SANTANDER	PAMPLONA	NO	REVISADO	AMARILLO	121 - 300 KMS DE DISTANCIA	
03/04/1646	2:00	15	6	BOYACÁ	MUZO	NO	REVISADO	NARANJA	61 - 120 KMS DE DISTANCIA	
15/02/1796	12:00	15	5.5	NORTE DE SANTANDER	PAMPLONA	NO	REVISADO	ROJA	0 - 60 KMS DE DISTANCIA	
17/06/1826	22:30	15	6.5	BOYACA	ÚMBITA	NO	REVISADO			
18/05/1875	11:15	15	6.8	NORTE DE SANTANDER	CÚCUTA	SI	REVISADO		NOTA: EL MAPA SÍSMICO DE ESTOS EVENTOS SE ENCUENTRA EN EL ARCHIVO DE WORD "DOCUMENTO DE SISMICIDAD HISTÓRICA ÁREA ESTUDIADA.	
1/11/28	11:08	15	5.9	BOYACÁ	CHINAVITA	NO	REVISADO			
8/07/50	21:35	15	6.1	NORTE DE SANTANDER	ARBOLEDAS	SI	REVISADO			
21/04/57	16:12	120	6.6	SANTANDER	MÁLAGA	NO	REVISADO			
16/06/61	5:33	114	6.5	NORTE DE SANTANDER	OCAÑA	NO	REVISADO		NOTA: LA PROFUNDIDAD SUPERFICIAL HACE REFERENCIA A QUE ES MENOR DE 30 KM.	
29/07/67	5:24	161	6.8	SANTANDER	BETULIA	NO	REVISADO			
30/08/73	13:25	180	6.3	NORTE DE SANTANDER	CONVENCIÓN	NO	REVISADO			
19/04/74	20:19	25	4.8	SANTANDER	GUACA	NO	REVISADO			
17/10/81	23:35	30	5.9	NORTE DE SANTANDER	CÚCUTA	SI	REVISADO		CONCLUSIÓN: HISTÓRICAMENTE NOS ENCONTRAMOS EN UN SECTOR VULNERABLE A SISMOS, EL SIGLO ANTERIOR Y EL PRESENTE HAN TENIDO PRECEDENTES DE GRAN MAGNITUD A TENER EN CUENTA.	
10/03/15	15:55	158	6.3	SANTANDER	LOS SANTOS	SI	REVISADO			

ANEXO C
ANÁLISIS HIDROLÓGICO Y CURVAS IDF

La información hidrológica recolectada de la estación muestra los siguientes datos:

Se analizó la precipitación Máxima en 24 horas entre los años 2000 y 2019, se presenta el histórico de precipitación máxima y media mensual multianual en 24 horas en los últimos 3 años y el histórico general. Los valores de precipitación máxima y media mensual multianual en 24 horas, se muestran a continuación:

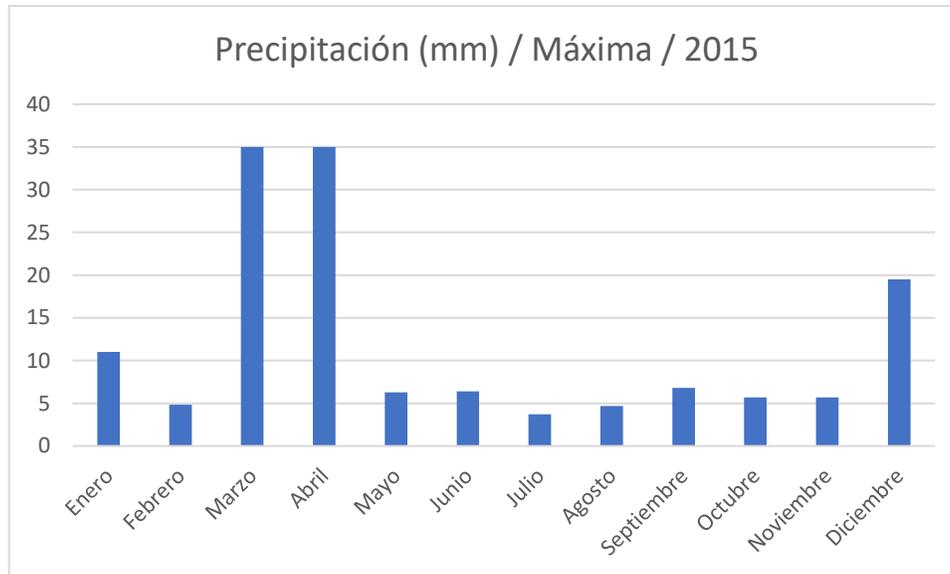
- Estación San Joaquín, Santander

Tabla. Precipitación media y máxima, Análisis histórico (2015).

Mes	P máx. en 24 h
	Máx.
Enero	11
Febrero	4,82
Marzo	35
Abril	35
Mayo	6,3
Junio	6,4
Julio	3,7
Agosto	4,7
Septiembre	6,8
Octubre	5,7
Noviembre	5,7
Diciembre	19,5

Fuente: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales.

Figura. Precipitación máxima en 24 horas, valores multianuales



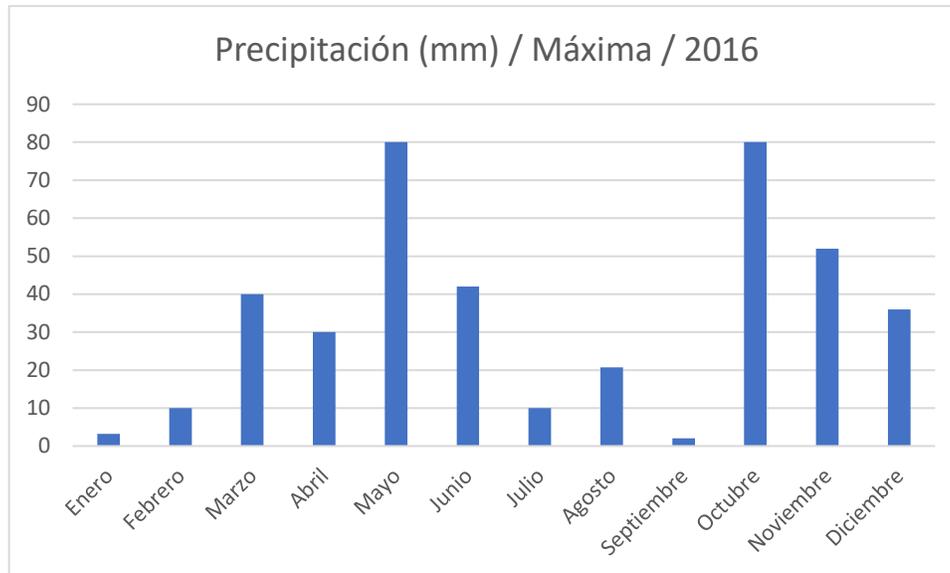
Fuente: Geotecnia S.A.S

Tabla . Precipitación media, Análisis histórico (2016).

Mes	P máx. en 24 h
	Máx.
Enero	3,2
Febrero	10
Marzo	40
Abril	30
Mayo	80
Junio	42
Julio	10
Agosto	20,7
Septiembre	2
Octubre	80
Noviembre	52
Diciembre	36

Fuente: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales.

Figura. Precipitación máxima en 24 horas, valores multianuales



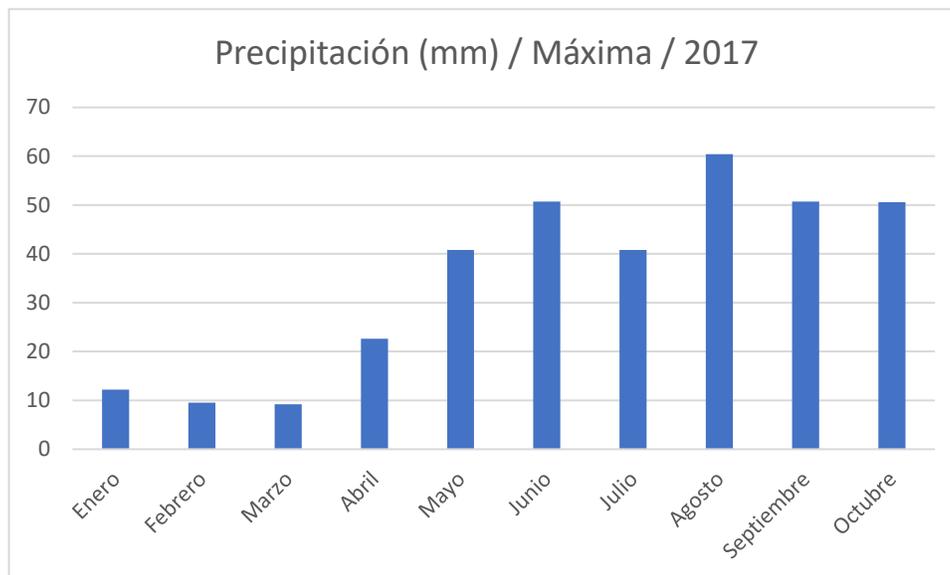
Fuente: MG Geotecnia S.A.S

Tabla . Precipitación máxima, Análisis histórico (2017).

Mes	P máx. en 24 h
	Máx.
Enero	12,2
Febrero	9,5
Marzo	9,2
Abril	22,6
Mayo	40,8
Junio	50,7
Julio	40,8
Agosto	60,4
Septiembre	50,7
Octubre	50,6

Fuente: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales.

Figura . Precipitación máxima en 24 horas, valores multianuales



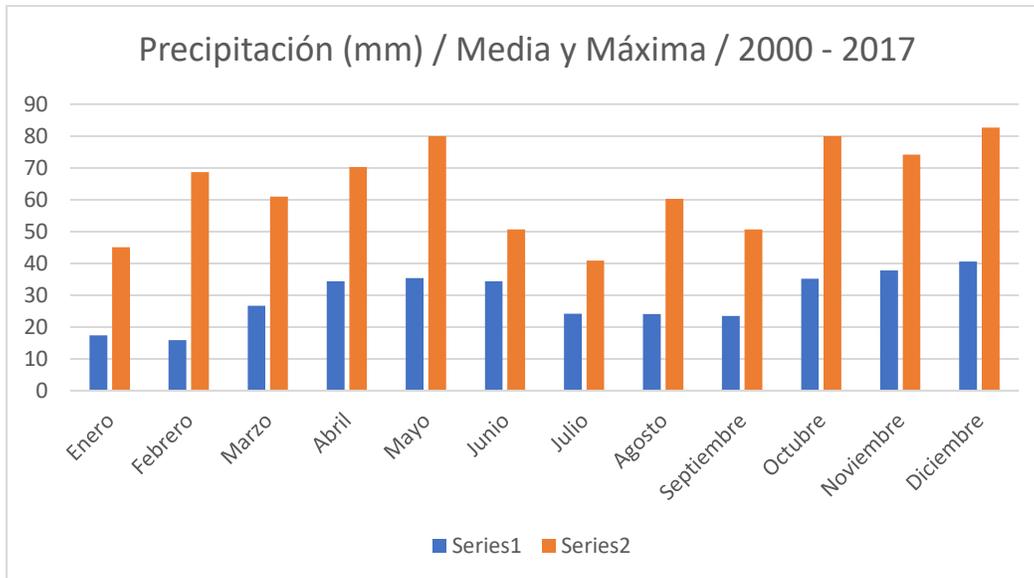
Fuente: MG Geotecnia S.A.S

Tabla . Precipitación media y máxima, Análisis histórico (2000-2017).

Mes	P máx. en 24 h	
	Med.	Máx.
Enero	17,42	45,1
Febrero	15,87	68,7
Marzo	26,64	61
Abril	34,34	70,3
Mayo	35,36	80
Junio	34,38	50,7
Julio	24,16	40,9
Agosto	24,09	60,3
Septiembre	23,48	50,7
Octubre	35,17	80
Noviembre	37,73	74,2
Diciembre	40,61	82,7

Fuente: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales.

Figura 20 . Precipitación media y máxima en 24 horas, valores multianuales



Fuente: MG Geotecnia S.A.S

Análisis de Intensidad

Se lleva a cabo el cálculo de la intensidad utilizando los valores máximos de precipitación de la estación de San Joaquin.

Resultado del procesamiento de los datos a través de un análisis probabilístico, que relaciona la intensidad, duración y el periodo de retorno, SG. Bernard.

$$I = \frac{a * T^b}{t^c}$$

- I = Intensidad (mm/hr)
- t = Duración de la lluvia (min)
- T = Período de retorno (años)
- a,b,c = Parámetros de ajuste

Regresiones Lineales

<i>Resumen de aplicación de regresión potencial</i>		
Periodo de Retorno (años)	Término cte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]
2	260,17974574254	-0,61638608809
5	300,02829660986	-0,61638608809

10	326,41150462084	-0,61638608809
25	392,59194981859	-0,63362500463
50	384,47675305477	-0,61638608809
100	409,02414582384	-0,61638608809
500	465,74942316251	-0,61638608809
Promedio =	362,63740269042	-0,61884879045

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	260,1797	0,6931	5,5614	3,8548	0,4805
2	5	300,0283	1,6094	5,7039	9,1800	2,5903
3	10	326,4115	2,3026	5,7882	13,3277	5,3019
4	25	392,5919	3,2189	5,9728	19,2256	10,3612
5	50	384,4768	3,9120	5,9519	23,2839	15,3039
6	100	409,0241	4,6052	6,0138	27,6945	21,2076
7	500	465,7494	6,2146	6,1436	38,1804	38,6214
7	692	2538,4618	22,5558	41,1355	134,7469	93,8667
Ln (K) = 5,5423		K = 255,2540		m = 0,1037		

Termino constante de regresión (K) = 255,2540

Coef. de regresión (m) = 0,1037

Finalmente se obtiene la ecuación de intensidad representativa de la subcuenca estudiada.

$$I = \frac{255.2540 * T^{0.103728}}{0.61885}$$

t

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

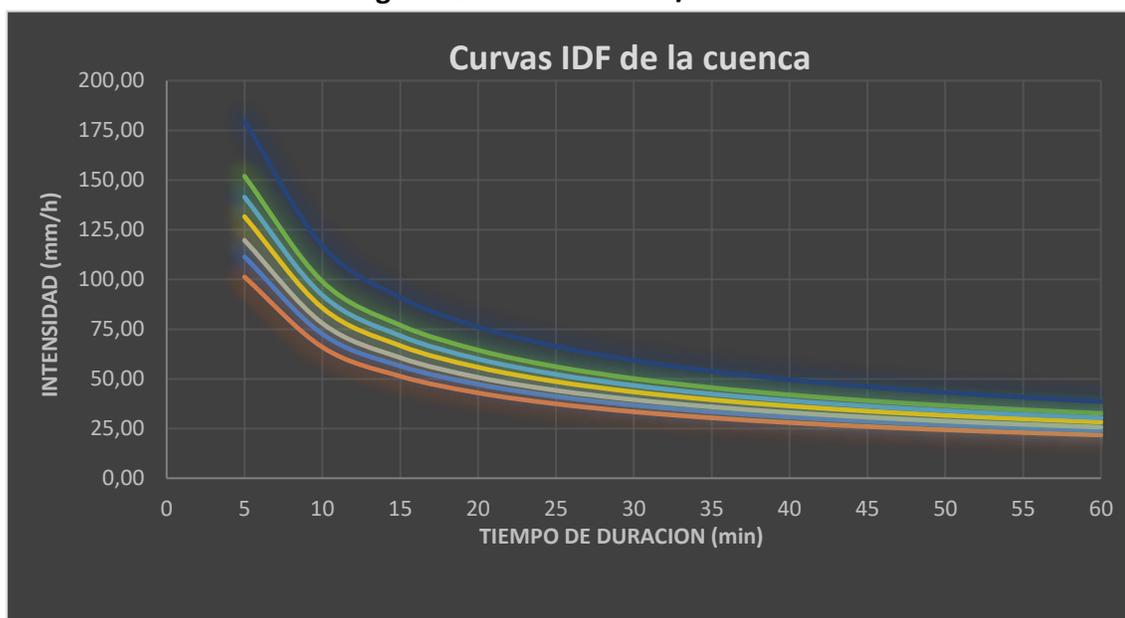
Tabla . Intensidad en mm

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60

2	101,31	65,97	51,33	42,96	37,42	33,43	30,38	27,97	26,01	24,37	22,97	21,77
5	111,41	72,55	56,45	47,24	41,15	36,76	33,41	30,76	28,60	26,80	25,26	23,94
10	119,71	77,96	60,66	50,76	44,22	39,50	35,91	33,06	30,73	28,79	27,14	25,72
25	131,65	85,73	66,70	55,83	48,63	43,44	39,49	36,35	33,80	31,66	29,85	28,29
50	141,46	92,12	71,68	59,99	52,25	46,68	42,43	39,06	36,32	34,02	32,08	30,39
100	152,01	98,99	77,02	64,46	56,15	50,15	45,59	41,98	39,02	36,56	34,47	32,66
500	179,63	116,97	91,01	76,17	66,35	59,27	53,87	49,60	46,12	43,20	40,73	38,59

Fuente: Geotecnia S.A.S

Figura. Curva IDF en mm/hr



Fuente: Geotecnia S.A.S

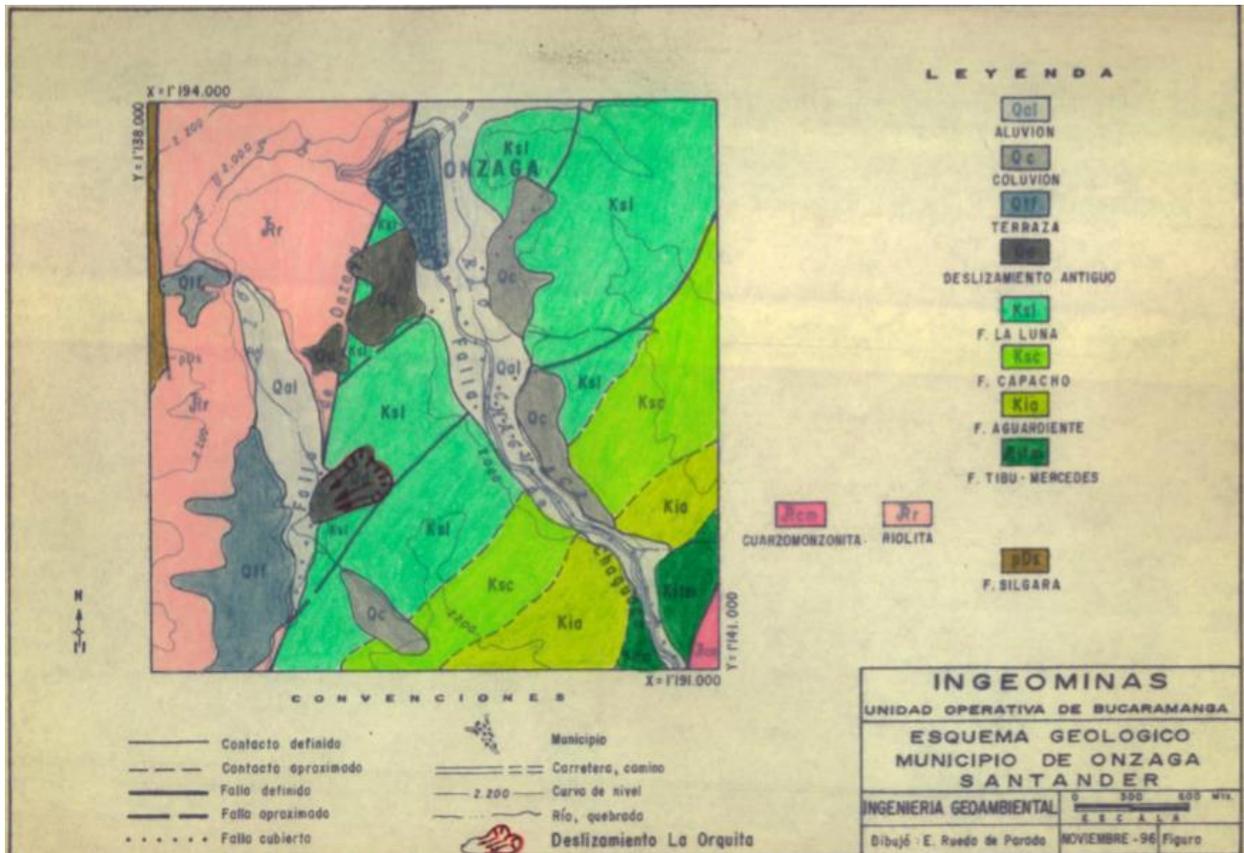
ANEXO D
FICHA TÉCNICA DE MOVIMIENTO EN MASA EN COROMORO, SANTANDER.

Id Proyecto de Gestión	110030101000002371000000000
Fecha Revisión del Evento	11/05/1999
Localización Geográfica	Sector Vereda Zuñiga y Loma de Mula en Coromoro, Santander.
Coordenadas Geográficas	Oeste: -73.0499 Este: -73.03200 Sur: 6.28700 Norte: 6.30200
Distancia al sitio de Estudio	3 vías de acceso a la cabecera municipal Sectores Punteral y Gordural: Nororiente Sector Vereda Zuñiga: Suroriente (2KM) Sector Loma de Mula: Suroriente
Tipo de Movimiento	Deslizamiento Traslacional de Detritos
Detalles	Deslizamiento antiguo complejo cubierto en un 70% por capa vegetal/ Ancho de 500m y longitud de 300m / Su corona de deslizamiento esta conformado por areniscas y conglomerados, su parte media y baja por metadolitos y metareniscas, embebido en una matriz areno-arcillosa / socavación en un sector de 150m a causa del Rio /

ANEXO E
FICHA TÉCNICA DE MOVIMIENTO EN MASA EN ONZAGA, SANTANDER.

Id Proyecto de Gestión	110030101000019118000000000
Fecha del evento:	31/10/1996
Localización Geográfica:	Vereda Tinativa - Municipio de Onzaga, Santander.
Latitud	6° 19'59.74"
Longitud	72°50'59.97"
Distancia al sitio de Estudio	173km de Bucaramanga y 80km de Sangil.
Tipo De Movimiento	Deslizamiento
Detalles	Deslizamientos de grandes proporciones en el sitio de la Orquita; Vereda Tinavita, en las laderas aledañas a la quebrada Susa, municipio de Onzaga / Derrumbe en la banca de la carretera que comunica con el municipio de Belén y otras poblaciones del departamento / Desvío lateral en el cauce natural de la quebrada que afecto una vivienda.

ANEXO F
MAPA GEOLÓGICO DE ONZAGA, SANTANDER EN 1996 - INGEOMINAS

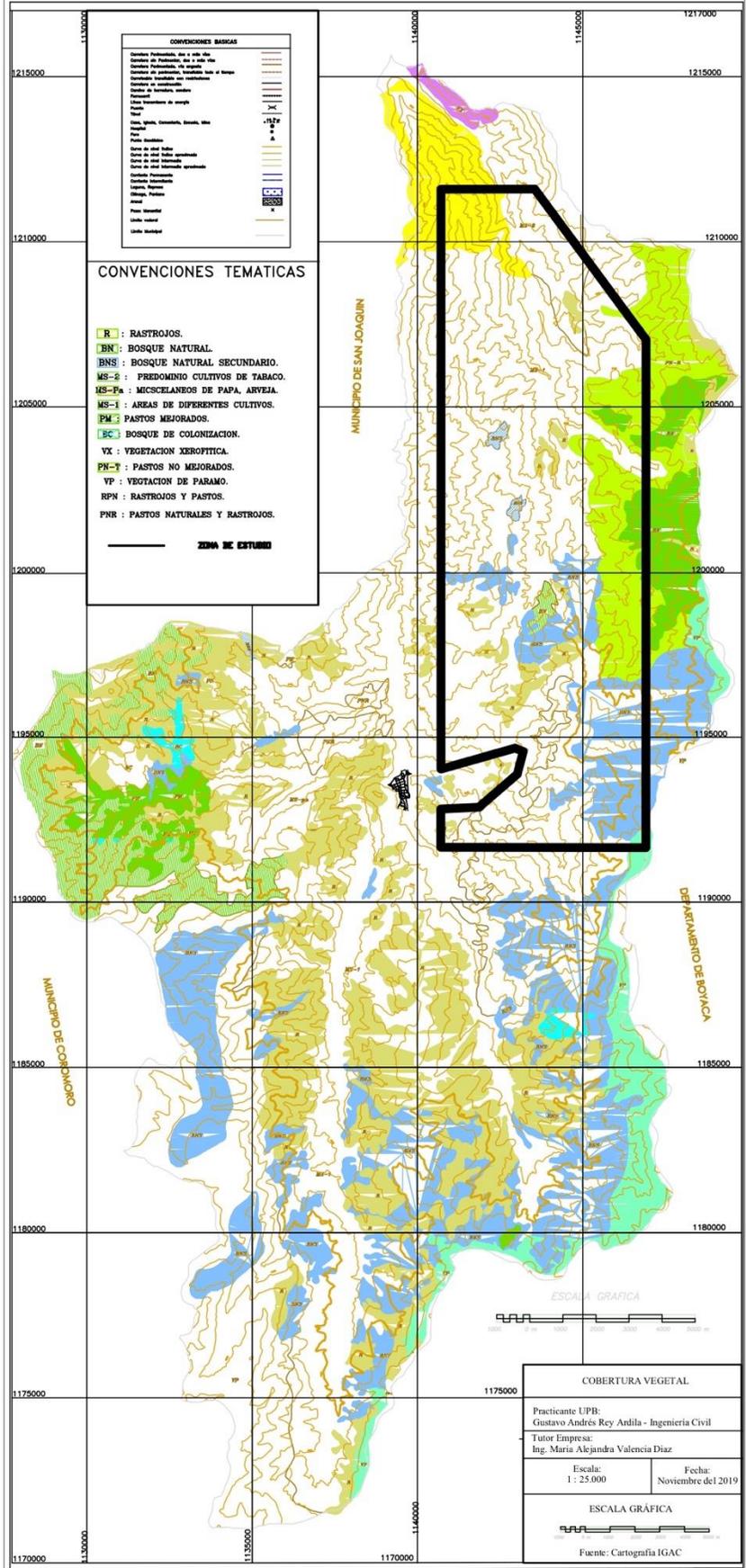


ANEXO G
MAPA GEOLÓGICO DE ONZAGA – EOT 2002

ANEXO H
MAPA GEOMORFOLÓGICO DE ONZAGA – EOT 2002

ANEXO I
MAPA COBERTURA VEGETAL DE ONZAGA – EOT 2002

ASISTENCIA TÉCNICA EN EL ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CENTRAL HIDROELECTRICA EN EL MUNICIPIO DE ONZAGA, SANTANDER.



CONVENCIONES BÁSICAS

Contorno	---
Contorno de 10 metros	---
Contorno de 20 metros	---
Contorno de 30 metros	---
Contorno de 40 metros	---
Contorno de 50 metros	---
Contorno de 60 metros	---
Contorno de 70 metros	---
Contorno de 80 metros	---
Contorno de 90 metros	---
Contorno de 100 metros	---
Contorno de 110 metros	---
Contorno de 120 metros	---
Contorno de 130 metros	---
Contorno de 140 metros	---
Contorno de 150 metros	---
Contorno de 160 metros	---
Contorno de 170 metros	---
Contorno de 180 metros	---
Contorno de 190 metros	---
Contorno de 200 metros	---
Contorno de 210 metros	---
Contorno de 220 metros	---
Contorno de 230 metros	---
Contorno de 240 metros	---
Contorno de 250 metros	---
Contorno de 260 metros	---
Contorno de 270 metros	---
Contorno de 280 metros	---
Contorno de 290 metros	---
Contorno de 300 metros	---
Contorno de 310 metros	---
Contorno de 320 metros	---
Contorno de 330 metros	---
Contorno de 340 metros	---
Contorno de 350 metros	---
Contorno de 360 metros	---
Contorno de 370 metros	---
Contorno de 380 metros	---
Contorno de 390 metros	---
Contorno de 400 metros	---
Contorno de 410 metros	---
Contorno de 420 metros	---
Contorno de 430 metros	---
Contorno de 440 metros	---
Contorno de 450 metros	---
Contorno de 460 metros	---
Contorno de 470 metros	---
Contorno de 480 metros	---
Contorno de 490 metros	---
Contorno de 500 metros	---
Contorno de 510 metros	---
Contorno de 520 metros	---
Contorno de 530 metros	---
Contorno de 540 metros	---
Contorno de 550 metros	---
Contorno de 560 metros	---
Contorno de 570 metros	---
Contorno de 580 metros	---
Contorno de 590 metros	---
Contorno de 600 metros	---
Contorno de 610 metros	---
Contorno de 620 metros	---
Contorno de 630 metros	---
Contorno de 640 metros	---
Contorno de 650 metros	---
Contorno de 660 metros	---
Contorno de 670 metros	---
Contorno de 680 metros	---
Contorno de 690 metros	---
Contorno de 700 metros	---
Contorno de 710 metros	---
Contorno de 720 metros	---
Contorno de 730 metros	---
Contorno de 740 metros	---
Contorno de 750 metros	---
Contorno de 760 metros	---
Contorno de 770 metros	---
Contorno de 780 metros	---
Contorno de 790 metros	---
Contorno de 800 metros	---
Contorno de 810 metros	---
Contorno de 820 metros	---
Contorno de 830 metros	---
Contorno de 840 metros	---
Contorno de 850 metros	---
Contorno de 860 metros	---
Contorno de 870 metros	---
Contorno de 880 metros	---
Contorno de 890 metros	---
Contorno de 900 metros	---
Contorno de 910 metros	---
Contorno de 920 metros	---
Contorno de 930 metros	---
Contorno de 940 metros	---
Contorno de 950 metros	---
Contorno de 960 metros	---
Contorno de 970 metros	---
Contorno de 980 metros	---
Contorno de 990 metros	---
Contorno de 1000 metros	---
Contorno de 1010 metros	---
Contorno de 1020 metros	---
Contorno de 1030 metros	---
Contorno de 1040 metros	---
Contorno de 1050 metros	---
Contorno de 1060 metros	---
Contorno de 1070 metros	---
Contorno de 1080 metros	---
Contorno de 1090 metros	---
Contorno de 1100 metros	---
Contorno de 1110 metros	---
Contorno de 1120 metros	---
Contorno de 1130 metros	---
Contorno de 1140 metros	---
Contorno de 1150 metros	---
Contorno de 1160 metros	---
Contorno de 1170 metros	---
Contorno de 1180 metros	---
Contorno de 1190 metros	---
Contorno de 1200 metros	---
Contorno de 1210 metros	---
Contorno de 1220 metros	---
Contorno de 1230 metros	---
Contorno de 1240 metros	---
Contorno de 1250 metros	---
Contorno de 1260 metros	---
Contorno de 1270 metros	---
Contorno de 1280 metros	---
Contorno de 1290 metros	---
Contorno de 1300 metros	---
Contorno de 1310 metros	---
Contorno de 1320 metros	---
Contorno de 1330 metros	---
Contorno de 1340 metros	---
Contorno de 1350 metros	---
Contorno de 1360 metros	---
Contorno de 1370 metros	---
Contorno de 1380 metros	---
Contorno de 1390 metros	---
Contorno de 1400 metros	---
Contorno de 1410 metros	---
Contorno de 1420 metros	---
Contorno de 1430 metros	---
Contorno de 1440 metros	---
Contorno de 1450 metros	---
Contorno de 1460 metros	---
Contorno de 1470 metros	---
Contorno de 1480 metros	---
Contorno de 1490 metros	---
Contorno de 1500 metros	---
Contorno de 1510 metros	---
Contorno de 1520 metros	---
Contorno de 1530 metros	---
Contorno de 1540 metros	---
Contorno de 1550 metros	---
Contorno de 1560 metros	---
Contorno de 1570 metros	---
Contorno de 1580 metros	---
Contorno de 1590 metros	---
Contorno de 1600 metros	---
Contorno de 1610 metros	---
Contorno de 1620 metros	---
Contorno de 1630 metros	---
Contorno de 1640 metros	---
Contorno de 1650 metros	---
Contorno de 1660 metros	---
Contorno de 1670 metros	---
Contorno de 1680 metros	---
Contorno de 1690 metros	---
Contorno de 1700 metros	---
Contorno de 1710 metros	---
Contorno de 1720 metros	---
Contorno de 1730 metros	---
Contorno de 1740 metros	---
Contorno de 1750 metros	---
Contorno de 1760 metros	---
Contorno de 1770 metros	---
Contorno de 1780 metros	---
Contorno de 1790 metros	---
Contorno de 1800 metros	---
Contorno de 1810 metros	---
Contorno de 1820 metros	---
Contorno de 1830 metros	---
Contorno de 1840 metros	---
Contorno de 1850 metros	---
Contorno de 1860 metros	---
Contorno de 1870 metros	---
Contorno de 1880 metros	---
Contorno de 1890 metros	---
Contorno de 1900 metros	---
Contorno de 1910 metros	---
Contorno de 1920 metros	---
Contorno de 1930 metros	---
Contorno de 1940 metros	---
Contorno de 1950 metros	---
Contorno de 1960 metros	---
Contorno de 1970 metros	---
Contorno de 1980 metros	---
Contorno de 1990 metros	---
Contorno de 2000 metros	---
Contorno de 2010 metros	---
Contorno de 2020 metros	---
Contorno de 2030 metros	---
Contorno de 2040 metros	---
Contorno de 2050 metros	---
Contorno de 2060 metros	---
Contorno de 2070 metros	---
Contorno de 2080 metros	---
Contorno de 2090 metros	---
Contorno de 2100 metros	---
Contorno de 2110 metros	---
Contorno de 2120 metros	---
Contorno de 2130 metros	---
Contorno de 2140 metros	---
Contorno de 2150 metros	---
Contorno de 2160 metros	---
Contorno de 2170 metros	---
Contorno de 2180 metros	---
Contorno de 2190 metros	---
Contorno de 2200 metros	---
Contorno de 2210 metros	---
Contorno de 2220 metros	---
Contorno de 2230 metros	---
Contorno de 2240 metros	---
Contorno de 2250 metros	---
Contorno de 2260 metros	---
Contorno de 2270 metros	---
Contorno de 2280 metros	---
Contorno de 2290 metros	---
Contorno de 2300 metros	---
Contorno de 2310 metros	---
Contorno de 2320 metros	---
Contorno de 2330 metros	---
Contorno de 2340 metros	---
Contorno de 2350 metros	---
Contorno de 2360 metros	---
Contorno de 2370 metros	---
Contorno de 2380 metros	---
Contorno de 2390 metros	---
Contorno de 2400 metros	---
Contorno de 2410 metros	---
Contorno de 2420 metros	---
Contorno de 2430 metros	---
Contorno de 2440 metros	---
Contorno de 2450 metros	---
Contorno de 2460 metros	---
Contorno de 2470 metros	---
Contorno de 2480 metros	---
Contorno de 2490 metros	---
Contorno de 2500 metros	---
Contorno de 2510 metros	---
Contorno de 2520 metros	---
Contorno de 2530 metros	---
Contorno de 2540 metros	---
Contorno de 2550 metros	---
Contorno de 2560 metros	---
Contorno de 2570 metros	---
Contorno de 2580 metros	---
Contorno de 2590 metros	---
Contorno de 2600 metros	---
Contorno de 2610 metros	---
Contorno de 2620 metros	---
Contorno de 2630 metros	---
Contorno de 2640 metros	---
Contorno de 2650 metros	---
Contorno de 2660 metros	---
Contorno de 2670 metros	---
Contorno de 2680 metros	---
Contorno de 2690 metros	---
Contorno de 2700 metros	---
Contorno de 2710 metros	---
Contorno de 2720 metros	---
Contorno de 2730 metros	---
Contorno de 2740 metros	---
Contorno de 2750 metros	---
Contorno de 2760 metros	---
Contorno de 2770 metros	---
Contorno de 2780 metros	---
Contorno de 2790 metros	---
Contorno de 2800 metros	---
Contorno de 2810 metros	---
Contorno de 2820 metros	---
Contorno de 2830 metros	---
Contorno de 2840 metros	---
Contorno de 2850 metros	---
Contorno de 2860 metros	---
Contorno de 2870 metros	---
Contorno de 2880 metros	---
Contorno de 2890 metros	---
Contorno de 2900 metros	---
Contorno de 2910 metros	---
Contorno de 2920 metros	---
Contorno de 2930 metros	---
Contorno de 2940 metros	---
Contorno de 2950 metros	---
Contorno de 2960 metros	---
Contorno de 2970 metros	---
Contorno de 2980 metros	---
Contorno de 2990 metros	---
Contorno de 3000 metros	---

CONVENCIONES TEMÁTICAS

R	: RASTROJOS.
BN	: BOSQUE NATURAL.
BNS	: BOSQUE NATURAL SECUNDARIO.
MS-2	: PREDOMINIO CULTIVOS DE TABACO.
MS-Fa	: MISCELÁNEOS DE PAPA, ARVEJA.
MS-1	: AREAS DE DIFERENTES CULTIVOS.
PM	: PASTOS MEJORADOS.
BC	: BOSQUE DE COLONIZACION.
VX	: VEGETACION XEROFITICA.
PN-T	: PASTOS NO MEJORADOS.
YP	: VEGETACION DE PARAMO.
RPM	: RASTROJOS Y PASTOS.
PNR	: PASTOS NATURALES Y RASTROJOS.

ZONA DE ESTUDIO



COBERTURA VEGETAL

Practicante UPB:
Gustavo Andrés Rey Anbila - Ingeniería Civil

Tutor Empresa:
Ing. María Alejandra Valencia Díaz

Escala: 1 : 25.000	Fecha: Noviembre del 2019
-----------------------	------------------------------

ESCALA GRÁFICA

Fuente: Cartografía IGAC

ANEXO J
MAPA ISOTERMAS E ISOYETAS DE ONZAGA – EOT 2002

7. BIBLIOGRAFÍA

- Área de Ingeniería Geoambiental U.O. Bucaramanga. (1999) Informe Técnico sobre deslizamientos que afectan el río Yama (Sectores el Puntural y Gordural), Río Guachavita o Guadual (Sectores vereda Zuñiga y Loma de la Mula) del municipio de Coromoro, departamento de Santander. Recuperado de: <https://miig.sgc.gov.co/Paginas/advanced.aspx>
- Bucaramanga, I. G. (1999). *Deslizamiento del Río Yama y Guachavita en Coromoro, Santander*. Santander: Servicio Geológico de Santander.
- Colombia, S. G. (2015). Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa. *Colección Guías y Manuales*.
- Diaz, M. A. (2019). Proyectos Realizados. *MG ECOTECNIA S.A.S.*
- Diaz, M. V. (2019). *Metodología análisis de movimientos en Masa, informe 1*. Bucaramanga, Santander.
- IDEAM. (2016). *Atención al Ciudadano*. Obtenido de Consulta y Descarga de datos Hidrometeorológicos: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- Marin, E. C. (1996). *Deslizamiento de la Orquita, Vereda Tinavita, Municipio de Onzaga, Santander*. Santander: Servicio Geológico de Colombia.
- MG ECOTECNIA S.A.S, *Formatos para levantamientos en campo del estudio de movimientos en masa y estructuras hidráulicas*. Bucaramanga, Santander.
- MG ECOTECNIA S.A.S. (2018). Portafolio de Servicios.
- Mora Sergio & Vahrson Wilhelm. 1991, Modelo de determinación “A priori” de la amenaza de deslizamientos en grandes áreas utilizando indicadores morfodinámicos. Escuela Centro Americana de Geología, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Rey, G. (2019). Asistencia Técnica en el Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. *Informe Practica Empresarial*.
- Romero, M. V. (2016). *MG ECOTECNIA S.A.S*. Obtenido de Soluciones de Ingeniería: Ecotecniasas.jimdo.com
- Servicio Geológico de Colombia. (2016). *Visor de Sismos*. Obtenido de Últimos Sismos: <https://www2.sgc.gov.co/sismos/sismos/ultimos-sismos.html>

- Servicio Geológico de Colombia. (2017). *Movimientos en Masa*. Obtenido de Motor de Integración de Información Geocientífica:
<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/advanced.aspx>
- Suarez, J. (2013). *Estructuras de Contención y Anclaje*. Bucaramanga: Geotecnología Tomo 1.
- Suarez, J. (2013). *Zonificación de Susceptibilidad: Análisis y Riesgo*. Bucaramanga: Geotecnología Tomo 1.
- Subdirección de Ingeniería Geoambiental U.O. Bucaramanga. Eduardo Castro Marin. (1996) Deslizamiento la Orquita, Vereda Tinavita, municipio de Onzaga, departamento de Santander. Recuperado de:
<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/advanced.aspx>
- Yeidy Medina (2017). Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos de tierra en la cuenca del río Patía en el departamento de Cauca. Universidad de Manizales, especialización en Sistemas de Información Geográfica.