

# SUBSECRETARIA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS

## DIRECCIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGOS

### INFORME N° SGR-IASR-07-2023-071111-005

---

**PARA:** Lcdo. Segundo Abel Sarango Quizhpe  
Alcalde  
**Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Saraguro**

Ing. Mario José Mancino Valdivieso  
Prefecto de Loja  
**Gobierno Provincial de Loja**

**ASUNTO:** Análisis Geofísico mediante ensayos de resistividad eléctrica y Geo-radar en zonas inestables en los sectores de Manu, Gañil y Sauces, en el cantón Saraguro, provincia de Loja.

**FECHA:** 30 de Octubre 2023

---

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Contenido</b>                                                                              |    |
| ABREVIATURAS .....                                                                            | 5  |
| 1. GENERALIDADES .....                                                                        | 6  |
| 1.1 Introducción y Antecedentes .....                                                         | 6  |
| 2. OBJETIVOS .....                                                                            | 7  |
| 1.2 Objetivo general.....                                                                     | 7  |
| 1.3 Objetivos específicos .....                                                               | 7  |
| 3. MARCO LEGAL .....                                                                          | 8  |
| 3.1. Constitución de la República. ....                                                       | 8  |
| 3.2. Código Orgánico Integral Penal (COIP).....                                               | 8  |
| 3.3. Ley de Seguridad Pública y del Estado .....                                              | 8  |
| 3.4. Ley Orgánica de la Defensa Nacional.....                                                 | 8  |
| 3.5. Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPLAFIP).....                     | 9  |
| 3.6. Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública. ....                          | 9  |
| 3.7. Reglamento General a la Ley de Contratación Pública .....                                | 9  |
| 3.8. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo .....                   | 9  |
| 3.9. Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)..... | 9  |
| 3.10. Código Orgánico de entidades de Seguridad Ciudadana y Orden Público                     | 10 |
| 3.11. Manual de Comité de Operaciones en Emergencias .....                                    | 10 |
| 3.12. RESOLUCIÓN Nro. SGR-382-2023.....                                                       | 10 |
| 4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO GEOGRÁFICAS DEL TERRITORIO .....                                    | 11 |
| 4.1. Ubicación geográfica.....                                                                | 11 |
| 4.2. Clima.....                                                                               | 12 |
| 4.3. Cuenca hidrográficas y red de drenajes .....                                             | 12 |
| 4.4. Geología.....                                                                            | 13 |
| 4.5. Geomorfología .....                                                                      | 14 |
| 5. METODOLOGÍA DE TRABAJO .....                                                               | 16 |
| 5.1. FASE I. Trabajos de Campo .....                                                          | 16 |
| 5.1.1. Tomografía de resistividad eléctrica (TRE) .....                                       | 16 |
| 5.1.2. Adquisición de datos.....                                                              | 18 |
| 5.1.3. Equipo utilizado.....                                                                  | 18 |
| 4.1.1. Georadar .....                                                                         | 19 |
| 4.1.1.1. Obtención de Radargramas.....                                                        | 19 |

|          |                                                                         |    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2.     | FASE II. Procesamiento de datos.....                                    | 19 |
| 5.2.1.   | Procesamiento de datos Tomografía de resistividad eléctrica (TRE) ..... | 20 |
| 5.2.1.1. | Modelo directo e inversión 2D .....                                     | 20 |
| 5.2.1.   | Procesamiento de datos de Georradar .....                               | 21 |
| 5.3.     | FASE III. Trabajos de Gabinete .....                                    | 21 |
| 6.       | ANÁLISIS DE RESULTADOS .....                                            | 21 |
| 5.4.     | Análisis hidrológico y de saturación .....                              | 21 |
| 5.5.     | Índice topográfico de Humedad .....                                     | 22 |
| 6.2.     | Manú.....                                                               | 23 |
| 6.2.1.   | Descripción del área de estudio.....                                    | 23 |
| 6.2.2.   | Resultados Tomografía Eléctrica 1 – 2 (Manú) .....                      | 25 |
| 6.2.3.   | Resultados del GPR (Manú).....                                          | 26 |
| 6.2.4.   | Correlación de datos GPR y TRE .....                                    | 26 |
| 6.3.     | Gañil .....                                                             | 27 |
| 6.3.1.   | Descripción del área de estudio.....                                    | 27 |
| 6.3.2.   | Resultados Tomografía Eléctrica 3-4 .....                               | 28 |
| 6.3.3.   | Resultados del GPR (Gañil).....                                         | 29 |
| 6.3.4.   | Correlación de datos GPR y TRE .....                                    | 31 |
| 6.4.     | Sauce .....                                                             | 32 |
| 6.4.1.   | Descripción del área de estudio.....                                    | 32 |
| 6.4.2.   | Resultados Tomografía Eléctrica 5 – 6 (Sauce) .....                     | 33 |
| 6.4.3.   | Resultados del GPR (Sauce).....                                         | 35 |
| 5.2.1.   | Correlación de datos GPR y TRE .....                                    | 36 |
| 5.       | CONSLUSIONES .....                                                      | 37 |
| 6.       | RECOMENDACIONES.....                                                    | 39 |
| 7.       | FIRMAS DE RESPONSABILIDAD .....                                         | 40 |
| 9.       | ANEXO.....                                                              | 42 |

|                |                                                                   |    |
|----------------|-------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Mapa 1.</b> | Ubicación del área de análisis. Fuente: SGR, 2023. ....           | 12 |
| <b>Mapa 2.</b> | Unidades Hidrográficas. Fuente: SGR, 2023. ....                   | 13 |
| <b>Mapa 3.</b> | Geología del área de análisis. Fuente: SGR, 2023.....             | 14 |
| <b>Mapa 4.</b> | Geomorfología de los sitios de interés. Fuente: (MAG, 2015). .... | 15 |
| <b>Mapa 5.</b> | Indicé topográfico de Humedad, SGR 2023. ....                     | 22 |
| <b>Mapa 6.</b> | Ubicación de los ensayos realizados en Manú. ....                 | 23 |
| <b>Mapa 7.</b> | Ubicación de los ensayos realizados en Gañil. SGR, 2023. ....     | 27 |
| <b>Mapa 8.</b> | Ubicación de los ensayos realizados en Sauces. ....               | 32 |

## Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
www.gestionderiesgos.gob.ec

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Diagrama básico del método eléctrico de corriente continua. Fuente: (Dobrin, B, Savit, & H, 1988).....          | 17 |
| Figura 2. Diagrama de adquisición de la TRE. Fuente: (Orellana, 1992).....                                                | 17 |
| Figura 3. Equipo utilizado, Terrameter Ls2, marca ABEM. Fuente: (Grupo Sandox, 2023).....                                 | 18 |
| <b>Figura 4.</b> Vivienda afectada. Fuente: SGR, 2023.....                                                                | 24 |
| <b>Figura 5.</b> Grieta de deslizamiento Manu. Fuente: SGR, 2023.....                                                     | 24 |
| <b>Figura 6.</b> Imagen obtenida para el TRE 1-Manu.....                                                                  | 25 |
| <b>Figura 7.</b> Imagen obtenida para el TRE 2-Manu.....                                                                  | 25 |
| <b>Figura 8.</b> Radargrama DAT-0071 procesado, dirección Sur-Oeste. Fuente: SGR 2023.....                                | 26 |
| <b>Figura 9.</b> Área de estudio Gañil. Fuente: Google earth.....                                                         | 28 |
| <b>Figura 10.</b> Imagen obtenida para el TRE 3 – Gañil.....                                                              | 29 |
| <b>Figura 11.</b> Imagen obtenida para el TRE 4 - Gañil.....                                                              | 29 |
| <b>Figura 12.</b> Radargrama DAT-0076 procesado, dirección Oeste-este. Fuente: SGR 2023.....                              | 30 |
| <b>Figura 13</b> Radargrama DAT-0079 procesado, dirección Nor-Oeste. Fuente: SGR 2023.....                                | 31 |
| <b>Figura 14</b> Correlación entre los ensayos realizados e Indicé topográfico de humedad. Fuente: SGR 2023.....          | 31 |
| <b>Figura 15.</b> Movimiento en masa El Sauce. Fuente: SGR, 2023.....                                                     | 33 |
| <b>Figura 16.</b> Casa en El Sauce. Fuente: SGR, 2023.....                                                                | 33 |
| <b>Figura 17.</b> Imagen obtenida para el TRE 5- El Sauce.....                                                            | 34 |
| <b>Figura 18.</b> Imagen obtenida para el TRE 6-El Sauce.....                                                             | 34 |
| <b>Figura 19</b> Radargrama DAT-0080 procesado, dirección Norte – Sur. Fuente: SGR, 2023.....                             | 35 |
| <b>Figura 20.</b> Radargrama DAT-0081 procesado, dirección Sur – Norte. Fuente: SGR. 2023.....                            | 36 |
| <b>Figura 21</b> Correlación entre los ensayos realizados e Indicé topográfico de humedad EL Sauce. Fuente: SGR 2023..... | 36 |

## ABREVIATURAS

1D: Una dimensión

2D: Dos dimensiones

A: Área

DC: Corriente directa

$f_0$  Frecuencia fundamental

Hz Hertz

L: longitud

mA: Miliampere

m: metros

R: Resistencia eléctrica

$\rho$ : Resistividad eléctrica

$\sigma$ : Conductividad eléctrica

SEV Sondeo eléctrico vertical

UTM: Transversal universal de Mercator

$\rho$ : Resistividad eléctrica

W: Watt

WGS: Sistema Geodésico Mundial

$\Omega$  m: ohm por metro

GPR: Ground Penetrating Radar, por sus siglas en inglés

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 Introducción y Antecedentes**

Como antecedente se menciona que en base a la disposición del iniciar con proyecto de análisis de zonas inestables por probabilidad de incidencia del fenómeno del Niño (ENOS), a través de equipos geofísicos de Tomografía de Resistividad Eléctrica, Georadar y Sísmica de Refracción, por parte de la Subsecretaría de Gestión de la Información y Análisis de Riesgos, se solicitó hacer llegar a las coordinaciones zonales las zonas identificadas preliminarmente como sujetas a un análisis más profundo del suelo y subsuelo; por consiguiente la Coordinación Zonal 7 emitió un listado de sectores preocupantes y para intervención a través de este proyecto, siendo el cantón Saraguro uno de los que más sectores se incluyeron en este reporte o lista, en los cuales principalmente se mencionó El Sauce de la parroquia Celén, Gañil y Sunín de la parroquia San Pablo de Tenta, La Choza de la parroquia Selva Alegre, cabecera parroquial de Manú y Limapamba de la parroquia Yuluk.

Ante ello y en base a coordinaciones previas entre Matriz y la Unidad de Análisis de Riesgos de la Coordinación Zonal 7 de la Secretaría de Gestión de Riesgos, se programó que los días 28, 29 y 30 de junio de 2023, se ejecutarían estas actividades en campo, por ello considerando las sugerencias y el conocimiento del territorio por parte de la Coordinación de Riesgos del GAD Municipal de Saraguro, prevaleció y se escogió tres sectores para intervención, considerando el tiempo de levantamiento de información y que la misma es realizada por parte de Matriz de la Secretaría de Gestión de Riesgos, tomando en cuenta que los equipos son de disponibilidad Nacional.

Los sectores escogidos fueron previamente analizados mediante INFORME N.º SNGRE-IASR-07-2023-071111-003 denominado “Informe de visita técnica por análisis de riesgos ante amenaza a movimientos de ladera en varios sectores de las parroquias de Selva Alegre, Celén y San Pablo de Tenta, del cantón Saraguro, provincia de Loja y mediante INFORME N.º SNGRE-IASR-07-2023-071111-001 denominado “Informe de visita técnica al área urbana de la parroquia Manú, por análisis de susceptibilidad a movimientos de masa e inundaciones”, siendo así un respaldo de la necesidad de intervención y profundización de análisis de las zonas identificadas como inestables.

Por consiguiente, los sectores escogidos fueron El Sauce, la cabecera parroquial de Manú y Gañil, en donde se aplicó dos ensayos indirectos o geofísicos que corresponden a Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) y Georadar (GPR), por consiguiente, el presente informe corresponde a un análisis de información secundaria obtenida de bases cartográficas digitales, información primaria de las inspecciones preliminares realizadas y la correlación de la misma con la obtención de datos geofísicos, procesamiento de los mismos, e interpretación, cuya finalidad fue establecer con mayor certeza cuáles son los probables parámetros condicionantes que pueden estar afectando al suelo y cuál es la susceptibilidad del mismo a acelerar un proceso de deformación en base a la incidencia de un parámetro detonante o desencadenante como puede ser en este caso las precipitaciones intensas por la venida del Fenómeno del Niño (ENOS).

## **2. OBJETIVOS**

### **1.2 Objetivo general**

- Caracterización de sitios inestables mediante ensayos de geofísica (geo-radar y Tomografía Eléctrica) en los sectores de Manu, Gañil y Sauces, en el cantón Saraguro, provincia de Loja.

### **1.3 Objetivos específicos**

- Identificar los diferentes tipos de materiales del subsuelo mediante ensayos geofísicos de tomografías de resistividad eléctrica y georadar, y caracterización geológica local de los sitios de estudio.
- Determinar la presencia de zonas de saturación y estructuras geológicas mediante ensayos de tomografías de resistividad eléctrica y georadar y análisis hidrológico de los sitios de estudio.
- Definir áreas deformadas o susceptibles de inestabilidad geológica mediante ensayos de tomografías de resistividad eléctrica y georadar y caracterización de movimientos de ladera.
- Correlacionar los resultados obtenidos para definir factores condicionantes y desencadenantes que influyeron en la problemática de cada uno de los sitios de estudio.
- Proponer recomendaciones para la reducción del riesgo de desastre ante eventos de movimientos de ladera e inestabilidad del suelo en los sitios de estudio.

### **Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7**

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
[www.gestionderiesgos.gob.ec](http://www.gestionderiesgos.gob.ec)

### **3. MARCO LEGAL**

#### **3.1. Constitución de la República.**

Artículo 261.- El Estado central tendrá competencias exclusivas sobre: ... (Numeral 8) El Manejo de los desastres naturales.

Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

Art.390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico.

#### **3.2. Código Orgánico Integral Penal (COIP).**

Artículo 124.- Obstaculización de tareas sanitarias y humanitarias. La persona que, con ocasión y en desarrollo de conflicto armado internacional o interno, grave conmoción interna, calamidad pública o desastre natural, obstaculice o impida al personal médico, sanitario o de socorro a la población civil, la realización de las tareas sanitarias y humanitarias que pueden y deben realizarse de acuerdo con las normas del Derecho Internacional Humanitario, será sancionada con pena privativa de libertad de diez a trece años.

#### **3.3. Ley de Seguridad Pública y del Estado**

Art. 11.- De los órganos ejecutores. - Los órganos ejecutores del Sistema de Seguridad Pública y del Estado estarán a cargo de las acciones de defensa, orden público, prevención y gestión de riesgos.

#### **3.4. Ley Orgánica de la Defensa Nacional**

Art. 5.- “En caso de grave conmoción interna o catástrofes naturales, previa declaratoria del estado de emergencia, el Presidente de la República, a través del jefe del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, podrá delegar la conducción de las operaciones militares, a los Comandantes de las Fuerzas de Tarea, quienes tendrán mando y competencias, de acuerdo con las normas y planes respectivos”.

### **3.5. Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPLAFIP).**

Art. 64.- “Preeminencia de la producción nacional e incorporación de enfoques ambientales y de gestión de riesgo. En el diseño e implementación de los programas y proyectos de inversión pública, se promoverá la incorporación de acciones favorables al ecosistema, mitigación, adaptación al cambio climático y a la gestión de vulnerabilidades y riesgos antrópicos y naturales. En la adquisición de bienes y servicios, necesarios para la ejecución de los programas y proyectos, se privilegiará a la producción nacional”.

### **3.6. Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública.**

Art. 57.- “Procedimiento. - Para atender las situaciones de emergencia definidas en el número 31 del artículo 6 de esta Ley, previamente a iniciarse el procedimiento, el ministro de Estado o en general la máxima autoridad de la entidad deberá emitir resolución motivada que declare la emergencia.

### **3.7. Reglamento General a la Ley de Contratación Pública**

Artículo 71.- Declaratoria de emergencia para contrataciones régimen especial. Las contrataciones previstas en el Régimen Especial, también podrán ser declaradas de emergencia, en cuyo caso se estará a lo dispuesto en el artículo 57 de la Ley.

### **3.8. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo**

Art. 11.- Alcance del componente de ordenamiento territorial. Además de lo previsto en el Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas y otras disposiciones legales, la planificación del ordenamiento territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados observarán, en el marco de sus competencias, los siguientes criterios.

### **3.9. Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).**

Art. 140.- “Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos. - La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al territorio se gestionarán de manera concurrente y de forma articulada por todos los niveles de gobierno de acuerdo con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley.

### **3.10. Código Orgánico de entidades de Seguridad Ciudadana y Orden Público**

Art. 7.- Fines. - En el marco de las competencias y funciones específicas reguladas por este Código, las actividades de las entidades de seguridad tendrán los siguientes fines: en su numeral 5. Apoyar al control del espacio público, gestión de riesgos y manejo de eventos adversos.

Art. 64.- Ministro o Ministra. - El titular del ministerio rector de la seguridad ciudadana, protección interna y orden público tendrá las siguientes funciones: En su numeral 8. Establecer y supervisar los planes operativos especiales para la Policía Nacional en circunstancias extraordinarias o de desastres naturales, en coordinación con la entidad rectora de la gestión de riesgos;

Art. 245.- Mando técnico en caso de emergencia. - En caso de emergencia, eventos adversos o de riesgo, en el que concurrieran varias fuerzas de socorro, el mando técnico general lo asumirá el Comité de Operaciones de Emergencia Nacional, Provincial, Cantonal o Metropolitano, según sea el caso y las operaciones estarán a cargo de la

Policía Nacional en coordinación con las máximas autoridades de las entidades complementarias de seguridad. Para estos casos, todas las instituciones del Estado previstas en el artículo 225 de la Constitución de la República, están obligadas a colaborar y coordinar acciones de manera inmediata.

### **3.11. Manual de Comité de Operaciones en Emergencias**

Describe la estructura que el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos (SNDGR) tiene para la coordinación de la atención y respuesta en caso de emergencias y desastres.

### **3.12. RESOLUCIÓN Nro. SGR-382-2023**

Emisión del cambio del estado de ALERTA AMARILLA a ALERTA NARANJA en las 17 provincias del Ecuador, establecidas en la Resolución Nro. SGR-156-2023, de 15 de mayo de 2023, así como, AMPLIAR A NIVEL PROVINCIAL el estado de alerta naranja, considerando el desarrollo del Fenómeno El Niño – Oscilación del Sur (ENOS); a fin de precautelar la integridad de la población, las infraestructuras y medios de vida, que estarían expuestos ante el inminente impacto del evento en el país.

#### 4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO GEOGRÁFICAS DEL TERRITORIO

##### 4.1. Ubicación geográfica

El cantón Saraguro se ubica geográficamente hacia el Sur del Ecuador, al norte de la provincia de la provincia de Loja, limitando al norte con el cantón Santa Isabel, al Este con el cantón Oña, Nabón y Yacuambi, al Sur con el cantón de Loja y Zamora y al oeste con el cantón de Zaruma.

Saraguro como cantón se encuentran dividida en 11 parroquias, de las cuales una de ella alberga a la cabecera cantonal y 3 de ellas son las que se encuentran incluidas en el presente informe para estudio y análisis, como son: El Paraíso de Celén ubicada hacia la parte central del cantón, y las parroquias de San Pablo de Tenta y Manú que se ubican hacia la parte oriental del mismo.

En lo que corresponde a los sectores analizados o de influencia directa de un evento de inestabilidad geológica tenemos a El Sauce correspondiente a la parroquia el Paraíso de Celén, Gañil que se ubica en la parroquia San Pablo de Tenta y La Chozza que corresponde a la parroquia de Manú.

A continuación, en la tabla 1 se describe la ubicación central de cada uno de los sectores analizados:

Tabla 1. Datos generales

|                                                                          |           |            |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|
| ZONA: 7                                                                  |           |            |
| PROVINCIA: Loja                                                          |           |            |
| CANTÓN: Saraguro                                                         |           |            |
| NOMBRE DEL SITIO: 1. Manú, 2. El Paraíso de Celen, 3. San Pablo de Tenta |           |            |
| COORDENADAS UTM                                                          |           |            |
| 1. Manu                                                                  | X: 676256 | Y: 9614364 |
| 2. El Paraíso de Celen                                                   | X: 686400 | Y: 9602644 |
| 3. San Pablo de Tenta                                                    | X: 690459 | Y: 9598363 |
| EXISTE UGR EN EL CANTÓN: SI                                              |           |            |



Mapa 1. Ubicación del área de análisis. Fuente: SGR, 2023.

## 4.2. Clima

Las lluvias en el cantón varían según la altitud y época del año, es así que en las zonas bajas se registran valores mínimos de 200 a 300 mm a alturas sobre los 1350 msnm. En las zonas donde se concentra la población y específicamente en el área urbana, existe un rango de 500 a 1000 mm de lluvias. Finalmente, en las zonas de mayor descarga de lluvia, existen rangos de lluvia sobre los 1800 a 1900 mm, esto se desarrolla principalmente en páramos y lugares montañosos, llegando hasta alturas que superan los 2500 msnm.

## 4.3. Cuenca hidrográficas y red de drenajes

El Cantón Saraguro pertenece a la cuenca hidrográfica del río Jubones que se encuentra al norte de Loja, formando parte de las provincias de Azuay, El Oro y Loja, a la cual le queda la margen izquierda de la cuenca superior, que en ese tramo el río se denomina Oña, el mismo que también constituye el límite geográfico entre las dos provincias, para aguas abajo unirse con el León y formar el Jubones. Dada la irregularidad topográfica el sistema de drenaje es el dendrítico, todos los afluentes siguen una dirección sur norte para llegar al río León y luego al Jubones. El río inicial es el San Antonio, que se origina en los páramos de la cordillera oriental de Saraguro, que es afluente del Oña, que aguas abajo se denomina Oña y finalmente Jubones. El río San Antonio y el Oña, tiene una longitud de 25Km. El León 28 Km y el Jubones en lo que se refiere a Loja 15 Km. Dentro

## Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
www.gestionderiesgos.gob.ec



del área existen drenes de importancia que dan el nombre a las subcuencas descritas, así tenemos el río Llaco que nace en Fierrohurcu, reciben varios afluentes en su recorrido hasta formar el Naranjo que al llegar al León es un río de caudal considerable; el Río Uchucay que drena las aguas de la parroquia Manú y desemboca directamente en el Jubones, igual que el Río Ganacay en el extremo occidental, que divide de la Provincia de El Oro. Entre el río Naranjo y Uchucay existe un ínter fluido montañoso y desértico, sin posibilidades agrícolas. Los ríos Naranjo, Uchucay y Ganacay, luego de su estado juvenil adoptan el estado de valle en las partes bajas y cálidas del Cantón, en donde disminuyen su pendiente e irrigan las vegas, lugares en los que se practican agricultura de riego de ciclo corto.



**Mapa 2.** Unidades Hidrográficas. Fuente: SGR, 2023.

#### 4.4. Geología

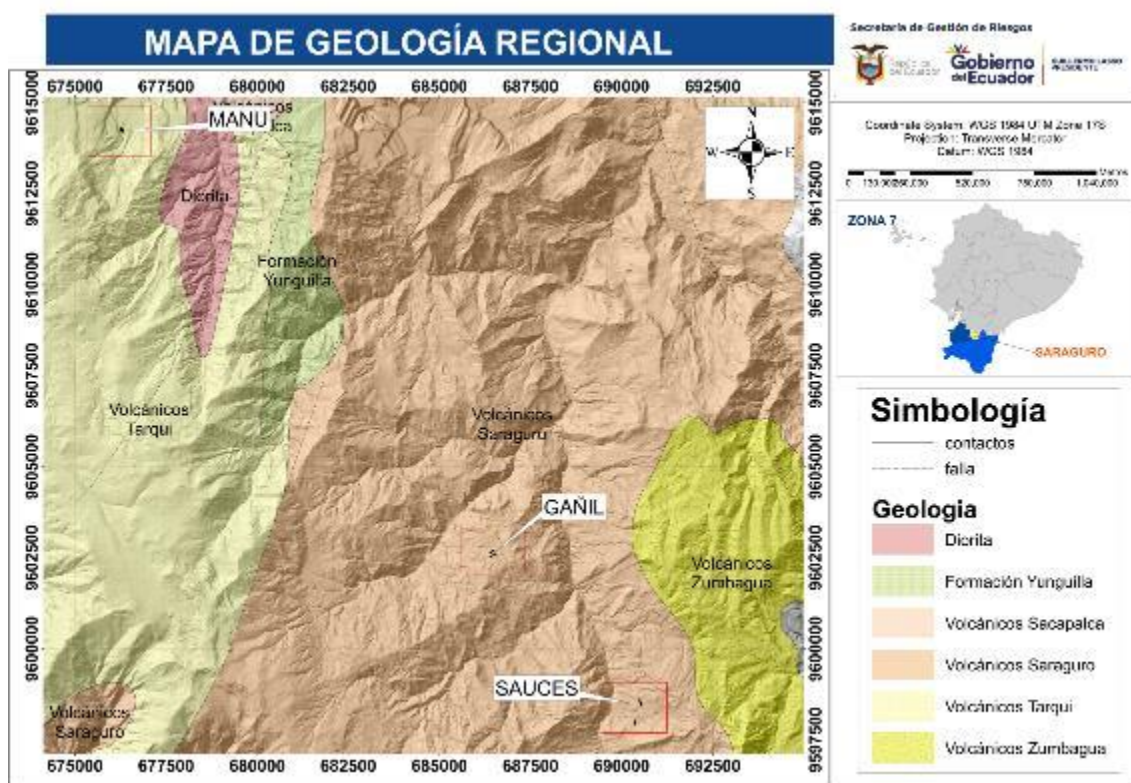
Las áreas de estudio se asientan básicamente sobre dos unidades geológicas, los Volcánicos Tarqui e intrusivo en Manú y los Volcánicos de Saraguro para Galil y El Sauce. (mapa 3). A continuación, se describe cada unidad:

**Volcánicos Tarqui:** consiste enteramente de depósitos de caída volcano-clásticos primarios, pobremente consolidados y profundamente alterados. La depositación ocurrió en un ambiente volcánico durante una fuerte fase eruptiva y los depósitos cubrieron por completo el área. El espesor no excede los 300m. (Steinmann, 1997)

**Intrusivo:** Al este de Manu es un granito moscovita-biotítico, homogéneo de grano medio a grueso. Sin embargo, en ciertos lugares este contiene abundantes vetas de material cuarzo-feldespático que dan a la roca una apariencia gnésica.

**Volcánicos de Saraguro:** Estratos de lava y piroclastos se alternan en esta formación de capas gruesas. Los piroclastos varían desde tobas arenosas, tobas de grano fino a aglomerados muy bastos y lentes de conglomerado, pero lo más común es una toba masiva aglomerática de color amarillo con estratos de 50 a 100 m. de espesor y que forman escarpas preminentes en los alrededores de Saraguro. Las lavas interestratificadas son andesitas porfíricas.

Las ignimbritas forman riscos sobresalientes. Estas ignimbritas blancas-rosáceas varían de composición entre rolita y dacita y están caracterizadas por cavidades lenticulares orientadas paralelamente a la estratificación. En laminas delgadas se encuentran fragmentos de cuarzo, sanidina, andesina y biotita suspendidos en una matriz sub-vítria.



Mapa 3. Geología del área de análisis. Fuente: SGR, 2023.

#### 4.5. Geomorfología

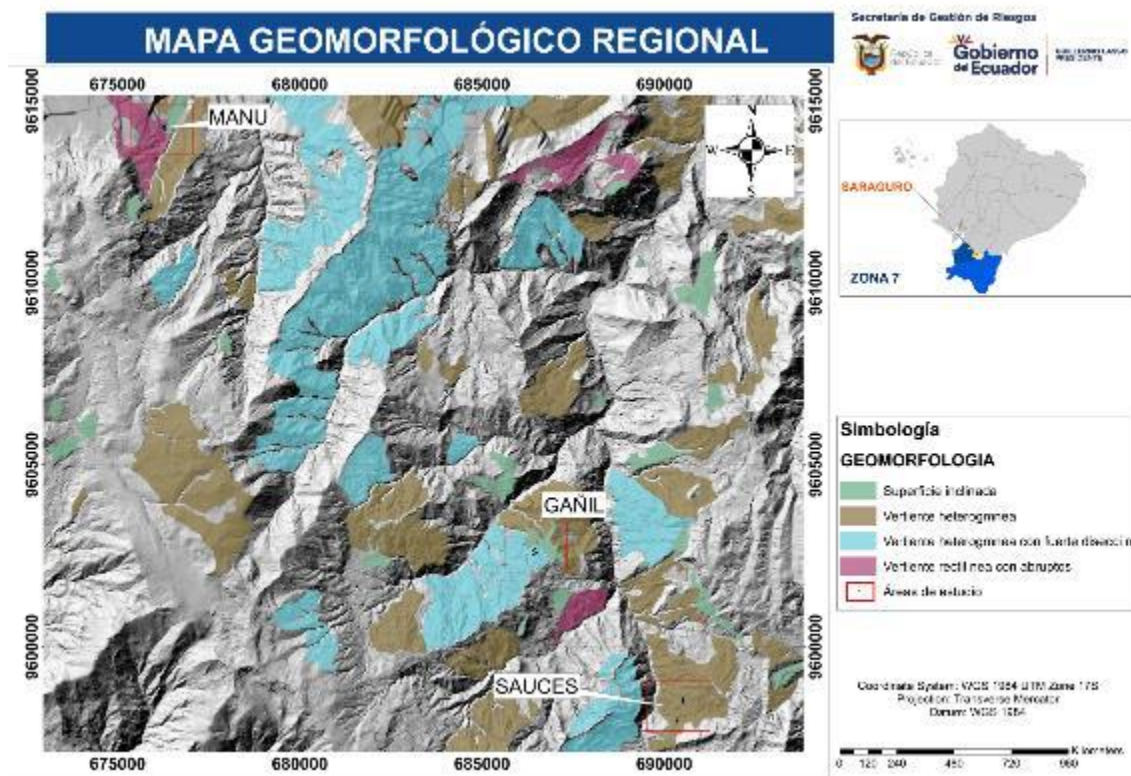
Se considera que el principal rasgo de la geomorfología del cantón está determinado por la existencia de dos cordilleras paralelas de los Andes, que atraviesan el cantón de norte a sur, que dan origen a la presencia de grandes unidades geomorfológicas como

#### Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
www.gestionderiesgos.gob.ec



la Costa y la Sierra, con características propias de identidad. Estas regiones, entre otros aspectos, mantienen diferencias climáticas, edáficas y de vegetación.



Mapa 4. Geomorfología de los sitios de interés. Fuente: (MAG, 2015).

El área de estudio se encuentra influenciado por las siguientes geoformas, para el sector de Manu esta influenciado por: vertiente rectilínea con abruptos y superficies inclinadas; Gañil se encuentra sobre una vertiente heterogénea con fuerte disección; y, El Sauce yace sobre una vertiente heterogénea, las geoformas mencionadas serán descritas en las próximas líneas:

- Superficies inclinadas: son superficies de perfil longitudinal rectilíneo y cierta inclinación, de origen incierto o de difícil adscripción genética, se utiliza, preferentemente para indicar una superficie de menor pendiente dentro de una ladera a modo de hombrera inclinada; también para una forma de piedemonte sin posibilidad de adscripción a una geoforma específica.
- Vertiente rectilínea con abruptos: se caracterizan por ser laderas de perfil longitudinal predominante rectilíneo, con presencia de una o más zonas de

rotura de la pendiente, en las que producen un incremento brusco de la inclinación general de la ladera.

- Vertiente rectilínea con fuerte disección: son laderas de pendiente habitualmente superior al 70%, en la que se aprecia una marcada disección en la totalidad o gran parte de la geoforma.
- Vertiente heterogenea: es una ladera de perfil mixto (cóncavo-convexo, rectilíneo -cóncavo, etc.) o irregular, escasamente disectado.

## 5. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología de trabajo permite la planificación ordenada de las tareas que se ejecutarán, para conseguir el objetivo debido al cual se plantea el presente informe, se lo ha realizado en tres fases:

- La primera es la fase de campo, mediante la cual se realizan los trabajos in-situ que proporcione información real de área para su posterior análisis.
- La segunda es la fase de procesamiento de datos, en la cual se someten los datos obtenidos al procesamiento respectivo.
- La tercera es la fase de gabinete, en la cual, luego de haber recolectado la información generada a través de las dos fases anteriores, se procede al análisis y aplicación efectiva para conseguir los resultados.

A continuación, se detalla los procedimientos que se siguieron en cada fase de la metodología aplicada para la solución del problema tratado en la consultoría:

### 5.1. FASE I. Trabajos de Campo

Se realizaron dos tipos de ensayos geofísicos: tomografía eléctrica y geo-radar, con el fin de evaluar las anomalías de cada sector.

#### 5.1.1. Tomografía de resistividad eléctrica (TRE)

Los métodos eléctricos se basan en los contrastes de resistividad (o su inverso, conductividad) de los materiales en el subsuelo, por ejemplo, cuando hay la presencia de una oquedad en el subsuelo, el contraste entre esta anomalía y los materiales circundantes será evidente. La resistencia eléctrica,  $R$  de un material está relacionada con sus dimensiones físicas, su área transversal  $A$  y su longitud  $l$ , mientras que la resistividad  $\rho$  o su inverso, la conductividad  $\sigma$ , se definen por:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{RA}{l} \quad (1)$$

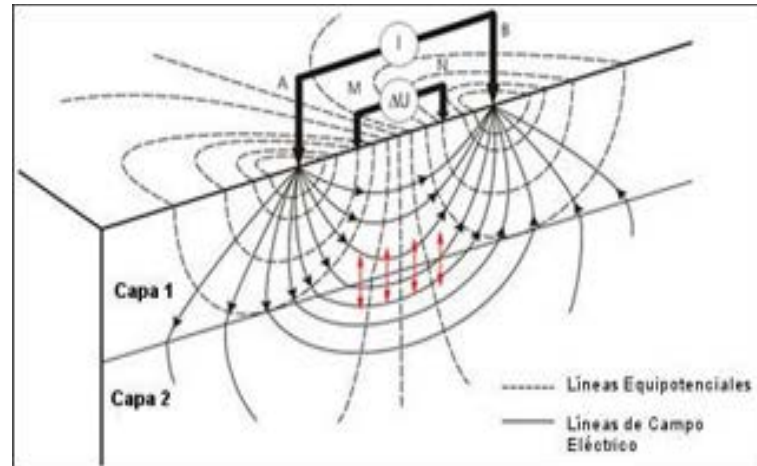


Figura 1. Diagrama básico del método eléctrico de corriente continua.  
Fuente: (Dobrin, B, Savit, & H, 1988)

A partir de la teoría del método eléctrico, la tomografía eléctrica se basa en adquirir varios puntos en un perfil con la finalidad de obtener las variaciones de las resistividades en el subsuelo tanto de forma vertical como horizontal. El método consiste en colocar en la superficie una serie de electrodos colineales con una determinada configuración y poder realizar calicatas eléctricas en varios niveles de profundidad variando la distancia entre los electrodos, dependiendo de la configuración seleccionada (Figura 5) (Orellana, 1982).

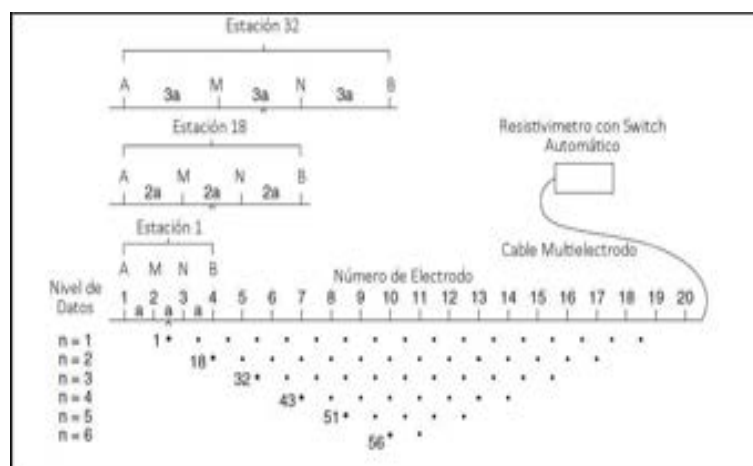


Figura 2. Diagrama de adquisición de la TRE. Fuente: (Orellana, 1992).

### 5.1.2. Adquisición de datos

Con el fin de realizar una caracterización del sitio se utilizó el método geofísico de exploración TRE, para la ubicación se tomó en cuenta factores, geológicos, hidráulicos, geomorfológicos y topográficos. La tabla 2 muestra las coordenadas de inicio y fin de la línea efectuada, estas se encuentran en UTM con del Datum WGS 84.

Tabla 2. Ubicación del punto de inicio y de fin de los TRE.

| Nro.  | SITIO | COORDENADAS |         |        |         |
|-------|-------|-------------|---------|--------|---------|
|       |       | Inicio      |         | Fin    |         |
|       |       | X           | Y       | X      | Y       |
| TRE 1 | Manu  | 676302      | 9614164 | 676246 | 9614272 |
| TRE 2 | Manu  | 636331      | 9614213 | 676280 | 9614312 |
| TRE 3 | Gañil | 686224      | 9602601 | 686387 | 9602519 |
| TRE 4 | Gañil | 686474      | 9602706 | 686376 | 9602621 |
| TRE 5 | Sauce | 690533      | 9598448 | 690490 | 9598593 |
| TRE 6 | Sauce | 690368      | 9598013 | 690330 | 9597927 |

### 5.1.3. Equipo utilizado

El instrumento de resistividad Terrameter LS 2, Marca ABEM potencia máxima de salida de hasta 250 w, trasmisor de corriente constante, corriente de salida de 5 a 2500 mA, sistema de compensación automática de potencial espontáneo y soporte para diferentes configuraciones de levantamiento de datos.



Figura 3. Equipo utilizado, Terrameter Ls2, marca ABEM. Fuente: (Grupo Sandox, 2023)..

### Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
www.gestionderiesgos.gob.ec

#### 4.1.1. Georadar

El georadar o Ground Penetration Radar (GPR) es una técnica de prospección geofísica no destructiva de alta resolución, que se fundamenta en la capacidad de ondas radar para propagarse a través de los medios poco conductivos, cuyo método empleado es una antena emisora para dirigir pulsos electromagnéticos de 1-20 ns de duración hacia el interior del terreno. (Biskup K., 2005). El GPR se orienta al estudio del subsuelo superficial, es un equipo utilizado frecuente en los estudios geológicos como en la construcción.

En lo que corresponde al estudio de GPR, una vez realizada la inspección en el área de estudio, se procedió al armado y calibración del equipo, siendo la calibración la parte fundamental para obtener la captura de las imágenes y su posterior análisis e interpretación de radargramas, con la finalidad de identificar anomalías en el subsuelo.

##### 4.1.1.1. Obtención de Radargramas

Usando la antena blindada de 500 y 100 MHZ se levantó 5 radargramas y/o GPR, uno en el sector de Manu, dos en Gañil y dos en Saucos, alcanzaron una profundidad aproximada entre 15 y 24 metros.

La ubicación y dirección de GPR se especifica en la tabla 3.

Tabla 3. Líneas de radargramas y/o GPR y la ubicación en coordenadas UTM, GWS 17S, con la antena de 500 MHZ (profundidad 15metros).

| N°              | LINEAS GPR | COORDENADAS<br>UTM GWS 17S |         |                 |         | DISTANCIA<br>RECORRIDO |
|-----------------|------------|----------------------------|---------|-----------------|---------|------------------------|
|                 | ANTENAS    |                            |         |                 |         |                        |
|                 |            | X                          | Y       | X               | Y       |                        |
|                 | 500 MHZ    | PUNTO INICIO GPR           |         | PUNTO FINAL GPR |         | Metros                 |
| Sector Manu     |            |                            |         |                 |         |                        |
| 1               | DAT-0071   | 676301                     | 9614250 | 676256          | 9614364 | 122                    |
| Comunidad Gañil |            |                            |         |                 |         |                        |
| 2               | DAT-0076   | 686369                     | 9602618 | 686473          | 9602630 | 100                    |
| 3               | DAT-0079   | 686464                     | 9602688 | 686418          | 9602651 | 57                     |
| Comunidad Sauce |            |                            |         |                 |         |                        |
| 4               | DAT-0080   | 690537                     | 9598629 | 690567          | 9598558 | 80                     |
| 5               | DAT-0081   | 690459                     | 9598363 | 690441          | 9598401 | 42                     |

#### 5.2. FASE II. Procesamiento de datos

Sobre los datos obtenidos en campo mediante los equipos de prospección geofísica: tomógrafo eléctrico y georadar.

### **5.2.1. Procesamiento de datos Tomografía de resistividad eléctrica (TRE)**

Las imágenes eléctrico 2D son ampliamente usadas para mapear áreas de geología compleja a moderada donde los sondeos de resistividad 1D y las técnicas de perfilaje no son adecuados. Los resultados de este tipo de sondeos son usualmente representados gráficamente en forma de secciones interpoladas lo que distorsiona la distribución real de la propiedad en el subsuelo (Loke, 2010).

Para tal efecto, es necesario recurrir a un proceso de inversión. Es decir, a través de un algoritmo basado en la teoría de la inversión es posible recuperar el sistema (en este caso, el subsuelo) que generó los datos que se midieron en campo dados ciertos parámetros iniciales de adquisición. En este trabajo, el algoritmo utilizado es el desarrollado por Loke y Barker (1996) basado en el método de inversión de mínimos cuadrados de Gauss – Newton con restricción de suavizado, para producir un modelo 2D del subsuelo a partir de los datos de resistividad aparente. Este algoritmo además ha sido optimizado para una inversión de una gran cantidad de datos, así como el uso de la memoria disponible para reducir el tiempo de cómputo.

Para poder ingresar los datos adquiridos en este algoritmo de inversión, es necesario que cumplan con ciertas características relativas a su calidad. Para tal efecto, inicialmente se procede a evaluar su continuidad y consistencia a lo largo de todo el perfil. Todo punto que se salga de los parámetros esperados es eliminado para que su inclusión no afecte el proceso de inversión. Una vez que los datos han sido evaluados y aceptados, se procede a invertirlos de acuerdo con los parámetros controlables en el algoritmo citado.

#### **5.2.1.1. Modelo directo e inversión 2D**

Un algoritmo de inversión contiene una parte de sustancial importancia, el cálculo del modelo directo, pues es necesario para calcular la respuesta del medio y compararla con la que resulta de la modificación de los parámetros a invertir. Para llevar a cabo el cálculo de los valores de resistividad aparente en el modelado directo, el algoritmo de Loke y Barker (1996) usa la técnica de la optimización no lineal de mínimos cuadrados de forma iterativa. Este método de optimización reduce la diferencia entre los valores de resistividad aparente medida y los calculados, se utiliza el error cuadrático medio para medir esta diferencia. Sin embargo, un error cuadrático medio muy bajo puede, en ciertas ocasiones, presentar grandes variaciones en los modelos del subsuelo que no se correlacionan con un modelo geológico verdadero (Geotomo, 2011).

Cuando se calcula el modelo directo, la solución que se tiene es única; sin embargo, cuando se habla de inversión se pueden tener diversas soluciones.

Para realizar la inversión de los datos, el programa utiliza un modelo que consiste en un cierto número de bloques rectangulares, distribuidos en la pseudosección, tratando de cubrir los puntos de atribución según el arreglo electrodico escogido.

### 5.2.1. Procesamiento de datos de Georradar

El procesamiento de los datos adquiridos con el radar se realizó a través de un programa especializada, este consiste en la aplicación de ganancias (automática por ventanas de tiempo y variante en el tiempo), para contrarrestar el efecto de la atenuación de la señal a medida que se propaga en el subsuelo y por la pérdida de conductividad en los sedimentos. También se recurrió a la aplicación de algunos filtros pasa banda (Band Pass) y a la de sustracción de la traza promedio (Subtract Mean Trace), al igual que a la corrección de tiempo 0. Por otra parte, los perfiles adquiridos inicialmente en tiempo (TWT) fueron convertidos a profundidad, asumiendo una velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas homogéneas de 0,1 m/ns para materiales aluviales no consolidados (Jol y Bristow, 2003). Este valor de velocidad, durante este estudio, no fue calculado ni verificado a partir de mediciones directas en campo, con métodos como el CMP.

### 5.3. FASE III. Trabajos de Gabinete

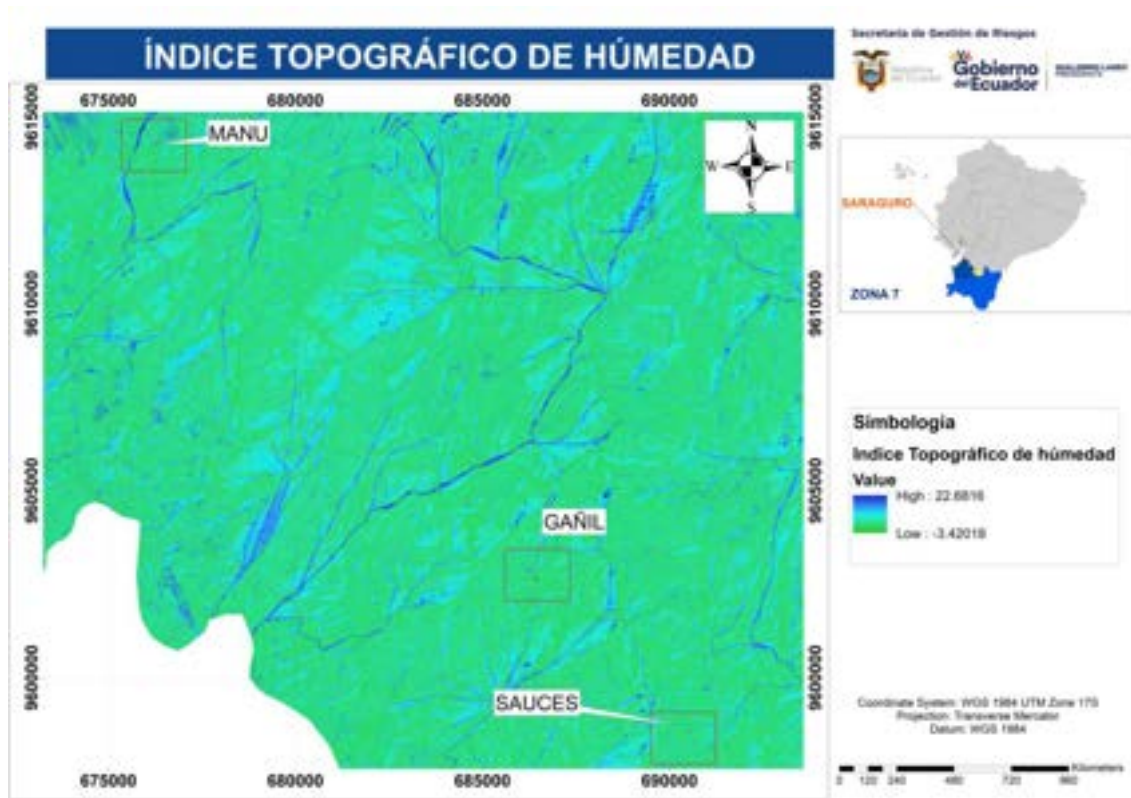
La metodología que establece el trabajo de gabinete, se realizó en tres etapas sistemáticas mediante las cuales se examina los resultados de campo para obtener los parámetros geofísicos con los cuales se analiza la situación actual del terreno (sectores críticos), análisis realizados con los DEM disponibles (SIGTIERRAS 2011, 3m de resolución; e IGM 2023, 0.50m de resolución), además del análisis de geomorfología, litología, y mediante el uso de software especializado -Saga, Global Mapper, ArcGIS – se ha definido zonas de acumulación de agua y saturación del suelo, que se transforman en áreas propensas a erosión hídrica y posterior probabilidad de inestabilidad o movimientos de masa; para proponer recomendaciones sociales y técnicas que garanticen la estabilidad de las futuras medidas a implantar y finalizar con la confección del presente informe.

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.4. Análisis hidrológico y de saturación

Como área básica para el análisis antes descrito, se ha considerado la subcuenca de aporte de cada uno de los drenajes que influyen en cada sector analizado, es por ello que estos resultados se representarán conforme la clasificación de los sectores por sus características hidrológicas homogéneas.

## 5.5. Índice topográfico de Humedad



**Mapa 5.** Indicé topográfico de Humedad, SGR 2023.

La subcuenca de aporte hidrológico que sirve como insumo para el análisis del LS - FACTOR y TWI para las áreas de análisis, dentro de la cual se evidencia cicatrices del deslizamiento por influencia de saturación de las capas superficiales.

Con el análisis de longitud de pendiente y factor de inclinación (LS-Factor) se identifican áreas susceptibles a deslizamientos por acción hídrica, pero también podrían ser sitios de acumulación de material caído dependiendo de la pendiente y lugar donde se encuentran.

En el mapa 5, muestra el índice topográfico de humedad (TWI), mismo que permite identificar las áreas potenciales donde se concentra la humedad o las zonas de acumulación de agua marcadas de color azul intenso. Este resultado permite evidenciar, la canalización directa de escorrentía e infiltración que sufren constantemente las zonas inestables.

## 6.2. Manú

El sector de estudio se localiza en las coordenadas: X: 676306, Y:9625326, en la siguiente imagen se representa la ubicación del TRE y la línea de Geo-radar realizada en mencionada área.



Mapa 6. Ubicación de los ensayos realizados en Manú.

### 6.2.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio corresponde a una zona de parroquia de Manu que ha sido afectada por un movimiento en masa que empezó a desarrollarse en el año 2023 según los habitantes del lugar y que en la última época lluviosa (febrero—marzo 2023) ha presentado evidencia de actividad del movimiento, que ha afectado parte del tramo vial una vivienda.

La geología indica una zona de depositación volcánica, la cual se encuentra sobre yacida por una capa reciente resultante de procesos deposicionales producto de movimientos de masa y erosión que han ocasionado que se formen conos de deyección con matriz sedimentaria fina y cantos de rocas que superan el m3. Esto nos permite definir qué tipo de movimientos de ladera pueden generarse en el territorio y es que la conformación geológica nos puede indicar que tan susceptible en un suelo o terreno, ante la saturación del suelo que es el principal desencadenante de eventos adversos.

#### Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
www.gestionderiesgos.gob.ec

En lo que corresponde al análisis de las amenazas que se desarrollan en el territorio analizado, se mencionan dos, las mismas que se asocian directamente a ser desencadenadas por agua, las mismas que corresponden a movimientos de ladera e inundaciones por desbordamiento de quebradas o por escorrentía.

Es así que los procesos de deslizamientos pueden aportar a que se desarrollen caídas de rocas y a su vez se genere afectación por el desplazamiento de una masa a media ladera y por el rodamiento de una roca a través de la pendiente. Por otro lado, la caída de rocas también se puede generar por la erosión constante del suelo sedimentario, lo que hace que la roca no tenga un soporte y con ello se desplace pendiente abajo.



**Figura 4.** Vivienda afectada. Fuente: SGR, 2023



**Figura 5.** Grieta de deslizamiento Manu. Fuente: SGR, 2023

**Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7**

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
[www.gestionderiesgos.gob.ec](http://www.gestionderiesgos.gob.ec)

## 6.2.2. Resultados Tomografía Eléctrica 1 – 2 (Manú)

En el sector ha se realizaron 2 tendido de resistividad eléctrica (TRE 1 – TRE 2), mide 120 metros con espaciamiento de electrodos de 3.00 metros en dirección (NO-SE).

El TRE 1 se lo hizo en media ladera y el TRE 2 se lo realizo en la vía.

De acuerdo al análisis se identifican varias zonas la mismas que se han representado en colores y de forma más conjuntiva en letras, descritas en la figura 6 que se muestra a continuación:

### TRE 1

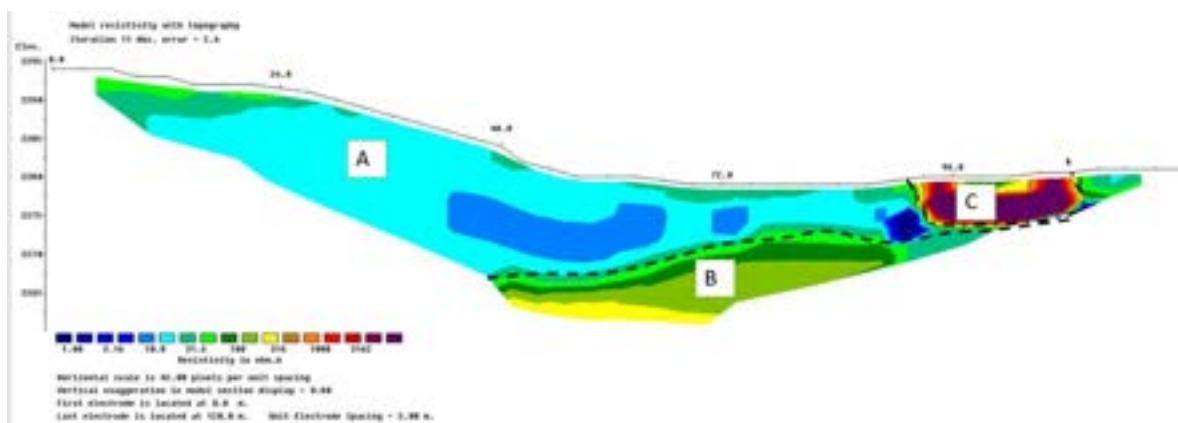


Figura 6. Imagen obtenida para el TRE 1-Manu

### TRE 2

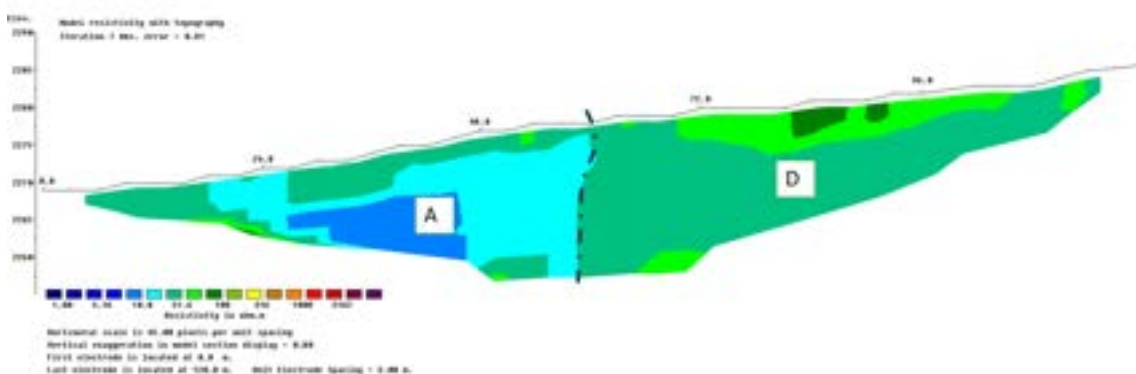
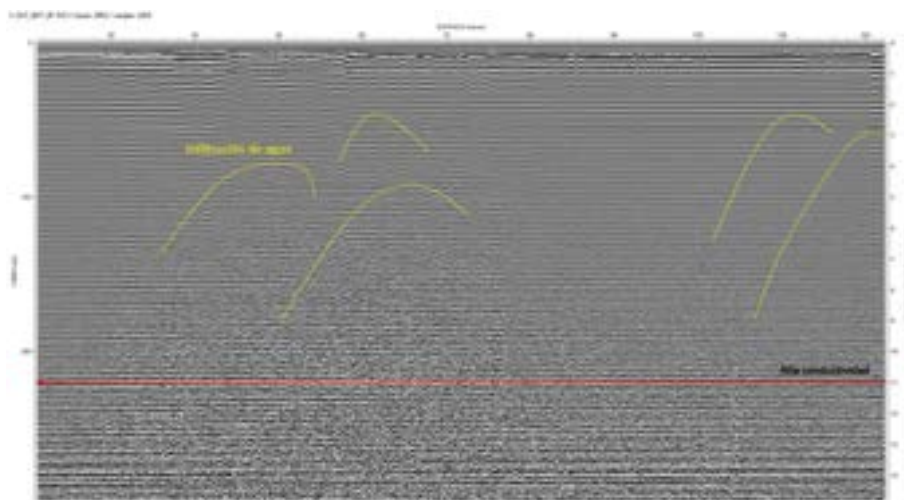


Figura 7. Imagen obtenida para el TRE 2-Manu

- A) Las zonas marcadas en tonos azules representan bajos resistivos, estos están asociados zonas con alto contenido de humedad, esto se puede confirmar con las zonas saturadas y líneas de agua observadas en superficie.
- B) Se lo ha identificado materiales poco competentes de la formación Saraguro (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava y lavas andesitas porfiráticas alternantes)
- C) Se representa con altos resistivos lo que da indicios a un bloque material intrusivo
- D) Presenta bajos resistivos por el lugar y la pendiente se asocia a materiales con alto contenidos finos (limos, arcilla y arenas).

### 6.2.3. Resultados del GPR (Manú)



**Figura 8.** Radargrama DAT-0071 procesado, dirección Sur-Oeste. Fuente: SGR 2023.

La DAT- 0071 se levantó en la vía de segundo orden en dirección sur – norte de la cabecera Parroquial Manu, al pie del deslizamiento, con un recorrido de 122 metros de distancia, en la cual se observan que a los 40 a 70 y 120 metros infiltración de agua probablemente por averías en las tuberías o por infiltración de agua subterráneas que se filtran desde la parte alta del talud. Además, se puede determinar que entre los 11 y 13 metros de profundidad alta conductividad se pierde la señal lo cual no permite identificar anomalías esto también obedece a las condiciones del suelo y a la textura arcillosa. Ver figura 8

### 6.2.4. Correlación de datos GPR y TRE

De acuerdo a los resultados de TRE, GPR, Índice topográfico de humedad, geología y geomorfología, se puede concluir que el área se encuentra altamente saturada lo que genera el fallo del pie, aparente la línea de rotura o de falla tiene aproximadamente 10 metros de profundidad.

En la parte superior del movimiento en masa se observan varias grietas de tracción y estrías lo que da indicio a que el movimiento Traslacional

### 6.3. Gañil

El sector de estudio se localiza en las coordenadas: X: 686445, Y:9602618, en la siguiente imagen se representa la ubicación de los TRE y las líneas de Georadar realizadas en mencionada área.



Mapa 7. Ubicación de los ensayos realizados en Gañil. SGR, 2023.

#### 6.3.1. Descripción del área de estudio

Este movimiento de ladera tipo rotacional, se desarrolla sobre el asentamiento poblado de Gañil, con escarpe inicial hacia la parte superior del eje vial provincial. El aspecto condicionante más relevante de este movimiento es su composición litológica, pendiente y la saturación excesiva del suelo, donde en la inspección visual se ha podido determinar zonas de acumulación de agua hacia la parte alta del movimiento, esto debido a la recanalización de un drenaje natural, el cual por motivo del emplazamiento constructivo fue desviado direccionándose por años a la ladera inestable. Este movimiento tiene un área de desarrollo aproximado de 8000 metros cuadrados, aumentando de manera retrocesiva y progresiva, pudiendo desencadenar en un desplazamiento súbito por la pendiente en que se desarrolla. En cuanto al impacto que pueda desarrollar, incluye un área extensa donde agrupa varias viviendas y la unidad educativa de la comunidad

Gañil, además de comprometer la parte vial, donde actualmente se está produciendo una deformación que indica el desplazamiento activo y acelerado del movimiento, por consiguiente, el riesgo de afectación por este movimiento es catalogado muy alto.

El área de estudio corresponde a una la zona urbana de buena vista, en el sector existen varias viviendas con indicios de daños parciales en las paredes, piso, columnas especialmente a la altura de parque e iglesia, dando indicios a la existencia de un movimiento en masa, (figura 9).



**Figura 9.** Área de estudio Gañil. Fuente: Google earth .

### **6.3.2. Resultados Tomografía Eléctrica 3-4**

En el sector de Gañil se realizaron 2 tendidos de resistividad eléctrica (TRE 3-4) paralelas, cada una mide 160 metros con espaciado de electrodos de 4.00 metros en dirección (NO-SE).

De acuerdo al análisis se identifican varias zonas la mismas que se han representado en colores y de forma más conjuntiva en letras, descritas a continuación en la figura 10 y 11:

#### **TRE 3**

#### **Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7**

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
[www.gestionderiesgos.gob.ec](http://www.gestionderiesgos.gob.ec)

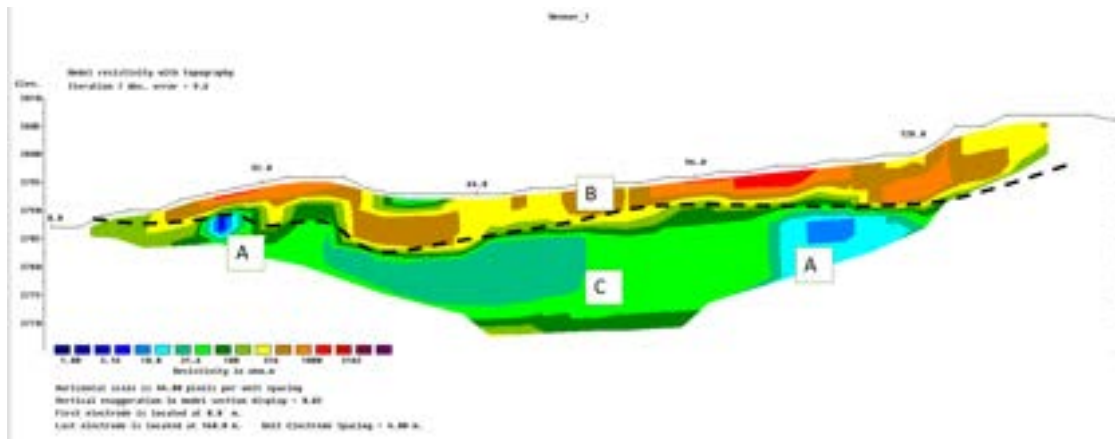


Figura 10. Imagen obtenida para el TRE 3 – Gañil

#### TRE 4

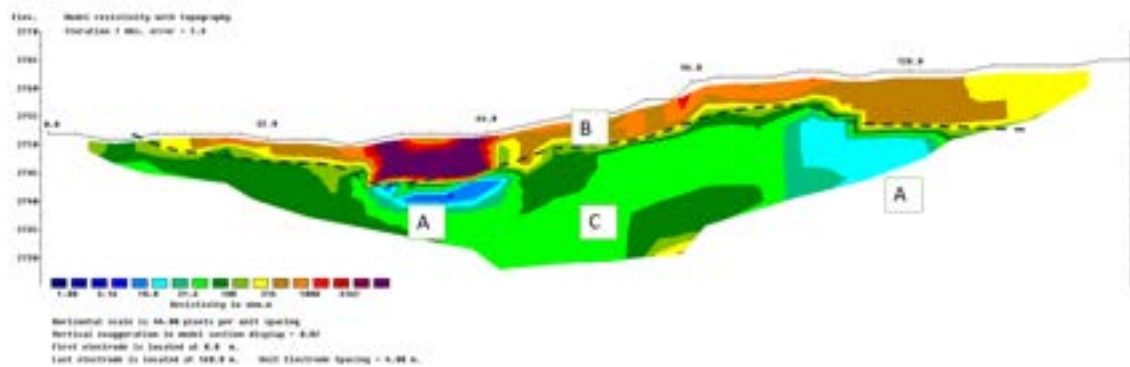


Figura 11. Imagen obtenida para el TRE 4 - Gañil

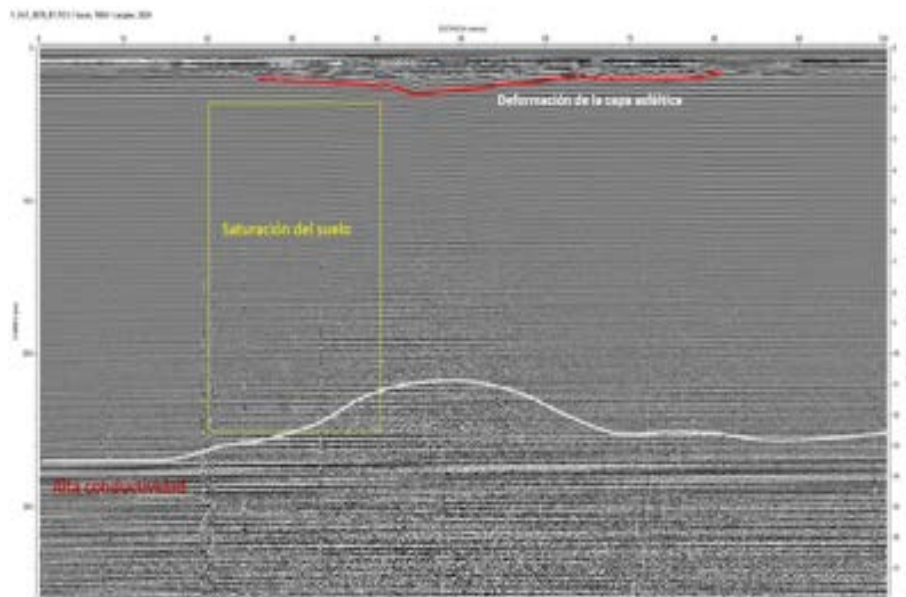
Se han identificado los siguientes complejos geo-eléctricos:

- A) Las zonas identificadas en tonos azules presentan bajos resistivos asociados a materiales con altos índices de humedad.
- B) La zona superficial con altos resistivos se asocia a bloques y materiales removidos, basándonos de los en los resultados de las tomografías eléctricas el plano de falla esta entre 5 a 6 metros.
- C) Las zonas en tonos verdes la identificamos como materiales altamente meteorizados de la formación Saraguro (limos, arcilla, clastos y bloques).

#### 6.3.3. Resultados del GPR (Gañil)

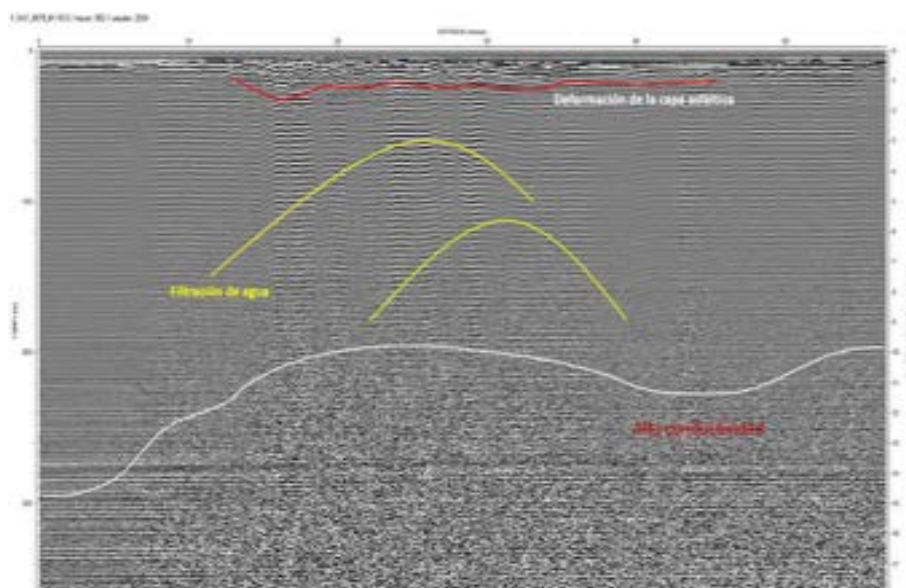
En la vía de primer orden de la comunidad Gañil se levantó la DAT-0076 en dirección oeste - este, con un recorrido de 100 metros de distancia, en la cual se observa que

entre los 20 y 40 metros del recorrido suelos saturados de agua, esto se debe al agua que se filtra desde la parte alta del talud, lo que hace que la calzada se levante como se identifica entre los 30 y 80 metros de recorrido, además el muro de gaviones existente no cuenta con un sistema de drenaje adecuado, considerando que son suelos de textura arcillosa pues retienen mayor tiempo la humedad en el suelo y los eliminan de forma paulatina. A partir de los 12 metros de profundidad no se identifica anomalías debido a la alta conductividad del suelo, Ver figura 12.



**Figura 12.** Radargrama DAT-0076 procesado, dirección Oeste-este. Fuente: SGR 2023.

En la vía de tercer orden de la comunidad Gañil se levantó la DAT-0079, en dirección este sur, con un recorrido de 57 metros de distancia se observa acumulación de agua a partir de los 11 metros de profundidad, a mayor profundidad no se identifican anomalías debido a la alta conductividad del suelo, esto obedece a la textura del suelo de tipo arcilloso. Ver figura 13.



**Figura 13** Radargrama DAT-0079 procesado, dirección Nor-Oeste. Fuente: SGR 2023.

#### 6.3.4. Correlación de datos GPR y TRE



**Figura 14** Correlación entre los ensayos realizados e Índice topográfico de humedad. Fuente: SGR 2023.

De acuerdo a los resultados de TRE, GPRs, Índice topográfico de humedad, geología y geomorfología, de estudio es una zona con un alto índice de humedad, la litología a nivel local corresponde a materiales limo-arenosos con clastos angulosos de rocas volcánicas y vulcano-clásticas.

De acuerdo las zonas de aporte de humedad están en la parte alta la cuales deben ser contraladas y encausadas (figura 14).

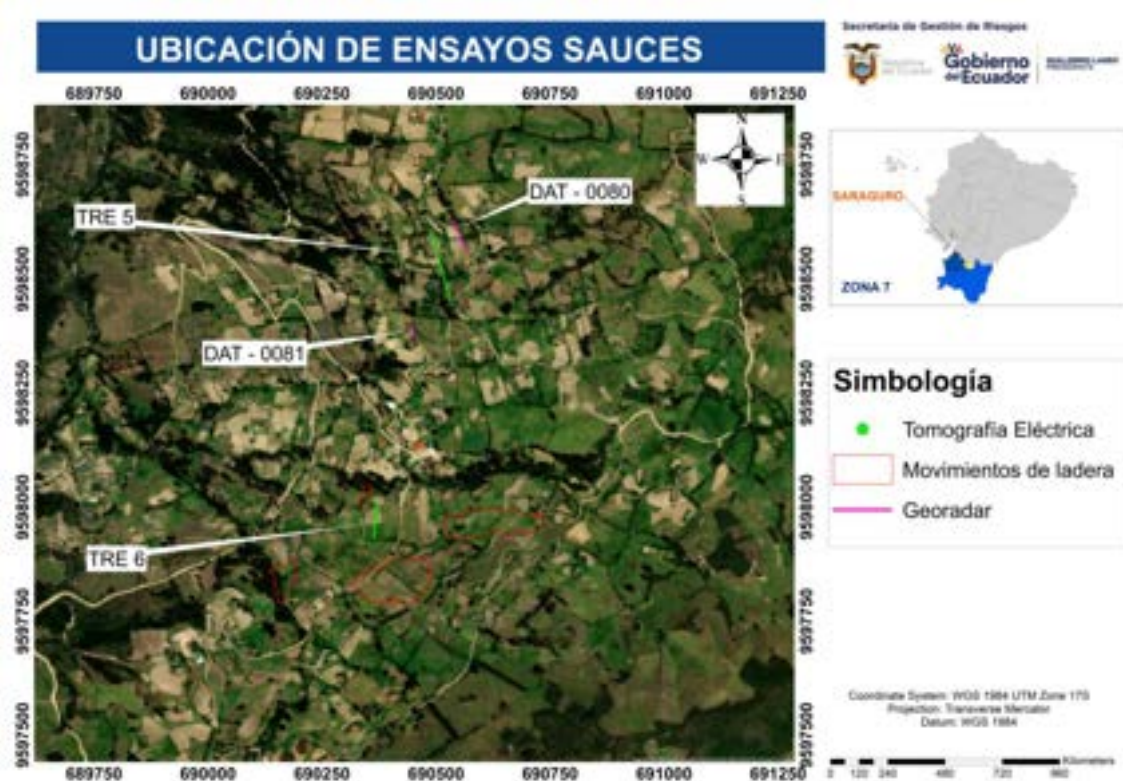
#### Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
www.gestionderiesgos.gob.ec



#### 6.4. Sauce

El sector de estudio se localiza en las coordenadas: X: 690500, Y:9598000, en la siguiente imagen se representa la ubicación del TRE y la línea de Geo-radar realizada en mencionada área.



Mapa 8. Ubicación de los ensayos realizados en Sauces.

##### 6.4.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio corresponde a una zona de parroquia Sauce presentan varias zonas con indicios a movimiento de suelo, el área se desarrolla sobre una vertiente heterogénea conformada con perfiles mixtos teniendo zonas cóncavas y convexas o zonas cóncavas y rectilíneas, con disecciones no muy marcadas; por ello la hidrología ha sido fácilmente modificadas, generando zonas de drenajes antrópico.

Este movimiento es de carácter reputacional el que ha desarrollado una deformación severa y arrastre lento de material, teniendo una zona de acumulación en la parte baja superior a 8 metros de altura, lo que indica una gran masa desplazada de 120054 m3.

Este movimiento tiene sus inicios históricos, por lo que poco a poco genera un desplazamiento desde la corona al pie, el cual actualmente ya ha afectado a dos infraestructuras de viviendas, las mismas que se encuentran con grietas superiores a 1 pulgada.

#### Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
www.gestionderiesgos.gob.ec



El Sauce en general está muy afectado por la recanalización del agua, se puede observar una excesiva y densificada red antrópica de cunetas, lo que apoya a que se desarrolle inestabilidad en el suelo.



**Figura 15.** Movimiento en masa El Sauce. Fuente: SGR, 2023



**Figura 16.** Casa en El Sauce. Fuente: SGR, 2023

#### **6.4.2. Resultados Tomografía Eléctrica 5 – 6 (Sauce)**

En el sector ha se realizaron 2 tendido de resistividad eléctrica (TRE 5 – TRE 6), El TRE5 mide 160 metros con espaciamento de electrodos de 4.00 metros en dirección (N-S), y TRE 6 tiene una longitud de 80.0 m con esparcimiento de electrodos de 2.00m

##### **TRE 5**

#### **Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7**

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
[www.gestionderiesgos.gob.ec](http://www.gestionderiesgos.gob.ec)

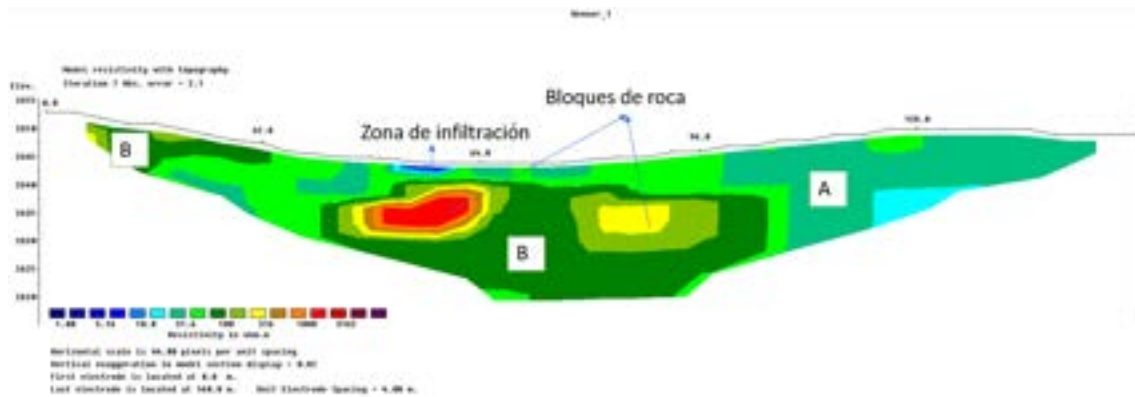


Figura 17. Imagen obtenida para el TRE 5- El Sauce

## TRE 6

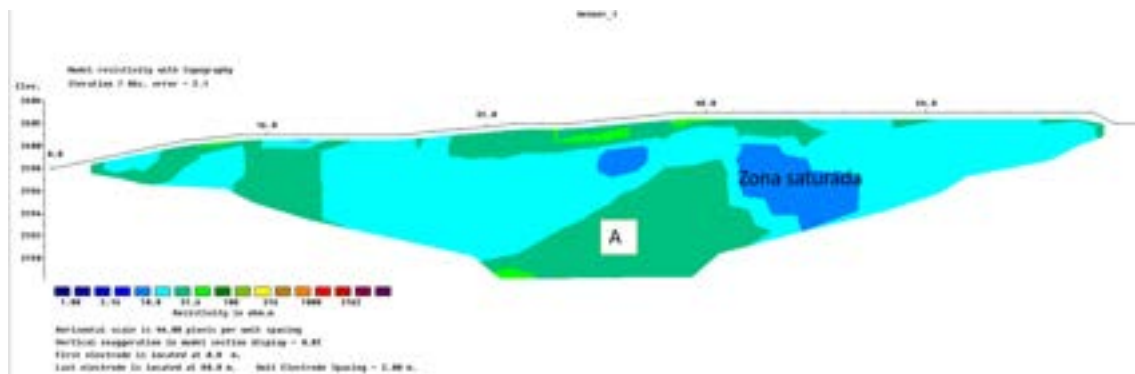


Figura 18. Imagen obtenida para el TRE 6-El Sauce

De acuerdo al análisis se identifican varias zonas la mismas que se han representado en colores y de forma más conjuntiva en letras, descritas en la figura 17 y 18:

Zonas de infiltración o saturadas se representan en tonos azules al ser bajos resistivos, estos están asociados zonas con alto contenido de humedad, esto se puede confirmar con las zonas saturadas y líneas aguas observadas en superficie.

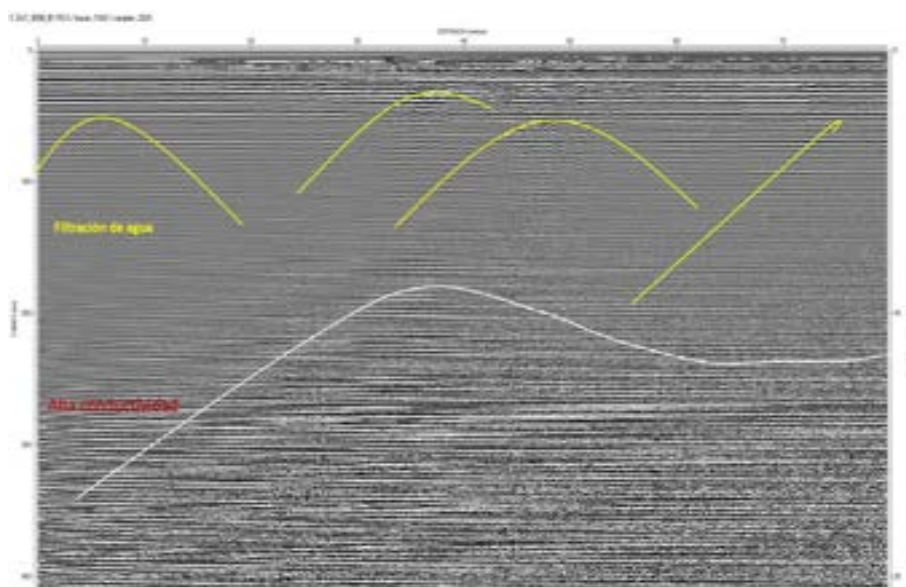
El TRE 5 se observa una particularidad, podría existir la presencia de bloques métricos de roca o material altamente consolidados de la formación Saraguro.

El TRE 6 La particularidad de este tendido es que en su totalidad presentan altos índices de humedad o materiales arcilloso o poco consolidados.

Los complejos geoelectrica representados con la letra A son materiales con indicios de humedad, el complejo B representada en tonos verdes se asocia a materiales un poco más competentes.

#### 6.4.3. Resultados del GPR (Sauce)

En vía de segundo orden de la comunidad Sauce, se levantó la DAT-0080 con un recorrido de 80 metros de distancia, en la cual se identifica la filtración de agua a los 20, 40 y 70 metros de distancia, esto obedece a la filtración de agua en el canal artesanal que no tiene ningún tipo de recubrimiento, por lo que acelera el proceso de movimiento en masa existe, a esto se añade que en la temporada invernal aumenta la filtración de aguas subterráneas como superficiales, lo que hace que se acelere el proceso de empuje de masa en dirección este-oeste. Ver figura 19.



**Figura 19** Radargrama DAT-0080 procesado, dirección Norte – Sur. Fuente: SGR, 2023.

En la calle de segundo orden al pie del deslizamiento se levantó el Radargrama DAT-0081 con un recorrido de 42 metros de distancia en dirección Sur – Norte, en el cual se observa ecos en el radargramas el cual atribuye a la acumulación de agua por la existencia de un lago que en temporada invernal se llena en su totalidad, esto refleja a que son suelos totalmente saturados de agua, ya sea en temporada invernal y en época de verano debido a la filtración de agua tanto de lluvia como a la de riego. Ver figura 20.

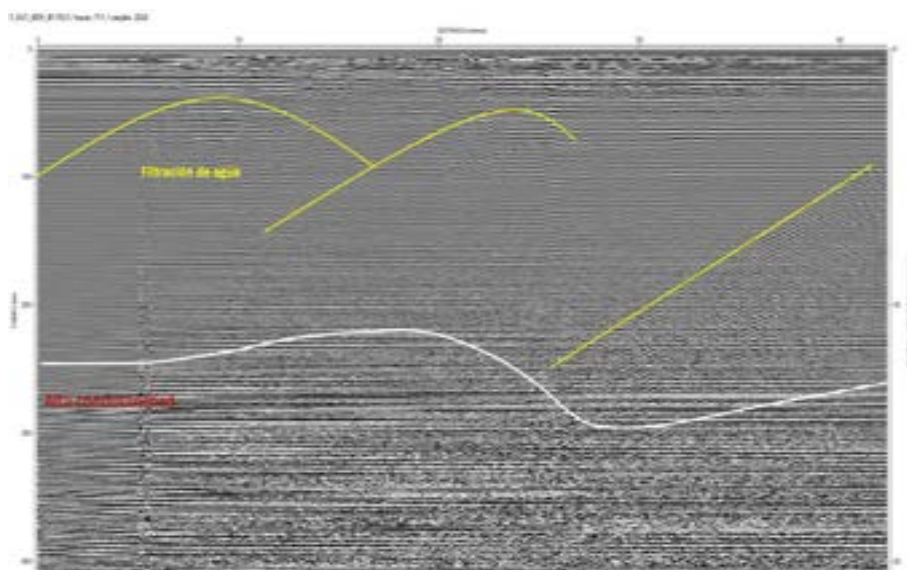


Figura 20. Radargrama DAT-0081 procesado, dirección Sur – Norte. Fuente: SGR. 2023.

### 5.2.1. Correlación de datos GPR y TRE

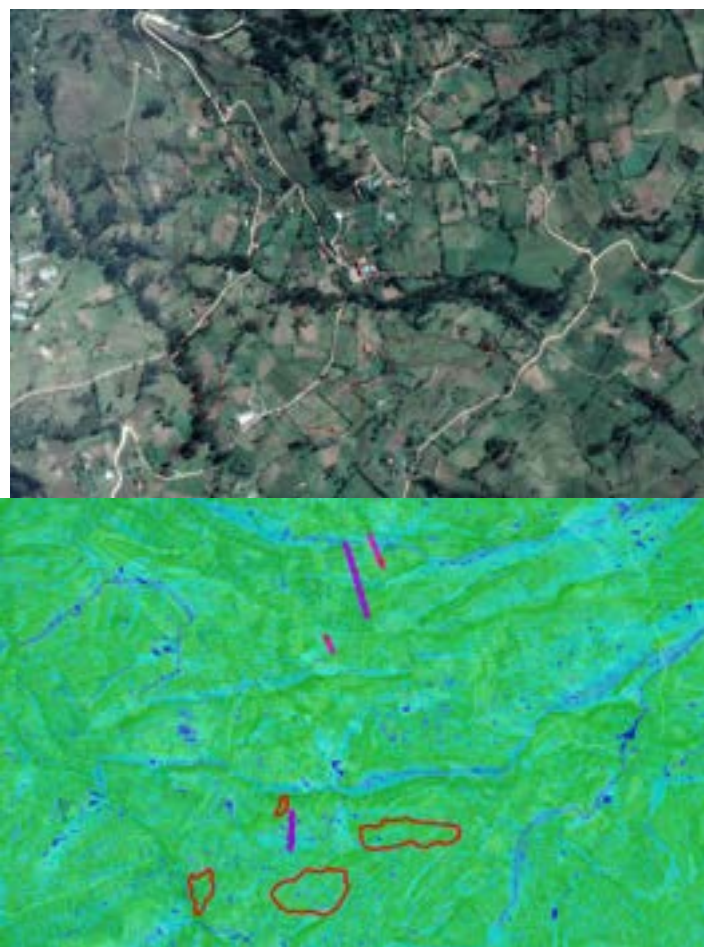


Figura 21 Correlación entre los ensayos realizados e Índice topográfico de humedad EL Sauce. Fuente: SGR 2023.

### Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
[www.gestionderiesgos.gob.ec](http://www.gestionderiesgos.gob.ec)

Los resultados tanto del GPR como de la Tomografía eléctrica están asociadas a zonas con altos índices de humedad y saturación, de acuerdo con el análisis topográfico de humedad existen varias líneas de agua que están aportando a la inestabilidad del área, aparentemente el plano de falla supera los 10 metros de profundidad.

## **5. CONCLUSIONES**

A partir del análisis de los datos obtenidos en campo y bibliográficos de la zona de estudio, la observación realizada al sitio, y el procesamiento de ellos se concluye lo siguiente:

### **MANÚ**

- Se menciona dos tipos de movimientos de masa que pueden desarrollarse en territorio, el primero corresponde a un movimiento de ladera tipo deslizamiento el cual se infiere tiene una ruptura tipo traslacional, que corresponde al desplazamiento de una masa no consolidada a través de una roca competente que en este caso corresponde a las depositaciones volcánicas, el segundo movimiento de ladera corresponde a un flujo de detritos en donde se observa una roca volcánica alterada por el interperismo, en donde se ha realizado un corte para apertura vial y por último la tercer amenaza corresponde a una caída de roca que superan el m3, la misma que se encuentra dispuesta en una parte alta del asentamiento poblado, amenazando a un área mucho más extensa que los dos movimientos de ladera antes descritos, debido a que la roca es totalmente ovalada y puede rodarse por varios tramos del terreno, pudiendo abarcar un área de desarrollo diferenciada de hasta 90.000 metros cuadrados.
- De acuerdo a los resultados de TRE, GPR, Índice topográfico de humedad, geología y geomorfología, se puede concluir que el área se encuentra altamente saturada lo que genera el fallo del pie, aparente la línea de rotura o de falla tiene aproximadamente 10 metros de profundidad.
- En el sitio Manú se puede determinar con los resultados del georadar, que son suelos que acumulan agua en sitios específicos, debido a la filtración de agua por efectos del canal de riesgo existente en la parte alta del talud que no cuenta con las consideraciones de revestimiento para evitar que el agua se filtre, así como también no se evidencia la canalización de las aguas de lluvia como subterráneas. La filtración de agua recorre por el talud facilitando que de forma imprevista falle el talud.

### **GAÑIL**

- En cuanto al impacto que pueda desarrollar incluye un área extensa donde agrupa varias viviendas y la unidad educativa de la comunidad Gañil, además de comprometer la parte vial, donde actualmente se está produciendo una deformación que indica el desplazamiento activo y 22 acelerado del movimiento, por consiguiente, el riesgo de afectación por este movimiento es catalogado muy alto.

## **Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7**

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
[www.gestionderiesgos.gob.ec](http://www.gestionderiesgos.gob.ec)



- En la vía de primer orden de la comunidad Gañil los resultados del georadar se observa que entre los 20 y 40 metros del recorrido son suelos saturados de agua, esto se debe al agua que se filtra desde la parte alta del talud, lo que hace que la calzada se levante como se identifica entre los 30 y 80 metros de recorrido, además el muro de gaviones existente no cuenta con un sistema de drenaje adecuado, considerando que son suelos de textura arcillosa pues retienen mayor tiempo la humedad en el suelo y los eliminan de forma paulatina.
- De acuerdo a los resultados de TRE, GPRs, Índice topográfico de humedad, geología y geomorfología, de estudio es una zona con un alto índice de humedad, la litología a nivel local corresponde a materiales limo-arenosos con clastos angulosos de rocas volcánicas y vulcano-clásticas; las zonas de aporte de humedad están en la parte alta la cuales deben ser contraladas y encausadas.

### **SAUCE**

- El Sauce afectado por la recanalización del agua, se puede observar una excesiva y densificada red antrópica de cunetas, lo que apoya a que se desarrolle inestabilidad en el suelo, en la zona existen 4 movimientos de ladera siendo así una zona de enjambres de inestabilidad.
- En vía de segundo orden de la comunidad Sauce, de los resultados del georadar se identifica la filtración de agua a los 20, 40 y 70 metros de distancia, probablemente obedezca a la filtración de agua en el canal artesanal que no tiene ningún tipo de recubrimiento, por lo que acelera el proceso de movimiento en masa existe, a esto se añade que en la temporada invernal aumenta la filtración de aguas subterráneas como superficiales, lo que hace que se acelere el proceso de empuje de masa en dirección este-oeste
- En las zonas donde se realizaron los ensayos de TRE aparentemente el plano de falla supera los 10 metros de profundidad.

NOTA: Los resultados presentados en este informe fueron obtenidos a partir de datos tomados de manera indirecta, para tener la certeza del origen de las anomalías detectadas se recomienda complementar la información con métodos directos.

## 6. RECOMENDACIONES

Con el fin de reducir el riesgo de desastres, se presentan las siguientes recomendaciones:

### MANÚ

- Se sugiere realizar la intervención con maquinaria para reestructurar la superficie de deslizamiento a través de la conformación de bancos en la parte superior o corona del mismo, a fin de reducir el peso del suelo removido y mitigar que se siga desplazando a través de la pendiente.
- Es importante que posterior a los antes mencionado, se ejecuten acciones de protección del talud, las mismas que pueden estar asociadas a la impermeabilización de la superficie de ruptura para reducir la saturación e infiltración de agua al material ya removido.
- Es importante que superior a la superficie de deslizamiento, se pueda realizar una cuneta o zanja perimetral a fin de canalizar el agua superficial o de escorrentía y esta pueda ser transportada a la quebrada más cercana.
- Establecer medidas de mitigación, principalmente en manejo de las aguas lluvias, que permitan disminuir el riesgo por movimientos en masa como reptaciones y deslizamientos; así como la implementación de obras de restauración del paisaje en la parte alta.
- En caso que las acciones antes recomendadas no permitan reducir en su totalidad el movimiento del suelo, se sugiere realizar una obra estructural en la parte baja del talud colindante a la vía existente, este muro debe contar con el cálculo estructural adecuado en base a los factores de seguridad especificados en la NEC.
- Es necesario realizar el estudio hidrológico, para definir, diseñar el nuevo sistema de recolección de aguas subterráneas y de lluvias.
- Realizar el monitoreo de las condiciones hidrológicas y meteorológicas de la unidad hidrográfica, de manera permanente, para definir umbrales que pueda acelerar los movimientos en masa en los sitios inspeccionados.  
Cuantificar el desarrollo de deformaciones en el suelo de los sitios inspeccionados en cada uno de los polígonos preliminares.  
Implementar un Sistema de vigilancia y monitoreo del comportamiento del terreno en los sitios de interés, con la participación de la ciudadanía para la toma de decisiones por parte de las autoridades.
- Los resultados presentados en este informe fueron obtenidos a partir de datos tomados de manera indirecta, para tener la certeza del origen de las anomalías detectadas se recomienda complementar la información con métodos directos.
- Solicitar al MAG capacitaciones referentes a riego y drenaje  
Manejo y uso del riego parcelario en suelos arcillosos.  
Determinación de láminas de agua requerida por los cultivos.  
Implementación de sistemas de riego y almacenamiento de agua.

### Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
[www.gestionderiesgos.gob.ec](http://www.gestionderiesgos.gob.ec)



- Se realice una revisión de cómo se encuentra el uso de suelo en el sector a fin de definir acciones complementarias que permitan tener una actividad productiva adecuada para la pendiente y susceptibilidad litológica del sector. Se deberá definir al área como una zona de protección establecida mediante la LOOTUGS, por encontrarse en un área de riesgo inminente.

## 7. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

| Elabora por:                                                                                                                                                                  | Revisado por:                                                                                                                                                              | Aprobado por:                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Firmado electrónicamente por:<br/>PAULINA ELIZABETH<br/>CALDERON CASTILLO</p> <p>f.)</p> |  <p>Firmado electrónicamente por:<br/>VANESSA CRISTINA<br/>BANDA LUZURIAGA</p> <p>f.)</p> |  <p>Firmado electrónicamente por:<br/>MARIO FABIAN<br/>BENAVIDES ROJAS</p> <p>f.)</p> |
| Ing. Paulina Calderón<br>Castillo                                                                                                                                             | Vanessa Cristina<br>Banda Luzuriaga                                                                                                                                        | Mario Fabián<br>Benavides Rojas                                                                                                                                          |
| Técnico de Análisis de<br>Riesgos<br>COORDINACIÓN ZONAL<br>7 DE GESTIÓN DE<br>RIESGOS                                                                                         | Directora Zonal<br>COORDINACIÓN ZONAL<br>7 DE GESTIÓN DE<br>RIESGOS                                                                                                        | Coordinador Zonal<br>COORDINACIÓN ZONAL 7<br>DE GESTIÓN DE<br>RIESGOS                                                                                                    |

### Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
www.gestionderiesgos.gob.ec



## 8. BIBLIOGRAFIA

- Manual de identificación de geoformas SIGTIERRAS, febrero 2015.
- Loke, M.H., 2004. "Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys: Geotomo Software, 12p., URL [www.geoelectrical.com](http://www.geoelectrical.com)
- Orellana Ernesto, 1992. Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua (Primera Edición), Paraninfo, Madrid, 574 pág.

9. ANEXO



Levantamiento del ensayo de resistividad eléctrica

**Secretaría de Gestión de Riesgos, Coordinación Zonal 7**

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado Nro. 749 - 59  
entre Héroes Del Cenepa y Benjamín Franklin, Loja -Ecuador  
Código Postal: 110111 La Argelia  
Teléfono: 072547859  
[www.gestionderiesgos.gob.ec](http://www.gestionderiesgos.gob.ec)