

**EVALUACION DE RIESGOS POR  
MOVIMIENTOS DE MASAS – SECTOR  
AMATA, PROYECTO MEJORAMIENTO  
DEL SERVICIO DE INFORMACION  
PARA LA GESTION DEL RIESGO DE  
DESASTRES, EN LAS PROVINCIAS DE  
MARISCAL NIETO, GENERAL SANCHEZ  
CERRO E ILO DEL DEPARTAMENTO DE  
MOQUEGUA.**



**MOQUEGUA - 2023**



## PRESENTACIÓN

El Gobierno Regional de Moquegua como organismo público, requiere generar información sobre peligros, vulnerabilidades y riesgos de acuerdo a los lineamientos del CENEPRED e información proporcionada por estudios técnicos realizados en zona de estudio y por instituciones técnico-científicas, esta información es sistematizada e integrada para una gestión futura y correctiva.

En el presente estudio de EVALUACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS DE MASAS – SECTOR DE AMATA, se identifica y caracteriza el Peligro, el Análisis de los factores de la Vulnerabilidad, la determinación del Nivel de Riesgo en un ámbito específico, con la finalidad de proveer a las decisiones, elementos técnicos que permitan la evaluación de la población de Amata a través de la implementación de medidas de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres con el propósito de proteger la vida de la población, el patrimonio de las personas y del estado.

El presente documento es desarrollado en el marco de la Ley N° 29664 “Ley del Sistema nacional de Gestión del Riesgo de desastres” y de los Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del riesgo de desastres aprobado con Resolución Ministerial N° 334-2012-PCM con la finalidad de identificar y caracterizar los peligros originados por fenómenos de origen natural, en este caso por movimientos de masas, para determinar la probabilidad de ocurrencia de los peligros, analizar y estimar los niveles de vulnerabilidad existente en el ámbito para finalmente calcular o estimar los niveles de riesgos y el control de los mismos, recomendar las medidas de prevención o reducción del riesgo de carácter estructural y no estructural más adecuados, con el objetivo de reducir los riesgos existentes, así como evitar la generación de riesgos futuros.

Para el desarrollo del presente informe se realizó la coordinación con los funcionarios del Gobierno Regional de Moquegua y con información técnica realizada para el estudio e información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Instituto de Estadística e Informática (INEI) entre otros. En el presente informe se aplica la metodología del “Manual para la evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales”, 2da Versión, el cual permite: analizar parámetros de evaluación y susceptibilidad (factores condicionantes y desencadenantes) de los fenómenos o peligros; analizar la vulnerabilidad de elementos expuestos al fenómeno en función a la fragilidad y resiliencia y determinar y zonificar los niveles de riesgos y la formulación de recomendaciones vinculadas a la prevención y/o reducción de riesgos en las áreas geográficas objetos de evaluación.

En el Estudio de Evaluación de Riesgo por movimientos de masas del sector de Amata del distrito de Coalaque, provincia General Sánchez Cerro y departamento de Moquegua, se realizó la identificación y caracterización de Peligro, el Análisis de los factores de la Vulnerabilidad, la determinación del Nivel de Riesgo en un ámbito específico, con la finalidad de proveer a las decisiones, elementos técnicos que permitan la planificación de condiciones de Desarrollo Sostenible a través de la implementación de medidas de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres con el propósito de proteger la vida de la población, el patrimonio de las personas y del estado.

La Junta Directiva del Centro Poblado de Amata, distrito de Coalaque, provincia General Sánchez Cerro y departamento de Moquegua, tiene como sus representantes a las siguientes personas:

**Presidente** : Juan Idrael Apaza Casani

**Vicepresidenta** : Lurdes Sandra Vanegas Oca

**Secretario de actas** : Pedro Elmer Vanegas Casani

**Tesorero** : Nestor Froylan Chavez Casani

**Fiscal** : Nelson Roman Chavez Condori

**Vocal 1** : Ignacio Chavez Apaza

**Vocal 2** : Lidia Ayde Choque Ticona

#### **CONSULTA ESPECIALIZADA DE INSTITUCIONES TÉCNICO-CIENTÍFICAS**

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO y METALÚRGICO – INGEMMET

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – ANA

SENAMHI

CENEPRED - SIGRID

#### **CONSULTA DE ORGANISMOS PÚBLICOS**

ORGANISMO DE FORMALIZACIÓN DE LA PROPIEDAD INFORMAL – COFOPRI

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA – INEI

#### **ASISTENCIA TÉCNICA**

Ing. Nelson Marcelino Condori Huacho (Coordinador de Enlace Regional de Arequipa (CENEPRED))

### INTEGRANTES DEL EQUIPO TECNICO

SERVICIO DE EVALUADOR DE RIESGO ACREDITADO PARA LA ELABORACION DE 01 ESTUDIO DE EVALUACION DE RIESGOS POR MOVIMIENTO DE MASAS - SECTOR AMATA  
ING. JULIO EUSTAQUIO USCA TACA – EVALUADOR DE RIESGO ACREDITADO POR CENEPRED. O/S. N° 2423

SERVICIO DE ASISTENTE TECNICO PARA LA ELABORACION DE 01 DE ESTUDIO DE EVALUACION DE RIESGOS POR MOVIMIENTO DE MASAS - SECTOR AMATA  
BACH. SUPO ROJAS WILSON, O/S. N° 2285

SERVICIO DE ESPECIALISTA EN EVALUACION DE RIESGOS PARA EL ESTUDIO DE EVALUACION DE RIESGOS POR MOVIMIENTO DE MASAS - SECTOR AMATA SEGÚN TDR  
ING. SALOME GUADALUPE CHACON ARCAJA DE VALDEGLESIAS, O/S. N° 2321

SERVICIO DE ESPECIALISTA EN DIAGNOSTICO DE COMUNIDADES EN RIESGO PARA EVALUACION DE VUNELRABILIDAD EN GESTION DE RIESGO DE DESASTRES PARA EL ESTUDIO DE EVALUACION DE RIESGOS POR MOVIMIENTO DE MASAS - SECTOR AMATA  
ING. SONIA TERESA LUQUE ALMONTE, O/S. N° 2325

SERVICIO DE ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFIA (GIS) PARA EL ESTUDIO DE EVALUACION DE RIESGOS POR MOVIMIENTO DE MASAS - SECTOR AMATA.  
ING. LUIS ALBERTO VALDIVIA GONZALES, O/S. N° 2324

SERVICIO DE RECOPIACION DE INFORMACION - RAMOS MAMANI KELVIR, O/S. N° 2416  
SERVICIO DE RECOPIACION DE INFORMACION - ABOG. KONNALLYN MELISA TALA VALDEZ O/S N° 3684

SERVICIO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON DRON SEGÚN TDR - VILCA MAQUERA ELENDIN ALIAN, O/S. N° 2263

## INTRODUCCIÓN

El numeral 11.3 del artículo 11° del Reglamento de la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres–SINAGERD, aprobado con Decreto Supremo N° 048–2011–PCM, establece que los gobiernos regionales y locales son los encargados de: Identificar el nivel de riesgo existente en sus áreas de jurisdicción y, asimismo, establecer un plan de gestión correctiva del riesgo en el cual se instituyan medidas de carácter permanente en el contexto del desarrollo e inversión.

Los artículos 14° y 16° de la Ley N° 29664 del SINAGERD, indican que los gobiernos regionales y gobiernos locales, al igual que las entidades públicas, ejecutan e implementan los procesos de la Gestión del Riesgo de Desastres dentro de sus respectivos ámbitos de competencia. El numeral 11.1 del artículo 11° del Reglamento de la Ley N° 29664, indica que los gobiernos regionales y gobiernos locales incorporan en sus procesos de planificación, de ordenamiento territorial, de gestión ambiental y de inversión pública, la gestión del riesgo de desastres.

El literal a) del numeral 6.2, del artículo 6° de la mencionada Ley N° 29664 del SINAGERD, define al proceso de estimación del riesgo de desastres, como aquel que comprende las acciones y procedimientos que se realizan para generar el conocimiento de los peligros o amenazas, para analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles de riesgo que permitan la toma de decisiones en la gestión del riesgo de desastres.

La Ley N° 29664 del SINAGERD y su reglamento, establecen que el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres –CENEPRED, es la institución que asesora y propone al ente rector la normatividad que asegure y facilite los procesos técnicos y administrativos de estimación, prevención y reducción del riesgo, así como de reconstrucción a nivel nacional.

La Presidencia del Consejo de ministros - PCM, reguló el proceso de estimación del riesgo de desastres a través de los “Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres”, el cual fue aprobado mediante Resolución Ministerial N° 334- 2012-PCM del 26 de diciembre de 2012.

Los lineamientos técnicos, establecen los procedimientos técnicos y administrativos que permiten generar el conocimiento de los peligros, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles de riesgo que viabilicen la toma de decisiones en la gestión del riesgo de desastres, así como los entes competentes para la ejecución de los informes y/o estudios de evaluación de riesgos a nivel de gobiernos regionales y locales (municipalidad provincial y distrital). Dichos

lineamientos son de cumplimiento obligatorio para las instituciones de los tres niveles de gobierno miembros del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), Dirección de Gestión de Procesos (DGP) - Subdirección de Normas y Lineamientos (SNL). CENEPRED, 2014. publica el Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 2da Versión y la Directiva N° 001-2013- CENEPRED/J Procedimientos Administrativos para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. El manual, presenta una metodología que analiza los parámetros de evaluación de los fenómenos y la susceptibilidad de los mismos, así como la vulnerabilidad de los elementos expuestos al fenómeno en función a la exposición, fragilidad y resiliencia, el cual permite determinar y zonificar los niveles de riesgos y la formulación de actividades y proyectos de inversión pública de prevención o reducción de riesgos en las áreas geográficas objetos de evaluación. Dicha metodología semicuantitativa permite tener un porcentaje menor de incertidumbre para la determinación de los niveles de riesgos.

En ese contexto y en consideración del artículo 8 de la Ley 29664 – Ley del SINAGERD, los autores del presente informe coordinaron con los socios interesados en este estudio, para brindar asistencia técnica en la elaboración del Informe de Evaluación de Riesgos por Flujo de Detritos en el área de influencia de la quebrada de su jurisdicción.

El presente informe desarrolla la metodología establecida en el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales versión 2, elaborada por el CENEPRED, la cual ha permitido caracterizar el peligro generado por flujo de detritos, asimismo, determinar los factores de susceptibilidad del área de estudio, determinar los escenarios de riesgos, los niveles de peligrosidad, la estratificación de peligrosidad, la zonificación de peligrosidad, analizar los elementos expuestos susceptibles, analizar la vulnerabilidad, los niveles de vulnerabilidad, la estratificación de la vulnerabilidad, la zonificación de la vulnerabilidad, cuantificar las posibles pérdidas y zonificar los riesgos de los lotes de dicha zona de estudio.

Los procesos de remoción en masa son los peligros de origen natural más destructivos en todo el Perú, dado que se generan en las zonas montañosas y se depositan en abanicos aluviales o llanuras aluviales ocupadas por asentamientos humanos, como ocurre en el caso del Centro Poblado de Amata.

En primera instancia se emplean sistemas de información geográfica para evaluar las zonas susceptibles a movimientos de remoción de masas, mediante el método de relación de

frecuencias y considerando como factores detonantes la pendiente, litología, cobertura, curvatura y espesor del estrato superficial.

La vulnerabilidad se determinó a partir de los índices de Exposición y de Resiliencia, que es un indicativo del grado de exposición de las edificaciones y su comportamiento ante el evento Peligroso. El Riesgo de las construcciones se plantea como una función del peligro, vulnerabilidad y el costo asociado al elemento expuesto.

## ÍNDICE

PRESENTACIÓN .....	I
INTRODUCCIÓN .....	IV
CAPITULO I.- ASPECTOS GENERALES.....	10
1.1.    OBJETIVOS.....	10
1.1.1.    Objetivo general .....	10
1.1.2.    Objetivos específicos.....	10
1.2.    ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES .....	10
1.3.    MARCO NORMATIVO.....	11
1.4.    JUSTIFICACIÓN .....	12
1.5.    FINALIDAD.....	13
CAPITULO II.- CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	13
2.1.    UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	13
2.2.    VÍAS DE ACCESO.....	1
2.3.    CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS.....	1
2.4.    DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA ZONA A EVALUAR: CARACTERÍSTICAS SOCIALES .....	5
2.4.1.    Población.....	5
2.4.2.    Vivienda .....	5
2.4.3.    Educación .....	5
2.4.4.    Accesibilidad.....	6
2.4.5.    Topografía .....	6
2.4.6.    Sistema vial .....	6
2.4.7.    Infraestructura de servicios básicos.....	6
2.5.    INFORMACIÓN SOCIO – ECONÓMICA.....	7
2.6.    ASPECTOS FÍSICOS.....	8
2.6.1.    Geología.....	8
2.6.1.1.    Complejo basal de la costa .....	8
2.6.1.2.    Grupo Yura.....	8
2.6.1.3.    Formación Sencca.....	12
2.6.1.4.    Grupo Barroso (Complejo Volcánico Cerro Blanco - Cerro Sataico).....	12
2.6.1.5.    Depósitos aluviales .....	13
2.6.2.    Geomorfológicos.....	13
2.6.2.1.    Unidad de depósitos de piedemonte y movimientos en masa abanicos proluviales	13
2.6.2.2.    Unidad ladera de montañas ramificadas en rocas sedimentarias .....	14

2.6.3.	Pendiente.....	14
2.6.4.	Geodinámica interna.....	15
2.6.4.1.	Tectonismo de la Región Andina.....	15
2.6.4.2.	Zonificación Sísmica.....	15
2.6.5.	Geodinámica externa.....	17
2.6.5.1.	Formaciones ecológicas.....	17
2.6.6.	Hidrología.....	18
CAPITULO III. DETERMINACION DEL PELIGRO.....		19
3.1.	METODOLOGIA PARA LA DETERMINACIÓN DEL PELIGRO.....	19
3.2.	RECOPIACION Y ANALISIS DE INFORMACION.....	20
3.3.	IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS.....	22
3.3.1.	Erosión en cárcavas.....	23
3.3.2.	Caída de Rocas.....	30
3.3.3.	Deslizamiento de Suelos.....	34
3.4.	PARAMETROS DE EVALUACION.....	46
3.5.	SUSCEPTIBILIDAD.....	48
3.5.1.	Factores Condicionantes.....	49
A)	Pendiente.....	49
B)	Geología.....	54
C)	Geomorfología.....	61
3.5.2.	Factores Desencadenantes.....	64
3.6.	ANALISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS.....	67
3.6.1.	Población y vivienda.....	67
3.6.2.	Educación.....	67
3.6.3.	Salud.....	67
3.6.4.	Instituciones.....	68
3.6.5.	Energía eléctrica.....	68
3.6.6.	Agua a domicilio.....	68
3.6.7.	Vías afectadas.....	69
3.6.8.	Terrenos de cultivo.....	69
3.7.	DEFINICION DE ESCENARIOS.....	71
3.8.	DEFINICION Y ESTRATIFICACION DEL NIVEL DE PELIGRO.....	71
3.8.1.	Estratificación del Nivel de Peligro.....	71
3.8.2.	Mapa de Zonificación del Nivel de peligro.....	72
CAPITULO IV. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD.....		74
4.1.	METODOLOGIA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....	74

4.2.	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD .....	74
4.2.1.	Análisis de la Dimensión Social.....	74
4.2.1.1.	Componente Exposición Social .....	75
4.2.1.2.	Exposición Económica .....	75
4.2.1.3.	Exposición Ambiental.....	75
4.2.2.	Ponderación de los Parámetros de Exposición .....	76
4.2.3.	Análisis de la Componente Fragilidad .....	76
4.2.3.1.	Fragilidad Social .....	76
4.2.3.2.	Fragilidad Económica .....	77
4.2.3.3.	Fragilidad Ambiental.....	79
4.2.4.	Ponderación De Los Parámetros De Fragilidad .....	79
4.2.5.	Análisis De La Componente Resiliencia .....	81
4.2.5.1.	Resiliencia Social.....	81
4.2.5.2.	Resiliencia Económica .....	83
4.2.5.3.	Resiliencia Ambiental.....	84
4.2.6.	Ponderación de los Parámetros de Resiliencia .....	84
4.2.7.	Nivel De Vulnerabilidad .....	84
4.2.7.1.	Ponderación de la Vulnerabilidad.....	84
4.2.7.2.	Niveles de la Vulnerabilidad.....	86
4.2.7.3.	Estratificación de la Vulnerabilidad .....	86
CAPITULO V. CÁLCULO DEL RIESGO .....		89
5.1.	METODOLOGIA PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO.....	89
5.2.	MATRIZ DE RIESGOS.....	89
5.3.	NIVELES DE RIESGOS.....	90
5.4.	Estratificación del Nivel de riesgo por deslizamiento .....	90
5.5.	MAPA DEL RIESGO.....	91
5.6.	CÁLCULO DE PÉRDIDAS (CUALITATIVA Y CUANTITATIVA) .....	93
5.7.	Zonificación de Riesgos.....	94
5.8.	Medidas De Prevención De Riesgos De Desastres (Riesgos Futuros) .....	94
5.8.1.	De Orden Estructural.....	94
5.8.2.	De Orden No Estructural.....	95
5.9.	Medidas De Reducción De Riesgos De Desastres (Riesgos Existentes).....	95
5.9.1.	De Orden Estructural.....	95
5.9.2.	De Orden No Estructural.....	95
CAPITULO VI. CONTROL DEL RIESGO.....		97
6.1.	DEL CONTROL DE RIESGOS.....	97

6.1.1.	ACEPTACIÓN Y/O TOLERANCIA .....	97
6.1.1.1.	Valoración de consecuencias .....	97
6.1.1.2.	Valoración de frecuencia .....	97
6.1.1.3.	Nivel de consecuencia y daños.....	98
6.1.1.4.	Aceptabilidad y/o Tolerancia .....	98
6.1.2.	MEDIDAS DE CONTROL.....	99
	CONCLUSIONES.....	100
	RECOMENDACIONES .....	101
	BIBLIOGRAFIA .....	102
	ANEXOS.....	104
	Anexo 1. Mapas.....	104
	Anexo 2. Datos Estadísticos.....	113
	Anexo 3: Panel Fotográfico .....	113

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ubicación geográfica del distrito de Coalaque.....	1
Ilustración 2: Ubicación de las estaciones Meteorológicas del tipo Convencional para Omate y Puquina.....	2
Ilustración 3: La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25º a 75º, y 10º a 90º. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes. Para Puquina. ....	3
Ilustración 4: La lluvia promedio (línea sólida) acumulada en un periodo de 31 días en una escala móvil, centrado en el día en cuestión, con las bandas de percentiles del 25º al 75º y del 10º al 90º. La línea delgada punteada es la precipitación de nieve promedio correspondiente. Para Puquina.....	3
Ilustración 5: La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25º a 75º, y 10º a 90º. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes. Para Omate. ....	4
Ilustración 6: La lluvia promedio (línea sólida) acumulada en un periodo de 31 días en una escala móvil, centrado en el día en cuestión, con las bandas de percentiles del 25º al 75º y del 10º al 90º. La línea delgada punteada es la precipitación de nieve promedio correspondiente. Para Omate. ....	4
Ilustración 7: Se observan areniscas del Grupo Yura – Formación Puente. ....	9
Ilustración 8: Muestras de Areniscas del Grupo Yura – Formación Puente. ....	10
Ilustración 9: Se observan arcillitas del Grupo Yura – Formación Cachios.....	11
Ilustración 10: Se observan arcillitas depósitos de lapilli de pómez sobre los afloramientos de la Formación Cachios. Los depósitos de caída de lapilli de pómez son producto de la última erupción del volcán Huaynaputina. ....	12
Ilustración 11: Depósitos aluviales (Foto: Propia). ....	13
Ilustración 12: Sismicidad con Foco A) Superficial, B) Intermedio y C) Profundo. ....	16
Ilustración 13: Mapa Sismorresistente.....	17
Ilustración 14: Metodología general para determinar el nivel de peligro.....	19
Ilustración 15: Flujograma general del proceso de análisis de información.....	21
Ilustración 16: Clasificación de los peligros generados por fenómenos de origen natural (CENEPRED, 2014). ....	23
Ilustración 17: Esquema general de una cárcava. ....	25
Ilustración 18: La línea en amarillo corresponde al inicio de la cárcava que se ubica al ingreso de Amata en la antigua carretera.....	26
Ilustración 19: La línea en amarillo, se puede observar la formación de cárcavas en medio de la masa que se ha deslizado. ....	27
Ilustración 20: Clasificación de los movimientos de masas. ....	29
Ilustración 21: Esquemas de los tipos de movimientos de los bloques realizan sobre el talud dependiendo de su pendiente y su origen. ....	30
Ilustración 22: Caídas de rocas en carretera antigua – ingreso a Amata. ....	31
Ilustración 23: En amarillo se observa la carretera antigua para el ingreso de Amata, el cual está en desuso actualmente por la obstrucción de la misma, debido a la caída de bloques de diversos tamaños.....	31
Ilustración 24: En color morado se observa la carretera antigua para el ingreso de Amata, en dicho acceso se observa caídas de bloques de roca arenisca a lo largo de dicho tramo.....	32
Ilustración 25: Intercalación de Areniscas y arcillitas en talud de carretera. ....	33
Ilustración 26: Bloques que han sufrido caídas en el ingreso a Amata.....	34

Ilustración 27: Deslizamiento rotacional. ....	35
Ilustración 28: Geodinámica del poblado de Amata. (INGEMMET, 2011). ....	37
Ilustración 29: Peligros geológicos de la zona de reubicación del centro poblado de Amata).....	38
Ilustración 30: Muestra el deslizamiento rotacional en el centro poblado Amata. ....	39
Ilustración 31: Deslizamiento rotacional en el centro poblado antiguo de Amata. (Fuente :Elaborado para el Estudio).....	40
Ilustración 32: Deslizamiento rotacional en el centro poblado antiguo de Amata. ....	41
Ilustración 33: Ubicación espacial del Perfil AA' del Deslizamiento rotacional en la Comunidad de Amata.....	44
Ilustración 34: Perfil AA' del Deslizamiento rotacional en la Comunidad de Amata. ....	44
Ilustración 35: Ubicación espacial del Perfil BB' del Deslizamiento rotacional en la Comunidad de Amata.....	45
Ilustración 36: Perfil BB' del Deslizamiento rotacional en la Comunidad de Amata. ....	45
Ilustración 37: Determinación de la susceptibilidad. ....	49
Ilustración 38: Depósito aluvial. ....	54
Ilustración 39: Depósito de caída.....	55
Ilustración 40: Se observan arcillitas del Grupo Yura – Formación Cachíos (Foto: Propia).....	57
Ilustración 41: Se observa la estratificación de areniscas y lutitas de la Formación Cachíos.....	58
Ilustración 42: Metodología general para determinar la vulnerabilidad. ....	74
Ilustración 43: Fórmula para determinar el nivel de riesgo. ....	89
Ilustración 44: En el interior de este inmueble que se usa como corral, se observó animales, dicho inmueble se encuentra en la parte media del deslizamiento.....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Puntos tomados en la Comunidad de Amata.....	43
Tabla 2: Matriz de comparación de pares del parámetro de Frecuencia.....	46
Tabla 3: Matriz de normalización de pares del parámetro de Frecuencia.....	47
Tabla 4: Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) del parámetro de Frecuencia.....	47
Tabla 5: Matriz de comparación de pares para la Velocidad de Desplazamiento.....	47
Tabla 6: Matriz de normalización para la Velocidad de Desplazamiento.....	48
Tabla 7: Índice y relación de consistencia para la Velocidad de Desplazamiento.....	48
Tabla 8: Clases de pendiente y las condiciones del terreno, Modificado de Van Zuidam (1986)..	50
Tabla 9: Rangos de pendientes del terreno para Amata.....	51
Tabla 10: Matriz de comparación de pares para la Pendiente.....	51
Tabla 11: Matriz de normalización para la Pendiente.....	51
Tabla 12: Índice y relación de consistencia para la Pendiente.....	52
Tabla 13: Matriz de comparación de pares para la Geología.....	59
Tabla 14: Matriz de normalización para la Geología.....	59
Tabla 15: Índice y relación de consistencia para la Geología.....	59
Tabla 16: Matriz de comparación de pares para la Geomorfología.....	62
Tabla 17: Matriz de normalización para la Geomorfología.....	62
Tabla 18: Índice y relación de consistencia para la Geomorfología.....	62
Tabla 19: Matriz de comparación de pares para los factores condicionantes.....	64
Tabla 20: Matriz de normalización para los factores condicionantes.....	64
Tabla 21: Índice y relación de consistencia para los factores condicionantes.....	64
Tabla 22: Umbrales de Precipitación para las estaciones: Puquina, Ubinas.....	65
Tabla 23: Precipitaciones máximas de su serie histórica en las estaciones: Punta Coles, Ilo, Moquegua, Carumas, Calacoa, Puquina y Ubinas.....	65
Tabla 24: Matriz de comparación de pares para la Precipitación.....	66
Tabla 25: Matriz de normalización para la Precipitación.....	66
Tabla 26: Índice y relación de consistencia para la precipitación.....	66
Tabla 27: Elementos expuestos – Población y Grupos Familiares.....	67
Tabla 28: Elementos expuestos – Educación.....	67
Tabla 29: Elementos expuestos – Salud.....	68
Tabla 30: Elementos expuestos –Instituciones.....	68
Tabla 31: Elementos expuestos – Energía eléctrica.....	68
Tabla 32: Elementos expuestos – Red agua no potable.....	69
Tabla 33: Elementos expuestos – Vía carrozable.....	69
Tabla 34: Elementos expuestos – AREAS DE CULTIVO.....	69
Tabla 35: Niveles de Peligro.....	71
Tabla 36: Niveles de Peligro.....	72
Tabla 37: Dimensión Social.....	75
Tabla 38: Dimensión Económica.....	75
Tabla 39: Ponderación de los Parámetros de Exposición social.....	76
Tabla 40: Matriz de comparación de pares - Grupo Etereo.....	76
Tabla 41: Matriz de normalización - Grupo Etereo.....	77
Tabla 42: Índice y relación de consistencia – Grupo Etereo.....	77
Tabla 43: Matriz de comparación de pares y normalización - Material predominante en pared..	77
Tabla 44: Matriz de normalización - Material predominante en pared.....	78
Tabla 45: Índice y relación de consistencia – Material predominante en pared.....	78

Tabla 46: Matriz de comparación de pares - Sistema constructivo.....	78
Tabla 47: Matriz de comparación de pares - Sistema constructivo.....	79
Tabla 48: Índice y relación de consistencia – Material predominante en pared. ....	79
Tabla 49: Ponderación de los Parámetros de Fragilidad social. ....	80
Tabla 50: Ponderación de los Parámetros de Fragilidad Económica. ....	80
Tabla 51: Matriz de comparación de pares - Actitud frente al riesgo.....	81
Tabla 52: Matriz de normalización - Actitud frente al riesgo.....	81
Tabla 53: Índice y relación de consistencia – Actitud frente al riesgo.....	81
Tabla 54: Matriz de comparación de pares - Interés de participar en campañas de prevención. .	82
Tabla 55: Matriz de normalización -- Interés de participar en campañas de prevención.....	82
Tabla 56: Índice y relación de consistencia – Interés de participar en campañas de prevención..	82
Tabla 57: Matriz de comparación de pares – Ingreso promedio mensual familiar.....	83
Tabla 58: Matriz de normalización – Ingreso promedio mensual familiar.....	83
Tabla 59: Índice y relación de consistencia – Ingreso promedio mensual familiar.....	83
Tabla 60: Ponderación de Resiliencia Social y Económica.....	84
Tabla 61: Ponderación de los Parámetros de Dimensión Social.....	85
Tabla 62: Ponderación de los Parámetros de Dimensión Económica.....	85
Tabla 63: PONDERACION DE LA VULNERABILIDAD.....	86
Tabla 64: Niveles de la VULNERABILIDAD.....	86
Tabla 65: Estratificación de la VULNERABILIDAD.....	87
Tabla 66: Matriz de Riesgos.....	89
Tabla 67: Niveles de riesgo.....	90
Tabla 68: Estratificación del riesgo.....	90
Tabla 69: Cálculo montos probables (infraestructura).....	93
Tabla 70: Costos para atender emergencias.....	93
Tabla 71: Nivel del riesgo para la zonificación territorial.....	94
Tabla 72: Valoración de consecuencias.....	97
Tabla 73: Valoración de frecuencia.....	97
Tabla 74: Nivel de consecuencia y daños.....	98
Tabla 75: Nivel de Aceptabilidad y/o tolerancia del Riesgo.....	98
Tabla 76: Matriz de Aceptabilidad y/o tolerancia del Riesgo.....	99

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: MAPA DE UBICACIÓN.....	1
Mapa 2: MAPA DE DELIMITACIÓN DEL DESLIZAMIENTO EN AMATA.....	42
Mapa 3: MAPA DE PENDIENTES.....	53
Mapa 4: MAPA DE GEOLOGIA.....	60
Mapa 5: MAPA DE GEOMORFOLOGIA.....	63
Mapa 6: MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS.....	70
Mapa 7: MAPA DE PELIGRO.....	73
Mapa 8: MAPA DE VULNERABILIDAD.....	88
Mapa 9: MAPA DE RIESGO.....	92

## CAPITULO I.- ASPECTOS GENERALES

### 1.1. OBJETIVOS

#### 1.1.1. Objetivo general

Determinar el nivel del riesgo originado por movimiento de masas en el sector de Amata, distrito de Coalaque, provincia General Sánchez Cerro y departamento de Moquegua.

#### 1.1.2. Objetivos específicos

- Aplicar la metodología propuesta por el CENEPRED, para la evaluación del Peligro por movimiento de masas y la elaboración del mapa de peligro.
- Identificar modelos de evaluación de vulnerabilidad física por movimiento de masas y la elaboración del mapa del nivel de vulnerabilidad del sector de AMATA, distrito de Coalaque, provincia General Sánchez Cerro y departamento de Moquegua.
- Aplicar el método para evaluación de riesgo por deslizamientos y la elaboración del mapa de riesgos, evaluando la aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo.
- Recomendar medidas de control del riesgo

### 1.2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES

Según los datos reportados por el Sistema de Información de Movimientos en Masa del INGEMMET, actualizados a abril de 2017, se está presentando un flujo de detritos cada dos días en el Perú con diferentes niveles de afectación, entre ellas: pérdidas económicas tanto las producidas por el evento en sí (daño a la infraestructura, pérdida de cultivos, devastación de pueblos, daño en patrimonio cultural y social), como las que implican la re construcción o recuperación después del movimiento.

En este sentido y específicamente para el área de estudio el INGEMMET a realizado dos trabajos, lo cuales son:

- Reactivación del deslizamiento de Amata. Distrito de Coalaque - Región Moquegua, autores: Benavente Carlos & Rosado Malena (2011). El poblado de Amata pertenece al distrito de Coalaque, provincia de Sánchez Cerro, departamento de Moquegua. El estudio se basa en las observaciones de campo realizadas durante la inspección en la zona, así como la interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales, versiones de los lugareños, y la información disponible de trabajos realizados anteriormente en el área de estudio.

- Evaluación de peligros geológicos de la zona propuesta para reubicación en el sector de Amata. Región Moquegua, provincia General Sánchez Cerro, distrito Coalaque. INGEMMET (2019). El informe de inspección contiene datos de observaciones realizadas en la zona propuesta para reubicación en Amata, distrito de Coalaque, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua. En el área de estudio, afloran rocas de la Formación Cachios (Grupo Yura) compuestas por capas de arcillitas muy deleznable. Estas rocas son inestables ante la infiltración de aguas. Geomorfológicamente el área propuesta se encuentra sobre una ladera de montaña en roca sedimentaria de la Formación Cachios. Los peligros geológicos identificados en la zona evaluada están condicionados por la naturaleza litológica de la zona, la pendiente de las laderas, la configuración geomorfológica y la proximidad de la zona a centros volcánicos. El principal peligro geológico que se encuentra en este sector son erosiones de laderas. De acuerdo a la evaluación de peligros geológicos, el terreno propuesto en Amata se considera apto para la reubicación. Sin embargo, este terreno deber ser utilizado únicamente para vivienda.

La región andina es un territorio susceptible a la ocurrencia de deslizamientos y flujos de detritos (huaycos); los cuales son tipologías de los movimientos de masas. En zonas húmedas predominan los deslizamientos, mientras que en zonas secas con menores precipitaciones y suelos desnudos o con escasa vegetación, predominan los flujos de detritos. Comunidad Andina (2009).

### **1.3. MARCO NORMATIVO**

El marco normativo contempla lo establecido en la constitución Política del Perú, la misma que hace referencia a diversas normas a ser tomadas en cuenta.

- Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD,
- Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Ley N° 27867, Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales y su modificatorias dispuesta por Ley N° 27902.
- Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades y su modificatoria aprobada por Ley N° 28268.

- Ley N° 29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy Alto Riesgo No Mitigable.
- Decreto Supremo N° 115-2013-PCM, aprueba el Reglamento de la Ley N° 29869.
- Decreto Supremo N° 126-2013-PCM, modifica el Reglamento de la Ley N° 29869.
- Resolución Jefatural N° 112 – 2014 – CENEPRED/J, que aprueba el "Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales", 2da Versión.
- Resolución Ministerial N° 334-2012-PCM, que Aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N° 222-2013-PCM, que Aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N° 220-2013-PCM, Aprueba los Lineamientos Técnicos para el Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres.
- Decreto Supremo N° 111–2012–PCM, de fecha 02 de noviembre de 2012, que aprueba la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N° 147-2016-PCM, de fecha 18 de julio 2016, que aprueba los lineamientos para la implementación del Proceso de Reconstrucción.
- Decreto Urgencia N° 004-2017 de fecha 17 de marzo del 2017, que aprueba medidas para estimular la economía, así como para la atención de intervenciones ante la ocurrencia de lluvia y peligros asociados.
- Decreto Supremo N° 142-2021-PCM, modifica el Reglamento de la Ley N° 29869. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy Alto Riesgo no Mitigable

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

Los movimientos de remoción de masas que se han suscitado como lo hicieron el año pasado, hace uno, diez, mil años, y lo seguirán haciendo; es lo normal cuando se tiene lluvias abundantes, montañas y valles. La diferencia hoy es que los deslizamientos y los flujos de detritos encuentran en su camino una gran cantidad de personas que habitan en condiciones que los hacen vulnerables a estos eventos. Los movimientos de masas llegan a perturbar sus vidas “normales”; esa “normalidad” que no es otra que habitar en viviendas construidas de manera informal, con familias en condiciones socioeconómicas deficitarias, con autoridades locales sin sistemas de gestión de desastres operativos y otros factores de riesgo.

Los movimientos de masas – efectivamente – eventos estacionales, pero que terminan generando desastres recurrentes por la conjunción entre una elevada vulnerabilidad y una

baja resiliencia. Es por todo lo expuesto anteriormente que en el sector de Amata; se ha identificado que el principal peligro sería los deslizamientos, el cual será abordado en el presente informe.

Justificar el funcionamiento de las acciones de prevención, reducción de riesgos y/o reconstrucción en el área afectada por movimientos de masas, que son importantes para la prevención de desastres y también para planificación del territorio y muy particularmente para el asentamiento poblacional.

### **1.5. FINALIDAD**

Este informe tiene por finalidad sustentar la implementación de acciones de prevención y/o reducción de riesgos en el sector de Amata, distrito de Coalaque, provincia General Sánchez Cerro y departamento de Moquegua.

## **CAPITULO II.- CARACTERÍSTICAS GENERALES**

### **2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

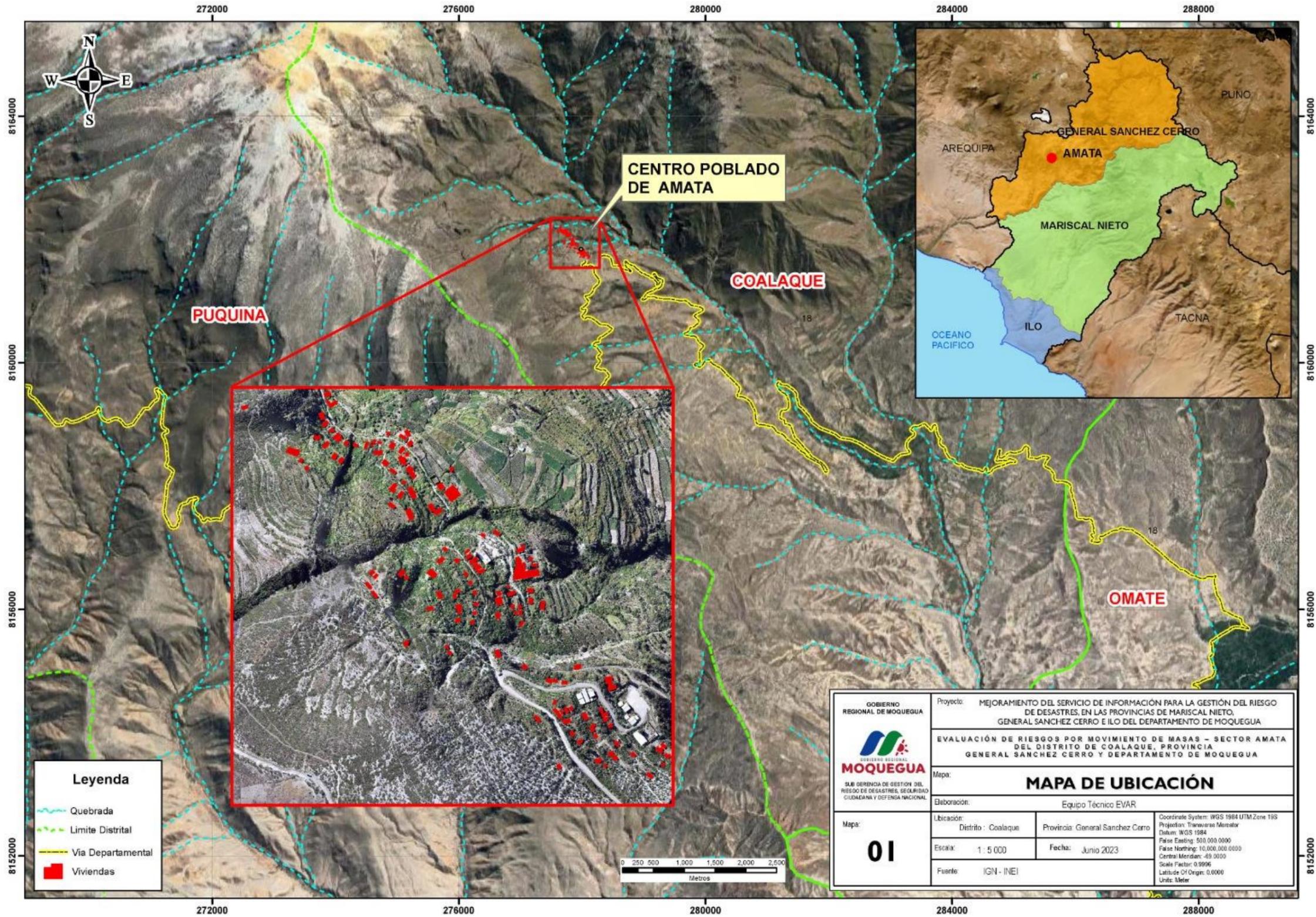
El poblado de Amata, se ubica en el distrito de Coalaque, provincia General Sánchez Cerro y departamento de Moquegua, en el sur del Perú.

El poblado de Amata se ubica a 2990 msnm en la margen derecha del Río Amarillo. El área de estudio se encuentra comprendida entre las siguientes coordenadas UTM, datum WGS 84, zona 19 S.

Punto 1. 8162250 m Norte      277000 m Este

Punto 2. 8161600 m Norte      278600 m Este

Mapa 1: MAPA DE UBICACIÓN.



Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

*Ilustración 1: Ubicación geográfica del distrito de Coalaque.*



*Fuente: Elaboración propia*

## **2.2. VÍAS DE ACCESO**

El acceso a la zona de estudio se puede realizar de dos maneras:

Desde Arequipa se toma la carretera asfaltada hasta Characato, luego se continúa por la carretera afirmada hasta Coalaque, pasando por Pocsi, Polobaya y Puquina. A unos 20 Km antes de llegar a Coalaque, se toma un desvío en trocha de 7 Km hacia el poblado de Amata.

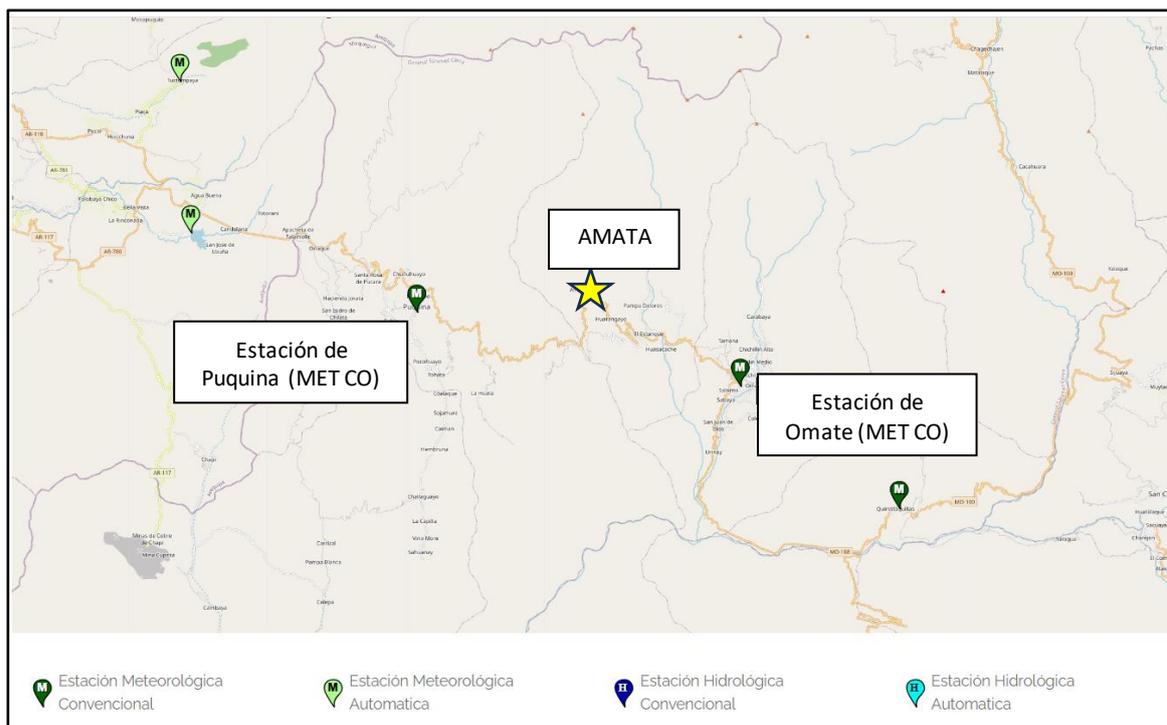
También se puede llegar, desde Moquegua por la carretera asfaltada hasta Torata, luego se coge la carretera afirmada que pasa por Quinistaquillas, Omate hasta Coalaque, de ahí 12 km por trocha hasta Amata.

## **2.3. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS**

Las estaciones más cercanas a la zona de estudio, son: la estación de Puquina y la de Omate.

- Estación Puquina, tipo Convencional – Meteorológica, Distrito: Puquina, Provincia: General Sánchez Cerro, Latitud: 16° 37' 47.2" Longitud : 71° 11' 5.1" Altitud: 3109 msnm
- Estación Omate, tipo Convencional – Meteorológica, Distrito: Omate, Provincia: General Sánchez Cerro, Latitud: 16° 40' 31.1" Longitud : 70° 58' 45.3" Altitud: 2130 msnm

*Ilustración 2: Ubicación de las estaciones Meteorológicas del tipo Convencional para Omate y Puquina*

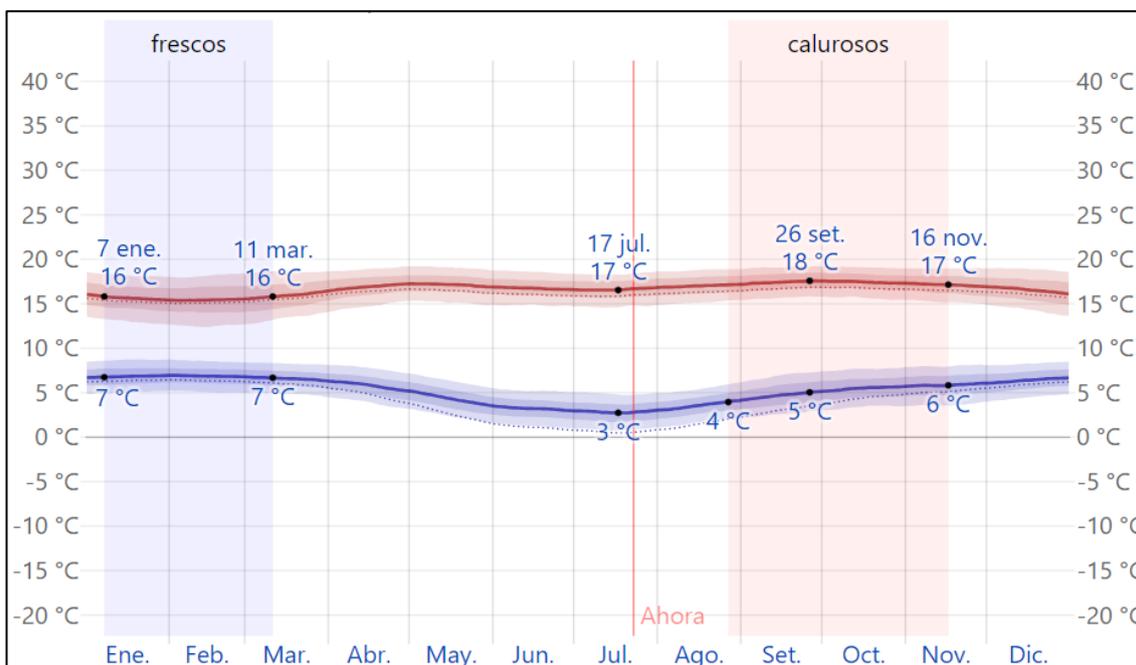


*Fuente: Trabajo de campo*

El clima predominante del área es de templado a frío, propio de la zona de vida, con una temperatura media de 10°C. Durante los meses de enero a marzo se registran el valor promedio de 16° y la mínima oscila en los 2°C durante los meses de junio y julio. Se trata de una zona fría, cuyo promedio de precipitación no está determinado ya que no existe estación meteorológica en la zona. De acuerdo a la información meteorológica suministrada por el SENAMHI, establece que en la zona el clima se caracteriza por su luminosidad (8.7 horas de sol como promedio al día) y una humedad relativa de 65%.

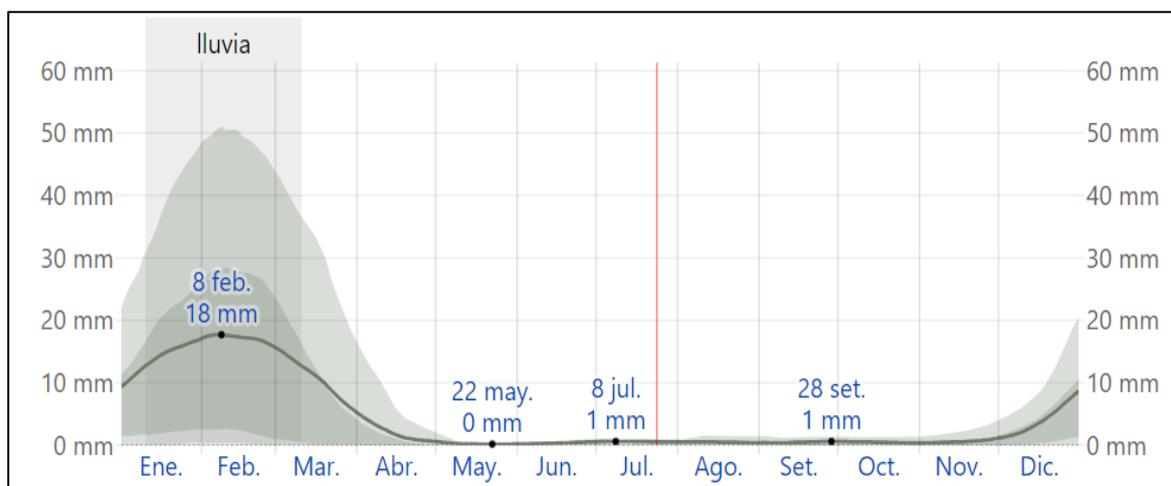
Debido a que las estaciones meteorológicas, más cercanas son las de Puquina y Omate, a continuación, se presentan los siguientes climogramas.

Ilustración 3: La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25º a 75º, y 10º a 90º. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes. Para Puquina.



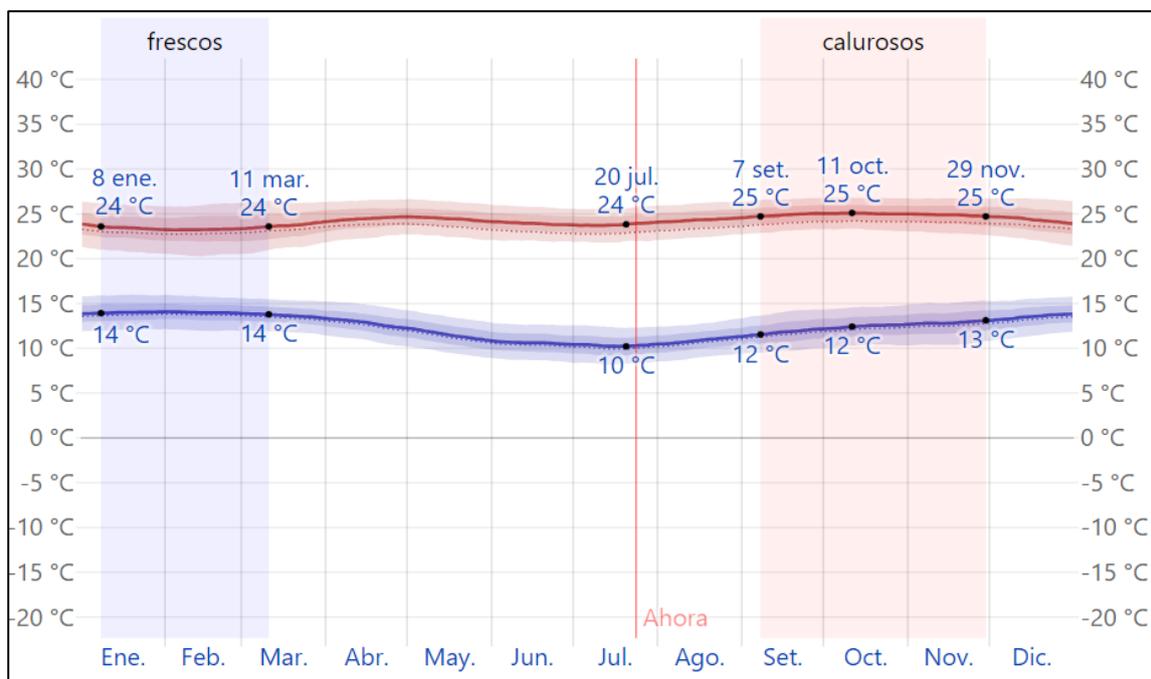
Fuente: Elaborado en base a la información del SENAEMI.

Ilustración 4: La lluvia promedio (línea sólida) acumulada en un periodo de 31 días en una escala móvil, centrado en el día en cuestión, con las bandas de percentiles del 25º al 75º y del 10º al 90º. La línea delgada punteada es la precipitación de nieve promedio correspondiente. Para Puquina.



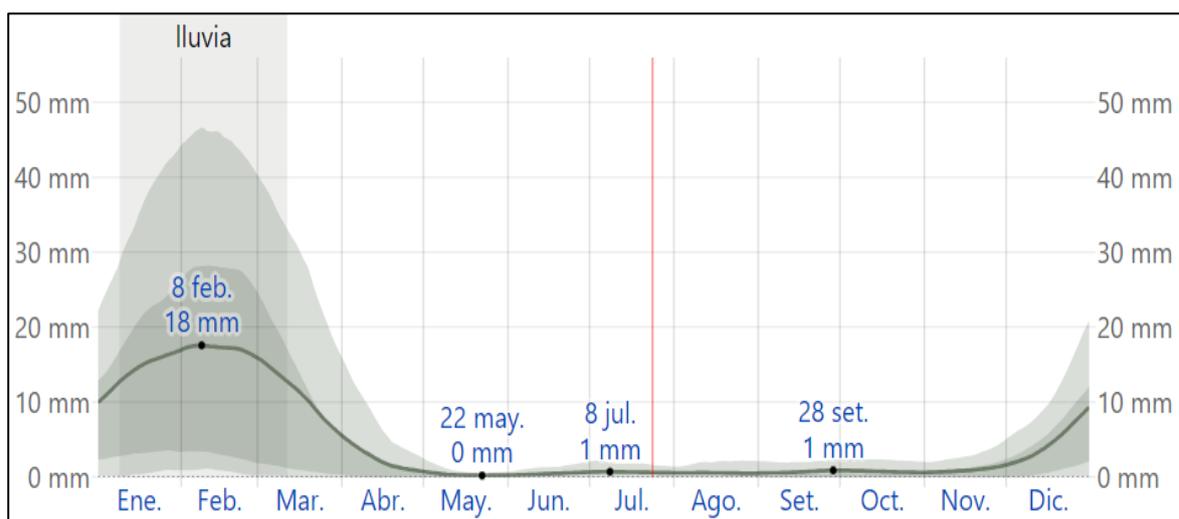
Fuente: Elaborado en base a la información del SENAEMI.

Ilustración 5: La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25º a 75º, y 10º a 90º. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes. Para Omate.



Fuente: Elaborado en base a la información del SENA HMI.

Ilustración 6: La lluvia promedio (línea sólida) acumulada en un periodo de 31 días en una escala móvil, centrado en el día en cuestión, con las bandas de percentiles del 25º al 75º y del 10º al 90º. La línea delgada punteada es la precipitación de nieve promedio correspondiente. Para Omate.



Fuente: Elaborado en base a la información del SENA HMI.

## 2.4. DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA ZONA A EVALUAR: CARACTERÍSTICAS SOCIALES

### 2.4.1. Población

En la comunidad de Amata se tiene un promedio total de 130 viviendas unifamiliares; 01 Puesto de Salud, Centro Educativo de Nivel Inicial, Primaria y Secundaria. Desde el punto de vista demográfico, el área de estudio cuenta con una población estimada de 360 habitantes, donde el 52 % son varones y el 48 % son mujeres.

Además, se trata de pobladores que en su mayor parte han radicado en la zona y algunas familias procedentes de las partes altoandinas de Moquegua, también se tiene inmigrantes procedentes de Puno y los procedentes de otras ciudades. La mayoría de las familias tienen hijos en edad escolar los cuáles estudian en Instituciones Educativas del Estado y otros que han salido de la zona para realizar estudios de secundaria y superiores. El ámbito de estudio está conformado por 130 familias, con un índice de crecimiento poblacional de 2,8% anual, se trata de una población adulta y la menor parte es joven cuyas edades oscilan entre 30 a 80 años.

Desde el punto de vista orgánico en el ámbito de estudio se encontró que están organizados mediante la única representación constituida que es la Presidencia de la Comunidad de Amata y un Club de Madres.

Se observa la distribución de la población local por grupo etario:

Adultos mayores y/o discapacitados	= 52 (19.26 % de los integrantes)
Madres gestantes y/o niños de 0 a 5 años	= 6 (2.22 %)
Niños de 06 a 14 años	= 12 (4.44 %)
Jóvenes de 15 a 25 años	= 16 (5.93 %)
Adultos de 26 a 65 años	= 184(68.15%)

### 2.4.2. Vivienda

Las viviendas en el centro poblado de Amata son en su gran mayoría de material precario; siendo el material predominante de las paredes de las viviendas de adobe o tapia, y los pisos son de cemento y tierra compactada, los techos de calamina.

### 2.4.3. Educación

El Centro Poblado de Amata cuenta con la I.E. 43088 Señor de los Milagros, que brinda educación inicial y primaria.

La educación secundaria la realizan en la I.E. San Pedro, la misma que se encuentra en la capital del distrito de Coalaque.

Los estudios universitarios y superiores en su gran mayoría lo realizan en la ciudad de Arequipa y Moquegua.

#### **2.4.4. Accesibilidad**

El acceso a la zona de estudio se puede realizar de dos maneras:

- Desde Arequipa se toma la carretera asfaltada hasta Characato, luego se continúa por la carretera afirmada hasta Coalaque, pasando por Pocsi, Polobaya y Puquina. A unos 20 Km antes de llegar a Coalaque, se toma un desvío en trocha de 7 Km hacia el poblado de Amata.
- También se puede llegar, desde Moquegua por la carretera asfaltada hasta Torata, a través de la vía que tiene un promedio 168 Km, luego se coge la carretera afirmada que pasa por Quinistaquillas, Omate hasta Coalaque, de ahí 12 km por trocha hasta Amata.

#### **2.4.5. Topografía**

La Comunidad de Amata, está asentada al pie del cerro Quermezana y en su parte baja se encuentra la subcuenca de Río Amarillo que presenta inclinación de norte a sur y con pendientes mayores de 15% en los flancos derecho e izquierdo de la quebrada, el centro poblado presenta la forma de un cono de en su base menor. La topografía de la zona está conformada por una superficie ondulada con características de relieves resaltantes como planos inclinados (taludes), bajo un patrón de pendientes, quebradas y desniveles considerables como áreas escarpadas que se localizan al fondo de la zona.

#### **2.4.6. Sistema vial**

Las calles y pasajes que presenta la comunidad se encuentran a nivel de pendientes sin afirmado y que en parte se interfieren con las redes de agua. La principal vía que atraviesa por la zona es la carretera de trocha carrozable Omate –Arequipa y viceversa, con un promedio de 105 km. entre Arequipa y Amata. El servicio de transporte de pasajeros se hace a través de la línea de ómnibus y combis que pasan por la comunidad.

#### **2.4.7. Infraestructura de servicios básicos**

Respecto a servicios públicos a en la zona se pudo apreciar que la población cuenta con Instalaciones de la red de agua potable que están en estado precario y con servicio por determinadas horas del día. Por otro lado, no cuentan con las instalaciones de alcantarillado de red colectora y red emisora, no tienen servicios de letrinas públicas

ni domiciliarias. Con respecto al servicio de energía tiene como punto de captación de la red de la Estación de Socabaya (Arequipa) a subestación de Omate, los servicios de instalaciones de energía eléctrica domiciliaria están en precarias condiciones. Con respecto al servicio de transporte utilizan el servicio de ómnibus hacia la vía troncal de la carretera Arequipa-Puquina –Coalaque-Omate. Con respecto a los servicios de baja policía en lo que concierne al recojo de basura no se efectúa.

## **2.5. INFORMACIÓN SOCIO – ECONÓMICA**

De acuerdo a la reunión realizada con sus dirigentes y pobladores de la zona, y en evaluación de la zona se ha consolidado la siguiente información:

- Por referencia de sus pobladores su establecimiento en la zona tiene más de 60 años y actualmente habitan el territorio destinado para la Comunidad, con un promedio de 130 familias.
- Constituyen un grupo socialmente heterogéneo a nivel de costumbres, cultura y formación educativa, e idiomas, siendo el idioma español el que predomina.
- Las familias están conformadas por el padre la madre y un promedio de 01 hijo y otros familiares, de acuerdo a datos referidos por comuneros la mayor parte han nacido y vivido en la zona, en su mayoría las familias fueron afectadas por el terremoto del 23 de Junio – 2001 y otros procedentes de la parte alto andina del departamento de Moquegua, son familias cuyas edades oscilan entre 30 a 80 años con hijos que actualmente están estudiando, se estima que cursan estudios primarios y secundarios en la misma zona y otros que han salido a otras ciudades para cursar estudios secundarios y superiores.
- El aspecto de Identidad vivencial de la población en la zona de estudio, se aprecia una identidad acentuada con cierta dispersión de las áreas ocupadas, son activos en trabajos de comunidad.
- Con respecto a Población Económica Activa (PEA) se ha referido que la mayoría de las familias tienen ingresos económicos iguales y menores al mínimo vital (95%), donde la actividad económica productiva se define con vocación de actividades agrícolas y pecuarias y de servicios en actividad privada ó particular, destacan como actividad económico productiva independiente actividades de servicio, como trabajos temporales y otros a nivel de subempleo en el sector público y privado, sus principales ingresos son por actividades agropecuarias, comercio, y otros de trabajos informales, lo cual en su mayor parte son de subsistencia y no cubre la canasta básica familiar.

- La morbilidad por los años de habitad en la zona y por preguntas realizadas a los comuneros, prevalecen las atenciones por Infecciones Estomacales y broncopulmonares, y otras, infecciones intestinales y parasitarias, incidencia de enfermedades bucales y de glándulas salivales como caries peri-dental. Por otro lado, se ha observado condiciones precarias de seguridad en sus viviendas y bajos niveles de higiene por falta de instalación del servicio de alcantarillado en la comunidad, así como la falta de instalación de letrinas.
- Según ENAHO-2001, sobre los niveles de vida y pobreza informa de la Región Moquegua su nivel de pobreza alcanza el 29,6% y el 7,6% en condición de pobreza extrema. En la zona en estudio se ha podido observar una incidencia de pobreza debido al bajo ingreso económico de familias que tienen ingresos menores al mínimo vital, y a las situaciones de subempleo y de trabajo informal en que habitan la mayor parte de las familias que conforman la Comunidad de Amata.

## **2.6. ASPECTOS FÍSICOS**

### **2.6.1. Geología**

Para el marco geológico de la zona de estudio se tomaron como referencia los mapas geológicos del cuadrángulo de Puquina (34-t), Darwin Romero (2000) y Wilfredo G. (1978). A continuación, se detallarán estas unidades:

#### **2.6.1.1. Complejo basal de la costa**

Aflora a 1.7 km al noreste de la zona de estudio. Se trata de rocas tipo gneises, que conforman la unidad geológica más antigua. Sus principales afloramientos se localizan en el valle de Coalaque, constituyendo un cuerpo continuo hacia el sector de Omate. Los gneis son cuerpos bandeados, en el que se distingue feldespato potásico y cuarzo hialino en las bandas claras, micas (biotita) y hornblenda en las bandas oscuras. Esta unidad en toda su extensión se encuentra asociado a vetas de cuarzo poco deformadas, Darwin (2000). Estos depósitos son susceptibles a generar caída de rocas y derrumbes.

#### **2.6.1.2. Grupo Yura**

Es la unidad litoestratigráfica más extensa del área de estudio. Aflora en diversos lugares del cuadrángulo de Puquina y Omate. Se distinguen afloramientos de una gruesa secuencia de rocas mayormente clásticas de ambiente marino que guardan similitud litoestratigráfica e idéntico contenido de fauna (ammonites) con los

depósitos de la formación Yura descritos por Jenks en los alrededores de Arequipa, lo cual indica que se trata de la misma unidad estudiada por dicho autor (1948).

En la zona de estudio y alrededores se han identificado las Formaciones Puente y Cachios del Grupo Yura de edad Jurásico medio (Jenks, 1948). Estas formaciones presentan moderada susceptibilidad a ser afectados por caídas de rocas, deslizamientos y derrumbes.

- Formación Puente: Aflora a 1.6 km al noreste de la zona de estudio. Litológicamente, está representado por una secuencia de rocas clásticas que consisten mayormente en areniscas cuarzosas de color pardo y lutitas carbonosas, con algunas intercalaciones de derrames volcánicos. Las areniscas cuarzosas son de grano fino a medio, en superficies frescas tiene color gris, gris verdoso y pardo amarillento que por acción del intemperismo cambian a pardo rojizo, presentando manchas marrón-rojizo producidas por la alteración de minerales de hierro, siendo frecuente distinguir en su masa limonita y pirita. Las areniscas casi no varían su carácter y están estratificadas en capas delgadas con disyunción en lajas, Wilfredo (1978). En aquellos lugares donde las areniscas se tornan más cuarzosas, los mantos varían de grosor de 0.30 a 1.00 m. Las lutitas son carbonosas, fisibles, con algunas estructuras arriñonadas y altamente fracturadas, de color gris oscuro a negras.

*Ilustración 7: Se observan areniscas del Grupo Yura – Formación Puente.*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

*Ilustración 8: Muestras de Areniscas del Grupo Yura – Formación Puente.*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

- Formación Cachios: Las principales rocas que afloran en el área de Amata son rocas de la formación Cachios. La zona de estudio se encuentra sobre estos depósitos. Litológicamente están conformadas por arcillitas de colores negros, grises, verdes, marrones, pardo amarillentas, etc., cubiertas en algunas partes por costras blancas. Las arcillitas se presentan en capas delgadas, friables, apreciándose algunas estructuras arriñonadas y fácilmente deleznable; con frecuentes nódulos de núcleo mayormente arenoso de grano fino. Estas capas se intercalan con algunos lechos de areniscas de colores claros y de grano fino. El miembro Cachíos descansa concordantemente sobre las areniscas y arcillitas del miembro Puente. Su contacto inferior queda establecido en los lugares donde son escasas las capas de areniscas que se intercalan en la secuencia de arcillitas. El contacto superior ofrece un cuadro similar, debido a que el miembro Labra que lo suprayace posee características litológicas semejantes a las del miembro Puente, Wilfredo (1978).

*Ilustración 9: Se observan arcillitas del Grupo Yura – Formación Cachios.*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

En la zona de estudio se ha observado depósitos coluviales y depósitos de lapilli de pómez sobre los afloramientos de la Formación Cachios. Los depósitos coluviales están compuestos por gravas envueltas en una matriz limoarcillosa; con clastos de granodiorita y areniscas, de formas sub-redondeadas y diámetros de hasta 0.70 m. Los depósitos de caída de lapilli de pómez son producto de la última erupción del volcán Huaynaputina (Ilustración 5). El depósito de caída es rico en pómez, de color blanquecino, con gradación inversa de la base hacia la parte media, luego continua una gradación normal hacia el tope; las pómez miden hasta 0.5 cm de diámetro y tienen formas redondeadas. En este depósito también se observa líticos oxidados y accesorios de hasta 0.5 cm de diámetro, de formas angulosas.

*Ilustración 10: Se observan arcillitas depósitos de lapilli de pómez sobre los afloramientos de la Formación Cachios. Los depósitos de caída de lapilli de pómez son producto de la última erupción del volcán Huaynaputina.*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

#### **2.6.1.3. Formación Sencca**

Aflora a 300 m al oeste de la zona de estudio. Corresponde a ignimbritas de composición riolítica, de color rojizo. Sobreyace discordantemente al Grupo Yura (formaciones Puente, Cachíos). Se tienen afloramientos de tobas blanquecinas con cristales de cuarzo-plagioclasa y biotita. No se tiene datación alguna para dichas unidades, sin embargo, se tiene referencia de una datación efectuada por Laharie (1973), dándole una edad de 3.05 Ma. Estos depósitos son susceptibles a ser afectados por caídas de rocas, deslizamientos y derrumbes.

#### **2.6.1.4. Grupo Barroso (Complejo Volcánico Cerro Blanco - Cerro Sataico)**

Aflora a 1 km al oeste de la zona de estudio. En este complejo volcánico se puede reconocer hasta tres secuencias lávicas: la secuencia inferior corresponde a un flujo lávico traquiandesítico gris oscuro, seguido de una secuencia de lavas andesíticas grises, lavas porfíricas grises de composición andesítica. La dirección lávica de estos flujos tiene una tendencia noreste a suroeste y se encuentran cubriendo terrenos Precámbricos, Darwin (2000). Estos depósitos son susceptibles a ser afectados por caídas de rocas.

### 2.6.1.5. Depósitos aluviales

Formados por materiales poco consolidados, carentes de selección. Litológicamente corresponde a arenas, arcillas, cenizas re trabajadas y cantos que cubren indistintamente a los diversos afloramientos, conformando terrazas apropiadas para la agricultura.

*Ilustración 11: Depósitos aluviales (Foto: Propia).*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

### 2.6.2. Geomorfológicos

Geomorfológicamente, el área se ubica en la Zona de Relieve montañoso fluvio erosional, modelada por erosión hídrica pluvial – fluvial, en combinación con diferentes movimientos en masa (deslizamientos, flujos), que actúan en rocas sedimentarias poco competentes. Montañas de diferente elevación, cimas estrechas, laderas empinadas y valles en “V”, con drenaje subparalelo moderadamente denso (INGEMMET, 2011). Se han logrado diferenciar las siguiente sub unidades:

#### 2.6.2.1. Unidad de depósitos de piedemonte y movimientos en masa abanicos proluviales

Acumulaciones asociadas al material depositado en el valle por flujos o cárcavas, en este caso tienen pendientes mayores a 40°.

- ABANICOS COLUVIO – DILUVIALES: depósitos de laderas procedentes de caídas y desprendimientos de rocas, flujos no canalizados, mezclados con ceniza, y que carecen de forma externa característica. Se localizan en forma continua al pie de las laderas.

- DESLIZAMIENTOS: acumulación de materiales asociados a los deslizamientos. Se caracterizan por su topografía algo irregular, cóncava en sentido longitudinal, con pendientes moderadamente empinadas ( $35^{\circ}$ ) y un patrón de disección distributivo de baja densidad. Internamente estos materiales aparecen mezclados irregularmente. A menudo con grandes bloques de roca dispersos en la masa, característica que hace que estos materiales se comporten irregularmente en sismos. Sobre estas geofomas se encuentra asentado la localidad de Amata. Es importante mencionar, que se pueden diferenciar deslizamientos antiguos y los reactivados sobre ellos.
- QUEBRADAS O CANALES FLUVIALES DE ESTIAJE: incisiones fluvio - erosionales (cárcavas) en “V”, subparalelas, donde discurre el agua solo en épocas de precipitaciones (en algunos, pueden discurrir agua producto de las filtraciones aguas arriba).

#### **2.6.2.2. Unidad ladera de montañas ramificadas en rocas sedimentarias**

Modelado de tipo fluvio – erosional, debido a la baja resistencia a la meteorización y a la erosión pluvial – fluvial de las rocas sedimentarias (lutitas muy deleznable, areniscas calcáreas con nódulos calcáreos) que conforman el sustrato de esta unidad. Relieve con diferente elevación y pendientes de las laderas mayores a  $35^{\circ}$ , cimas estrechas e incisiones lineales en “V” (canales fluviales o quebradas de estiaje). Destacando cicatrices de deslizamientos antiguos, flujos de detritos y desprendimientos de rocas.

#### **2.6.3. Pendiente**

La Comunidad de Amata, está asentada al pie del cerro Quermezana y en su parte baja se encuentra la subcuenca de Río Amarillo que presenta inclinación de norte a sur y con pendientes mayores de 15%, en los flancos derecho e izquierdo de la quebrada, el centro poblado presenta la forma de un cono de en su base menor. La topografía de la zona está conformada por una superficie ondulada con características de relieves resaltantes como planos inclinados (taludes), bajo un patrón de pendientes, quebradas y desniveles considerables como áreas escarpadas que se localizan al fondo de la zona.

## **2.6.4. Geodinámica interna**

### **2.6.4.1. Tectonismo de la Región Andina**

El Sur del Perú es desde el punto de vista tectónico, una de las regiones más activas de la tierra y está sujeta a frecuentes fenómenos catastróficos, la actividad tectónica de la región occidental del continente sudamericano, está relacionada con la interacción principalmente de las Placas Litosféricas de América del Sur y de Nazca, constituyendo una de las regiones de subducción más extensas en nuestro planeta. Entre los elementos tectónicos más importantes relativos a la zona de subducción entre las placas de Nazca y Sudamericana, destacan las Dorsales Marinas Asísmicas, la Fosa Perú - Chile, los Volcanes Activos y la Topografía de la Zona de Subducción.

### **2.6.4.2. Zonificación Sísmica**

El Perú por estar comprendido como una de las regiones de más alta actividad sísmica, forma parte del Cinturón Circumpacífico, que es una de las zonas sísmicas más activas del mundo.

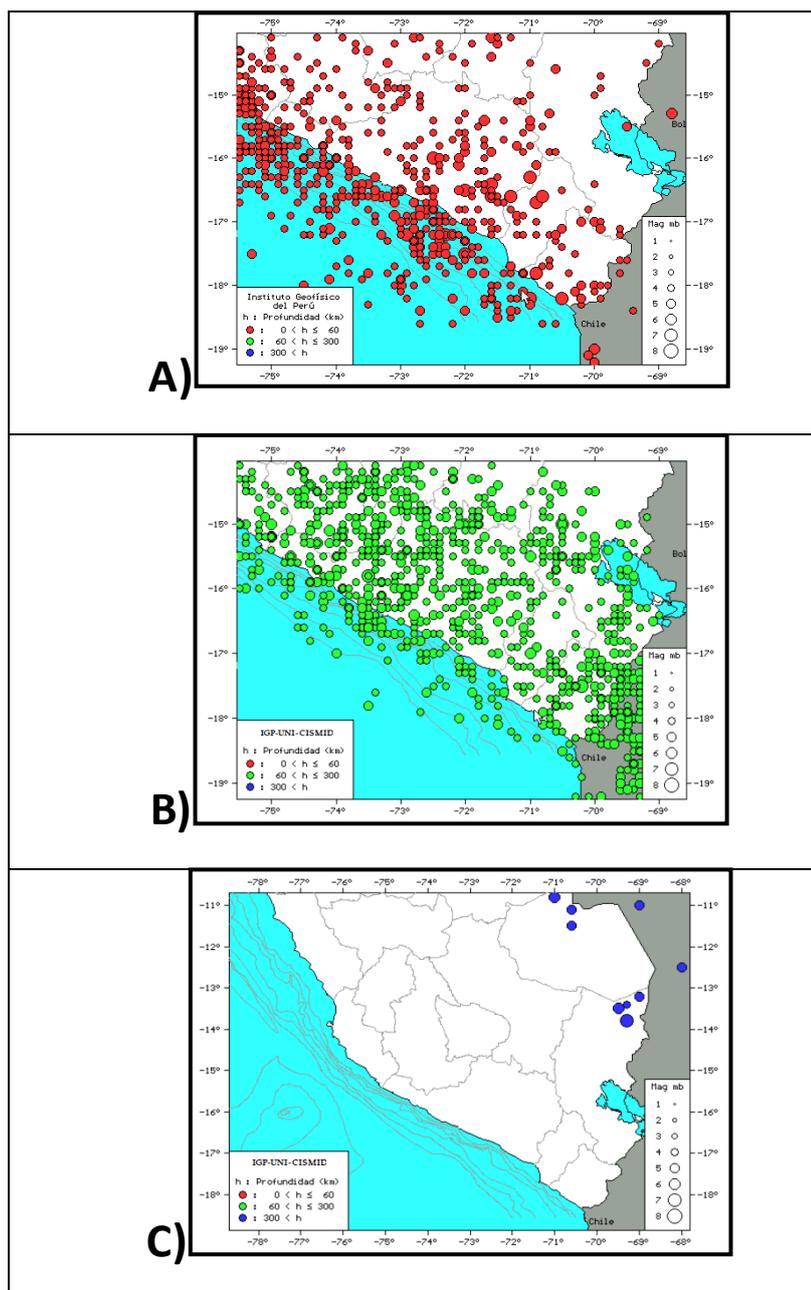
Las características de la sismicidad del Perú, han sido descritas por diversos autores (Stauder, 1975; Bevis e Isacks, 1984; Tavera y Buforn, 1998) y entre las principales está la relacionada con la distribución de los focos en superficie y en profundidad, la misma que ha sido clasificada en sismos con foco superficial, intermedio y profundo. (ver Ilustración 1).

De acuerdo al Mapa del Reglamento Nacional de Edificaciones Normas de Diseño Sismo-resistente (E.030 modificado en el 2016) (Ver ilustración 8), mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú y basándose en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y recientes sismos, se concluye que el área de estudio se encuentra dentro de la Zona de Alta Sismicidad (Zona 3), para la cual es de esperarse una aceleración máxima del terreno de 0.35g, con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. Para el caso puede considerarse una aceleración efectiva de 0.30g

Según las características geológicas y de acuerdo a la Norma Sismorresistente, corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$ , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre: Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT N60 menor que 15.

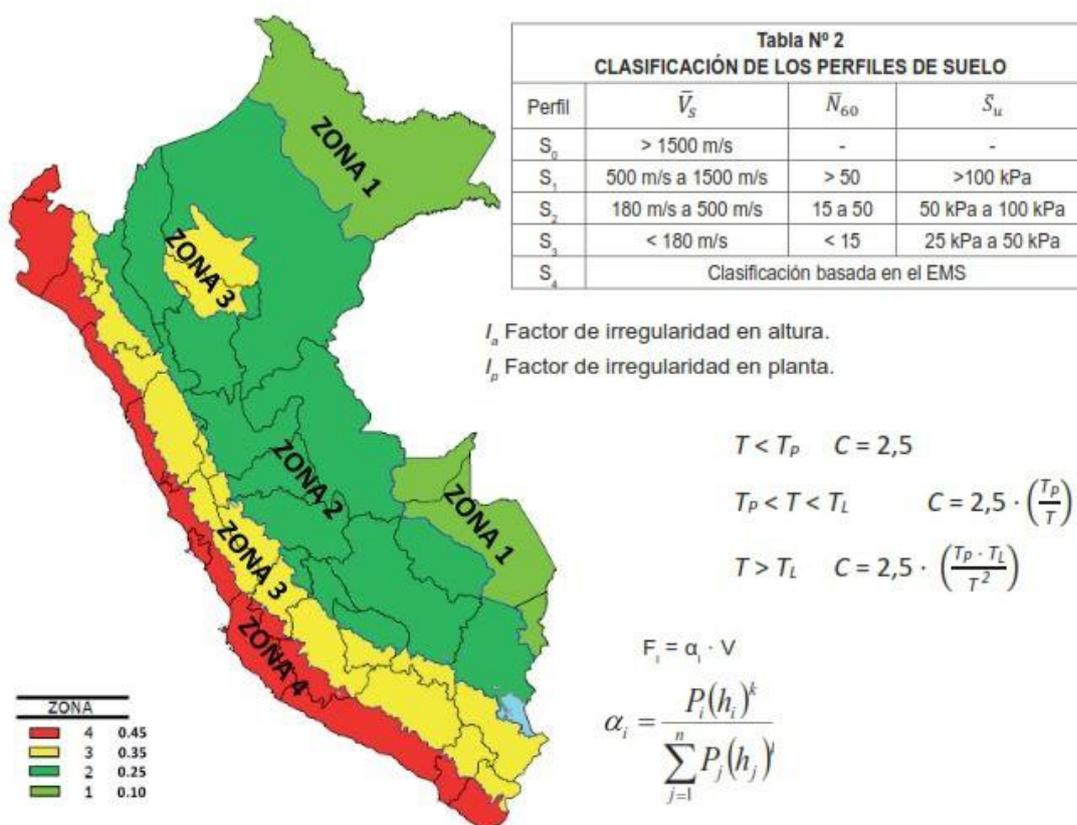
Aceleración máxima horizontal	0.35g
Perfil de Suelo (intermedio)	TIPO S3
Periodo Predominante de Vibración del Suelo	Ts = 1
Factor de Suelo	S = 1.20

Ilustración 12: Sismicidad con Foco A) Superficial, B) Intermedio y C) Profundo.



Fuente: ((Olarte Navarro, Jorge & Lopez Culquicondor, Darwin, 2001)

Ilustración 13: Mapa Sismorresistente



Fuente: (Norma E.030) MVCS

## 2.6.5. Geodinámica externa

Mediante la evaluación de los efectos de las fuerzas naturales generadas por la transformación de la superficie terrestres que puede ocurrir por causas de la acción del agua, los vientos e influencia de la gravedad terrestre. En la zona de Amata los Agentes Geodinámicos que pueden afectar ó producirse como fenómenos naturales pueden ser los Deslizamientos, Derrumbes, Flujos de Detritos, Huaycos, Hundimientos ó Asentamientos.

### 2.6.5.1. Formaciones ecológicas

La zona en estudio estaría ubicada en una región natural de Serranía Esteparia. El clima está condicionado por la elevación de las vertientes andinas, dónde se distingue un clima templado a frío, con temperaturas promedio de 10°C y precipitaciones que están por debajo de los 500 mm/año, a veces con veranos lluviosos como es el caso

del año 2011 después de un largo periodo de sequía; asimismo los inviernos en la zona son secos con presencia de heladas. Su zona Orográfica presenta un valle estrecho y laderas muy empinadas con quebradas disectadas y muy pocas planicies. Los suelos son predominantemente arenosos y pedregosos con afloramiento de roca en las laderas. En la zona hay limitaciones para la agricultura y ganadería, con paisajes naturales atractivos, la depredación de los recursos a nivel de flora y fauna, podría traer consigo graves consecuencias, para el abastecimiento de agua, erosión violenta y extinción de especies

Los niveles de riesgos no solo dependen de los fenómenos de origen natural, sino de los niveles de vulnerabilidad de los centros urbanos y/o rurales, por ejemplo su localización en riberas de los ríos, desembocadura de quebradas activas, rellenos sanitarios, cercanía a fallas geológicas, etc. (exposición), así como el tipo de infraestructura de material precario o noble utilizado como vivienda (fragilidad), y la capacidad de la población para organizarse, asimilar y/o recuperarse ante el impacto de un fenómeno de origen natural (resiliencia).

#### **2.6.6. Hidrología**

La Zona dónde se ubica el ámbito de estudio forma parte de la microcuenca del río Amarillo como parte de la Cuenca del Alto Tambo. Sus cursos son alimentados fundamentalmente por las precipitaciones que caen en el flanco occidental de la Cordillera de los Andes y en menor proporción provenientes de los deshielos de los nevados. Sus nacientes están en las partes altas de la comunidad en límite con los nevados de la Laguna de Salinas y durante su recorrido adopta el nombre de Río Amarillo pasando por la Comunidad de Amata, Coalaque y desembocar en el Río Tambo.

## CAPITULO III. DETERMINACION DEL PELIGRO

### 3.1. METODOLOGIA PARA LA DETERMINACIÓN DEL PELIGRO

La Metodología empleada para la realización del presente trabajo tiene que ver con los conocimientos adquiridos en el desarrollo del Curso de Evaluación del Riesgo de Desastres originados por Fenómenos Naturales, utilizando la metodología propuesta por el CENEPRED en el manual EVAR (versión 2) (2015)

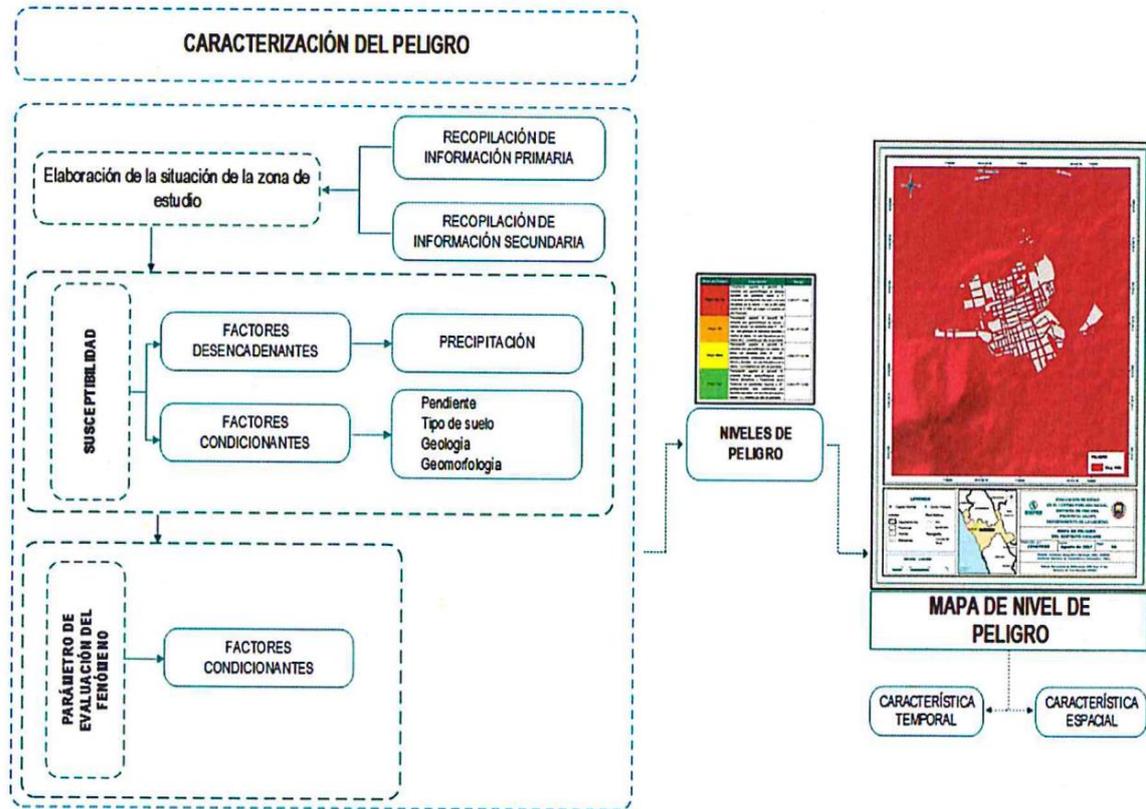
En primera instancia se define que para la presente metodología se plantea la identificación de los peligros que puedan afectar el sector de Amata, para luego identificar el peligro más recurrente.

El análisis del peligro partió del análisis de susceptibilidad. En la primera etapa de la evaluación del peligro se determinan las zonas que sean más propensas a la ocurrencia de movimientos de masas y se define la susceptibilidad. Para lograr lo anteriormente descrito, se realizó la búsqueda bibliográfica de los documentos que han establecido relaciones entre eventos de movimientos de masas históricos y los factores que contribuyeron a su generación.

En esta etapa se definió el procedimiento para la realización de los mapas de Peligro a partir del tratamiento bajo un SIG, con información topográfica obtenida a partir del sobre vuelo de Drone e información satelital disponible, y otras fuentes documentales, de tal manera que se involucren las variables para evaluación del peligro.

Se ha recopilado la mayor cantidad de Información existente sobre el Área considerada en el estudio, proveniente de instituciones técnico científicas acreditadas, luego se han empleado Sistemas de Información Geográfica para evaluar las zonas susceptibles a generar movimientos de masas y a ser perjudicadas por el Peligro mencionado. Se ha realizado la Identificación y Caracterización del Peligro, teniendo en cuenta los Parámetros y Factores Condicionantes y Desencadenantes.

*Ilustración 14: Metodología general para determinar el nivel de peligro.*

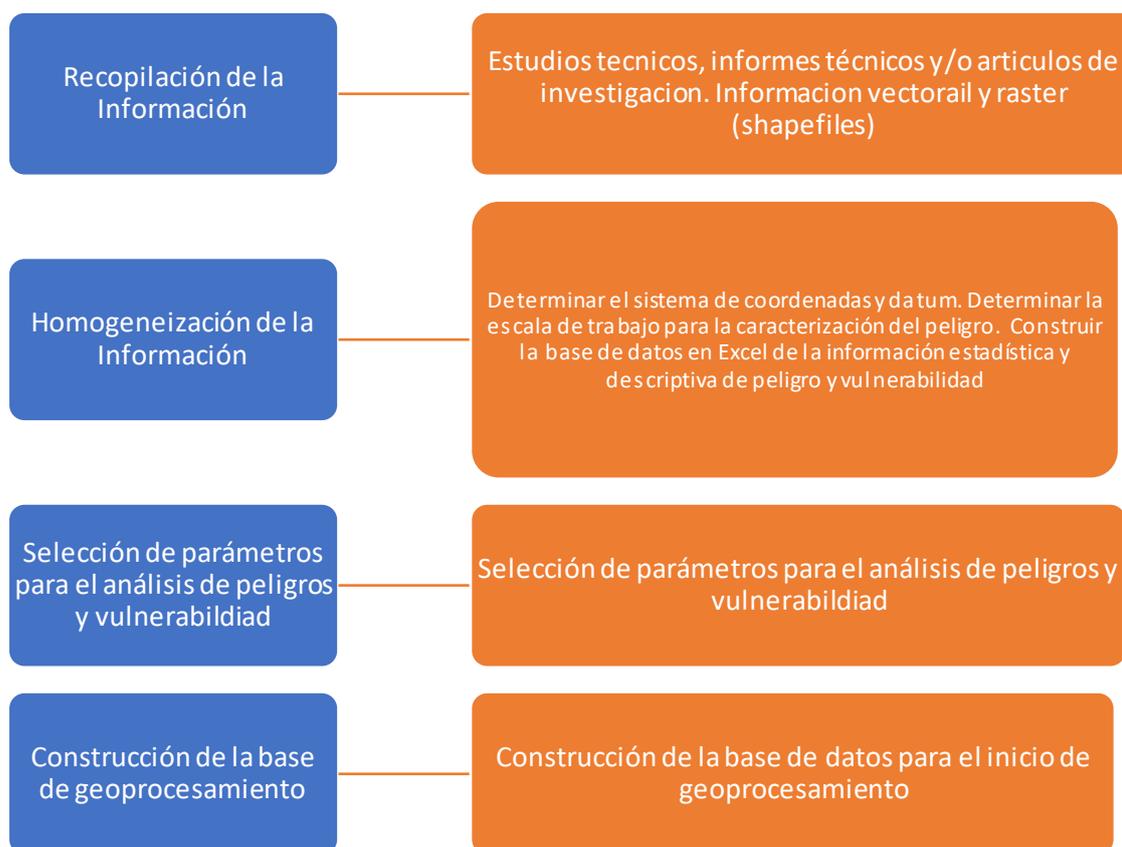


*Fuente: Elaborado para el Estudio*

### 3.2. RECOPIACION Y ANALISIS DE INFORMACION

Se ha realizado la recopilación de información disponible: Estudios publicados por entidades técnico científicas competentes como INGEMMET, INEI, SENAMHI y ANA, información de estudio de peligros, topografía, geología de la zona de estudio.

*Ilustración 15: Flujograma general del proceso de análisis de información.*



*Fuente: Elaborado para el Estudio*

Según los datos reportados por el Sistema de Información de Movimientos en Masa del INGEMMET, actualizados a abril de 2017, se está presentando un flujo de detritos cada dos días en el Perú con diferentes niveles de afectación, entre ellas: pérdidas económicas tanto las producidas por el evento en sí (daño a la infraestructura, pérdida de cultivos, devastación de pueblos, daño en patrimonio cultural y social), como las que implican la reconstrucción o recuperación después del movimiento.

En este sentido y específicamente para el área de estudio el INGEMMET a realizado dos trabajos, lo cuales son:

- Reactivación del deslizamiento de Amata. Distrito de Coalaque - Región Moquegua, autores: Benavente Carlos & Rosado Malena (2011). El poblado de Amata pertenece al distrito de Coalaque, provincia de Sánchez Cerro, departamento de Moquegua. El estudio se basa en las observaciones de campo realizadas durante la inspección en la zona, así como la interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales, versiones de los lugareños, y la información disponible de trabajos realizados anteriormente en el área de estudio.

- Evaluación de peligros geológicos de la zona propuesta para reubicación en el sector de Amata. Región Moquegua, provincia General Sánchez Cerro, distrito Coalaque. INGEMMET (2019). El informe de inspección contiene datos de observaciones realizadas en la zona propuesta para reubicación en Amata, distrito de Coalaque, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua. En el área de estudio, afloran rocas de la Formación Cachíos (Grupo Yura) compuestas por capas de arcillitas muy deleznable. Estas rocas son inestables ante la infiltración de aguas. Geomorfológicamente el área propuesta se encuentra sobre una ladera de montaña en roca sedimentaria de la Formación Cachíos.

Los peligros geológicos identificados en la zona evaluada están condicionados por la naturaleza litológica de la zona, la pendiente de las laderas, la configuración geomorfológica y la proximidad de la zona a centros volcánicos.

El principal peligro geológico que se encuentra en este sector son erosiones de laderas. De acuerdo a la evaluación de peligros geológicos, el terreno propuesto en Amata se considera apto para la reubicación. Sin embargo, este terreno deber ser utilizado únicamente para vivienda.

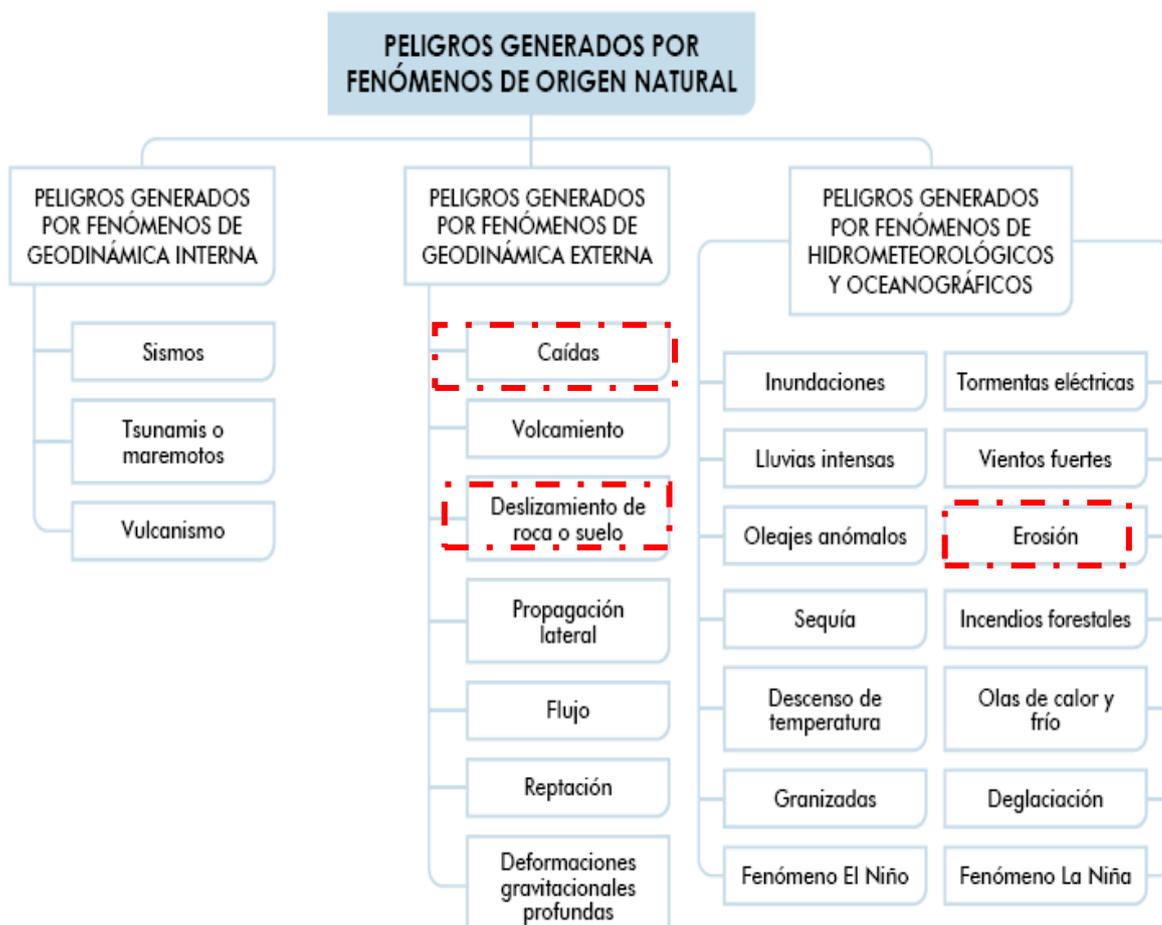
La región andina, es un territorio susceptible a la ocurrencia de deslizamientos y flujos de detritos (huaycos); los cuales son tipologías de los movimientos de masas. En zonas húmedas predominan los deslizamientos, mientras que en zonas secas con menores precipitaciones y suelos desnudos o con escasa vegetación, predominan los flujos de detritos. Comunidad Andina (2009)

### **3.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS**

Para identificar y caracterizar el peligro, no sólo se ha considerado la información generada por las entidades técnicas, según se ha descrito en los ítems anteriores, sino también la configuración actual del ámbito de estudio, post emergencia, que abarca el centro poblado de Amata.

De acuerdo al Manual para la evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, 2da versión de CENEPRED, se tiene la siguiente clasificación para los peligros (ver ilustración 16), en el cual se observa que los movimientos de remoción de masas (caídas, volcamiento, deslizamiento de rocas y de suelos, propagación lateral, flujos y reptación) se encuentran dentro de la clasificación de peligros generados por fenómenos de geodinámica externa.

*Ilustración 16: Clasificación de los peligros generados por fenómenos de origen natural (CENEPRED, 2014).*



*Fuente: Elaborado para el Estudio*

En el caso de la localidad de Amata, por los materiales que cubren dicha localidad, se ha identificado caídas, deslizamiento de suelo y erosión. Cabe señalar que la erosión se ha producido como resultado del deslizamiento de suelo y el aporte de agua. Es por ello que el principal peligro que compromete a los pobladores de Amata, sus viviendas y sus actividades socio económicas son los deslizamientos de suelo.

A continuación, se describirá y analizará cada uno de los peligros identificados, en la localidad de Amata – Moquegua.

### 3.3.1. Erosión en cárcavas

La erosión en cárcavas es un fenómeno que se da bajo diversas condiciones climáticas (Gómez et al., 2011), aunque más comúnmente en climas semiáridos y sobre suelos

estériles y con vegetación abierta, con un uso inadecuado del terreno o inapropiado diseño del drenaje de las vías de comunicación. Las incisiones que constituyen las cárcavas, se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas típicas del clima mediterráneo, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras.

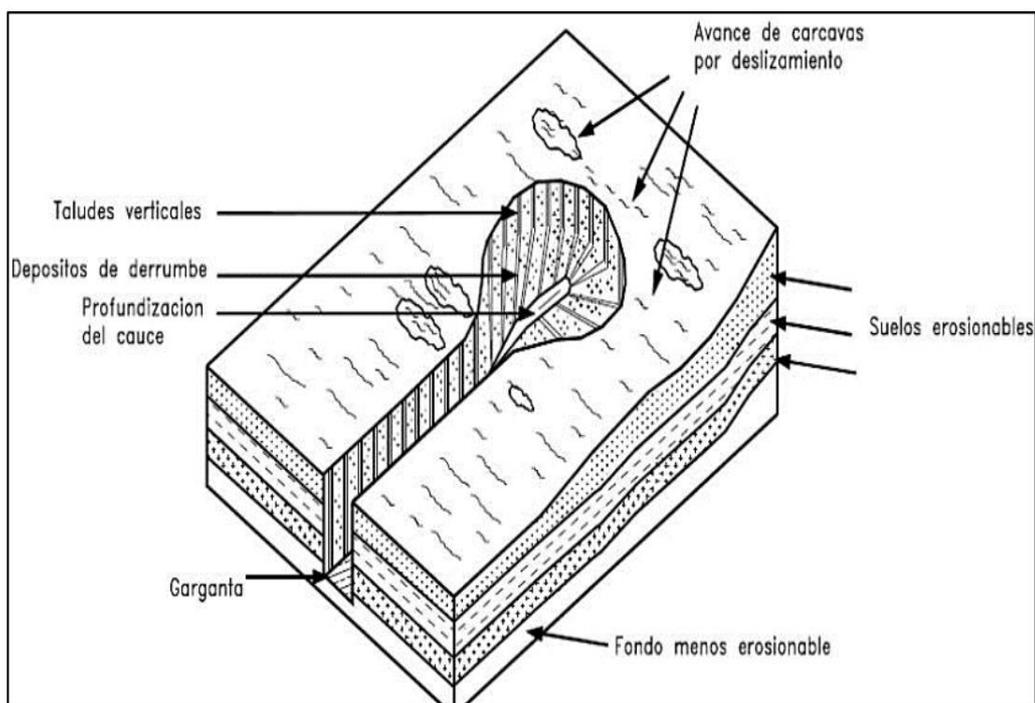
En general, los cursos de agua fluctúan hacia un punto de equilibrio, de forma que, si el caudal se incrementa, el canal se ensanchará, profundizará o incrementará su pendiente hasta conseguirlo, y sólo podrá recuperar su estado original si las alteraciones son leves; pero si la cárcava comienza, será necesario un esfuerzo de mayor magnitud para conseguir volver a esa situación inicial. En la denominada erosión por cárcavas, el escurrimiento superficial es grande y con elevada energía erosiva, de forma que se concentra dando lugar a surcos o cárcavas que pueden alcanzar decenas de metros, tanto en dimensión longitudinal como altitudinal, originando, como consecuencia, contaminación, debido a la movilización de sedimento que producen, y causando una pérdida de productividad del terreno afectado (Rivera et al., 2007).

La FAO (1967) describe el crecimiento de las cárcavas como el resultado de la combinación de diferentes procesos, los cuales pueden actuar de manera aislada. Estos procesos comprenden:

- Erosión en el fondo o en los lados de la cárcava por la corriente de agua y materiales abrasivos (fragmentos de roca o partículas de suelo).
- Erosión por el agua de escorrentía que se precipita en la cabecera de la cárcava y que ocasiona la regresión progresiva de ésta.
- Derrumbes en ambos lados de la cárcava por erosión de las aguas de escorrentía.

Las cárcavas inicialmente tienen una sección transversal en forma de “V” pero al presentarse un material más resistente a la erosión o interceptar el nivel freático, se extienden lateralmente, tomando una forma en “U” (ver ilustración 17).

Ilustración 17: Esquema general de una cárcava.



Fuente: Tomado de Suárez (1998)

En el caso de Amata, se ha identificado cárcavas, una de ellas se muestra en la foto 6. Esta cárcava, se ha ubicada en la carretera antigua que da ingreso a Amata, actualmente esta vía se encuentra en desuso debido a que la cárcava ha afectado más de la mitad del ancho de dicha carretera, por las evidencias observadas en campo, se puede ver la percolación de agua, es la causa principal por cual se ha originado esta cárcava.

*Ilustración 18: La línea en amarillo corresponde al inicio de la cárcava que se ubica al ingreso de Amata en la antigua carretera.*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

### **Análisis de perfil transversal**

Las cárcavas se originaron a consecuencia de las lluvias extraordinarias e intensas que ocurrieron en la ladera de la montaña, entre los factores condicionantes se tienen:

- La morfología de las montañas,
- La pendiente del terreno
- Tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica. En este caso corresponde a una cobertura de aproximadamente 50 cm de ceniza.

Las principales causas:

#### **Factores condicionantes:**

- a. Características litológicas: depósitos aluviales que corresponden a cenizas (material con poca cohesión)
- b. Rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y meteorizada (Areniscas y arcillitas)
- c. Pendiente del terreno
- d. Presencia de afloramientos rocosos muy fracturado.

e. Escasa cobertura vegetal, que ofrecen poca protección al suelo y roca.

**Factor desencadenante:**

Las precipitaciones pluviales intensas y extraordinarias son el factor desencadenante que originaron las cárcavas en la localidad de Amata, erosionando las laderas de terreno evaluado.

*Ilustración 19: La línea en amarillo, se puede observar la formación de cárcavas en medio de la masa que se ha deslizado.*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

**Movimientos de Remoción de masas**

Los fenómenos de remoción en masas, son procesos de transporte de material definidos como procesos de ‘movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de factores (Hauser, 1993).

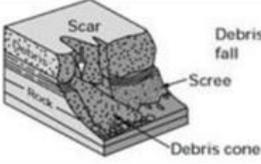
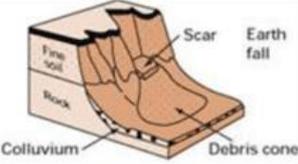
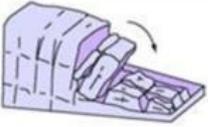
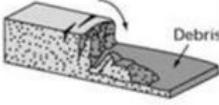
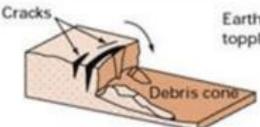
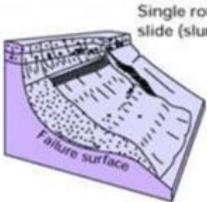
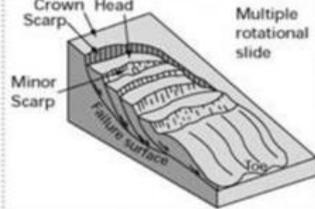
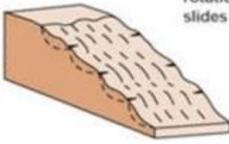
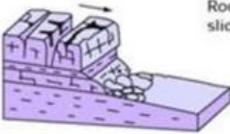
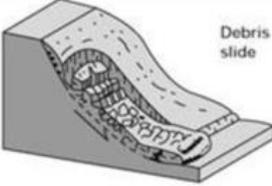
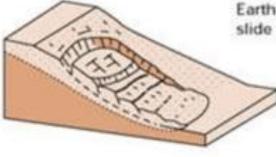
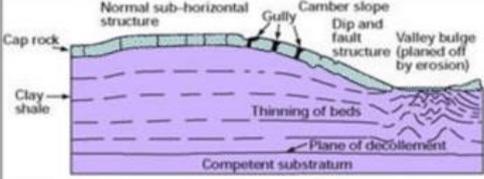
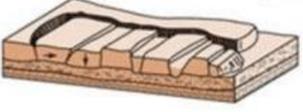
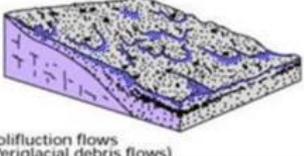
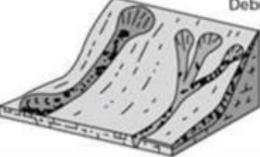
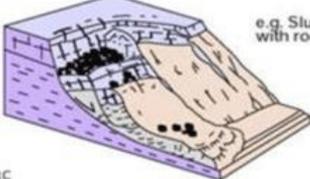
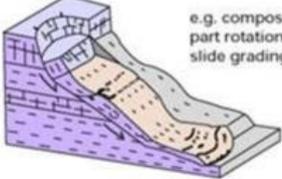
Estos movimientos tienen carácter descendente ya que están fundamentalmente controlados por la gravedad (Cruden, 1991). Existen numerosas clasificaciones para los distintos tipos de eventos de remoción en masa, las cuales han sido proporcionadas, entre otros, por Varnes (1978), Hauser (1993) y Cruden & Varnes (1996). Las remociones en masa han sido clasificadas por estos últimos autores en las siguientes categorías principales:

- Desprendimientos o caídas
- Deslizamientos (rotacionales y traslacionales)
- Flujos (rápido y lentos)
- Toppling o volcamientos
- Extensiones laterales

Estas clasificaciones consideran diversos factores, como, por ejemplo, los tipos de materiales involucrados (suelo o roca), el mecanismo de ruptura, el grado de saturación que alcanza. Estos factores, junto con las características geológicas, geotécnicas y geomorfológicas del entorno, condicionan la potencial generación de remociones en masa, así como las velocidades de desplazamiento y el volumen de material desplazado. Son frecuentes, además, los procesos combinados, como por ejemplo deslizamientos que derivan en flujos (Scott et al, 2001).

En la ilustración 16, se puede observar la clasificación para movimientos de masas propuesta por Varnes en 1978, en la cual se puede observar seis diferentes tipologías de movimientos de masas, cada una de estas involucra diferentes materiales.

Ilustración 20: Clasificación de los movimientos de masas.

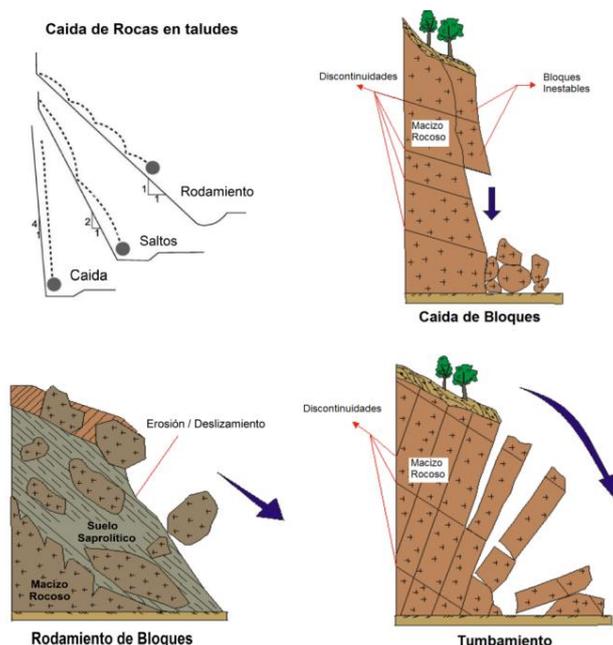
Material		ROCK	DEBRIS	EARTH
Movement type				
FALLS		 Rock fall	 Debris fall Scree Debris cone	 Earth fall Colluvium Debris cone
	TOPPLES	 Rock topple	 Debris topple Debris cone	 Earth topple Debris cone
SLIDES	Rotational	 Single rotational slide (slump) Failure surface	 Multiple rotational slide Crown Head Minor Scarp Failure surface	 Successive rotational slides
	Translational (Planar)	 Rock slide	 Debris slide	 Earth slide
SPREADS	 Cap rock Normal sub-horizontal structure Gully Camber slope Dip and fault structure Valley bulge (planed off by erosion) Thinning of beds Plane of décollement Competent substratum e.g. cambering and valley bulging			 Earth spread
FLOWS	 Solifluction flows (Periglacial debris flows)	 Debris flow	 Earth flow (mud flow)	
COMPLEX	 e.g. Slump-earthflow with rockfall debris		 e.g. composite, non-circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe	

Fuente: (modificado de Varnes, 1978 y DoE, 1990)

### 3.3.2. Caída de Rocas

Según Varnes (1978) son movimientos que consisten en el desplazamiento de bloques de roca por efecto de la gravedad a lo largo de pendientes empinadas, cuyos movimientos dependiendo de la pendiente del talud pueden ser del tipo caída libre, saltos, rodamiento o deslizamiento (ver ilustración 21).

*Ilustración 21: Esquemas de los tipos de movimientos de los bloques realizan sobre el talud dependiendo de su pendiente y su origen.*



*Fuente: INGEMMET, 2016 modificado de Pimentel, 2011.*

Este tipo de movimiento en masa es uno de los más impredecibles en cuanto a la velocidad, trayectoria que siguen los bloques y la distancia que ellos pueden alcanzar, dependiendo estas de la morfología del terreno. Según Pimentel (2011) las caídas de rocas se deben principalmente a la meteorización físico-química y biológica de las discontinuidades preexistente de las rocas, tales como fallas, juntas, estratificación, bandeamiento y esquistosidad. Así mismo la rugosidad, persistencia, abertura y relleno son estructuras que contribuyen de manera decisiva en el origen de las caídas de rocas. En la localidad de Amata, se ha podido identificar esta tipología de movimiento de remoción de masas en la carretera antigua que se usaba como ingreso para dicha localidad, y es justamente por la caída de rocas que dicha carretera se vio afectada y la

población tuvo la necesidad de dejar de usarla para hacer un nuevo ingreso a Amata. En las ilustraciones 22, 23 y 24, se pueden observar las caídas de bloques de roca arenisca en su gran mayoría y arcillita.

*Ilustración 22: Caídas de rocas en carretera antigua – ingreso a Amata.*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

*Ilustración 23: En amarillo se observa la carretera antigua para el ingreso de Amata, el cual está en desuso actualmente por la obstrucción de la misma, debido a la caída de bloques de diversos tamaños.*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

*Ilustración 24: En color morado se observa la carretera antigua para el ingreso de Amata, en dicho acceso se observa caídas de bloques de roca arenisca a lo largo de dicho tramo.*

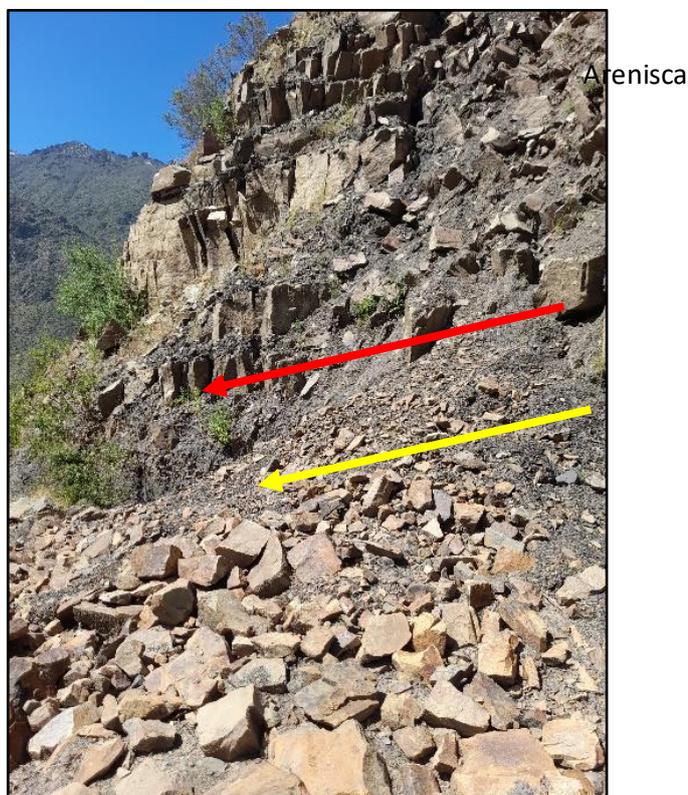


*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

#### **Características visuales del evento**

Los bloques que han sufrido caída o desprendimiento corresponden principalmente a arenisca y en segundo lugar a arcillitas, como se observa en la ilustración 25, en la zona se tiene intercalación de arenisca y arcillitas. Siendo las arcillitas, las que se ven afectadas por la meteorización y erosión con sus diferentes agentes, lo cual provoca la caída de este material, generando así el desprendimiento de los bloques de areniscas, las mismas que se encuentran con un fracturamiento intenso. Sin dejar de mencionar que el buzamiento de los planos de estratificación de estas rocas se encuentra a favor o en la misma dirección del corte del talud de la carretera; por lo que este hecho predispone aún más a las caídas de rocas.

*Ilustración 25: Intercalación de Areniscas y arcillitas en talud de carretera.*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

Las principales causas de la caída de rocas:

- Terreno con pendiente elevada, se observan también taludes subverticales a verticales.
- Roca fracturada persistente y abierto, ello favorece la infiltración de aguas, que aceleran la meteorización de la roca, ocasionando el debilitamiento del macizo rocoso.
- El macizo rocoso presenta un diaclasamiento a favor de la pendiente.
- Presencia escasa de vegetación.
- Dirección del corte del talud de la carretera a favor del ángulo de buzamiento de la estratificación de las areniscas y arcillitas.

El factor detonante son las intensas precipitaciones registradas durante los meses de diciembre – abril principalmente.

*Ilustración 26: Bloques que han sufrido caídas en el ingreso a Amata.*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

### **3.3.3. Deslizamiento de Suelos**

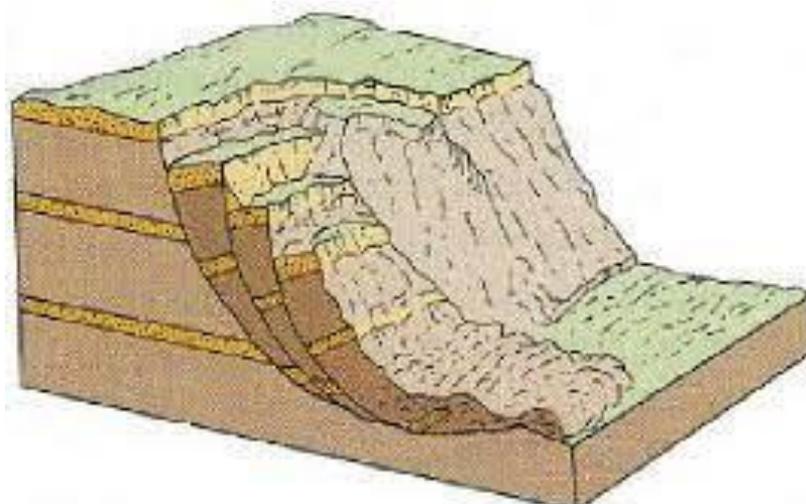
En este ítem, se desarrollará el deslizamiento que se ha dado lugar en la localidad de Amata, y por el cual el poblado de Amata se ha tenido que reubicar. Se iniciará abordando algunos conceptos básicos.

Un Deslizamiento, es un movimiento, ladero abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona, en donde ocurre una gran deformación cortante. Se caracterizan por desarrollar una o varias superficies de ruptura (Cruden & Varnes, 1996; Hutchinson, 2001; Ayala-Carcedo y Olcinas, 2002).

En el sistema de Varnes (1978). Se clasifica los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desliza el material, en traslacionales y rotacionales. En la zona de estudio, el deslizamiento es de tipo rotacional.

Deslizamiento rotacional: Se define como un deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. La cabeza del movimiento puede moverse hacia abajo dejando un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior se inclina hacia atrás en dirección al escarpe. Estos movimientos ocurren frecuentemente en masas de material relativamente homogéneo, pero también pueden estar controlados parcialmente por superficies de discontinuidad pre-existentes (Cruden y Varnes, 1996).

*Ilustración 27: Deslizamiento rotacional.*



*Fuente: (Skinner & Porter, 1992)*

### ***Antecedentes del Deslizamiento de Amata***

A) Año 2001 – Primeras evidencias verbales

El 15 de mayo del 2001 se produjo un terremoto de 8.4 Mw frente a las costas de Arequipa, el cual afectó a muchas localidades del sur del Perú. Como consecuencia del sismo, Amata sufrió rajaduras y daños en algunas viviendas (información verbal), así mismo se presentan las primeras grietas en el terreno de aproximadamente 5 cm de longitud, las cuales fueron rellenadas por los pobladores y no le dieron la importancia debida.

B) Año 2011 – Primera visita

En el 2011, entre el 28 de enero y el 05 de febrero fuertes precipitaciones excepcionales, afectaron el sur del país; siendo una de las zonas más afectadas el centro poblado de Amata. Donde el terreno se agrieto, llegándose a deslizar y a afectar varias viviendas, campos de cultivo y canales de riego. El ingeniero Geólogo Rosendo Soncco Landio, plantea por primera vez la inmediata reubicación de la población por encontrarse en una zona de PELIGRO MUY ALTO.

C) Año 2011 – Informe técnico 1 de INGEMMET

En el año 2011, el INGEMMET elabora el informe técnico N° A6447 Reactivación del deslizamiento de Amata Distrito de Coalaque – Región Moquegua. Informe que fue elaborado por Benavente Carlos y Rosado Malena.

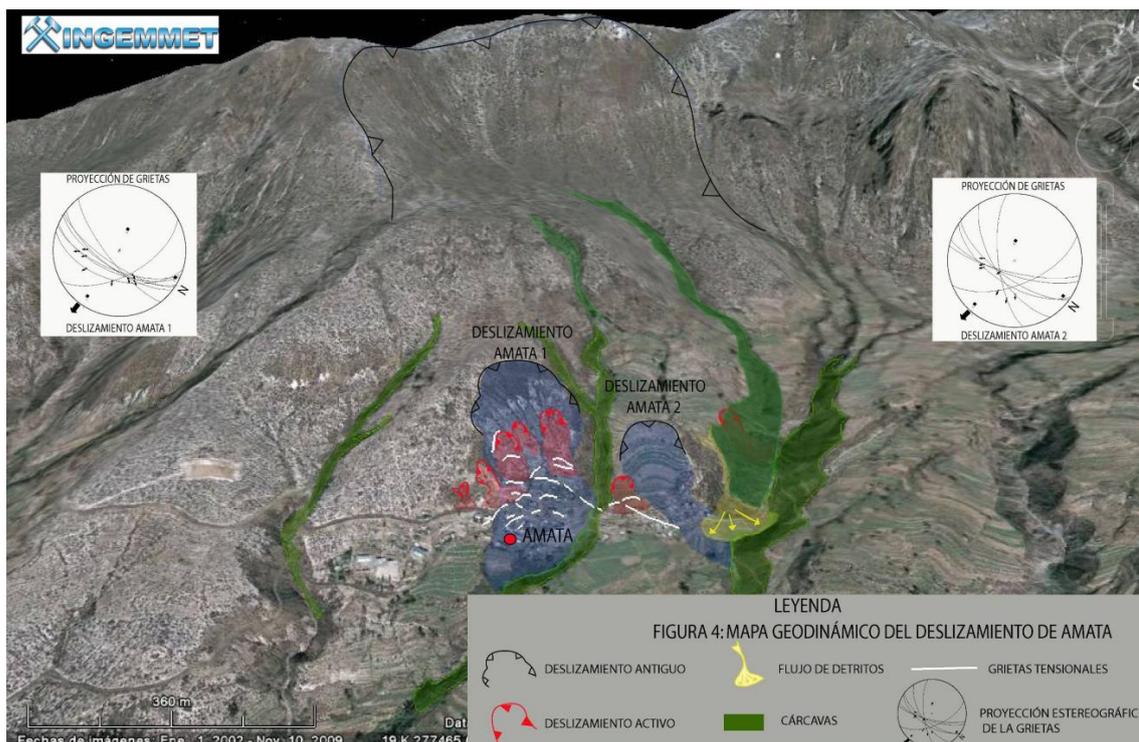
En este informe se identifican 2 deslizamientos del tipo rotacional.

Deslizamiento Amata 1. Es de tipo rotacional y se ubica al SE del área, con una longitud de 160 m de corona, un ancho promedio de 180 m y una longitud de 480 m entre la corona y la punta del material depositado. El material involucrado en el deslizamiento es del tipo gravas con clastos subangulosos de hasta 0.50 m de diámetro mayor y matriz limo arcilloso de color rojo; correspondiente a un depósito de tipo coluvial, producto de los materiales del antiguo deslizamiento. Además, este material evidencia procesos de erosión superficial (cárcavas) debido a la escorrentía superficial producto de las intensas precipitaciones pluviales. Las lluvias acontecidas en los meses de enero y febrero del presente año, reactiva la parte intermedia del deslizamiento Amata 1, generándose un proceso de remoción complejo, con escarpas rectas e irregulares, desplazamientos verticales importantes y empuje de material hacia el río. Dentro de toda esta masa reactivada se generaron grietas tensionales semicirculares de diferentes escalas.

Deslizamiento Amata 2. Es de tipo rotacional y se ubica al NW del área, con una longitud de 102 m de corona, un 14 ancho promedio de 95 m y una longitud de 350 m entre la corona y la punta del material depositado. El material involucrado en el deslizamiento es del tipo gravas con clastos subangulosos a redondeados de hasta 0.35 m de diámetro mayor y matriz limoarcillosa de color rojo; correspondiente a un depósito de tipo coluvial y producto de un antiguo deslizamiento. De igual forma que el deslizamiento anterior, la superficie de este deslizamiento se encuentra cubierta por las cenizas volcánicas, que debido a su baja compactación evidencia procesos de

erosión debido a la escorrentía superficial. En el deslizamiento de Amata 2, se pueden apreciar escarpas secundarias, terreno escalonado hacia el valle, así como la presencia de ojos de agua y manantiales. Las lluvias acontecidas en los meses de enero y febrero del presente año, también reactivaron parte de la masa deslizada de un antiguo deslizamiento, generando escarpes irregulares y grietas tensionales semicirculares de diferentes escalas y con empuje de material hacia el río.

*Ilustración 28: Geodinámica del poblado de Amata. (INGEMMET, 2011).*



*Fuente: (INGEMMET, 2011)*

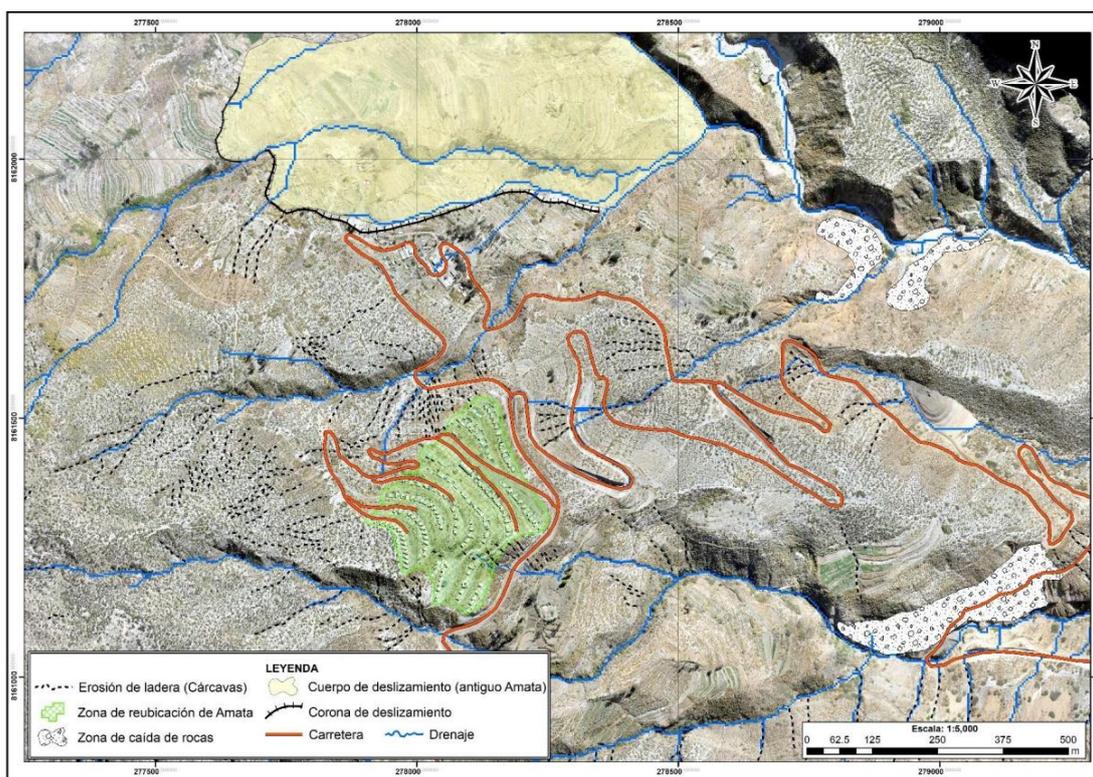
D) Año 2019 – Informe técnico 2 de INGEMMET

En el año 2019, el INGEMMET elabora el informe técnico N°A6935 EVALUACION DE PELIGROS GEOLÓGICOS DE LA ZONA PROPUESTA PARA REUBICACION EN EL Sector de Amata. Distrito de Coalaque, Provincia General Sánchez Cerro – Región Moquegua.

Los trabajos de elaboración del presente estudio, permitió identificar en la zona de reubicación del centro poblado Amata los siguientes peligros geológicos, que a continuación se mencionan de manera jerárquica: a) Peligros por erosión de laderas (Cárcavas), cuya condicionante principal es el tipo de roca. b) Peligros por caída o desprendimiento de rocas, este tipo de peligros se presenta de manera puntual en la parte baja de la zona de reubicación del centro poblado de Amata. c) Peligros por deslizamientos, cabe mencionar que este tipo de peligros se incluye únicamente

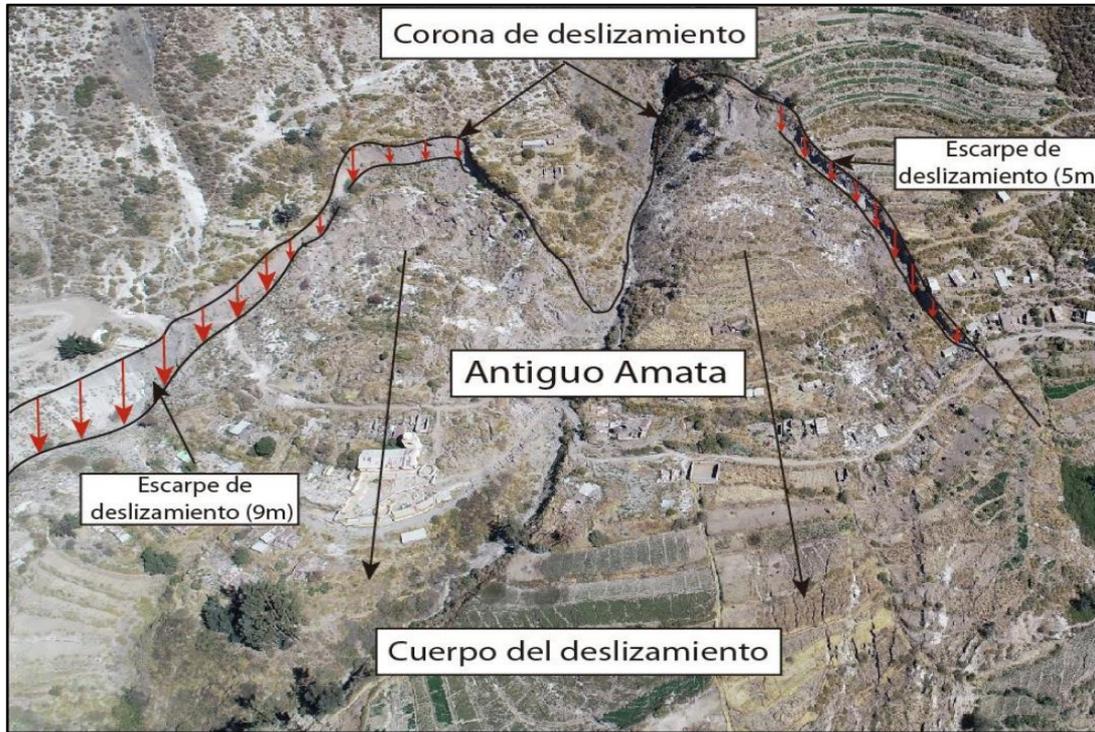
debido a que, a menos de 500 m al noreste de la zona de reubicación, se observa un gran deslizamiento antiguo. Además, este deslizamiento ha presentado reactivación en la parte baja de su cuerpo. d) Peligro volcánico, por caída de lapilli pómez y ceniza, debido a la proximidad de la zona de estudio hacia el volcán Huaynaputina Los factores condicionantes o intrínsecos que favorecen la ocurrencia de erosión de ladera son la litología (calidad de la roca, permeabilidad, material suelto), morfología y la pendiente del terreno.

*Ilustración 29: Peligros geológicos de la zona de reubicación del centro poblado de Amata).*



*Fuente: Tomado de INGEMMET, 2019*

*Ilustración 30: Muestra el deslizamiento rotacional en el centro poblado Amata.*



*Fuente: Tomado de INGEMMET, 2019*

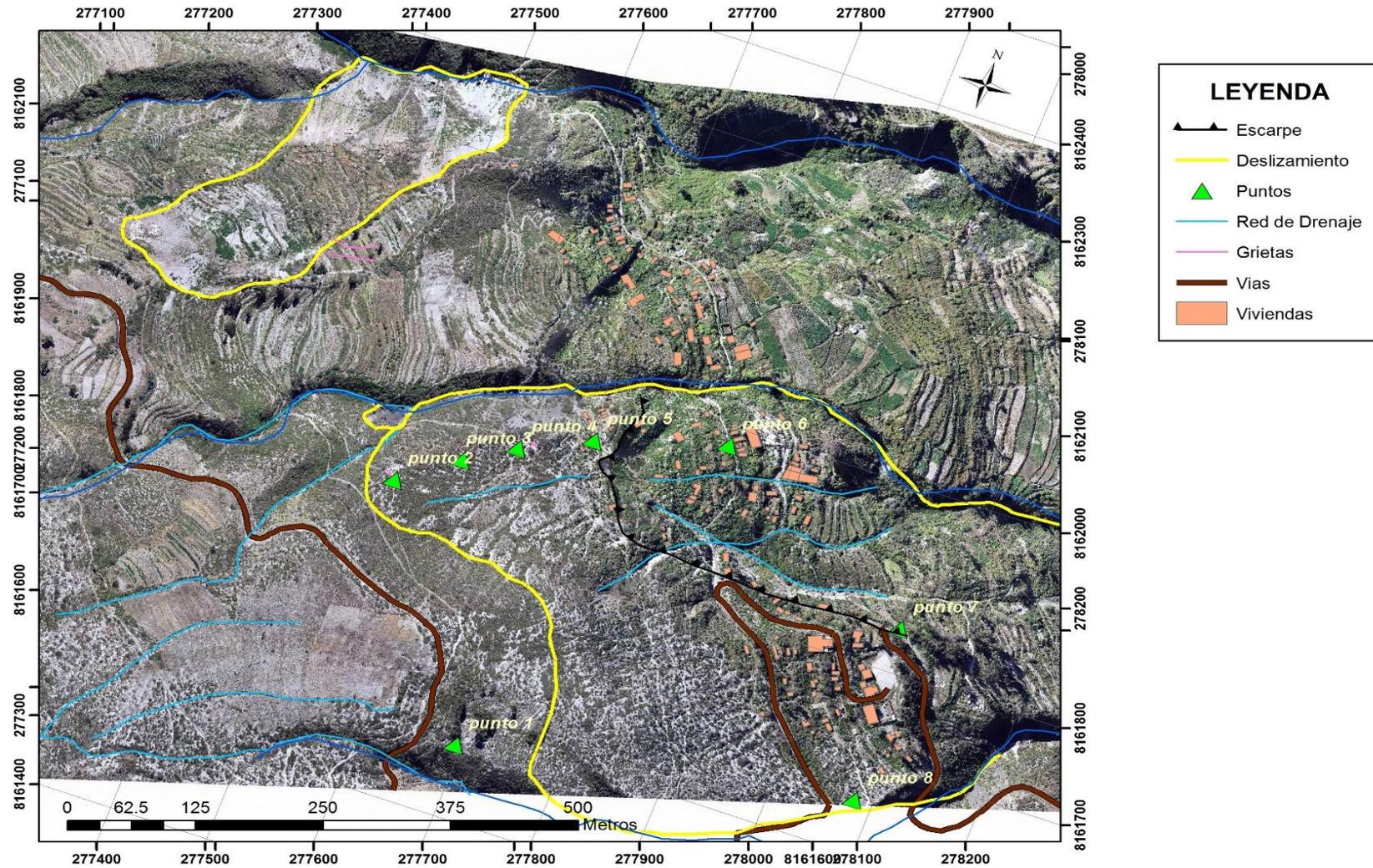


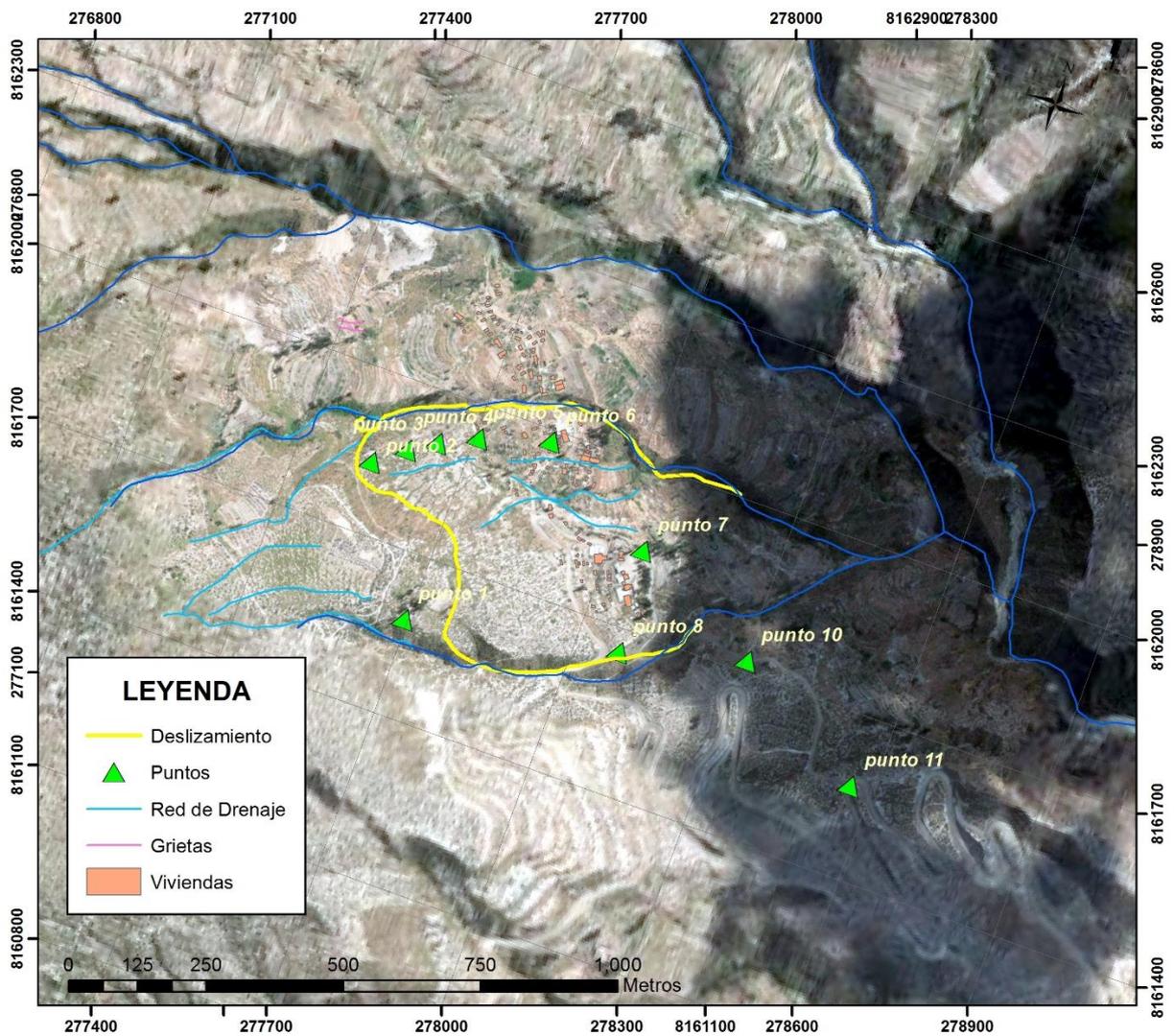
Ilustración 31: Deslizamiento rotacional en el centro poblado antiguo de Amata. (Fuente: Elaborado para el Estudio).

Todo lo descrito líneas arriba, ha permitido identificar los factores condicionantes y desencadenantes para el deslizamiento de Amata.

Cabe señalar, que, para la elaboración del presente informe, se han realizado 2 salidas de campo, la primera de fecha 27 de Abril y la segunda salida de fecha 2 de junio del presente año.

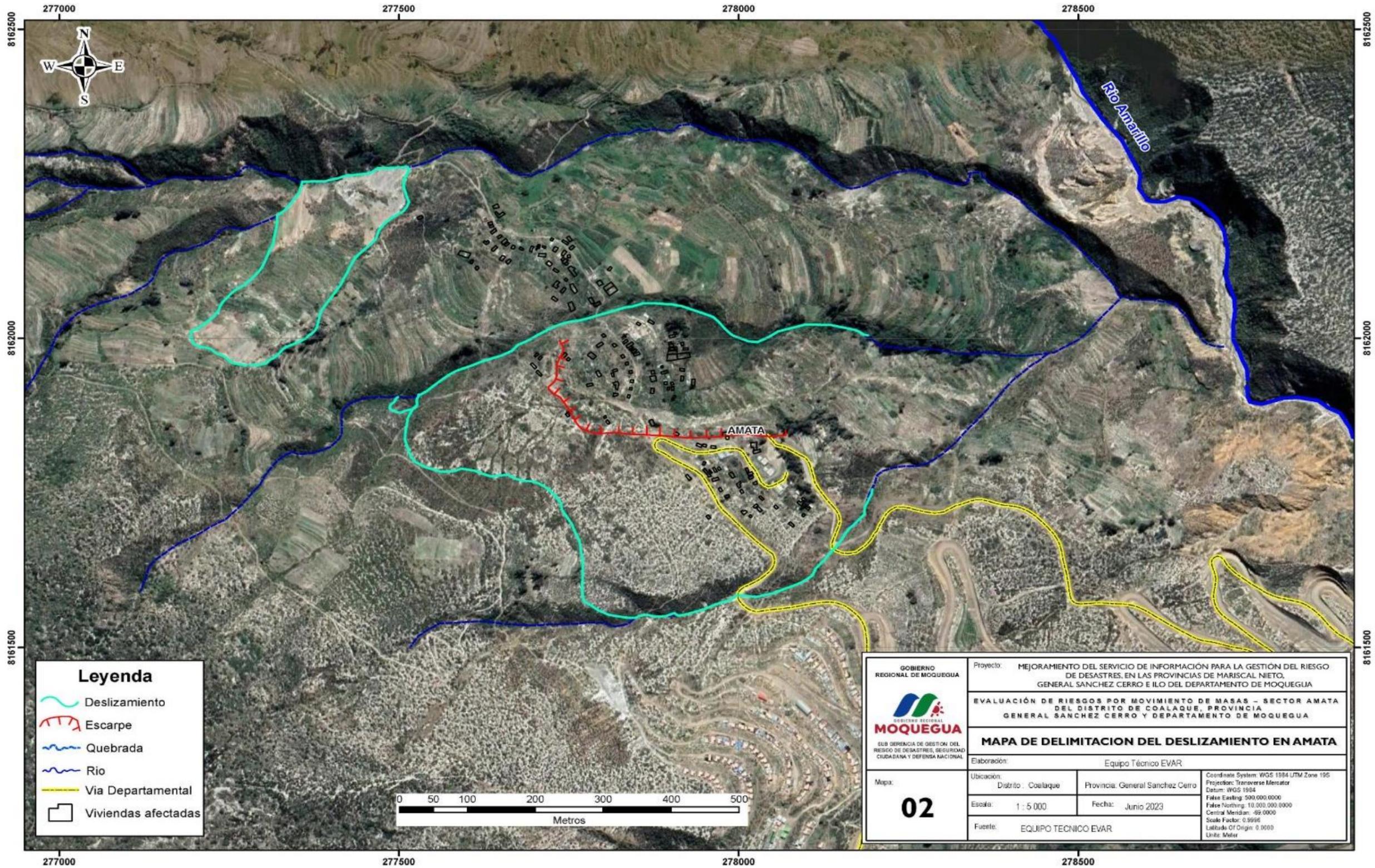
Durante la primera salida de campo, se ha tomado una serie de puntos dentro fuera de la masa deslizado, lo cual ha permitido la elaboración del presente informe, en la Ilustración 31 se muestra las coordenadas UTM WGS 84 de los puntos tomados en la comunidad de Amata.

*Ilustración 32: Deslizamiento rotacional en el centro poblado antiguo de Amata.*



*Fuente: Elaborado para el Estudio*

Mapa 2: MAPA DE DELIMITACIÓN DEL DESLIZAMIENTO EN AMATA.



GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA  SUB GERENCIA DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, SEGURIDAD CIUDADANA Y DEFENSA NACIONAL	Proyecto: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, EN LAS PROVINCIAS DE MARISCAL NIETO, GENERAL SANCHEZ CERRO E ILO DEL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA		
	EVALUACIÓN DE RIESGOS POR MOVIMIENTO DE MASAS – SECTOR AMATA DEL DISTRITO DE COALAQUE, PROVINCIA GENERAL SANCHEZ CERRO Y DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA		
<b>MAPA DE DELIMITACION DEL DESLIZAMIENTO EN AMATA</b>			
Elaboración:		Equipo Técnico EVAR	
Mapa:	Ubicación:	Distrito: Coalaque	Provincia: General Sanchez Cerro
02	Escala:	1 : 5 000	
	Fuente:	EQUIPO TECNICO EVAR	
		Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69.0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter	

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

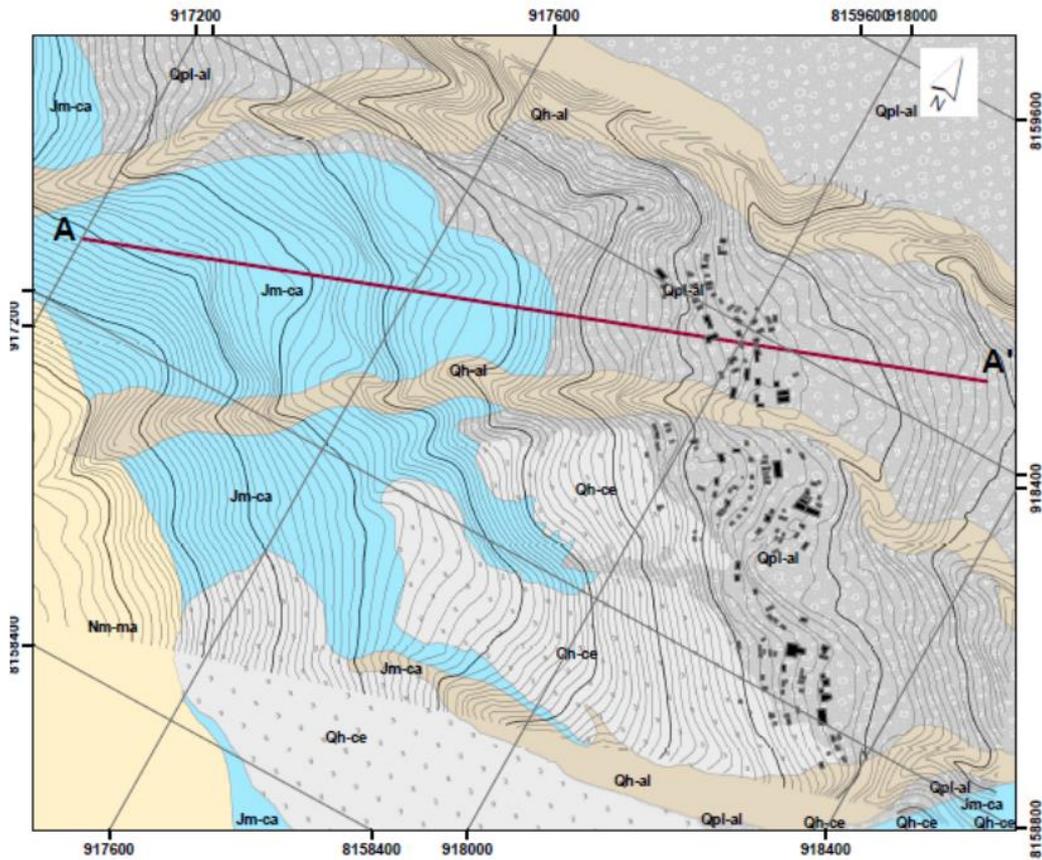
Tabla 1: Puntos tomados en la Comunidad de Amata.

PUNTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCIÓN
Punto 1	277694	8161581	Ceniza con pómez cubriendo laderas con arcillas y bloques de arenisca
Punto 4	277641	8161907	Centro e deslizamiento, arena más pómez material removido tubería
Punto 5	277708	8161940	Casa techo de calamina
Punto 6	277834	8161980	Iglesia
Punto 7	278060	8161849	Eucalipto terraza de deslizamiento
Punto 8	278082	8161658	Arenisca con lulita que se desprende
Punto 10	278307	8161723	Caída de arenisca
Punto 11	278562	8161572	Intersección vías

Fuente: (Foto: Visita de campo)

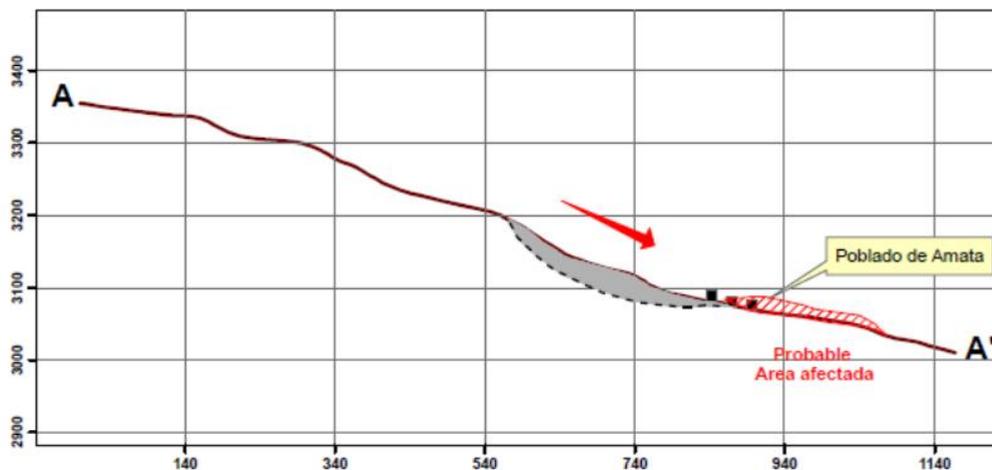
En las Ilustraciones 33 y 34, se presenta la ubicación espacial de los perfiles AA' y BB'; estos perfiles han servido para poder analizar la zona del deslizamiento y así poder realizar un modelo del deslizamiento rotacional que se presenta en la comunidad de Amata.

Ilustración 33: Ubicación espacial del Perfil AA' del Deslizamiento rotacional en la Comunidad de Amata.



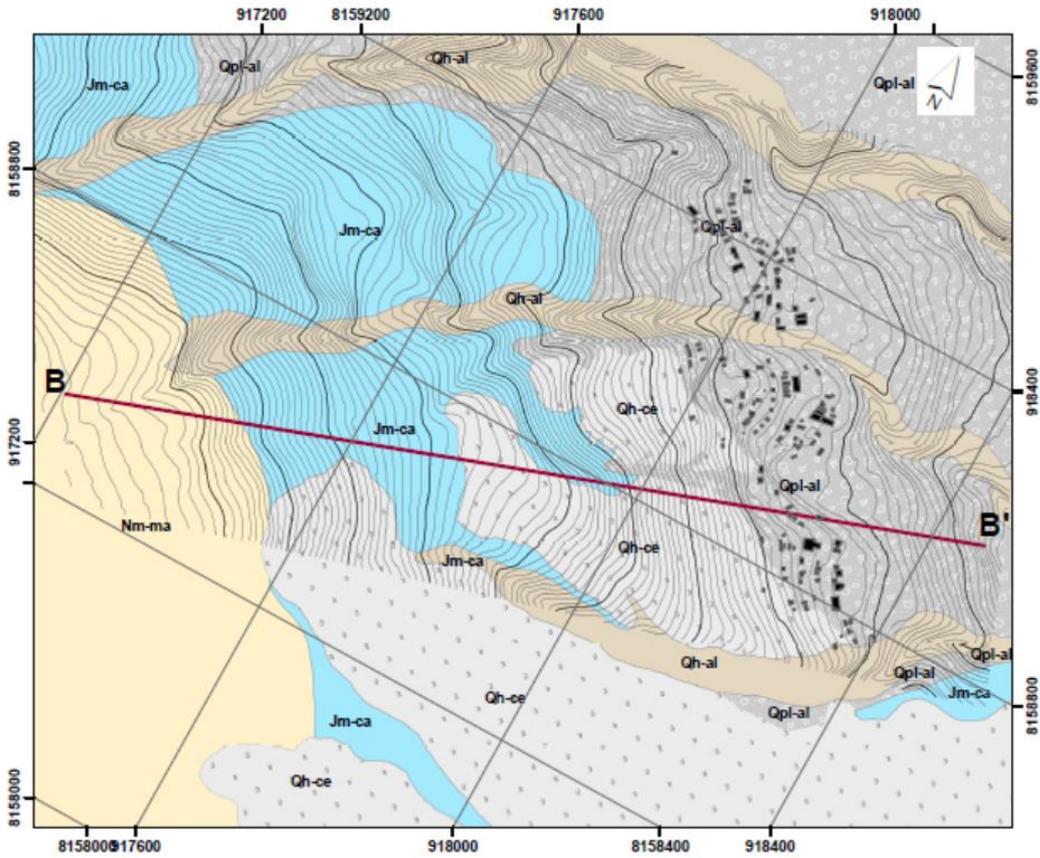
(Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR)

Ilustración 34: Perfil AA' del Deslizamiento rotacional en la Comunidad de Amata.



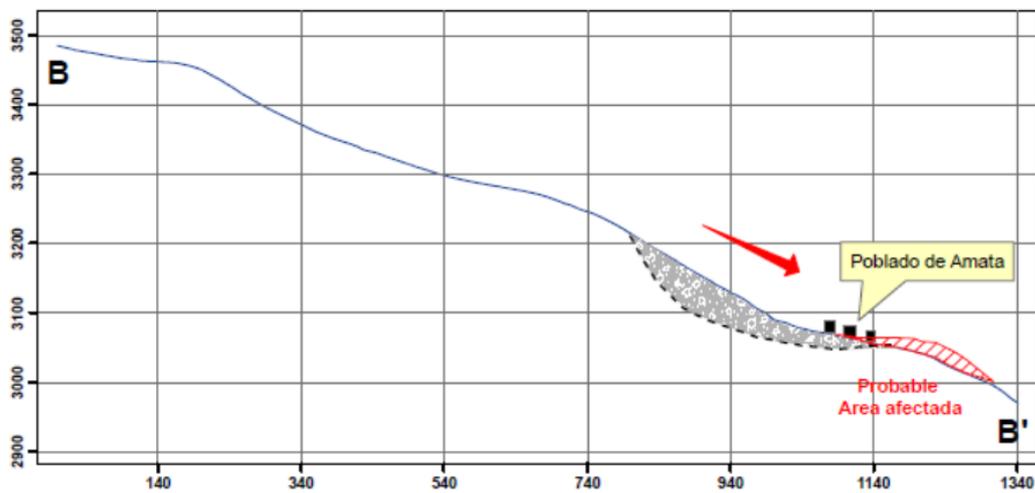
(Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR)

Ilustración 35: Ubicación espacial del Perfil BB' del Deslizamiento rotacional en la Comunidad de Amata.



(Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR)

Ilustración 36: Perfil BB' del Deslizamiento rotacional en la Comunidad de Amata.



(Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR)

Por lo todo lo descrito, en los ítems anteriores, se ha considerado para el parámetro de evaluación los correspondientes al deslizamiento de suelos, debido a que esta tipología dentro de los movimientos de masas es el más importante en la zona de estudio y este este peligro el cual generados daños en la población, infraestructura y sus medios de vida.

### 3.4. PARAMETROS DE EVALUACION

Para el presente estudio, se ha considerado como parámetro de evaluación a la frecuencia a la velocidad de deslizamiento; esto debido a que los deslizamientos de suelo se desarrollan ladera debajo y cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie del terreno. Para la obtención de los pesos ponderados de estos parámetros de evaluación, se utilizó el proceso de análisis jerárquico.

Los parámetros y descriptores ponderados que se han tomado en cuenta para la caracterización del fenómeno por deslizamiento de suelo y los valores numéricos (vector de priorización) fueron obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico. En los siguientes gráficos, se muestran los pesos y parámetros para la evaluación.

#### a) Frecuencia

Los deslizamientos de suelos, ocurren con ciertas frecuencias, es por ello que este parámetro de evaluación ha sido considerado en el presente análisis

*Tabla 2: Matriz de comparación de pares del parámetro de Frecuencia.*

Frecuencia	De 1 a 3 veces por año	1 vez por año	1 vez cada 2 años	1 vez cada 3 años	1 vez cada 5 años o más
De 1 a 3 veces por año	1.00	3.03	4.00	5.88	7.14
1 vez por año	0.33	1.00	3.03	4.00	5.00
1 vez cada 2 años	0.25	0.33	1.00	3.03	4.00
1 vez cada 3 años	0.17	0.25	0.33	1.00	3.03
1 vez cada 5 años o más	0.14	0.20	0.25	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	1.89	4.81	8.61	14.24	20.17
<b>1/SUMA</b>	0.53	0.21	0.12	0.07	0.05

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 3: Matriz de normalización de pares del parámetro de Frecuencia.

Frecuencia	De 1 a 3 veces por año	1 vez por año	1 vez cada 2 años	1 vez cada 3 años	1 vez cada 5 años o más	Vector Priorizacion
De 1 a 3 veces por año	0.529	0.630	0.465	0.413	0.354	0.478
1 vez por año	0.175	0.208	0.352	0.281	0.248	0.253
1 vez cada 2 años	0.132	0.069	0.116	0.213	0.198	0.146
1 vez cada 3 años	0.090	0.052	0.038	0.070	0.150	0.080
1 vez cada 5 años o más	0.074	0.042	0.029	0.023	0.050	0.043

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 4: Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) del parámetro de Frecuencia.

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.070
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC	0.063

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

#### b) Velocidad de desplazamiento

Movimiento de los productos de los deslizamientos de suelo pendiente abajo, o movimiento masivo de material suelto.

Tabla 5: Matriz de comparación de pares para la Velocidad de Desplazamiento.

Velocidad de desplazamiento	Extrem. Rapido 5m/s	Muy rapido 0.1 m/s	Rapido 0.03 m/s	Moderada	Lenta
Extrem. Rapido 5m/s	1.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Muy rapido 0.1 m/s	0.33	1.00	2.86	4.00	5.00
Rapido 0.03 m/s	0.25	0.35	1.00	3.00	5.00
Moderada	0.20	0.25	0.33	1.00	2.86
Lenta	0.17	0.20	0.20	0.35	1.00
<b>SUMA</b>	1.95	4.80	8.39	13.35	19.86
<b>1/SUMA</b>	0.51	0.21	0.12	0.07	0.05

Tabla 6: Matriz de normalización para la Velocidad de Desplazamiento.

Velocidad de desplazamiento	Extrem. Rapido 5m/s	Muy rapido 0.1 m/s	Rapido 0.03 m/s	Moderada	Lenta	Vector Priorizacion
Extrem. Rapido 5m/s	0.513	0.625	0.477	0.375	0.302	0.458
Muy rapido 0.1 m/s	0.171	0.208	0.341	0.300	0.252	0.254
Rapido 0.03 m/s	0.128	0.073	0.119	0.225	0.252	0.159
Moderada	0.103	0.052	0.040	0.075	0.144	0.083
Lenta	0.085	0.042	0.024	0.026	0.050	0.046

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 7: Índice y relación de consistencia para la Velocidad de Desplazamiento.

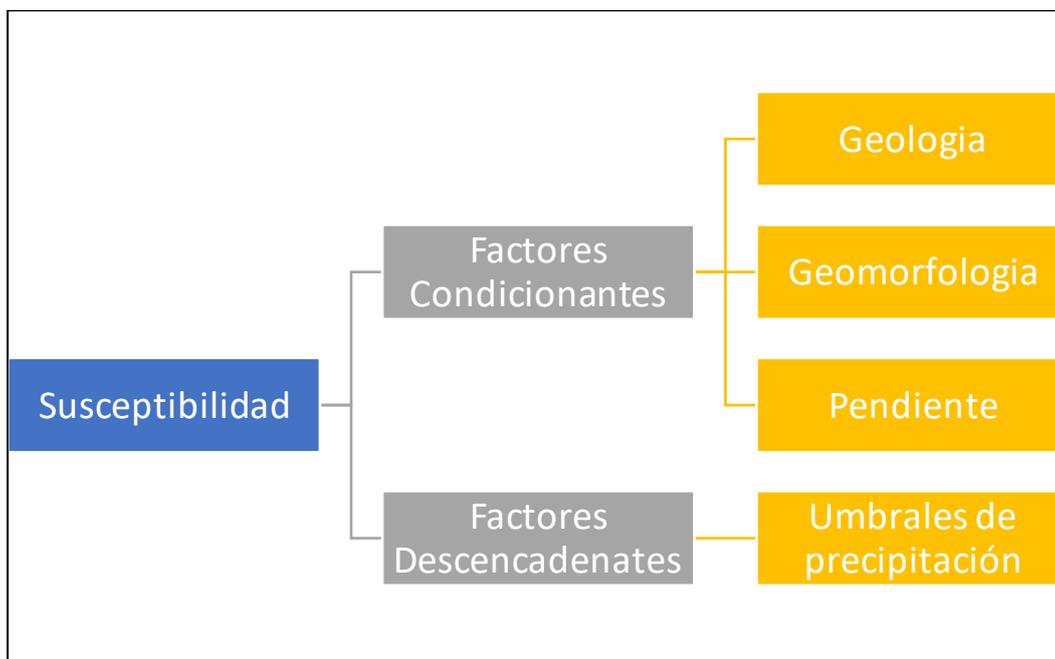
INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.081
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC	0.073

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

### 3.5. SUSCEPTIBILIDAD

La susceptibilidad suele entenderse también como la “fragilidad natural” del espacio en análisis respecto al fenómeno de referencia, también está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico el cual depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno en su respectivo ámbito geográfico, en la susceptibilidad geológica deben evaluarse los aspectos de la geología, geomorfología y la pendiente del terreno, etc., que definirán el comportamiento del espacio con respecto al proceso en cuestión.

Ilustración 37: Determinación de la susceptibilidad.



Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

### 3.5.1. Factores Condicionantes

Como factores condicionantes podemos se ha identificado a la pendiente, geología y geomorfología. A continuación, se describirá.

#### A) Pendiente

La pendiente, es un indicador importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, como factor condicionante, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002).

Este parámetro condiciona el proceso erosivo, puesto que, mientras más pronunciada sea la pendiente, la velocidad del agua de escorrentía será mayor, no permitiendo la infiltración del agua en el suelo (Belaústegui, 1999). En este contexto se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masa, en laderas y cauces cuya pendiente principal es ( $> 30^\circ$ ), también es más alta la erosión de laderas (laminar, surcos y cárcavas) en colinas o montañas, ya que a mayor pendiente se facilita la erosión hídrica o pluvial Vilchez et al., 2013.

Para el presente informe se elaboró un mapa de pendientes, con el fin de delimitar las características topográficas del terreno y diferenciar gráficamente los ángulos de inclinación del relieve en el área de estudio, evidenciándose que, la zona de estudio presenta pendientes pronunciadas (Ver mapa de pendiente)

Para la clasificación de los rangos de pendientes se usó como fuente la tabla de pendiente de Van Zuidam (1986), con las cuales se describen los procesos característicos y esperados, y las condiciones del terreno. Las clases de pendientes pueden coincidir con los sectores críticos, donde los procesos de deslizamiento son dominantes (Van Zuidam, 1986).

*Tabla 8: Clases de pendiente y las condiciones del terreno, Modificado de Van Zuidam (1986).*

Clase de Pendiente		Condiciones del Terreno
(°)	(%)	
0 - 2	0 - 2	Planicie, sin denudación apreciable
2 - 4	2 - 7	Pendiente muy baja, peligro de erosión
4 - 8	7 - 15	Pendiente baja, peligro severo de erosión
8 - 16	15 - 30	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligro de erosión severo
16 - 35	30 - 70	Pendiente fuerte, procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión de suelos (cárcavas)
35 - 55	70 - 140	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación posible
> 55	> 140	Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales severos (caída de rocas), cobertura vegetal limitada.

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Para el caso de la Comunidad de Amata se ha realizado la siguiente clasificación de la pendiente, la misma que se ha elaborado considerando la propuesta de Van Zuidam (1986). Ver mapa 3.

Tabla 9: Rangos de pendientes del terreno para Amata.

PENDIENTE
Mayor a > 25°
Entre 15° a 25°
Entre 10° a 15°
Entre 5° a 10°
Menor a 5°

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 10: Matriz de comparación de pares para la Pendiente.

PENDIENTE	Mayor a > 25°	Entre 15° a 25°	Entre 10° a 15°	Entre 5° a 10°	Menor a 5°
Mayor a > 25°	1.00	2.00	3.00	5.88	7.14
Entre 15° a 25°	0.50	1.00	5.00	5.00	5.88
Entre 10° a 15°	0.33	0.20	1.00	3.03	5.00
Entre 5° a 10°	0.17	0.20	0.33	1.00	3.03
Menor a 5°	0.14	0.17	0.20	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	2.14	3.57	9.53	15.24	22.06
<b>1/SUMA</b>	0.47	0.28	0.10	0.07	0.05

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 11: Matriz de normalización para la Pendiente.

PENDIENTE	Mayor a > 25°	Entre 15° a 25°	Entre 10° a 15°	Entre 5° a 10°	Menor a 5°	Vector Priorización
Mayor a > 25°	0.467	0.560	0.315	0.386	0.324	0.410
Entre 15° a 25°	0.233	0.280	0.525	0.328	0.267	0.327
Entre 10° a 15°	0.156	0.056	0.105	0.199	0.227	0.148
Entre 5° a 10°	0.079	0.056	0.035	0.066	0.137	0.075
Menor a 5°	0.065	0.048	0.021	0.022	0.045	0.040

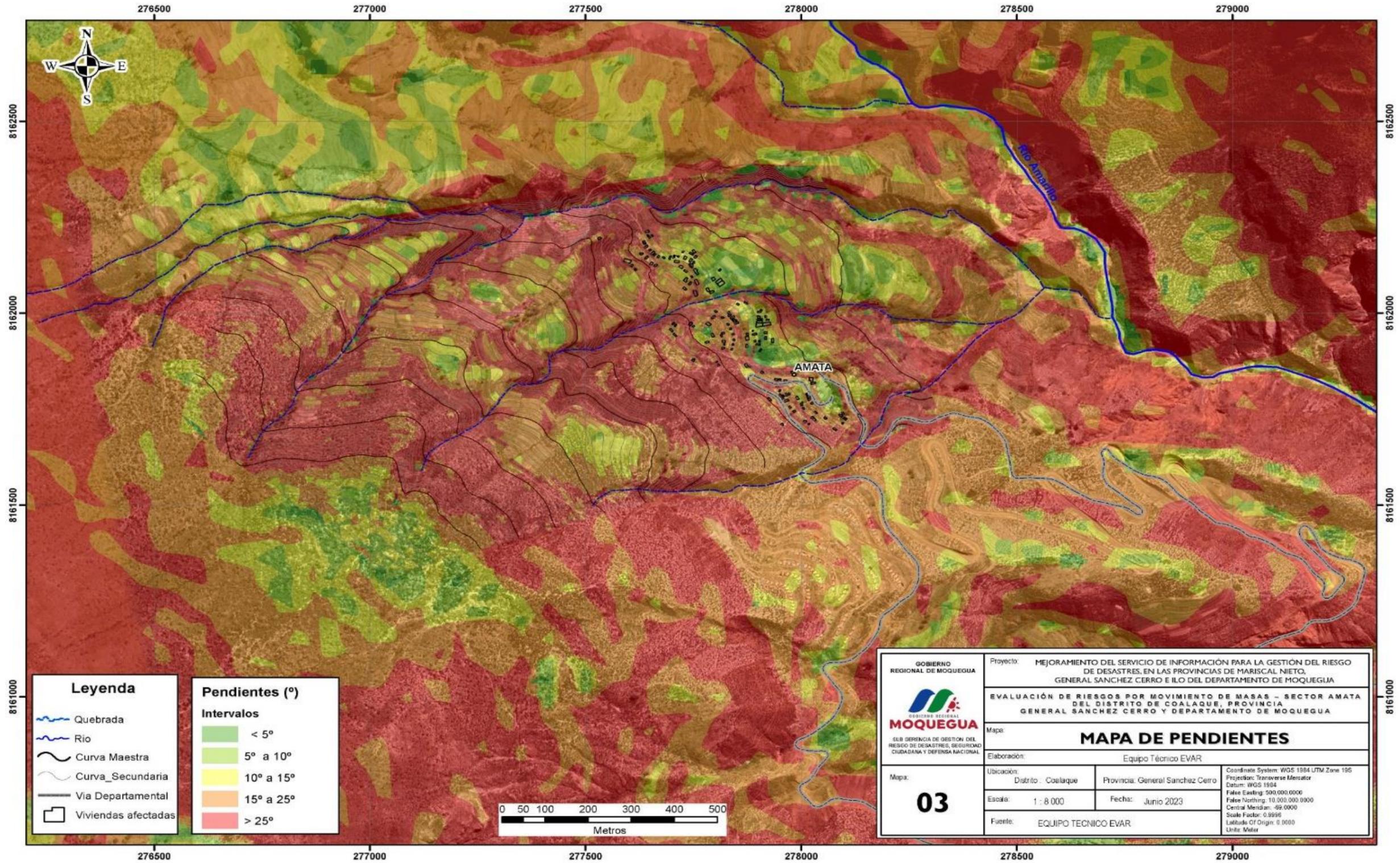
Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

*Tabla 12: Índice y relación de consistencia para la Pendiente.*

<b>INDICE DE CONSISTENCIA</b> <b>RELACION DE CONSISTENCIA &lt; 0.1 (*)</b>	<b>IC</b>	0.086
	<b>RC</b>	0.077

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Mapa 3: MAPA DE PENDIENTES.



Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

## B) Geología

En el caso de la geología, se ha identificado siete unidades litológicas de forma local, como referencia los mapas geológicos del cuadrángulo de Puquina (34-t a escala 1:50 000), Ethelwaldo Atencia & Darwin Romero (2000). Ver mapa 4. A continuación, se detallarán estas unidades:

### B.1 Deposito Fluvial (Q – fl)

Estos depósitos se encuentran en los fondos de los valles actuales como el río Tambo, Coalaque y Chapi. Localmente se encuentra en el fondo del Río Amarillo y consiste de acumulaciones de conglomerados, arenas y limos.

### B.2 Deposito Aluvial (Qh – al)

Formados por materiales poco consolidados, carentes de selección. Litológicamente corresponde a gravas, arenas inconsolidados, y cantos que cubren indistintamente a los diversos afloramientos, conformando terrazas apropiadas para la agricultura.

*Ilustración 38: Depósito aluvial.*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

### B.3 Deposito de Caída (Qh – ce)

Los productos eyectados por la última exposición del volcán Huaynaputina han quedado esparcidos cubriendo gran parte de la zona. La litología consiste predominantemente de pumitas, bombas, lapillis y pómez; estos materiales se encuentran inconsolidados. Por su fácil disgregación conforman suelos arenosos de color blanquecino que producen una fuerte reflexión de los rayos solares. Su poca compactación hace difícil el tránsito por estos parajes. Estos materiales cubren las superficies planas, los flancos, pequeñas depresiones y algunos cerros, constituyendo terrenos áridos. Petrográficamente estas rocas son muy porosas, livianas, tienen aspecto terroso y un gran porcentaje de vidrio y cristales de feldespato sin cuarzo, razón por la cual se les considera de naturaleza traquítica.

Como se ha mencionado, estos piroclásticos representan la última explosión de Huaynaputina registrada el 19 de febrero del año 1600 de la Era Cristiana.

El depósito de caída es rico en pómez, de color blanquecino, con gradación inversa de la base hacia la parte media, luego continua una gradación normal hacia el tope; las pómez miden hasta 0.5 cm de diámetro y tienen formas redondeadas. En este depósito también se observa líticos oxidados y accesorios de hasta 0.5 cm de diámetro, de formas angulosas.

*Ilustración 39: Depósito de caída.*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

#### B.4 Deposito Aluvial (Qpl – al)

Estudiamos bajo este nombre, a todos los depósitos recientes cuyos materiales han sido arrancados y transportados por el agua y depositados a poca distancia de su lugar de origen. Estos materiales se presentan poco consolidados y sus elementos no tienen ninguna selección, tratándose más bien de una mezcla heterogénea de rocas de diferentes tamaños y formas (angulosas a subredondeadas), en escasa matriz fina y con variaciones notables de su exposición a otra.

#### B.5 Complejo Volcánico C<sup>o</sup> Blanco (NQ – bs/ap)

Aflora a 1 km al oeste de la zona de estudio, se encuentra el vulcanismo Cerro Blanco de tipo efusivo se encuentra expuesto en el extremo Suroeste del poblado de Amata; presenta una morfología agreste formando farallones. En este complejo volcánico se puede reconocer hasta tres secuencias lavicas: la secuencia inferior corresponde a un flujo lavico traquiandesítico gris oscuro, seguido de una secuencia de lavas andesíticas grises, lavas porfiriticas grises de composición andesítica. La dirección lávica de estos flujos tiene una tendencia Noreste a Suroeste y se encuentran cubriendo terrenos Precámbricos.

#### B.6 Grupo Maure (Nm – ma)

Ampliamente expuesta en el sector de Amata, en la quebrada Trinchera y en laguna Pucacocha. Presenta una morfología suave constituida por brechas volcánicas de composición andesítica, intercaladas con limoarcillitas rojizas y violáceas, con estratificación paralela. En los niveles superiores se observan tobas de composición andesítica a riolítica, con alteración de sericita.

La ausencia de fósiles en los niveles pelíticos no permite establecer una edad precisa para la Formación Maure, sin embargo, de acuerdo a sus relaciones estratigráficas con la Formación Llallahui a la cual suprayace en discordancia angular, permite asignarle una edad Pliocénica.

#### B.7 Grupo Yura / Fm. Cachíos (Jm – ca)

Grupo Yura: En la zona de estudio y alrededores se han identificado las Formaciones Puente y Cachíos del Grupo Yura de edad Jurásico medio (Jenks, 1948). Estas formaciones presentan moderada susceptibilidad a ser afectados por caídas de rocas, deslizamientos y derrumbes.

- Formación Cachíos: Las principales rocas que afloran en el área de Amata son rocas de la formación Cachíos. La zona de estudio se encuentra sobre estos depósitos. Litológicamente están conformadas por arcillitas de colores negros, grises, verdes, marrones, pardo amarillentas, etc., cubiertas en algunas partes por costras blancas. Las arcillitas se presentan en capas delgadas, friables, apreciándose algunas estructuras arriñonadas y fácilmente deleznales; con frecuentes nódulos de núcleo mayormente arenoso de grano fino. Estas capas se intercalan con algunos lechos de areniscas de colores claros y de grano fino. El miembro Cachíos descansa concordantemente sobre las areniscas y arcillitas del miembro Puente. Su contacto inferior queda establecido en los lugares donde son escasas las capas de areniscas que se intercalan en la secuencia de arcillitas. El contacto superior ofrece un cuadro similar, debido a que el miembro Labra que lo suprayace posee características litológicas semejantes a las del miembro Puente, Wilfredo (1978).

*Ilustración 40: Se observan arcillitas del Grupo Yura – Formación Cachíos (Foto: Propia).*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

*Ilustración 41: Se observa la estratificación de areniscas y lutitas de la Formación Cachíos.*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

Para el análisis de la Geología empleando la matriz Saaty, se ha considerado cinco descriptores, para ello las siete unidades han sido en algunos casos agrupadas cada dos unidades litológicas. A continuación, se presenta la matriz de comparación, matriz de normalización y relación de consistencia para la geología,

Tabla 13: Matriz de comparación de pares para la Geología.

Geología	Depósito Aluvial (Qpl - al), Deposito de Caida (Qh - ce)	Grupo Yura / Fm. Cachios (Jm - ca), Depósito Aluvial (Qh-al)	Grupo Maure ( Nm-ma)	Complejo Volcánico C° Blanco	Depósito fluvial (Q-fl)
Depósito Aluvial (Qpl - al), Deposito de Caida (Qh - ce)	1.00	2.00	3.03	5.88	7.14
Grupo Yura / Fm. Cachios (Jm - ca), Depósito Aluvial (Qh-al)	0.50	1.00	3.03	5.00	5.88
Grupo Maure ( Nm-ma)	0.33	0.33	1.00	3.03	5.00
Complejo Volcánico C° Blanco	0.17	0.20	0.33	1.00	4.00
Depósito fluvial (Q-fl)	0.14	0.17	0.20	0.25	1.00
<b>SUMA</b>	2.14	3.70	7.59	15.16	23.03
<b>1/SUMA</b>	0.47	0.27	0.13	0.07	0.04

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 14: Matriz de normalización para la Geología.

Geología	Depósito Aluvial (Qpl - al), Deposito de Caida (Qh - ce)	Grupo Yura / Fm. Cachios (Jm - ca), Depósito Aluvial (Qh-al)	Grupo Maure ( Nm-ma)	Complejo Volcánico C° Blanco	Depósito fluvial (Q-fl)	Vector Priorizacion
Depósito Aluvial (Qpl - al), Deposito de Caida (Qh - ce)	0.467	0.541	0.399	0.388	0.310	0.421
Grupo Yura / Fm. Cachios (Jm - ca), Depósito Aluvial (Qh-al)	0.234	0.270	0.399	0.330	0.255	0.298
Grupo Maure ( Nm-ma)	0.154	0.089	0.132	0.200	0.217	0.158
Complejo Volcánico C° Blanco	0.079	0.054	0.043	0.066	0.174	0.083
Depósito fluvial (Q-fl)	0.065	0.046	0.026	0.016	0.043	0.040

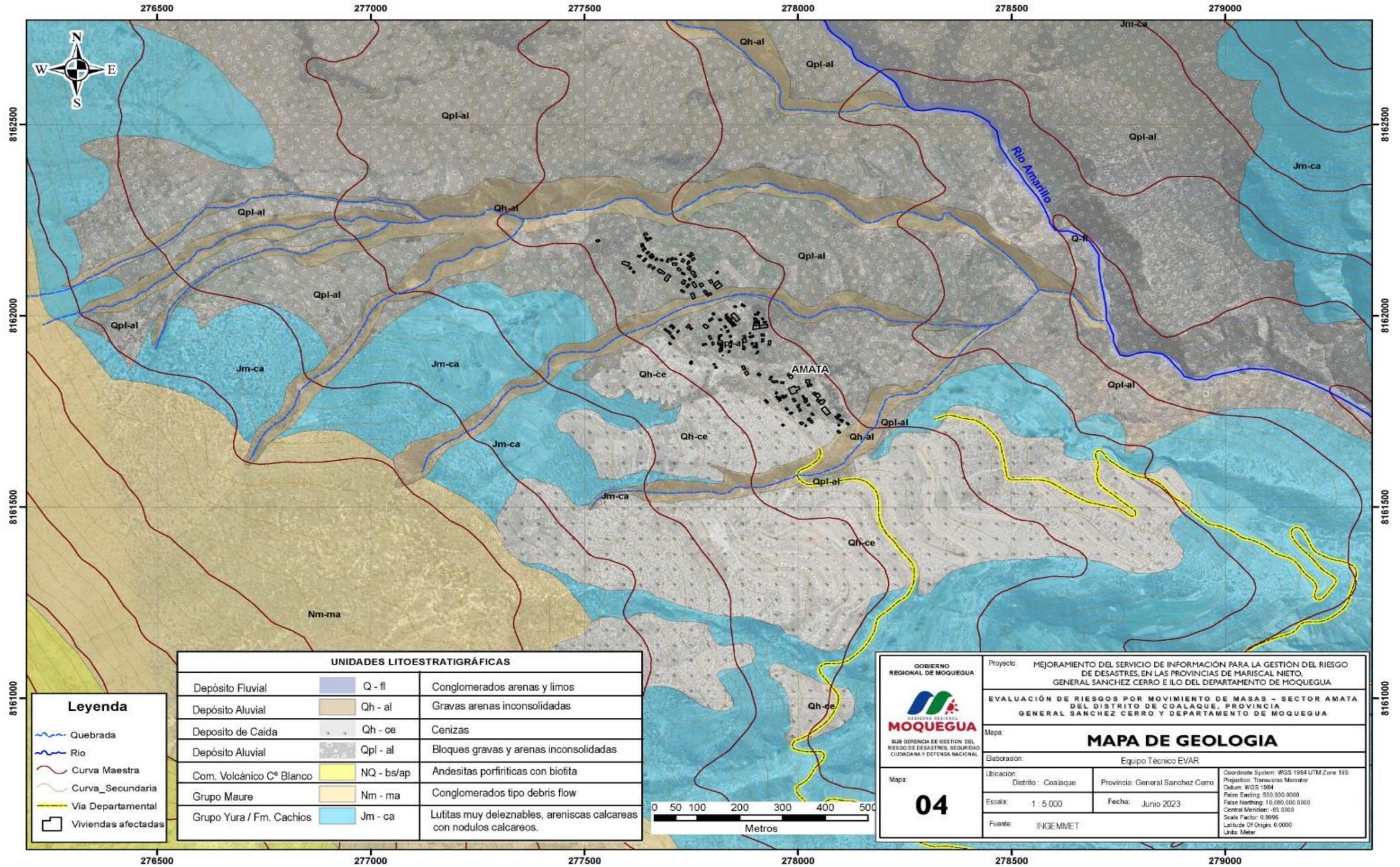
Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 15: Índice y relación de consistencia para la Geología.

<b>INDICE DE CONSISTENCIA</b>	IC	0.071
<b>RELACION DE CONSISTENCIA &lt; 0.1 (*)</b>	RC	0.064

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Mapa 4: MAPA DE GEOLOGIA.



Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

### C) Geomorfología

Geomorfológicamente, el área se ubica en la Zona de Relieve montañoso fluvio erosional, modelada por erosión hídrica pluvial – fluvial, en combinación con diferentes movimientos en masa (deslizamientos, flujos), que actúan en rocas sedimentarias poco competentes. (Ver Mapa 5).

Principalmente laderas con diversas pendientes. Se han logrado diferenciar las siguiente sub unidades:

- Laderas con procesos de deslizamientos (La-des): acumulación de materiales asociados a los deslizamientos. Se caracterizan por su topografía algo irregular, cóncava en sentido longitudinal, con pendientes moderadamente empinadas (35º) y un patrón de disección distributivo de baja densidad.
- Laderas inestables (La -in): Laderas inestables con diferente elevación y pendientes de las laderas mayores a 35º.
- Laderas escarpadas (La-es): Relieve con diferente elevación y pendientes de las laderas mayores a 35º, cimas estrechas e incisiones lineales en “V” (canales fluviales o quebradas de estiaje).
- Laderas empinadas (La-em), Laderas con diferentes elevación y pendientes de las laderas mayores a 35º.
- Laderas moderadas ( La-mo), Laderas con diferentes elevación y pendientes de las laderas menores a 35º.
- Laderas suaves (La-su): Laderas con pendientes suave menor a 20º.
- Zona de quebradas (Qda): Incisiones fluvio - erosionales (cárcavas) en “V”, subparalelas, donde discurre el agua solo en épocas de precipitaciones (en algunos, pueden discurrir agua producto de las filtraciones aguas arriba).
- Valle fluvial (Va-fl); Debido a la baja resistencia a la meteorización y a la erosión pluvial – fluvial de las rocas sedimentarias (lutitas muy deleznable, areniscas calcáreas con nódulos calcáreos) que conforman el sustrato de esta unidad.

Para el análisis de la Geomorfología se ha empleado la matriz Saaty, considerado cinco descriptores, para ello las ocho unidades han sido en algunos casos agrupados cada dos unidades geomorfológicas. A continuación, se presenta la matriz de comparación, matriz de normalización y relación de consistencia para la geología.

Tabla 16: Matriz de comparación de pares para la Geomorfología.

Geomorfología	Laderas con procesos de deslizamientos (Lades), Laderas	Laderas escarpada (La-es), Laderas empinadas (La-em), zona de quebradas	Laderas moderadas (La-mo),	Laderas suaves (La-su)	Valle fluvial (Va-fl)
Laderas con procesos de deslizamientos (Lades), Laderas inestables (La-in)	1.00	3.03	4.00	5.00	7.14
Laderas escarpada (La-es), Laderas empinadas (La-em), zona de quebradas (Qda)	0.33	1.00	3.03	4.00	7.14
Laderas moderadas (La-mo)	0.25	0.33	1.00	3.03	5.00
Laderas suaves (La-su)	0.20	0.25	0.33	1.00	3.03
Valle fluvial (Va-fl)	0.14	0.14	0.20	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	1.92	4.75	8.56	13.36	23.32
<b>1/SUMA</b>	0.52	0.21	0.12	0.07	0.04

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 17: Matriz de normalización para la Geomorfología.

Geomorfología	Laderas con procesos de deslizamientos (Lades), Laderas	Laderas escarpada (La-es), Laderas empinadas (La-em), zona de quebradas	Laderas moderadas (La-mo),	Laderas suaves (La-su)	Valle fluvial (Va-fl)	Vector Priorización
Laderas con procesos de deslizamientos (Lades), Laderas inestables (La-in)	0.521	0.638	0.467	0.374	0.306	0.461
Laderas escarpada (La-es), Laderas empinadas (La-em), zona de quebradas (Qda)	0.172	0.211	0.354	0.299	0.306	0.268
Laderas moderadas (La-mo)	0.130	0.069	0.117	0.227	0.214	0.152
Laderas suaves (La-su)	0.104	0.053	0.039	0.075	0.130	0.080
Valle fluvial (Va-fl)	0.073	0.029	0.023	0.025	0.043	0.039

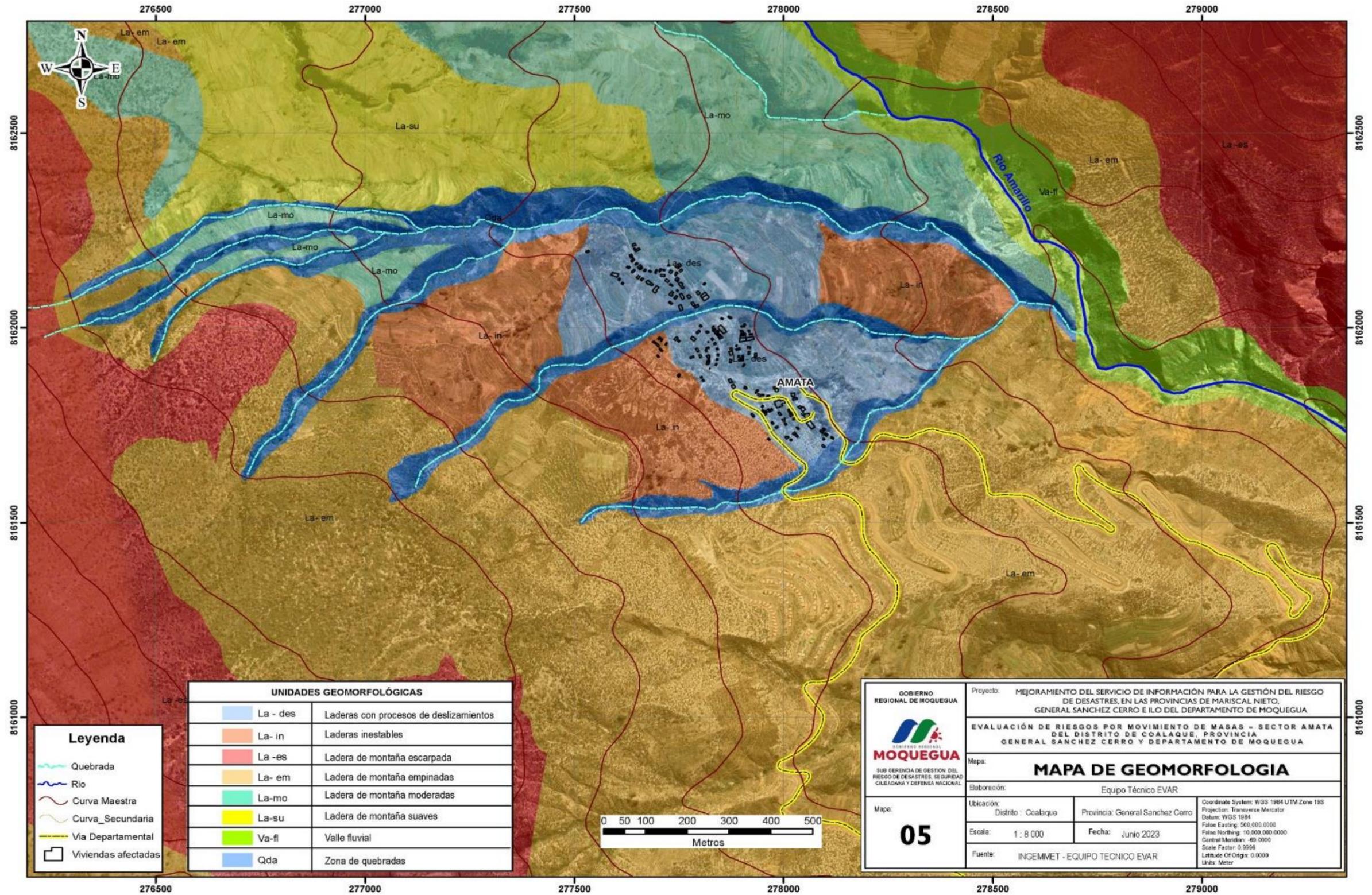
Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 18: Índice y relación de consistencia para la Geomorfología.

<b>INDICE DE CONSISTENCIA</b>	<b>IC</b>	0.073
<b>RELACION DE CONSISTENCIA &lt; 0.1 (*)</b>	<b>RC</b>	0.065

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Mapa 5: MAPA DE GEOMORFOLOGIA.



Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

En el caso de los factores condicionantes, se ha considerado tres factores, por lo cual; se ha empleado una matriz Saaty de 3x3 para su respectivo análisis, los resultados se muestran a continuación.

Tabla 19: Matriz de comparación de pares para los factores condicionantes.

Factores Condicionantes	Geomorfología	Pendiente	Geología
Geomorfología	1.00	2.86	5.00
Pendiente	0.35	1.00	2.86
Geología	0.20	0.35	1.00
SUMA	1.55	4.21	8.86
1/SUMA	0.65	0.24	0.11

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 20: Matriz de normalización para los factores condicionantes.

Factores Condicionantes	Geomorfología	Pendiente	Geología	Vector Priorización
Geomorfología	0.645	0.679	0.565	0.630
Pendiente	0.226	0.238	0.323	0.262
Geología	0.129	0.083	0.113	0.108

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 21: Índice y relación de consistencia para los factores condicionantes.

<b>ÍNDICE DE CONSISTENCIA</b>	<b>IC</b>	0.013
<b>RELACIÓN DE CONSISTENCIA &lt; 0.04 (*)</b>	<b>RC</b>	0.026

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

### 3.5.2. Factores Desencadenantes

El principal factor desencadenante o detonante sería la ocurrencia de precipitaciones pluviales, siendo la causa principal por la cual se han originado deslizamientos, cárcavas y caídas de bloques en la localidad de Amata.

Para este análisis se ha considerado los umbrales que indica Senamhi en el estudio de Umbrales de Precipitación para las estaciones: Puquina, Ubinas.

Tabla 22: Umbrales de Precipitación para las estaciones: Puquina, Ubinas.

Umbrales de Precipitación	Caracterización de lluvias extremas	Umbrales calculados para la Estación : <b>Puquina</b>
RR/día>99p	Extremadamente lluvioso	RR> 30,5 mm
95p<RR/día≤99p	Muy lluvioso	18,2 mm<RR≤ 30,5 mm
90p<RR/día≤95p	Lluvioso	14,0 mm<RR≤ 18,2 mm
75p<RR/día≤90p	Moderadamente lluvioso	7,0 mm<RR≤ 14,0 mm
Umbrales de Precipitación	Caracterización de lluvias extremas	Umbrales calculados para la Estación : <b>Ubinas</b>
RR/día>99p	Extremadamente lluvioso	RR> 24,9 mm
95p<RR/día≤99p	Muy lluvioso	16,0 mm<RR≤ 24,9 mm
90p<RR/día≤95p	Lluvioso	12,5 mm<RR≤ 16,0 mm
75p<RR/día≤90p	Moderadamente lluvioso	7,1 mm<RR≤ 12,5 mm

(Fuente: SENAMHI)

Tabla 23: Precipitaciones máximas de su serie histórica en las estaciones: Punta Coles, Ilo, Moquegua, Carumas, Calacoa, Puquina y Ubinas.

Estación	Máximas precipitaciones (mm)	Fecha
Punta Coles	19.5	03/07/2002
Ilo	10.0	01/08/1969
Moquegua	24.0	02/02/1986
Carumas	59.4	06/02/2013
Calacoa	60.6	03/02/2002
Puquina	60.6	03/02/2002
Ubinas	39.6	10/09/1976

(Fuente: SENAMHI)

Siendo la estación más cercana la estación de Puquina, se ha considerado dichos umbrales para el análisis del factor desencadenante.

Tabla 24: Matriz de comparación de pares para la Precipitación.

Estratigrafía	RR>30.5 mm	18.2 mm <RR≤ 30.5 mm	14.0 mm <RR≤ 18.2 mm	7.0 mm <RR≤ 14.0 mm	RR≤ 7.0 mm
RR>30.5 mm	1.00	3.03	4.00	5.00	7.14
18.2 mm <RR≤ 30.5 mm	0.33	1.00	3.03	4.00	5.00
14.0 mm <RR≤ 18.2 mm	0.25	0.33	1.00	3.03	4.00
7.0 mm <RR≤ 14.0 mm	0.20	0.25	0.33	1.00	3.33
RR≤ 7.0 mm	0.14	0.20	0.25	0.30	1.00
<b>SUMA</b>	1.92	4.81	8.61	13.33	20.48
<b>1/SUMA</b>	0.52	0.21	0.12	0.08	0.05

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 25: Matriz de normalización para la Precipitación.

Estratigrafía	RR>30.5 mm	18.2 mm <RR≤ 30.5 mm	14.0 mm <RR≤ 18.2 mm	7.0 mm <RR≤ 14.0 mm	RR≤ 7.0 mm	Vector Priorización
RR>30.5 mm	0.521	0.630	0.465	0.375	0.349	0.468
18.2 mm <RR≤ 30.5 mm	0.172	0.208	0.352	0.300	0.244	0.255
14.0 mm <RR≤ 18.2 mm	0.130	0.069	0.116	0.227	0.195	0.148
7.0 mm <RR≤ 14.0 mm	0.104	0.052	0.038	0.075	0.163	0.086
RR≤ 7.0 mm	0.073	0.042	0.029	0.023	0.049	0.043

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 26: Índice y relación de consistencia para la precipitación.

<b>INDICE DE CONSISTENCIA</b>	<b>IC</b>	0.078
<b>RELACION DE CONSISTENCIA &lt; 0.1 (*)</b>	<b>RC</b>	0.070

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

### 3.6. ANALISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS

Dentro de la Comunidad de Amata, se considerado diversos elementos expuestos. Las tablas a continuación muestran los elementos expuestos a nivel social y económico, considerando la infraestructura afectada, las viviendas y población, se ha tomado información de fuente propia.

#### 3.6.1. Población y vivienda

La población total que ocupa los terrenos de la comunidad los que se consideran elementos expuestos ante el inminente peligro. (Ver Mapa 6).

*Tabla 27: Elementos expuestos – Población y Grupos Familiares.*

MODULOS DE VIVIENDA	POBLACION
119	270

GRUPOS FAMILIARES	POBLACION
130	270

Fuente: Trabajo de campo

#### 3.6.2. Educación

En la comunidad de Amata, se cuenta con 2 unidades de infraestructura dedicados a educación de nivel inicial y primaria.

*Tabla 28: Elementos expuestos – Educación.*

LUGAR	EDUCACION
Comunidad de Amata	Inicial
	Primaria

Fuente: Trabajo de campo

#### 3.6.3. Salud

En la comunidad se cuenta con una unidad de infraestructura de salud primer nivel de atención.

*Tabla 29: Elementos expuestos – Salud.*

LUGAR	SALUD
Comunidad de Amata	Posta de salud

Fuente: Trabajo de campo

#### 3.6.4. Instituciones

Se tiene en la comunidad instituciones como del Ministerio de Agricultura, tal es de PRONAMACHS.

Además, se ubica también la Iglesia de la comunidad.

*Tabla 30: Elementos expuestos –Instituciones.*

LUGAR	INSTITUCION
Comunidad de Amata	PRONAMACHS
	IGLESIA DE AMATA

Fuente: Trabajo de campo

#### 3.6.5. Energía eléctrica

Servicio a la vivienda en total de 119 unidades servidas.

*Tabla 31: Elementos expuestos – Energía eléctrica.*

RED	TOTAL m.l.
Red eléctrica	1300

Fuente: Trabajo de campo

#### 3.6.6. Agua a domicilio

Servicio a la vivienda en total de 119 unidades servidas, el agua es tipo no potable

*Tabla 32: Elementos expuestos – Red agua no potable.*

RED	TOTAL m.l.
Red agua no potable	1300

Fuente: Trabajo de campo

### 3.6.7. Vías afectadas

En la comunidad solo se tiene acceso por vía carrozable.

*Tabla 33: Elementos expuestos – Vía carrozable.*

VIAS	TOTAL m.l.
Vía carrozable	345

Fuente: Trabajo de campo

### 3.6.8. Terrenos de cultivo

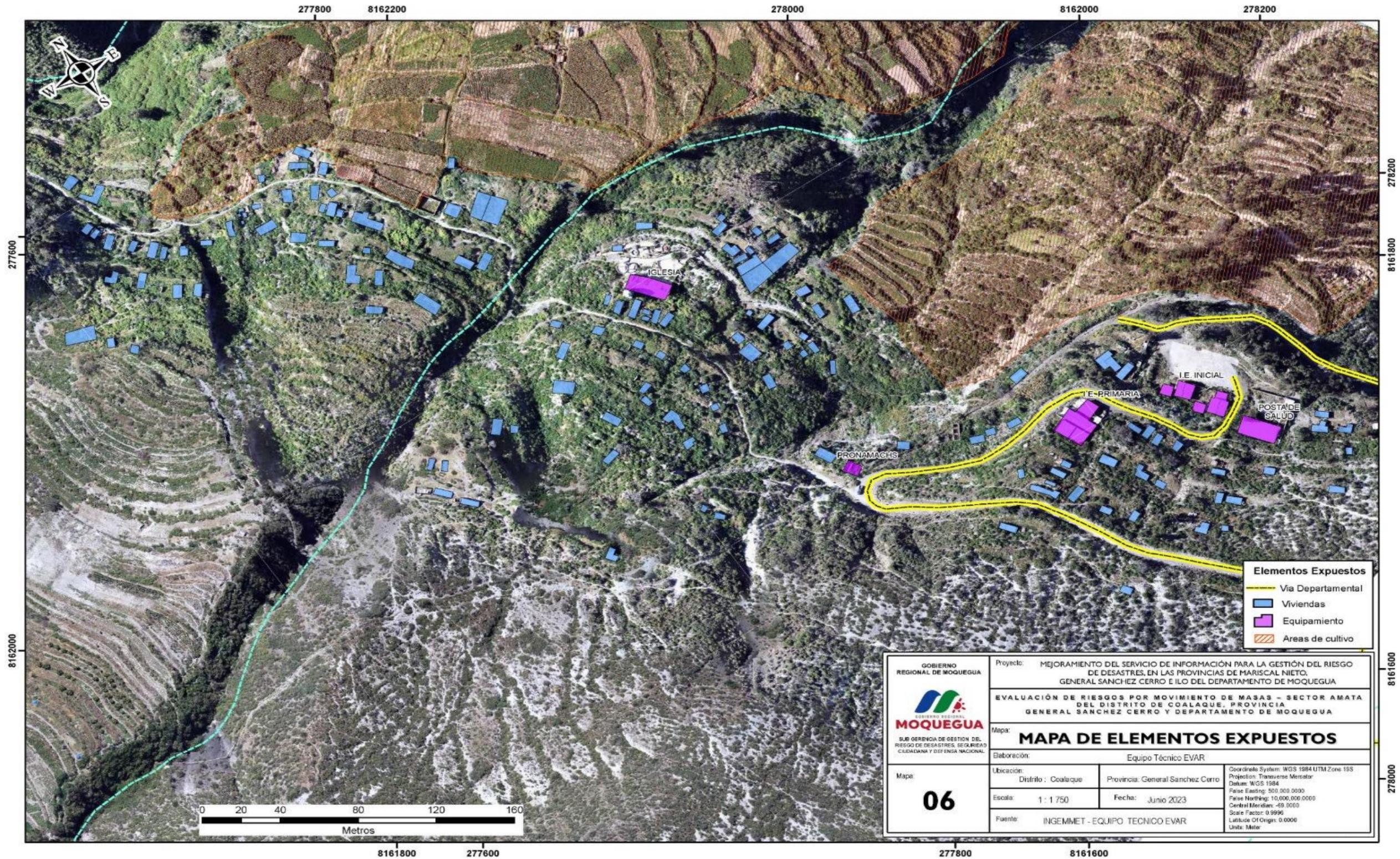
Se tiene los terrenos de cultivo aledaños a las viviendas de la comunidad

*Tabla 34: Elementos expuestos – AREAS DE CULTIVO.*

OCUPACION	TOTAL HAS
Area de cultivo	13.04

Fuente: Trabajo de campo

Mapa 6: MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS.



Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

### 3.7. DEFINICION DE ESCENARIOS

Se ha considerado el escenario más alto, precipitación superior al percentil 99, en un tipo de terreno de textura media, el cual está constituido por material aluvial (arena, ceniza y bloques heterométricos), presenta una geomorfología de laderas con fuerte pendientes; con un promedio de 2 eventos asociados a precipitaciones por año y/o por lo menos 1 vez al año cada evento del Fenómeno El Niño.

### 3.8. DEFINICION Y ESTRATIFICACION DEL NIVEL DE PELIGRO

En la siguiente tabla, se muestran los niveles de peligro y sus respectivos rangos obtenidos por medio del análisis del Proceso de Análisis Jerárquico, Matriz Saaty.

*Tabla 35: Niveles de Peligro.*

NIVELES DE PELIGRO	RANGO
Peligro Muy Alto	$0.443 \leq R \leq 0.284$
Peligro Alto	$0.284 \leq R \leq 0.149$
Peligro Medio	$0.149 \leq R \leq 0.082$
Peligro Bajo	$0.082 \leq R \leq 0.041$

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

#### 3.8.1. Estratificación del Nivel de Peligro

En la siguiente tabla, se muestra la estratificación del nivel de peligrosidad, para el análisis de la Comunidad de Amata.

Tabla 36: Niveles de Peligro.

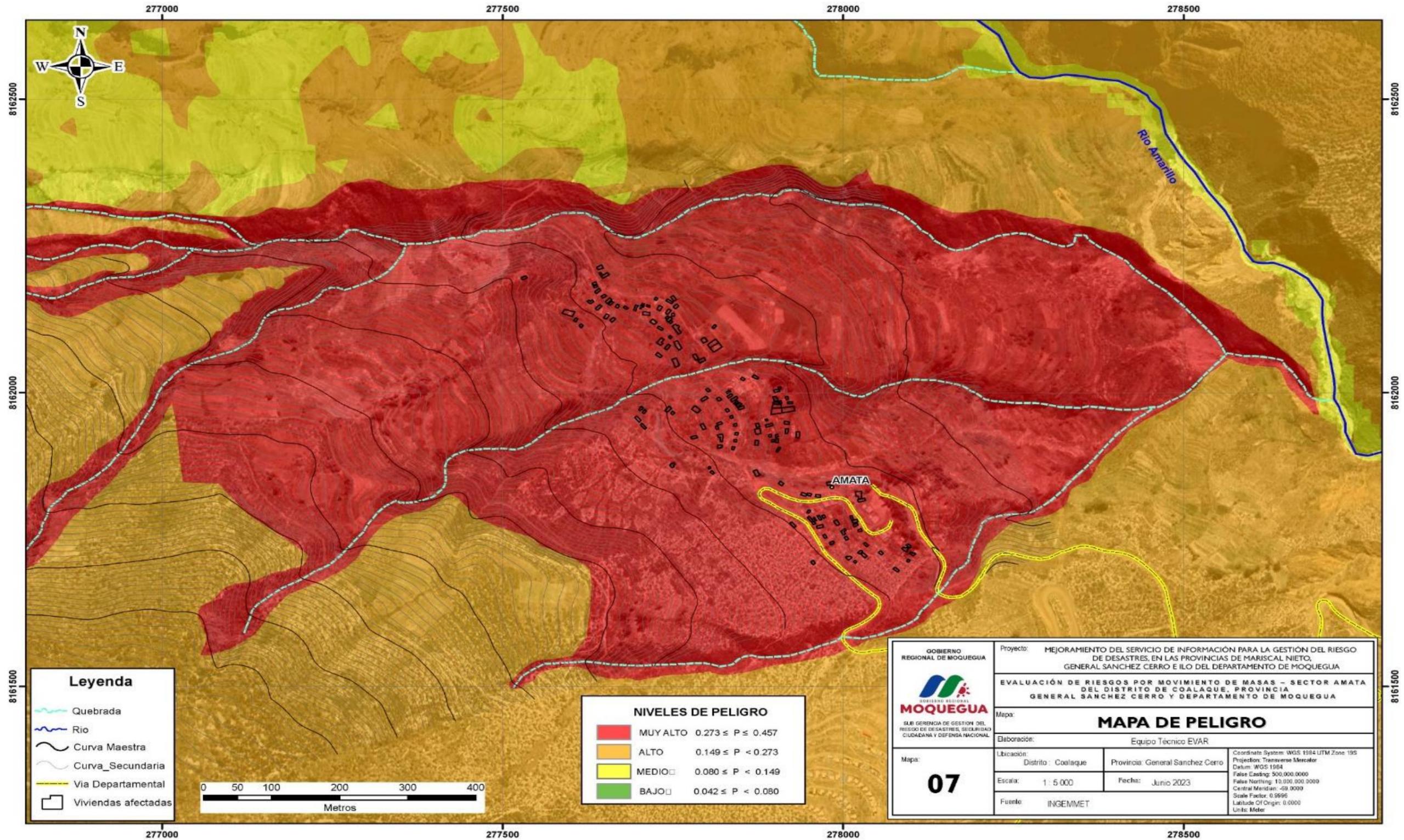
Nivel de Peligro	Descripción	Rango
<b>MUY ALTO</b>	Zonas con pendientes mayor a 25°, depósitos aluviales y depósitos de caída (cenizas), geomorfológicamente se encuentra en unidades de laderas con procesos de deslizamientos y laderas inestables. Precipitaciones con umbrales de RR>30.5 mm.	$0.443 \leq R \leq 0.284$
<b>ALTO</b>	Zonas con pendientes entre 25° a 15°, Material perteneciente al grupo yura formación Cachíos (areniscas con intercalación de lutitas) y depósitos aluviales, geomorfológicamente se encuentra en laderas escarpadas, laderas empinadas, y zonas de quebradas. Precipitaciones con umbrales de 18.2 mm < RR < 30.5 mm.	$0.284 \leq R \leq 0.149$
<b>MEDIO</b>	Zonas con pendientes entre 15° a 10°, Material perteneciente al grupo Maure (brechas volcánicas de composición andesítica, intercaladas con limoarcillitas rojizas y violáceas), geomorfológicamente se encuentra en laderas moderadas. Precipitaciones con umbrales de 14.0 mm < RR < 18.2 mm.	$0.149 \leq R \leq 0.082$
<b>BAJO</b>	Zonas con pendientes menor a 10°, Material perteneciente al complejo volcánico del Cerro Blanco (lavas andesíticas grises, lavas porfiriticas grises de composición andesítica) y depósitos fluviales (conglomerados, arenas y limos), geomorfológicamente se encuentra en laderas suaves y valle fluvial. Precipitaciones con umbrales menor a 14.0 mm RR.	$0.082 \leq R \leq 0.041$

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

### 3.8.2. Mapa de Zonificación del Nivel de peligro

A Continuación, se presenta el mapa de Peligro para la comunidad de Amata.

Mapa 7: MAPA DE PELIGRO.



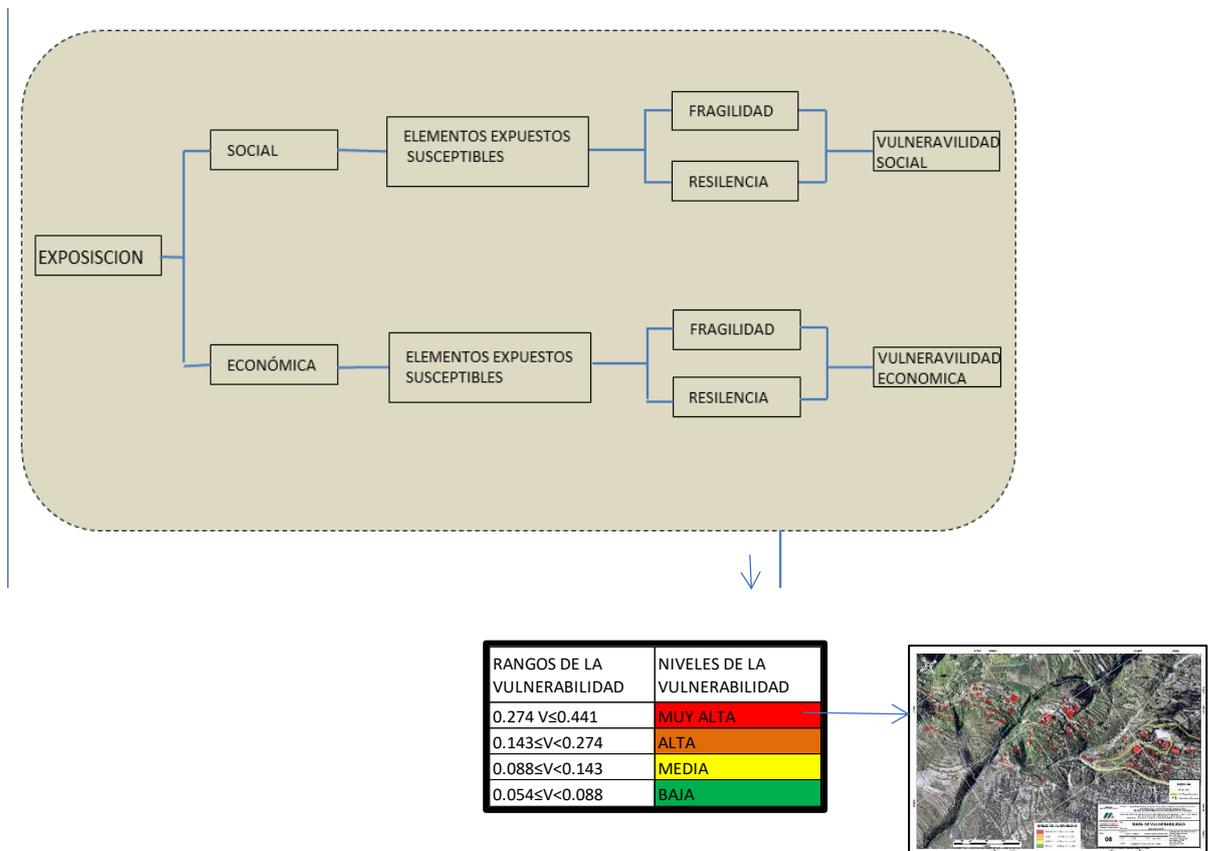
Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

## CAPITULO IV. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD

### 4.1. METODOLOGIA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Para efectos de analizar la vulnerabilidad de los elementos expuestos respecto al ámbito de estudio, se ha desarrollado la siguiente ruta en base a la metodología indicada en el “Manual de Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales” de CENEPRED, como se muestra en la ilustración N° 43.

*Ilustración 42: Metodología general para determinar la vulnerabilidad.*



Para la determinación de los niveles de la vulnerabilidad del sector Amata del distrito de Coaque se considera realizar el análisis de los factores vulnerables en su dimensión social y económica.

### 4.2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

#### 4.2.1. Análisis de la Dimensión Social

En este punto, tenemos que determinar la población expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando la población vulnerable y no

vulnerable, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad social y resiliencia social en la población vulnerable.

Asimismo, se consideró las condiciones actuales del sector Amata y los elementos expuestos existentes, considerando los 03 factores que son exposición, fragilidad y resiliencia.

#### 4.2.1.1. Componente Exposición Social

*Tabla 37: Dimensión Social.*

DIMENSION SOCIAL	
Fragilidad	Resiliencia
Grupo Etereo	Actitud frente al riesgo
	Interés de Participación en Campañas de Prevención

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

#### 4.2.1.2. Exposición Económica

*Tabla 38: Dimensión Económica.*

DIMENSION ECONOMICA	
Fragilidad	Resiliencia
Material Predominante en pared	Ingreso mensual del hogar
Sistema constructivo	

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

#### 4.2.1.3. Exposición Ambiental

No se ha tomado este parámetro.

#### 4.2.2. Ponderación de los Parámetros de Exposición

Tabla 39: Ponderación de los Parámetros de Exposición social.

Fragilidad Social		Resiliencia Social		VULNERABILIDAD SOCIAL
1		0.5	0.5	
GRUPO ETAREO		AFR	INT CAM	
0.416		0.409	0.457	0.424
0.262		0.256	0.249	0.257
0.161		0.186	0.146	0.164
0.099		0.091	0.090	0.095
0.062		0.059	0.058	0.060
1.000		1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

#### 4.2.3. Análisis de la Componente Fragilidad

##### 4.2.3.1. Fragilidad Social

###### Grupo Etareo

Tabla 40: Matriz de comparación de pares - Grupo Etareo.

###### **MATRIZ DE COMPARACION DE PARES**

11. GRUPO ETAREO	Adultos mayores y/o discapacitados	Madres gestantes y niños de 0 a 5 años	de 6 a 14 años	de 15 a 25 años	de 26 a 65 años
Adultos mayores y/o discapacitados	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Madres gestantes y niños de 0 a 5 años	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
de 6 a 14 años	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
de 15 a 25 años	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
de 26 a 65 años	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
<b>1/SUMA</b>	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 41: Matriz de normalización - Grupo Etareo.

**MATRIZ DE NORMALIZACION**

11. GRUPO ETAREO	Adultos mayores y/o discapacitados	Madres gestantes y niños de 0 a 5 años	de 6 a 14 años	de 15 a 25 años	de 26 a 65 años	Vector Priorización
Adultos mayores y/o discapacitados	0.438	0.490	0.439	0.381	0.333	0.416
Madres gestantes y niños de 0 a 5 años	0.219	0.245	0.293	0.286	0.267	0.262
de 6 a 14 años	0.146	0.122	0.146	0.190	0.200	0.161
de 15 a 25 años	0.109	0.082	0.073	0.095	0.133	0.099
de 26 a 65 años	0.088	0.061	0.049	0.048	0.067	0.062

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 42: Índice y relación de consistencia – Grupo Etareo.

IC	0.017
RC	0.015

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

#### 4.2.3.2. Fragilidad Económica

##### Material Predominante en Pared

Tabla 43: Matriz de comparación de pares y normalización - Material predominante en pared.

MEP PARED	Madera, Triplay o calamina	Adobe	Sillar	Ladrillo/Bloqueta sin columnas	Ladrillo, bloq con columnas
Madera, Triplay o calamina	1.00	2.00	4.00	5.00	6.00
Adobe	0.50	1.00	4.00	3.00	4.00
Sillar	0.25	0.25	1.00	2.00	3.00
Bloqueta	0.20	0.33	0.50	1.00	3.00
Ladrillo, bloq con columnas	0.17	0.25	0.33	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	2.12	3.83	9.83	11.33	17.00
<b>1/SUMA</b>	0.47	0.26	0.10	0.09	0.06

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 44: Matriz de normalización - Material predominante en pared.

**MATRIZ DE NORMALIZACION**

MEP PARED	Madera, Triplay o calamina	Adobe	Sillar	Ladrillo/Bloqueta sin columnas	Ladrillo, bloq con columnas	Vector Priorización
Madera, Triplay o calamina	0.472	0.522	0.407	0.441	0.353	0.439
Adobe	0.236	0.261	0.407	0.265	0.235	0.281
Sillar	0.118	0.065	0.102	0.176	0.176	0.128
Bloqueta sin columnas	0.094	0.087	0.051	0.088	0.176	0.099
Ladrillo, bloq, sillar con columnas	0.079	0.065	0.034	0.029	0.059	0.053

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 45: Índice y relación de consistencia – Material predominante en pared.

IC	0.056
RC	0.051

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

### Sistema constructivo

Tabla 46: Matriz de comparación de pares - Sistema constructivo.

**MATRIZ DE COMPARACION DE PARES**

SIST CONSTRUCTIVO	Pircado	Madera	Sin elementos portantes	Muro portante con d	Aporticado
Pircado	1.00	2.00	3.00	4.00	6.00
Madera	0.50	1.00	4.00	5.00	6.00
Sin elementos portantes	0.33	0.25	1.00	3.00	4.00
Muro portante con d	0.25	0.20	0.33	1.00	3.00
Aporticado	0.17	0.17	0.25	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	2.25	3.62	8.58	13.33	20.00
<b>1/SUMA</b>	0.44	0.28	0.12	0.08	0.05

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 47: Matriz de comparación de pares - Sistema constructivo.

<b>MATRIZ DE NORMALIZACION</b>						Vector Priorización
SIST CONSTRUCTIVO	Pircado	Madera	Sin elementos portantes	Muro portante	Aporticado	
Pircado	0.444	0.553	0.350	0.300	0.300	0.389
Madera	0.222	0.276	0.466	0.375	0.300	0.328
Sin elementos portantes	0.148	0.069	0.117	0.225	0.200	0.152
Muro portante con c	0.111	0.055	0.039	0.075	0.150	0.086
Aporticado	0.074	0.046	0.029	0.025	0.050	0.045

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 48: Índice y relación de consistencia – Material predominante en pared.

<b>IC</b>	0.074
<b>RC</b>	0.066

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

#### 4.2.3.3. Fragilidad Ambiental

No se considera

#### 4.2.4. Ponderación De Los Parámetros De Fragilidad

Para determinar la ponderación de los parámetros de Fragilidad, consideraremos la ponderación de los parámetros de fragilidad social y ponderación de los parámetros de fragilidad económica, tal como podemos ver en las Tablas 49 y 50.

Tabla 49: Ponderación de los Parámetros de Fragilidad social.

Fragilidad Social	
1	
GRUPO ETAREO	PESO
Adultos mayores y/o discapacitados	0.416
Madres gestantes y niños de 0 a 5 años	0.262
de 6 a 14 años	0.161
de 15 a 25 años	0.099
de 26 a 65 años	0.062

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 50: Ponderación de los Parámetros de Fragilidad Económica.

Fragilidad Económica			
0.500		0.500	
Material Pared	Peso	Sistema constructivo	Peso
Madera, Triplay o calamina	0.439	Pircado	0.389
Adobe	0.281	Madera	0.328
Sillar	0.128	Sin elementos portantes	0.152
Bloqueta	0.099	Muro portante con columnas	0.086
Ladrillo, blog con columnas	0.053	Aporticado	0.045

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

#### 4.2.5. Análisis De La Componente Resiliencia

##### 4.2.5.1. Resiliencia Social

##### Parámetro: Actitud frente al riesgo

Tabla 51: Matriz de comparación de pares - Actitud frente al riesgo.

<b>MATRIZ DE COMPARACION DE PARES</b>					
APTITUD FRENTE A OCASIÓN DE UN DESASTRE	Fatalista	Escasa no le interesa	Regular, toma alguna medida	Positiva, se prepara	Muy Positiva, se prepara bien
Fatalista	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Escasa no le interesa	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Regular, toma alguna medida	0.33	0.50	1.00	3.00	4.00
Positiva, se prepara	0.25	0.33	0.33	1.00	2.00
Muy Positiva, se prepara bien	0.20	0.25	0.25	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.28	4.08	6.58	11.50	16.00
<b>1/SUMA</b>	0.44	0.24	0.15	0.09	0.06

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 52: Matriz de normalización - Actitud frente al riesgo.

<b>MATRIZ DE NORMALIZACION</b>						
APTITUD FRENTE A OCASIÓN DE UN DESASTRE	Fatalista	Escasa no le interesa	Regular, toma alguna medida	Positiva, se prepara	Muy Positiva, se prepara bien	Vector Priorización
Fatalista	0.438	0.490	0.456	0.348	0.313	0.409
Escasa no le interesa	0.219	0.245	0.304	0.261	0.250	0.256
Regular, toma alguna medida	0.146	0.122	0.152	0.261	0.250	0.186
Positiva, se prepara	0.109	0.082	0.051	0.087	0.125	0.091
Muy Positiva, se prepara bien	0.088	0.061	0.038	0.043	0.063	0.059

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 53: Índice y relación de consistencia – Actitud frente al riesgo.

IC	0.035
RC	0.031

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

**Parámetro: Interés de Participación en Campañas de Prevención**

Tabla 54: Matriz de comparación de pares - Interés de participar en campañas de prevención.

**MATRIZ DE COMPARACION DE PARES**

Interés en participar en campañas de	no le interesa	Escasa no le interesa	Regular	Positiva	Muy positiva
no le interesa	1.00	2.00	4.00	5.00	6.00
Escasa no le inter	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Regular	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00
Positiva	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
Muy positiva	0.17	0.25	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.12	4.08	7.83	11.50	16.00
1/SUMA	0.47	0.24	0.13	0.09	0.06

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 55: Matriz de normalización -- Interés de participar en campañas de prevención.

**MATRIZ DE NORMALIZACION**

Interés en participar en campañas de	no le interesa	Escasa no le interesa	Regular	Positiva	Muy positiva	Vector Priorización
no le interesa	0.472	0.490	0.511	0.435	0.375	0.457
Escasa no le inter	0.236	0.245	0.255	0.261	0.250	0.249
Regular	0.118	0.122	0.128	0.174	0.188	0.146
Positiva	0.094	0.082	0.064	0.087	0.125	0.090
Muy positiva	0.079	0.061	0.043	0.043	0.063	0.058

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 56: Índice y relación de consistencia – Interés de participar en campañas de prevención.

IC	0.016
RC	0.014

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

#### 4.2.5.2. Resiliencia Económica

##### Parámetro: Ingreso promedio mensual familiar

Tabla 57: Matriz de comparación de pares – Ingreso promedio mensual familiar.

<b>MATRIZ DE COMPARACION DE PARES</b>					
INGRESO PROMEDIO FAMILIAR	Menor de 1501	De 1501 a 2000 soles	De 2001 soles a 2500	De 2501 a 3000 soles	Mayor a 3000 soles
Menor de 1501	1.00	3.00	4.00	5.00	6.00
De 1501 a 2000 soles	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
De 2001 soles a 2500	0.25	0.33	1.00	2.00	3.00
De 2501 a 3000 soles	0.20	0.25	0.50	1.00	2.00
Mayor a 3000 soles	0.17	0.20	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	1.95	4.78	8.83	12.50	17.00
<b>1/SUMA</b>	0.51	0.21	0.11	0.08	0.06

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 58: Matriz de normalización – Ingreso promedio mensual familiar.

<b>MATRIZ DE NORMALIZACION</b>						
INGRESO PROMEDIO FAMILIAR	Menor del 1501	De 1501 a 2000 soles	De 2001 soles a 2500	De 2501 a 3000 soles	Mayor a 3000 soles	Vector Priorización
Menor de 1501	0.513	0.627	0.453	0.400	0.353	0.469
De 1501 a 2000 soles	0.171	0.209	0.340	0.320	0.294	0.267
De 2001 soles a 2500	0.128	0.070	0.113	0.160	0.176	0.130
De 2501 a 3000 soles	0.103	0.052	0.057	0.080	0.118	0.082
Mayor a 3000 soles	0.085	0.042	0.038	0.040	0.059	0.053

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 59: Índice y relación de consistencia – Ingreso promedio mensual familiar.

IC	0.041
RC	0.037

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

#### 4.2.5.3. Resiliencia Ambiental

No se considera

#### 4.2.6. Ponderación de los Parámetros de Resiliencia

Tabla 60: Ponderación de Resiliencia Social y Económica.

Resiliencia Social				Resiliencia Económica	
	0.5		0.5		1
APTITUD FRENTE AL RIESGO	PESO	INTERÉS DE PARTICIPAR EN CAMPAÑAS DE PREVENCIÓN	PESO	Promedio Ingreso	Peso
Fatalista	0.409	No, le interesa	0.457	Menor de 1501	0.469
Escasa no le interesa	0.256	Escasa no le interesa	0.249	De 1501 a 2000 soles	0.267
Regular, toma alguna medida	0.186	Regular	0.146	De 2001 soles a 2500	0.130
Positiva, se prepara	0.091	Positiva	0.090	De 2501 a 3000 soles	0.082
Muy Positiva, se prepara bien	0.059	Muy positiva	0.058	Mayor a 3000 soles	0.053

Fuente: Elaborado por el Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

#### 4.2.7. Nivel De Vulnerabilidad

##### 4.2.7.1. Ponderación de la Vulnerabilidad

Tabla 61: Ponderación de los Parámetros de Dimensión Social.

Fragilidad Social		Resiliencia Social				VULNERABILIDAD SOCIAL
1			0.5		0.5	
GRUPO ETAREO	PESO	ACTITUD FRENTE AL RIESGO	PESO	INTERÉS DE PARTICIPAR EN CAMPAÑAS DE PREVENCIÓN	PESO	
Adultos mayores y/o discapacitados	0.416	Fatalista	0.409	No, le interesa	0.457	0.426
Madres gestantes y niños de 0 a 5 años	0.262	Escasa, no le interesa	0.256	Escasa no le interesa	0.249	0.256
de 6 a 14 años	0.161	Regular, toma alguna medida	0.186	Regular	0.146	0.164
de 15 a 25 años	0.099	Positiva, se prepara	0.091	Positiva	0.090	0.094
de 26 a 65 años	0.062	Muy Positiva, se prepara bien	0.059	Muy positiva	0.058	0.060

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 62: Ponderación de los Parámetros de Dimensión Económica.

Fragilidad Económica				Resiliencia Económica		VULNERABILIDAD ECONOMICA
0.500		0.500			1	
Material Pared	Peso	Sistema constructivo	Peso	Promedio Ingreso	Peso	
Madera, Triplay o calamina	0.439	Pircado	0.389	Menor de 1501	0.469	0.447
Adobe	0.281	Madera	0.328	De 1501 a 2000 soles	0.267	0.282
Sillar	0.128	Sin elementos portantes	0.152	De 2001 soles a 2500	0.130	0.134
Bloqueta	0.099	Muro portante con columnas	0.086	De 2501 a 3000 soles	0.082	0.086
Ladrillo, bloq con columnas	0.053	Aporticado	0.045	Mayor a 3000 soles	0.053	0.051

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

Tabla 63: PONDERACION DE LA VULNERABILIDAD.

Vulnerabilidad social VS	Vulnerabilidad Económica VE	VULNERABILIDAD TOTAL VT
0.3	0.7	$VS \times 0.3 + VE \times 0.7 = VT$
0.426	0.447	0.441
0.256	0.282	0.274
0.164	0.134	0.143
0.094	0.086	0.088
0.060	0.051	0.054
		1

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

#### 4.2.7.2. Niveles de la Vulnerabilidad

Los niveles de Vulnerabilidad son mostrados con sus respectivos rangos que obtuvimos en el proceso de Análisis Jerárquico mostrado.

Tabla 64: Niveles de la VULNERABILIDAD.

RANGOS DE LA VULNERABILIDAD	NIVELES DE LA VULNERABILIDAD
$0.274 \leq V < 0.441$	MUY ALTA
$0.143 \leq V < 0.274$	ALTA
$0.088 \leq V < 0.143$	MEDIA
$0.054 \leq V < 0.088$	BAJA

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

#### 4.2.7.3. Estratificación de la Vulnerabilidad

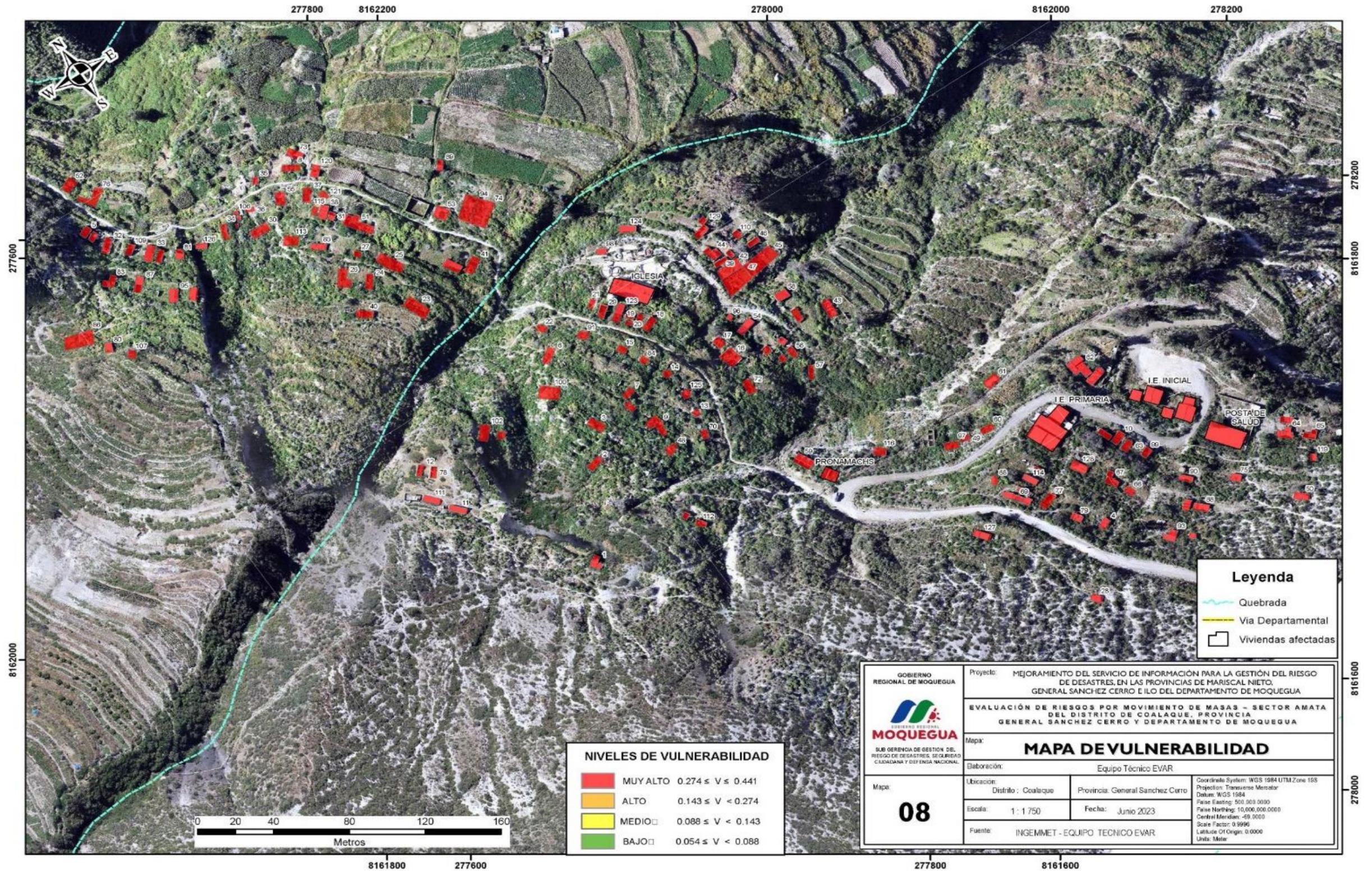
Tabla 65: Estratificación de la VULNERABILIDAD.

CUADRO DE ESTRATIFICACION DE LA VULNERABILIDAD	
Descripcion	Niveles de vulnerabilidad
Presencia de Viviendas con paredes de Madera, Triplay o calamina, el sistema constructivo pircado, promedio de ingreso mensual menor al 1501 soles, con presencia de personas adultos mayores de 65 años y personas con discapacidad, con aptitud frente al riesgo fatalista, no le interesa participar en campañas de prevención	<b>MUY ALTA</b> $0.274 \leq V \leq 0.441$
Presencia de Viviendas con paredes de adobe, el sistema constructivo es madera, promedio de ingreso mensual es de 1501 a 2000 soles, con presencia de personas como madres gestantes niños de 0 a 5 años, con aptitud frente al riesgo escasa no le interesa, escasamente le interesa participar en campañas de prevención	<b>ALTA</b> $0.143 \leq V < 0.274$
Presencia de Viviendas con paredes de sillar, el sistema constructivo es sin elementos portantes, el ingreso promedio mensual es de 2001 a 2500 soles,, con presencia de personas de niños de 6 a 14 años, con aptitud frente al riesgo regular, le interesa en forma regular participar en campañas de prevención	<b>MEDIA</b> $0.088 \leq V < 0.143$
Presencia de Viviendas con paredes de ladrillo/Bloqueta sin columnas o paredes de ladrillo/Bloqueta con columnas, el sistema constructivo es con muros portantes o aporricado, el ingreso promedio mensual es de 2501 a 3000 soles, o mayor a 3000 soles, con presencia de personas de 15 a 25 años o de 26 a años a 65 años, con aptitud frente al riesgo positiva y muy positiva, le interesa en forma positiva y muy positiva participar en campañas de prevención	<b>BAJA</b> $0.054 \leq V < 0.088$

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

### 3.2.8. Mapa De Zonificación Del Nivel De Vulnerabilidad

Mapa 8: MAPA DE VULNERABILIDAD.



Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

## CAPITULO V. CÁLCULO DEL RIESGO

Una vez identificado y analizado el peligro a los que está expuesta la Sub Estación 138 Kv, mediante el nivel de susceptibilidad ante deslizamientos y movimientos en masa y los umbrales de precipitación, y la evaluación de los respectivos parámetros de evaluación del peligro por deslizamiento e identificado la exposición ante el peligro y realizado el respectivo análisis de los componentes que inciden en la vulnerabilidad en sus componentes de exposición, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que se puedan presentar, se procede a la conjunción de éstos para determinar el nivel de riesgo.

### 5.1. METODOLOGIA PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO

*Ilustración 43: Fórmula para determinar el nivel de riesgo.*

$$R_{ie} | _t = f(P_i, V_e) | _t$$

Dónde:

R= Riesgo.  
f= En función  
P<sub>i</sub> =Peligro con la intensidad mayor o igual a i durante un periodo de exposición t  
V<sub>e</sub> = Vulnerabilidad de un elemento expuesto.

Fuente: CENEPRED

### 5.2. MATRIZ DE RIESGOS

*Tabla 66: Matriz de Riesgos.*

MATRIZ DE RIESGO					
<b>PMA</b>	0.457	0.040	0.065	0.125	0.202
<b>PA</b>	0.273	0.024	0.039	0.075	0.120
<b>PM</b>	0.149	0.013	0.021	0.041	0.066
<b>PB</b>	0.080	0.007	0.011	0.022	0.035
		<b>0.088</b>	<b>0.143</b>	<b>0.274</b>	<b>0.441</b>
		<b>VB</b>	<b>VM</b>	<b>VA</b>	<b>VMA</b>

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

### 5.3. NIVELES DE RIESGOS

Los niveles de riesgo por movimiento de masas en el poblado de Amata en la zona delimitada como zona de estudio, se detalla a continuación:

Tabla 67: Niveles de riesgo.

NIVEL	RANGO	$\leq R <$	RANGO
MUY ALTO	0.075	$\leq R <$	0.202
ALTO	0.021	$\leq R <$	0.075
MEDIO	0.007	$\leq R <$	0.021
BAJO	0.002	$\leq R <$	0.007

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

### 5.4. Estratificación del Nivel de riesgo por deslizamiento

Tabla 68: Estratificación del riesgo.

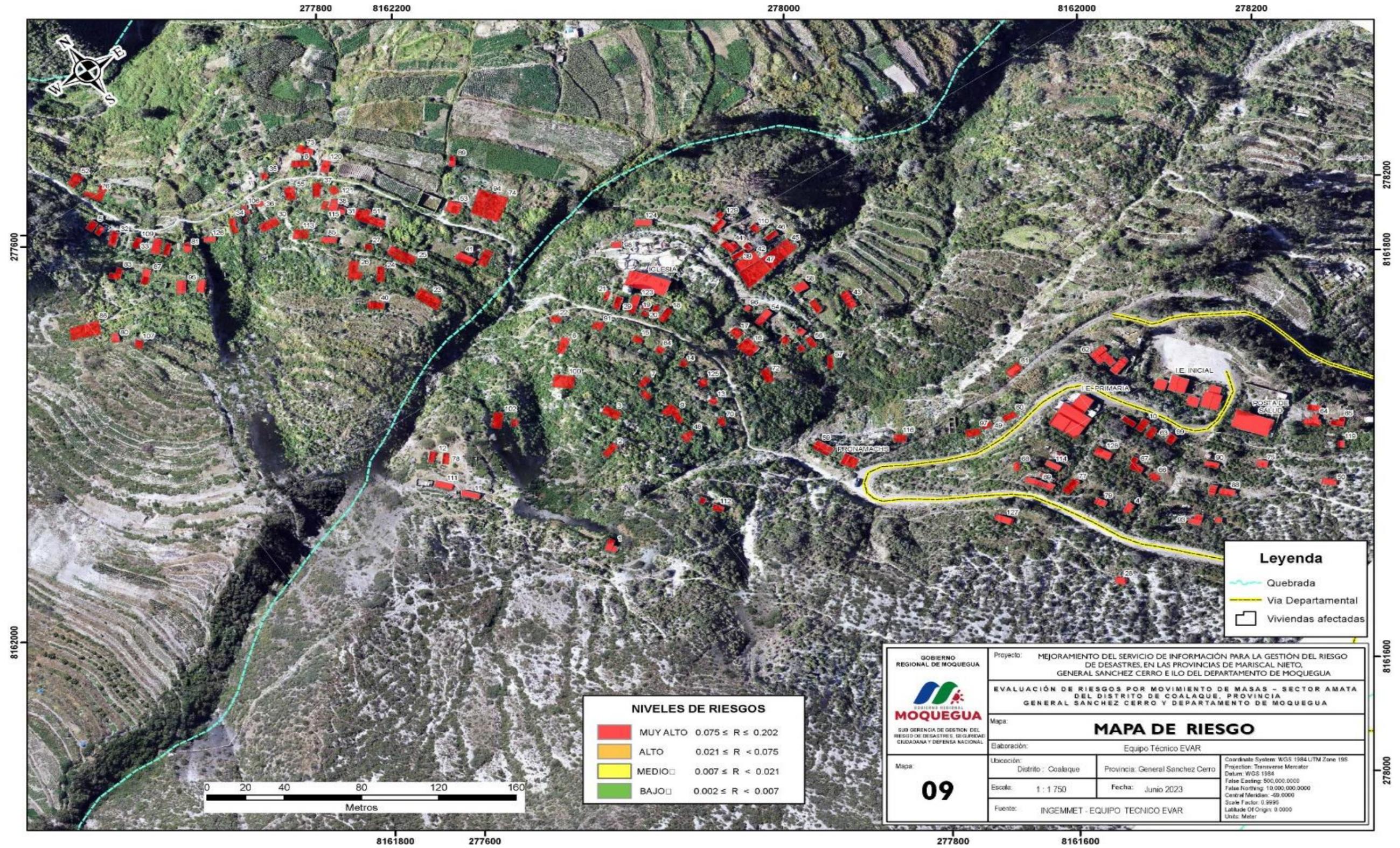
Nivel de Peligro	Descripción	Rango
<b>MUY ALTO</b>	Zonas con pendientes mayor a 25°, depósitos aluviales y depósitos de caída (cenizas), geomorfológicamente se encuentra en unidades de laderas con procesos de deslizamientos y laderas inestables. Precipitaciones con umbrales de $RR > 30.5$ mm. Presencia de viviendas con paredes de madera, triplay o calamina, el sistema constructivo pircado, promedio de ingreso mensual menor a 1501 soles, con presencia de adultos mayores de 65 años y personas con discapacidad, con actitud frente al riesgo fatalista, no le interesa participar en campañas de prevención.	$0.075 \leq R \leq 0.202$
<b>ALTO</b>	Zonas con pendientes entre 25° a 15°, Material perteneciente al grupo yura formación Cachíos (areniscas con intercalación de lutitas) y depósitos aluviales, geomorfológicamente se encuentra en laderas escarpadas, laderas empinadas, y zonas de quebradas. Precipitaciones con umbrales de $18.2 \text{ mm} < RR < 30.5$ mm. Presencia de viviendas con paredes de adobe, el sistema constructivo es precario, promedio de ingreso mensual es de 1501	$0.021 \leq R \leq 0.075$

	a 2000 soles, con presencia de personas: madres gestantes y niños de 0 a 5 años, con actitud frente al riesgo escasa (no le interesa), no le interesa participar en campañas de prevención.	
<b>MEDIO</b>	Zonas con pendientes entre 15° a 10°, Material perteneciente al grupo Maure (brechas volcánicas de composición andesítica, intercaladas con limoarcillitas rojizas y violáceas), geomorfológicamente se encuentra en laderas moderadas. Precipitaciones con umbrales de 14.0 mm < RR < 18.2 mm. Presencia de viviendas con paredes de sillar, el sistema constructivo es sin elementos portantes, promedio de ingreso mensuales de 2001 a 2500 soles, con presencia de personas: niños de 6 a 14 años, con actitud frente al riesgo regular, le interesa en forma regular participar en campañas de prevención.	$0.007 \leq R \leq 0.021$
<b>BAJO</b>	Zonas con pendientes menor a 10°, Material perteneciente al complejo volcánico del Cerro Blanco (lavas andesíticas grises, lavas porfiriticas grises de composición andesítica) y depósitos fluviales (conglomerados, arenas y limos), geomorfológicamente se encuentra en laderas suaves y valle fluvial. Precipitaciones con umbrales menor a 14.0 mm RR. Presencia de viviendas con paredes de ladrillo/bloqueta sin columnas o paredes de ladrillo/bloqueta con columnas, el sistema constructivo es con muros portantes o aporticado, promedio de ingreso mensuales de 2501 a 3000 soles o mayor a 3000 soles, con presencia de personas: niños de 15 a 25 años o de 26 a 65 años, con actitud frente al riesgo positiva y muy positiva, le interesa en forma positiva y muy positiva participar en campañas de prevención	$0.002 \leq R \leq 0.007$

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

## 5.5. MAPA DEL RIESGO

Mapa 9: MAPA DE RIESGO.



Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

## 5.6. CÁLCULO DE PÉRDIDAS (CUALITATIVA Y CUANTITATIVA)

En esta parte, en la evaluación se estiman los efectos probables que ha generado el deslizamiento ocurrido en el área de influencia del área de estudio.

Se muestra a continuación los efectos probables en el poblado de Amata, siendo estos de carácter netamente referencial. El monto probable asciende a S/ .942,000.00 de los cuales S/ .383,000.00 corresponde a los daños materiales en las viviendas e infraestructuras públicas y privadas; y S/ .559,000.00 corresponde a las pérdidas probables.

*Tabla 69: Cálculo montos probables (infraestructura).*

<b>MONTOS PROBABLES</b>			
<b>INFRAESTRUCTURA</b>			
<b>EDIFICACIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO (S/.)</b>	<b>VALOR TOTAL (S/.)</b>
<b>Viviendas afectadas</b>	120	2500	300000
<b>Institución educativa</b>	1	20000	20000
<b>Posta de salud</b>	1	25000	25000
<b>PRONAMACHS</b>	1	8000	8000
<b>Iglesia de Amata</b>	1	30000	30000
<b>TOTAL</b>			<b>383000</b>

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

*Tabla 70: Costos para atender emergencias.*

<b>PERDIDAS PROBABLES COSTOS PARA ATENDER EMERGENCIA</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO (S/.)</b>	<b>VALOR TOTAL (S/.)</b>
<b>Costos de adquisición de módulos de viviendas</b>	130	2500	325000
<b>Gastos de atención de emergencia</b>	130	1800	234000
<b>TOTAL</b>			<b>559000</b>

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

## 5.7. Zonificación de Riesgos

Para la Elaboración de la “Evaluación de Riesgos por movimiento de masas – Sector Amata,” el cual se encuentra en el distrito de Coalaque, provincia General Sánchez Cerro, región Moquegua, se ha identificado un nivel de riesgo MUY ALTO (NO MITIGABLE), en el que se debe tomar consideración que los pobladores de la Zona donde ocurrió el deslizamiento debe ser sensibilizada ante la ocurrencia de este tipo de peligro, para el conocimiento y aplicación de reglas de comportamiento apropiadas ante el peligro.

Considerando que dicha zona deberá declararse por las autoridades correspondientes como zona no habitable o intangibilidad de la mismas, tanto tratándose de viviendas, infraestructuras sociales o privadas, como también de actividades económicas.

*Tabla 71: Nivel del riesgo para la zonificación territorial.*

Nivel de Peligro	Descripción	Rango
<b>MUY ALTO</b>	Las personas están en peligro tanto dentro como fuera de sus viviendas. Pérdida total de sus bienes. Pérdida total de áreas agrícolas. La consecuencia del fenómeno ha sido devastadora.	Zona de prohibición en áreas de depresión inestables no apta para la instalación, expansión territorial

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

## 5.8. Medidas De Prevención De Riesgos De Desastres (Riesgos Futuros)

Debido a los acontecimientos y los antecedentes que se tiene en la zona de estudio, las medidas de prevención, que se refieren a la aplicación de medidas para evitar que un evento se convierta en un desastre y la mitigación que se refiere a las acciones para reducir la vulnerabilidad frente a ciertas amenazas. Se plantean las siguientes medidas:

### 5.8.1. De Orden Estructural

- Delimitación de la zona, con elementos físicos contundentes como vallas; para que la población ya no pueda ingresar a la zona evaluada.
- Colocación de letreros con información, acerca del riesgo de acercarse a la zona evaluada.

- Realizar trabajos de zanjas de coronación revestidas en la parte superior a los procesos de erosión, para evitar que la infiltración y el recorrido del agua sobre y dentro del talud.
- Eliminación de las construcciones existentes que se encuentran en estado ruinoso y con alta probabilidad de colapso (viviendas e instituciones y/o equipamiento público y privado).

#### **5.8.2. De Orden No Estructural**

- La Municipalidad Distrital de Coalaque fortalecerá las capacidades de la población en materia de gestión prospectiva, correctiva y reactiva como medida fundamental para mejorar su capacidad de respuesta y evitar que se asienten y construyan en zonas declaradas como zona de riesgo no mitigable.
- Fortalecer las capacidades de los pobladores en materia de deslizamiento contemplando aspectos relacionados con el sistema de alerta temprana, rutas de evacuación y zonas seguras.
- Instalar un sistema de alerta (silbatos, campana o perifoneo) para que la población pueda actuar rápidamente ante la ocurrencia de un peligro.
- Sensibilizar a la población sobre la gestión de Riesgo de desastres.

### **5.9. Medidas De Reducción De Riesgos De Desastres (Riesgos Existentes)**

#### **5.9.1. De Orden Estructural**

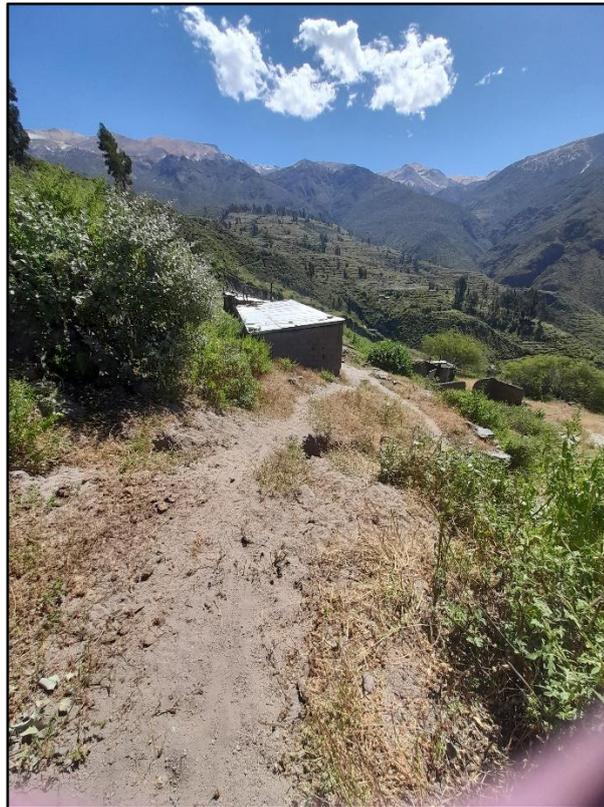
- Se hace necesario que las autoridades realicen las acciones pertinentes a la desocupación total del área de desastre, puesto que algunos pobladores aún realizan actividades económicas en la zona declarada como NO MITIGABLE, tales como crianza de animales menores, enseres en viviendas que aún se encuentran en pie, sin medir las consecuencias del peligro al cual se exponen.

#### **5.9.2. De Orden No Estructural**

- Incorporar el presente estudio en los contenidos del Plan de Desarrollo Urbano del Distrito de Coalaque (zonificación de usos de suelo urbano y área circundante). En el marco de los alcances contenidos en el Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano Sostenible, aprobado con D.S. 022-2016-VIVIENDA u otra normatividad complementaria o vigente a la fecha.

- Elaborar el Plan de Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres en el distrito de Coalaque, en el marco de la normatividad vigente.
- Reubicar de forma inmediata a la población que se encuentra dentro de la zona de deslizamiento y la zona de influencia del deslizamiento.
- Sensibilizar a la población de no acercarse a la zona, ya que está en peligro su integridad, ni realizar actividades económicas como crianza de animales o cultivo cerca de la zona.
- Impulsar a la Autoridad que corresponda aplicar el presente informe EVAR de acuerdo a la normatividad vigente, y es con ello al declararse la zona de riesgo muy alto no mitigable.

*Ilustración 44: En el interior de este inmueble que se usa como corral, se observó animales, dicho inmueble se encuentra en la parte media del deslizamiento.*



*Fuente: (Foto: Visita de campo)*

## CAPITULO VI. CONTROL DEL RIESGO

### 6.1. DEL CONTROL DE RIESGOS

#### 6.1.1. ACEPTACIÓN Y/O TOLERANCIA

##### 6.1.1.1. Valoración de consecuencias

Tabla 72: Valoración de consecuencias.

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	Muy alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.
2	Medio	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son gestionadas con los recursos disponibles.
1	Bajo	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad.

Fuente: Guía CENEPRED.

En base al Mapa de Riesgo por deslizamiento, se determina que el nivel de riesgo corresponde a **MUY ALTA – Nivel 4**

##### 6.1.1.2. Valoración de frecuencia

Tabla 73: Valoración de frecuencia.

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	Muy alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	Alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias.
2	Medio	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias.
1	Bajo	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.

Fuente: Guía CENEPRED.

De acuerdo a los datos obtenidos en las Estaciones del SENAEMI de Puquina y Quinistaquillas, para un periodo de retorno de 200 años, se obtiene que el evento rotacional puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias, es **ALTA – NIVEL 3**.

### 6.1.1.3. Nivel de consecuencia y daños

Tabla 74: Nivel de consecuencia y daños.

Consecuencia	Nivel	Zona de Consecuencias y Daños			
<b>MUY ALTA</b>	<b>4</b>	ALTA	MUY ALTA	MUY ALTA	MUY ALTA
<b>ALTA</b>	<b>3</b>	MEDIA	ALTA	ALTA	MUY ALTA
<b>MEDIA</b>	<b>2</b>	MEDIA	MEDIA	ALTA	ALTA
<b>BAJA</b>	<b>1</b>	BAJA	MEDIA	MEDIA	ALTA
	Nivel	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
	Frecuencia	<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>MUY ALTA</b>

Fuente: Elaborado por el Equipo Técnico EVAR

De lo anterior, de acuerdo a las visitas de campo realizada en el Sector de Amata, se determina que el nivel de consecuencia y daño para el área de evaluación en el Sector de Amata es **MUY ALTA – NIVEL 4**.

### 6.1.1.4. Aceptabilidad y/o Tolerancia

Tabla 75: Nivel de Aceptabilidad y/o tolerancia del Riesgo.

VALOR	DESCRIPTOR	Descripción
<b>4</b>	<b>Inadmisible</b>	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente recursos económicos para reducir los riesgos.
<b>3</b>	<b>Inaceptable</b>	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos.
<b>2</b>	<b>Tolerable</b>	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos.
<b>1</b>	<b>Aceptable</b>	El riesgo no presenta un peligro significativo.

Fuente: Guía CENEPRED.

De la tabla N<sup>o</sup> 74 se determina que la aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo por movimiento de masas (deslizamiento) es **INADMISIBLE – NIVEL 4**.

Tabla 76: Matriz de Aceptabilidad y/o tolerancia del Riesgo.

Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable	Riesgo Inadmisible	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable
Riesgo Aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo inaceptable

Fuente: Guía CENEPRED.

De acuerdo a las tablas presentadas, podemos visualizar que el daño se ubica en la zona de daño muy alta, su consecuencia es muy alta y su frecuencia alta, es decir los posibles daños por el riesgo es Inadmisible; por tanto, es aconsejable reducir la actividad que genera el riesgo en la medida que sea posible.

### 6.1.2. MEDIDAS DE CONTROL

En vista de que ya ha ocurrido el deslizamiento, el mismo que ha ocasionado daños irreparables a las viviendas y demás infraestructura y/o equipamiento que existía en el área donde se encontraba asentada la población de la comunidad de Amata, ya no es pertinente considerar medidas de control, tales como: la realización de inversiones físicas para transformar activos económicos y/o el ambiente dentro de la zona de riesgo, tampoco se pueden aplicar mecanismos financieros para transferir el riesgo de una a otra parte.

No obstante, si se puede aplicar la medida de Control de Protección: tales como red de advertencia y respuesta inmediata a desastres, así como para evitar estado de crisis, comunicación del riesgo: alertas a la comunidad y sectores productivos.

Asimismo, que las autoridades, tales como el Gobierno Local y otros que correspondan, declaren con urgencia la intangibilidad de la zona de desastre, aplicando el presente informe EVAR de acuerdo a la normatividad vigente, y con ello **declararse la zona de riesgo muy alto no mitigable.**

## CONCLUSIONES

- Los principales peligros identificados en la localidad de Amata son: deslizamiento y caídas de rocas, los mismos que corresponden a movimientos de remoción en masas. Por otro lado, se han identificado cárcavas.
- Los factores condicionantes para la ocurrencia de los deslizamientos, caídas de rocas y cárcavas, son principalmente: la pendiente, geología y la geología.
- El principal factor desencadenante es la ocurrencia de precipitaciones, los mismos que inician en el mes de diciembre y se extienden hasta marzo.
- En el área de estudio afloran rocas areniscas que pertenecen a la formación Cachios (Grupo Yura), intercaladas con capas de arcillitas muy deleznable, siendo estas últimas muy susceptibles ante la presencia de agua (infiltración).
- El aporte de agua, de diferente origen: precipitaciones pluviales y la práctica de irrigación en los terrenos agrícolas, por otro lado, la cobertura de suelo, que corresponden a ceniza en aproximadamente 30 a 40 cm de espesor (material suelto y sin cohesión); han sido las principales causas para que se desencadene el deslizamiento de Amata.
- El deslizamiento de Amata corresponde a un deslizamiento rotacional, con una superficie de ruptura circular a semi circular, en el cual se observa claramente escarpes que se han generado producto del movimiento de la masa que se ha deslizado. También se ha identificado una serie de grietas y cárcavas en la parte media del deslizamiento.
- De lo anterior se concluye que el área en la cual se emplazó la localidad de Amata, es una zona muy susceptible a procesos de movimientos en masa, estando en peligro inminente.

## RECOMENDACIONES

- Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizarlos en el tema de Gestión de Riesgo del Desastre, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de peligro.
- Declarar la zona intangible, debido a que se ha identificado que los pobladores emplean algunas de las infraestructuras que se han afectado por el deslizamiento como corrales para sus animales: además que la población usa los caminos de herradura para movilizar a sus animales y movilizarse ellos mismos de lado a otro lado, teniendo que pasar por medio de la zona de deslizamiento.
- Acordonar la zona intangible, con una cinta de prohibido el ingreso para evitar el tránsito de la población y animales, evitando la exposición de vidas humanas, actividades económicas y sus bienes.
- Organizar a la población en brigadas de respuesta rápida, ante la ocurrencia de un peligro.

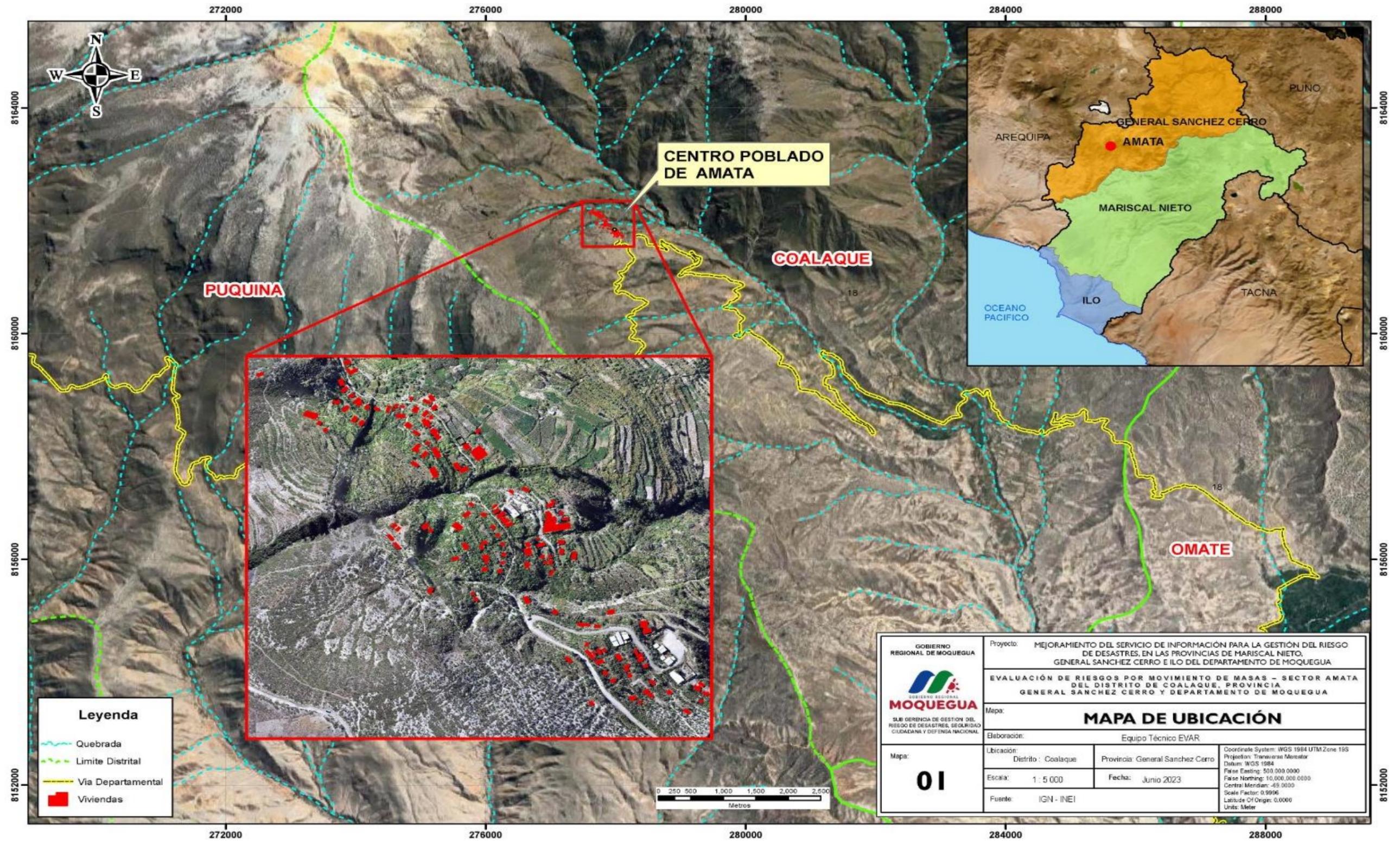
## BIBLIOGRAFIA

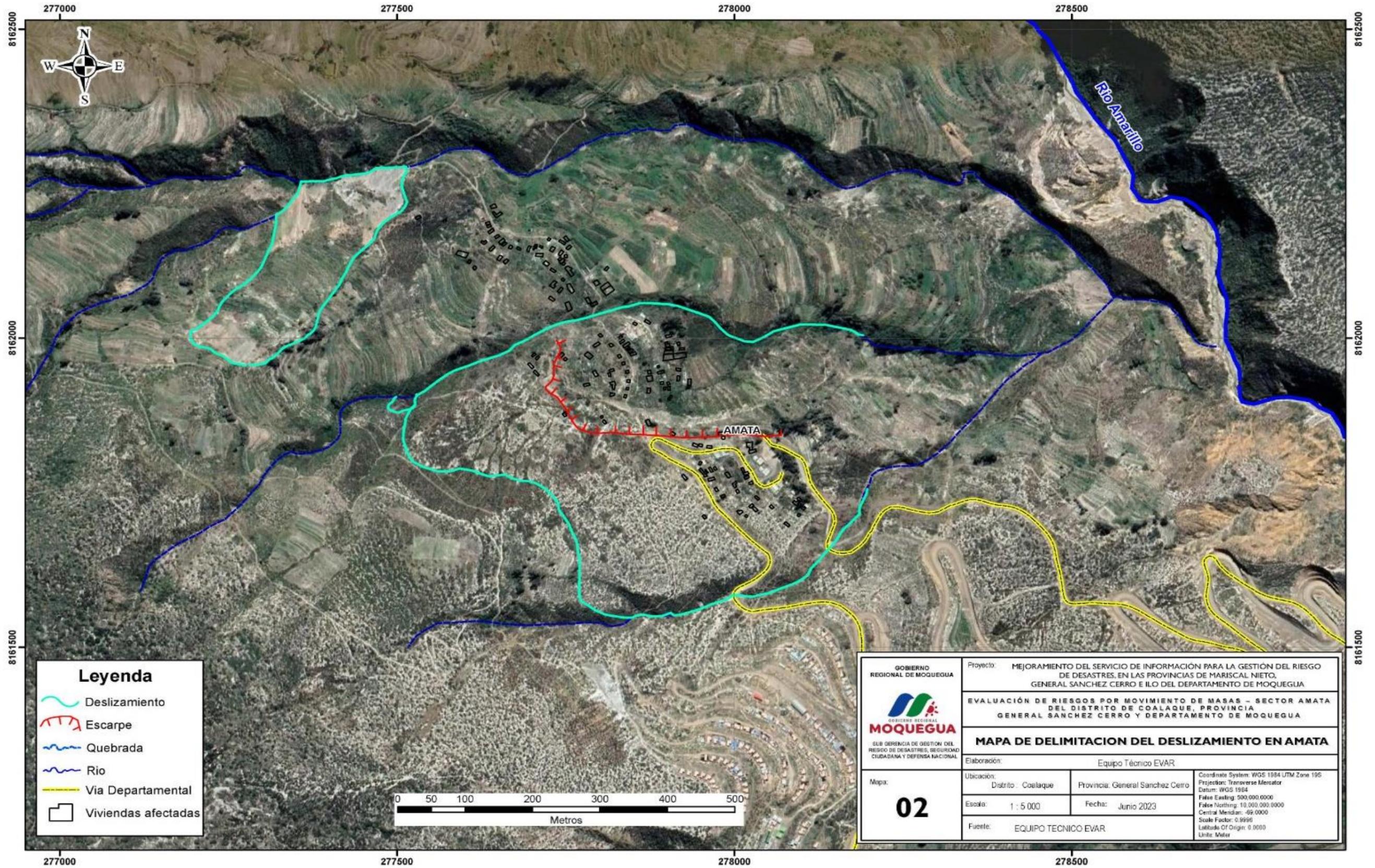
- Atencio A., E. & Romero F., D. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Regional (2000). Memoria descriptiva de la geología del cuadrángulo de Puquina 34-t [Escala 1:50 000].
- CENEPRED, 2014. Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres
- CENEPRED. Lima: CENEPRED - Dirección de Gestión de Procesos, 2014. 245 p.
- Cruden, D., Varnes, D., 1996. Landslide types and processes. In Turner A.K. & Schuster R.L., 1996. Landslides: Investigation and Mitigation. Special Report 247. Transportation Research Board, National Research Council. National Academy Press, Washington D.C. 675 p
- FAO (1967) - La erosión del suelo por el agua. Cuadernos de fomento agropecuario. N° 81 Roma. 207 p.
- García M., W. (1978). Geología del cuadrángulo de Puquina, Omate, Huaitire, Mazo Cruz, Pizacoma. Hojas: 34-t, 34-u, 34-v, 34-x, 34-y - [Boletín A 29] INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 29
- Gómez, A.; Schnabel, S.; Lavado, F.; 2011. Procesos, factores y consecuencias de la erosión por cárcavas; trabajos desarrollados en la Península Ibérica. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 55: 59-80 p.
- Hauser, A., 1993. Remociones en masa en Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago. Boletín No. 45, p. 7-29
- INGEMMET, 2016. Carlos Luza Huillca & Norma Sosa Senticala. Caída de rocas en el sector de Huamatambo Distrito Huamatambo, provincia Castrovirreyna y departamento Huancaavelica. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Informe Técnico N° A6702. 23 p.
- Pimentel, F. (2011). Retroanálisis para la determinación de los coeficientes de restitución de gneis y depósitos de talud. Instituto de geociencias de la Universidad federal de Rio de Janeiro. 48p.
- Rivera Luis Reyes (1980). Mapa Geológico de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Lima – Perú, Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional, N° 31. 76p.
- Scott, K.M., Macías, J.M., Naranjo, J.A., Rodríguez, S., McGeehin, J.P., 2001. Catastrophic Debris Flows Transformed from Landslides in Volcanic Terrains: Mobility, Hazard Assessment and Mitigation Strategies. U.S. Geological Survey Professional Paper 1630
- Suárez, J. 1998. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga-Colombia. 541 p

- Varnes, D.J., 1978. Slope movement types and processes. In Landslides, Analysis and Control, Special Report N°176. Schuster, R.L., Krizek, R.J., edits. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington D.C., p.11-33
- Van Zuidam R. A. 1986. Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. International Institute for Aerospace Survey and Earth Science The Hague, ITC. 442p.

ANEXOS

Anexo 1. Mapas

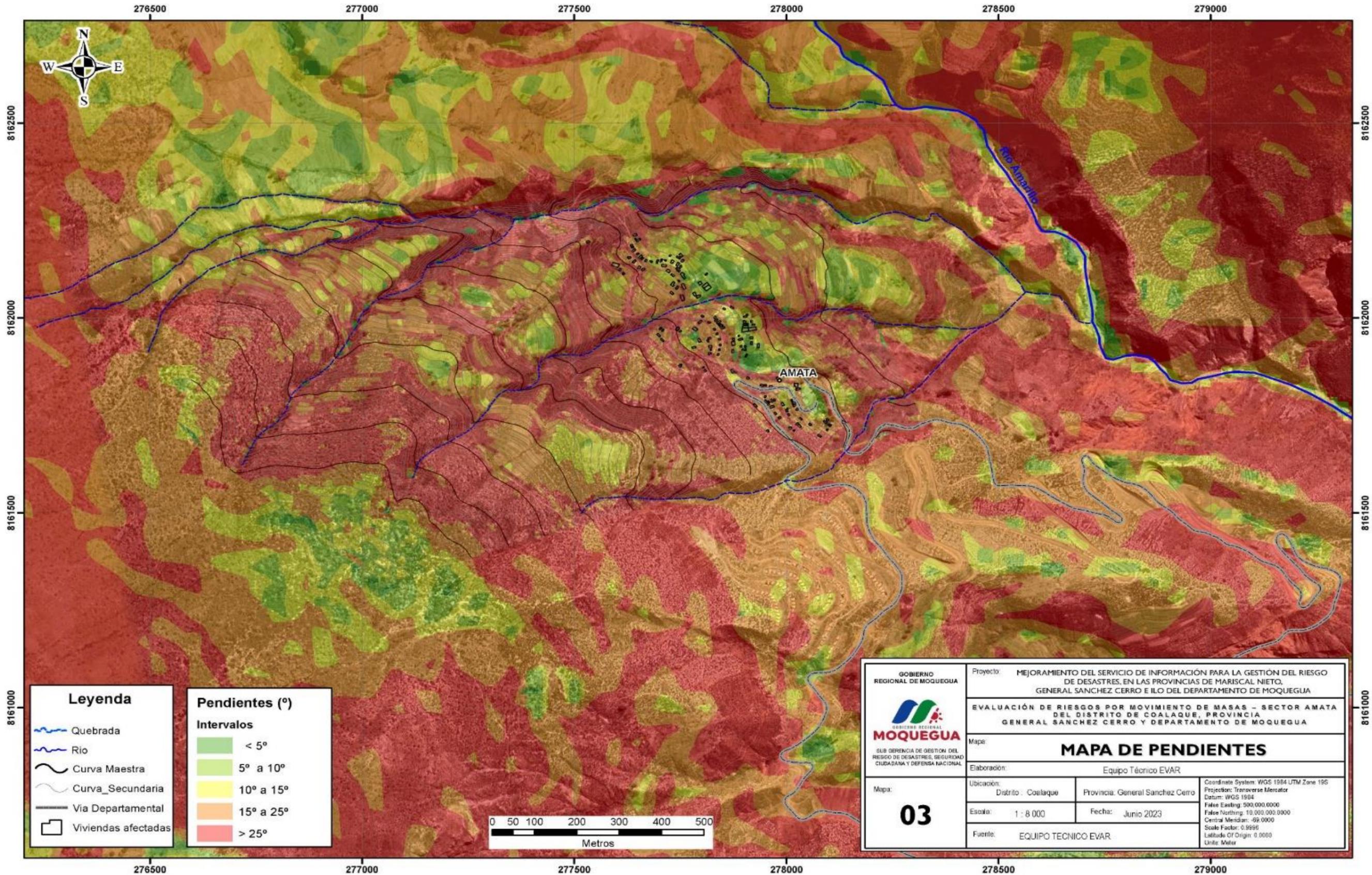




**Leyenda**

-  Deslizamiento
-  Escarpe
-  Quebrada
-  Rio
-  Via Departamental
-  Viviendas afectadas

 <b>GOBIERNO REGIONAL MOQUEGUA</b> SUB GERENCIA DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES, SEGURIDAD CIUDADANA Y DEFENSA NACIONAL	Proyecto: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, EN LAS PROVINCIAS DE MARISCAL NIETO, GENERAL SANCHEZ CERRO E ILO DEL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA		
	EVALUACIÓN DE RIESGOS POR MOVIMIENTO DE MASAS – SECTOR AMATA DEL DISTRITO DE COALQUE, PROVINCIA GENERAL SANCHEZ CERRO Y DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA		
<b>MAPA DE DELIMITACION DEL DESLIZAMIENTO EN AMATA</b>			
Elaboración:	Equipo Técnico EVAR		
Mapa:  <b>02</b>	Ubicación:	Distrito - Coalque	Provincia: General Sanchez Cerro
	Escala:	1 : 5 000	Fecha: Junio 2023
Fuente:	EQUIPO TECNICO EVAR		Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500 000 0000 False Northing: 10 000 000 0000 Central Meridian: -69 0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0 0000 Units: Meter



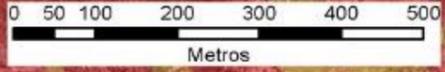
**Leyenda**

- Quebrada
- Rio
- Curva Maestra
- Curva\_Secundaria
- Via Departamental
- Viviendas afectadas

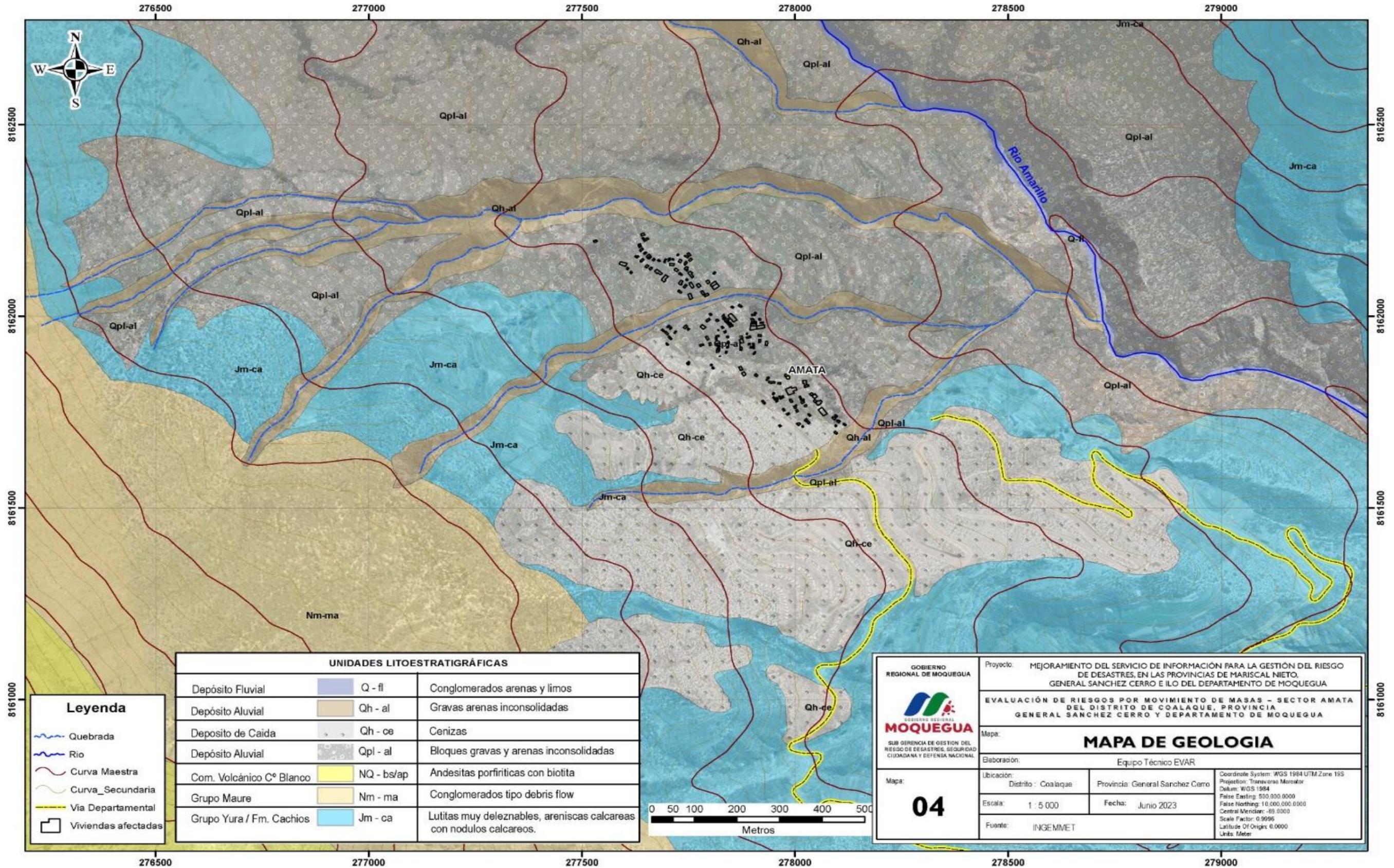
**Pendientes (°)**

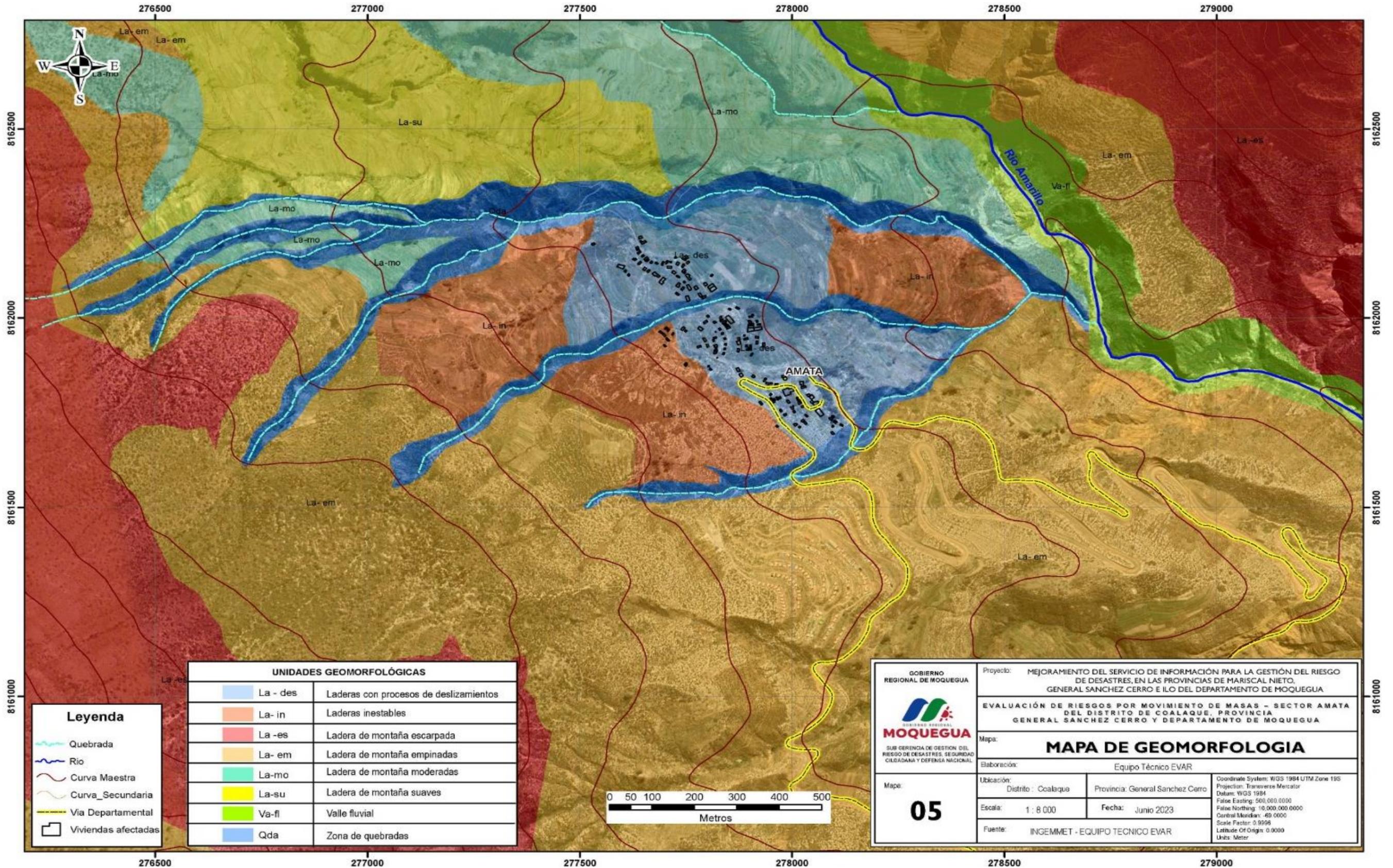
**Intervalos**

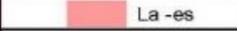
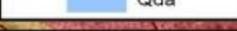
- < 5°
- 5° a 10°
- 10° a 15°
- 15° a 25°
- > 25°



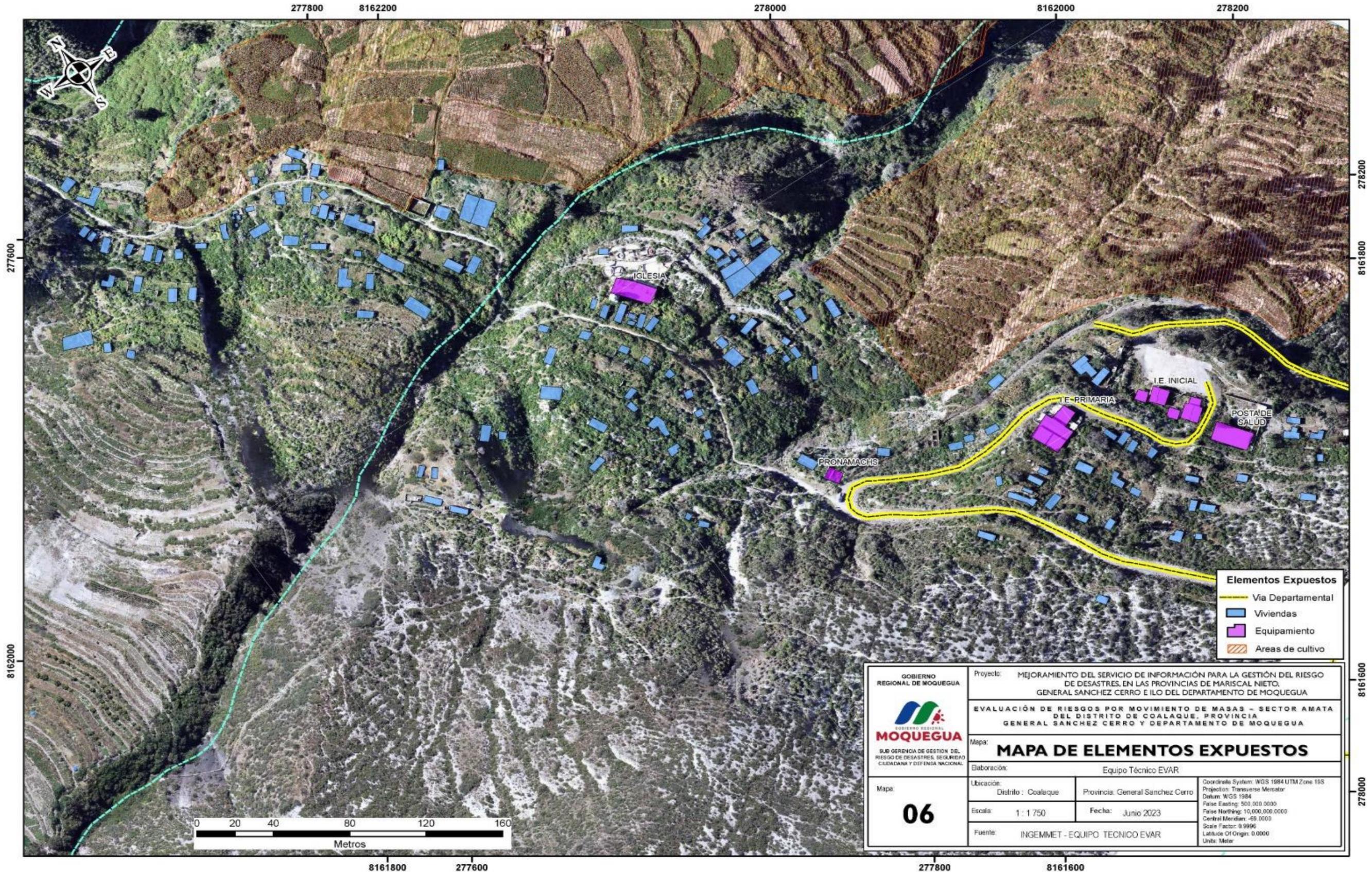
GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA  <b>MOQUEGUA</b> SUB GERENCIA DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES, SEGURIDAD CIUDADANA Y DEFENSA NACIONAL	Proyecto: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, EN LAS PROVINCIAS DE MARISCAL NIETO, GENERAL SANCHEZ CERRO E ILO DEL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA	
	EVALUACIÓN DE RIESGOS POR MOVIMIENTO DE MASAS - SECTOR AMATA DEL DISTRITO DE COALAQUE, PROVINCIA GENERAL SANCHEZ CERRO Y DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA	
Mapa: <b>03</b>	<b>MAPA DE PENDIENTES</b>	
Elaboración: Equipo Técnico EVAR	Ubicación: Distrito: Coalaque Provincia: General Sanchez Cerro	
Escala: 1 : 8 000	Fecha: Junio 2023	
Fuente: EQUIPO TECNICO EVAR.	Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500 000.0000 False Northing: 10 000 000.0000 Central Meridian: -69 0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0 0000 Units: Meter	



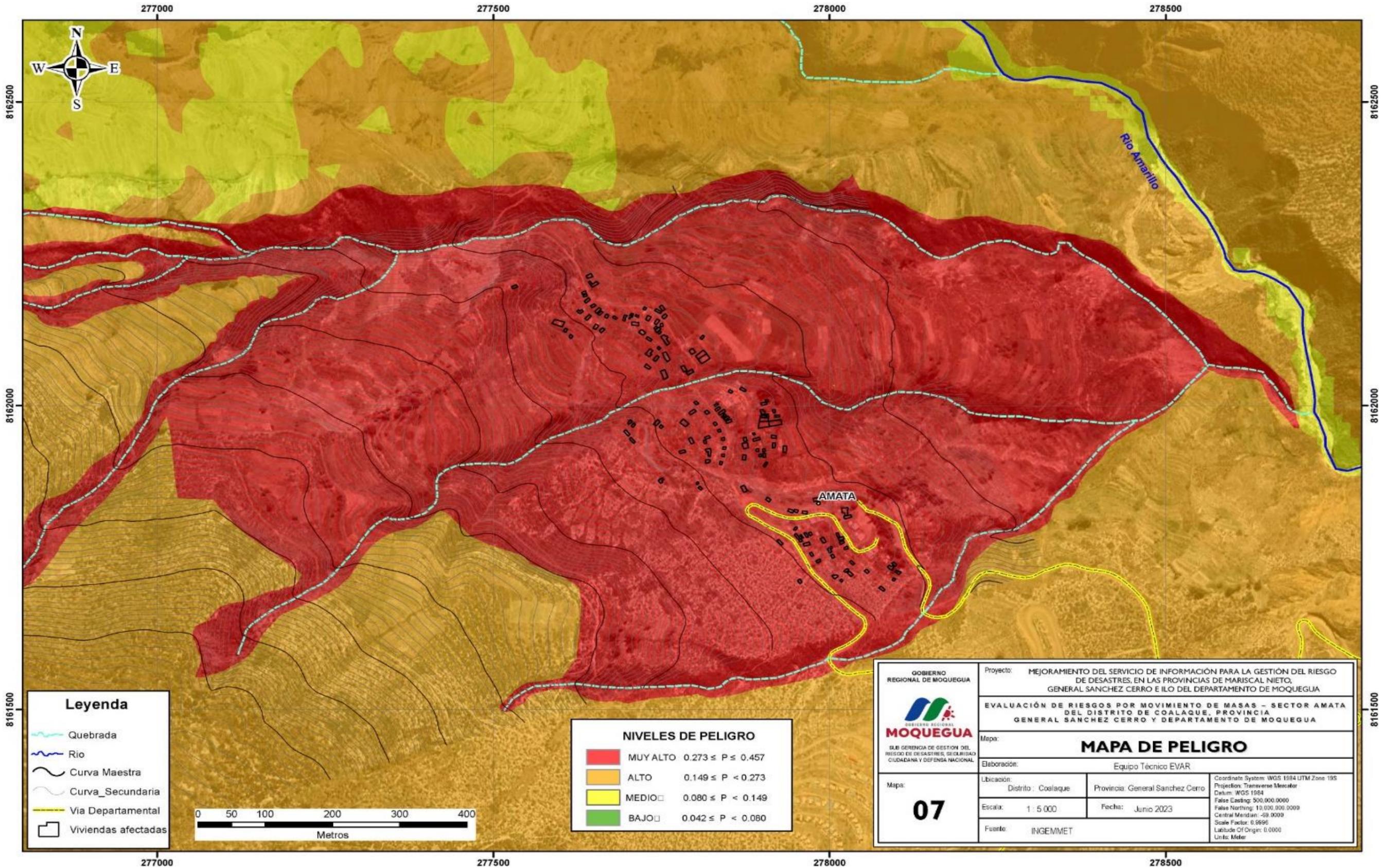


UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	
	La - des Laderas con procesos de deslizamientos
	La - in Laderas inestables
	La - es Ladera de montaña escarpada
	La - em Ladera de montaña empinadas
	La - mo Ladera de montaña moderadas
	La - su Ladera de montaña suaves
	Va - fl Valle fluvial
	Qda Zona de quebradas

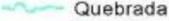
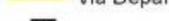
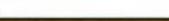
 GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA SUB GERENCIA DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES, SEGURIDAD CIUDADANA Y DEFENSA NACIONAL	Proyecto: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, EN LAS PROVINCIAS DE MARISCAL NIETO, GENERAL SANCHEZ CERRO E ILO DEL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA	
	EVALUACIÓN DE RIESGOS POR MOVIMIENTO DE MASAS - SECTOR AMATA DEL DISTRITO DE COALAQUE, PROVINCIA GENERAL SANCHEZ CERRO Y DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA	
Mapa: <b>MAPA DE GEOMORFOLOGIA</b>		
Elaboración: Equipo Técnico EVAR		
Mapa: <b>05</b>	Ubicación: Distrito : Coalaque	Provincia: General Sanchez Cerro
	Escala: 1 : 8 000	Fecha: Junio 2023
Fuente: INGENMET - EQUIPO TECNICO EVAR		Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69 0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter



 <b>GOBIERNO REGIONAL MOQUEGUA</b> SUB GERENCIA DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, SEGURIDAD CIUDADANA Y DEFENSA NACIONAL	Proyecto: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, EN LAS PROVINCIAS DE MARISCAL NIETO, GENERAL SANCHEZ CERRO E ILO DEL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA	
	EVALUACIÓN DE RIESGOS POR MOVIMIENTO DE MASAS – SECTOR AMATA DEL DISTRITO DE COALAQUE, PROVINCIA GENERAL SANCHEZ CERRO Y DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA	
<b>Mapa: MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS</b>		
Elaboración: Equipo Técnico EVAR		
<b>06</b>	Ubicación: Distrito : Coalaque	Provincia: General Sanchez Cerro
	Escala: 1 : 1 750	Fecha: Junio 2023
Fuente: INGENMET - EQUIPO TECNICO EVAR		Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500 000 0000 False Northing: 10 000 000 0000 Central Meridian: -69 0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0 0000 Units: Meter

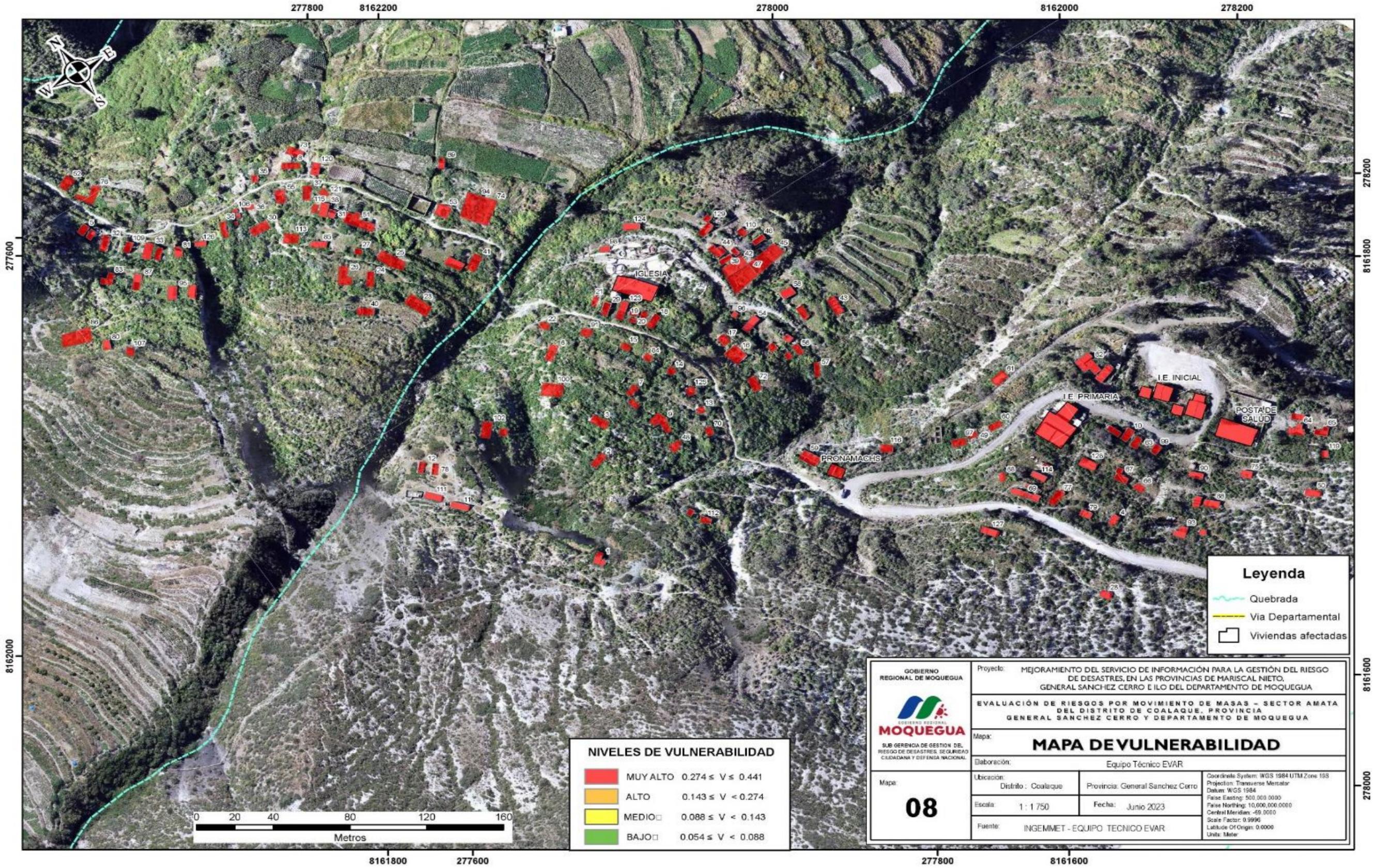


**Leyenda**

-  Quebrada
-  Rio
-  Curva Maestra
-  Curva Secundaria
-  Via Departamental
-  Viviendas afectadas

NIVELES DE PELIGRO	
	MUY ALTO $0.273 \leq P \leq 0.457$
	ALTO $0.149 \leq P < 0.273$
	MEDIO $0.080 \leq P < 0.149$
	BAJO $0.042 \leq P < 0.080$

 GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA SUB GERENCIA DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, SEGURIDAD CIUDADANA Y DEFENSA NACIONAL	Proyecto: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, EN LAS PROVINCIAS DE MARISCAL NIETO, GENERAL SANCHEZ CERRO E ILO DEL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA	
	EVALUACIÓN DE RIESGOS POR MOVIMIENTO DE MASAS – SECTOR AMATA DEL DISTRITO DE COALAQUE, PROVINCIA GENERAL SANCHEZ CERRO Y DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA	
Mapa: <b>07</b>	<b>MAPA DE PELIGRO</b>	
Elaboración: Equipo Técnico EVAR		
Ubicación:	Distrito: Coilaque	Provincia: General Sanchez Cerro
Escala: 1 : 5 000	Fecha: Junio 2023	
Fuente: INGEMMET	Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000,000 False Northing: 10,000,000,000 Central Meridian: -59,0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0,0000 Units: Meter	



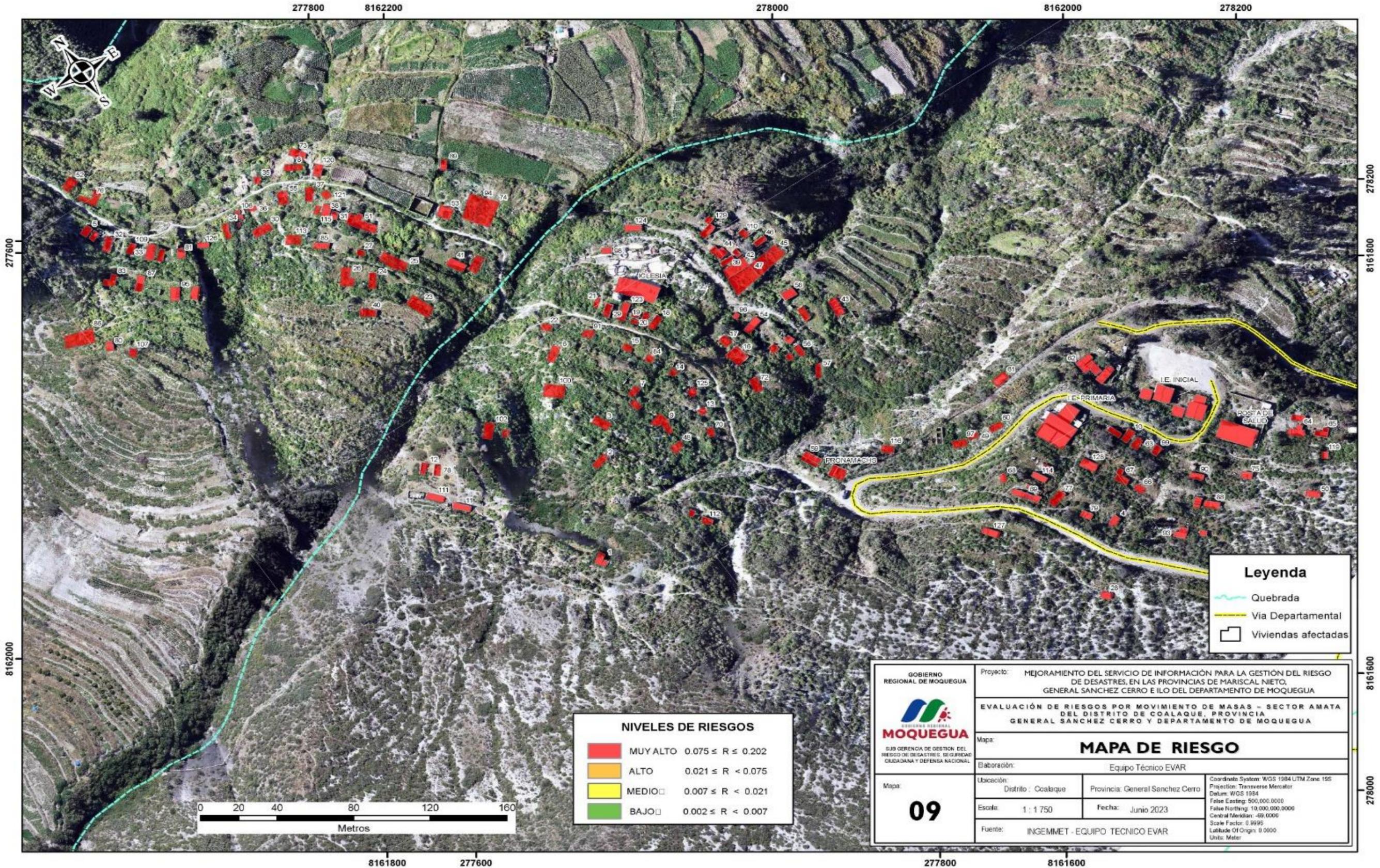
**NIVELES DE VULNERABILIDAD**

<span style="color: red;">■</span>	MUY ALTO	$0.274 \leq V \leq 0.441$
<span style="color: orange;">■</span>	ALTO	$0.143 \leq V < 0.274$
<span style="color: yellow;">■</span>	MEDIO	$0.088 \leq V < 0.143$
<span style="color: green;">■</span>	BAJO	$0.054 \leq V < 0.088$

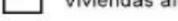
**Legenda**

-  Quebrada
-  Via Departamental
-  Viviendas afectadas

 GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA SUB GERENCIA DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES, SEGURIDAD CIUDADANA Y DEFENSA NACIONAL	Proyecto: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, EN LAS PROVINCIAS DE MARISCAL NIETO, GENERAL SANCHEZ CERRO E ILO DEL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA		
	EVALUACIÓN DE RIESGOS POR MOVIMIENTO DE MASAS - SECTOR AMATA DEL DISTRITO DE COALQUE, PROVINCIA GENERAL SANCHEZ CERRO Y DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA		
<b>08</b>	<b>MAPA DE VULNERABILIDAD</b>		
	Elaboración: Equipo Técnico EVAR		
	Ubicación: Distrito: Coalque	Provincia: General Sanchez Cerro	Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000,000 False Northing: 10,000,000,000 Central Meridian: -83,0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter
	Escala: 1 : 1 750	Fecha: Junio 2023	
Fuente: INGENMET - EQUIPO TECNICO EVAR			



NIVELES DE RIESGOS	
<span style="color: red;">■</span>	MUY ALTO $0.075 \leq R \leq 0.202$
<span style="color: orange;">■</span>	ALTO $0.021 \leq R < 0.075$
<span style="color: yellow;">■</span>	MEDIO $0.007 \leq R < 0.021$
<span style="color: green;">■</span>	BAJO $0.002 \leq R < 0.007$

Leyenda	
	Quebrada
	Via Departamental
	Viviendas afectadas

GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA  SUB GERENCIA DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES, SEGURIDAD CIUDADANA Y DEFENSA NACIONAL	Proyecto: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, EN LAS PROVINCIAS DE MARISCAL NIETO, GENERAL SANCHEZ CERRO E ILO DEL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA	
	EVALUACIÓN DE RIESGOS POR MOVIMIENTO DE MASAS - SECTOR AMATA DEL DISTRITO DE COALCAQUE, PROVINCIA GENERAL SANCHEZ CERRO Y DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA	
<b>MAPA DE RIESGO</b>		
Elaboración: Equipo Técnico EVAR		
Mapa: <b>09</b>	Ubicación: Distrito : Coalaque	Provincia: General Sanchez Cerro
	Escala: 1 : 1 750	Fecha: Junio 2023
Fuente: INGENMET - EQUIPO TECNICO EVAR		Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69.0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter

## Anexo 2. Datos Estadísticos

Para la elaboración del presente estudio, además de la información tomada en campo se ha hecho uso de los datos existentes en las siguientes estaciones del Servicio Nacional de meteorología e Hidrología:

<b>Estación:</b>	Puquina (Código: 000848)
<b>Variable:</b>	Precipitación Acumulada 12 Horas (mm)
<b>Operador:</b>	Servicio Nacional Meteorología e Hidrología
<b>Tipo:</b>	Convencional / Climática
<b>Ámbito Político:</b>	Dpto: Moquegua / Prov: General Sanchez Cerro / Dist.: Puquina

<b>Estación:</b>	Quinistaquillas
<b>Variable:</b>	Precipitación Acumulada 12 Horas (mm)
<b>Operador:</b>	Servicio Nacional Meteorología e Hidrología
<b>Tipo:</b>	Convencional / Climática
<b>Ámbito Político:</b>	Dpto: Moquegua / Prov: Mariscal Nieto / Dist.: Carumas

## Anexo 3: Panel Fotográfico



FOTO 1.- Vista panorámica de la comunidad de Amata donde ocurrió el deslizamiento.



FOTO 2.- Vista de camino hacia Amata.



FOTO 3.- Vista de areniscas del Grupo Yura – Formación Puente



FOTO 4.- Vista de areniscas del Grupo Yura – Formación Puente



FOTO 5.- Vista de arcillas del Grupo Yura – Formación Cachios



FOTO 6.- Vista de arcillas depósito de lapilli de pómez sobre los afloramientos Cachios



FOTO 7.- Vista de depósitos aluviales.



FOTO 8.- La línea en amarillo corresponde al inicio de la cárcava que se ubica al ingreso de Amata en la antigua carretera



FOTO 9.- La línea en amarillo, se puede observar la formación de cárcavas en medio de la masa que se ha deslizado.



FOTO 10.- Caídas de rocas en carretera antigua – ingreso a Amata



Foto 11 - En amarillo se observa la carretera antigua para el ingreso de Amata, el cual está en desuso actualmente por la obstrucción de la misma, debido a la caída de bloques de diversos tamaños

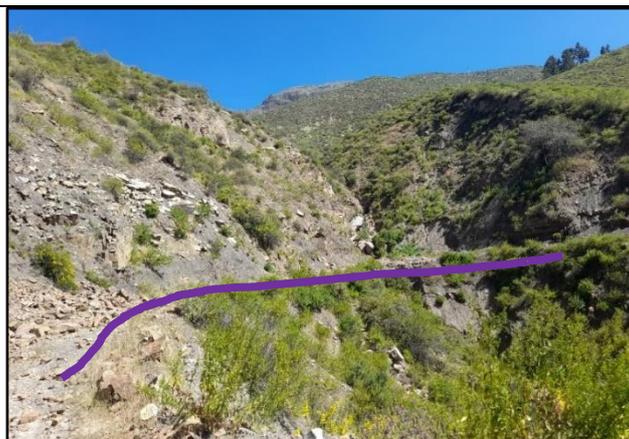


Foto 12 - En color morado se observa la carretera antigua para el ingreso de Amata, en dicho acceso se observa caídas de bloques de roca arenisca a lo largo de dicho tramo

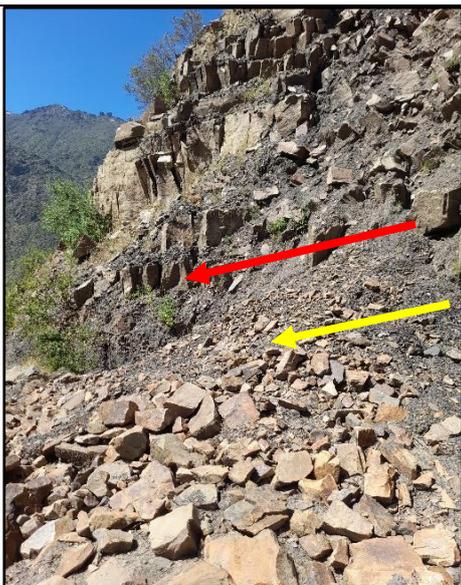


Foto 13 - Intercalación de Areniscas y arcillitas en talud de carretera



Foto 14 - Bloques que han sufrido caídas en el ingreso a Amata



Foto 15 - Depósito aluvial.



Foto 16 - Depósito de caída



Foto 17 - Se observa la estratificación de areniscas y lutitas de la Formación Cachíos



FOTO 18.- Infraestructura que se encuentra en el borde de la zona donde se suscitó el deslizamiento..



FOTO 19.- Coordinación dl equipo para la realizacion de trabajo de campo en el antiguo pueblo de Amata



FOTO 20.- Encuesta a los pobladores en el antiguo pueblo de Amata (trabajo en equipo)



FOTO 21.- Encuesta a los pobladores en el antiguo pueblo de Amata (trabajo en equipo)



FOTO 22.- Daños severos a las viviendas, las cuales se encuentran prácticamente inhabitables.



FOTO 23.- Daños severos a las viviendas, las cuales se encuentran prácticamente inhabitables.



FOTO 24.- Daños severos a las viviendas, las cuales se encuentran prácticamente inhabitables.



FOTO 25.- Daños severos a las viviendas, las cuales se encuentran prácticamente inhabitables.



FOTO 26.- Se puede apreciar que el nivel del piso ha sufrido un declive..



FOTO 27.- Daños severos a los servicios comunitarios (plaza).



FOTO 28- Daños severos en el área de acceso a la plaza de Amata.



FOTO 29.- Daños severos en la parroquia, prácticamente inhabitable.



FOTO 30.- Daños severos a los servicios de alumbrado, prácticamente inutilizable.



FOTO 31.- Algunos pobladores aún mantienen enseres en las viviendas dañadas, sin medir las consecuencias.



FOTO 32.- Algunos pobladores aún continúan en el área de desastre, sin considerar que se encuentran en un área de desastre (intangibles)

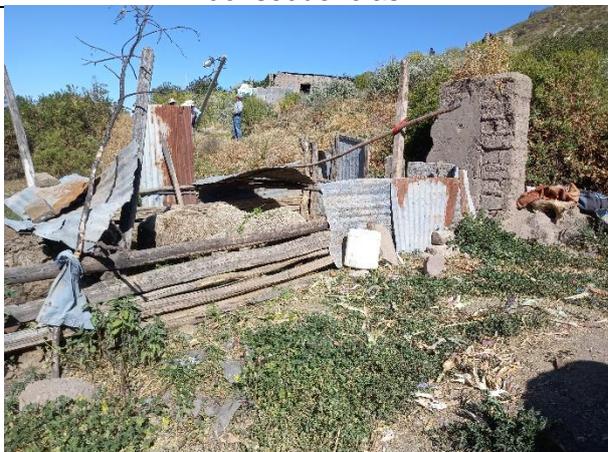


FOTO 33.- Algunos pobladores continúan realizando actividades económicas (crianza de ganado ovino) en el área de desastre, sin considerar que se encuentran en un área de desastre (intangibles)



FOTO 34.- Algunos pobladores continúan realizando actividades económicas (crianza de cuyes) en el área de desastre, sin considerar que se encuentran en un área de desastre (intangibles)