

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Caracterización estratigráfica con fines de microzonificación sísmica del distrito de
Tamburco, provincia de Abancay - 2020

Presentado por:

Elbio Gomez Portilla

Ronald Torre Román

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



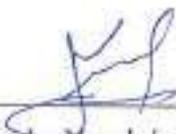
TESIS:

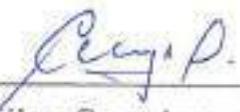
“CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA CON FINES DE
MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO,
PROVINCIA DE ABANCAY - 2020”

Presentado por Elbio Gomez Portilla y Ronald Torre Román, para optar el Título de:

INGENIERO CIVIL

Sustentado y aprobado el 07 de octubre del 2022 ante el Jurado Evaluador:

Presidente : 
Mtro. Diomedes Napoleón Ferrel Sarmiento

Primer Miembro : 
Mg. Crisólogo Conza Ancaypuro

Segundo Miembro : 
Mg. Darío Dante Sánchez Castillo

Asesor : 
Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada

Coasesor : 
Ing. Ricardo Heinrich Pinto Yupanqui

Agradecimiento

A nuestros padres, hermanos y demás familiares, por su constante motivación y apoyo incondicional en toda nuestra etapa de formación profesional así mismo por la muestra de paciencia y amor de familia que siempre lo tuvimos.

A la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac por abrirnos sus puertas y permitirnos desarrollarnos como profesionales del bien y por intermedio también agradecer a todos nuestros docentes por habernos compartido sus conocimiento y experiencias que fue fundamental para nuestra formación profesional.



Dedicatoria

A Dios:

Por concedernos esta oportunidad de cumplir uno de nuestros sueños que hoy se hace realidad y por darnos salud, sabiduría, constancia, perseverancia y por su infinita gracia.

A nuestros Padres:

Por su amor, trabajo, sacrificio y su ejemplo de autosuperación.



“Caracterización estratigráfica con fines de microzonificación sísmica del distrito de
Tamburco, provincia de Abancay - 2021”

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción

Esta publicación está bajo Licencia de Creative Commons.



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del problema	5
1.2.1 Problema general.....	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.3 Justificación de la investigación	6
1.3.1 Justificación social	6
1.3.2 Justificación económica	6
1.3.3 Justificación ambiental.....	6
CAPÍTULO II.....	7
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1 Objetivos de la investigación.....	7
2.1.1 Objetivo general	7
2.1.2 Objetivos específicos.....	7
2.2 Hipótesis de la investigación	7
2.2.1 Hipótesis general	7
2.2.2 Hipótesis específicas	7
2.3 Operacionalización de variables	8
CAPÍTULO III	9
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	9
3.1 Antecedentes	9
3.1.1 Antecedentes a nivel internacional.....	9
3.1.2 Antecedentes a nivel nacional	10
3.1.3 Antecedentes a nivel regional	13
3.2 Marco teórico	14
3.2.1 Ubicación y contextualización	14
3.2.2 Caracterización estratigráfica.....	15
3.2.3 Estudio geotécnico local.....	28
3.2.4 Estudio sísmico local (microzonificación sísmica).....	33
3.2.6 Método de análisis multicanal de ondas superficiales MASW	40



3.2.7	Clasificación de los perfiles de suelo NTP diseño Sismoresistente E-030	47
3.2.8	Definición de los Perfiles de Suelo	49
3.3	Marco conceptual.....	51
3.3.1	Caída de rocas	51
3.3.2	Deslizamiento.....	52
3.3.3	Flujos.....	53
3.3.4	Movimientos complejos	54
3.3.5	Reptación de suelos.....	54
3.3.6	Microzonificación sísmica	55
3.3.7	Intensidad	55
3.3.8	Fuentes sismogeneticas	56
3.3.9	Ondas sísmicas	56
3.3.10	Método de ondas superficiales	62
3.3.11	Fuentes de ondas superficiales	62
3.3.12	Microtemores.....	62
3.3.13	Sensores sísmicos	63
3.3.14	Velocidad espectral de periodo (SVT)	63
3.3.15	Análisis de comportamiento sísmico de suelo.....	63
CAPÍTULO IV		65
METODOLOGÍA.....		65
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	65
4.2	Diseño de investigación	65
4.3	Descripción ética de la investigación.....	66
4.4	Población y muestra.....	66
4.5	Procedimiento	67
4.6	Técnicas e instrumentos.....	115
4.7	Análisis estadístico.....	116
CAPÍTULO V.....		117
RESULTADOS Y DISCUSIONES		117
5.1	Análisis de resultados	117
5.2	Contrastación de hipótesis	130
5.3	Discusión.....	131
CAPÍTULO VI		132
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		132
6.1	Conclusiones	132
6.2	Recomendaciones	133



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Matriz de Operacionalización de variables	8
Tabla 2 — “Eventos más desastrosos en la ciudad de Abancay y cuenca del río Mariño” .	21
Tabla 3 — Unidades Morfológicas	23
Tabla 4 — Sistema unificado de clasificación de suelos.....	30
Tabla 5 — Factores detonantes de los movimientos de vertiente.	32
Tabla 6 — Resumen de típicos valores para los distintos perfiles de suelo	49
Tabla 7 — Escala de velocidades de caídas de rocas.	52
Tabla 8 — Clasificación de las fuentes de ondas sísmicas según su origen.	62
Tabla 9 — Clasificación sísmica de suelos (IBC 2006).....	64
Tabla 10 — Clasificación IBC y periodos fundamentales de los suelos en diferentes sitios	64
Tabla 11 — Puntos de ensayo MASW	67
Tabla 12 — Caracterización geológica.	71
Tabla 13 — Cobertura vegetal del área microzonificada.....	85
Tabla 14 — Factores de la zona Z.....	90
Tabla 15 — Zonificación sísmica "Z" del área microzonificada.....	90
Tabla 16 — Tipos de movimientos de masa.	93
Tabla 17 — Identificación de peligros en área microzonificada.....	96
Tabla 18 — Precipitación pluvial.....	101
Tabla 19 — Probabilidad de movimiento en masa.....	102
Tabla 20 — Puntos seleccionados para el ensayo MASW.....	107
Tabla 21 — Parámetros de adquisición de datos para el ensayo MASW.	109
Tabla 22 — Criterios de estratificación del suelo según Martines Vargas (1990).....	118
Tabla 23 — Criterios de estratificación del suelo ASTM (1995).....	118
Tabla 24 — Estratificación del suelo según la norma E-030	119
Tabla 25 — Resumen de los resultados obtenidos del ensayo	121
Tabla 26— Ficha de Medidas de orden estructural.....	124
Tabla 27— 02 Ficha de Medidas de orden estructural.....	125
Tabla 28— 03 Ficha de Medidas de orden estructural.....	126
Tabla 29—04 Ficha de Medidas de orden estructural.....	127
Tabla 30—05-Ficha de Medidas de orden estructural.....	128
Tabla 31—01-Ficha de Medidas de orden no estructural.....	129
Tabla 32 — 02-Ficha de Medidas de orden no estructural.....	130



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 —Ubicación del distrito de Tamburco.....	15
Figura 2 —Mapa geológico de la región de Apurímac	19
Figura 3 —Inventario de Peligro Geológico y geo-hidroológico, región de Apurímac	20
Figura 4 —Vista fotográfica del afloramiento de las calizas Copacabana ubicados en la parte alta de Abancay (INDECI, 2007 pág. 31)	24
Figura 5 —Vista fotográfica del afloramiento rocoso del Grupo Mítu.....	25
Figura 6 —Vista fotográfica del afloramiento rocas calcáreas (grupo Pucara)	26
Figura 7 —Sismos esperados en la zona de subducción del Perú (http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis02_p.pdf).....	33
Figura 8 —Mapa de Ordenadas Espectrales Sísmicas del Perú	35
Figura 9 —Mapa de distribución de intensidades sísmicas de la región Apurímac.....	38
Figura 10 —Esquema de procedimiento método MASW	39
Figura 11 —Estructuración convencional con 24 geófonos para la obtención de los ensayos MASW(CONDORI NIFLA, 2016 pág. 20).	40
Figura 12 —Etapas del método MASW desde la adquisición y procesado de datos, hasta la creación de una sección de velocidades de ondas S del terreno	42
Figura 13 —Esquema proceso de adquisición de datos por medio del método MASW ..	43
Figura 14 —Sismograma generado por una fuente sísmica puntual seismager	44
Figura 15 —Curva de dispersión (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 43).....	45
Figura 16 —Perfil de velocidad de ondas de corte (SUARES GOMEZ, 2017)	47
Figura 17 —a)Esquema representativa de una caída de rocas.....	52
Figura 18 —Esquema de un deslizamiento con sus partes principales.	53
Figura 19 —Esquema de flujos canalizados y no canalizados (CRUDEN, 1996 pág. 17). ..	53
Figura 20 —Avalancha-flujo de detritos en Cerro Chuyllurpata (Tamburco, Abancay) a causa de lluvias de marzo del 2012 (INGEMMET, 2012).	54
Figura 21 —Esquema de reptación de suelos (CRUDEN, 1996).	55
Figura 22 —Componentes de una onda (CONDORI NIFLA, 2016 pág. 15).....	56
Figura 23 —Tipos de ondas generadas por un sismo (CONDORI NIFLA, 2016 pág. 15). ..	57
Figura 24 —Deformación producida por ondas de compresión (KRAMER, 1996).....	58
Figura 25 —Deformación producida por ondas de corte (KRAMER, 1996 pág. 20).....	59
Figura 26 —Deformación producida por Ondas de Love (KRAMER, 1996)	59
Figura 27 —Deformación producida por Ondas de Rayleigh (KRAMER, 1996).	60
Figura 28 — Atenuación de las ondas de Rayleigh con la profundidad (WOODS, 1968). ..	61

Figura 29 —Localización espacial del área microzonificado.	67
Figura 30 — Mapa topográfica del área a zonificar (GORE - Equipo técnico SGED/Ing. W.J.V.QQ.).....	69
Figura 31 — Mapa geológico del área microzonificado (cuenca Sahuanay) (INGEMMET, 2012).....	70
Figura 32 — Mapa Geológica del área microzonificado (cuenca mariño) (INGEMMET, 2019).....	73
Figura 33 — Mapa geológico del área microzonificado (Tamburco) GRA- Equipo Técnico SGEDI/Ing. W.J.V.QQ.	74
Figura 34 — Mapa de ojos de agua en el área microzonificado (unidad hidrográfica) (INGEMMET, 2019 pág. 47).	75
Figura 35 — Localización de la falla Geo-Hidrológico.	76
Figura 36 — Modelo hidrogeológico conceptual de flujo de agua subterránea en el área microzonificado (INGEMMET, 2019 pág. 99).....	77
Figura 37 — unidades hidrogeológicas de la microcuenca del área a zonificar(mariño) (Condori, 2016).	78
Figura 38 — Obsérvese los afloramientos rocosos con fuerte buzamiento a favor de la pendiente (ref: colindante con quebrada sahuayanay).	80
Figura 39 — Lagunas wilcaqocha (ex nevado ampay) y la laguna uspayqocha represada por depósitos morrenicos.....	80
Figura 40 —Colinas y lomas a 5300 m.s.n.m, y nevado ampay (geomorfología glaciár)..	81
Figura 41 — Montañas y superficie de flujos – depósitos aluviales (ref: cabecera de cuenca mariño).....	81
Figura 42 — Terraza fluvio aluvial.	81
Figura 43 — Mapa geomorfológico del área microzonificado.	83
Figura 44 — Mapa de unidades geomorfológicas del área microzonificado.....	84
Figura 45 — Mapa de cobertura vegetal del área microzonificado general (GRA- Equipo Técnico SGEDI/Ing. W.J.V.QQ.).....	86
Figura 46 — Mapa de cobertura vegetal del área microzonificado.	87
Figura 47 — Mapa de pendientes del área microzonificado.....	88
Figura 48 — Mapa de precipitación pluvial en el área microzonificado..	89
Figura 49 — Mapa de sismicidad del área microzonificado.....	92
Figura 50 — Mapa geodinámica del área microzonificado.	95



Figura 51 — Flujo de la secuencia metodológica para determinación del nivel de peligrosidad.	96
Figura 52 — Peligros por movimientos de remoción de masa.	97
Figura 53 — Deslizamiento flujo Ccocha Pumararra (Dávila y Zavala,1997).	98
Figura 54 — Desprendimiento de roca en talud kerapata.	98
Figura 55 — Flujo de ditritos cerro Chuyllurpata.....	99
Figura 56 — Derrumbes en Sahunay	99
Figura 57 — Derrumbes en Sahunay	99
Figura 58 — Corte estructural de formación geológica del área microzonificado.	100
Figura 59 — Mapa de susceptibilidad del área microzonificado.....	103
Figura 60 — Peligro por movimiento de remoción de masa en el área microzonificado .	104
Figura 61 — Ubicación de los puntos de ensayo MASW en el área microzonificado.	105
Figura 62 — Instrumentos utilizados para el ensayo MASW	106
Figura 63 — instalación del equipo para el ensayo MASW.	108
Figura 64 —Procedimiento del ensayo(golpeo de comba sobre el shuits)	109
Figura 65 —la velocidad de fase, línea de curva o una línea recta (K. Hayachi 2003).	111
Figura 66 —Grafico de tiempo vs distancia, MASW 01 kerapata. (Unitest,2021).....	112
Figura 67 —Curva de dispersión, MASW 01, Kerapat (Unitest,2021)	112
Figura 68 —Curva de dispersión y curva de coherencia (Musio, 2012).....	113
Figura 69 —Perfil de ondas de corte (Unitest,2021).....	114
Figura 70 —Curva de Dispersión – Perfil Unidimensional – Cuadro de resumen/Leyenda (MASW01- KERAPATA) (Unitest,2021).	137
Figura 71 — Curva de Dispersión – Perfil Unidimensional – Cuadro de resumen/Leyenda (MASW02- SAWANAY) (Unitest,2021).	138
Figura 72 — Curva de Dispersión – Perfil Unidimensional – Cuadro de resumen/Leyenda (MASW03- MAUCACALLE) (Unitest,2021).....	139
Figura 73 — Curva de Dispersión – Perfil Unidimensional – Cuadro de resumen/Leyenda(MASW04- REF/C.E. MICAELA BASTIDAS).....	140
Figura 74 — Curva de Dispersión – Perfil Unidimensional – Cuadro de resumen/Leyenda(MASW05- REF/POSTA TAMBURCO).....	141
Figura 75 — Curva de Dispersión – Perfil Unidimensional – Cuadro de resumen/Leyenda(MASW06- UNAMBA) (Unitest,2021).	142



INTRODUCCIÓN

Los recientes eventos sísmicos suscitados en la región de Apurímac y a nivel nacional son indicios del que la población apurimeña vive ante un próximo evento sísmico de gran magnitud, según el Instituto Geofísico del Perú (IGP); motivo por el cual la población apurimeña tiene que estar capacitado para mitigar y/o disminuir los riesgos al que están expuestos, por tanto, es de suma importancia conocer la zona urbana y entorno de la población. Es así que se desarrolló el presente trabajo para poner en conocimiento a la población Tamburquina ya que es el área que se eligió para el presente estudio y visto que no contaba con un estudio de caracterización estratigráfica y microzonificación sísmica.

En el presente proyecto de investigación, se realizó la microzonificación sísmica del distrito de Tamburco haciendo uso del ensayo de MASW y de micro trepidaciones, en concordancia a la información de fuente pública y privadas que en bien se solicitó para un fin común del distrito de Tamburco, delimitada en información con respecto a estudios geomorfológicos y geología, estudios de características geotécnicas, estudios del comportamiento dinámico del suelo y otros.

Con el presente trabajo de investigación se contribuye en bienestar de la población, dando facilidad a la información mediante mapas para una adecuada planificación urbana y la correcta ubicación para las construcciones futuras en áreas que nos brinden seguridad a las personas quienes habiten en ella.

El trabajo de investigación está desarrollado mediante capítulos el cual se menciona a continuación: En el capítulo I, se detalla el planteamiento del problema de la investigación; en el capítulo II, se presentan los objetivos e hipótesis general y específicos de la investigación. En el capítulo III, se presenta el marco teórico referencial, los cuales son investigaciones previas y consideraciones teóricas en la que se sustenta el presente trabajo. En el capítulo IV, se detalla la metodología de la investigación que siguió el presente trabajo de investigación. En el capítulo V, se muestra los resultados y discusión del desarrollo del trabajo de investigación. Finalmente, en el capítulo VI se presenta las conclusiones y recomendaciones, expresando los resultados obtenidos con la investigación realizada.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito presentar los resultados del estudio de microzonificación sísmica de la zona urbana del distrito de Tamburco, donde se delimitan zonas con características geotécnicas del subsuelo particulares de la zona urbana del distrito de Tamburco. La investigación se dio inicio con una revisión del contexto geológico sobre el que se ubica la zona en estudio, así como la recopilación de toda la información geotécnica del lugar; posteriormente se realizó la caracterización estratigráfica haciendo uso el ensayo de método de análisis multicanal de ondas superficiales (MASW), el cual se realizó en 06 puntos estratégicos. De los 06 ensayos MASW realizados y procesados en gabinete se obtuvieron 02 zonas con características particulares dentro del área urbana del distrito de Tamburco. Se Caracterizó cada punto de ensayo a profundidades de 30 metros, obteniendo además la velocidad de ondas de corte (V_{s30}), el periodo fundamental de vibración natural del suelo (T_s) en cada punto de ensayo, así mismo se muestran sus parámetros de comportamientos mecánicos del suelo. Como resultado se presenta el plano de microzonificación sísmica de la zona urbana del distrito de Tamburco, donde se observa que el distrito de Tamburco presenta suelo intermedio (S2) y suelo muy denso o roca (S1), con velocidades de corte (V_{s30}) de 330 a 716 m/s y con un periodo de vibración de 0.17 a 0.36 segundos, tomando en cuenta los 30 m de suelo superficial. De la recopilación de información y la exploración física del área urbana del distrito de Tamburco se realizó una descripción geológica, hidrogeológica, geomorfológica y geodinámica, así como algunas características geotecnicas del suelo, que se plasmaron en mapas en donde se puede interpretar las diferentes características de la zona urbana del distrito de Tamburco.

Palabras claves: *Microzonificación sísmica, Caracterización estratigráfica, Velocidad de ondas de corte, Periodo fundamental de vibración natural del suelo.*



ABSTRACT

The purpose of this research work is to present the results of the seismic microzoning study of the urban area of the district of Tamburco, where areas with geotechnical characteristics of the subsoil particular to the urban area of the district of Tamburco are delimited. The investigation began with a review of the geological context on which the area under study is located, as well as the compilation of all the geotechnical information of the place; Subsequently, the stratigraphic characterization was carried out using the multichannel analysis method of surface waves (MASW), which was carried out in 06 strategic points. Of the 06 MASW tests carried out and processed in the cabinet, 02 zones with particular characteristics were obtained within the urban area of the district of Tamburco. Each test point was characterized at depths of 30 meters, also obtaining the shear wave velocity (V_{s30}), the fundamental period of natural vibration of the soil (T_s) at each test point, as well as its mechanical behavior parameters. ground. As a result, the seismic microzoning plan of the urban area of the district of Tamburco is presented, where it is observed that the district of Tamburco has intermediate soil (S2) and very dense soil or rock (S1), with shear rates (V_{s30}) of 330 to 716 m/s and with a vibration period of 0.17 to 0.36 seconds, taking into account the 30 m of surface soil. From the collection of information and the physical exploration of the urban area of the district of Tamburco, a geological, hydrogeological, geomorphological and geodynamic description was made, as well as some geotechnical characteristics of the soil, which were reflected in maps where the different characteristics of the area can be interpreted. the urban area of the district of Tamburco.

Keywords: Seismic microzonation, Stratigraphic characterization, Shear wave velocity, Fundamental period of natural soil vibration.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Actualmente el Perú viene siendo sometido constantemente por las fuerzas de la naturaleza en sus diferentes regiones y en diferentes épocas del año (Instituto Geofísico del Perú), causando grandes daños desde pérdida de vidas humanas hasta pérdida de bienes económicos y materiales que son incalculables en algunos casos, causados por fenómenos como huaycos, deslizamiento, sismos, terremotos, aluviones, heladas y demás desastres que son perennes en la actualidad en diferentes regiones independientemente originados por su ubicación geográfica.

Actualmente la capital de la región de Apurímac es una de las regiones que vive en una sociedad la cual está en un constante cambio y evolución que a su vez implica un crecimiento significativo de su población y por ende existe una reducción en los espacios, esta reducción se evidencia en diferentes aspectos de la vida diaria y ahora son simplemente imposibles de llevar a cabo por restricciones en la relación entre usuario, objeto y el espacio. Por tanto, existe un problema de la superpoblación dando cabida al crecimiento desmedido y sin control la capital de la región que tiene limitaciones en su crecimiento debido a diferentes factores como la orografía y estratigrafía del lugar.

A medida que un departamento se desarrolla, la población tiende a emigrar del campo a la ciudad, por lo tanto, la superpoblación es uno de los mayores desafíos a los que ya nos enfrentamos y que amenaza el futuro más próximo en términos económicos, ambientales, sociales y medioambientales en el departamento de Apurímac. Por lo tanto, uno de los motivos del presente estudio es por la escasez de información sobre los lugares por poblar y lugares ya poblados que están expuestos a riesgos que podrían suscitarse en cualquier momento y es indispensable las informaciones de microzonificación del suelo y su respectiva estratificación del suelo ya que nos brinda información real e insitu del suelo para tomar en cuenta antes de construir una vivienda.

Abancay (capital de la región de Apurímac) y por su puesto Tamburco (distrito de Abancay) tienen una ubicación geográfica que no es muy bueno para un crecimiento poblacional desmedido por tanto los principales problemas son la ubicación orográfica de la ciudad el cual presentan límites de crecimiento poblacional en todas las direcciones,



además de tener suelos inestables o que no son muy buenos para la construcción de viviendas, también se presentan huaycos deslizamientos etc. ya que en su extensión de la ciudad existen cuencas y microcuencas que son factores que hacen que la ciudad no sea sostenible en términos de crecimiento poblacional y el cambio de uso de suelo que genera un gran impacto negativo para el medio ambiente quedando pocos espacios de producción agrícola, ganadera etc.

Hay varias tendencias importantes que debemos resaltar, cuanto más joven es una población más adaptable es a los cambios hacia la modernidad lo cual implica que para un problema de crecimiento poblacional desmedido y si control que en la actualidad se vive es muy preocupante ya que se expone en riesgo muchas vidas humanas y aun siendo ya riesgos con precedencia o que hayan ya ocurrido que no es tomado en cuenta y es por tanto un problema muy importante que se encuentra en nuestra localidad para lo cual es importante adecuarnos de la mejor manera posible a los cambios que se viene realizando tomando en cuenta información precedentes y/o estudios realizados por alguna institución desde Gobiernos Regionales, Locales , Defensa Civil y SINAGERT u investigaciones realizadas a través de los estudiantes de la universidad ya que dichas informaciones nos facilitarán y/o prevendrán ante un eventual desastre.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la microzonificación sísmica de la zona urbana del distrito de Tamburco?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son las velocidades promedio de ondas de corte en la caracterización del perfil estratigráfico de la zona urbana del distrito de Tamburco?
- ¿Cuáles son los valores del periodo fundamental de vibración natural del suelo en la caracterización del perfil estratigráfico de la zona urbana del distrito de Tamburco?
- ¿Cuáles son los tipos de suelos (S) en la caracterización del perfil estratigráfico de la zona urbana del distrito de Tamburco?

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Justificación social

El valor social en la presente investigación se realiza por su importancia en su existencia y escasas de información sobre el tema ya que el presente estudio facilita al reconocimiento de probables peligros sísmicos presentes en la zona por factores estratigráficos, dicho de esta manera se da a entender que la zona urbana y peri urbana debería conocer el comportamiento mecánico y dinámico del suelo de fundación. Ya que no existe dicha información, se procedió a investigar y de esta manera aportar a la población de Tamburco con una microzonificación sísmica que ayuda a identificar los riesgos al que se podría estar exponiendo el área urbana por tanto la investigación es de mucha importancia para la expansión de la población, que en la actualidad es un problema social, el hacinamiento es cada vez más y que se tiene que adaptar a los cambios que son origen de un estudio o investigación de este tipo sin exponerse en situación vulnerable.

1.3.2 Justificación económica

La presente investigación es de mucha importancia en una zona donde el crecimiento poblacional es latente a la vez es más de una preocupación tanto en la subida de precios por lote como en la construcción misma de una vivienda el valor de mano de obra que genera es una inversión y sacrificio por la comodidad de sí mismos por tanto la información de la presente investigación generara seguridad en la inversión de sus recursos en la adquisición de sus bienes inmueble y evitara la exposición de vidas y bienes materiales ante un riesgo sísmico.

1.3.3 Justificación ambiental

Es importante la existencia de este tipo de información por que mediante él se podrá hacer uso correcto y adecuado de las áreas de terreno ante una expansión urbana presente en la actualidad tratándose ya de un hacinamiento poblacional y la desintegración social presente es por tanto importante la relación con la naturaleza debiéndose a diferentes factores como mantener el desarrollo sostenible sin destruir, infringir ni desafiar la fuerza de la naturaleza es así que la presente investigación nos dará a conocer información sobre el comportamiento del suelo que es causal para la existencia de un desastre natural sean sismos, huaycos, deslizamiento, etc.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Determinar la microzonificación sísmica de la zona urbana del distrito de Tamburco.

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar las velocidades promedio de ondas de corte en la caracterización del perfil estratigráfico de la zona urbana del distrito de Tamburco.
- Determinar los valores del periodo fundamental de vibración natural del suelo en la caracterización del perfil estratigráfico de la zona urbana del distrito de Tamburco.
- Identificar los tipos de suelo (S) en la caracterización del perfil estratigráfico de la zona urbana del distrito de Tamburco.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

La microzonificación sísmica, permite identificar el comportamiento mecánico y dinámico del suelo en la zona urbana del distrito de Tamburco.

2.2.2 Hipótesis específicas

- Las velocidades de propagación de ondas de corte determinan con mayor precisión la caracterización del perfil estratigráfico en la zona urbana del distrito de Tamburco.
- Los periodos fundamentales de vibración natural del suelo son parámetros determinantes en la microzonificación sísmica del distrito de Tamburco.
- Los tipos de suelo (S) de la caracterización del perfil estratigráfico ayuda a identificar las zonas aptas o desfavorables para las actuales y/o futuras construcciones.

2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Matriz de Operacionalización de variables

Matriz de Operacionalización de variables			
Variable	Definición de variables	Dimensión	Indicador
V1.- Caracterización estratigráfica.	La Estratigrafía es una de las ramas de la Geología que analiza, interpreta, identifica, describe y secuencia tanto vertical como horizontalmente los estratos del suelo; asimismo se hace cargo de la cartografía y relación de los grupos de roca, identificando la estructuración y la ocación de los eventos en un determinado tiempo geológico, en la vida de nuestro planeta.	1.1. Perfil	1.1.1.- Longitud
		1.2. Resistencia	1.2.1. Pascal
V2.- Microzonificación sísmica.	El estudio de microzonificación sísmicas se centra en el conocimiento y descripción de unidades litológicas, en su mayoría suelos que tienen reacciones parecidas frente a los movimientos sísmicos. También evalúa las consecuencias generadas por este (agrietamiento, licuefacción fallas, etc.) y se identifica el peligro que presenta. Se presentan mapas de microzonificación con miras de edificación y planificación urbana.	2.1. velocidad	2.1.1. Longitud
			2.1.2. Tiempo
		2.2. Altura	2.2.1. Longitud
		2.3. Periodo	2.3.1. Tiempo

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes a nivel internacional

Br. DE JESÚS GARCÍA Adriana y Br. LÓPEZ PALACIOS Néstor Javier, 2014, *“MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA EN EL SECTOR NORESTE DEL ÁREA URBANA DE LA CIUDAD DE MANAGUA”*. “Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil en la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua”. 122pp

En su investigación plantea como objetivo “Proponer una Microzonificación sísmica en el sector Noreste de la ciudad de Managua; usando los métodos sísmicos: Análisis de Micro tremores, MASW y SPAC”. Realizo una investigación de tipo Descriptivo-Explicativo, con registros de micro tremores en 43 puntos en el lugar de investigación, enfocándonos en los resultados y la interpretación de estos y según los objetivos planteados se puede resaltar y valorar los resultados más sobresalientes en las siguientes conclusiones: “Con el ensayo del MASW fue posible determinar curvas de dispersión para las capas superficiales del suelos, cuyas longitudes de onda permitieron resolver modelos de velocidades para cada sitio de estudio hasta una profundidad de 9 m”, el autor obtuvo “[...] dos zonas definidas por su perfil estratigráfico y sus periodos de vibración lo cual fue confirmado con los registros H/V obtenidos en cada sitio”. También indica que el ensayo MASW no pudo alcanzar profundidades mayores a 10 metros por lo que “se utilizó la técnica de Auto correlación Espacial (SPAC), determinando con esta las curvas de dispersión de velocidades de fase de las ondas Rayleigh en cinco sitios del área de estudio”. En función a “los cinco modelos estratigráficos estimados en este trabajo, se obtuvieron profundidades que varían entre 34.97m a 64.39m según los perfiles de Chico Pelón, las Torres, INETER, el Dorado y las Américas 1”; enfatiza que “las velocidades promedio en estos estratos van desde 119.58 m/s en los estratos más superficiales hasta 998.53 m/s en la interface con suelo denso o roca blanda”. Estos resultados son de gran ayuda y aporta en una gran dimensión al estudio de la estructura estratigráfica de los suelos profundos las zonas de investigación, desde entonces para futuras investigaciones permitirán modelos mucho más complicados y



ayudara a explicar mejor el fenómeno de las amplificaciones sísmicas desarrolladas. Finalmente menciona que “los resultados obtenidos en este trabajo ponen en evidencia la importancia de caracterizar las propiedades dinámicas de los suelos en Managua mediante estudios de ingeniería sísmológica o ingeniería sísmica”. Este estudio ayudara a tener “factores de amplificación por tipos de suelos de menor magnitud lo que reduciría los diseños al ser más realistas al contexto sísmico en que se ubicaran las edificaciones”.

3.1.2 Antecedentes a nivel nacional

DELGADILLO AYALA, Rick Milton, 2014 “*MICROZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA SÍSMICA DEL DISTRITO DE INDEPENDENCIA-LIMA.*” “Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.” 326pp

El cual plantea como objetivo “Realizar la microzonificación geotécnica sísmica del distrito de Independencia, para lo cual se analizan las propiedades mecánicas y dinámicas de los suelos del área en estudio”. Con los resultados de la anterior se elaborará el estudio de peligro sísmico, se podrá obtener la estratigrafía del suelo y se determinaran las características dinámicas del suelo. Utilizó una investigación de tipo cuantitativo, con registros de microtemores en 05 puntos y lugares estratégicos de la zona en investigación. En base a los resultados y análisis de estos mismos en este estudio y de acuerdo a los objetivos planteados se puede llegar a los descubrimientos más significantes en las siguientes conclusiones:

- “Los principales fenómenos de geodinámica externa que podrían ocurrir en el distrito de Independencia son los deslizamientos, derrumbes, caídas de bloques de roca, flujos de material detrítico, huaycos y otros”. Los fenómenos mencionados en la oración anterior son propensos a activarse asociados a eventos de considerables precipitaciones en tiempos de lluvias, también menciona que “al ejercer sobre taludes de corte en materiales rocosos muy fracturados y alterados, y en suelos residuales, todos estos con pendientes mayores a las recomendadas en los códigos de construcción y con alturas de corte considerables”.

- Determino que “las posibles ocurrencias de fenómenos de geodinámica externa en las zonas estudiadas están condicionadas a la geometría del talud, precipitaciones pluviales, la pendiente del terreno, materiales disturbados, los sismos y las condiciones geológicas que presentan”.
- Se logró afirmar que “los peligros geológicos potenciales y fenómenos de geodinámica externa presentes en las zonas geológicas evaluadas, nos dan a conocer los diferentes grados de peligrosidad para el distrito de Independencia”.
- A demás concluyó que “en el análisis de peligro sísmico se consideró el catálogo sismológico solo de aquellos registros que presentan magnitudes MB mayores e iguales a 4.0, debido a que a partir de este valor los sismos adquieren importancia ingenieril”.
- De acuerdo a los resultados del análisis de peligro sísmico “se propone un valor de aceleración horizontal máxima de diseño PGA de 0.33g para roca, 0.45g para suelo tipo C y 0.53g para suelo tipo D, estimado para 475 años de periodo de retorno”.
- Finalmente menciona que “mediante los estudios geotécnicos se ha delimitado el distrito de Independencia en cuatro zonas, la zona I formaciones rocosas y depósitos de gravas; zona II depósitos de arena; zona IV topografías de fuerte pendiente, y zona V rellenos antrópicos.”

ASTO HUAMANI, Kevin Richard y CHAUAYO MANCHA, Bladimir Wilson 2014 “*MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO, PATUPAMPA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA*” “Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Nacional de Huancavelica”. 263pp

El cual plantea como objetivo Realizar la microzonificación sísmica del campus Universitario, Paturpampa de la Universidad Nacional de Huancavelica según los parámetros estáticos y dinámicos del suelo. Con estos resultados se determinarán los parámetros estáticos y dinámicos del suelo. Utilizo una investigación de tipo Descriptivo-Explicativo, con la aplicación de microtemores en cinco coordenadas de la zona investigada. En base a los resultados y análisis de estos



mismos en este estudio y de acuerdo a los objetivos planteados se puede llegar a los descubrimientos más significantes en las conclusiones siguientes:

Para la caracterización dinámica del área de estudio se han obtenido perfiles de velocidad de ondas de corte mediante el ensayo MASW, expuestas en el apartado 2.2.9.5.1. En tal sentido la evaluación dinámica del área de estudio ha permitido delimitar las diferentes zonas de acuerdo a la velocidad de ondas de corte antes mencionadas, los resultados se presentan en el plano MS-01 y estas se describen como sigue:

ZONA I, Tomando como referencia la dirección de S-W a N-E, en esta zona, las velocidades de ondas de corte promedio V_{s30} varían de 455.81 m/s a 541.21 m/s, la característica principal de la presente zona es que en el promedio de los 10m de profundidad se encuentra un suelo cohesivo medianamente denso, así mismo a partir de los 10 m de profundidad se encuentra un suelo muy compacto o roca fracturada, por lo que a esta zona se le atribuye como la mejor zona de comportamiento dinámico frente a un evento sísmico. Así mismo al tomar como referencia la microzonificación geotécnica de la presente investigación en el cual se puede observar que para una geometría determinada de cimentación corrida de 0.60m de ancho, con una profundidad de cimentación mínima de 1 m, la carga admisible varia de 1.80 kg/cm² a 3.50 kg/cm² si se cimenta sobre arcilla y limos medianamente consolidadas. En tal sentido se concluye que la presente zona tiene características geotécnicas y dinámicas óptimas para la ejecución de alguna infraestructura de interés.

ZONA II, Tomando como referencia la dirección de S-E a N-W, en esta zona, las velocidades de ondas de corte promedio V_{s30} varían de 297.06 m/s a 310.83 m/s, las características de esta zona corresponde a un suelo que va desde denso a muy denso el cual va aumentando gradualmente con la profundidad, por lo que a esta zona se le atribuye como una zona de mediano comportamiento dinámico frente a un evento sísmico. La capacidad admisible en esta zona, para una cimentación corrida de 0.60m de ancho, cimentada a una profundidad mínima de 1 m, la carga admisible varia de 1.10 kg/cm² a 1.80 kg/cm² si se cimenta sobre arcilla. En tal sentido se llega a la conclusión que la presente zona tiene características geotécnicas y dinámicas medianamente óptimas para la ejecución de alguna infraestructura de interés.



3.1.3 Antecedentes a nivel regional

BAZAN ABARCA, Danny y CHAPARRO SOTO, Alizz 2018 “MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LA CIUDAD DE ABANCAY” “Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de los Andes. 152pp. El cual plantea como objetivo que “realizar la microzonificación sísmica de la ciudad de Abancay, [...], a fin de obtener una primera aproximación sobre el comportamiento dinámico de los suelos para diferentes zonas de la ciudad en caso de un sismo”. Con estos resultados se identificará qué bondades trae consigo una microzonificación sísmica, los coeficientes de tipos de zonas en la ciudad de Abancay, algunas características geológicas y geodinámicas del suelo y las características geomorfológicas de los suelos. Utilizo una investigación de tipo No experimental y Cuantitativo, con registros de microtemores en 09 puntos o zonas en investigación. En base a los resultados y análisis de estos mismos en el presente estudio y de acuerdo a los objetivos planteados se puede llegar a las siguientes conclusiones:

“La zonificación geotécnica ha sido delimitada en base a la información obtenida de los estudios de suelos realizados en el pasado y recopilados [...] se ha apoyado en el tipo de unidad geológica para cubrir toda el área urbana”. El autor hace constar que esta delimitación podría ser mejorada o ampliada realizándose estudios posteriores contando ya con este antecedente.

Indica que gracias al uso de la medición de microtrepidaciones se logró resultados adecuados y coherentes con respecto a la “geología de Abancay, obteniéndose tiempos sobresalientes con valores mínimos en los afloramientos rocosos y con índices levemente elevados en lugares con presencia de suelos aluviales con diferentes grados de compacidad”.

“La microzonificación sísmica que resulta corresponde básicamente a la interpretación de los resultados obtenidos del estudio de medición de microtrepidaciones y de los estudios de geología y geotecnia”. Las curvas de Isoperiodo fueron determinantes para establecer los límites de zona de acuerdo al suelo que ellas contienen.

Además, concluye que “la técnica de medición de micro trepidaciones permite determinar con bastante precisión el comportamiento dinámico de los suelos, por lo cual es muy conveniente utilizarla en este tipo de estudio”.

El autor menciona la elaboración de los mapas siguientes: “Microzonificación Geotécnica, Peligro Geológico y Zona de Isoperiodos”. Posteriormente “los resultados obtenidos de estos mapas son superpuestos en el área de estudio permitiendo determinar el mapa de microzonificación sísmica para el distrito de Abancay”. Los autores con la investigación determinaron seis zonas con características particulares que presentarían a su modo el comportamiento dinámico en estas zonas en presencia de sismos severos que afecten a la ciudad de Abancay.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Ubicación y contextualización

El área de estudio es la zona urbana y peri urbana del distrito de Tamburco de la provincia de Abancay ubicada en la Región de Apurímac en el sur del Perú, encontrándose localizada al este del distrito de Abancay y limita:

- Por el Norte: Con el santuario Nacional de Ampay
- Por el Este: Con la cuenca del río Mariño
- Por el Sur: Con la cuenca del río Mariño
- Por el Oeste: Con el distrito de Abancay

Geográficamente se encuentra ubicado por las siguientes coordenadas ($13^{\circ}37'0.84''S$, $72^{\circ}52'15.96''W$) y en coordenadas UTM (8493634,730325) a una altitud de 2619m.s.n.m. “con una población al 2017 un total de 10861 hab. Haciendo una densidad poblacional de 198.92 habitantes por metro cuadrado” (INEI, 2018).

El área de estudio para la presente investigación es de (3.66Km²).

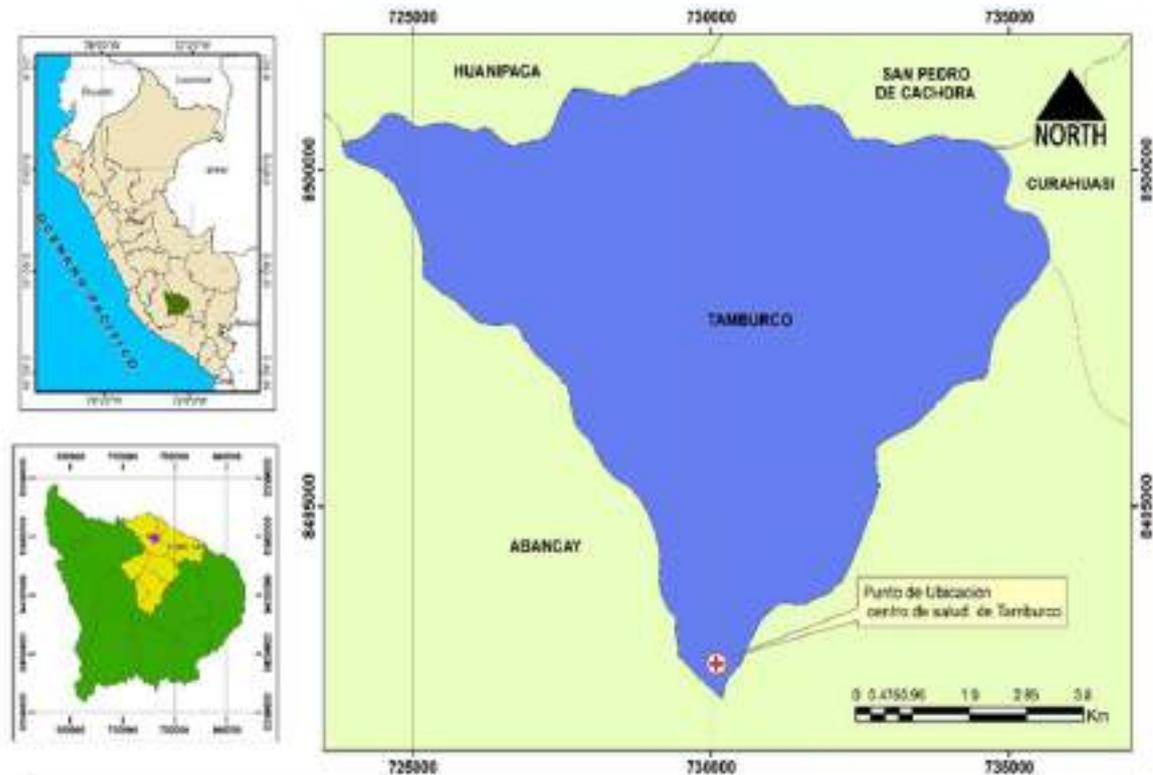


Figura 1—Ubicación del distrito de Tamburco

3.2.2 Caracterización estratigráfica

“La Estratigrafía es la rama de la Geología que trata del estudio e interpretación, así como de la identificación, descripción y secuencia tanto vertical como horizontal de las rocas estratificadas; también se encarga de la cartografía y correlación de estas unidades de roca, determinando el orden y el momento de los eventos en un tiempo geológico determinado” (W.C. Krumbein y L.L, 1963).

Estudio geológico local

3.2.2.1 Fisiografía

El distrito de Tamburco al igual que la provincia de Abancay se encuentran en la sub cuenca Mariño, donde se pueden observar una topografía variada y accidentada caracterizada por cauces de ríos que rodean todo el distrito y la ciudad.

El relieve en el distrito de Tamburco varía desde los 3100 m.s.n.m. hasta los 2800 m.s.n.m. también se puede observar claramente al nevado del Ampay que alcanza los 5190 m.s.n.m. es así que la fisiografía del distrito de Tamburco ubicado al pie del hoy considerado Santuario Nacional por

el Servicio Natural de Áreas Naturales Protegidas (SERNA (PREDES, 2014)NP) es abrupta.

Según los criterios de la inclinación del relieve, el distrito de Tamburco muestra rasgos fisiográficos representados por:

Relieve con inclinación 1-15% “Se ubica en los Sectores Chupapata, Juan Velazco Alvarado y San Antonio Kerapata (Sectores urbanos: 1A, 1B, 1C, 2, 3A, 3B, 5, 6 y 7), donde se encuentran el Cercado de Abancay principalmente” (Municipalidad Provincial de Abancay, 2011).

“El relieve presenta una forma plano inclinado, desarrollado en los depósitos acarreados por las aguas de río y pluviales, formados por los proceso de acumulación y modelados por erosión de suelo” (Municipalidad Provincial de Abancay, 2011).

3.2.2.2 Geología

La geología en el distrito de Tamburco es muy variada debido a la topografía en la que se encuentra y se pueden observar mediante una exploración in situ lo cual hace que la zona de estudio no sea uniforme geológicamente según algunas investigaciones del área a investigar y/o Microzonificar se concluye que geológicamente el distrito de Tamburco presenta variedades. La zona este y norte del sector está formado por rocas sedimentarias tectonizadas que forman el alto estructural del área a investigar. En algunas partes de esta zona se observa unidades litológicas como las calizas macizas (grupo Pucara y Copacabana) sedimentos continentales (grupo Mitú), las planicies del valle se encuentran recubiertos por masas calcáreas denominadas “caliche” alternada con depósitos aluviales y depósitos coluviales provenientes de la erosión de las rocas sedimentarias (Municipalidad Provincial de Abancay, 2011 pág. 26).

Los procesos geológicos se presentan de dos formas interiormente dentro de la tierra conocidos también como procesos endógenos (el diastrofismo, la orogénesis, la epirogénesis, los desplazamientos corticales lentos y graduales, las fracturas y desplazamientos de rocas, los volcanes y los sismos) y exteriormente en la corteza terrestre conocidos como procesos exógenos (la meteorización y la erosión). “El desarrollo del origen de los

Andes es el producto de fenómenos geotectónicos sucedidos en el Mesozoico, donde el cambio generó zonas de acumulación y grandes depresiones sedimentarias, que tiempo después fueron erosionadas, mermadas, desgastadas y también acumuladas, aglomeradas, apiladas como depósitos cuaternarios recientes, resultado del intemperismo y los factores climáticos ocurridos en el Pleistoceno – Oligoceno” (Gobierno Regional de Apurímac, 2006 pág. 15).

Estos depósitos se sobresalen por contener materiales conglomerados de naturaleza diversa, así como cúmulos de piedras y lodos que se acumularon al pie del santuario Nevado Ampay, así como a lo largo del valle se acumularon depósitos aluviales que se presentan a manera de terrazas y sirven como terrenos de cultivo (Gobierno Regional de Apurímac, 2006 pág. 15).

a) Unidades geológicas

Depósitos Morrenicos (Q-mo)

“Estos depósitos se encuentran en el nacimiento glacial parte superior de la cuenca Ampay – Sahuanay, consta de clastos, con limo arenoso y bloques angulosos. El medio o ambiente litológico de las rocas es calcárea en Ampay y Granítica en Runtococha” (INDECI, 2007 pág. 33).

“También se ve que estos depósitos son heterométrico por que los finos (arena, arcilla y limo) ocupan el 60% y los gruesos (grava y otros) ocupan entre 25 a 300 cm generalmente presentándose como diques en lagunas” (INDECI, 2007 pág. 33).

Depósitos Aluviales

Su origen detrítico es el resultado de una mezcla entre arenas y limos, conformando a sí una irregular y somera estratificación. “Los relieves planos inclinados sobre el que se encuentra las poblaciones de Abancay y Tamburco, son llamados depósitos aluviales, estos depósitos contienen bloques con dimensiones que sobrepasan 0.5 metros y cantos de formas sub redondeadas a redondeadas, en una

matriz clástica combinada con limos y arenas, formando una irregular y somera estratificación” (Municipalidad Provincial de Abancay, 2011 pág. 29).

Los depósitos aluviales se puede distinguir su formación como una costra dura calcárea blanquecina también llamada “caliche”, de variado espesor “0.5 a 2.0 metros”, en la actualidad se encuentra revestida por un suelo orgánico de color gris negra de espesores de 0.3 a 0.5 metros compone la capa agrícola arable, llamado horizonte A del suelo. Es así que a la actualidad en el área de estudio se realizan los trabajos de esta capa o depósitos por medio de la actividad agrícola (Municipalidad Provincial de Abancay, 2011 pág. 29).

Es necesario mencionar o indicara también que los depósitos aluviales son transportados, lavados y depositados en la cuenca de la parte baja del ciudad de Abancay siendo exactos en el río Pachachaca conformando a si gravas redondeadas con origen arenosa bien clasificada (INDECI, 2007 pág. 34).

Depósitos Coluviales

“Se encuentran recubriendo el pie de ladera gran parte de la zona Norte, tomando una coloración rojiza y con tonos gris claro en otras áreas. Está constituido por fragmentos de roca de formas angulares a subangulares, con matriz arcillosa – limosa” (INDECI, 2007 pág. 34).

Éstos depósitos han sido de muy poco movimiento y/o transporte y si existió fue en su mayoría gravitacional. También se encuentran en esta clasificación los depósitos aluviales conformados por la meteorización “in situ” de la roca, que mediante la maniobra de las aguas llegan a transportarse en forma de huaycos, como es visualizado en la falda del nevado ampay, donde se puede exteriorizar su presencia como periodos sucesivos y consecutivos de huaycos, que adicionalmente se incorpora los cúmulos de escombros (INDECI, 2007 pág. 34).

Depósitos Lacustres

Se puede percibir en la zona presencia de lagunas actuales y antiguas los cuales tienen sedimentos que revelan embalsamiento, formado

estratos de arcilla, arena, turba y gravillas; no obstante también son estratos con variación entre limos y arcillas, arenas acumuladas en ambientes tranquilos o mansos, arcillas asiduamente de colores oscuros y fósiles (PREDES, 2014 pág. 11).

Depósitos Proluviales

Se aprecian en los cauces, causados por derrumbes, deslizamientos, erosión de taludes con fuertes pendientes, esto ocasionado por fenómenos naturales así como las lluvias intensas, saturación de suelos, infiltración, aumentando de esta manera la presión de las partículas finas de arcillas y limos existentes en los depósitos no consolidados, que posteriormente debilitan laderas (PREDES, 2014 pág. 12).

“Son materiales que ocupan el cauce de la quebrada Sahuanay, están constituidos por acumulaciones de los flujos de detritos de lutitas angulosas con gravas y cantos de subangulosos a angulosos, son heterométricos, con relleno de arena-limosa, poco a medianamente densos” (PREDES, 2014 pág. 12).

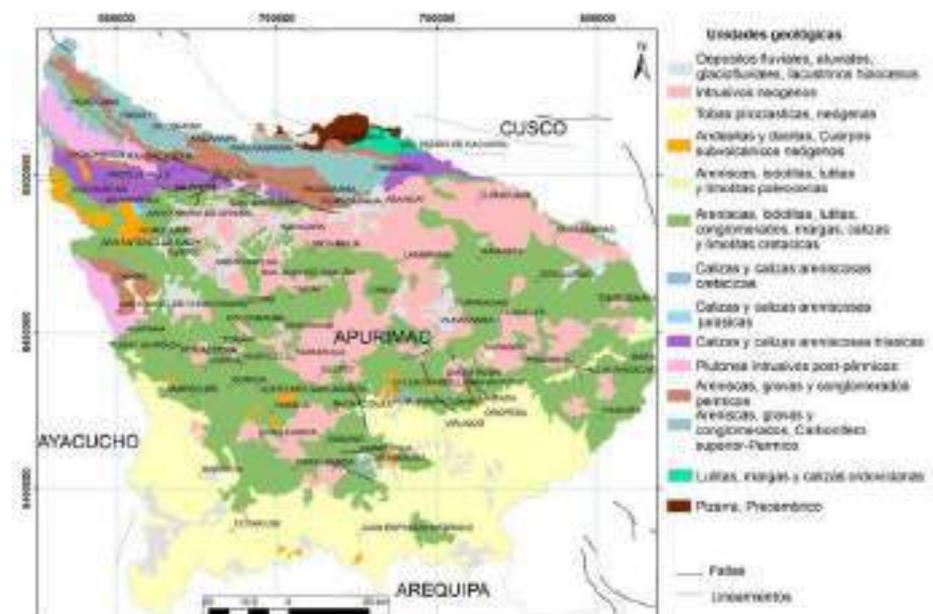


Figura 2—Mapa geológico de la región de Apurímac (INGEMMET, 2012 pág. 6)

De la figura 2 se puede apreciar que para el estudio de la presente investigación ubicada en el distrito de Tamburco tendremos como unidades geológicas en su mayoría a calizas y calizas areniscas

triásicas y calizas areniscas jurásicas que se pueden observar en las formaciones geológicas del contorno de la zona urbana del distrito de Tamburco.

Litología

“En la zona de investigación se encuentran rocas sedimentarias clásticas y no clásticas, rocas ígneas plutónicas y los materiales de cobertura de origen aluvial y coluvio aluvial” (Municipalidad Provincial de Abancay, 2011 pág. 26).

b) Peligro geológico

Los peligros al que está expuesta el distrito de Tamburco son muy diversos, debido a su ubicación al pie de un cerro con bastantes ojos de agua, así como también riachuelos que desencadenan diversos peligros geológicos que se pueden dar desde movimientos de masa debido a la presencia de ojos de agua, deslizamientos que pueden ser producidos por exceso de lluvias, flujos de lodo que desde siempre se vio presente en la ciudad siendo uno de los peligros más latentes que también vienen influenciando en el desarrollo de urbano del distrito.

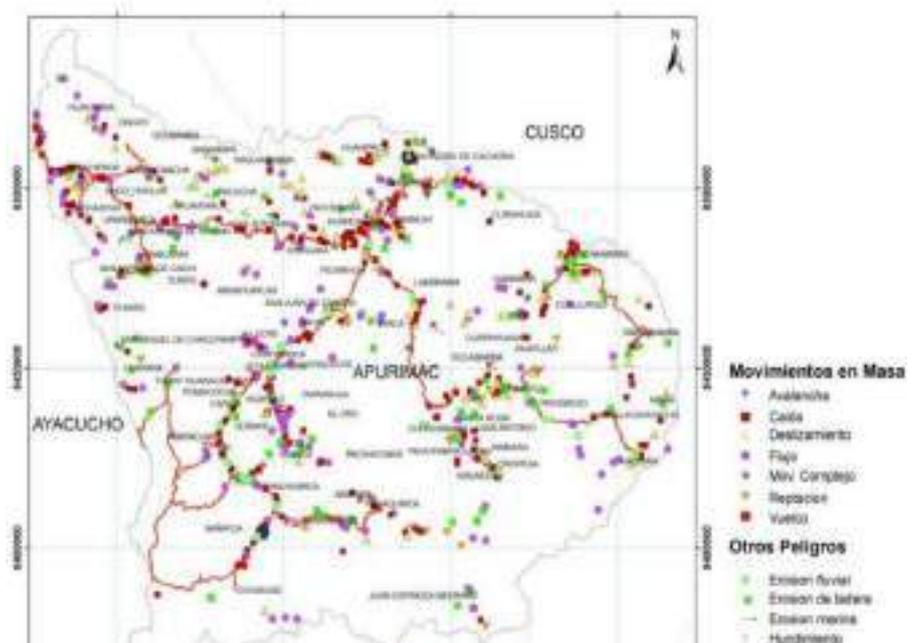


Figura 3—Inventario de Peligro Geológico y geo-hidrologico en la región de Apurímac (INGEMMET, 2012 pág. 8)

También se producen las caídas y derrumbes debido a la orografía en el que se encuentra el distrito, y en algunos sectores se puede observar reptación de suelos debido a la humedad presente en el suelo por tanto se

cuenta con antecedentes que son de consideración y a continuación se nombran los hechos históricos.

Para el interés del área de nuestra investigación podemos visualizar los riesgos al que está expuesto el distrito de Tamburco son flujo, caída, deslizamiento, movimiento complejo, erosión fluvial y erosión de ladera. También se puede visualizar en insitu los peligros anteriormente mencionados, rastros que a un perduran y son amenazas latentes por su agresividad.

Tabla 2 — “Eventos más desastrosos en la ciudad de Abancay y cuenca del río Mariño”

Paraje/lugar	Evento	Peligro	Vulnerabilidad	Fecha de ocurrencia
“Cerro chullurpata”	Movimiento Complejo	Alto	Muy Alto	1951, 2012
“Ccocha pumaranra”	Movimiento Complejo	Muy Alto	Muy Alto	1997
“Limapata, Puchuorcco”	Deslizamiento	Alto	Alto	2010
“Qda. Puyo-Huayco”	Flujo	Alto	Alto	2010
“Espinoza alto”	Deslizamiento	Alto	Alto	2011
“Asillo”	Deslizamiento	Alto	Alto	Abril del 2012

Fuente: (INGEMMET, 2012 pág. 35)

El análisis del peligro geológico del distrito de Tamburco, se realizará en la parte metodológica mediante la exploración e identificación de zonas de inestabilidad y zonas que estén expuestas a peligros latentes y se procederá a un análisis de vulnerabilidad de áreas de producción agrícola como viviendas aledañas a los peligros para posterior realizar un mapa de riesgos.

3.2.2.3 Geomorfología

Se describe la geomorfología local como el “área geográfica donde se encuentra Abancay y sus zonas de crecimiento afectadas por potentes actividades geodinámicas tanto externa como interna que se muestra en su irregular topografía y por ser propenso a la ocurrencia de fenómenos geológicos y climáticos” (INDECI, 2007 pág. 26)



Las investigaciones referentes a la geomorfología llegaron a la conclusión de que “la configuración geomorfológica del Ampay, está estructurada por alteraciones geodinámicas internas y externas como son los deslizamientos, la erosión y las glaciaciones, que fueron formando el modelo de la superficie actual” (INDECI, 2007 pág. 27).

Morfológicamente, esta zona está afectada por grandes movimientos tectónicos acompañados de fuertes presiones y compresiones, que dan lugar a plegamientos y defectos que acompañan a los disturbios tectónicos, y por el ascenso de la Cordillera de los Andes, que cambió la forma de los valles, y luego fueron cubiertos por depósitos fluvioglaciares y aluviales (Gobierno Regional de Apurímac, 2006 pág. 17).

En la actualidad se ha observado que los cambios morfológicos, así como los cambios en las propiedades aluviales debido a fuertes procesos de erosión modifican la superficie del suelo, afectan la calidad del suelo y provocan su destrucción directamente por fenómenos naturales y factores externos como la lluvia, el viento, etc. Por lo tanto, la Tierra está en constante cambio en el manto de su faz (Gobierno Regional de Apurímac, 2006).

a) Morfogénesis

Haciendo una descripción de la morfogénesis de la zona a investigar se interpreta como forma de morfo y origen de génesis de acuerdo a esta interpretación podemos decir que el diseño topográfico del Ampay es variado, también se puede decir que las áreas cercanas a la población presenta accidentes geográficos con presencia de rocas, colinas, laderas, escarpados, abras, depresiones lagunares, cuencas hidrográficas pequeñas de fuerte vertiente, suelos inclinados con pendientes fuertes y carece de suelos planos (INDECI, 2007 pág. 27).

“Los Cambios climáticos suscitados durante el cuaternario, han dejado como resultado profundas huellas en la morfología, las glaciaciones produjeron grandes movimientos de masas rocosas, acumulándose gradualmente en el actual valle de Abancay y al pie de los Nevados Ampay” (INDECI, 2007 pág. 26).

“En la actualidad se presentan deslizamientos y fuertes procesos de erosión hídrica de los suelos en las laderas empinadas, siendo frecuentemente los huaycos, desborde de ríos en los meses de fuertes precipitaciones pluviales” (INDECI, 2007).

b) Unidades morfológicas

Se pueden identificar las siguientes unidades geomorfológicas en el área de estudio como laderas empinadas, laderas aluviales, fondo de quebradas, zona montañosa superior, áreas glaciares y cuenca lagunar.

Tabla 3 — Unidades Morfológicas

Grandes Unidades Geomorfológicas	Características Generales		Procesos Morfo dinámicos actuales
	Factores Geodinámicas	Formas Originales	
Cadena montañosa	“Factores topográficos, estratigráficos y disposición de la estratigrafía”.	“Montañas denudativas y disectadas, zonas de cárcavas y escarpas”.	“Remoción en masa, socavamientos, deslizamientos, erosión fluvial y erosión de taludes.”
Altiplanicies disectadas	Estratigráficos y climatológicos	“Cambios bruscos de temperatura en el tipo rocoso superficial”	“Superficies estructurales y onduladas”
Laderas empinadas	“Factores topográficos, estratigráficos y litológicos”.	“Zonas fracturadas e inestabilidad de taludes”	“Erosión de laderas y de pie de monte. Derrumbes en zonas inestables”
Valle de fondo amplio	“Hidrológicos, escorrentías del agua superficial”.	“Terrazas aluviales y conos de deyección”.	“Desborde de cauces. Erosión fluvial Socavamiento y excavación de terrazas aluviales”
Valle intermedio	Factores hidrológicos, topográficos. Escorrentía superficial.	“Zonas de escarpa, canales de drenaje”.	“Erosión de laderas”
Valle encañonado	Paredes de la roca	“Zonas de escarpas y barrancos”	“Erosión de las escarpas y derrumbes”.

Fuente: (Gobierno Regional de Apurímac, 2006 págs. 19-20).

3.2.2.4 Estratigrafía

En el área de estudio se puede evidenciar diferentes afloramientos de rocas sedimentarias que provienen desde las épocas pérmico al triásico así como también se tienen algunos tipos no identificados como las rocas



cretácicas es entonces donde podemos describir y hacer inmerso la presencia de diferentes grupos, “Grupo Copacabana (pérmico inferior y medio), Grupo Mito (pérmico superior) y el Grupo Pucara (jurásico inferior)” (INDECI, 2007 pág. 30).

a) Unidad estratigráfica

Grupo Copacabana (Pérmico Inferior y Medio).

“En esta unidad estratigráfica llamado el grupo Copacabana que aflora en el nevado Ampay presenta un espesor de 2,100 m con buzamiento en su flanco sur de 25° SE. El estrato está conformado por calizas y lutitas negras” (INDECI, 2007 pág. 30). “Las calizas se muestran en estratos gruesos, macizos, o en capas delgadas, además puede suceder de q se pueda ver en de grano fino, olíticos, nodulares y fosilíferas” (INDECI, 2007 pág. 30).

Las lutitas son en su mayoría negras, carbonosas con abundantes restos de plantas y de troncos de árboles (Leepidodeadron). A si es como forma el tercio superior del grupo copacabana además alcanza un aproximado de 700 m de espesor, en algunos estratos “toma un rasgo de flysch lutitico, formado por una alternancia de 1 a 5 cm, de lutitas negras duras con bancos de areniscas finas, constituyendo relieves escarpados” (INDECI, 2007 pág. 31).



Figura 4—Vista fotográfica del afloramiento de las calizas Copacabana ubicados en la parte alta de Abancay (INDECI, 2007 pág. 31)

Grupo mitu (Pérmico Superior)

“Es la unidad estratigráfica representado por una secuencia molásica de areniscas feldespáticas, lutitas rojas arcosas y conglomerados, predominan sobre los limo-arcillitas y estratos volcánicos, es frecuentes la estratificación oblicua, entrecruzada y paleocanales; La sedimentación es rítmica” (INDECI, 2007 pág. 31).

En este caso particular, los grados de material arenisca se presentan en grados, de 0,5 a 6 metros de espesor, de color rojo ladrillo o verde; Los granos varían de gruesos a finos, en su mayoría de grano medio a fino, lutitas mixtas de grados de arenisca y capas de más de 5 m de espesor, que no son duras ni quebradizas debido a la meteorización (INDECI, 2007 pág. 31)

Además se pueden ver los depósitos son en gran cantidad en la parte baja del grupo (conglomerado basal), se puede ver este tipo de material en la falla Pachachaca al frontis de la Quebrada Santo Tomás con un grosor de 100 m, “los clastos están bien redondeados y del tamaño de guijos, con cantos de areniscas volcánicas y lutitas, la matriz es arenosa de color roja o gris clara” (INDECI, 2007 pág. 31).



Figura 5—Vista fotográfica del afloramiento rocoso del Grupo Mitu (INDECI, 2007 pág. 32).

Grupo pucara (Jurásico Inferior)

En el grupo pucara el material que predomina es la caliza que se encuentra en estratos de 0.5 a 1 metros de grosor de capa, al intemperizarse cambia a un color gris blanquecino y en rotura fresco tiende de gris a negro, generalmente son detríticas y componen abundantes retazos de fósiles (conchas de lamelibranquios, crinoideos), el cual es visto en la ruta de Abancay – Curahuasi, son en su mayoría bituminosas y de color férvido, en su mayor parte de los niveles que se ubiquen “chert”. “Los estratos calcáreos se intercalan con niveles delgadas de lutitas oscuras, en su mayoría endurecidas; desde la ciudad de Abancay los estratos evaporíticos entre las calizas son más comunes, y se ubican en mayores grosores en Curahuasi” (INDECI, 2007 pág. 32).



Figura 6—Vista fotográfica del afloramiento rocas calcáreas (grupo Pucara) (INDECI, 2007).

3.2.2.5 Geodinámica

Flujo Detrito

“Material morrénico de tamaño variable con clastos angulosos a sub angulosos”, se pueden observar ínsito haciendo una exploración detallada al área de estudio en este caso al distrito de Tamburco. (PREDES, 2014 pág. 15)

Deslizamiento Antiguo

“[...] es escarpado y tiene pendientes elevadas que reacciona por presencia de lluvias o precipitaciones continuas” (PREDES, 2014 pág. 15).

El deslizamiento antiguo se puede apreciar en el margen izquierdo del desfiladero de Sahuanay encontrándose aproximadamente a una elevación entre 2820 y los 3320 msnm, que llega a tener una longitud de 500 m de diferencia de altura, entre el origen o la base y la cima del deslizamiento, se puede suponer que masa de gran tamaño adherida a efectos de remoción, cabe resaltar que de acuerdo al proceso de acomodo que constantemente se percibe en zonas vulnerables, notamos que el deslizamiento ya llegó a una etapa de reposo referente a su configuración geométrica y características de mecánica de suelo. (PREDES, 2014 pág. 15)

Deslizamiento activo

Este deslizamiento de masas y bloques, se dan generalmente por ruptura y desplazamiento de inmensas masas de suelo, en un talud natural. Se le identifica por mostrar un plano de deslizamiento o falla, en dirección de este se origina el desplazamiento que puede ser violento o lento, y por la existencia de filtraciones (PREDES, 2014 pág. 15).

A la vez el deslizamiento está activo en la actualidad está latente debido a que la topografía es muy accidentada y ante un eventual precipitación pluvial desmedido podría verse activo la zona aledaña al área de estudio y también por los antiguos hechos suscitados por este fenómeno.

Derrumbes

Los derrumbes ocurren a causa del exceso de lluvia y la desfavorable topografía que acompaña en cada zona y el desprendimiento de rocas también acompañadas de flujos o coladas de barro favorecidos con la topografía del lugar que presenta en la parte superior debido a la pendiente muy alta.



Cono Aluvial Grande

Se describe un acontecimiento de esta naturaleza como es el cono aluvial generalmente de gran dimensión propensos de ocurrir en tiempos de lluvias, el más sobresaliente y no olvidado en Abancay el que sucedió el año de 1951 donde después de intensas y continuas lluvias llegó a sobresaturar a los depósitos morrénicos causando una masa de lodo (huayco), que se trasladó por la quebrada Sahuanay y llegó a las partes bajas del distrito de Tamburco. Este acontecimiento afectó 27 hectáreas de cultivos y causó once fallecidos; el huayco también se presenció en la ciudad de Abancay en la parte de la quebrada El Olivo (PREDES, 2014 pág. 17).

Cárcavas

Se define como “Las Cárcava son producto de la meteorización e intemperismo y transporte de material dendrítico” (PREDES, 2014 pág. 17), que podemos observar en la parte alta del distrito adyacentes y a las faldas del santuario nacional del Ampay se encuentran las cárcavas productos de los diferentes causas de su formación.

3.2.3 Estudio geotécnico local

La geotecnia específicamente comprende el estudio de mecánica de suelos y la mecánica de rocas que su estudio es de mucha importancia ya que a ello se debe los desastres naturales o las de origen antrópico. Los estudios se realizan mediante calicatas y/o exploración a cielo abierto como también mediante la visualización de corte de taludes que nos ayudan a una descripción exacta del tipo de suelo proseguidas mediante diferentes ensayos para caracterizar y clasificar un suelo en específico de acuerdo al tipo según los siguientes métodos AASTHO y SUCS.

3.2.3.1 Características de los suelos y comportamiento geotécnico

A través de las investigaciones realizadas para la zona de la presente investigación y alrededores cabe mencionar y citar los siguientes.

“Las rocas ígneas plutónicas (granito, granodiorita), afloran al sur de Abancay, y hacia el Norte se distribuyen rocas sedimentarias muy

deformadas y que forman el alto estructural de Abancay” (Municipalidad Provincial de Abancay, 2011 pág. 53).

La zona baja y la zona media de la quebrada río Mariño se encuentra cubierta por depósitos aluviales intercalados con depósitos calcáreas también llamada como “caliche” con una actuación geotécnica entre regular y bueno. En el sector bajo de la falda del la quebrada se muestran los depósitos coluviales originados del constante desgaste de las rocas generalmente sedimentarias rojas compuesta de arcillas, estos son los suelos buenos en para la agricultura, pero sus componentes geotécnico esta entre malo a regular, sensible a procesos de remoción en masa (Municipalidad Provincial de Abancay, 2011 pág. 53).

En el sector norte de la ciudad se encuentran rocas calcáreas de clase kárstico que forman parte de acuíferos y estas son alimentadas por el deshielo del glaciar Ampay, esto explica por qué el sector Sahuanay posee su curso sin presencia de agua característico de los valles kársticos y por alimentación directa de las lluvias que acontece encima de las rocas calcáreas, es por eso que aguas abajo aparecen manantes, como es el caso de Maucacalle , San Antonio, Chinchichaca, Marcahuasi y la presencia de aguas subterráneas que integran el río Ñacchero. Esta descripción ratifica la presencia de aguas subterráneas y su pronta saturación con la presencia de lluvias de los suelos en las laderas que facilita la remoción en lodo de los suelos de cobertura (Municipalidad Provincial de Abancay, 2011 pág. 53).

El estudio geotécnico es muy importante para realizar una microzonificación, debido que al realizar mapas de tipos de suelos y mapas de capacidad portante nos ayudara a identificar las áreas que están en constate peligro ante un fenómeno geológico sea deslizamientos huaycos derrumbes etc. En esta oportunidad en el área de estudios se realizarán mapas de este tipo en función a recolección de información de la zona de estudio.

3.2.3.2 Clasificación de los suelos

Para la clasificación de suelos existen dos sistemas de clasificación de suelos AASTO(usado generalmente en construcción de carreteras) y

SUCS (Usado en ingeniería geotécnica) por tanto utilizando los criterios para diferenciarlo nosotros clasificaremos de acuerdo al sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS que es adoptado por ASTM D-2487-98 E Is: 1498-1970 con fines del presente estudio los identificaremos de forma general. Este sistema de clasificación nos permitirá describir la textura y el tamaño de las partículas del suelo del área de estudio.

Tabla 4 — Sistema unificado de clasificación de suelos

Divisiones Mayores		Símbolo del grupo	Nombre del grupo
Suelos granulares gruesos El 50% o más se retuvo en el tamiz n°200 (0.075 mm)	Grava	grava limpia menos del 5% pasa el tamiz n°200	GW grava bien graduada, grava fina a gruesa
	< 50% de la fracción gruesa que pasa el tamiz n.º 4 (4.75 mm)		GP grava pobremente graduada
		grava con más de 12% de finos pasantes del tamiz n° 200	GM grava limosa
			GC grava arcillosa
	Arena	Arena limpia menos del 5% pasa el tamiz n°200	SW Arena fina a gruesa.
	≥ 50% de fracción gruesa que pasa el tamiz n.º 4		SP Arena pobremente graduada
		Arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz n° 200	SM Arena limosa
			SC Arena arcillosa
Suelos de grano fino más del 50% de la muestra pasa el tamiz No.200 (0.075 mm)	Limos y arcillas	inorgánico	ML limo
	límite líquido < 50		CL arcilla
		orgánico	OL Limo orgánico, arcilla orgánica
	Limos y arcillas	inorgánico	MH limo de alta plasticidad, limo elástico
límite líquido ≥ 50	CH Arcilla de alta plasticidad		
	orgánico	OH Arcilla orgánica, Limo orgánico	
Suelos altamente orgánicos		Pt	turba

Fuente: (BRAJA M, 2014 págs. 39,40)



Para criterios de análisis geotécnico con fines de la microzonificación se considerará las principales y generales clasificadores del suelo como los siguientes.

Roca (R): material sólido con afloramientos rocosos, cuya resistencia es superior a 25 Kg/cm².

Gravas (G): suelos en los que su formación se caracteriza por fracción de gravas, conformado por partículas mayores a 4.75mm de tamaño.

Arenas (S): suelos en los que su formación se caracteriza por fracción de Arenas, conformado claramente por partículas mayores a 0.0075mm y menor es a 4.74.

Arcilla (C): suelos en los que su formación se caracteriza por fracción de arcilla, cuyas partículas son menores a 0.075mm.

Limos (M): suelos en los que su formación se caracteriza por fracción de Limo, cuyas partículas son menores a 0.075mm.

3.2.3.3 Esfuerzo admisible del suelo

Para poder determinar la resistencia del suelo se puede realizar mediante diversos métodos dentro de los más utilizados tenemos resistencia al corte, la resistencia a la penetración dinámica, la capacidad de carga y otros. Para el presente estudio se realizará mediante el ensayo MASW y recolección de información de estudio de suelos de la zona de influencia de estudio por tanto sea realizará una temática que nos permita clasificar el suelo.

3.2.3.4 Capacidad portante

Se verifica la presencia de materiales con una alta resistencia en tres zonas de la población abanquina, en la falda rocosa del cerro Quisapata y Wiraccochapata. Todas las faldas del sector norte, mirador y Aymas presentan baja resistencia (Municipalidad Provincial de Abancay, 2012 pág. 53).

De acuerdo a estudios realizados en la provincia de Abancay es necesario tener en cuenta que en las exploraciones elaboradas no se presencié suelos de muy bajísima resistencia en Abancay, los denominados materiales del tipo coluviales que prevalece tienen generalmente buena resistencia, este comentario se verifica con la existencia de cortes verticales y laderas ,

que así sea el suelo de baja o muy baja resistencia no soportaría conservarse en pie (Municipalidad Provincial de Abancay, 2012 pág. 53).

3.2.3.5 Peligros Geotécnicos

Los peligros geotécnicos son principalmente debido a la presencia de humedad y aguas subterráneas más la geomorfología de la zona y algunos procesos físicos como lluvias torrenciales etc y la acción humana que generan cambios de uso de suelo que posteriormente se manifiestan como peligros geotécnicos que a continuación podremos identificar factores desencadenantes de movimientos de suelos.

Tabla 5 — Factores detonantes de los movimientos de vertiente.

Condiciones del Suelo (material)	Procesos Geomorfológicos	Procesos Físicos	Influencia humana
Plástico: “Se deforma con facilidad sin fracturarse”	“Levantamiento tectónico”	“Períodos de lluvia cortos e intensos”.	“Excavación de la ladera o de la base”.
Sensible: “Suelos muy intervenidos, con poca cobertura vegetal, muy susceptibles a la erosión”.	“Erosión fluvial (Socavación de orillas que le quita apoyo a la vertiente)”	“Fusión de nieve”.	“Carga en la ladera o en la parte superior (vegetación, depósitos de otros movimientos o de construcciones, llenos, pozos sépticos, etc.)”.
Colapsable: “No resiste pesos adicionales y puede colapsar”	Erosión por olas	Periodos de lluvia prolongados	Sistemas de riego
Meteorizado: “El material está muy oxidado”.	“Erosión subterránea”	“Crecimiento de ríos, altas mareas o rompimiento de presas naturales”.	“Mal mantenimiento de los sistemas de drenaje”.
Fallado: “Que presenta fallas superficiales o profundas”.		Terremotos	
Discontinuo: “Que presenta fallas, fracturas, estratos, etc”.	Pérdida de vegetación	Erupciones volcánicas	Deforestación
Permeable: “Que absorbe agua”.			Minería
			Vibración artificial (maquinaria, tráfico)

Fuente: Cruden y Varnes 1996.



3.2.4 Estudio sísmico local (microzonificación sísmica)

“Uno de los fenómenos endógenos más significativos que afectan a la geodinámica interna e indirectamente a la geodinámica externa es el desarrollo de subducción de la placa de Nazca bajo la placa sudamericana”, en relación a este se produce algunas definiciones y gráficos acorde al tema procedente del artículo “Evaluación de la Sismicidad, Geometría de la Placa de Nazca” (INDECI, 2007 pág. 40).

3.2.4.1 Origen de sismos en el Perú

La región occidental de Sudamérica es conocida por presentar problemas sísmicos activos en el planeta. El territorio peruano pertenece a la región mencionada y a sus problemas sísmicos sobresalientes que está ligada a la “actividad de subducción de la Placa de Nazca (oceánica) bajo la Placa Sudamericana (continental), ocasionado constantemente movimientos telúricos de magnitud considerables” (HERNANDO TAVERA, 2018).

En el transcurso de este procedimiento, la placa Oceánica ingresa a una rapidez de promedio de 7.0 -10.0 centímetros al año hasta ser cubierta por el manto y la placa continental el proceso se da más o menos a 4.00 cm anuales. Estos movimientos generan la reunión de energía tectónica en algunos sectores que se oponen a los movimientos de las placas. luego, esta energía es liberada mediante sismos o erupciones volcánica (HUASHUA HUARCAYA, 2017 pág. 76).



Figura 7—Sismos esperados en la zona de subducción del Perú (http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis02_p.pdf)

El sismogenesis u origen de los sismos para los movimientos telúricos en el estado peruano agrupa los movimientos sísmicos como movimientos relacionados a la falla superficial o intraplaca y movimientos sísmicos relacionados a fallar internas interplacas (INDECI, 2007 pág. 40).

También nos dice que, el historial sísmico señala que en la zona sur del Perú se han visto sismos años atrás en promedio desde los años 1581 con magnitud que ha sobrepasado el 7.5 ° en escala de Richter con resultados difíciles a las zonas afectadas, que se hizo notar hasta el centro del Perú. Desde, el 13 de Agosto de 1868 cuando se dio un sismo de grado 8.6, hasta en la actualidad se viene viviendo un Silencio Sísmico (INDECI, 2007 pág. 40).

En vista a la tabla registrada la sucesión histórica de presencia de sismos acontecidos en el Sur del Perú donde también se toma en cuenta a Apurímac; percibimos que los eventos de mayor consideración que sacudieron el departamento, fueron de gran intensidad, por lo que está inmerso en el mapa de zonificación sísmica del Sur del Perú , Apurímac se encuentra resaltada como zona de sismicidad alta (INDECI, 2007 pág. 40).

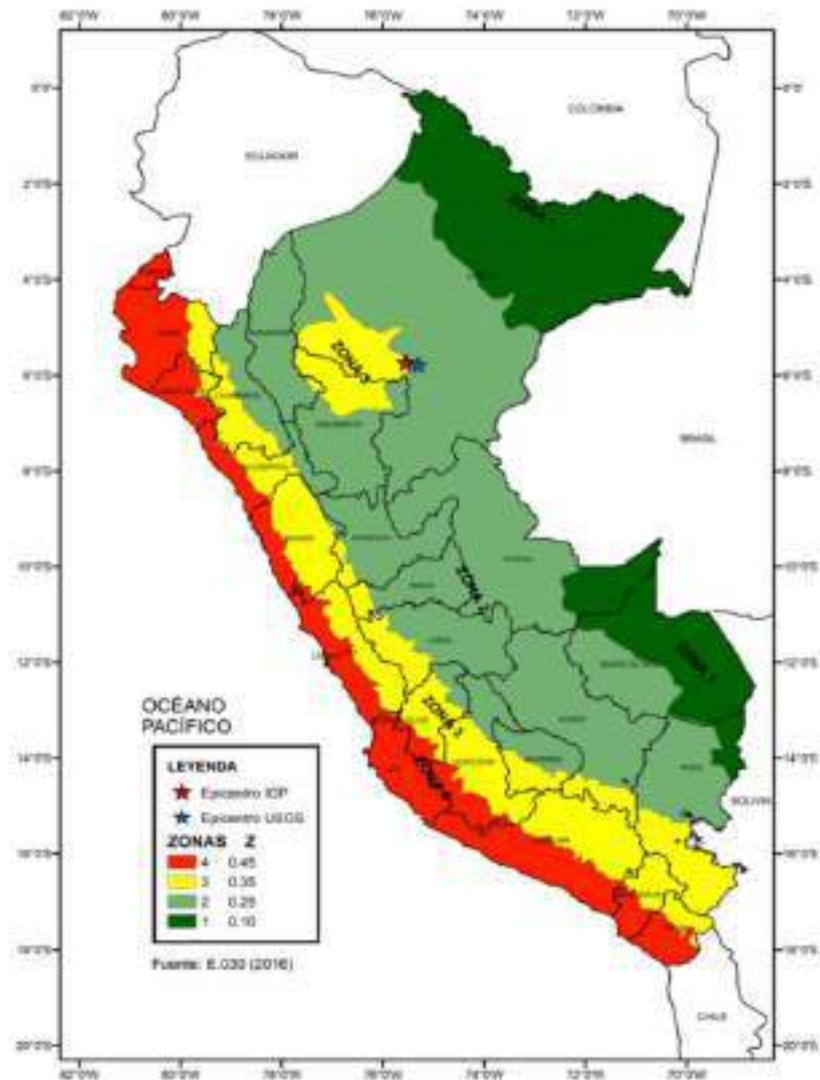


Figura 8—Mapa de Ordenadas Espectrales Sísmicas del Perú (BOLAÑOS LUNA Ana, 2004 pág. 122)

Según lo que se puede observar en la figura 8 la zona donde se encuentra la presente investigación se dice que existe probabilidad considerable de ocurrencia en un tiempo aproximadamente dentro de 50 años, lo que se puede describir con importancia para la presente investigación (INDECI, 2007 pág. 41)

3.2.4.2 Configuración sismotectónica

En la región de Apurímac se describe la configuración sismotectónica como una fuerte deformación de la clase tectónica, culpable de los denominados “Fallas de Abancay” localizados en la zona Norte, en sentido dominante de SW-NE, desarticulando el plegamiento Hercíniano “Horst”, conformando un espigado estructural sensacional en las llanuras

del santuario nación del Ampay (Municipalidad Provincial de Abancay, 2012 pág. 53).

También se menciona “Los sismos ocurridos hasta antes de la actualidad y que hayan afectado la ciudad de Abancay han tenido sus epicentros, localizados en las provincias de Aymaraes, Grau y Antabamba y están vinculados con el sistema de fallas activas de Aymaraes – Antabamba y las fallas del Cusco” (Municipalidad Provincial de Abancay, 2012 pág. 53).

En situación especiales como en la presente área de estudio se puede definir que, “La probabilidad de que suscite sismos en esta zona, se sustenta en las presencias de variaciones por las fallas regionales en acción y bruscos del relieve, a la vez se puede juntar a fenómenos denominados movimiento de masa (deslizamiento de tierras) en áreas de tipo ladera, bien hidrocópicos” (Municipalidad Provincial de Abancay, 2012 pág. 53).

En las investigaciones precedidas como por ejemplo la realizada por el Ing. Juan C. Gómez 1998, se concluye con que “la actividad sísmica se debe al tectónico local, como los modos de fallas geológicas emplazadas en las proximidades del Nevado Ampay (Falla Sahuanay)”.

3.2.4.3 Antecedentes sísmicos en la región de Apurímac

“Los movimientos sísmicos suscitados en el departamento de Apurímac es registrada por la estación sísmica de Chalhuanca a 2900 m.s.n.m. a 110 Km al Sur Oeste de Abancay” (Municipalidad Provincial de Abancay, 2012 pág. 48). “Los datos históricos reportados por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) entre 1650 – 2001 se reportan lo siguiente”:

- El 31 marzo del año 1650, al promediar las 2:00 pm se suscitó un terremoto en Cusco lo cual se notó en Abancay y Andahuaylas.
- El 24 de marzo del año 1739, se presencié un terremoto en Santa Catalina, provincia de Aymaraes.

- El año de 1847, se suscitó un terremoto uno de los más perjudiciales quedando como resultado el devasta miento del distrito de Huancarama provincia de Abancay.
- En abril del año 1862, damnifica un terremoto a la provincia de Andahuaylas y sus distritos Talavera y San Jerónimo no quedando daños de gran magnitud.
- En Julio del año 1870, al promediar las 1:30pm, se sintió un terremoto en la provincia de Cotabambas.
- El 05 de diciembre de 1875 aproximadamente las 9:30pm se observó un terremoto devastador en la provincia de Abancay, teniendo un total 27 réplicas que se sintió aproximadamente hasta las 6:00am del día siguiente. Quedando como resultado daños importantes en las infraestructuras, perjudicando en mayor escala al distrito de Curahuasi.
- El 04 de noviembre de 1913, se sintió un movimiento sísmico devastador en las poblaciones de Sañayca, Colcabamba y Amoray de la Provincia de Aymaraes, quedando como resultado víctimas mortales en promedio de 150 pobladores, en Chalhuanca y Abancay el sismo se sintió moderadamente quedando importantes daños en las edificaciones.
- El 14 de octubre del año 1971, se presenció un sismo considerable lo cual daño a los pueblos de Soraya, Mosecco, Sañayca y Toraya, que se encuentran en la margen izquierda del río Pachachaca, se pudo verificar deslizamientos que obstruyeron diversos tramos en la vía de Abancay – Chalhuanca.
- El 08 de agosto del año 2001, ocurre un sismo a las 9:07 pm presentando una magnitud de cinco grados en la escala de Richter, ubicándose su epicentro a 31 km al suroeste de la provincia de Antabamba, según el IGP. El temblor tuvo una duración de aproximadamente 9 segundos y registró una profundidad de 48 kilómetros, dejando dos fallecido, 20 heridos y muchas viviendas con daños irreparables.
- Estos últimos años sucedió en Andahuaylas en agosto del año 2012 (magnitud de 5.0 grados en la escala Richter, 78 km de profundidad) y

provincia de Antabamba en enero de 2013 (registrada en la escala de Richter con magnitud de 4.1 grados y 22 km de profundidad).

3.2.4.4 Riesgo sísmico en Apurímac

Teniendo en cuenta que la zona presenta un elevado tectonismo, los cuales son los causales de las fallas denominada “Fallas de Abancay” encontrados en el sector norte, en el sentido de SW-NE, “dislocando el plegamiento Herciniano en un Horst una vez conformado un talludo estructural sobresaliente en las cimas del santuario nacional del Ampay”, así es como se describen sobre las rocas del ampay que afloran en la altura son mucho más antiguas. “Los sismos que se comentaron anteriormente en su mayoría tuvieron la existencia de sus epicentros, principalmente en las provincias de Grau, Aymaraes y Antabamba y considerándose a la actualidad como fallas activas de Antabamba - Aymaraes y las famosas fallas del Cusco”. (INDECI, 2007 pág. 44).

“Según estudios anteceditos y realizados por el IGP, los sismos en la Región Apurímac están vinculados a la actividad de las fallas regionales. Según se puede observar en el mapa de distribución de intensidades de la región de Apurímac” (Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas en el Peru, 1983)

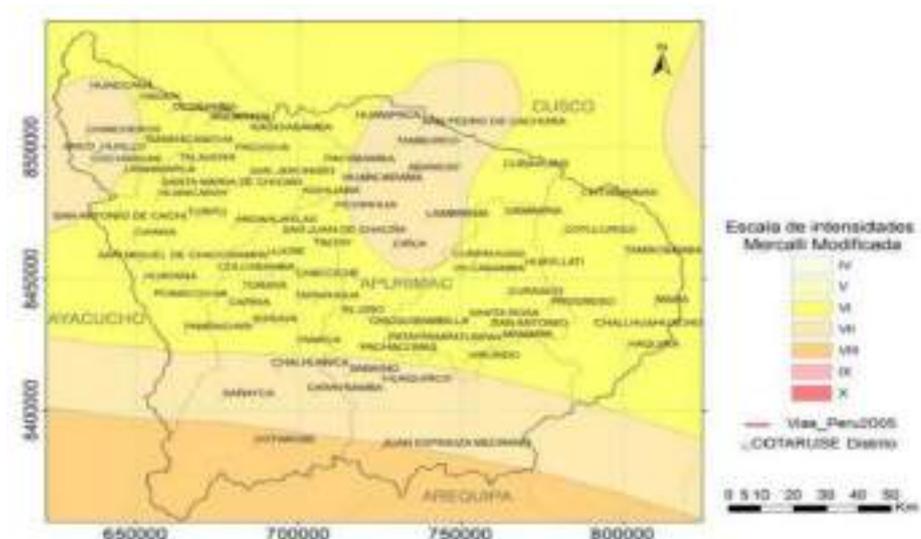


Figura 9—Mapa de distribución de intensidades sísmicas de la región Apurímac (INGEMMET, 2012 pág. 27).

Según la figura 9, se puede observar en el Mapa de distribución de intensidades sísmicas de la región Apurímac, que al área de estudio de la

presente investigación le corresponde una escala de intensidades Mercalli del nivel VII.

3.2.5 Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW)

“El análisis multicanal de ondas Superficiales (MASW) fue introducido por Park et (1999). En general, el ensayo MASW puede ser dividido en ensayos pasivos y activos en función de cómo se adquieran las ondas de superficie necesarias para el análisis” (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 36).

“En los ensayos MASW activos, las ondas superficiales son generadas activamente por impulsos o fuentes sísmicas vibratorias, mientras el ensayo MASW pasivo utiliza ondas superficiales generadas por fuentes naturales o actividades culturales, por ejemplo, el tráfico de una carretera”. (Park, 2007).

“El ensayo MASW fue desarrollado con el fin de superar algunas de las debilidades del ensayo SASW” (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 36).

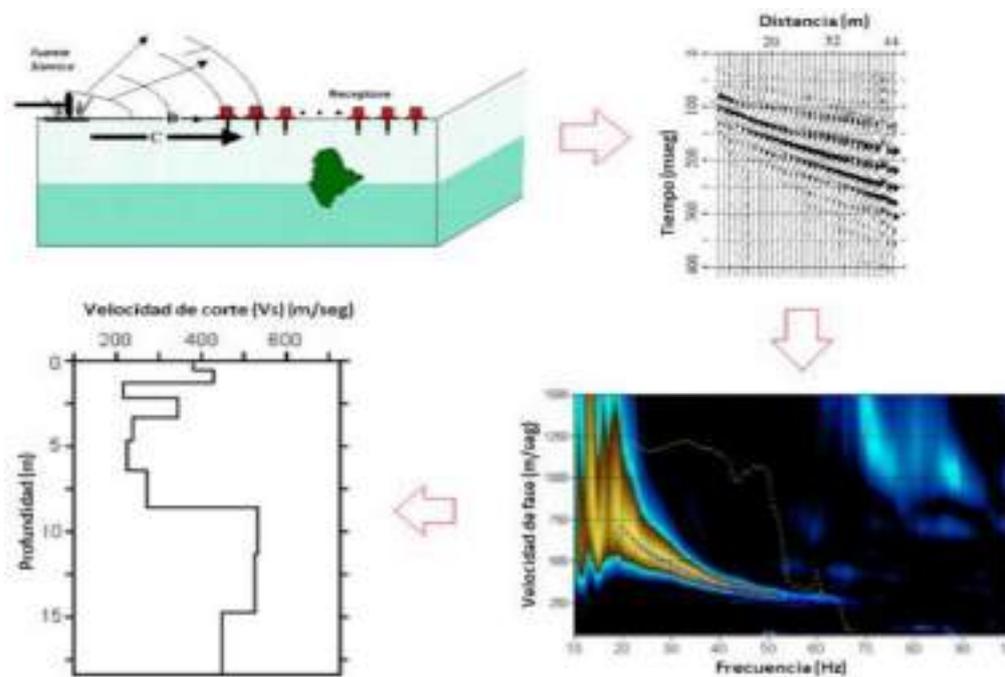


Figura 10—Esquema de procedimiento método MASW (PARK, 2007).

Es un estudio parametrado de ensayo geofísico que ayuda conocer el perfil estratigráfico del sub suelo por medio de una acción de manera indirecta, valiéndose en la sustitución de las características dinámicas de materiales por lo que está formado. “Se basa en la caracterización y análisis de las ondas superficiales del apunte bajo el ensayo del arreglo multicanal, obtenidas por una fuente de energía impulsiva en coordenadas identificadas a longitudes

determinadas sobre eje del área del terreno, resultando el perfil de velocidades de ondas de corte (V_s) para el punto medio de la mencionada línea tal como se muestra en la figura 9” (CONDORI NIFLA, 2016 pág. 19).

El análisis de los registros se enfoca en alcanzar de ellos una curva de dispersión “un dibujo de la velocidad de fase de las ondas superficiales versus la frecuencia”, escogiéndose únicamente las ondas superficiales ya que su velocidad de fase se acerca en un 90 a 95% del valor de V_s aproximadamente y posteriormente por medio de una operación inversa iterativa “método de inversión” obtenemos el perfil V_s desde la curva de dispersión obtenida para cada punto de estudio. Con los equipos usados, la exploración varía de 20 a 30 m de profundidad en promedio (CONDORI NIFLA, 2016 pág. 19).

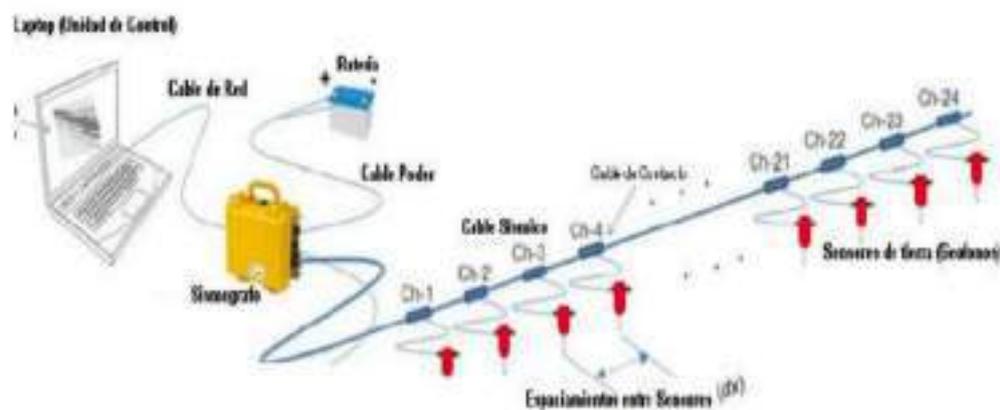


Figura 11—Estructuración convencional con 24 geófonos para la obtención de los ensayos MASW (CONDORI NIFLA, 2016 pág. 20).

3.2.6 Método de análisis multicanal de ondas superficiales MASW

La prueba de tipo MASW es un método basado en el análisis de ondas superficiales mediante registro de implantación multicanal, obtenido cargando energía cargada en puntos ubicados a una distancia predefinida, a lo largo de un eje sobre una superficie. Producto del suelo, resultando en una parcela de la velocidad de la onda de corte en relación con el punto medio de la línea antes mencionada. Además, este método MASW también nos ayuda a detectar perfiles de onda S promedio desde una profundidad de 25.00 m a 30.00 m. (RIVERA ZETA, y otros, 2016).

En el presente ensayo, las apreciaciones de los datos registrados consisten en conseguir de estos una curva de dispersión (la frecuencia (f) vs velocidad de fase

(c). “Posteriormente, el perfil de velocidad de onda de corte (V_s) se halla haciendo uso de un procedimiento iterativo que necesita la inversión no lineal de los datos de la curva de dispersión” (UNDERWOOD, y otros, 2006).

El método MASW determina a partir de la “curva de dispersión, el perfil de la velocidad de la onda de corte (V_s) de la superficie del suelo se explica y construye mediante una estructura simple y fácil”. Esta estructura calcula que la longitud de onda (λ) se encuentra a partir de la frecuencia (f) y la velocidad de fase (c) [...] Entonces la profundidad (D) se especifica como $1/3$ de la velocidad de onda de la longitud de onda. , y también el corte - la velocidad de la onda de corte (V_s) a dicha profundidad es igual ab multiplicada por la velocidad de fase medida c , donde b es el coeficiente de frecuencia leve del movimiento y se apoya en un espacio medio uniforme, donde es trazó la velocidad de la onda de corte (m / s) frente a la profundidad (m), [...] (UNDERWOOD, y otros, 2006 pág. 50).

$$\lambda = c/f \quad (\text{Proposición 1})$$

$$D = \lambda/3 \quad (\text{Proposición 2})$$

$$V_s = b*c \quad (b \text{ es } 1.05 \text{ a } 1.11) \quad (\text{Proposición 3})$$

Dónde:

λ = Longitud de onda

c = Velocidad de fase

f = Frecuencia

D = Profundidad

V_s = Velocidad de la onda S .



“Es de suma importancia resaltar que la estructura de la curva de dispersión está generalmente relacionada a la diferencia de la rigidez con la profundidad, por ende el método MASW esta con la capacidad de reconocer estratos más blandos entre estratos rígidos” (RIVERA ZETA, y otros, 2016 pág. 51).

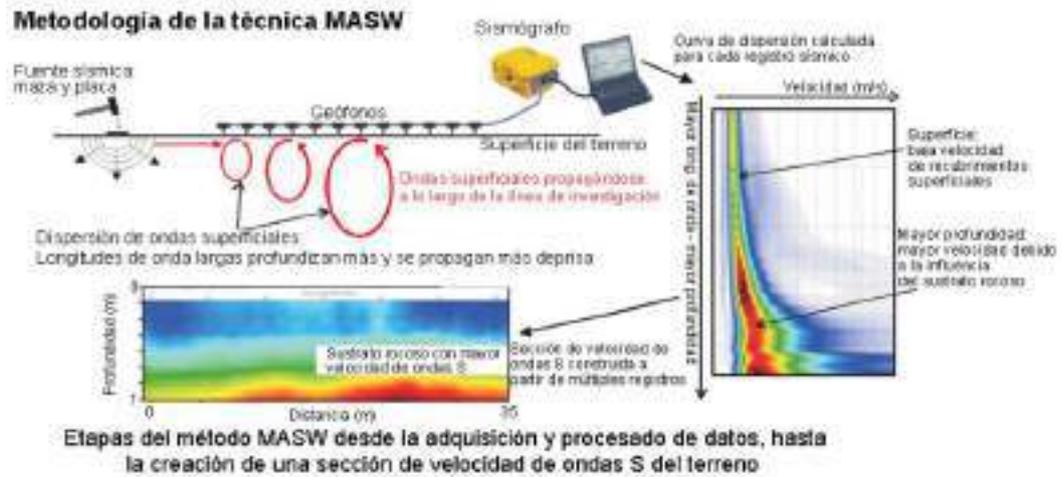


Figura 12—Etapas del método MASW desde la adquisición y procesado de datos, hasta la creación de una sección de velocidades de ondas S del terreno (McDONALD, 1992).

El “método análisis multicanal de ondas superficiales (MASW)” se desarrolla en tres diferentes etapas:

- “Adquisición de datos”.
- “Extracción de la curva de dispersión desde los datos sísmicos”.
- “Proceso de inversión de la curva de dispersión, en base a la dispersión de ondas en medios estratificados, el cual nos da a conocer el perfil de velocidad de ondas de corte con milésimas de margen erróneo”.

3.2.6.1 Adquisición de datos

En esta primera etapa para la adquisición de datos, se realiza la instalación de geófonos en una línea recta en una superficie plana. Los geófonos registran movimientos verticales, por lo que es sumamente importante que estos estén colocados de manera vertical sobre la superficie del suelo. Los geófonos registran datos a un computador por medio de tarjetas que dispone de un software que transcribe los datos.

En seguida, para originar ondas sísmicas, se necesita una fuente sísmica capaz de generar ondas superficiales. Una opción popular es un combo o mazo moderadamente pesado (10 kg) que puede producir “ondas de alta amplitud y baja frecuencia, aumentando la profundidad de resolución de

los perfiles de velocidad de las ondas de corte”. El uso de un cuadrado de impacto (placa base), no metálico, permite la generación de ondas superficiales de baja frecuencia, permitiendo obtener una resolución de los perfiles de velocidad de las ondas de corte en las capas más superficiales del suelo.

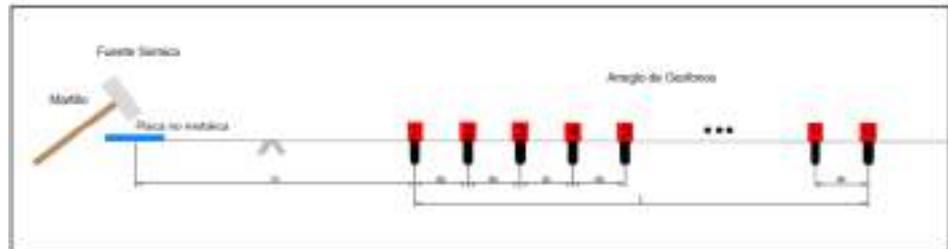


Figura 13—Esquema proceso de adquisición de datos por medio del método MASW (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 40).

Una vez que se generó la secuencia de ondas sísmicas, comenzó el registro de datos y posteriormente estos datos se capturaron para determinar los perfiles de velocidad de las ondas de corte. El registro sísmico de buena calidad requiere una “configuración de campo y parámetros de adquisición óptimos, lo que garantiza que el registre las ondas de Rayleigh en su modo fundamental, lo que aumenta la calidad de la curva de dispersión. Se obtuvo durante el análisis de datos” (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 40).

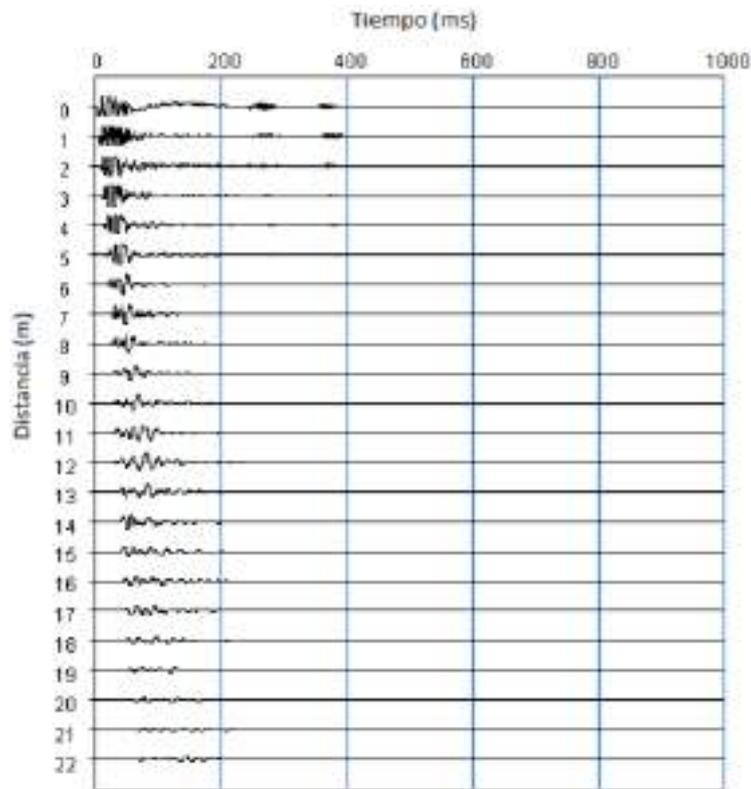


Figura 14—Sismograma generado por una fuente sísmica puntual seismager SW (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 41)

3.2.6.2 Construcción de la curva de dispersión

La determinación de una curva de dispersión confiable es el proceso de más importancia en el análisis e implementación del método MASW. Este método admite que las grabaciones consisten principalmente en el “modo fundamental de ondas superficiales e ignora los modos superiores”. Al igual que, “los registros obtenidos contienen modos superiores y, en algunos casos, con energía significativa”. Es muy importante detectar estos modos para no conducir a resultados subóptimos (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 41).

El método de construcción de la curva de dispersión es importante tomar en cuenta en primera instancia el sismograma que representa al “desplazamiento – tiempo (x,t) en donde x representa el desplazamiento medido por los receptores en m y t representan el tiempo en milisegundos”. El sismograma se identifica con la función siguiente $f(x,t)$, es en donde se le aplica la transformada de Fourier.

$$F(x, \omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, t) e^{-i\omega t} dt$$

“Lo que se detalla es la función $f(x,t)$ cuyo dominio es el desplazamiento - tiempo a un función $F(x,w)$ con predominio del desplazamiento – frecuencia”.

$F(x,w)$ resulta ser representada como:

$$F(x, w) = P(x, w)A(x, w)$$

Donde $A(x,w)$ representa a espectro de amplitudes y $P(x,w)$ representa al espectro de fase.

“El espectro de fase $P(x,w)$ conserva todas las propiedades dispersivas de las ondas generadas y el espectro de amplitud conserva las propiedades de atenuación de las ondas. De esta manera se puede expresar $F(x,w)$ también como”:

$$F(x, w) = e^{-i\varphi t} A(x, w)$$

Dónde: “ $\varphi = w/cw$, w = frecuencia en radianes y cw = velocidad de fase en función de la frecuencia. Posteriormente la gráfica de dispersión se desarrolla superponiendo en función de los cambios de fase a través de la siguiente transformada”:

$$F(c, w) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, w) te^{-i\omega \frac{x}{c}} dx$$

“Luego la función $F(c,w)$ tendrá máximos a lo largo del dominio de cw , lo cual permitirá graficar la curva de dispersión”.

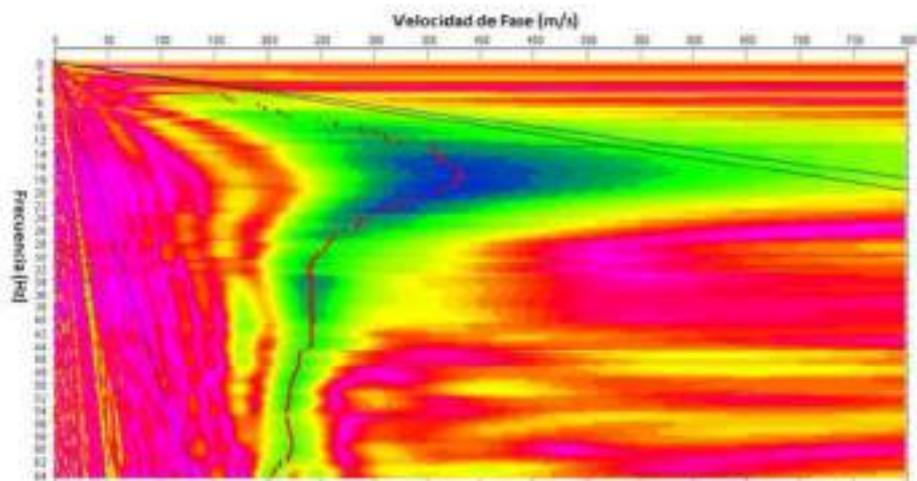


Figura 15—Curva de dispersión (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 43)

“Hallado los pares de $F(c,w)$ con las velocidades de fase cw , se combina todos los pares construyendo el gráfico de dispersión. La curva de dispersión es el resultado de máximas amplitudes asociadas a la velocidad de fase y la frecuencia” (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 43).

3.2.6.3 Inversión de datos

“Los perfiles de velocidad de onda de corte V_s se calcularon utilizando un procedimiento inverso iterativo que requiere datos de dispersión y estimaciones a priori de la distribución de densidad y el módulo de Poisson” (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 44).

“Luego de esta determinación, se utilizan métodos de inversión para los perfiles obtenidos a través de un proceso de optimización conocido como algoritmos genéticos (GA) obteniendo resultados más confiables y da una estimación del resultado ajustado” (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 44).

La curva de dispersión obtenida, posee una información no muy clara, es así que el modelo de inversión, al resultar de un proceso iterativo, pueda tener dificultades en definir un perfil final. Por eso es que antes de desarrollar la inversión de los datos por el modelo de iteración, se inicia con excluir los datos irrelevantes en la curva de dispersión. Se considera eliminar un promedio del 15% de los datos con menor calidad de la curva de dispersión.

Para el inicio del proceso iterativo de datos, es importante indicar un modelo de inicio como punto inicial. La densidad, la velocidad de ondas de corte y el parámetro de niveles de suelo forman el modelo inicial que tienen efectos significativos en la convergencia fiable del algoritmo.

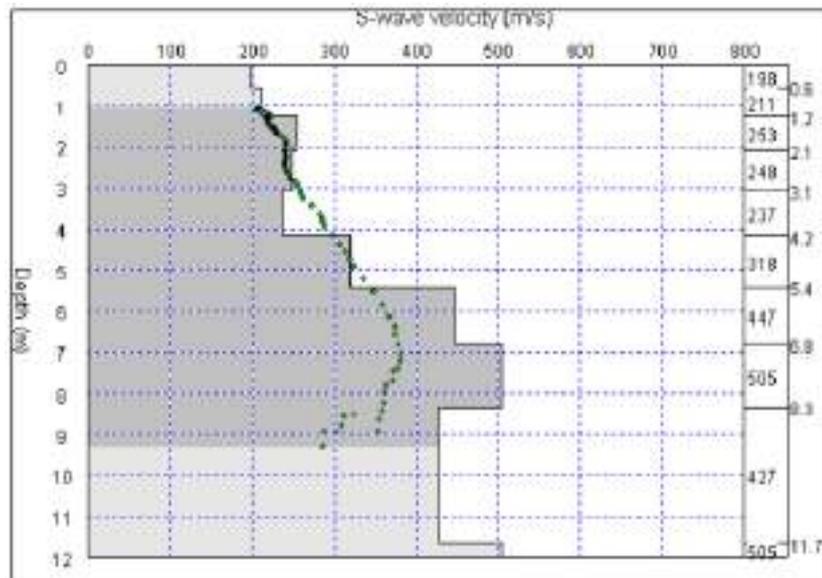


Figura 16—Perfil de velocidad de ondas de corte (SUARES GOMEZ, 2017)

3.2.7 Clasificación de los perfiles de suelo según la NTP de Diseño Sismoresistente E-030

De acuerdo con la información proporcionada por la norma técnica peruana para diseño sismorresistente E-030, podemos referirnos a los tipos de estructuras de suelo clasificadas según la velocidad de propagación promedio de la onda de corte (V_s), para suelos granulares el N_{60} promedio ponderado obtenido por prueba de penetración estándar (SPT), o la resistencia al corte sin drenaje promedio ponderado (S_u) para suelos cohesivos, medida desde el fondo de la base hasta una profundidad del suelo de 30 m (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

3.2.7.1 Perfil tipo S0: Roca dura

En esta clasificación se encuentran las rocas sanas que tienen velocidad de propagación de ondas de corte mayores a 1500 m/s. “la condición de resistencia al corte no drenado S_u , se obtiene el resultado como el promedio ponderado de los valores respectivos para cada estrato cohesivo” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Esta clasificación también es válida en suelos heterogéneos (cohesivos y granulares). “Se tiene que tener en cuenta si a partir de $N_{1(60)}$ SPT en estratos de suelos granulares y estratos con suelos cohesivos se tendrá

clasificaciones de sitios distintos, perteneciendo a la clase de perfil más flexible” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

3.2.7.2 Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos

En esta clasificación se encuentran “las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de ondas de corte entre 500 a 1500 m/s” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Las construcciones se cimientan en diferentes tipos de terreno para este caso de análisis tenemos los siguientes tipos de terreno en las que se cimenta sobre:

- ✓ “Roca fractura con una resistencia a la compresión no confinada que mayor o igual 500 Kpa”.
- ✓ “Arena muy densa o grava arenosa densa, con N1 (60) SPT mayor a 50”.
- ✓ “Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada S_u , mayor que 100 kPa y con un aumento gradual de las propiedades mecánicas de acuerdo a la profundidad”.

3.2.7.3 Perfil tipo S2: Suelos intermedios

En esta clasificación se encuentran “los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de ondas de corte entre 180 y 500 m/s” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Se asume los distintos casos en los que se cimenta sobre:

- “Arena densa, gruesa a media o grava arenosa medianamente densa, con N1 (60) SPT entre 15 y 50”.
- “Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condición no drenada S_u , mayor que 100 kPa y con un aumento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad”.

3.2.7.4 Perfil tipo S3: Suelos Blandos

En este tipo de perfiles encontramos los “suelos flexibles, con velocidades de propagación de onda de corte menor a 180 m/s”, según el (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018) asumiéndose los diferentes casos en las que se cimienta sobre:

- ✓ “Arena media a fina o grava arenosa, con N₆₀ (60) SPT menor a 15”.
- ✓ “Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada S_u , entre 25 y 50 kPa y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad”.
- ✓ “Todo tipo de perfil que no presenta al tipo S4 y que contenga más de 3 metros de suelo con las propiedades mencionadas: $IP > 20$, humedad $> 40\%$, resistencia al corte en condición no drenada menor que 25kPa” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

3.2.7.5 Perfil tipo S4: Condiciones Excepcionales

En este grupo de “los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio”. Según (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018), Será necesario tomar en cuenta un perfil tipo S4 de acuerdo el EMS, así lo indique.

Tabla 6 — Resumen de típicos valores para los distintos perfiles de suelo

CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	Vs	N ₆₀	Sa
S ₀	>1500m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50kPa a 100kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25kPa a 50kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.

3.2.8 Definición de los Perfiles de Suelo

3.2.8.1 Velocidad Promedio de las Ondas de Corte, \bar{V}_s

“La velocidad promedio de propagación de las ondas de corte se calculará con la siguiente fórmula” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).



$$V_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{V_{si}} \right)}$$

Donde:

“ d_i , es el espesor de cada uno de los n estratos”.

“ V_{si} , es la que corresponde a la velocidad de ondas de corte (m/s)”.

3.2.8.2 Promedio Ponderado del Ensayo Estándar de Penetración, \bar{N}_{60}

“El valor \bar{N}_{60} se calculará considerando solamente los estratos con suelos granulares en los 30 m superiores del perfil” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

$$\bar{N}_{60} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{d_i}{N_{60i}} \right)}$$

Donde:

“ d_i , es el espesor de cada uno de los m estratos con suelo granular”.

“ N_{60i} , es el que corresponde al valor corregido del SPT”.

3.2.8.3 Promedio Ponderado de la Resistencia al Corte en Condición no Drenada, \bar{S}_u

“El valor \bar{S}_u se calculará considerando solamente los estratos con suelos cohesivos en los 30 m superiores del perfil” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

$$\bar{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k \left(\frac{d_i}{S_{ui}} \right)}$$

Donde:



“ d_i ”, es el espesor de cada uno de los “ k ” estratos con suelo cohesivo”.
“ S_{ui} , es la correspondiente resistencia al corte en condición no drenada (kPa)”.

3.2.9 Factor de Amplificación Sísmica (C)

“De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

$$\begin{aligned} T < T_P & \quad C = 2.5 \\ T_P < T < T_L & \quad C = 2.5(T_P/T) \\ T > T_L & \quad C = 2.5(T_P \cdot T_L / T^2) \end{aligned}$$

“ T es el período, este coeficiente se entiende como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

3.3 Marco conceptual

3.3.1 Caída de rocas

“La caída de rocas es un fenómeno que ocurre principalmente por gravedad y al producirse la pérdida de equilibrio en el macizo rocoso. Los bloques de roca se desprenden de una ladera, donde no existe desplazamiento cortante apreciable en superficie” (INGEMMET, 2012 pág. 8).

Las caídas de rocas producen desplazamientos, rodamientos, golpes y rebotes por lo general este proceso es muy rápido con velocidades que superan los 5m/s, también se puede observar en derrumbes el comportamiento de la caída de rocas que se dan de manera violenta.

Generalmente este tipo de fenómenos se suscitan por factores antrópicos que los humanos realizamos como cortes de talud para una carretera, terraplenes para la carretera para hacer muros en viviendas y demás.

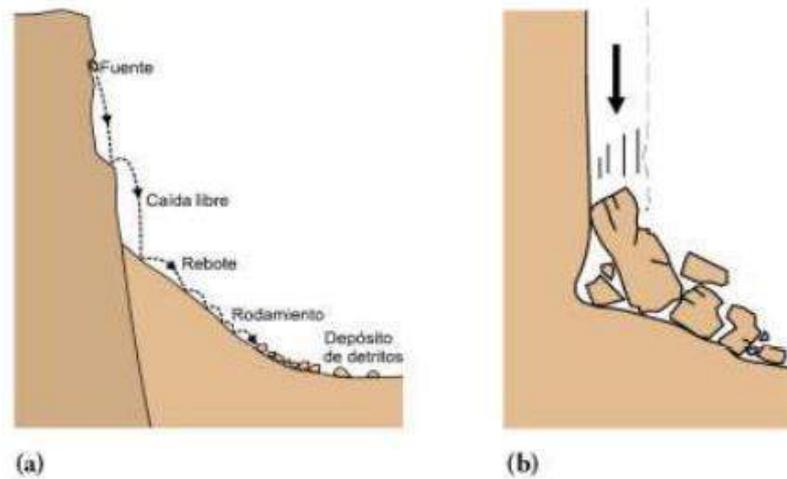


Figura 17—a)Esquema representativa de una caída de rocas. b) Derrumbe (CRUDEN, 1996).

Tabla 7 — Escala de velocidades de caídas de rocas.

Clases de velocidad	Descripción	Velocidad (mm/s)	Velocidad Típica
7	Extremadamente rápido	5×10^3	5 m/s
6	Muy rápido	5×10^1	3 m/min
5	Rápido	5×10^{-1}	1.8 m/h
4	Moderada	5×10^{-2}	13 m/mes
3	Lenta	5×10^{-3}	1.6 m/año
2	Muy lenta	5×10^{-5}	16 mm/año
1	Extremadamente lenta	5×10^{-7}	

Fuente: (CRUDEN, 1996)

3.3.2 Deslizamiento

“Son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, desplazándose por lo general a lo largo de una superficie de falla, o en el trayecto de una delgada zona en la que ocurre una gran deformación cortante” (INGEMMET, 2012 pág. 11).

Este tipo de fenómenos también se producen por la saturación del agua en los lugares donde el suelo no está bien consolidado o inestable y es uno de los principales causantes que producen derrumbes y deslizamiento. Los deslizamientos se dividen según el área de escarpa, por donde se mueve los materiales rocosos en formas como traslacionales y rotacionales, es más los deslizamientos traslacionales pueden ser planares o en cuña (INGEMMET, 2012 págs. 11-12)

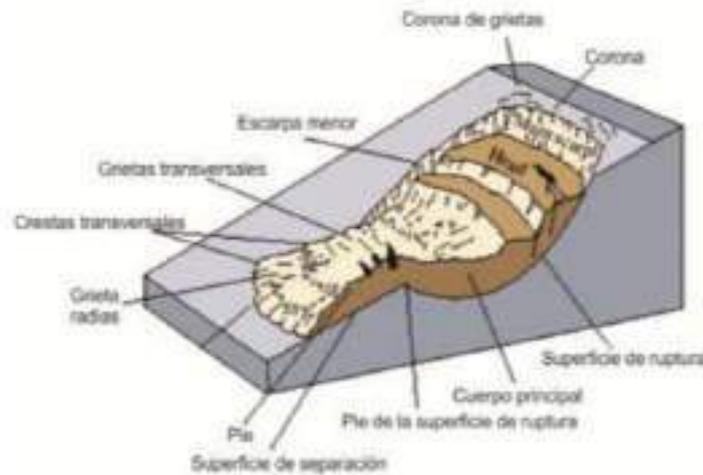


Figura 18—Esquema de un deslizamiento con sus partes principales. (CRUDEN, 1996).

3.3.3 Flujos

Este tipo de fenómenos son movimientos en masas que durante el tiempo de su desplazamiento muestran características similares al de un fluido. Llegando a ser en algunos casos desde lentos, rápidos, saturados, secos y violentos. Generalmente el origen de este tipo de fenómenos son caídas o deslizamientos. Los flujos se pueden distinguir de acuerdo al tipo y características del material involucrado, la velocidad el confinamiento lateral, la humedad y demás propiedades de los materiales (INGEMMET, 2012 pág. 17).

“Se caracterizan por transportar grandes volúmenes de diferente tipo de material que va de grueso a fino, provocado por las precipitaciones pluviales altas en épocas de lluvia, pueden hacer que alcancen grandes extensiones de recorrido” (INGEMMET, 2012 pág. 17).

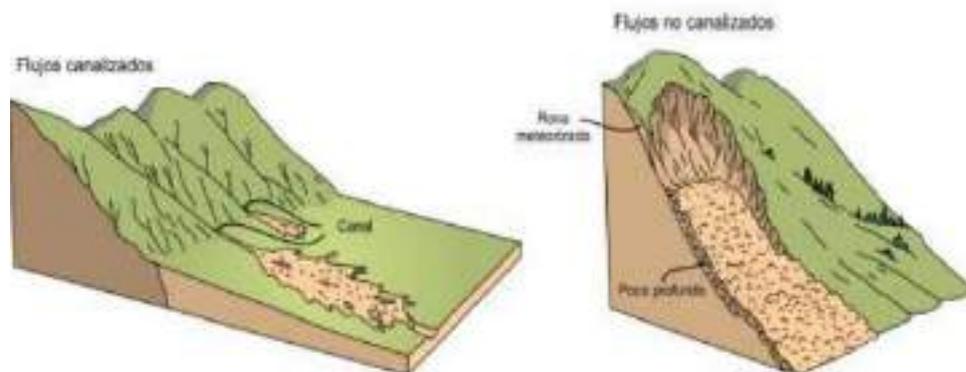


Figura 19—Esquema de flujos canalizados y no canalizados (CRUDEN, 1996 pág. 17).

3.3.4 Movimientos complejos

Continuamente al desprendimiento de material que compone una ladera, “los detritos o bloques movilizados pueden desplazarse como un flujo o causar un desplazamiento de mayor dimensión y recorrido como una avalancha. A la ocurrencia sucesiva de uno o más movimientos en masa, se le denomina movimiento complejo” (INGEMMET, 2012 pág. 19).



Figura 20—Avalancha-flujo de detritos en Cerro Chuyllurpata (Tamburco, Abancay) a causa de lluvias de marzo del 2012 (INGEMMET, 2012).

3.3.5 Reptación de suelos

El fenómeno de la reptación de suelos se le denomina a desplazamientos lentos de terreno superficial en donde difícilmente se sepa cuál es la superficie de falla, este clase de fenómenos ocurren en valles glaciares y en altitudes elevadas que por motivos de la temperatura muy baja ocurre el proceso de gelifluxión.

También se presenta en lugares donde el material predominante del terreno es arcilla el cual de acuerdo a sus propiedades generan capas de suelo que con el tiempo y la humedad se desplazan lentamente, esta presenta en lugares manantiales al pie de un cerro donde los ojos de agua son quienes generan riachuelos.



Figura 21—Esquema de reptación de suelos (CRUDEN, 1996).

3.3.6 Microzonificación sísmica

La microzonificación sísmica [...] se caracteriza por diferenciar y agrupar zonas de suelos con accionar parecido en presencia de sismos, de tal modo que se pueda identificar y recomendar criterios acertadas para la planificación urbana, diseñar y construir viviendas o edificaciones resistentes al sismo además constituyen información a detalles sobre riesgos sísmicos y el riesgo de desastres.

Para cada zona identificada, se especifica la fuerza sísmica probable, debe reconocer y predecir los diferentes tipos de desastres relacionados que pueden ocurrir a causa del sismo, tales como el deslizamiento, movimiento de masa y presencia de la licuación del suelo. La determinación de áreas y o zonas se elabora en función a diferentes criterios de acuerdo a sus características, estratigráficos, capas, tipográficos, y propiedades relativas de los materiales, y demás características (BAZAN ABARCA, 2018 pág. 46).

3.3.7 Intensidad

Hace referencia a la dimensión de los efectos ocasionados por el movimiento sísmico en los seres vivos, terreno y estructuras en la zona afectada. el valor de la intensidad se describe en la escala de intensidades de Mercalli corregida con números romanos el cual divide los efectos sísmicos con 12 categorías crecientes en la austeridad del movimiento.

“La intensidad es dependiente de la fuerza del sismo (magnitud) y también influye la longitud del epicentro, la geología local, la naturaleza del terreno y el tipo de construcciones del lugar” (TAVERA, 2018).

3.3.8 Fuentes sismogenéticas

Se le llama fuentes sismo genéticas a las zonas en donde se puede considerar que los terremotos tienen peculiaridades muy en común y, por lo que, se pueden agrupar a una estructura geológica única. Su aprendizaje es de suma importancia en las investigaciones de sismicidad y a la vez en la valoración del riesgo sísmico, y para conceptualizarlas se necesita una información concisa y completa del estudio geotectónica y sísmica existente (MUÑOS, 2004 pág. 203)

3.3.9 Ondas sísmicas

Las ondas sísmicas son vibraciones que viajan a través de la tierra y ocurren repentinamente debido al agrietamiento de los materiales rocosos dentro de la tierra por diversas fuentes. Estas ondas consisten en energía que viaja a través de la Tierra y es registrada por varios instrumentos, como los sismógrafos. “Las ondas sísmicas se pueden dividir en dos tipos: ondas internas que viajan a través del interior de la Tierra y ondas superficiales que viajan a través de la superficie de la Tierra” (BIOT, 1962).

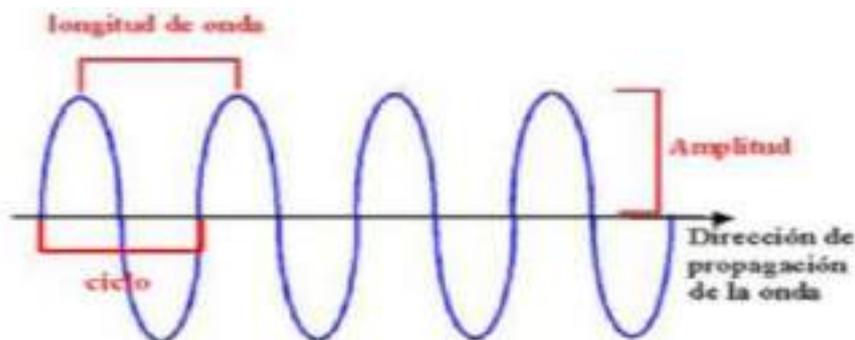


Figura 22—Componentes de una onda (CONDORI NIFLA, 2016 pág. 15)

Componentes de una onda:

Ciclo (c): “Es la secuencia de la onda que se produce repetitivamente con una parte positiva y otra negativa”.

Periodo (T): “Es el tiempo que se demora una onda en propagarse un tramo similar a su longitud de onda”.

Frecuencia(f): “La frecuencia es inversamente proporcional al periodo el cual representa a una onda como el número de ciclos por una unidad de tiempo”.

$$f = \frac{1}{T}$$

Longitud de onda (λ): “Es el espacio que se ubica en dos puntos secuenciales, que se encuentran en el mismo estado de vibración”.

Amplitud(A): “Es el espacio vertical que se ubica entre la parte más alta de la onda denominada cresta o valle y la parte del medio de la onda”.

Velocidad de propagación(V_p): “En lugares que tienen las mismas características o denominados lugares homogéneos se le puede conceptuar como la longitud de onda entre el periodo de la misma”.

$$V_p = \frac{\partial x}{\partial t} = \frac{\lambda}{T}$$

Donde:

∂x : Es diferencial de distancia.

∂t : Es diferencial de tiempo.

en un evento sísmico se suscitan miles de ondas, los cuales actúan conjuntamente con la estructura de la tierra, de estas actuaciones se dan dos tipos de onda denominadas ondas de cuerpo y ondas de superficie.

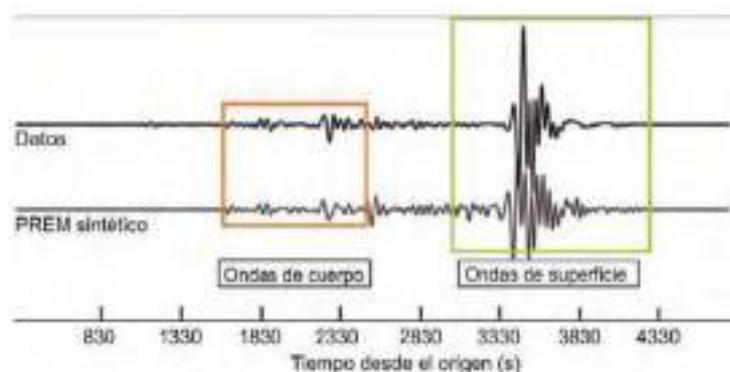


Figura 23—Tipos de ondas generadas por un sismo (CONDORI NIFLA, 2016 pág. 15).

3.3.9.1 Ondas de cuerpo (internas)

Las ondas internas u ondas corporales se propagan a través de las curvas internas de la Tierra debido al cambio en la densidad y composición del interior de la Tierra. “Este efecto es similar a la refracción de las ondas de luz. Las ondas mecánicas transmiten las vibraciones iniciales de un terremoto, pero su poder destructivo es muy pequeño. Se dividen en dos grupos: ondas primarias (P) y ondas secundarias” (STEIN Y WYSESSION, 2003).

Las ondas de cuerpo son aquellas que se extienden por el interior de la tierra continuando con el sentido de las curvas debido a las propiedades de la roca y la densidad del suelo por tanto se clasifican en dos.

Ondas Pu Ondas primarias

“Es un tipo de onda en la que vibran partículas en la dirección de propagación de las ondas es similar a la de las ondas sonoras, comprimir y expandir alternativamente el medio sólido a través del cual viajan, para estas ondas también se conocen como ondas longitudinales u ondas de compresión” (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 20).

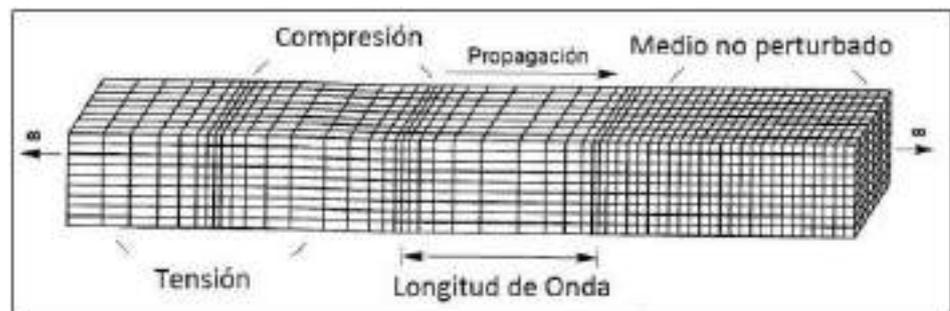


Figura 24—Deformación producida por ondas de compresión (KRAMER, 1996).

Ondas s u Ondas secundarias

“Es un tipo de onda que hace que la partícula oscile perpendicular a la trayectoria de la onda, lo que resulta en un esfuerzo cortante interno en el medio sólido en el que se esparcen; la onda S también se conoce como onda de corte, su velocidad de cuerpo depende de la rigidez de los materiales por donde traslada” (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 20).

“La dirección del movimiento de las partículas del suelo ayuda a dividir las ondas de corte en dos componentes: SV (movimiento vertical plano) y SH (movimiento plano accidental)”.

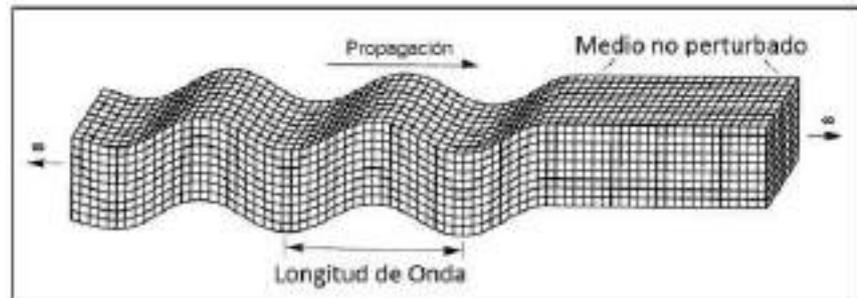


Figura 25—Deformación producida por ondas de corte (KRAMER, 1996 pág. 20).

3.3.9.2 Ondas superficiales

“Las ondas superficiales son ondas que se propagan sobre la superficie de la tierra donde su velocidad de propagación es más lenta que las ondas mecánicas o de cuerpo. Puede ser creado por causas naturales (terremoto, olas, viento, etc.) o provocado por el hombre (actividad humana), y posiblemente ubicado dentro y fuera del suelo” (SUARES GOMEZ, 2017). “El movimiento causado por ondas superficiales está restringido a la parte superior de la corteza a una profundidad de unos 30 km” (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 21).

Ondas Love

“El movimiento de esta onda es en dirección horizontal y en la dirección de propagación de la onda. El movimiento de esta onda es idéntico al movimiento de la onda S” (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 21).

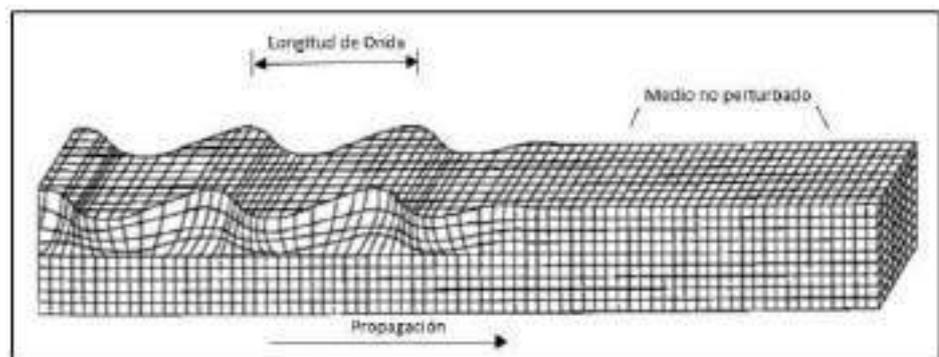


Figura 26—Deformación producida por Ondas de Love (KRAMER, 1996)

Ondas Rayleigh

Las ondas de Rayleigh son ondas superficiales que se trasladan en una superficie "libre", como al igual que las interfaces agua- tierra-aire, “su movimiento es idéntico al de ondas en el agua, haciendo que la partícula oscile en un plano hacia la dirección de la trayectoria de la onda, con movimientos elípticos horizontales y verticales al mismo tiempo”. Estas ondas tienen una velocidad relativamente baja y gran frecuencia y amplitud. “Las ondas de Rayleigh es el producto de la interferencia de ondas P y el movimiento vertical de onda de corte (SV)”. “En un medio homogéneo, el movimiento de las partículas del modo básico de las ondas de Rayleigh que se mueven de izquierda a derecha son elípticas a lo largo de la superficie libre en sentido horario (anti horario)” (SUARES GOMEZ, 2017 págs. 21-22).

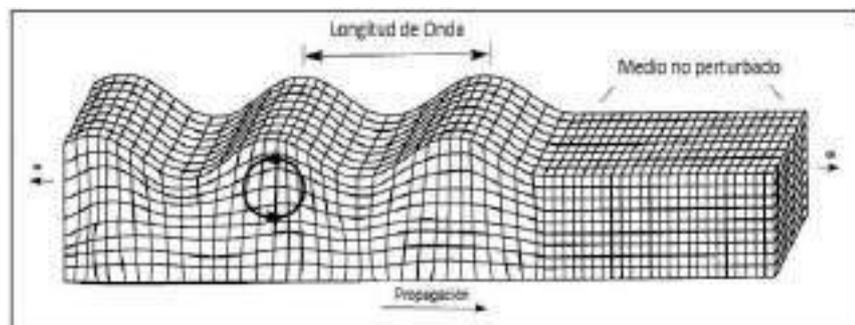


Figura 27—Deformación producida por Ondas de Rayleigh (KRAMER, 1996).

La amplitud de las ondas de Rayleigh disminuye drásticamente con la profundidad. “A fondo la penetración es similar a una longitud de onda, el desplazamiento a través del medio se vuelve menos del 30% de su valor superficial” (WOODS, 1968).

“Si las ondas de Rayleigh son generadas por una fuente puntual, la energía de las ondas disminuye a una tasa de $1/r$, donde r es la distancia desde la fuente sísmica” (WOODS, 1968).

La amplitud de la onda de Rayleigh dentro del plano se reduce a $1/\sqrt{r}$ si asumimos una fuente puntual

En un lugar homogéneo, la velocidad de una onda de Rayleigh no depende de la frecuencia; por ejemplo, las ondas de Rayleigh no se propagan en la mitad de un espacio sólido y homogéneo. “Cuando el

módulo de Poisson es 0.25, la velocidad de la onda de Rayleigh es el 91,94% de la velocidad de la onda de corte (onda S)”. No obstante, si hay capas medianas, las ondas de Rayleigh se disiparán en el trayecto. “Los elementos de ondas de diferentes longitudes de onda (y por lo tanto diferentes frecuencias) tendrá diferentes profundidades y esparcimiento a diferentes velocidades” (SUARES GOMEZ, 2017 pág. 23).

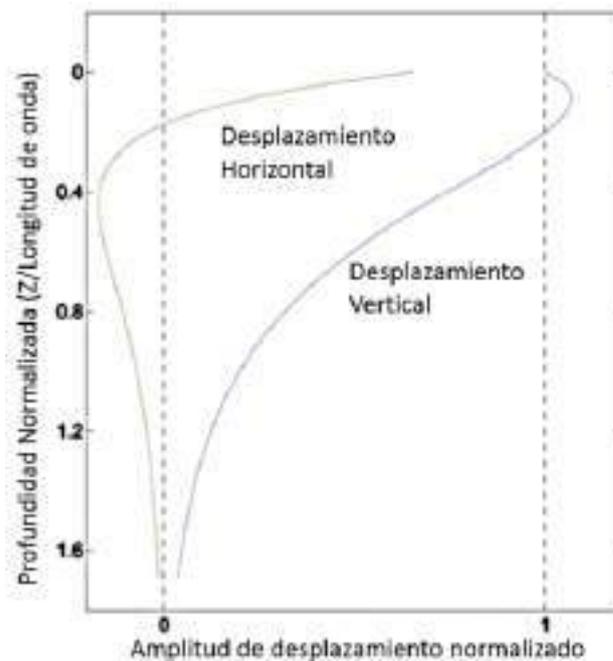


Figura 28 — Atenuación de las ondas de Rayleigh con la profundidad (WOODS, 1968).

“La rapidez de fase de cada elemento de la onda depende principalmente del módulo elástica de las capas que excitan cada elemento de la onda. Por lo tanto, solo el módulo de elasticidad de las capas externas tiene un efecto sobre la velocidad de fase de una onda de Rayleigh”. Cada patrón de onda de superficie dado tiene su propia velocidad de fase para cada frecuencia (XIA, 1999).

“Siempre, se ve que la velocidad sísmica aumenta con la profundidad como se puede decir, por ejemplo, ondas con longitud de onda prolongada (baja frecuencia) se propaga más lento que las ondas con amplitud de onda meno” (BESSASON, 2011).

$$\lambda(f) = \frac{V_r(f)}{f}$$

Donde:

f : “es la frecuencia”.

$V_r(f)$: “Es la velocidad de fase de la onda de rayleigh en función de la frecuencia f ”.

$\lambda(f)$: “Es la longitud de onda de la onda de rayleigh en función de la frecuencia f ”.

3.3.10 Método de ondas superficiales

“Este método se enfoca en explicar la dispersión geométrica presente en las ondas superficiales cuando viajan a través de diferentes medios u objetos, a través de transformaciones p-tau y de Fourier y por intermedio se conoce el modo del suelo y luego, a través de procesos iterativos, se calcula el perfil de velocidad de onda de corte” (CONDORI NIFLA, 2016 pág. 17).

3.3.11 Fuentes de ondas superficiales

Las ondas que son de origen de la superficie que a causa de diferentes factores se clasifican según su fuente con respecto a la corteza terrestre.

Tabla 8 — Clasificación de las fuentes de ondas sísmicas según su origen.

Internas	Externas	Mixtas
Fallas Sísmicas.	Vientos, Presión Atmosférica.	Erupciones Volcánicas.
Explosiones Internas.	Oleaje y Mareas.	Deslizamientos.
Flujo Hidrológico.	Ruido Cultural (Tráfico y Trenes).	Avalanchas.
Movimientos del Agua.	Impacto de meteoritos.	
Explotación Minera Subterránea.	Explotación Minera Superficial.	
	Lanzamiento de Cohetes.	
	Aterrizaje y Descolaje de Aviones.	

Fuente: (THORNE, 1995)

3.3.12 Microtemores

“También son conocidos como microtrepidaciones, microsismos, vibración o ruido ambiental, pueden definirse de varias maneras”, de acuerdo a

- “Vibraciones en la superficie debidas a la incidencia oblicua de ondas de cuerpo que se propagan en todas direcciones con la misma energía”.
- “Una superposición de ondas superficiales, que constituyen un campo estacionario y homogéneo”.
- “El ruido ambiental originado por fuentes naturales y culturales, como el tráfico vehicular o la actividad humana (Flores-Estrella H., 2004) y d) ondas



sísmicas con energía relativamente baja, con amplitudes típicas dentro del rango de 10^{-3} a 10^{-4} mm”.

3.3.13 Sensores sísmicos

“Un sensor sísmico se define como un dispositivo para calcular el movimiento de la Tierra cuando cambia su estabilidad. Un sensor sísmico (un geófono o sismómetro) debe proporcionar una cantidad física cinética asociada con el movimiento de la Tierra, como velocidad, aceleración y desplazamiento” (CONTRERAS, 2015 pág. 1).

3.3.14 Velocidad espectral de periodo (SVT)

“La velocidad espectral es la máxima respuesta de un oscilador libre de un grado de libertad, ante un movimiento de entrada en su base y de período. La velocidad espectral y la aceleración espectral se pueden relacionar mediante la expresión”

$$SA(T) = 2\pi * \frac{SV(T)}{T} \text{ (IGP, 2012).}$$

3.3.15 Análisis de comportamiento sísmico de suelo

Después de la década de 1960 se observan grandes avances interesantes sobre los efectos de sismos, gracias a la recolección de datos de terremotos anteriores los cuales ayudaron de gran manera en el desarrollo de nuevas formas de contrarrestar el sismo y también se logró tener nuevas herramientas para el análisis sismo - geotécnico (LAZCANO, 2012).

Dependiendo de la complejidad e importancia del proyecto para el análisis de la actividad sísmica de los sedimentos del suelo se puede utilizar desde herramientas sencillas como es la clasificación del suelo según estándares o regulaciones también como reglamentos como el IBC (2006) y la Eurocodigo (2004).

3.3.15.1 Clasificación según IBC

“La clasificación sísmica del terreno de acuerdo al IBC (2006), que como se mencionó en la introducción, se basa en los valores promedio de velocidad de onda de corte en los 30 m superficiales (VS 30)” (LAZCANO, 2012).

Tabla 9 — Clasificación sísmica de suelos (IBC 2006)

Tipo	V_{s30} (m/s)	Descripción
A	> 1,500	Roca dura
B	760 – 1,500	Roca
C	360 – 760	Roca blanda y suelo muy denso
D	180 – 360	Suelo rígido
E	< 180	Suelo blando
F	Suelos especiales (licuables, colapsables, arcillas muy plásticas, suelos orgánicos)	

Fuente: (LAZCANO, 2012).

Según (LAZCANO, 2012) se puede interpretar en la tabla 9 que para cada caso específico, se puede observar “los valores promedio de velocidad de ondas de corte en los 30m superficiales (V_{s30}), la clasificación sísmica del suelo de acuerdo al IBC (2006), la profundidad inferida de la roca (estrato con $V_s > 720\text{m/s}$) con sondeos directos y el periodo fundamental de vibración del suelo (T_s)”, que se resolvió con:

$$t_s = 4H/V_{s\text{prom}}$$

Donde:

H: “Espesor del depósito de suelos”.

$V_{s\text{prom}}$: “Velocidad promedio de ondas de corte en el depósito de suelos”.

Tabla 10 — Clasificación IBC y periodos fundamentales

Sitio	V_{s30} (m/s)	IBC	Prof.roca(m)	T_s (s)
1	262	D	31	0.47
2	260	F	25	0.45
3	316	D	32	0.41
4	311	D	50	0.56
5	324	D	54	0.60
6	357	D	60	0.52
7	339	D	45	0.45
8	321	D	62	0.63
9	339	D	84	0.80
10	329	D	31	0.37
11	353	D	60	0.53
12	319	D	33	0.41
13	557	C	9	0.16
14	425	C	17	0.26
15	395	C	46	0.43
16	424	C	38	0.33
17	396	C	72	0.57
18	301	D	37	0.47
Prom	351.7	D	44.2	0.469

Fuente: (LAZCANO, 2012 pág. 5)

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

“El presente trabajo de investigación según su propósito será del tipo de Investigación Aplicada, dado que resolverá un problema” (Hernández Sampieri, y otros, 2014).

En esta investigación se plantea como un propósito conocer e identificar el comportamiento mecánico y dinámico del suelo, a través de estudios ya realizado y por realizar (método MASW), para posteriormente construir y procesar un mapa de microzonificación sísmica.

4.1.2 Enfoque de la investigación

Por sus características investigativas la presente investigación tiene un Enfoque Cuantitativo (Hernández Sampieri, y otros, 2014).

Se empleará el tipo de investigación cuantitativa, por las herramientas a utilizar en la presente investigación desde la recolección de datos y el ensayo MASW procesado, hacen uso de herramientas matemáticas, estadísticas e informáticas como medios de medición de resultados, esto nos permite presentar resultados proyectados en el tiempo.

4.1.3 Nivel de investigación

La presente investigación según su nivel será del tipo Investigación Descriptiva. Según su denominación en esta investigación, se realiza la descripción de las características de la realidad o el contexto real a estudiar, con el propósito de entender de manera más exacta. Los resultados se utilizan para entender la naturaleza del fenómeno en el área de estudio.

4.2 Diseño de investigación

La presente investigación es de diseño no experimental transaccional descriptivo ya que no abra manipulación de las variables “La investigación no experimental trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables (...) es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos.” (11), la variable caracterización estratigráfica se observa y describe tal cual y la variable microzonificación sísmica se

4.4.2 Muestra

Para la presente tesis de investigación se tomó como muestra 06 puntos de estudio. Estos puntos están ubicados en sectores estratégicos y representativas para realizar las pruebas.

Tabla 11 — Puntos de ensayo MASW

PUNTOS SELECCIONADOS PARA EL ENSAYO MASW					
P	SECTOR	COORDENADAS UTM (m)		COTA (msnm)	ZONA
		E	S		
P1	Kerapata	731421.22	8495296.02	2874.97	18s
P2	Sahuanay	730018.23	8494145.67	2791.26	18s
P3	Ref. c/Esc. Micaela Bastidas.	729832.35	8493074.94	2603.69	18s
P4	Maucacalle	729611.19	8493681.32	2790.76	18s
P5	Ref. Posta Tamburco	729949.24	8492489.59	2521.45	18s
P6	Unamba	730663.84	8493630.32	2623.32	18s

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Procedimiento

4.5.1 Procedimiento de recolección de datos

El presente estudio responde a una secuencia metodológica de análisis propio de recolección de información sobre estudios geológicos, geomorfológicos y geodinámicas del área de estudio a investigar, el recojo de información se realiza con el objetivo de clasificar información y diagnosticar impactos propios encontrados de la zona de estudio con el objetivo de tener una microzonificación más concisa.



Figura 29—Localización espacial del área microzonificado.

El procedimiento de recolección de datos se realizó con el propósito de evaluar la parte geológica, geomorfológica y geodinámica en el área de estudio (Distrito de Tamburco) para el cual se recurrió a informaciones o estudios anteceditas o realizadas por otras instituciones, en donde describiremos a continuación los diferentes aspectos como geológico, geomorfológico y geodinámica.

4.5.1.1 Descripción general de la zona

Las condiciones actuales sean geológicas, geomorfológicas y geodinámicas sumado a algunas normativas de ordenamiento territorial, no toman en cuenta la susceptibilidad a fenómenos naturales que suscitan en el lugar o ya sucedieron con anterioridad como son deslizamientos, huaycos e inundaciones producto natural del clima de la zona o también antrópicos producido por los humanos, lo que hace que la zona sea aún más vulnerable ante estos sucesos se pronostican futuros escenarios de riesgo de desastres tal como sucedió en el pasado llegando a generar desde pérdidas humanas, económicos, y demás.

En cumplimiento a nuestro objetivo planteado de “evaluar la peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo sísmico de las construcciones en la zona urbana del distrito de Tamburco” realizamos la recopilación de estudios topográficos, geológicos, geo-hidrologicos, geomorfológicos y geodinámicas quienes son fuente de peligros latentes que ya suscitaron en años anteriores y podrían suscitar en años próximos, para el objetivo planteado de evaluar, necesitamos de dichas informaciones que en seguida iremos mostrando a través de mapas que no ayudaran a localizar el área de interés.

a) Aspectos topográficos

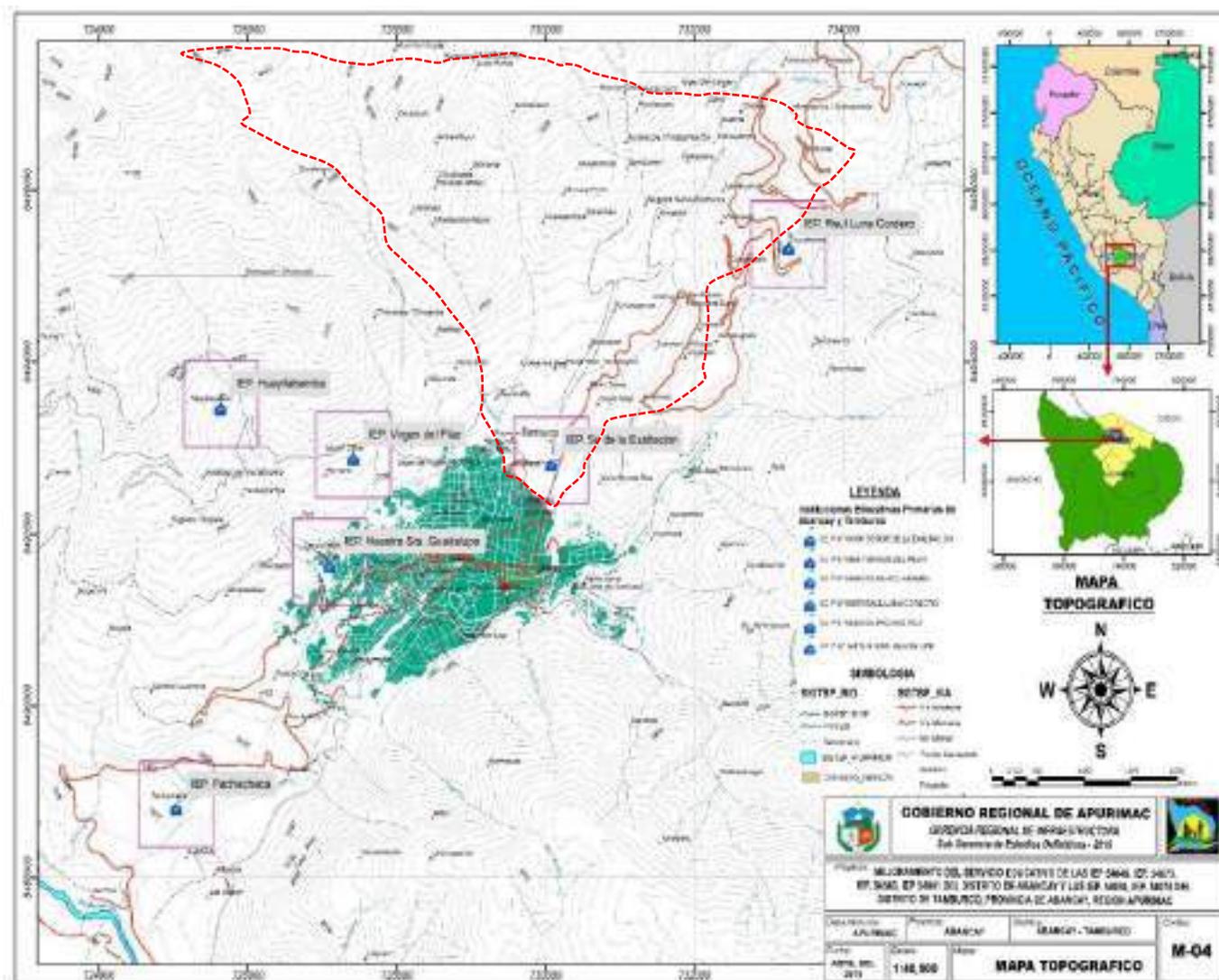


Figura 30 — Mapa topográfica del área a zonificar (GORE - Equipo técnico SGED/Ing. W.J.V.QQ.)

En el aspecto topográfico, según podemos observar la Figura 30, guiándonos con el interlineado de color rojo podemos describir que nuestra área microzonificado tiene una topografía muy variada que está caracterizado por “laderas de pronunciadas pendientes, quebradas estrechas y profundas ondulaciones alto andinas frías y desoladas y está presidida por el pico del ampay por tanto según se describe” Fuente: GORE - Equipo técnico SGED/Ing. W.J.V.QQ. la elaboración del mapa topográfico mediante el modelo de elevación digital (DEM) cuyos intervalos de cotas están a 50m.

b) Aspectos geológicos

En esta sección describiremos en forma general o grafica de acuerdo a la recolección de información realizada, para posteriormente clasificar los aspectos geológicos que tienen influencia de acuerdo a su formación geológica en riesgo de desastre, futuros que se podrían prevenir distinguiendo las diferentes zonas.

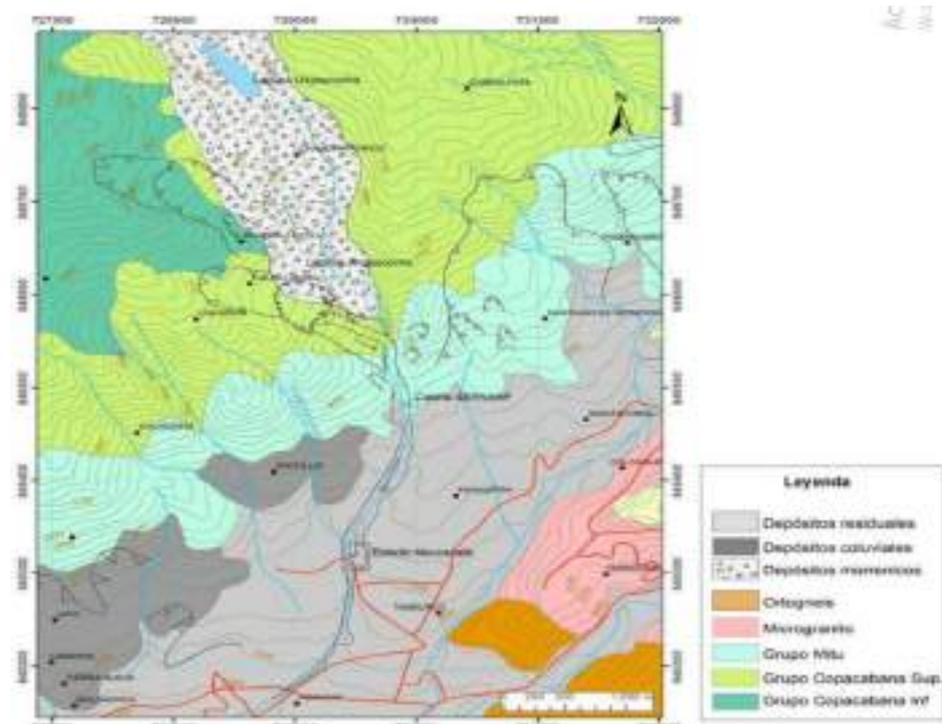


Figura 31 — Mapa geológico del área microzonificado (cuenca Sahuanay) (INGEMMET, 2012).

De acuerdo a la Figura 31 se puede observar que el área microzonificado está conformado por rocas sedimentarias de edad paleozoica superior, de 295 a 251 millones de años según (INGEMMET, 2012), de las que

podemos observar grupo Copacabana (lutitas negras y calizas) y el grupo Mitú (areniscas arcoscicas, lutrias rojas arcillosas), a la vez según su descripción en la Figura 31 está conformada por depósitos cuaternarios que se diferencian por su origen en su mayoría por depósitos morrenicos, coluviales y depósitos aluviales o residuales. Complementariamente se puede indicar que en las cuencas del sahuany y mariño está constituido por acumulaciones de los flujos de ditritos de lutitas angulosas con gravas y cantos rodados subangulosas a angulosas, son heterometricos con relleno de arena limosa poco a medianamente densos.

La caracterización geológica, se realizó mediante la siguiente descripción el cual podemos observar en la Figura 32 mapa geológico del área microzonificado (Tamburco) elaborado por GRA- Equipo técnico SGEDI/Ing. W.J.V.QQ. De donde podemos afirmar con celeridad que la mayor formación con la que se caracteriza la zona microzonificado es de origen morrenico, aluvial y en menor medida de origen coluvial con lo cual se concluye la caracterización geológica del área en estudio.

Tabla 12 — Caracterización geológica

CODIGO	GEOLOGIA
PN-ap	Andesita Porfiritica
Qh-fl	Cuaternario Fluvial(gris claro)
Qh-al	Depósitos Aluviales
Qh-co	Depósitos Coluviales
Qpl-mo	Depósitos Morrenicos
PN-lam-sj/di	Dorita
Do	Domo
Jm-so	Formación Socosani
Pi-c_s	Gpo. Copacabana
PsI-mi	Guapo. Mitu
PN-lam-ma/mgr	Microgranito
Ts-Ogn	Ortogneis
PN-cot-cu/gd	Unidad Cotabambas,Pluton Curahuasi,granodiorita
PN-cot-cu/gb	Unidad,Cotabambas,Plutón,Curahuasi,gabro

Fuente: GRA-Equipo técnico SGED/Ing. W.J.V.QQ ru

Observando la Figura 33 se puede aceverar que las formaciones geologicas presentes son ya los anteriormente mencionados grupo



copacabana y el grupo mitu quienes conforman la parte geologica de nuestra area microzonificado por tanto adjuntamos diferentes mapas geologicos del cual podemos servirnos para tener mayor informacion y tener la certeza de una descripcion geologica precisa el cual nos ayudara para seguir definiendo las cracterisicas de la zona.



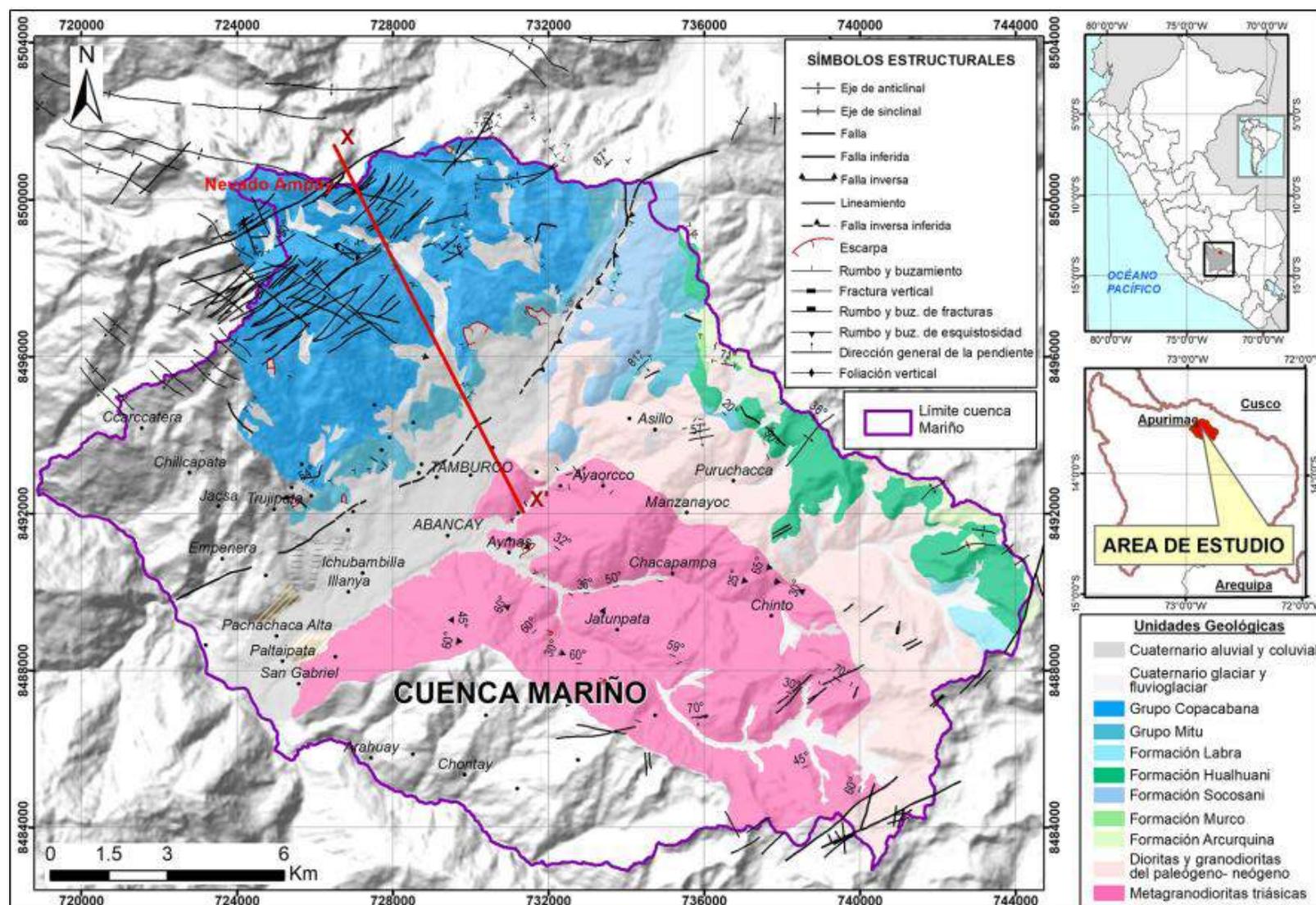


Figura 32 — Mapa Geológica del área microzonificado (cuenca mariño) (INGEMMET, 2019).

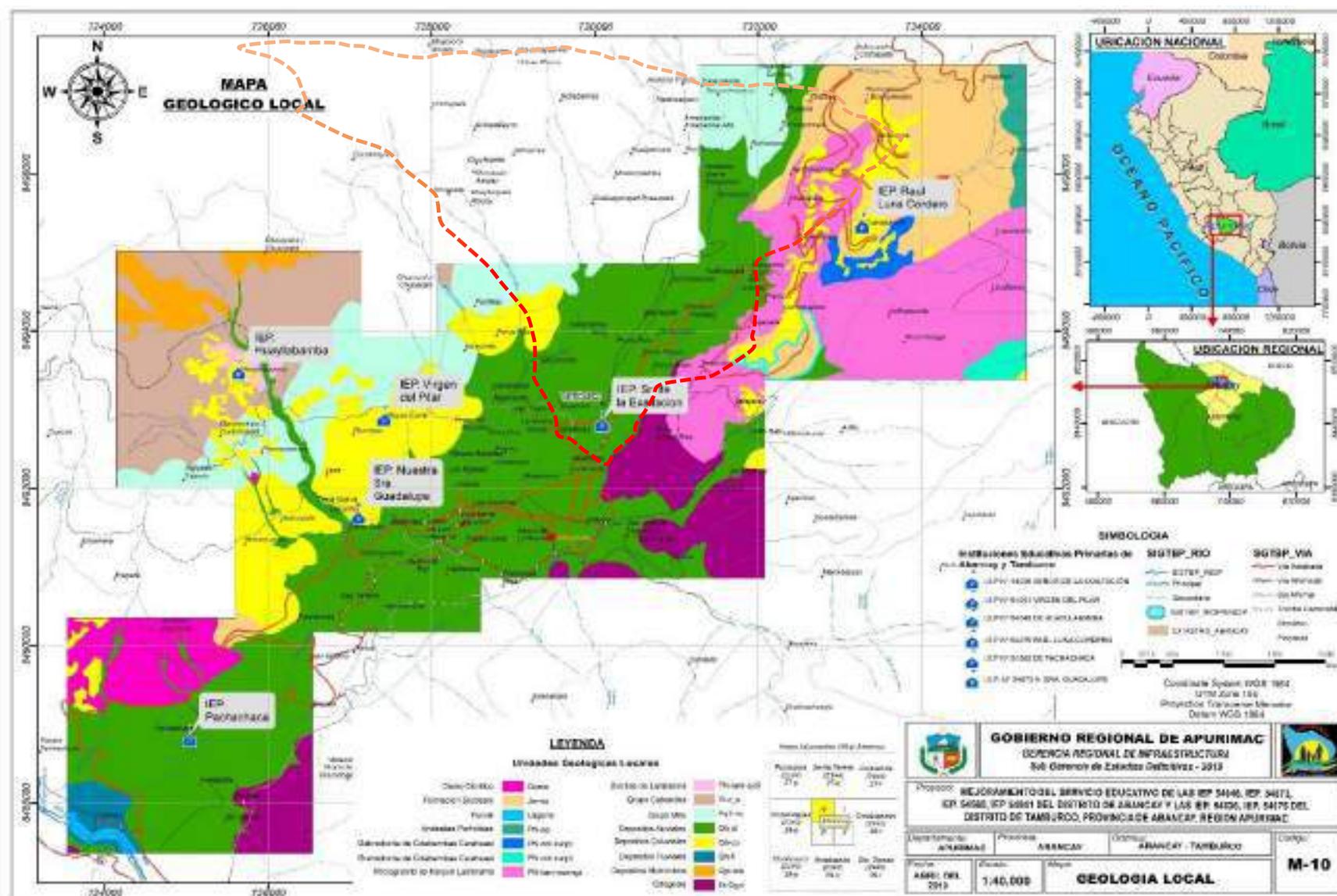


Figura 33 — Mapa geológico del área microzonificado (Tamburco) GRA- Equipo Técnico SGEDI/Ing. W.J.V.QQ.

Aspectos Hidro-geológicos.

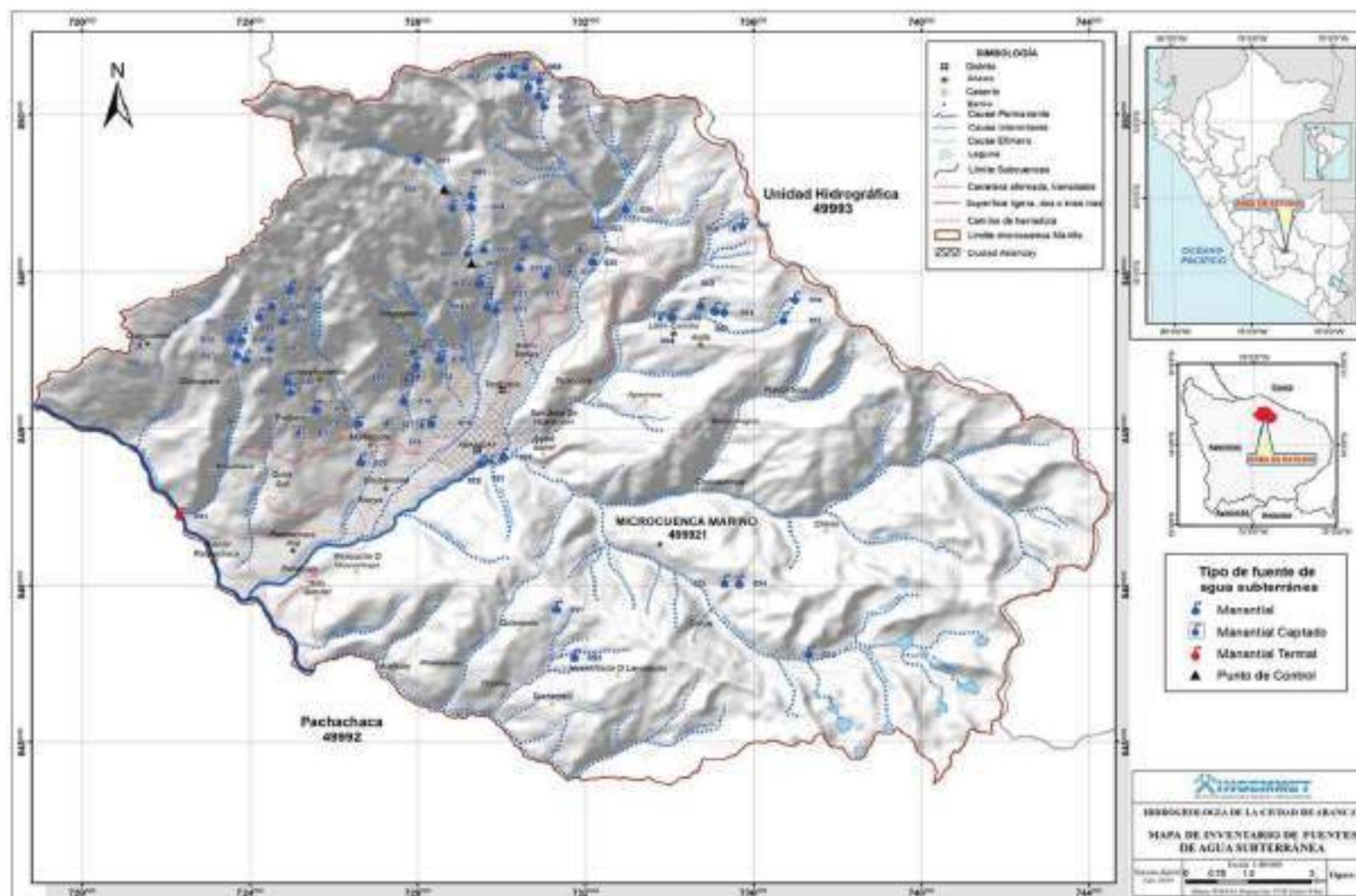


Figura 34 — Mapa de ojos de agua en el área microzonificado (unidad hidrográfica) (INGEMMET, 2019 pág. 47).

Los aspectos hidro-geológicos del área de estudio microzonificado se considera muy activa y muy especial según “informe de susceptibilidad a movimientos en masa cuenca sahunay,Tamburco – Abancay/Apurimac” (INGEMMET, 2013 pág. 13), se puede indicar que están activos debido a la presencia de ojos de agua en diferentes partes del área de estudio, y muy especial debido al tratamiento o control de las aguas además indicándose activo en función a algún peligro futuro que puede causar este fenómeno.

Producto de investigaciones antecedentes como en el “informe de susceptibilidad a movimientos en masa cuenca sahunay,Tamburco – Abancay/Apurimac” (INGEMMET, 2013), menciona que las condiciones de riesgo son en gran parte producto de acciones de inestabilidad propias de las características de las rocas y el suelo y presencia de agua en abundancia, esto a causa de los procesos de filtración y percolación del agua superficial que originan fuentes (ojos de agua/manates) y cursos subterráneos, problema conocido como complejo geológico, debido también a fallas locales producto de (esfuerzo de tensión y deformación), es así que también podemos indicar que su litología de la zona es desfavorable por que están conformados por caliza y lutitas, a quienes se les conoce como susceptibles a los procesos de erosión química y procesos de karsificación.



Figura 35 — Localización de la falla Geo-Hidrológico.

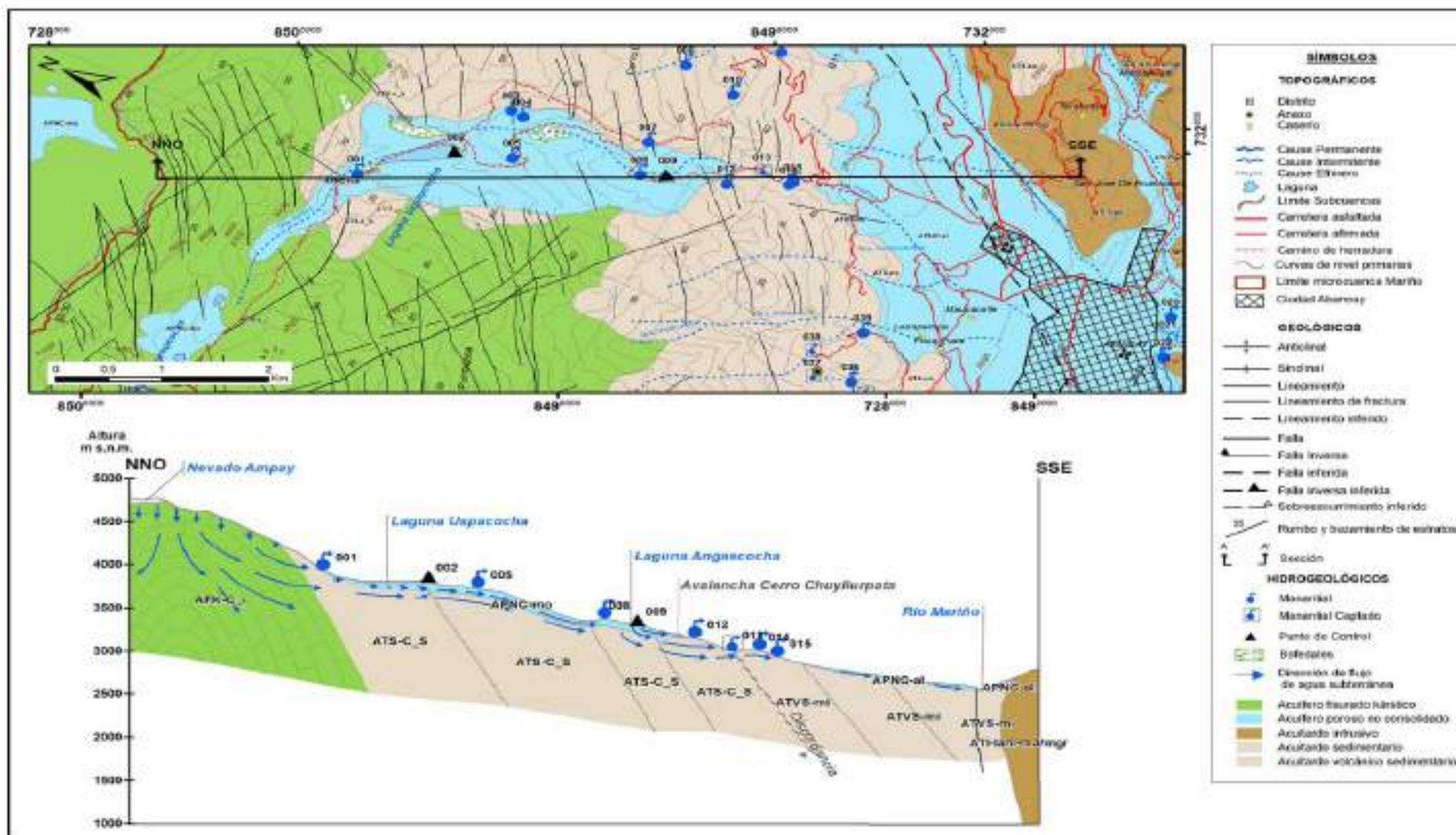


Figura 36 — Modelo hidrogeológico conceptual de flujo de agua subterránea en el área microzonificado (INGEMMET, 2019 pág. 99).

c) Caracterización hidrogeológica

La caracterización geológica del área microzonificado, realizada por (INGEMMET, 2019 pág. 99), se basó en “parámetros hidrogeológicos de porosidad y permeabilidad y también de acuerdo a su capacidad de almacenar y transmitir aguas subterráneas (porosos no consolidado, fisurado kárstico y fisurado sedimentario)” los acuitardos están incluidos en los sedimentarios, volcánico sedimentarios e intrusivos.

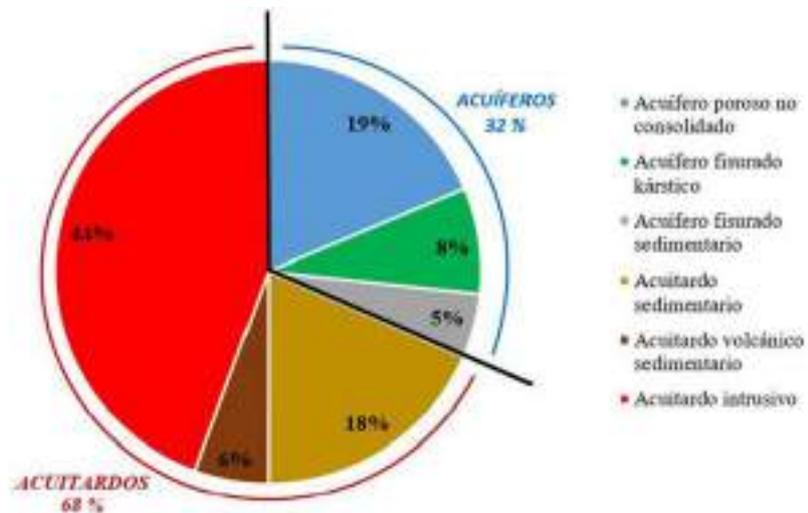


Figura 37 — unidades hidrogeológicas de la microcuenca del área a zonificar(mariño) (Condori, 2016).

según podemos observar en la imagen Figura36, Modelo hidrogeológico conceptual de flujo de agua subterránea en el área microzonificado. Realizado por INGEMMET 2019, en la evaluación integral del río mariño se identifica las siguientes características.

Acuífero poroso no consolidado: Pueden ser de tipo aluvial (pueden ser grandes bloques de cantos y rocas subredondeadas a redondeadas envueltos por arena limosa), fluvial (constituido por estratos de gravas heterogéneas subredondeadas a redondeadas y arena que forman terrazas), proluvial (conformado por clastos heterométricos de diferentes características y formas angulosas a sub angulosas con relleno arena-limoso), deluvial (contiene bloques de caliza sub angulosas de color gris, de tamaños diferentes desde finos a métricos sueltos y sin cohesión).

Acuífero fisurado sedimentario: Constituido principalmente por rocas calizas y areniscas que presentan fisuras y fracturas tanto de origen mecánico y como por disolución.

Acuífero fisurado kárstico: Acuífero también conocido como Copacabana inferior conformado por calizas en estratos gruesos, es mínima la escorrentía superficial en ellas debido a la fuerte infiltración existente en ellas, este tipo de afloramientos es uno de los acuíferos que mayor proporciona la recarga de los acuíferos.

Acuitardo sedimentario: Pueden ser coluvial (Esta conformado por bloques y gravas subredondeadas a sub angulosos de diferentes tamaños con matriz limo arcillosa) este tipo son fuente de inicio de movimientos de masa bajo acción del agua, Copacabana superior “conformado por lutitas negras deleznable intercaladas con areniscas feldespáticas de grano medio a fino” esta característica sumada a la erosión interna “tubificación” fueron detonantes de la avalancha de detritos de chuyllurpata.

Acuitardo volcánico sedimentario: Representada por el grupo mitu está conformado por areniscas, pelitas rojas, conglomerados con clastos de caliza y rocas volcánicas, así como andesitas, cuarcitas tiene una fuerte compactación y poco fracturamiento.

Acuitardo intrusivo y sub volcánico: Conformado por rocas batolitos de Apurímac, cordillera de rocas intrusivas compuestas por diorita y granodiorita que observan en la cuenca del mariño. Este tipo de acuíferos son bastante impermeables.

d) Aspectos geomorfológicos

La geomorfología del área microzonificado, se caracteriza principalmente por presentar pendientes de entre 30° y 45 ° y la conformación de geoformas glaciares, representadas por lagunas estancadas por depósitos morrenico y también se tiene la presencia de zonas montañosas, que posteriormente se realizara una representación fotográfica de la diferentes geoformas presentes en el área microzonificado a continuación primero se realizara una relación de las diferentes características geomorfológicas

- Fuertes pendientes.
- Cauces activos y lagunas.
- Colinas y lomas volcánicas.
- Montañas y Superficie de flujos.
- Terraza fluvio – aluvial.
- Glaciar del nevado ampay.



Figura 38 — Obsérvese los afloramientos rocosos con fuerte buzamiento a favor de la pendiente (ref: colindante con quebrada sahuany).



Figura 39 — Lagunas wilcaqocha (ex nevado ampay) y la laguna uspayqocha represada por depósitos morrenicos.



Figura 40—Colinas y lomas a 5300 m.s.n.m, y nevado ampay (geomorfología glacial)

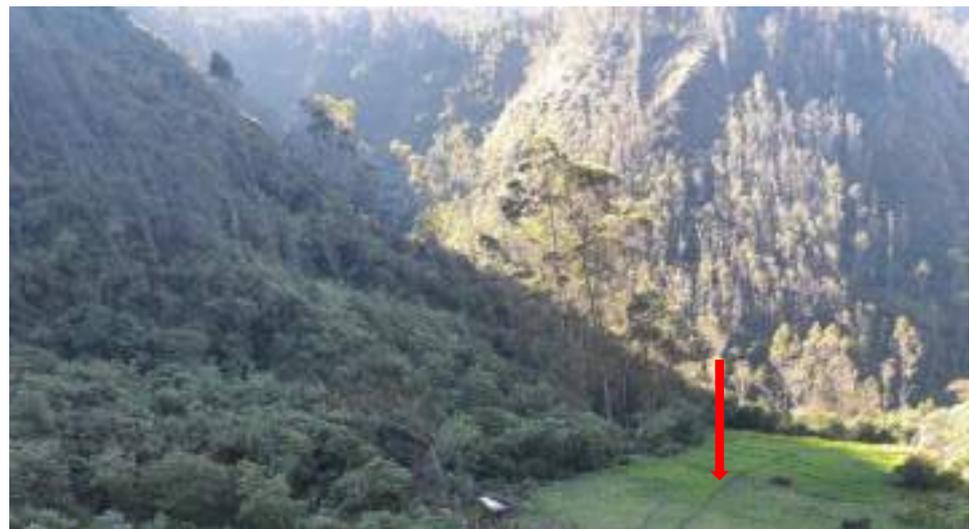


Figura 41 — Montañas y superficie de flujos – depósitos aluviales (ref: cabecera de cuenca mariño).



Figura 42 — Terraza fluvio aluvial.

Según podemos describir fotográficamente las características geomorfológicas del contorno del área microzonificado es muy diverso, por tanto es muy necesario la descripción de cada uno debido a que producto de la geomorfología sumado con los fenómenos hidrogeológicos y lluvias intensas se producen algunos eventos geodinámicas externo como flujo de lodos, flujo de detritos en cauces o riachuelos el cual sumado con la pendiente que va a su favor puede y ya resultaron muy agresivos en la Figura 43, Mapa geomorfológico del área microzonificado. Elaborado por GRA- Equipo Técnico SGEDI/Ing. W.J.V.QQ. se puede distinguir las diferentes características de la geomorfología.

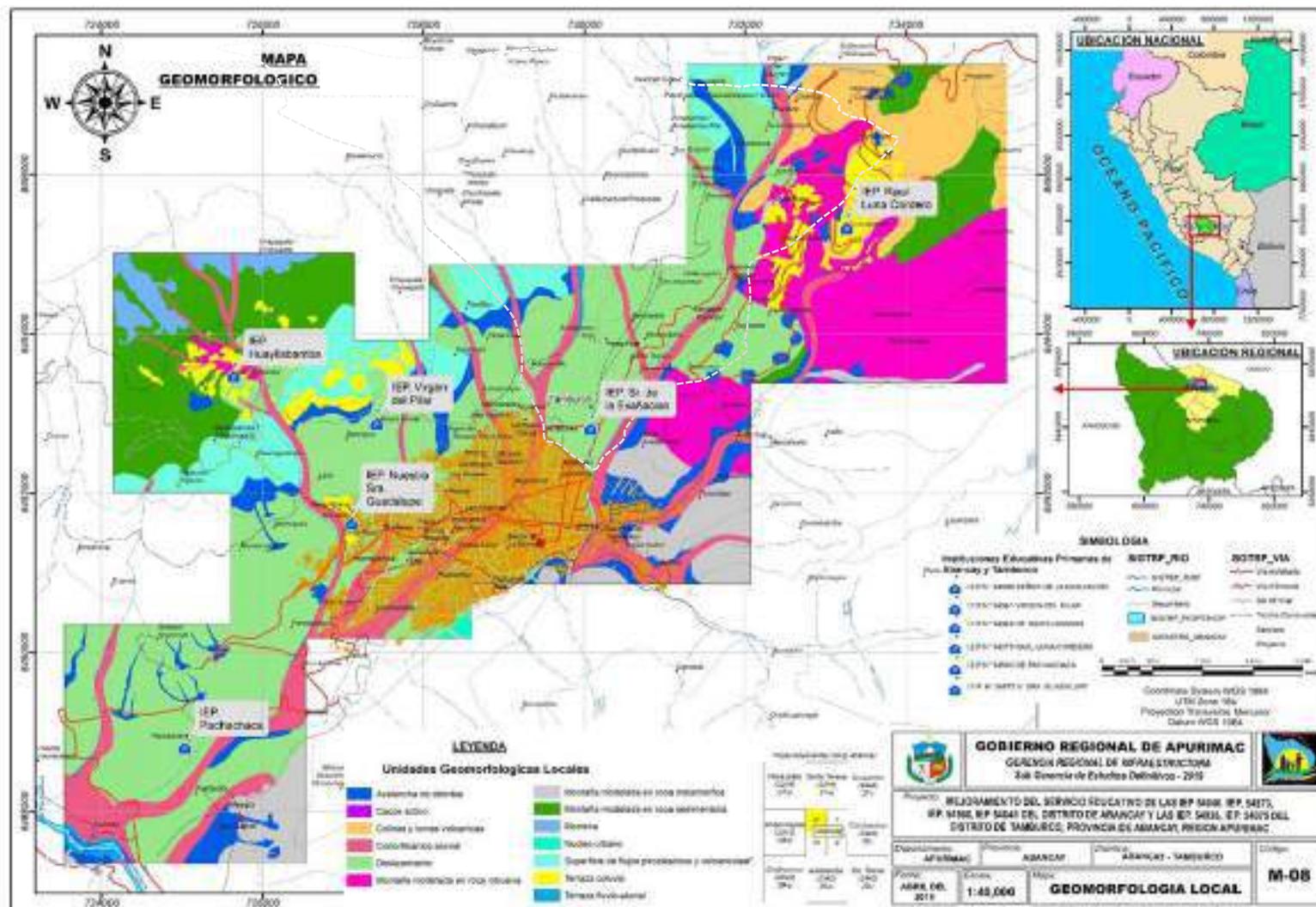


Figura 43 — Mapa geomorfológico del área microzonificada (GRA- Equipo Técnico SGEDI/Ing. W.J.V.QQ.).

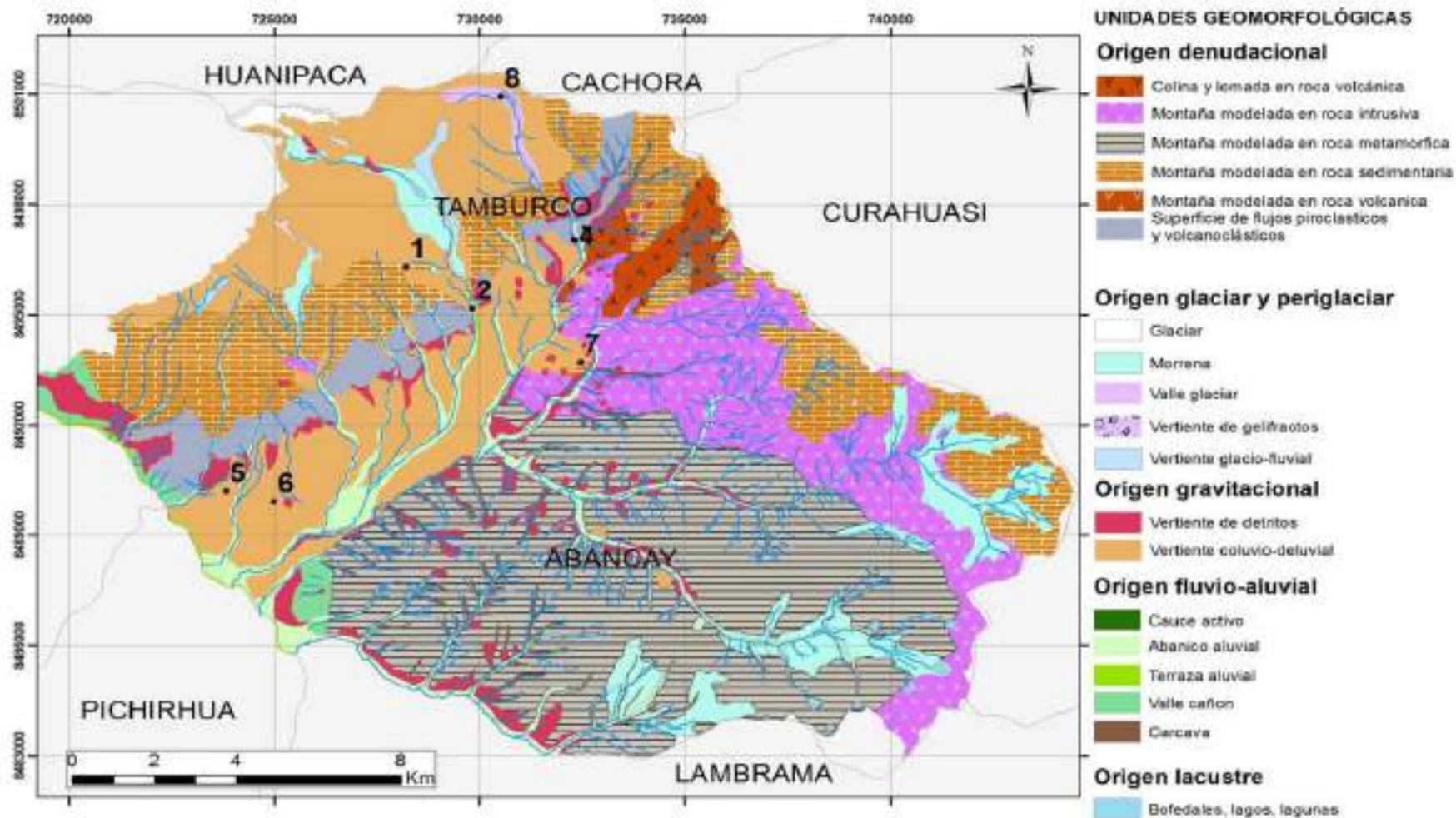


Figura 44 — Mapa de unidades geomorfológicas del área microzonificada. (INGEMMET, 2019)

e) Aspecto de cobertura vegetal

Dentro de este campo es muy necesario identificar las áreas y usos actuales en la que se encuentra el suelo, debido a que la microzonificación fija también el crecimiento poblacional del distrito por tanto el análisis en este aspecto nos ayudara a identificar cada área y zona según sus características de suelo y uso u ocupación como área urbana, bosques, cultivos, vegetación y pastos alto andinos que a continuación podemos describir y se puede visualizar en la Figura 45.

Tabla 13 — Cobertura vegetal del área microzonificado.

COBERTURA Y USO DE LA TIERRA			
DESCRIPCIÓN	AREA (KM2)	PORCENTAJE	COLOR
Area Urbana	1.37	8.42%	
Bosques	7.62	46.72%	
Cultivos	7.04	43.21%	
Vegetación	0.01	0.05%	
Pastos altoandinos	0.26	1.60%	
TOTAL	16.3	100.00%	

Fuente: Elaboracion propia

Se puede observar también y concluir según la Figura46, Mapa de cobertura vegetal del área microzonificado bajo la recolección de información donde se muestra claramente las diferentes áreas antes mencionadas, específicamente tiene mayor área de agricultura andina y costera seguido de áreas de ocupación conocido como bosque de cordillera y bosque seco de valle interandino de esa manera se está caracterizando las zonas del distrito de Tamburco, también se puede observar las zonas de plantación forestal los cuales ayudan a la estabilidad de las zonas peligrosas.

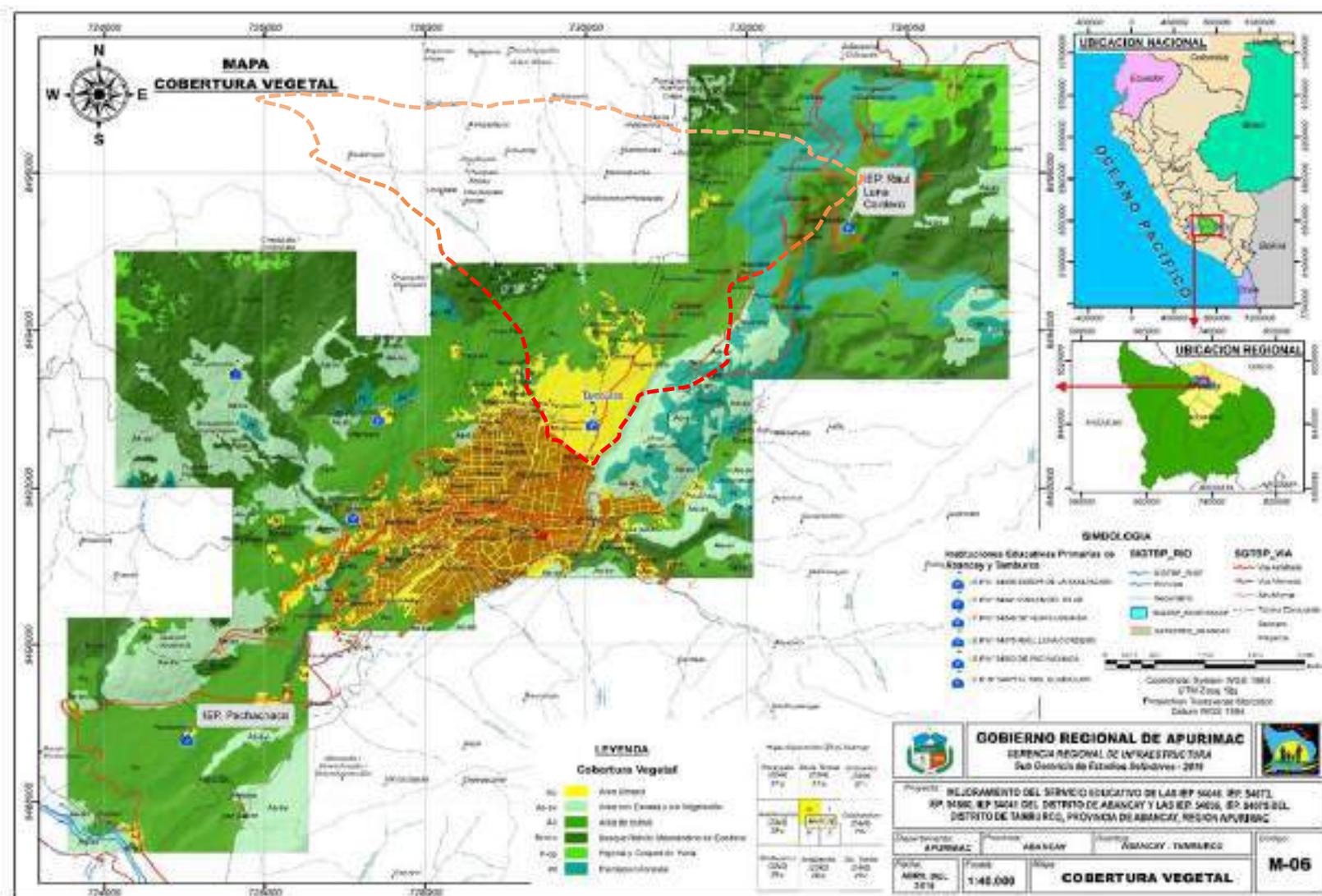


Figura 45 — Mapa de cobertura vegetal del área microzonificada general (GRA- Equipo Técnico SGEDI/Ing. W.J.V.QQ).

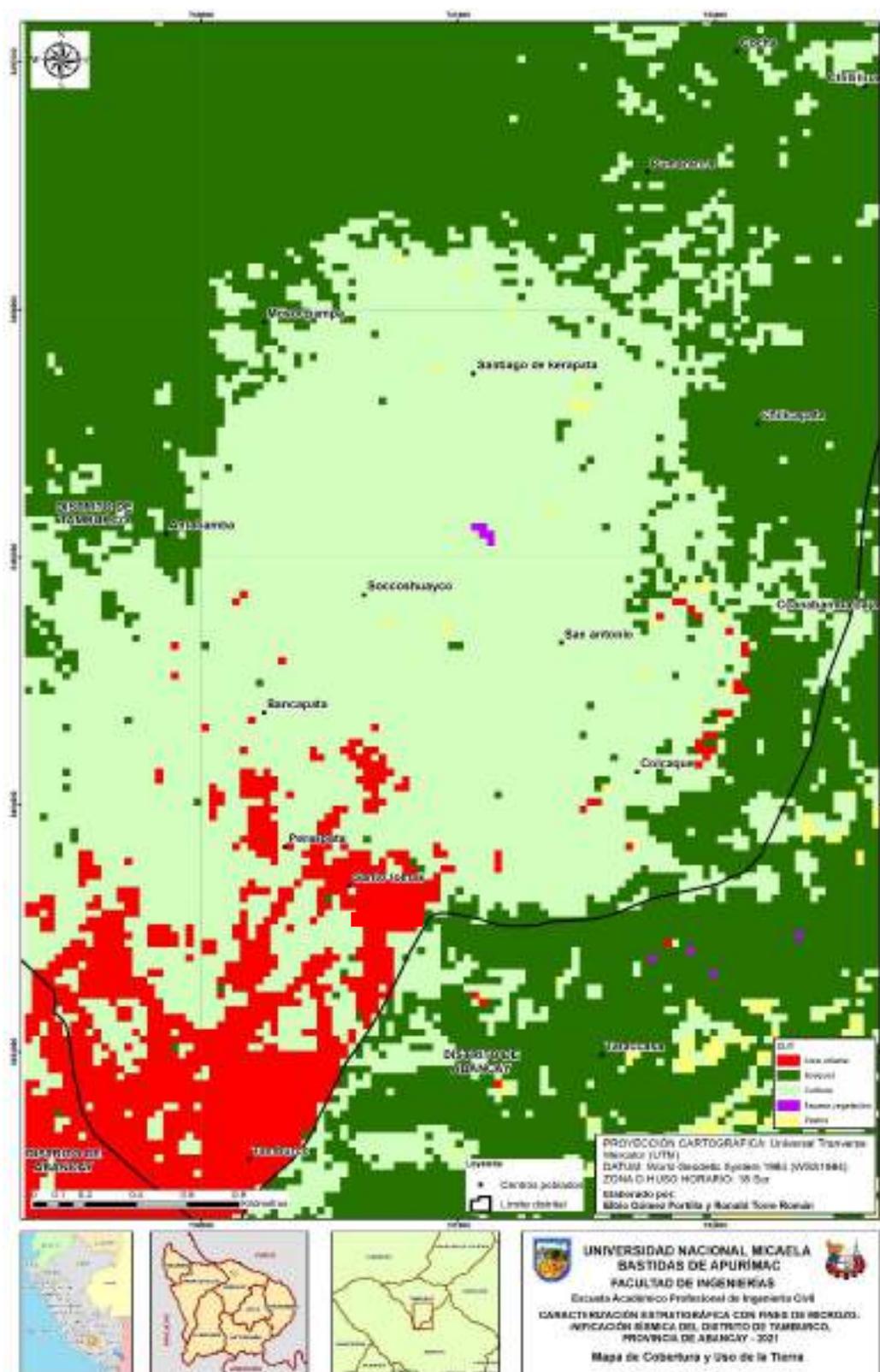


Figura 46 — Mapa de cobertura vegetal del área microzonificada.

f) Aspectos de pendiente

0 @ 15 % (0°-8.5°)	15 @ 30 % (8.5°-16.7°)	30 @ 50 % (16.7°-26.6°)	30 @ 50 % (26.6°-45°)	50 @ 100 % (>45°)
Pendiente muy baja	Pendiente baja	Pendiente mediana	Pendiente alta	Pendiente muy alta

g) Aspectos de precipitación pluvial

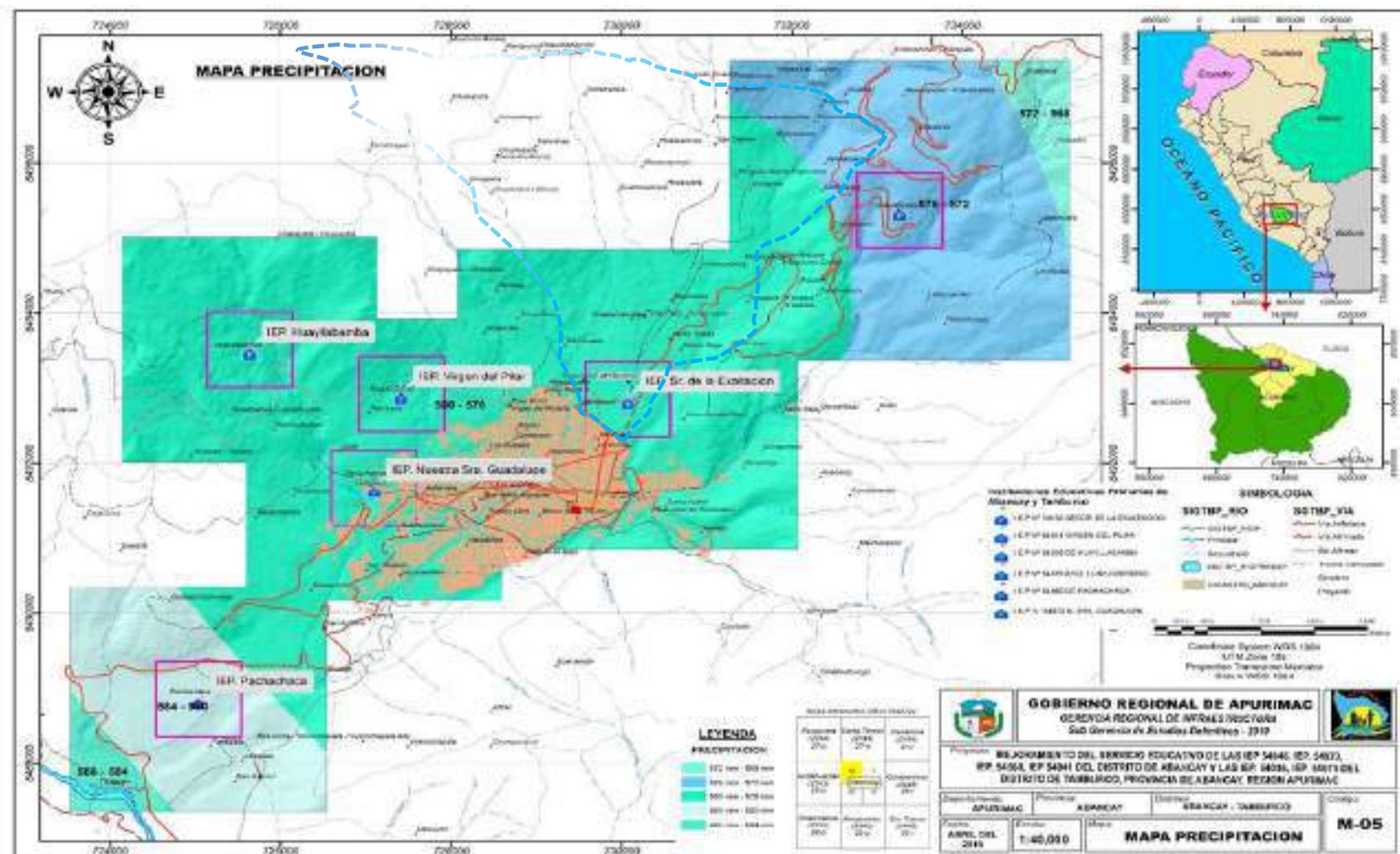


Figura 48 — Mapa de precipitación pluvial en el área microzonificada (GRA- Equipo Técnico SGEDI/Ing. W.J.V.QQ.).

h) Aspectos geodinámicas

Dentro del aspecto geodinámica sean internas (sismos, volcanes) o externos (movimiento de masas, flujo de detritos, huaycos, caída de bloques, derrumbes, deslizamientos activos y erosión intensa) todo lo anterior mencionado serían más severos o peligrosos de acuerdo a su ubicación donde se suscite y la vulnerabilidad a la que se expone.

Describiremos la geodinámica en el área microzonificado desde aspectos como cambios de morfología de relieve, movimientos de remoción en masa, origen de fallas locales y origen de los nuevos sistemas de fracturas a través de mapas que nos ayuden distinguir el tipo de falla y la ubicación que nos ayudara a identificar las zonas en riesgo ante una falla.

i) Geodinámica interna

Dentro de lo que ya conocemos el Perú se encuentra en el área denominado “el cinturón de fuego circumpacífico”, lugar donde se suscita más del 80% de sismos del mundo, en ese sentido la ubicación está dentro de las placas tectónicas como la placa de nazca frente a la placa continental o sudamericana, debido a esto es que se debe la existencia de la cordillera de los andes y la deformación continental.

Tabla 14 — Factores de la zona

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: Diseño sismoresistente E-030 RNE.

Tabla 15 — Zonificación sísmica "Z" del área microzonificado.

REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
APURIMAC	ABANCAY	Abancay	2	Todos los distritos
		Chacoche		
		Circa		
		Curahuasi		
		Huanipaca		
		Lambrama		
		Pichirhua		
		San Pedro de Cachora		
Tamburco				

Fuente: Diseño sismoresistente E-030 RNE.

“Nuestra área microzonificado está rodeado de una serie de fallas inferidas y plegamientos los cuales presentan niveles de peligro medio, los cuales pueden ser desencadenantes para la ocurrencia de eventos sísmicos y la activación de geodinámicas externos”.



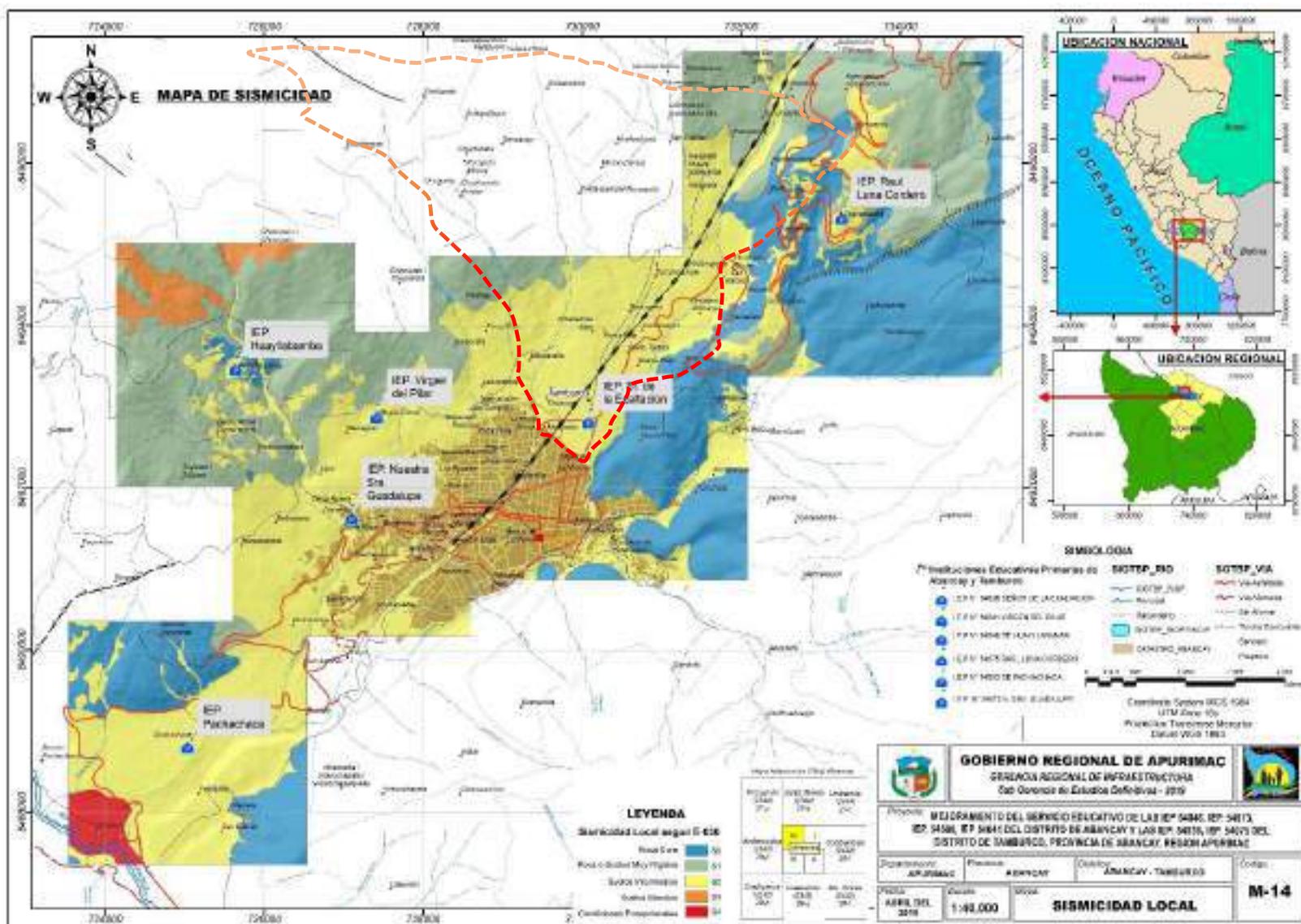


Figura 49 — Mapa de sismicidad del área microzonificada (GRA- Equipo Técnico SGEDI/Ing. W.J.V.QQ.).

En la Figura 49, Mapa de sismicidad del área microzonificado, podemos identificar que en nuestra área de interés existen características del tipo roca o suelos muy rígidos y suelos intermedios los cuales hacen que la zona microzonificado tenga un riesgo medio ante los sismos, los cuales por todo ya lo anterior identificado la reactivación de fallas locales y regionales pueden generar microsismos teniendo en cuenta la zona sobre el enfoque del material rocoso del tipo diurético cuarzoso originando nuevos sistemas de fracturas con los cual originando nuevos manantes por el mismo hecho de que el macizo rocoso adquiere una porosidad secundaria después del evento.

j) Geodinámica externa

la geodinámica externa en nuestra área microzonificado está presente y latente debido a las diferentes factores como pendiente, morfología y demás fallas locales superficiales existentes que ya suscitaron y en algún momento que podrían volver a ocurrir como los movimientos de masa de suelos que a continuación clasificaremos.

Tabla 16 — Tipos de movimientos de masa.

TIPO	SUBTIPO
Caidas	Caida de rocas (detrito o suelo)
	Volcamiento de rocas (Bloque)
Volcamiento	Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional.
	Deslizamiento en cuña
	Deslizamiento rotacional.
Propagación	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (arena, limo, roca fracturada)	
Reptación	Reptación de suelos
	Solifluxión, gelifluxión (en permafrost)

Fuente: Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968, 1988).

Se puede observar en la figura 50, en el área microzonificado la presencia de características geodinámica del tipo, derrumbes, deslizamientos activos, erosión de laderas y flujo de detritos esto hace que el área tiene presencia



activa de fallas geodinámicas por tanto las barreras que se podrían plantear como medidas de prevención serian bajo un estudio más minucioso el cual garantice el crecimiento población ordenado y seguro.



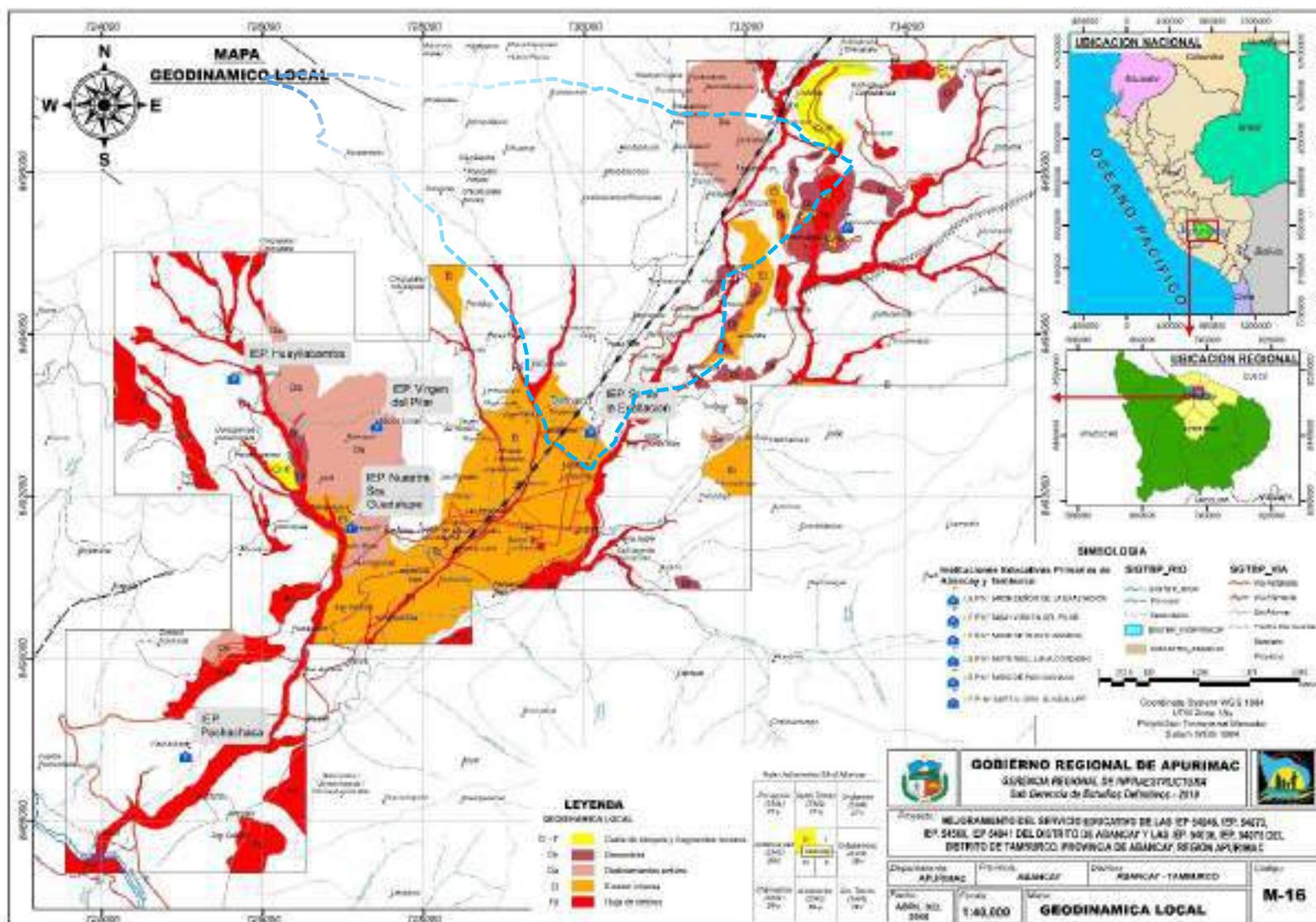


Figura 50 — Mapa geodinámico del área microzonificado. (GRA- Equipo Técnico SGEDI/Ing. W.J.V.QQ)

4.5.1.2 Determinación de peligros

Las condiciones de peligrosidad en la zona urbana del distrito de Tamburco, se evaluó de acuerdo a la ocurrencia de la geodinámica externa, tales como se puede distinguir en el siguiente cuadro.

Tabla 17 — Identificación de peligros en área microzonificado.

Código	Tipo de peligro	Zona identificada
Cr-fr	Caída de bloques y fragmentos rocosos	Colcaque
Dr	derrumbes	Cuenca Mariño, y cuenca Sahuanay
Da	Deslizamientos activos	Cocha Pumararra
Mc	Movimiento complejo	Cocha Pumararra, cerro Chuyllurpata
Fd	Flujo de detritos	Quebrada Sahuanay,
Hg	Hidrogeológico	kerapata
Re	reptaciones	Kerapata

Fuente: Elaboración propia

Los eventos antes identificados en el area microzonificado, generan niveles de peligrosidad de influencia directa e indirecta.

Es asi que productos de evento similares peros suscitado hace muchos años, resulata ser la formacion de suelo actual productos de acumulacion de flujo de lodos o detritos etc, por tanto el analisis de peligrosidad es indispensable por tal fin se realizo mediante la identificacion de sectores que posteriormente se iran visualizando en fotografias y resumidas en mapas.

Identificacion del peligro

En la presente investigacion se tomara como prioridad el analisis de los movimientos de remoción en masa que por lo general toman nombres diversos, como caída de bloques y fragmentos rocosos, derrumbes, deslizamientos activos, erosión intensa y flujo de detritos, cada una de ellas con características particulares, ya sea de génesis, tipología o impacto en un área.

En seguida podemos observar la secuencia metodologica para la determinacion e identificacion del peligro que realizamos con cada uno de los factores.

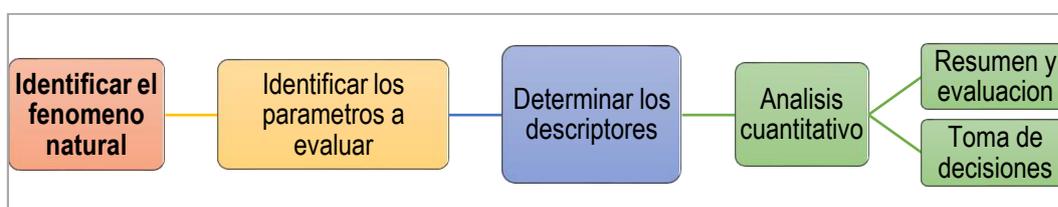


Figura 51 — Flujo de la secuencia metodológica para determinación del nivel de peligrosidad.



Para el análisis de evaluación se registran los siguientes peligros.

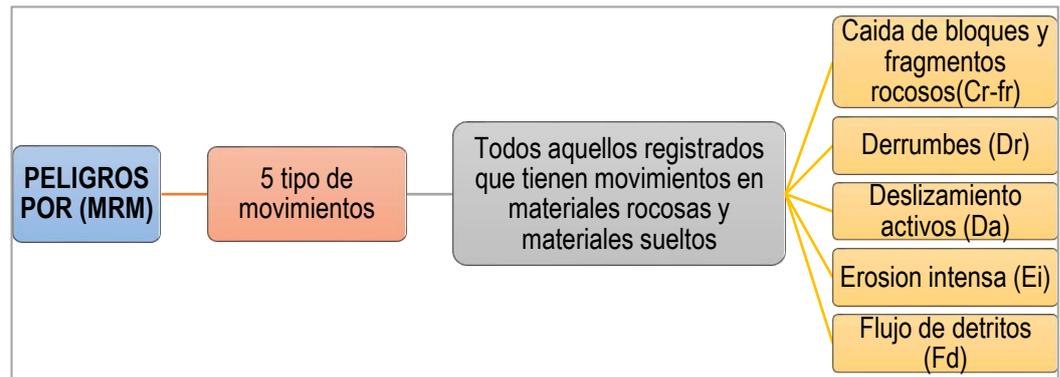


Figura 52 — Peligros por movimientos de remoción de masa.

A continuación describiremos cada uno de los peligros identificados y sus características de ocurrencia o probabilidad de ocurrencia asumiendo el análisis del área en un 100 % de las cuales cada peligro tendrá una representatividad porcentual de acuerdo a su presencia en área microzonificado.



Caidas de bloques y fragmentos rocosos(Crs): Estos eventos ocurren en zonas con pendientes empinadas, a muy empinadas donde el material es roca suelta y fracturada que cae por acción de la gravedad, según mapa geodinámica representa el 7% con respecto a los demás peligros.

Derrumbes(Dr): Estos eventos se emplazan en zonas con materiales de roca suelta en áreas con pendientes altas a muy altas, según mapa geodinámica representa el 19% con respecto a los demás peligros.

Deslizamiento activo(Da): La mayoría de estos eventos se suscitan en zonas con diferentes planos de rotura(irregulares) materiales de roca suelta y fracturada, ubicados en áreas de pendientes medias, altas a muy altas, según mapa geodinámica representa el 16% con respecto a los demás peligros.

Erosion intensa(Ei): Estos eventos ocurren en zonas con pendientes moderados a ligeramente moderados donde el material es cuaternario, suelo no consolidado con escasa o sin vegetación, según mapa geodinámica representa el 20% con respecto a los demás peligros.

Flujo de detritos(Fd): Este evento consiste en canalizados y no canalizados, que ocurren en áreas con material suelto, geológicamente este tipo de suelos



conocidos como aluviales, coluviales y fluviales algunas veces ocurre en zonas rocosas con alto grado de fracturamiento y meteorización alta, según mapa geodinámica representa el 28% con respecto a los demás peligros.

Peligros Identificados



Figura 53 — Deslizamiento flujo Ccocha Pumararra (Dávila y Zavala, 1997).



Figura 54 — Desprendimiento de roca en talud kerapata.



Figura 55 — Flujo de detritos cerro Chuyllurpata



Figura 56 — Derrumbes en Sahunay



Figura 57 — Derrumbes en Sahunay

Parametros de Evaluacion del Peligro

El parametro de evaluacion para el peligro identificado como moviento de masas es ver la velocidad de movimiento durante el evento ya que cada tipo de velocidad de movimiento es propio de cada evento y depende mucho del lugar o area donde sucita, por tanto realizaremos un mapa en donde se observa todos los peligros identificados y su velocidad de movimeinto ante un evento carcaterizados con lo siguiente.

lento	moderado	Rapido	Muy rapido	Extremadamente rapido
-------	----------	--------	------------	-----------------------

Susceptibilidad por movimiento en masa

Para el analisis de este parametro es necesario evaluar los descriptores de los factotres condicionates (geologia, geomorfologia, pendientes, cobertura vegetal) y desencadenates (precipitacion y sismicidad).

k) Factores condicionantes

Por la similitud del comportamiento de cada uno de los eventos de la geodinamica externa (peligros) identificados a lo largo de la zona del proyecto se a considera la descripcion cualitativa de cada uno de ellos.

Geologia: Básicamente considerado con uno de los factores condicionantes, el cual consiste en la descripción de los depósitos de rocas, sedimentarias, metamórficas, ígneas (granitos y granodioritas) y materiales cuaternarios como fluviales, coluviales, aluviales y morrénicos. ver figura 58. Mapa geologico del area microzonificado.



Figura 58 — Corte estructural de formación geológica del área microzonificado (INGEMMET, 2019 pág. 32).

Cobertura vegetal: Básicamente considerado con uno de los factores condicionantes, el cual consiste en la descripción capa de cobertura como vegetación, plantación forestal, zonas de uso agrícola y área urbana, ver Figura 46, Mapa de cobertura vegetal del area microzonificado.

Geomorfología: La geomorfología a lo largo de ámbito de estudio varia de laderas montañosas moldeada en rocas sedimentarias, intrusivas y metamórficas, terrazas aluviales, coluviales y fluviales, las cuales son acorde a las geformas y tipo de pendiente en la que se encuentra cada unidad. ver Figura 43, Mapa geomofologica del area microzonificado.

Pendientes: Por la configuración variada del terreno, a lo largo de la zona de estudios, las pendientes son fuertemente irregulares, teniendo unidades como pendientes muy bajas hasta muy altas. ver Figura 47, Mapa de pendientes del area microzonificado.

1) Factores desencadenates

Para el análisis se ha considerado los elementos básicos y muy importantes como es la precipitación y sismicidad. Los cuales tienen características de ocasionar la mayoría de los eventos de la geodinámica externa, es así que para la zona de estudio se tomó en cuenta algunos descriptores de cada uno de los factores.

Precipitacion: Considerado como factor desencadenante, debido a que la acción de este elemento ocasiona la mayoría de los eventos geodinámico, principalmente los flujos de lodos y detritos, deslizamientos y derrumbe de rocas, ayudados a los efectos de la gravedad y tipo de pendientes. Figura 48, Mapa de precipitación pluvial en el área microzonificado.

Tabla 18 — Precipitación pluvial

568 @572 mm	572 @576 mm	576 @580 mm	580 @584 mm	584 @588 mm
Practicamente constantes. Muy predominante advectiva o estacionaria	Débilmente Variable. Predominante advectiva	Variable efectiva	Moderadamente variable. Predominante convectiva	Fuertemente variable. Muy predominante convectiva



Sismicidad: La actividad sísmica de la zona de estudio es media acorde a la norma E-030 se considera dentro de la zonificación 2 factor de zona 0.25g, perfil de suelo que varía desde S1 hasta S2. Ante las características descritas, los suelos y rocas fracturadas que se emplazan a lo largo de la línea de conducción, son agentes amplificadores de las ondas sísmicas, para luego dar génesis a grandes movimientos en masa. Ver Figura 49, Mapa de sismicidad en el área microzonificado.

S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
Roca dura	Roca o suelos muy rígidos	Suelos intermedios	Suelos blandos	Condiciones excepcionales

Susceptibilidad: Para el desarrollo de susceptibilidad se ha considerado factores condicionantes y desencadenantes. Las zonas de muy alta susceptibilidad son de color rojo y representan zonas en las que las rocas se encuentran muy alteradas y fracturadas, de fuertes pendientes y fácilmente erosionables. Las zonas de susceptibilidad alta comprenden sectores con rocas altamente alteradas y fracturadas, de pendientes fuertes, y suelos erosionables. Las zonas de susceptibilidad media y baja, se encuentra en toda el área de suelo aluvial, coluvial y roca fija, con pendientes medias a bajas.

Susceptibilidad Baja	Susceptibilidad Medio	Susceptibilidad Alto	Susceptibilidad Muy alta
----------------------	-----------------------	----------------------	--------------------------

Según podemos observar en la Figura 60, Mapa de probabilidad de movimientos en masa del área peri urbana microzonificado, Que se realizó con el propósito de obtención de áreas e identificación de zonas en donde la probabilidad de ocurrencia de un movimiento de remoción de masas es Muy Alta debido a hechos ya suscitados anteriormente como se pueden ver en la Figura 61. echo ocurrido el 2012 y la Figura 62 suscitado en 1997.

Tabla 19 — Probabilidad de movimiento en masa

DESCRIPCIÓN	AREA (KM2)	PORCENTAJE	COLOR
Baja	0.03	0.18%	
Media	3.33	20.46%	
Alta	3.53	21.63%	
Muy Alta	9.41	57.73%	
TOTAL	16.3	100.00%	

Fuente: Elaboración propia

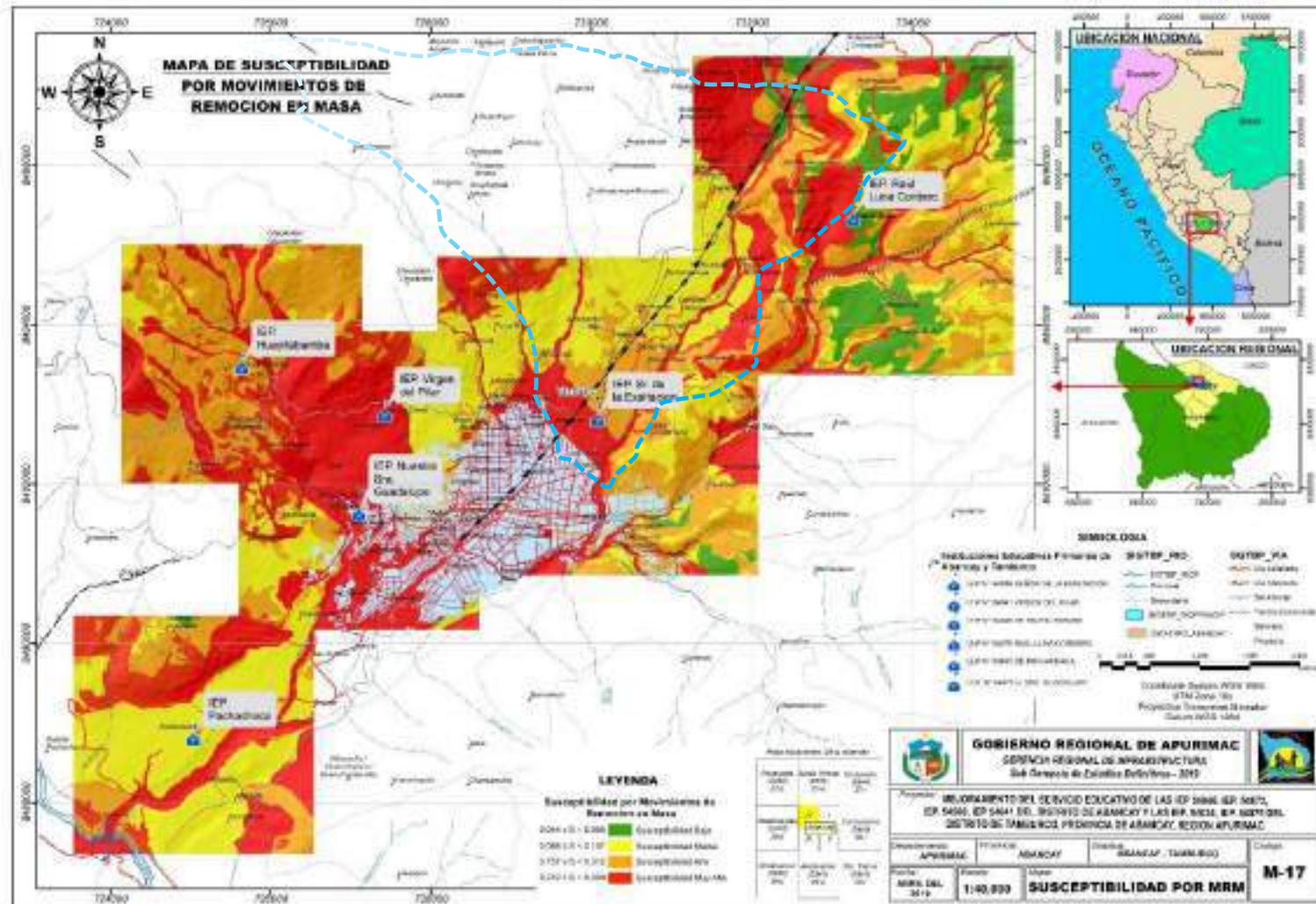


Figura 59 — Mapa de susceptibilidad del área microzonificado (GRA- Equipo Técnico SGEDI/Ing. W.J.V.QQ)

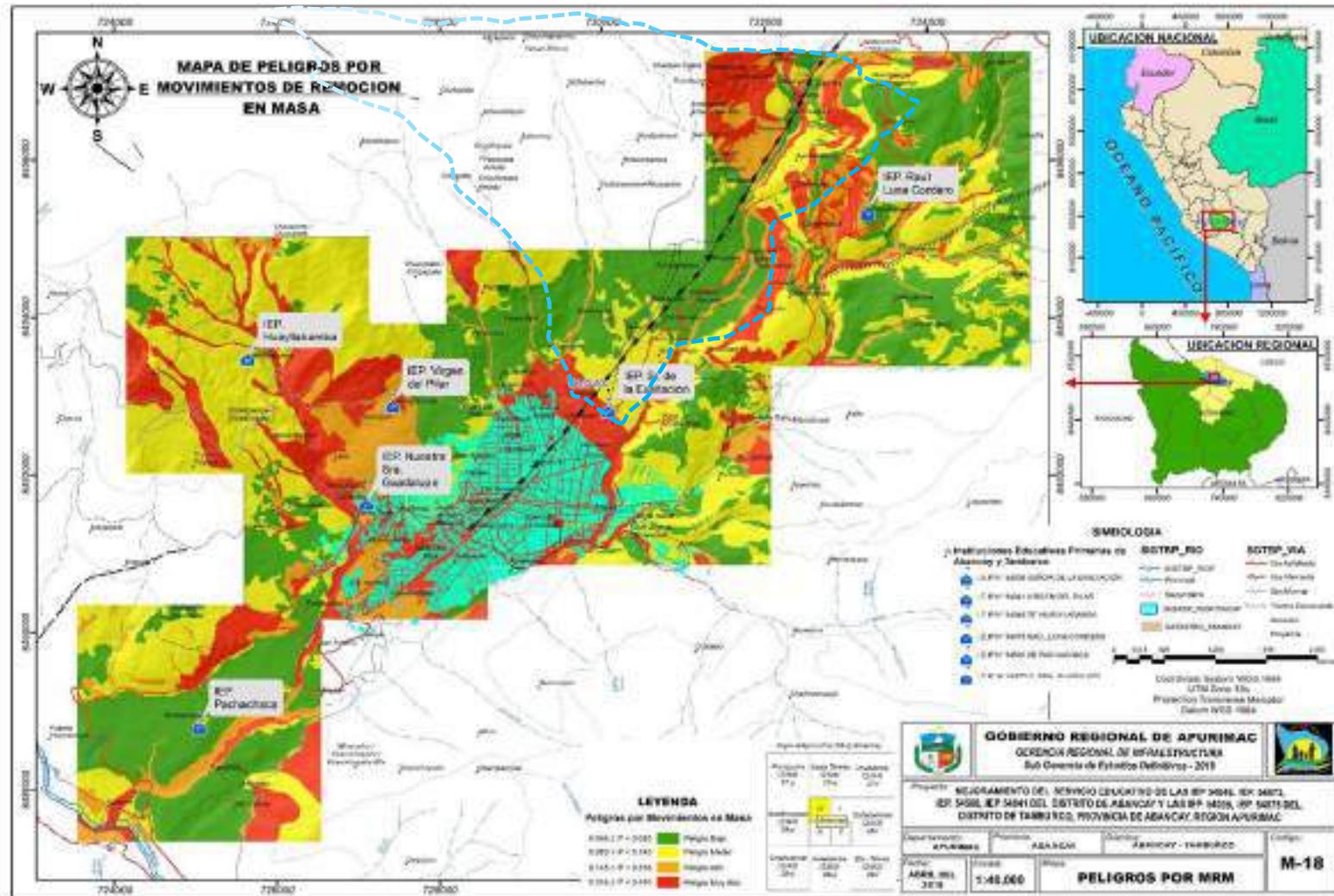


Figura 60 — Peligro por movimiento de remoción de masa en el área microzonificada (GRA- Equipo Técnico SGEDI/Ing. W.J.V.QQ)

4.5.2 Procedimientos de los Ensayos Experimentales

En este numeral se describe la instrumentación utilizada para la adquisición de los datos de campo de microtemores que fueron tomados en 06 puntos distribuidos en lugares estratégicos de la zona urbana y crecimiento poblacional del distrito de Tamburco. Estos puntos fueron seleccionados y empleados para los ensayos bajo una evaluación de sectores o barrios y similitud de resultados de estudios de mecánica de suelos recopilados de las diferentes instituciones que ejecutaron proyectos de inversión en la zona de investigación. El ensayo de campo se llevó a cabo el 03 y 04 de diciembre del 2021.

4.5.2.1 Área de ubicación de ensayos experimentales



Figura 61 — Ubicación de los puntos de ensayo MASW en el área microzonificado.

4.5.2.2 Instrumentos de medición a utilizar

Para llevar a cabo los ensayos de MASW, se utilizó un equipo de “prospección geofísica” DBS280B, desarrollado por la empresa Dolang Geophysical, el cual consta de “24 canales de entrada, cada uno tiene un convertidor A/D individual con resolución 24bit y alta velocidad de muestreo”.

- Sismógrafo Dolang GD-10
- 02 cables de conexión para geófonos de 12 canales.
- 01 cable trigger de 85m.
- 24 Geófonos de 4.5 Hz para MASW.
- Laptop con software de adquisición de datos, DBS280B V2.3.
- Placa de acero 30cm de diámetro.
- Comba de 10 kilos.



Figura 62 — Instrumentos utilizados para el ensayo MASW

4.5.2.3 Adquisición de registros en campo

Para la presente investigación, se efectuó un total de seis (6) ensayos MASW, distribuidos en la zona urbana y zona de crecimiento poblacional del distrito de Tamburco.

Tabla 20 — Puntos seleccionados para el ensayo MASW.

PUNTOS SELECCIONADOS PARA EL ENSAYO MASW					
P	SECTOR	COORDENADAS UTM		COTA (msnm)	ZONA
		E (m)	S (m)		
P1	Kerapata	731421.221	8495296.023	2874.97	18s
P2	Sahuanay	730018.23	8494145.675	2791.26	18s
P3	Maucacalle	729611.197	8493681.327	2790.76	18s
P4	Ref. c/Esc. Micaela Bastidas.	729832.356	8493074.94	2603.69	18s
P5	Ref. Posta Tamburco	729949.24	8492489.598	2521.45	18s
P6	Unamba	730663.846	8493630.327	2623.32	18s

Fuente: Elaboración propia.

Situados en el primer punto de ensayo MASW se plantaron o fijaron al terreno los 24 geófonos de manera vertical y ordenados linealmente con distancias simétricas de dos (02) metros entre cada uno de ellos, haciendo un total de 50 metros. Luego se desplegaron dos cables desde el punto de control, que está situado en el centro del arreglo geométrico, hacia los laterales para conectar a los 12 geófonos ubicados en cada lado. También se desplego un tercer cable para la fuente sísmica que va conectado a la comba de 10 kg y a la computadora de control, de esta manera cuando se procede a golpear con el martillo a la placa de acero se genere los registros de las ondas para ser grabados por la computadora.





Figura 63 — instalación del equipo para el ensayo MASW.

Previo al inicio de la recolección de datos, se realizaron pruebas funcionales del sismógrafo y sus componentes, a través de pruebas iniciales, “el procedimiento consistió en la instalación del equipo, para el medir el ruido ambiental, y utilizar filtros en la adquisición en campo por lo general en la toma de datos se esperó momentos en los que habría menor ruido ambiental”, para de este modo se registre datos confiables en campo.

Para adquirir y registrar las ondas superficiales, se realizó de 2 a 3 pruebas de registro de datos por cada uno de los puntos de investigación, con un intervalo de tiempo de registro de uno a dos segundos, “los puntos de disparo fueron ubicados a distancias mayores al 10 y 20 % de la longitud total del tendido, con el fin de evitar la saturación y amplificación de ondas de cuerpo, la fuente fue de tipo impulsiva mediante una comba de 10 Kg”, donde se efectuaron tres disparos, previo al primer geófono o luego del último geófono.

La mayor cantidad de los registros realizados, no tuvo interferencia de ruido ambiental, ya que todos los ensayos de investigación se realizaron previendo el menor ruido ambiental cerca de los puntos de ensayo.

Tabla 21 — Parámetros de adquisición de datos para el ensayo MASW.

PARAMETRO	DESCRIPCION
Medición	Dispersión de ondas superficiales
Arreglo de geófonos	24 geófonos
Espaciamiento entre geófonos	02 metros
Fuente de generación de ondas sísmicas	Percusión, comba de 10 kilos
Formato de los datos adquiridos	Seg ²
Intervalo de muestreo	0.5 ms
Longitud del registro	1.024 s

Fuente: Elaboración propio



Figura 64—Procedimiento del ensayo(golpeo de comba sobre el shuits)

4.5.2.4 Procesamiento de datos del ensayo MasW

“Los registros de ondas superficiales fueron procesados haciendo uso del software Surface Wave Analysis Wizard y Wave Eq (Surface Wave Analysis)”.

El procesamiento se empezó a realizar con el programa “Surface Wave Analysis Wizard que nos muestra el gráfico de distancia versus tiempo, que posteriormente haciendo uso de las transformadas de Fourier permite obtener las curvas de velocidad de fase versus frecuencia” es aquí donde se observa la “tendencia de la onda de fase que define la velocidad de la onda S que nos permite obtener la curva de dispersión en el modo fundamental generada en el ensayo”.

Proseguimos con el programa “Wave Eq - Surface Wave Analysis, permite obtener la variación de las velocidades de onda S con la profundidad mediante el proceso de inversión de ondas lo cual se desarrolla por procesos iterativos”. “El procesamiento de los registros de las ondas superficiales involucra tres pasos fundamentales, el análisis Slant-Stack y la transformada de Fourier, selección de la velocidad y la inversión de la velocidad de onda de corte”.

Análisis Slant-Stack y Transformada de Fourier

“El análisis espectral de velocidad está basado en la transformación p-tau o slant-stack”, descrito por J. Claerbout (1996). “Esta transformación toma una sección del registro de múltiples sismogramas, con amplitudes relacionadas con la distancia y el tiempo (x-t), y las convierte en amplitudes relacionadas con el parámetro de rayo p (el inverso de la velocidad fase) y un intercepto en el tiempo” (CONDORI NIFLA, 2016).

$$“A(p,\tau)=\int xA(x,\tau+px)dx” \quad (1)$$

“La transformada p-tau es una integral lineal a lo largo de un registro sísmico A(x, t) en una distancia x y un tiempo t”:

“La transformación p-tau, es la adición de las amplitudes registradas en las sismogramas en el dominio del tiempo x-t, con igual pendiente p, y una diferente ordenada al origen t, el resultado se ubica en el lugar del dominio t-p” (CONDORI NIFLA, 2016).

Posteriormente se toma las trazas “p-tau en A(p,t) de la ecuación (1) para calcular su transformada de Fourier, en la dirección de tau o tiempo de intercepción, para tener una estimación de amplitudes espectrales en el dominio de la velocidad de fase y la frecuencia”.

$$A\left(w,\frac{1}{V}\right)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}A'(p,t)e^{-i\omega t}dt \quad (2)$$

Dónde:

$W=2f$ y la frecuencia lineal. “La función A(f,V) representa una imagen bidimensional de la dispersión velocidad de fase de la colección de los registros”. Es por esto que, “el análisis lentitud-frecuencia ha producido un registro de la potencia espectral total en todos los registros de un sitio, que se gráfica en los ejes (p-f)”. La transformada p-tau interviene como un filtro pasa-

bajo, sobre las amplitudes en los datos. “Sin embargo, este filtro no distorsiona o influye en las frecuencias. La Transformada apila cada tiempo de intercepto a lo largo de líneas paralelas, por lo que no ocurre ningún "stretch" o distorsión de la frecuencia”.

Selección de la velocidad de fase

“Para seleccionar la velocidad de fase de cada registro, se debe tener en cuenta que la curva de velocidad de fase debe ser una línea curva suave o una línea recta, el cual refleja el modelo de velocidad” (UNDERWOOD, y otros, 2006)

“Por último, el rango de frecuencias debe ser fijado por la separación mínima y máxima de los geófonos” (Hayashi, 2003).

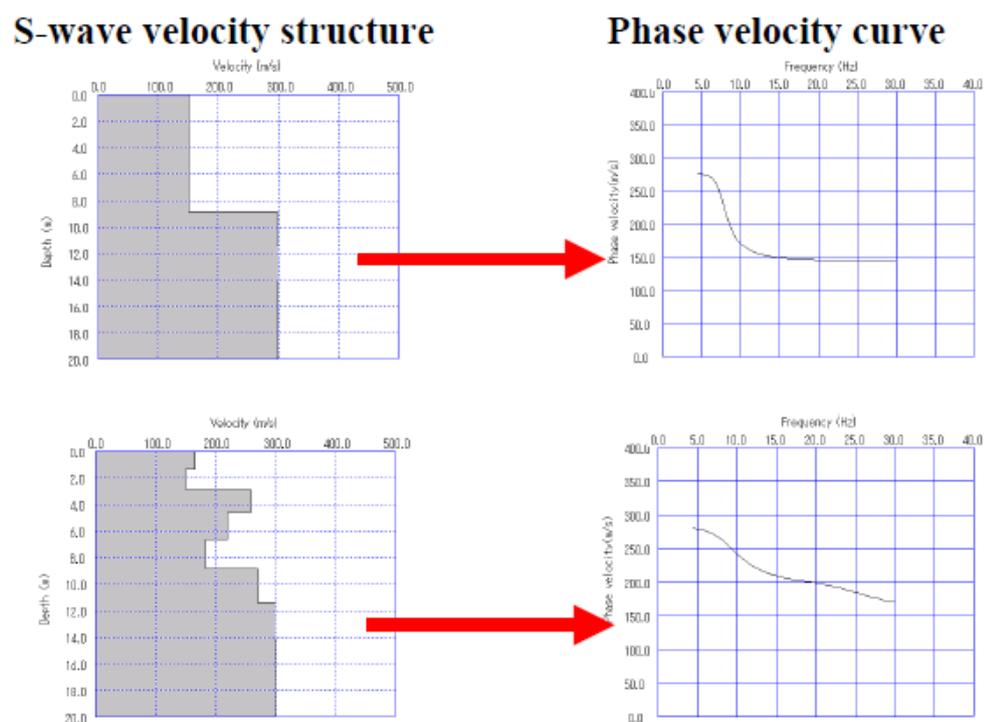


Figura 65—la velocidad de fase, línea de curva o una línea recta (K. Hayashi 2003).

“Para seleccionar nuestra velocidad de fase se debe tener en cuenta su rango de validez, donde el rango de frecuencias debe ser fijado por la separación mínima y máxima de los geófonos” (Hayashi, 2003), el espaciamiento utilizado para el registro de datos fue de 2 metros de geófono a geófono y una longitud total de ensayo MasW de 50 metros.

“Dentro de este rango se detecta con facilidad la curva de dispersión del modo fundamental de vibración de las ondas Rayleigh, por ser una curva suave conformada por los máximos espectros de energía, con velocidad de fase que



decrecen con la frecuencia, dando velocidades de fase más bajas en las frecuencias más altas y velocidades de fase más altas en las frecuencias más bajas” (Musio, 2012).

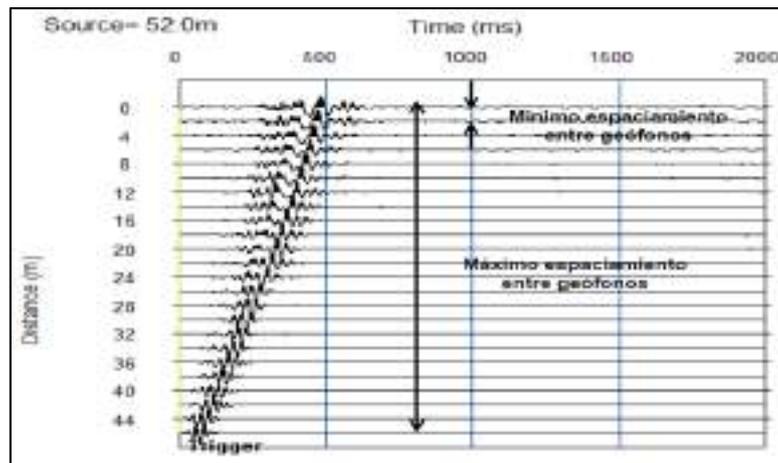


Figura 66—Grafico de tiempo vs distancia, MASW 01 kerapata. (Unitest,202).

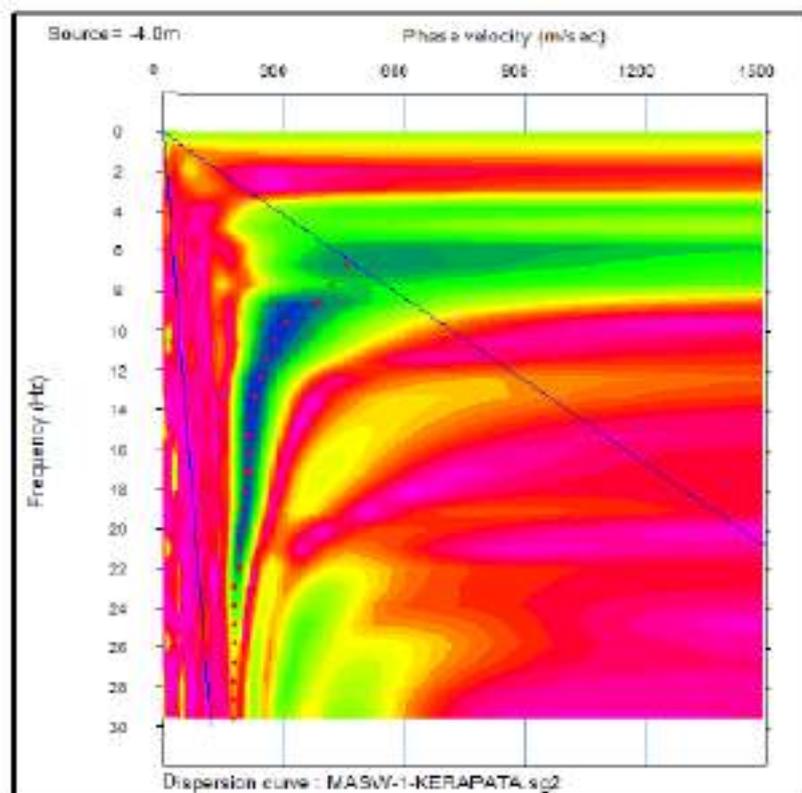


Figura 67—Curva de dispersión, MASW 01, Kerapata (Unitest,2021)

“Una vez que se ha identificado y definido correctamente la curva de dispersión del modo fundamental, se puede apreciar la fiabilidad del ensayo a través de la curva de Coherencia. Esta curva nos expresa, no la cuantía del error, sino la coherencia del ensayo consigo mismo y la constancia de la información que ofrece. Cuanto más constantes o estables se mantengan los resultados que proporciona más fiable será el ensayo” (Musio, 2012).

“El coeficiente de fiabilidad de un ensayo varía entre 0 y 1. Por ejemplo: si la correlación entre dos ensayos es $x=0.90$, significa que el 90% de la varianza del test se debe a la auténtica medida, y el resto, es decir, el 10% de la varianza del test se debe al error” (Musio, 2012).

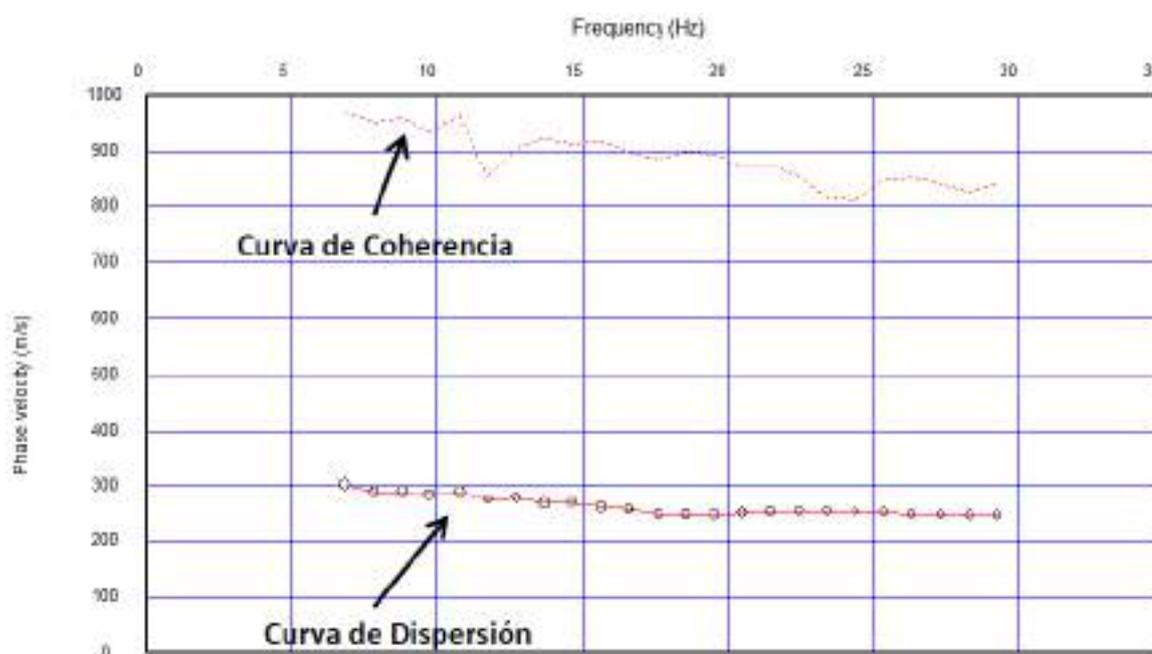


Figura 68—Curva de dispersión y curva de coherencia (Musio, 2012).

Inversión de la velocidad de onda de corte

“El proceso de inversión del perfil de ondas de corte, consiste en un problema matricial no lineal (matriz jacobiana), el cual se resuelve mediante la raíz media cuadrática RMS”.

Para este procedimiento de inversión se utilizó el “software Wave Eq (Surface Wave Analysis), del cual exportamos datos a Excel, además de poseer múltiples herramientas de correlación con ensayos geotécnicos como el SPT, valores CRR usados en licuefacción, Vs30, velocidad aparente, velocidad de compresión y el nivel freático”.



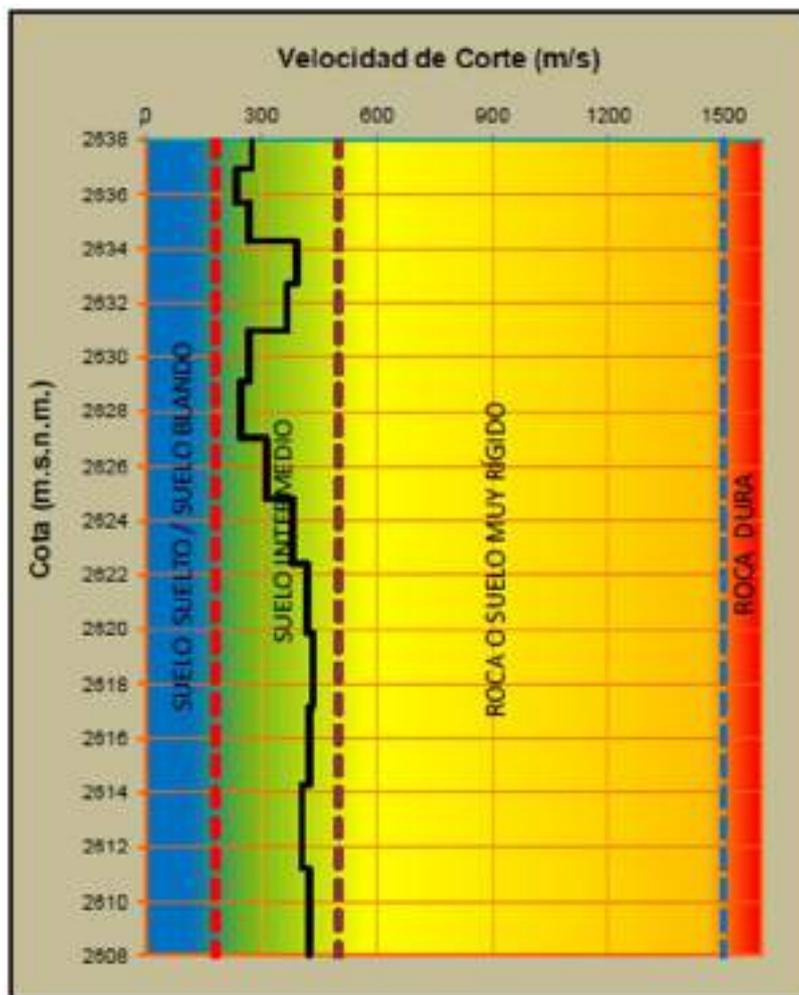


Figura 69—Perfil de ondas de corte (Unitest,2021).

4.6 Técnicas e instrumentos

4.6.1 Técnica

En esta presente investigación las principales técnicas que se utilizaran son:

La observación

La observación científica como “una técnica de recolección de información consistente en la inspección y estudio de las cosas o hechos tal como acontecen en la realidad (natural o social) mediante el empleo de los sentidos (con o sin ayuda de soportes tecnológicos), conforme a las exigencias de la investigación científica y a partir de las categorías perceptivas construidas a partir y por las teorías científicas que utiliza el investigador” (ALBERTO YUNI, 2014).

Ensayo MASW

Los registros de ondas superficiales fueron procesados haciendo uso del software Surface Wave Analysis Wizard y Wave Eq (Surface Wave Analysis). “El primer programa Surface Wave Analysis Wizard nos muestra el gráfico de distancia versus tiempo, que luego mediante las transformadas de Fourier permite obtener las curvas de velocidad de fase versus frecuencia en donde se puede ver la tendencia de la onda de fase que define la velocidad de la onda S que nos permite obtener la curva de dispersión en el modo fundamental generada en el ensayo. El segundo programa Wave Eq - Surface Wave Análisis, permite obtener la variación de las velocidades de onda S con la profundidad mediante el proceso de inversión de ondas lo cual se desarrolla por procesos iterativos. El procesamiento de los registros de las ondas superficiales involucra tres pasos fundamentales, el análisis Slant-Stack y la transformada de Fourier, selección de la velocidad y la inversión de la velocidad de onda de corte” (CONDORI NIFLA, 2016)

Análisis documental

Se buscó todas las fuentes documentadas en diferentes lugares sean públicas y privadas, con el propósito de tener la información para el análisis del área en estudio, que a mayor información del área en estudio será mucho mejor y se tendrá mejores conclusiones. En el presente estudio a través de la recolección de información antecedida se obtuvo estudios de clasificación de suelo, estratigrafía, los límites de Atterberg y demás para concluir con la elaboración de mapas y planos de microzonificación.

4.6.2 Instrumentos

Los instrumentos de investigación que se utilizaron en estas técnicas son:

- Trabajos de gabinete.
- Sismógrafo.
- Usos de software.

Para el análisis de datos que se realizaron una vez finalizado la recolección de información se usó técnicas lógicas de análisis de inducción y deducción resumiendo en toda la caracterización de la zona mediante tablas para el cual se utilizó herramientas como:

Hardware:

- Laptop core i7,1TB, 8GB RAM.
- Impresora cannon 3000 full color.
- Memoria USB 16GB.
- Cámara de 64 mega pixels.

Software:

- ArcGIS 10.6.
- AutoCAD 2018.
- Civil 3d 2018.
- Google Earth pro.
- Microsoft Excel 2016.
- Microsoft office 2016.

4.7 Análisis estadístico

En este caso del análisis e interpretación de datos se procederá mediante la aplicación de la estadística inferencial como lo indica (BORJA SUAREZ, 2012 pág. 37) “Nos permite generalizar los resultados obtenidos de la muestra hacia la población. Los resultados estadísticos para la muestra se denominan estadígrafos y la estadística de la población o Universo se le denominan parámetros. Los parámetros no son calculados sino más bien son inferidos desde los estadígrafos”.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Criterios de Análisis del ensayo experimental

Las propiedades dinámicas (velocidad de corte V_s , velocidad de compresión V_p , módulo de corte, coeficiente de Poisson y módulo de Young) del material se han calculado en base a los valores de V_s y V_p usando las ecuaciones que se muestran a continuación.

Densidad (gr/cm³)

En roca

$$\rho = 1.516 * 10^{-2} * \sqrt{V_p} + 1.597$$

En suelo

$$\rho = 1.516 * 10^{-2} * \sqrt{V_p} + 1.3$$

Onda de corte normalizada

$$V_{s1} = \left(\frac{pa}{\sigma'_{vo}} \right)^{0.25} * V_s$$

“Coeficiente de poisson”

$$v = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 2}{2 \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 2}$$

“Módulo de corte dinámico”

$$E_d = 2G_d * (1 + v)$$

“Módulo de compresibilidad dinámico”

$$K_d = \frac{E_d}{3(1 - 2v)}$$

“Módulo de Young estático”

$$E_e = 0.97 * \left(\frac{E_d}{1300000} \right)^{0.141} * E_d$$

Dónde:

ρ = Densidad del suelo o roca

V_s = “Velocidad de ondas de corte”

V_p = “Velocidad de las ondas de compresión”

v = Relación de poisson

Pa = Presión atmosférica

G_d = Modulo de corte dinámico

σ' = Esfuerzo vertical efectivo



V_{s1} = Velocidad de ondas de corte normalizada

Los criterios de análisis establecidos para la interpretación del presente estudio, “fueron determinados según la experiencia de estudios efectuados por diversos autores y a los estándares nacionales de la ingeniería geotécnica”. En las Tablas 4.15 al 4.16 se presentan las correlaciones de velocidad de ondas P y S asociados a depósitos de suelos y roca desarrollados por diversos autores e instituciones.

Tabla 22 — Criterios de estratificación del suelo según Martines Vargas (1990).

Descripción	V_p (m/s)
“Arena suelta sobre manto freático”	245 – 610
“Suelo blando”	< 300
“Arena suelta bajo el manto freático”	45 – 1220
“Arenas y gravas”	300 – 1000
“Arena suelta mezclada con grava”	455 – 1065
“Rocas blandas, grava y arena”	1000 – 2000
“Grava suelta, húmeda”	455 – 915
“Roca compacta”	2000 – 4000
“Roca muy compacta”	> 4000

Fuente: Martínez Vargas A. (1990)

Tabla 23 — Criterios de estratificación del suelo ASTM (1995)

Descripción	V_p (m/s)
Suelo Intemperizado	204 – 610
Grava o arena seca	460 – 915
Arena saturada	1220 – 1830
Arcilla saturada	910 – 2750
Agua	1430 – 1665
Agua de mar	1460 – 1525
Arenisca	1830 – 3960
Esquisto, arcilla esquistosas	2750 – 4270
Tiza	1830 – 3960
Caliza	2134 – 6100
Granito	4575 – 5800
Roca metamórfica	3050 – 7000

Fuente: ASTM D5777 (1995)

Según la norma sismoresistente E030, la cual “clasifica los perfiles de suelo tomando en cuenta las propiedades mecánicas y dinámicas del suelo, el espesor del estrato y la velocidad de propagación de ondas de corte”. (Ver Tabla 35). “Los tipos de perfiles de suelos son cinco”:

Tabla 24 — Estratificación del suelo según la norma E-030

Tipo de Suelo	Velocidad de ondas de corte Vs30 (m/s)	N1(60) SPT	Si
S0, Roca dura	$V_s > 1500$	-	
S1, Roca o suelo muy rígido	$500 < V_s < 1500$	> 50	> 100 kPa
S2, Suelos intermedios	$180 < V_s < 500$	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3, Suelos blandos	$V_s < 180$	< 15	25 kPa a 50 kPa
S4, Condiciones excepcionales	“Clasificación basada en el EMS”		

Fuente: NTP E030 - 2018

Vs30(m/s) *; Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales
 N1*; Numero de golpes corregidos, en el ensayo SPT

5.1.2 Análisis e interpretación de resultados MASW

Tomando en cuenta la información geológica y geotécnica recopilada se puede describir los perfiles obtenidos .

Terreno S0, Roca dura	$V_s > 1500$
Terreno S1, Roca o suelo muy rígido	$500 < V_s < 1500$
Terreno S2, Suelo intermedio	$180 < V_s < 500$
Terreno S3, Suelos blandos	$V_s < 180$
Terreno S4, Condiciones excepcionales	Clasificación basada en el EMS

Para cada ensayo MASW “se ha generado un modelo estratigráfico, Vs30 y el periodo fundamental”, con estos datos importantes se logró realizar la microzonificación sísmica de la zona de estudio.

Tomando en cuenta la información geológica y geotécnica recopilada se puede describir los perfiles obtenidos a continuación.

5.1.2.1 Perfil MASW – 01 (Kerapata)

En el perfil sísmico MASW-01, “se determinó que el primer estrato presenta velocidades de corte Vs de 187 a 499 m/s, con un espesor de aproximadamente 21 m”, el cual corresponde a material medianamente denso (grava con finos medianamente denso), existe la presencia de una delgada capa de material blando posiblemente saturada entre 1 a 3.7 m de profundidad con una velocidad



de onda de corte de 173 a 179 m/s, el segundo estrato presenta velocidades de corte V_s de 507 a 524 m/s, con un espesor de aproximadamente a 9 m, el cual corresponde a material muy denso o roca blanda.

5.1.2.2 Perfil MASW-02 (Sawanay)

En el perfil sísmico MASW-02, “se determinó que el primer estrato presenta velocidades de corte V_s de 501 a 507 m/s, con un espesor de aproximadamente 2 m”, el cual corresponde a material muy denso (grava con finos denso), el segundo estrato presenta velocidades de corte V_s de 463 a 459 m/s, con un espesor de aproximadamente a 2 m, el cual corresponde a material medianamente denso, el tercer estrato presenta velocidades de corte V_s de 514 a 732 m/s, con un espesor de aproximadamente a 26 m, el cual corresponde a material muy denso o roca blanda.

5.1.2.3 Perfil MASW-03 (Maucaccalle)

En el perfil sísmico MASW-03, “se determinó que el primer estrato presenta velocidades de corte V_s de 236 a 433 m/s, con un espesor de aproximadamente 30 m”, el cual corresponde a material medianamente denso (grava con finos medianamente denso).

5.1.2.4 Perfil MASW-04 (C.E Micaela Bastidas)

En el perfil sísmico MASW-04, “se determinó que el primer estrato presenta velocidades de corte V_s de 534 a 915 m/s, con un espesor de aproximadamente 30 m”, el cual corresponde a material muy denso (grava con finos muy denso o roca).

5.1.2.5 Perfil MASW-05 (Ref. Posta Tamburco)

En el perfil sísmico MASW-05, “se determinó que el primer estrato presenta velocidades de corte V_s de 539 a 785 m/s, con un espesor de aproximadamente 30 m”, el cual corresponde a material muy denso (grava con finos muy denso o roca).

5.1.2.6 Perfil MASW-06 (Unamba)

En el perfil sísmico MASW-06, “se determinó que el primer estrato presenta velocidades de corte V_s de 415 a 478 m/s, con un espesor de aproximadamente a 5 m”, el cual corresponde a material medianamente denso (grava con finos medianamente denso), el segundo estrato presenta velocidades de corte V_s de 526 a 886 m/s, con un espesor de aproximadamente a 25 m, el cual corresponde a material muy denso o roca blanda.

A continuación, visualizaremos la curva de dispersión y el perfil unidimensional del ensayo MASW realizado en los 06 punto estratégicos.

En resumen, tenemos el siguiente cuadro.

Tabla 25 — Resumen de los resultados obtenidos del ensayo

Fuente: Elaboración propia.

El resultado en imágenes del ensayo MASW se puede ver en ANEXO-01.

ENSAYO	COORDENADAS WGS84		VS30 (m/s)	E.030 2018		
	ESTE	NORTE		T(s)	COD	DENOMINACION
MASW-01	731421.221	8495296.023	330	0.36	S2	Suelo intermedio
MASW-02	730018.23	8494145.675	613	0.20	S1	Suelo muy rígido o roca
MASW-03	729611.197	8493681.327	348	0.34	S2	Suelo intermedio
MASW-04	729832.356	8493074.94	716	0.17	S1	Suelo muy rígido o roca
MASW-05	729949.24	8492489.598	672	0.18	S1	Suelo muy rígido o roca
MASW-06	730663.846	8493630.327	668	0.18	S1	Suelo muy rígido o roca

5.1.3 Análisis e interpretación del mapa de microzonificación sísmica

El indicador más empleado a nivel mundial para estimar el comportamiento local del suelo, al ser sometidas a excitaciones sísmicas es el periodo fundamentas del suelo (Ts).

“Es importante obtener los valores de periodo fundamental del suelo, para conocer los daños observados en edificaciones debido principalmente al fenómeno de resonancia en el cual tanto el suelo como la estructura oscilan en forma sincronizada y esta última se ve sometida a mayores esfuerzos y desplazamientos, los cuales pueden conducir al colapso” (CONDORI NIFLA, 2016).

“Para este estudio se hace uso de la formulación $T_s=4h/V_s$, donde h, representa la potencia del estrato y Vs, el valor de velocidad de la onda de corte, cabe señalar que esta formulación, da como resultado un valor aproximado del valor real de periodo fundamental del suelo” (CONDORI NIFLA, 2016).



El mapa de “Microzonificación sísmica está basado en isoperiodos y la velocidad de Ondas de Corte Vs30, como resultado final de la interpolación de los periodos fundamentales obtenidos de cada perfil unidimensional de onda de corte”.

Este mapa de Microzonificación Sísmica, permite conocer el comportamiento dinámico del suelo que se presenta en la zona urbana del distrito de Tamburco, “donde el periodo fundamental, es un parámetro importante en el diseño de nuevas estructuras, siendo útil en la etapa de diseño de futuras estructuras para reducir el riesgo sísmico frente a eventos sísmicos”.

Zona I - Suelos de tipo S1, Roca o suelo muy rígido.

Presenta material muy denso (grava con finos muy denso o rocas) con periodo fundamental de vibración del suelo entre 0.12 – 0.24 segundos y velocidades de propagación de onda de corte Vs30 entre 500 – 1500 m/s. Esta zona comprende los sectores de Posta del distrito de Tamburco, plaza de armas, UNAMBA, el sector Sahuanay y otros adyacentes, haciendo un total de área de 3.391 km².

“Esta zona no representa riesgos sísmico considerable debido a la presencia de roca y suelo muy denso, esta descartaría riesgos de licuefacción de suelos, e incluso de resonancia sísmica”.

Zona II – Suelos de tipo S2, Suelos intermedios.

Presenta material medianamente denso (grava con finos medianamente denso), con periodo fundamental de vibración del suelo entre 0.24 – 0.36 segundos. y velocidades de propagación de onda de corte Vs30 entre 180 – 500 m/s. Esta zona comprende la franja del sector Maucacalle, San Antonio y el sector de Kerapata, haciendo un total de área de 4.594 km².

Para tener la certera microzonificación en el presente estudio y tener la confiabilidad de los resultados obtenidos, corroboramos los resultados obtenidos, realizando la verificación con la Norma Técnica Peruana de edificaciones específicamente con la E.030 - Diseño Sismorresistente, es así que de los 06 puntos en estudio se concluyó de acuerdo a la norma que la zona urbana del distrito de Tamburco presenta dos tipos de suelos anteriormente ya descritos.



5.1.4 Evaluación de riesgos sísmico

Dentro del acápite IV se describieron los peligros que afectan al área microzonificado mediante la recolección de información y mediante la verificación in situ del área microzonificado, con el propósito de obtener información clasificada que nos ayude a tener una microzonificación más completa y concisa, por tanto a los peligros como a la vulnerabilidad se realizaron un análisis descriptivo el cual concluimos con la elaboración de mapas para distinción de las áreas o zonas con mayor y menor probabilidad de peligro, así mismo también con vulnerabilidad y finalmente riesgo todos estos mapas podemos encontrarlo en la parte de los anexos.

Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy alto
----------------	-----------------	----------------	--------------------

Ya obtenido los resultados se deben seleccionar las estrategia y acciones a seguir para dar respuesta al riesgo identificado, y para ello planteamos lo siguiente:

- “Mitigar, que implica llevar a cabo acciones que permitan reducir la probabilidad de ocurrencia o el impacto de un riesgo sobre el área microzonificado”.
- “Evitar, que supone eliminar la(s) causa(s) generadoras del riesgo o proteger el área microzonificado del impacto de riesgo”.

En el presente trabajo de investigación, bajo el recurso de recopilación de información nos acogemos al marco normativo sobre las “medidas de prevención y reducción del riesgo de desastres a lo que la ley denomina gestión prospectiva y correctiva” en términos generales denominado así a toda de acción que se orienta a prevenir la generación de nuevos riesgos presentes en el área microzonificado de la zona urbana y periurbana del distrito de Tamburco dentro del contexto del desarrollo sostenible.

Se pueden acoger acciones de orden estructural y no estructural, para lo cual realizamos un formato de diagnóstico en el cual resumiremos las acciones y recomendaciones que se podrían adoptar con el propósito preventivo antes amenaza de riesgos.

Ante al marco denominado medidas de orden estructural podemos proponer como un proyecto de inversión: el manejo integral de las amenazas de los procesos geodinámicos activos en el distrito de Tamburco. En el que se integra estudios de ingeniería que buscarían la resistencia o la adecuada conducción de los movimientos

de masa que son los peligros latentes en el distrito de Tamburco el cual son peligros de orden estratigráfico muy alto.

A continuación, se desarrollarán las fichas anteriormente propuestas para resumir las “actividades dentro del componente de riesgos y conservación o estabilización de suelos, el cual buscan reducir el nivel de afectación ante movimientos en masa y procesos geodinámicas activos”.

Tabla 26— Ficha de Medidas de orden estructural.

01.FICHA PARA MOVIMIENTOS EN MASA		
Actividad:	Componente:	
Reforestacion de zonas denudadas	Prevencion	
1. ASPECTOS GENERALES		
1.1 Ubicación	1.2 Antecedentes	1.3 Naturaleza del proyecto
Tamburco, Apurimac	Abancay, Diferentes inundaciones y flujos aluviónicos con probabilidad de generación grandes daños	complementario 1.4 Prioridad Muy alta
2. IDENTIFICACION		
2.1 Identificacion del problema	2.2 Entidades involucradas	
Alto nivel de riesgo en la población y areas ocupadas por agricultura y ganaderia, a la ocurrencia de eventos como movimientos en masa así como eventos climáticos extremos.	Municipalidad, Gore, Poblacion, Ingemmet, Indeci, Cenepred y Unamba.	
	2.3 Beneficiarios Poblacion de Tamburco y ciudad de Abancay	
3. FORMULACION DEL PROYECTO		
3.1 Descripcion del Proyecto		
Una entidad por intermedio de areas de estudios de preinversion definirá las condiciones de suelos y la mejor alternativa para procesos de arborización en concordancia con las condiciones topográficas, taxonómicas y climáticas de la zona. Una vez identificada las zonas se procederá a determinar áreas más exactas con mayor precisión a las establecidas en el estudio para con ello poder determinar las zonas a reforestar e identificar el tipo de arbol generalmente el que tenga enraizamiento a mas de 5 m.		
3.2 Objetivo General		
Reforestar las áreas denudadas y reducir el nivel de infiltración y erosión de los suelos.		



Tabla 27— 02 Ficha de Medidas de orden estructural.

02. FICHA PARA MOVIMIENTOS EN MASA	
Actividad:	Componente:
Investigacion geotecnicas hidrogeologicas 1. ASPECTOS GENERALES 1.1 Ubicación Tamburco, Abancay, Apurimac	Prevencion 1.2 Antecedentes Diferentes inundaciones y flujos aluviónicos con probabilidad de generación grandes daños 1.3 Naturaleza del proyecto complementario 1.4 Prioridad Muy alta 2. IDENTIFICACION 2.1 Identificacion del problema Alto nivel de riesgo en la población y areas ocupadas por agricultura y ganaderia, a la ocurrencia de eventos como movimientos en masa así como eventos climáticos extremos. 2.2 Entidades involucradas Municipalidad, Gore, Poblacion, Ingemmet, Indeci, Cenepred y Unamba. 2.3 Beneficiarios Poblacion de Tamburco y ciudad de Abancay 3. FORMULACION DEL PROYECTO 3.1 Descripcion del Proyecto Estudios de investigación geofísica e hidrogeológica que considere sondajes, refraccion sismica, y determinación de condiciones de flujos subterráneos, que den cuenta de los caudales y parámetros hidrogeológicos locales y su relación con las condiciones de saturación de los suelos. Los estudios geotécnicos definen las condiciones de estabilidad de los taludes en función a parámetros físicos de equilibrio límite, y de las condiciones de saturación de suelos. Puntualmente se analizarán las condiciones sobre la laguna de Angascocha y la margen derecha de la quebrada 3.2 Objetivo General Establecer comportamiento hidrogeológicos locales y de las zonas inestables así como los niveles de estabilidad de los taludes en función de los factores de seguridad

Fuente: Elaboración Propia (siguiendo modelos de diagnóstico).



Tabla 28— 03 Ficha de Medidas de orden estructural.

03. FICHA PARA MOVIMIENTOS EN MASA	
Actividad:	Componente:
Diseño y construcción de Banquetas	Prevención
1. ASPECTOS GENERALES	
1.1 Ubicación	1.2 Antecedentes
Tamburco, Abancay, Apurímac	Diferentes inundaciones y flujos aluviónicos con probabilidad de generación grandes daños
	1.3 Naturaleza del proyecto
	complementario
	1.4 Prioridad
	Muy alta
2. IDENTIFICACION	
2.1 Identificación del problema	2.2 Entidades involucradas
Alto nivel de riesgo en la población y áreas ocupadas por agricultura y ganadería, a la ocurrencia de eventos como movimientos en masa así como eventos climáticos extremos.	Municipalidad, Gore, Población, Ingemmet, Indeci, Cenepred y Unamba.
	2.3 Beneficiarios
	Población de Tamburco y ciudad de Abancay
3. FORMULACION DEL PROYECTO	
3.1 Descripción del Proyecto	
Desarrollar y construir banquetas así como elementos de estructuras que estabilicen los deslizamientos activados en la zona crítica. Sobre la base de los estudios hidrogeológicos y geotécnicos y de los parámetros de diseño establecidos.	
3.2 Objetivo General	
Desarrollar elementos básicos de estabilización de áreas críticas.	

Fuente: Elaboración Propia (siguiendo modelos de diagnóstico).



Tabla 29—04 Ficha de Medidas de orden estructural.

04. FICHA PARA MOVIMIENTOS EN MASA	
Actividad:	Componente:
Zanjas de Infiltracion	Prevencion
1. ASPECTOS GENERALES	
1.1 Ubicación	1.2 Antecedentes
Tamburco, Abancay, Apurimac	Diferentes inundaciones y flujos aluviónicos con probabilidad de generación grandes daños
	1.3 Naturaleza del proyecto
	complementario
	1.4 Prioridad
	Muy alta
2. IDENTIFICACION	
2.1 Identificación del problema	2.2 Entidades involucradas
Alto nivel de riesgo en la población y áreas ocupadas por agricultura y ganadería, a la ocurrencia de eventos como movimientos en masa así como eventos climáticos extremos.	Municipalidad, Gore, Poblacion, Ingemmet, Indeci, Cenepred y Unamba.
	2.3 Beneficiarios
	Poblacion de Tamburco y ciudad de Abancay
3. FORMULACION DEL PROYECTO	
3.1 Descripción del Proyecto	
Implementar zanjas de infiltración en la corona de deslizamientos activos. Sobre la base de los estudios hidrogeológicos y geotécnicos, y de parámetros de diseño establecidos para un adecuado nivel de estabilidad.	
3.2 Objetivo General	
Reducir la presencia de agua en los taludes así como las condiciones de las zonas críticas	

Fuente: Elaboración Propia (siguiendo modelos de diagnóstico).



Tabla 30—05-Ficha de Medidas de orden estructural.

05. FICHA PARA MOVIMIENTOS EN MASA		
Actividad:	Componente:	
Acondicionamiento y planificación urbana	Prevencion	
1. ASPECTOS GENERALES		
1.1 Ubicación	1.2 Antecedentes	1.3 Naturaleza del proyecto
Tamburco, Abancay, Apurimac	Diferentes inundaciones y aluviónicos con probabilidad de generación de daños	complementario 1.4 Prioridad Muy alta
2. IDENTIFICACION		
2.1 Identificación del problema	2.2 Entidades involucradas	
Alto nivel de riesgo en la población y áreas ocupadas por agricultura y ganadería, a la ocurrencia de eventos como movimientos en masa así como eventos climáticos extremos.	Municipalidad, Gore, Poblacion, Ingemmet, Indeci, Cenepred y Unamba.	
	2.3 Beneficiarios	
	Poblacion de Tamburco y ciudad de Abancay	
3. FORMULACION DEL PROYECTO		
3.1 Descripción del Proyecto		
Proceso de acondicionamiento urbano para el rediseño del puente en el centro poblado Tamburco, considerando los elementos básicos de la dinámica fluvial, las grandes avenidas extraordinarias, en las que la sección hidráulica pueda contener flujos con un periodo de retorno de 100 años. Sobre la base de la investigación hidrológica e hidráulica.		
3.2 Objetivo General		
Establecer adecuadas condiciones de distribución urbana considerando las condiciones del cauce del río Sahuanay, considerando caudales extremos de origen aluviónicos e hidrológico.		

Fuente: Elaboración Propia (siguiendo modelos de diagnóstico).



De orden no estructural

“Las medidas no estructurales corresponden a cualquier medida que no suponga una construcción física y que utiliza el conocimiento, las practicas o los acuerdos existentes para reducir el riesgo y sus impactos”.

Tabla 31—01-Ficha de Medidas de orden no estructural.

01. FICHA PARA ACTIVIDADES DE ORDEN NO ESTRUCTURAL		
Actividad:	Componente:	
<p>Implementación de un Sistema de Alerta Temprana - SAT ante huaycos e inundaciones</p> <p>1. ASPECTOS GENERALES</p> <p>1.1 Ubicación</p> <p>Tamburco, Abancay, Apurimac</p> <p>1.2 Antecedentes</p> <p>Diferentes inundaciones y flujos aluviónicos con probabilidad de generación grandes daños</p> <p>1.3 Naturaleza del proyecto</p> <p>complementario</p> <p>1.4 Prioridad</p> <p>Muy alta</p> <p>2. IDENTIFICACION</p> <p>2.1 Identificacion del problema</p> <p>Alto nivel de riesgo en la población y areas ocupadas por agricultura y ganaderia, a la ocurrencia de eventos como movimientos en masa así como eventos climáticos extremos.</p> <p>2.2 Entidades involucradas</p> <p>Municipalidad, Gore, Poblacion, Ingemmet, Indeci, Cenepred y Unamba.</p> <p>2.3 Beneficiarios</p> <p>Poblacion de Tamburco y ciudad de Abancay</p> <p>3. FORMULACION DEL PROYECTO</p> <p>3.1 Descripcion del Proyecto</p> <p>Implementar un SAT que implique los 4 componentes de acuerdo al Reglamento SINAGERD.</p> <p>3.2 Objetivo General</p> <p>Reducir el riesgo de desatres ante los peligros latentes de los geodinamicos externos</p>	<p>Prevencion</p>	

Fuente: Elaboración Propia (siguiendo modelos de diagnóstico).



Tabla 32 — 02-Ficha de Medidas de orden no estructural.

02. FICHA PARA ACTIVIDADES DE ORDEN NO ESTRUCTURAL		
Actividad:		Componente:
Planes de Gestión de Riesgos		Prevencion
1. ASPECTOS GENERALES		
1.1 Ubicación	1.2 Antecedentes	1.3 Naturaleza del proyecto
Tamburco, Abancay, Apurimac	“Diferentes inundaciones y flujos aluviónicos con probabilidad de generación grandes daños”	complementario
		1.4 Prioridad
Muy alta		
2. IDENTIFICACION		
2.1 Identificación del problema		2.2 Entidades involucradas
“Alto nivel de riesgo en la población y áreas ocupadas por agricultura y ganadería, a la ocurrencia de eventos como movimientos en masa así como eventos climáticos extremos”.		Municipalidad, Gore, Poblacion, Ingemmet, Indeci, Cenepred y Unamba.
		2.3 Beneficiarios
		Poblacion de Tamburco y ciudad de Abancay
3. FORMULACION DEL PROYECTO		
3.1 Descripción del Proyecto		
“Desarrollo de planes de Gestión de Riesgos enfocados en un contexto de prevención de riesgos, donde el gobierno local asume el rol planificador, estableciendo actividades que conlleven a la generación de una cultura de prevención a través de proyectos y acciones enmarcados dentro de un enfoque de cuenca”.		
3.2 Objetivo General		
“Mejorar el conocimiento y acciones de las autoridades y población”.		

Fuente: Elaboración Propia (siguiendo modelos de diagnóstico).

5.2 Contrastación de hipótesis

Se demostró que La microzonificación sísmica con una caracterización estratigráfica adecuada, permite identificar el comportamiento mecánico y dinámico del suelo en la zona urbana del distrito de Tamburco, logrando obtener dos (02) zonas, ZONA I (Suelos de tipo S1, Roca o suelo muy rígido.) con periodo fundamental de vibración del suelo entre 0.12 – 0.24 segundos y velocidades de propagación de onda de corte Vs30 entre 500 – 1500 m/s y ZONA II (Suelos de tipo S2, Suelos intermedios) con periodo fundamental de vibración del suelo entre 0.24 – 0.36 segundos. y velocidades de propagación de onda de corte Vs30 entre 180 – 500 m/s.

La velocidad de propagación de ondas de corte determina con mayor precisión la caracterización del perfil estratigráfico en la zona urbana del distrito de Tamburco, debido a que abarca mayor profundidad alcanzando para este caso los 30 metros de profundidad el cual nos proporciona una información con mayores detalles a comparación con las calicatas a cielo abierto. Cabe resaltar que el distrito de Tamburco no presenta riesgos sísmicos considerables debido a la presencia de roca y suelo muy denso.

Se determinó que los tipos de suelo (S) y los periodos fundamentales de vibración natural del suelo son factores determinantes en la microzonificación sísmica del distrito de Tamburco. Se cuenta con dos tipos de perfiles de suelo S1 y S2 con V_{s30} entre 500 – 1500 m/s y 180 – 500 m/s respectivamente.

5.3 Discusión

En esta tesis se tuvo como propósito conocer la estratigrafía y crear una microzonificación sísmica del distrito de Tamburco. De los resultados obtenidos se puede deducir que las zonas donde se realizaron los ensayos no presentan riesgos como agrietamiento, licuefacción, hundimientos diferenciales, entre otros.

De acuerdo a Br. DE JESÚS GARCÍA Adriana y Br. LÓPEZ PALACIOS Néstor Javier, 2014, que proponen una microzonificación sísmica en el sector Noreste de la ciudad de Managua; quienes realizaron la investigación haciendo uso el “Análisis de Micro tremores, MASW y SPAC” sin embargo cabe mencionar que también es posible microzonificar solamente con Análisis de Micro tremores y ensayos MASW ya que el SPAC ayuda a corroborar los resultados. A cambio del SPAC se validó los resultados de la presente investigación haciendo uso de la Norma Peruana E030 y tomando como apoyo los resultados de los diferentes estudios de mecánica de suelos realizados en las obras publicas y privadas en la zona de estudio.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La presente investigación, realizada en el distrito de Tamburco, provincia de Abancay, perteneciente al departamento de Apurímac, permitió llegar a las siguientes conclusiones:

- Se cumplió con el objetivo de determinar la microzonificación sísmica de la zona urbana del distrito de Tamburco, expresada en diferentes mapas que se adjuntan en anexo.
- Se logró determinar la velocidad promedio de ondas de corte en la caracterización del perfil estratigráfico, de donde concluimos que el distrito de Tamburco, presenta velocidades promedio de ondas de corte V_{s30} de 330.00 a 716.00 m/s, tomando en cuenta los 30.00 m de profundidad del suelo superficial.
- Se logró determinar los valores del periodo fundamental de vibración natural del suelo en la caracterización del perfil estratigráfico de la zona urbana del distrito de Tamburco, de donde podemos concluir que el distrito de Tamburco, presenta periodos de vibración fundamental en el rango de 0.17 a 0.36 s, tomando en cuenta los 30.00m de profundidad del suelo superficial.
- Se logro identificar los tipos de suelo (S), de donde concluimos que la zona sur del distrito Tamburco en los sectores de Sawanay, Tupac Amaru, CE Micaela Bastidas y UNAMBA son del tipo de Suelo muy rigido o roca S1. - Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada q_u es mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con N_{60} mayor que 50. - Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada S_u mayor que 100 kPa (1 kg/cm²), con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad, teniendo un total de área de 3.391 km². Los sectores de Kerapata y Maucacalle, tienen el tipo de suelo intermedio S2 - Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N_{60} , entre 15 y 50. - Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada S_u , entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad, teniendo un total de área de 4.594 km².

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda correlacionar los resultados aquí mostrados con ensayos directos (calicatas o perforaciones) “para establecer una comparación directa de los materiales y espesores que se encuentran en los estratos investigados, debido a que el método presenta limitantes en detectar con exactitud las interfaces entre estratos de espesores delgados”.
- Se recomienda realizar un estudio detallado de mecánica de suelos para definir el tipo de cimentación al igual que la profundidad de desplante de cada estructura teniendo en cuenta el grado de compactación de los materiales y el asentamiento esperado.
- Se recomienda “establecer adecuadas condiciones de distribución urbana considerando las condiciones del cauce del río Sahuanay, Mariño considerando caudales extremos de origen aluviónicos e hidrológico”, además de los movimientos de masa o flujo de detritos.
- Se recomienda desarrollar planes de Gestión Municipal, que ayuden a sensibilizar a la población de realizar construcciones con guía técnica o ayuda profesional.
- Se recomienda desarrollar planes de Gestión de Riesgos enfocados en riesgo de desastres, “donde el gobierno local asume el rol planificador, estableciendo actividades que conlleven a la generación de una cultura de prevención a través de proyectos y acciones enmarcados dentro de un enfoque de cuenca”.
- Se recomienda reforestar las zonas denudadas o “procesos de arborización en concordancia con las condiciones topográficas, taxonómicas y climáticas de la zona”, como un medio de mitigación o prevención de riesgos.
- Se recomienda “desarrollar y construir banquetas, así como elementos de estructuras que estabilicen los deslizamientos activos en la zona crítica. Sobre la base de los estudios hidrogeológicos y geotécnicos y de los parámetros de diseño establecidos”.
- Se recomienda “Implementar zanjas de infiltración en la corona de deslizamientos activos, sobre la base de los estudios hidrogeológicos y geotécnicos y de parámetros de diseño establecidos para un adecuado nivel de estabilidad”

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas en el Perú. ALVA HURTADO, J.E. y TORRES CABREJOS, R. 1983. 2, Lima : s.n., 1983, Vol. 02. 33-36.

ALBERTO YUNI, Jose y ARIEL URBANO, Claudio. 2014. *Técnicas para investigar: recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación.* Córdoba : Editorial brujas, 2014. 978-987-591-548-0.

BAZAN ABARCA, Danny y CHAPARROSOTO, Alizz. 2018. *Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Abancay.* Abancay : s.n., 2018.

BESSASON, B and Erlingsson, S. 2011. *Shear wave velocity in surface sediments.* Islanda : Faculty of civil and environmental engineering, university of Iceland., 2011. 53-55.

BIOT, M. 1962. *Mechanics of Aeformation and Acoustic Propagation in Porous Media.* 1962.

BOLAÑOS LUNA Ana, MONROY CONCHA Omar. 2004. *Espectros de Peligros Sísmicos Uniforme.* Lima : s.n., 2004.

BORJA SUAREZ, Manuel. 2012. *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros.* Chiclayo-Peru : s.n., 2012.

BRAJA M, DAS. 2014. *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.* Mexico : CENGAGE Learning, 2014. Vol. Cuarta Edición.

CONDORI NIFLA, Miguel Angel. 2016. *Caracterización estratigráfica y microzonificación sísmica del distrito de Chimbote mediante el ensayo MASW.* Arequipa : s.n., 2016.

CONTRERAS, Romel. 2015. *El sensor sísmológico: geófono.* Venezuela : s.n., 2015. 10.6084/m9.figshare.8801045.v1.

CRUDEN, D.M., Y VARNES, D.J. 1996. *Landslide Types and Processes.* En: "Landslides. Investigation and Mitigation". Washington D.C : Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L., 1996. 36-75.

Gobierno Regional de Apurímac. 2006. *Estudio de Diagnóstico y Zonificación de la Provincia de Abancay.* Abancay : s.n., 2006.

HERNANDES SAMPIERI, Roberto y FENADEZ COLLADO, Carlos y DEL PILAR BAPTISTA, Lucio M. 2014. *Metodología de la investigación.* Mexico : Interamericana Editores, S.A. de C.V, 2014. 978-1-4562-2396-0.

HERNANDO TAVERA, E. bufon. 2018. IGP. [En línea] 28 de Octubre de 2018. [Citado el: 08 de setiembre de 2020.] <https://ingenieriageofisica.com/sismicidad-de-peru/>.



HUASHUA HUARCAYA, Maximo y SANCHES CONTRERAS, Maximo. 2017. *Analisis de la Vulnerabilidad Sismica de las Viviendas Autoconstruidas de la Urbanizacion Bella Vista de la Ciudad de Abancay-Apurimac.* Abancay : s.n., 2017.

IGP. 2012. Instituto Geofisico del Peru. [En línea] 2012. <https://www.gob.pe/igp>.

INDECI. 2007. *Mapa de Peligros de la Ciudad de Abancay.* Abancay : s.n., 2007.

—. **2007.** *Mapa de Peligros de la Ciudad de Abancay.* Abancay : s.n., 2007.

INEI. 2018. Censos Nacionales 2017. [En línea] octubre de 2018. [Citado el: 31 de Julio de 2020.] https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1557/.

INGEMMET. 2012. *Evaluacion del Flujo de Ditritos de Tamburco provincia de Abancay, Region de Apurimac.* Lima : s.n., 2012.

—. **2019.** *Evaluación Integral de la Cuenca de río Mariño (Abancay, Apurímac) para la prevención de desastres de origen geológico y geo-hidroológico.* Lima : Biblioteca Nacional del Perú N° 2019-15481, 2019.

—. **2013.** *Informe de susceptibilidad a Movimientos en masa – Cuenca Sahuanay Tamburco – Abancay /Apurímac.* ABANCAY : s.n., 2013.

—. **2012.** *Segundo Reporte de Zonas Criticas por Peligros Geologicos y Geo-hidrologicos en la Region de Apurimac.* Abancay : s.n., 2012.

KRAMER, Steven L. 1996. *Geotechnical Earthquake Engineering.* New Jersey, USA : 1ra ed. Prentice Hall,, 1996. 653p.

LAZCANO, Salvador. 2012. *Perfiles de velocidad de onda de corte y análisis del comportamiento sísmico.* Cancun, mexico : Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A.C, 2012.

McDONALD, Rob. 1992. TIERRA DAT GEOPHYSICAL INNOVATION. [En línea] 1992. [Citado el: 15 de Mayo de 2021.] <http://terradat.es/survey-methods/masw/>.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2018. Reglamento Nacional de Edificaciones. *Modifican la Norma Técnica E-030 Diseño Sismoresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones.* 2018.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2018. Reglamento Nacional de Edificaciones. *Modifican la Norma Técnica E-030 Diseño Sismoresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones.* 2018.

Municipalidad Provincial de Abancay. 2012. *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Abancay 2012-2021.* Abancay : s.n., 2012.



—. **2011.** *Plan de desarrollo urbano de la ciudad Abancay 2012 - 2021.* Abancay : s.n., 2011. pág. 26.

MUÑOS, D. 2004. *Conceptos basicos en riesgo sismico.* Madrid : s.n., 2004.

PARK, Choon B. y MILLER, Richard D. 2008. *Roadside passive multichannel analysis of surface waves (MASW).* s.l. : Journal of Environmental & Engineering Geophysics, 2008. 1-11.

PARK, Choon B., MILLER, Richard D.,XIA, Jianghai,and IVANOV,Julian. 2007. *Multichannel analysis of surface waves (MASW) - active and passive methods.* . Lawrence, USA. : Kansas geological survey, 2007. 1-3.

PREDES. 2014. *Informe Final de Suceptibilidad a la Ocurrencia de Movimientos de Masa en la Microcuenca de Sahunay-Distrito Tamburco,Provincia de Abancaya. Region de Apurimac.* Abancay : s.n., 2014.

—. **2014.** *Informe Final de Suceptibilidad a la Ocurrencia de Movimientos de Masa en la Microcuenca de Sahunay-Distrito Tamburco,Provincia de Abancaya. Region de Apurimac.* abancay : s.n., 2014.

RIVERA ZETA, Miguel A, PIEDRA RUBIO, Ramiro y PARIPANCA GARCIA, Yris. 2016. *Ensayos Geofisicos de Refraccion Sismica de Ondas de Corte (MASW Y MAM) para Usos de Cimentacion en Obras de Edificasciones.* Lima : s.n., 2016.

ROBERTS, James y ASTEN,Michael w. 2004. *Resolving a velocity inversion at the geotechnical scale using the microtremor (passive seismic) survey method.* Australia : Journal of Exploration Geophysics, 2004.

STEIN Y WYSESSION, Michael. 2003. *An introduccion to seismology, and earth structure.* 2003.

SUARES GOMEZ, Luis Roberto. 2017. *Optimizacion de Parametros para la Adquisicion de Datos Medidos Insitu por Medio Del Metodo De Analisis Multicanal de Ondas Superficiales.* Chile : s.n., 2017.

TAVERA, HERNANDO, E. bufon. 2018. IGP. [En línea] 28 de Octubre de 2018. [Citado el: 08 de Setiembre de 2020.] <https://ingenieriageofisica.com/sismicidad-de-peru/>.

THORNE, Lay y WALLACE,Terry c. 1995. *Modern Global Seismology.* ESTADOS UNIDOS DE AMERICA : Copyright © 1995 por ACADEMIC PRESS, 1995. 978-0-12-732870-6.

UNDERWOOD, D y HAYASHI, K. 2006. *Surface Wave Data.* U.S. : Geometrics inc, 2006.

WOODS, Richard D. 1968. *Screening of Surface Waves in Soils.* Michigan : The university of Michigan , 1968. 6-5.

XIA, Jianghai, MILLER, Richard D. y PARK, Choon B. 1999. *Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh waves.* s.l. : Geophysics,, 1999. 691–700.

ANEXO 01. Gráficos de curva de dispersión – perfil unidimensional velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales. periodo fundamental del suelo.

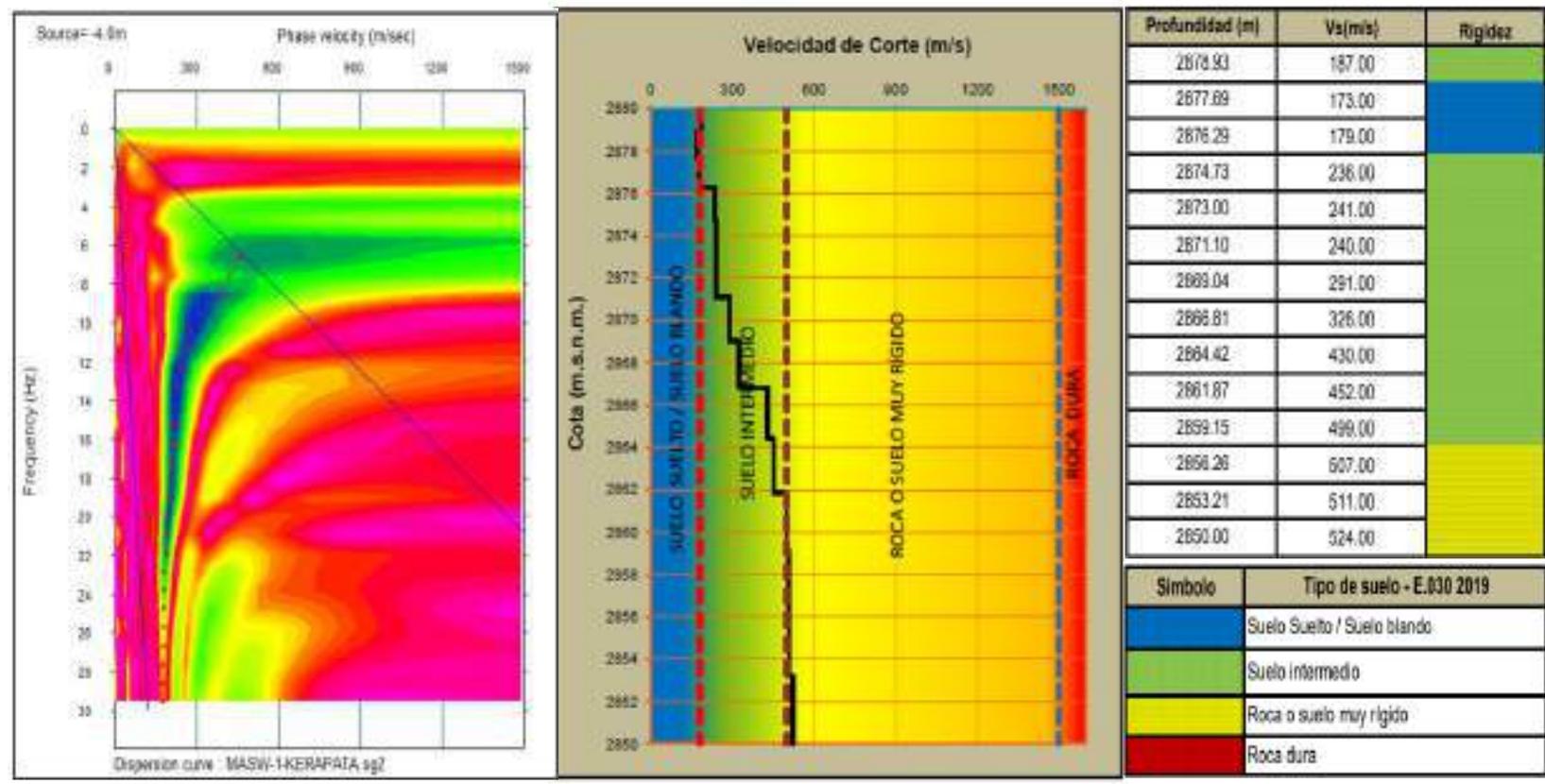


Figura 70—Curva de Dispersión – Perfil Unidimensional – Cuadro de resumen/Leyenda (MASW01- KERAPATA) (Unitest,2021).

MASW 01: Vs30=330.00m/s Tipo de suelo: S2 Ts*=0.36

Vs30: Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales.

Ts*: Periodo fundamental del suelo.

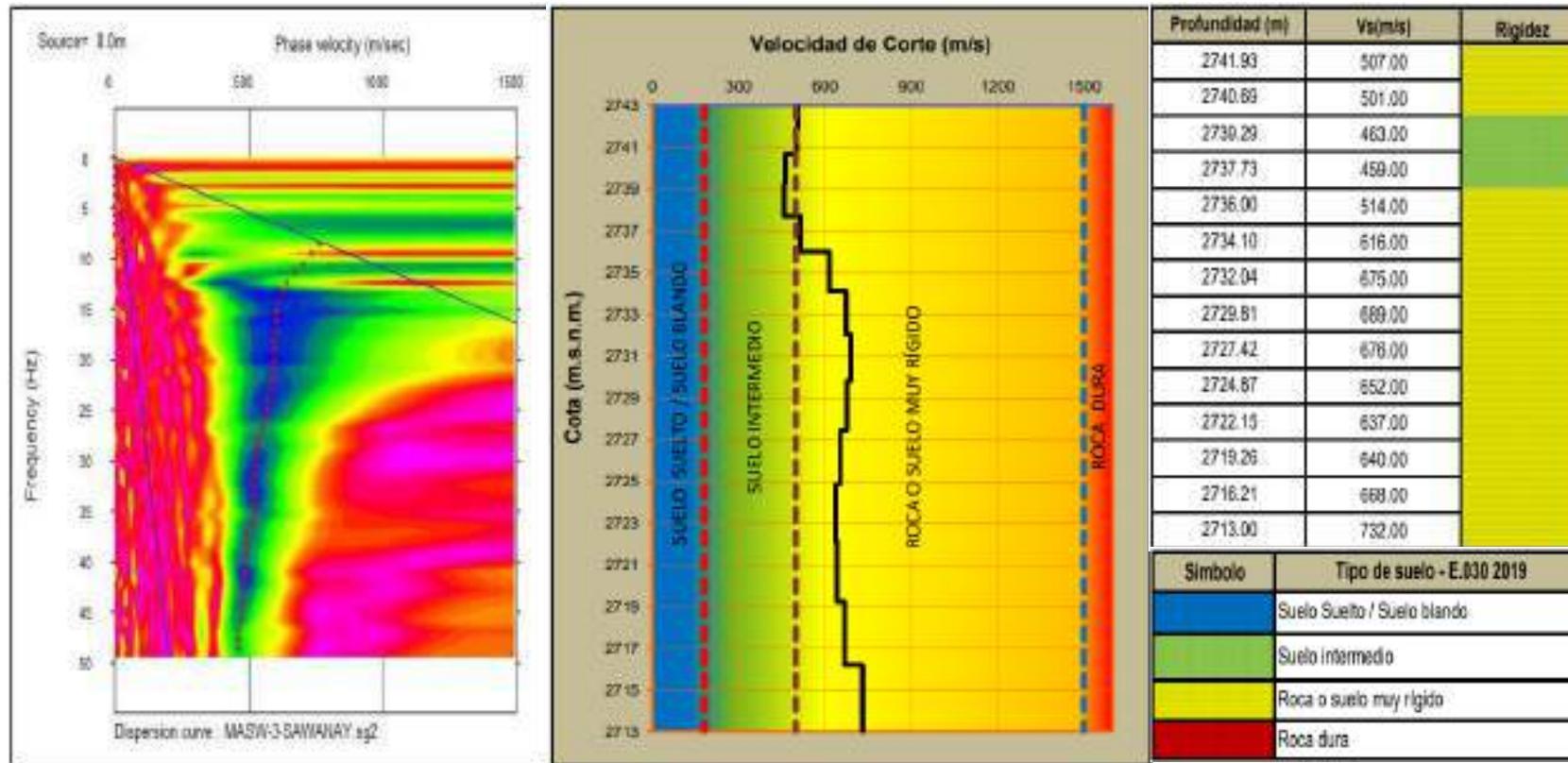


Figura 71 — Curva de Dispersión – Perfil Unidimensional – Cuadro de resumen/Leyenda (MASW02- SAWANAY) (Unitest,2021).

MASW 02: **Vs30=613.00m/s** | **Tipo de suelo: S1** | **Ts*=0.20**

Vs30: Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales.

Ts*: Periodo fundamental del suelo.

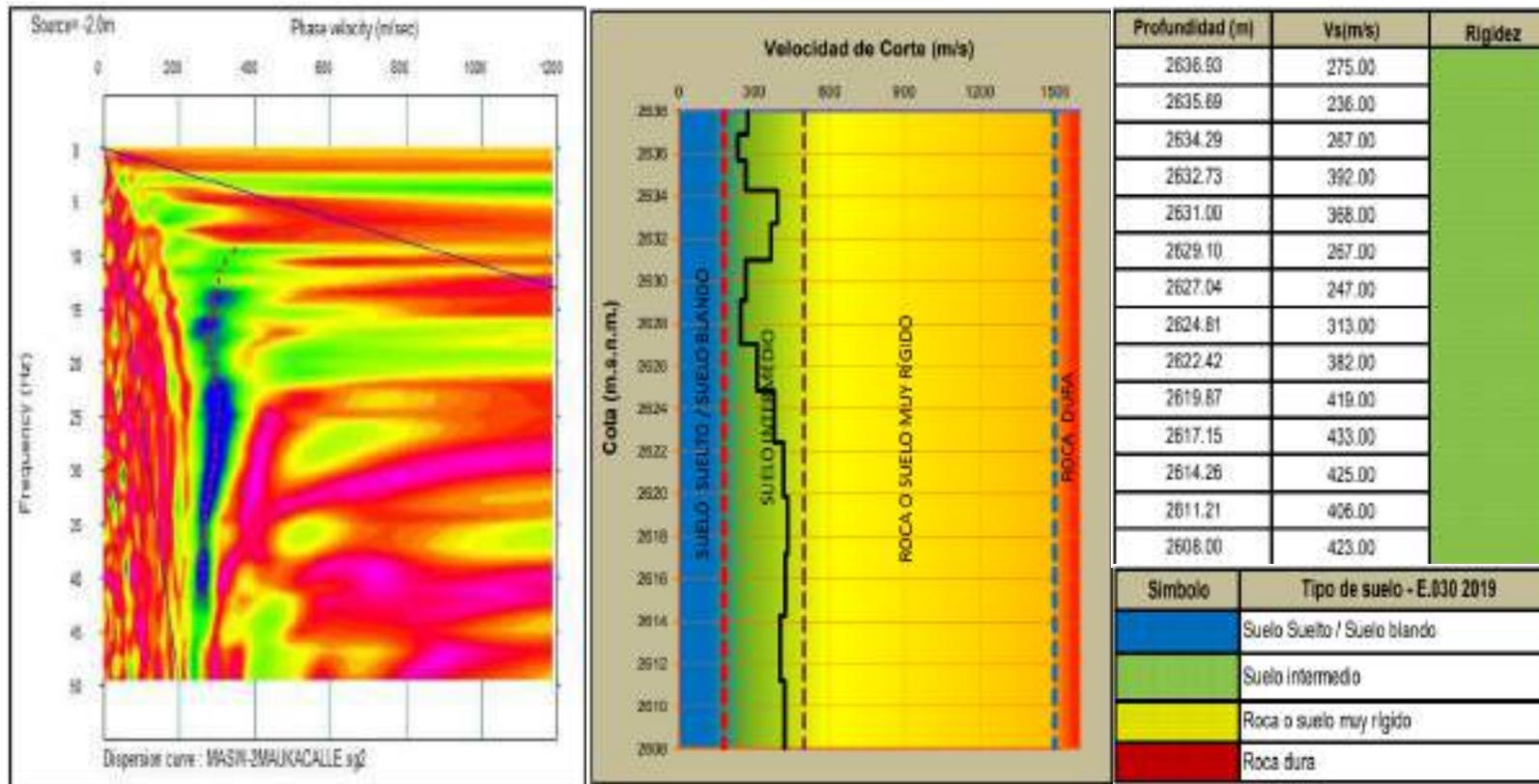


Figura 72 — Curva de Dispersión – Perfil Unidimensional – Cuadro de resumen/Leyenda (MASW03- MAUCACALLE) (Unitest,2021).

MASW 03: **Vs30=348.00m/s** | **Tipo de suelo: S2** | **Ts*=0.34**

Vs30: Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales.

Ts*: Periodo fundamental del suelo.

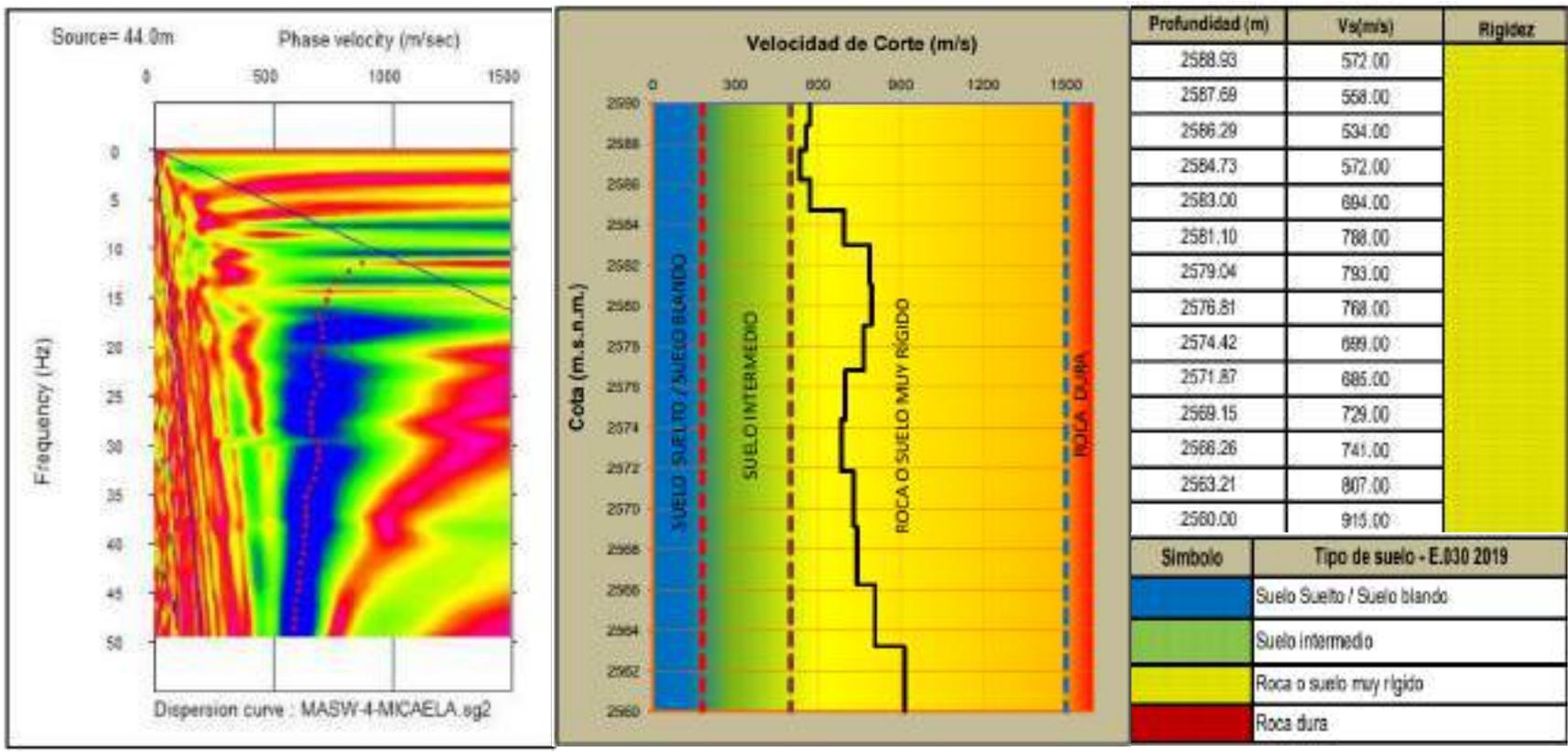


Figura 73 — Curva de Dispersión – Perfil Unidimensional – Cuadro de resumen/Leyenda(MASW04- REF/C.E. MICAELA BASTIDAS).

MASW 04: **Vs30=716.00m/s** | **Tipo de suelo: S1** | **Ts*=0.17**

Vs30: Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales.

Ts*: Periodo fundamental del suelo.

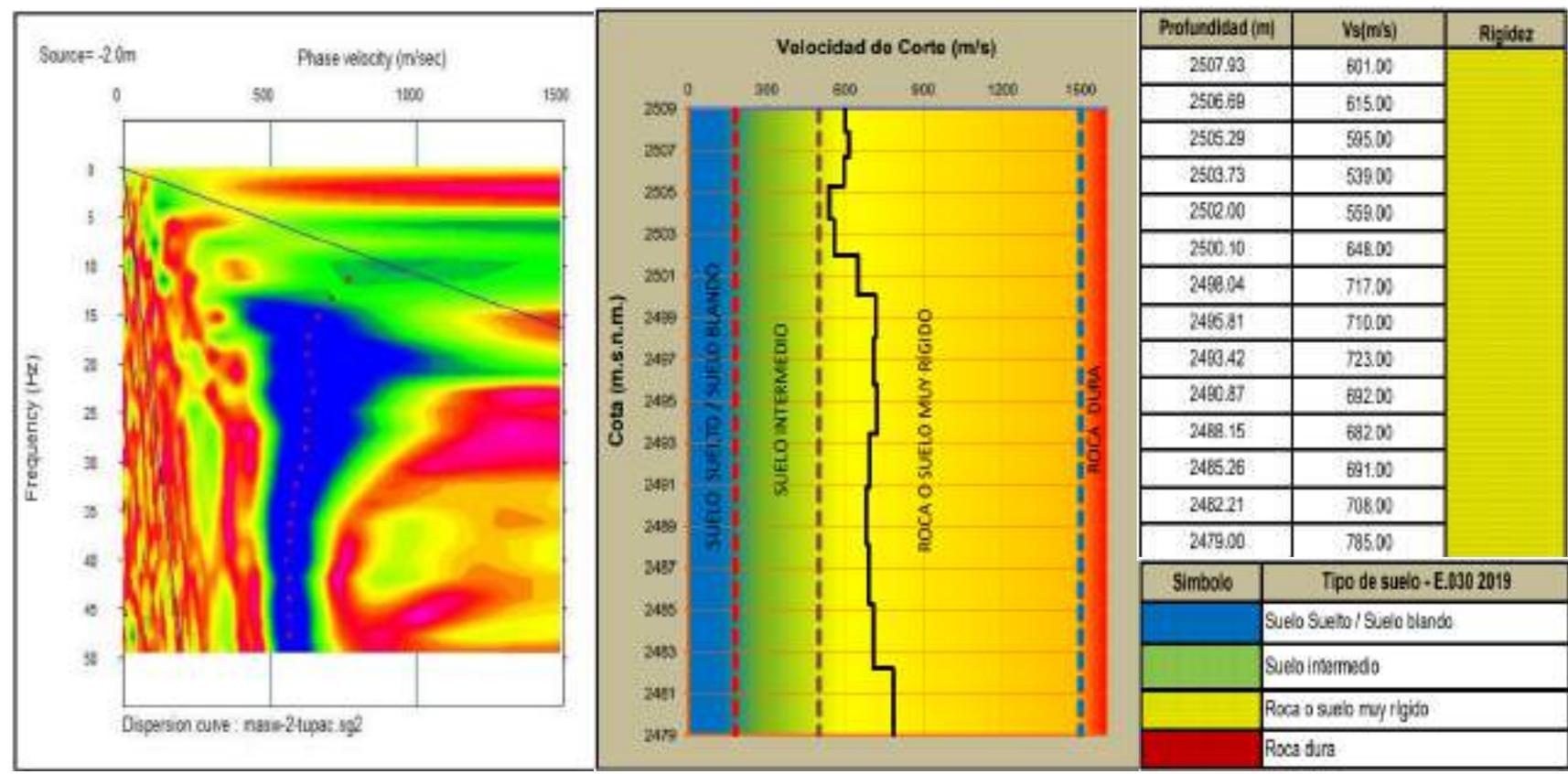


Figura 74 — Curva de Dispersión – Perfil Unidimensional – Cuadro de resumen/Leyenda(MASW05- REF/POSTA TAMBURCO).

MASW 05: **Vs30=672.00m/s** | **Tipo de suelo: S1** | **Ts*=0.18**

Vs30: Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales.

Ts*: Periodo fundamental del suelo.

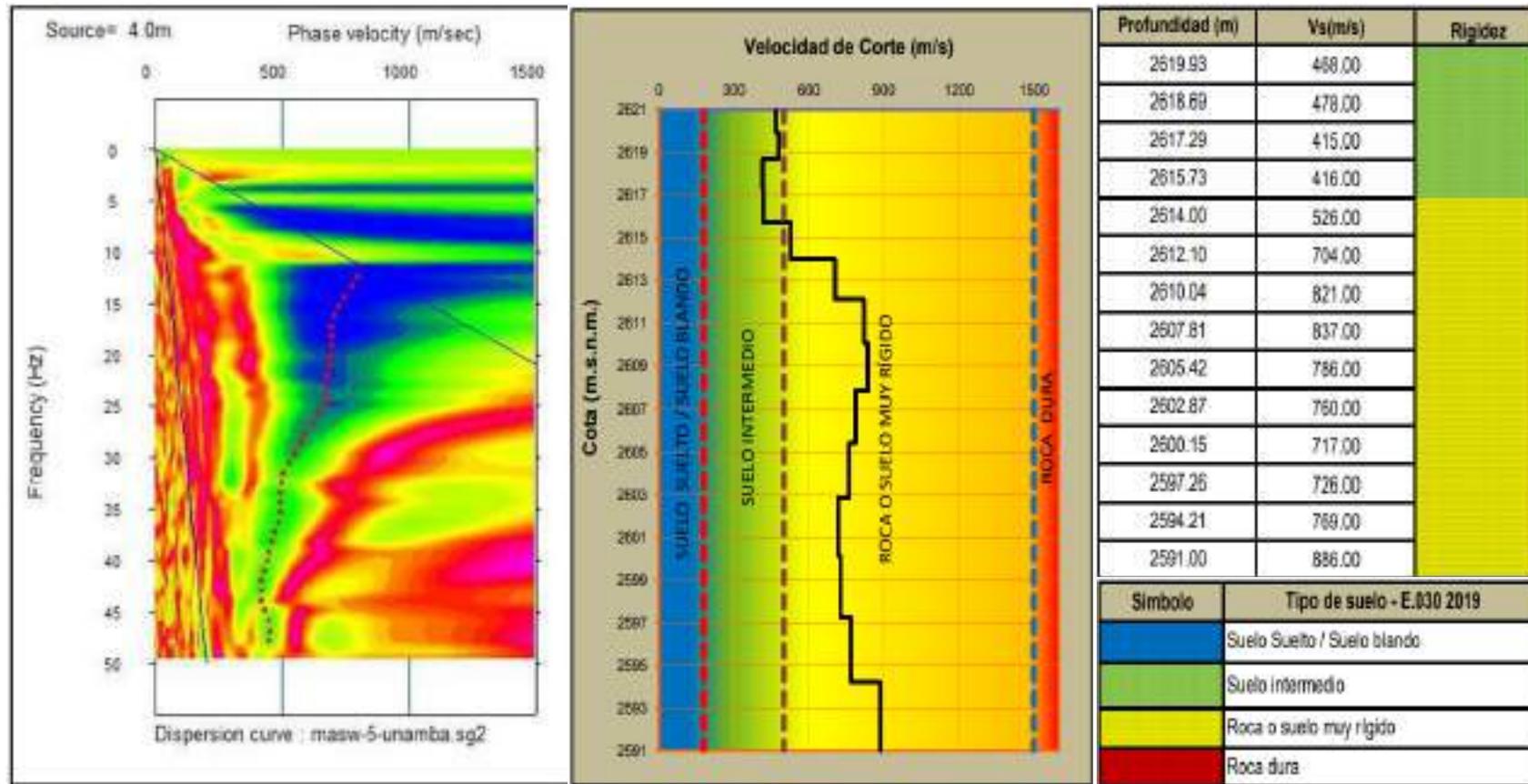


Figura 75 — Curva de Dispersión – Perfil Unidimensional – Cuadro de resumen/Leyenda(MASW06- UNAMBA) (Unitest,2021).

MASW 06: **Vs30=668.00m/s** **Tipo de suelo: S1** **Ts*=0.18**

Vs30: Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales.

Ts*: Periodo fundamental del suelo.

ANEXO-02

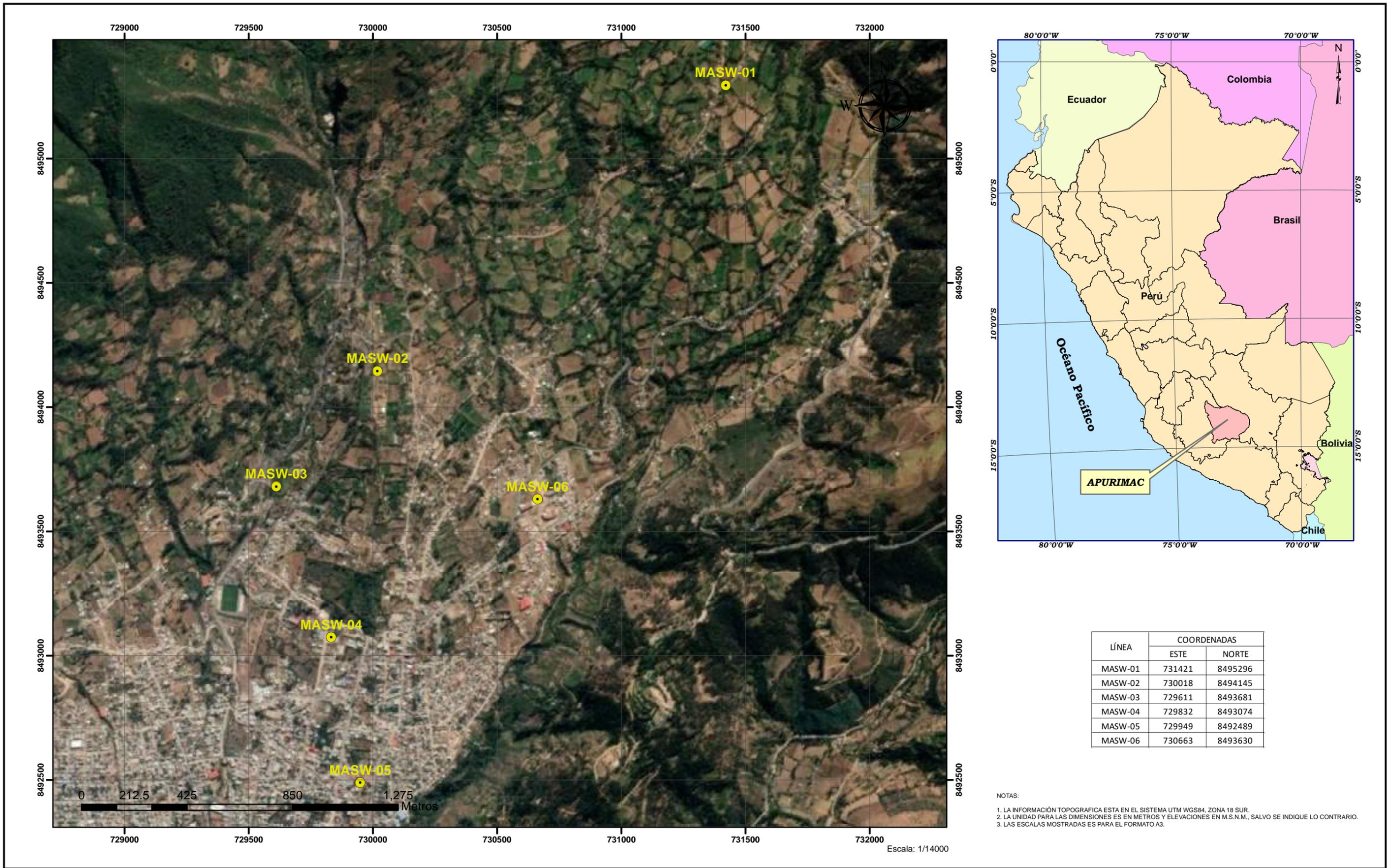
MATRIZ DE CONSISTENCIA

“CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO, PROVINCIA DE ABANCAY - 2020”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSION
¿Cuál es la microzonificación sísmica de la zona urbana del distrito de Tamburco?	Determinar la microzonificación sísmica de la zona urbana del distrito de Tamburco.	La microzonificación sísmica, permite identificar el comportamiento mecánico y dinámico del suelo en la zona urbana del distrito de Tamburco.	V1.- Caracterización estratigráfica.	Perfil
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS		Resistencia
¿Cuáles son las velocidades promedio de ondas de corte en la caracterización del perfil estratigráfico de la zona urbana del distrito de Tamburco?	Determinar las velocidades promedio de ondas de corte en la caracterización del perfil estratigráfico de la zona urbana del distrito de Tamburco.	Las velocidades de propagación de ondas de corte determina con mayor precisión la caracterización del perfil estratigráfico en la zona urbana del distrito de Tamburco.	V2.- Microzonificación sísmica.	Velocidad
¿Cuáles son los valores del periodo fundamental de vibración natural del suelo en la caracterización del perfil estratigráfico de la zona urbana del distrito de Tamburco?	Determinar los valores del periodo fundamental de vibración natural del suelo en la caracterización del perfil estratigráfico de la zona urbana del distrito de Tamburco.	Los periodos fundamentales de vibración natural del suelo son parámetros determinantes en la microzonificación sísmica del distrito de Tamburco.		Periodo
¿Cuáles son los tipos de suelos (S) en la caracterización del perfil estratigráfico de la zona urbana del distrito de Tamburco?	Identificar los tipos de suelo (S) en la caracterización del perfil estratigráfico de la zona urbana del distrito de Tamburco.	Los tipos de suelo (S) de la caracterización del perfil estratigráfico ayuda a identificar las zonas aptas o desfavorables para las actuales y/o futuras construcciones.		Altura

ANEXO-03

MAPAS

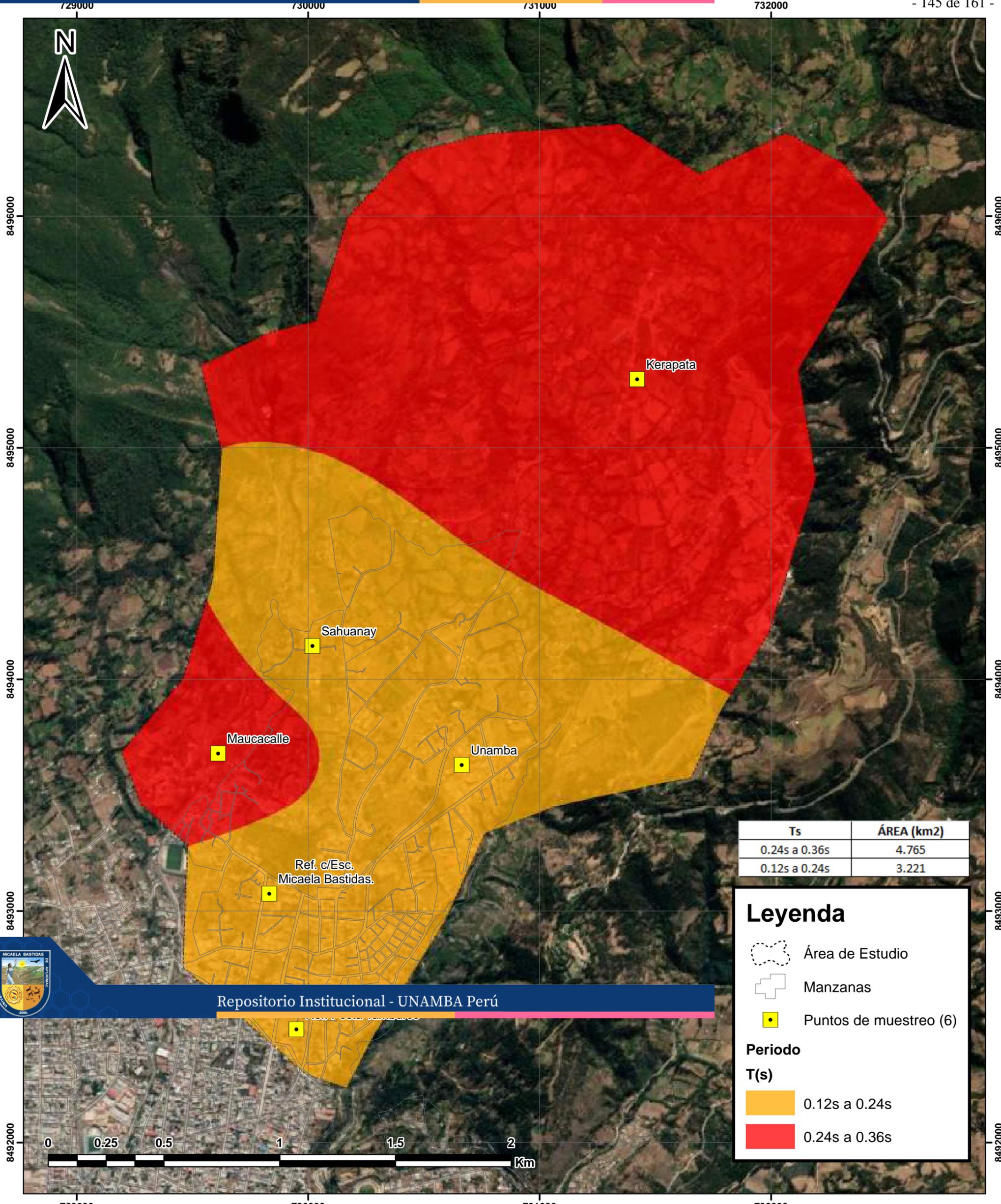


LÍNEA	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
MASW-01	731421	8495296
MASW-02	730018	8494145
MASW-03	729611	8493681
MASW-04	729832	8493074
MASW-05	729949	8492489
MASW-06	730663	8493630

NOTAS:
 1. LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA ESTA EN EL SISTEMA UTM WGS84, ZONA 18 SUR.
 2. LA UNIDAD PARA LAS DIMENSIONES ES EN METROS Y ELEVACIONES EN M.S.N.M., SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 3. LAS ESCALAS MOSTRADAS ES PARA EL FORMATO A3.

CLIENTE: ELBIO GÓMEZ PORTILLA RONALD TORRE ROMAN	CONSULTOR:  UNITEST - UNIVERSAL TESTING	REALIZADO POR: ING. SANTOS ARIAS VILLACORTA	UBICACIÓN:	NOMBRE DEL PROYECTO: CARACTERIZACIÓN ESTATIGRÁFICA CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO, PROVINCIA DE ABANCAY-2020	PLANO: PLANO DE UBICACIÓN	ESCALA: INDICADA
			DISTRITO: TAMBURCO PROVINCIA: ABANCAY DEPARTAMENTO: APURIMAC			FECHA: DIC 2021
						LAMINA: PU-01





Repositorio Institucional - UNAMBA Perú



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TÍTULO:
MAPA DE PERIODOS MEDIANTE ENSAYO MASW, EN LA CIUDAD DE TAMBURCO, PROVINCIA DE APURÍMAC, DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

ELABORADO POR:
- ELBIO GÓMEZ PORTILLA
- RONALD TORRE ROMÁN

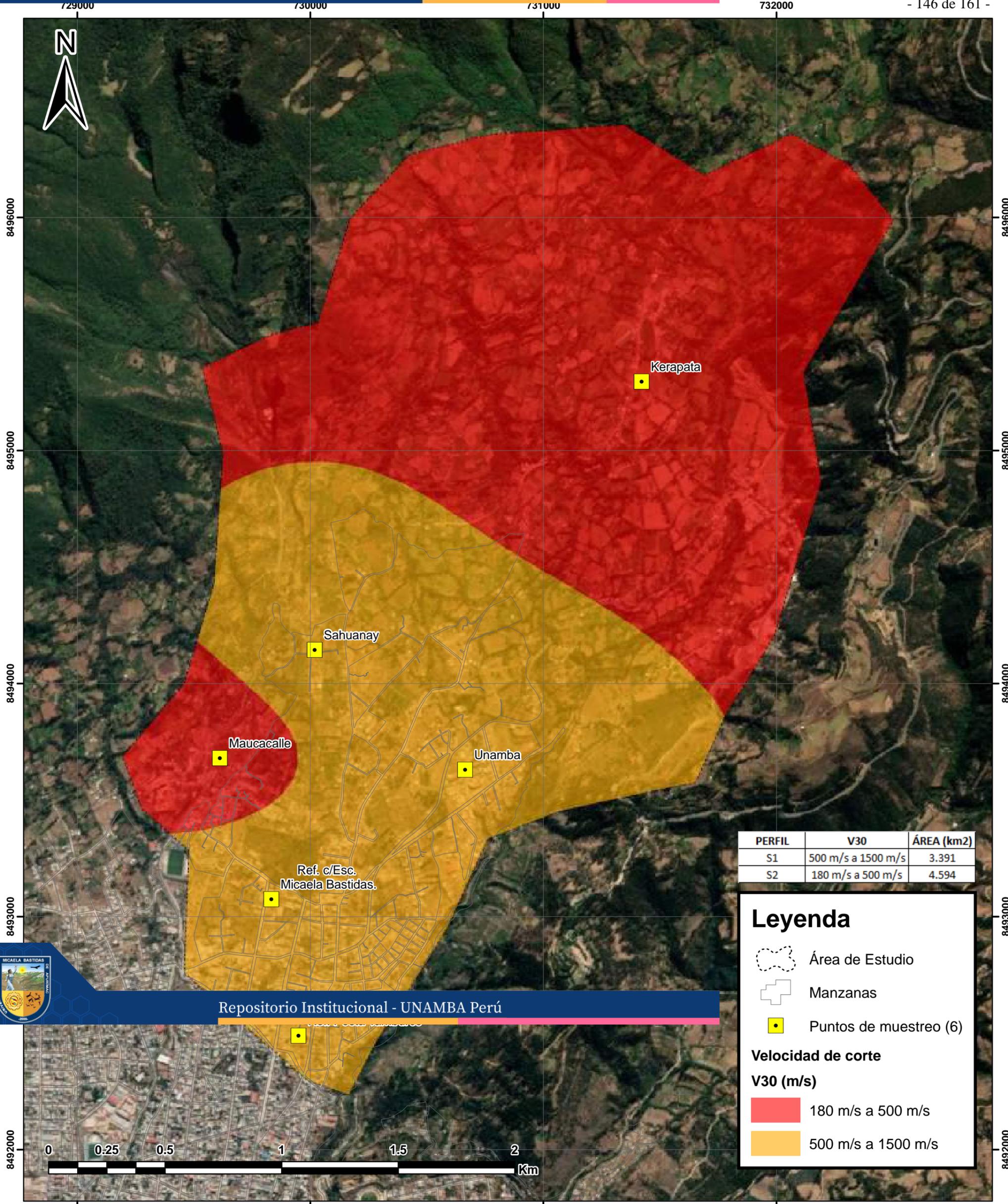
ESCALA:
1:15,000

Elipsoide: WGS 84
Zona: 18 Sur
Proyección: Transversa de Mercator
Unidades: Metros

País: Perú
Departamento: Apurímac
Provincia: Abancay
Distrito: Tamburco

PLANO N°:

01



PERFIL	V30	ÁREA (km2)
S1	500 m/s a 1500 m/s	3.391
S2	180 m/s a 500 m/s	4.594

Leyenda

- Área de Estudio
- Manzanas
- Puntos de muestreo (6)

Velocidad de corte V30 (m/s)

- 180 m/s a 500 m/s
- 500 m/s a 1500 m/s



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Elipsoide: WGS 84
 Zona: 18 Sur
 Proyección: Transversa de Mercator
 Unidades: Metros

PLANO N°:

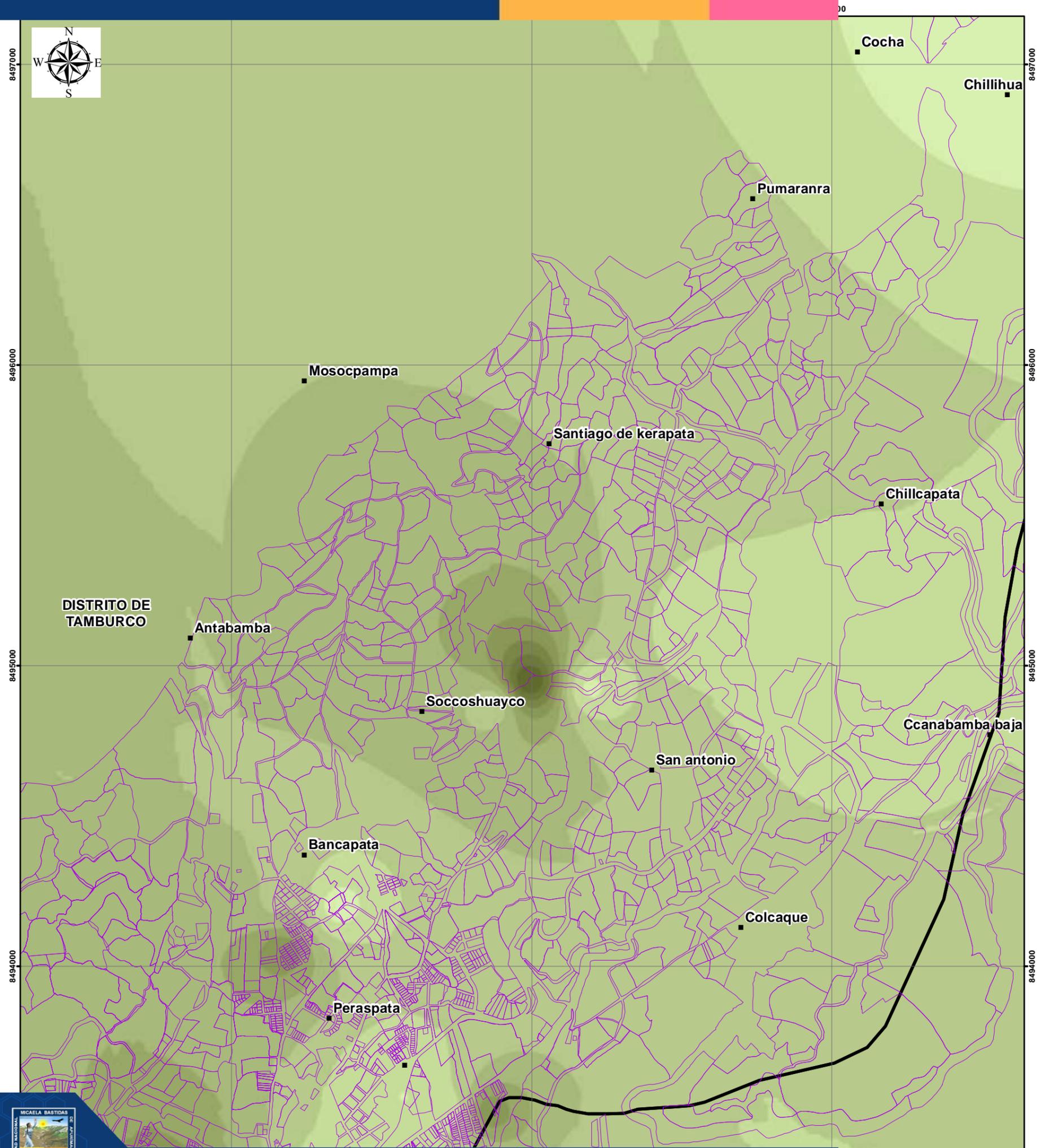
02

TÍTULO:
 MAPA DE VELOCIDAD DE CORTE MEDIANTE ENSAYO MASW, EN LA CIUDAD DE TAMBURCO, PROVINCIA DE APURÍMAC, DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

ELABORADO POR:
 - ELBIO GÓMEZ PORTILLA
 - RONALD TORRE ROMÁN

ESCALA:
 1:15,000

País: Perú
 Departamento: Apurímac
 Provincia: Abancay
 Distrito: Tamburco



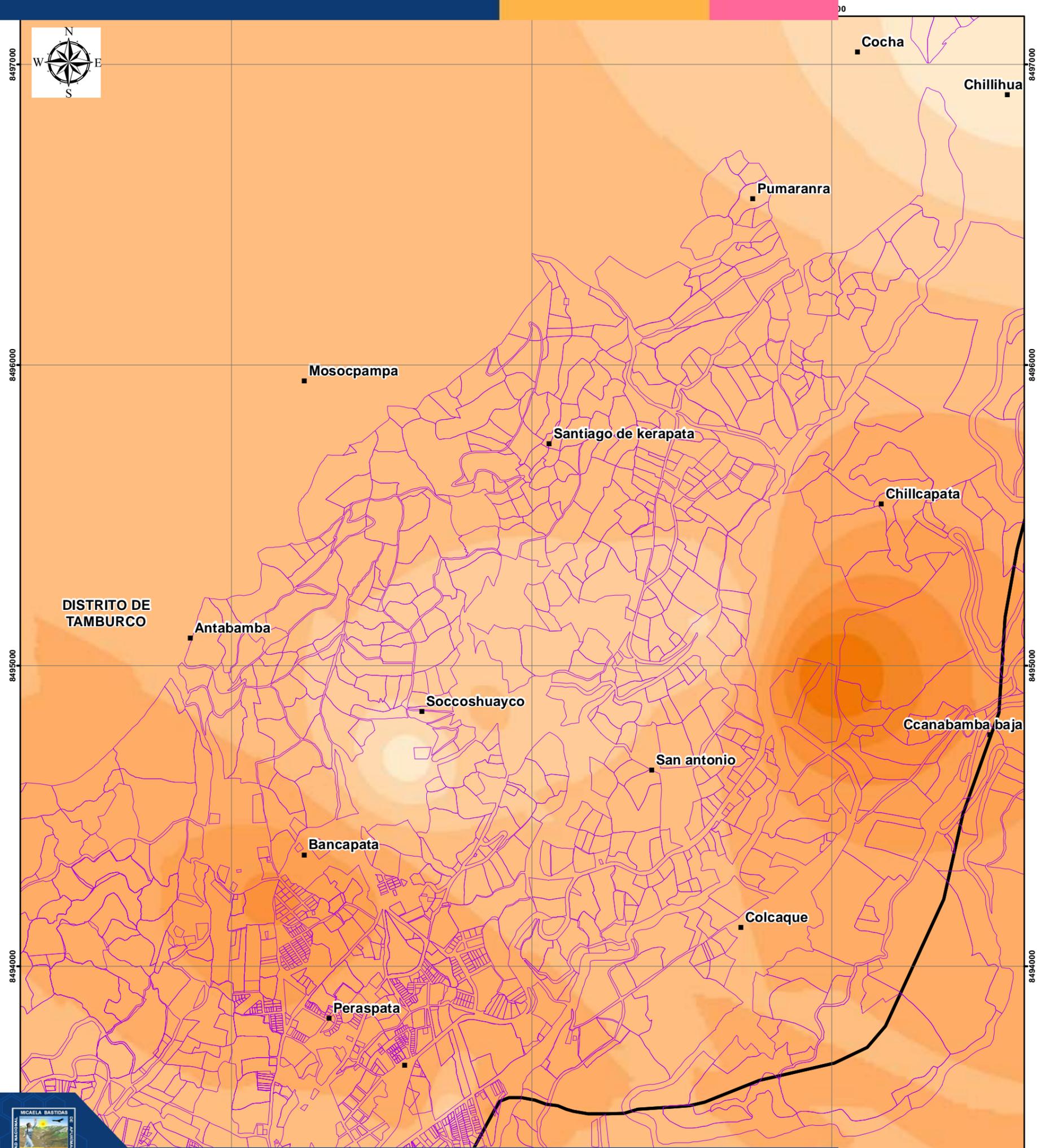
Repositorio Institucional - UNAMBA Perú



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍAS
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO, PROVINCIA DE ABANCAY - 2020

Mapa Granulométrico Fino (estrato de 0.8 - 2.0 m)



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú



Valor
8.27 - 14.8
14.9 - 21.3
21.4 - 27.9
28 - 34.4
34.5 - 40.9
41 - 47.5
47.6 - 54
54.1 - 60.5
60.6 - 67.1

- Leyenda**
- Centros poblados
 - Catastro
 - ▭ Límite distrital

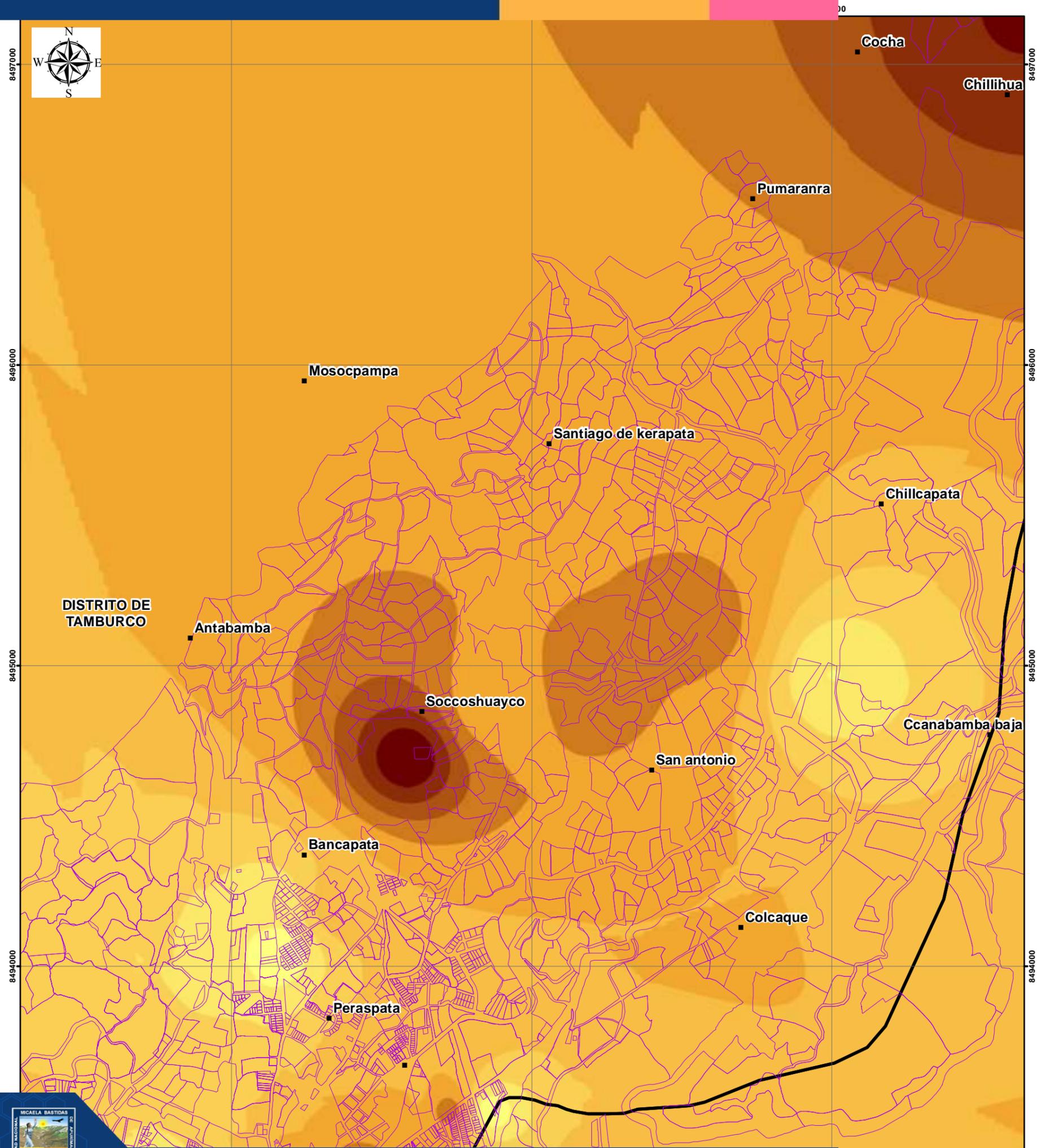
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA: Universal Transverse Mercator (UTM)
 DATUM: World Geodetic System 1984 (WGS1984)
 ZONA O HUSO HORARIO: 18 Sur
 Elaborado por:
 Elbio Gómez Portilla y Ronald Torre Román



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍAS
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO, PROVINCIA DE ABANCAY - 2020

Mapa Granulométrico de Arena (estrato de 0.8 - 2.0 m)



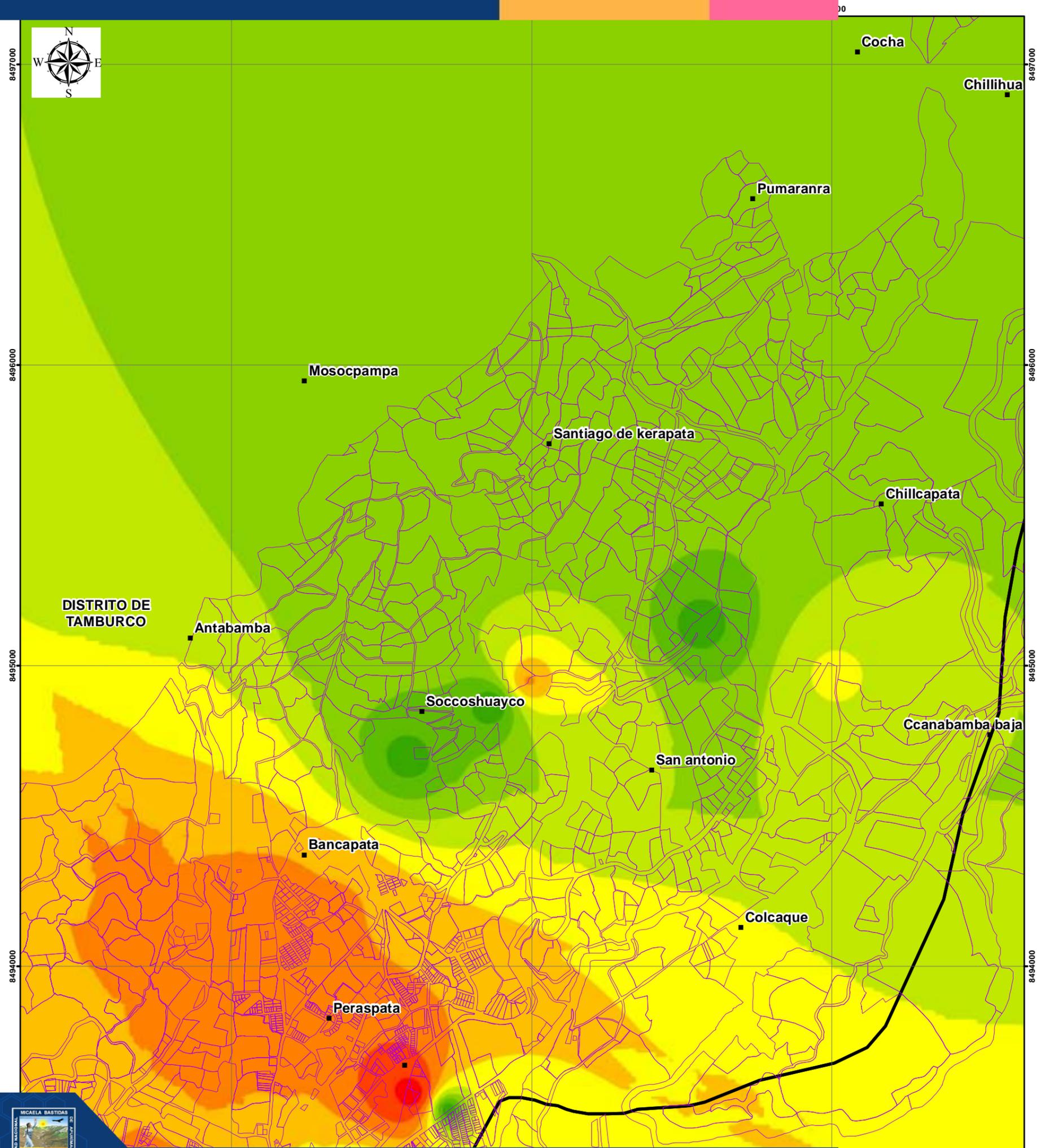
%	
3.16 - 12.6	
12.7 - 22.1	
22.2 - 31.5	
31.6 - 41	
41.1 - 50.4	
50.5 - 59.9	
60 - 69.3	
69.4 - 78.8	
78.9 - 88.2	



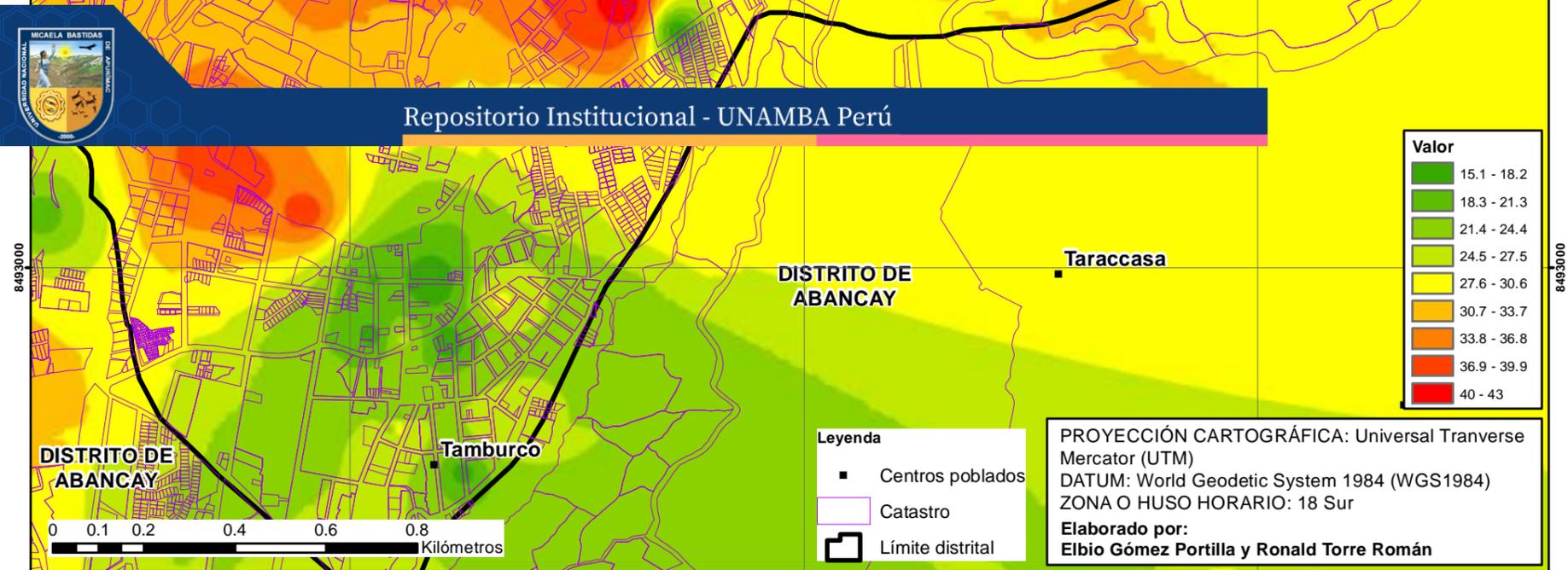
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍAS
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO, PROVINCIA DE ABANCAY - 2020

Mapa Granulométrico de Grava (estrato de 0.8 - 2.0 m)



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú



Valor
15.1 - 18.2
18.3 - 21.3
21.4 - 24.4
24.5 - 27.5
27.6 - 30.6
30.7 - 33.7
33.8 - 36.8
36.9 - 39.9
40 - 43

- Leyenda**
- Centros poblados
 - Catastro
 - Límite distrital

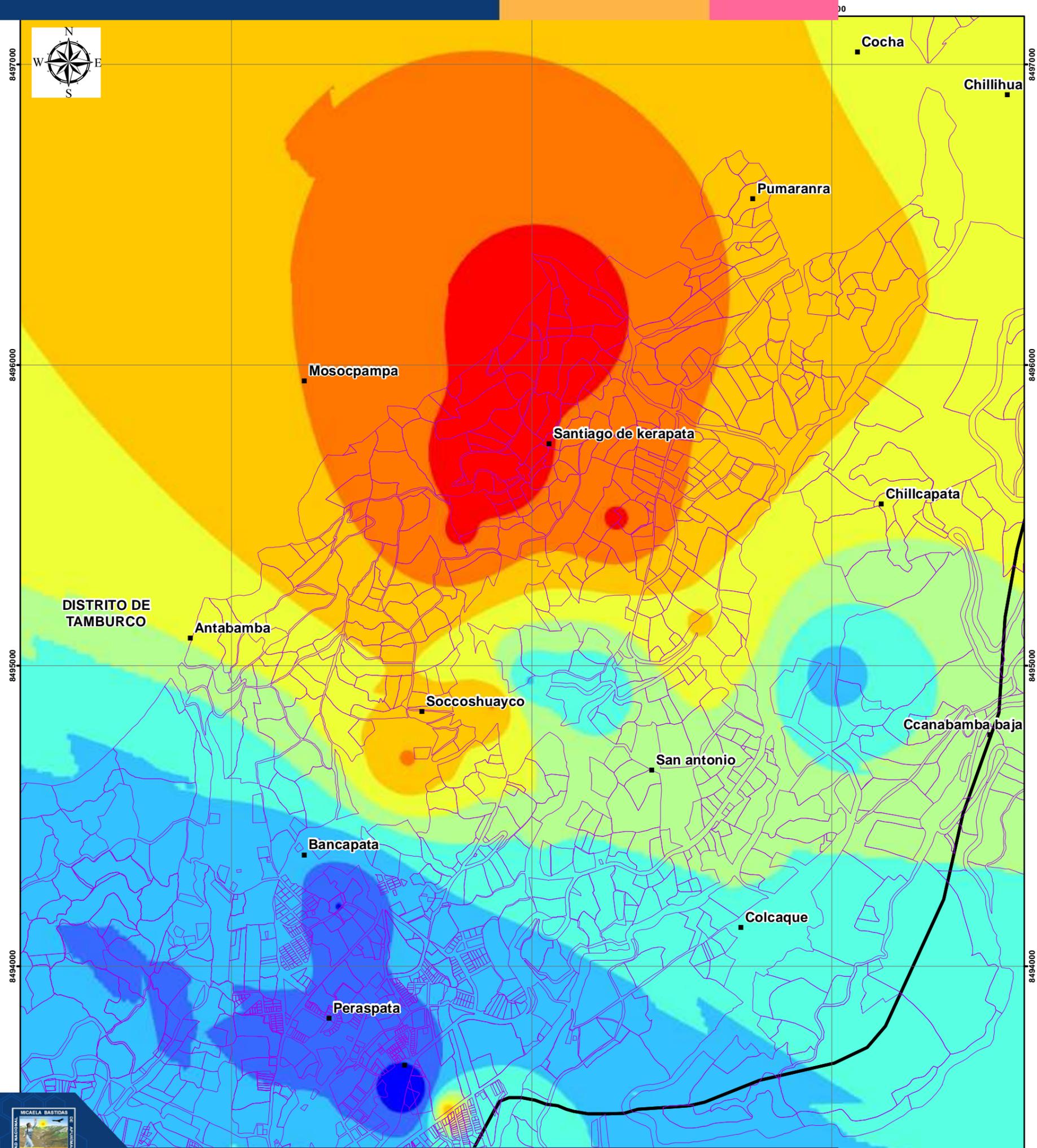
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA: Universal Transverse Mercator (UTM)
 DATUM: World Geodetic System 1984 (WGS1984)
 ZONA O HUSO HORARIO: 18 Sur
 Elaborado por:
 Elbio Gómez Portilla y Ronald Torre Román



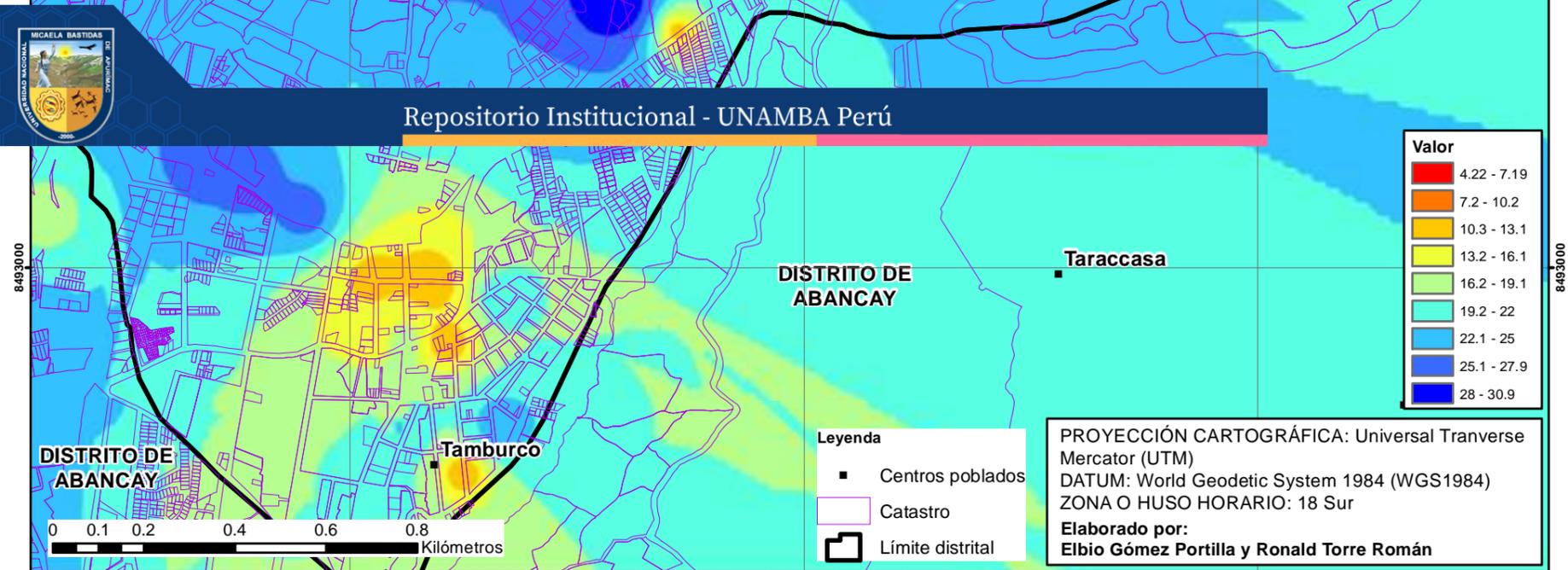
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍAS
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO, PROVINCIA DE ABANCAY - 2020

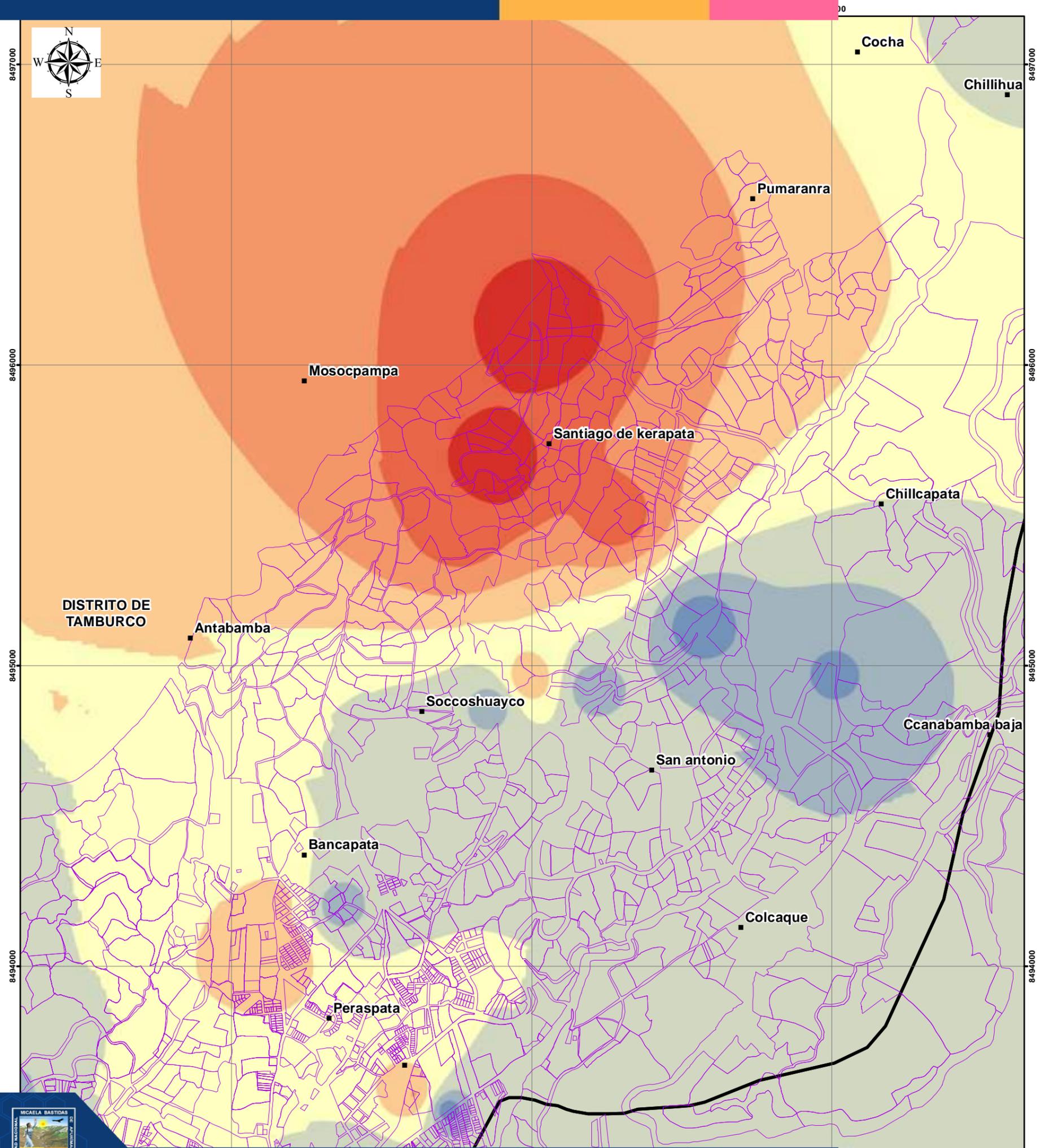
Mapa de Límite líquido (estrato de 0.8 - 2.0 m)



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍAS
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil
CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO, PROVINCIA DE ABANCAY - 2020
Mapa de Límite plástico (estrato de 0.8 - 2.0 m)



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Valor
1.73 - 3.48
3.49 - 5.23
5.24 - 6.98
6.99 - 8.73
8.74 - 10.5
10.6 - 12.2
12.3 - 14
14.1 - 15.7
15.8 - 17.5

- Leyenda**
- Centros poblados
 - Catastro
 - ▭ Límite distrital

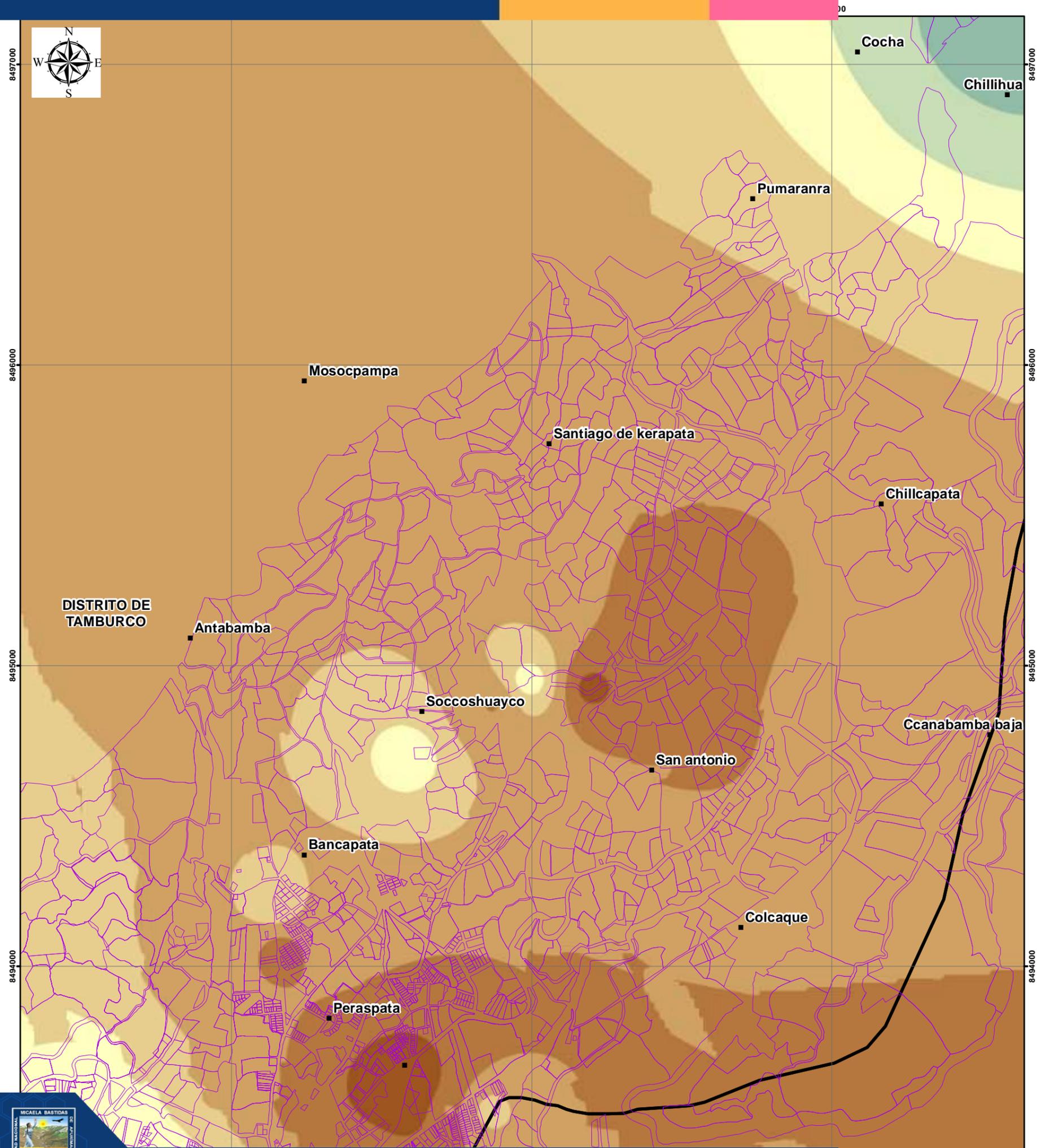
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA: Universal Tranverse Mercator (UTM)
 DATUM: World Geodetic System 1984 (WGS1984)
 ZONA O HUSO HORARIO: 18 Sur
 Elaborado por:
 Elbio Gómez Portilla y Ronald Torre Román



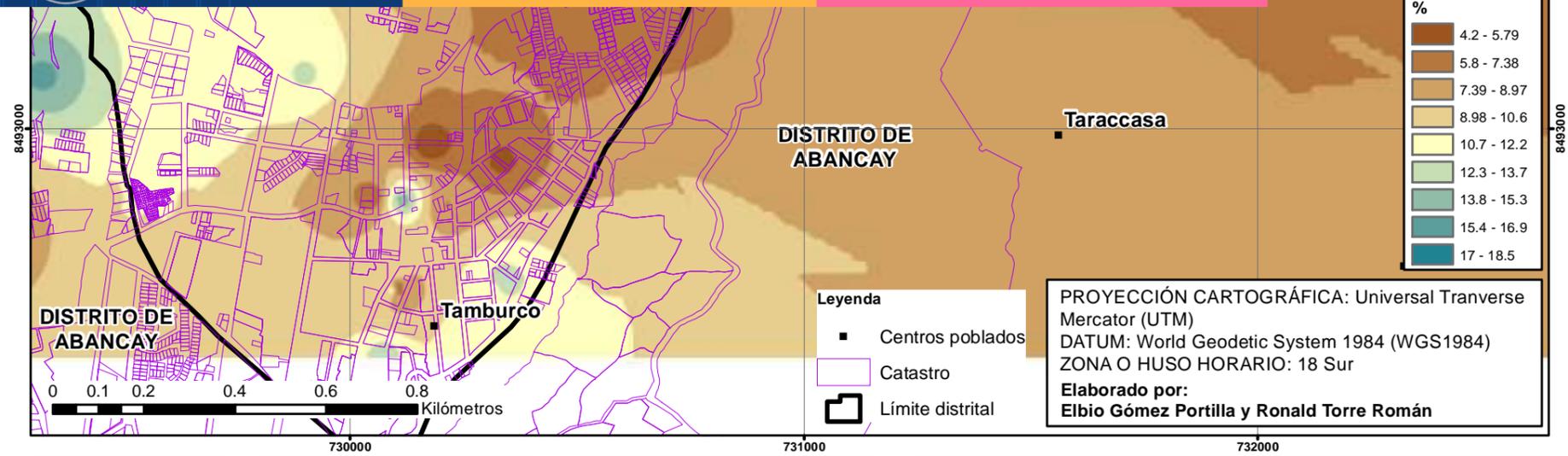
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍAS
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO, PROVINCIA DE ABANCAY - 2020

Mapa de Índice de plasticidad (estrato de 0.8 - 2.0 m)



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú



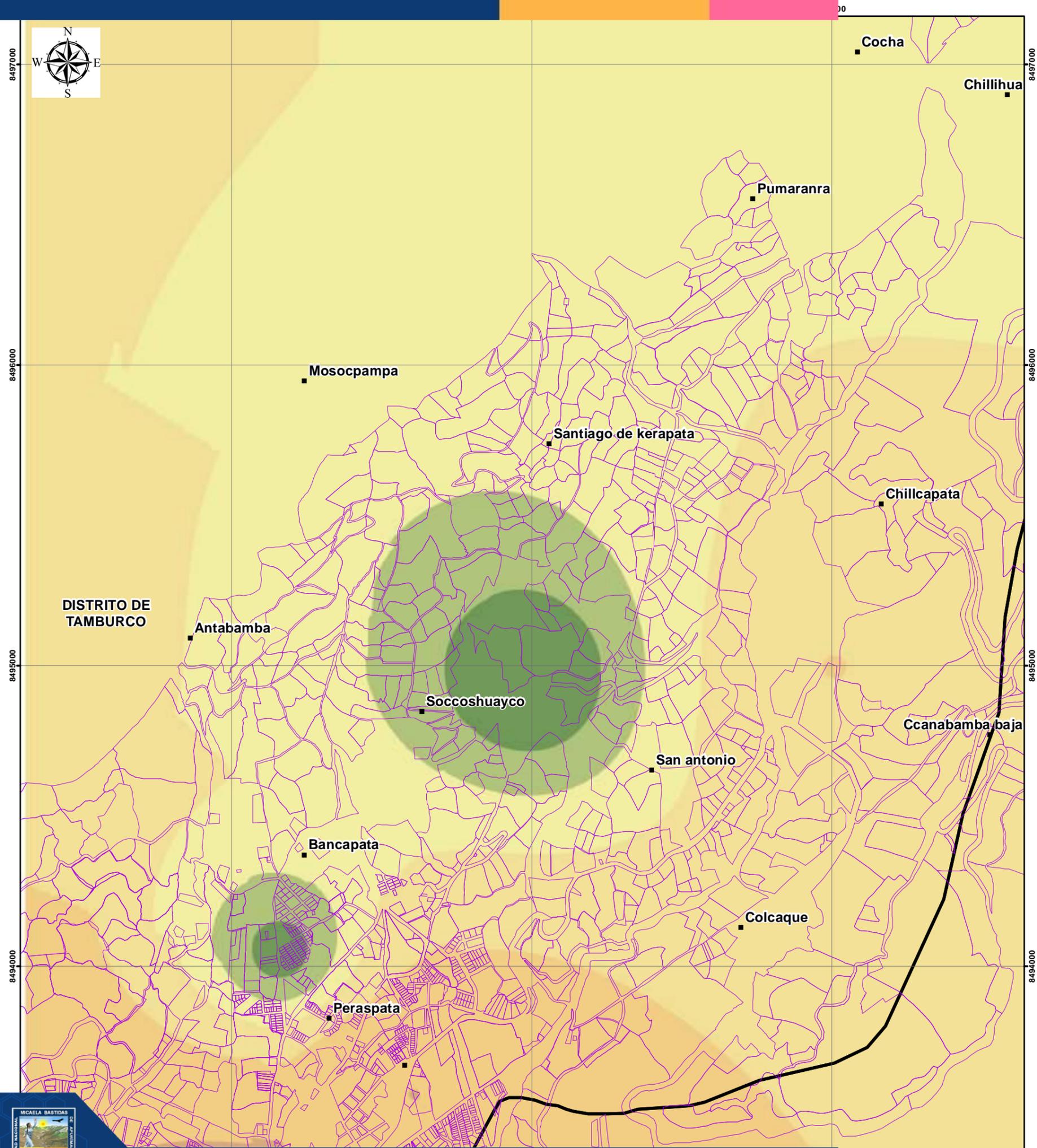
%	
4.2 - 5.79	[Dark Brown]
5.8 - 7.38	[Medium Brown]
7.39 - 8.97	[Light Brown]
8.98 - 10.6	[Yellow]
10.7 - 12.2	[Light Green]
12.3 - 13.7	[Medium Green]
13.8 - 15.3	[Dark Green]
15.4 - 16.9	[Teal]
17 - 18.5	[Blue-Teal]



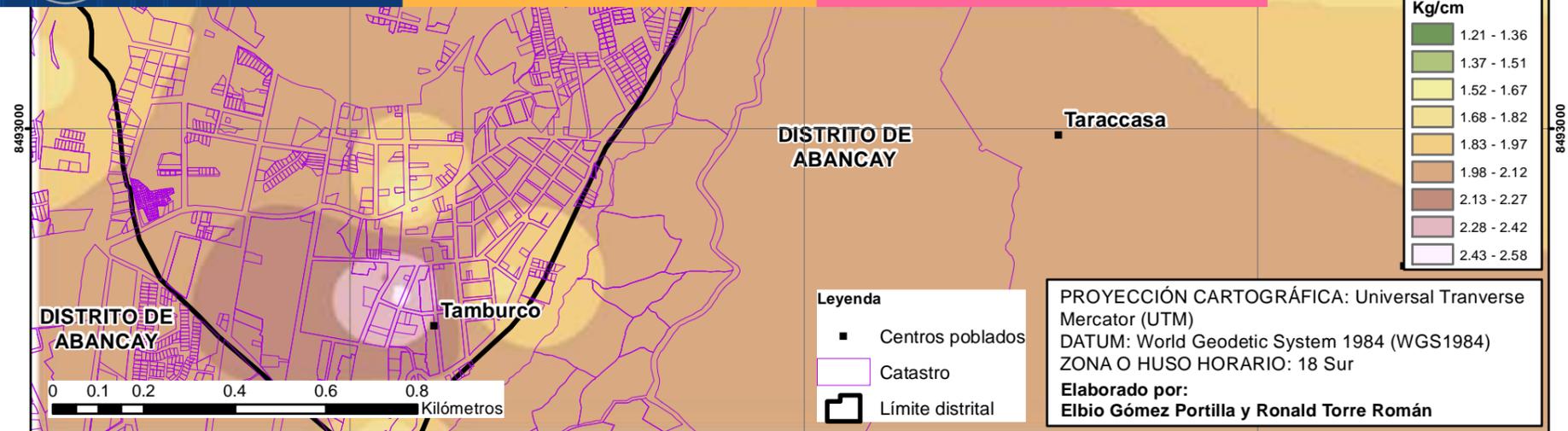
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍAS
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO, PROVINCIA DE ABANCAY - 2020

Mapa de Humedad Natural (estrato de 0.8 - 2.0 m)



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú



Kg/cm	
1.21 - 1.36	(Dark Green)
1.37 - 1.51	(Medium Green)
1.52 - 1.67	(Light Green)
1.68 - 1.82	(Yellow)
1.83 - 1.97	(Light Orange)
1.98 - 2.12	(Orange)
2.13 - 2.27	(Dark Orange)
2.28 - 2.42	(Red-Orange)
2.43 - 2.58	(Red)

- Leyenda**
- Centros poblados
 - Catastro
 - Límite distrital

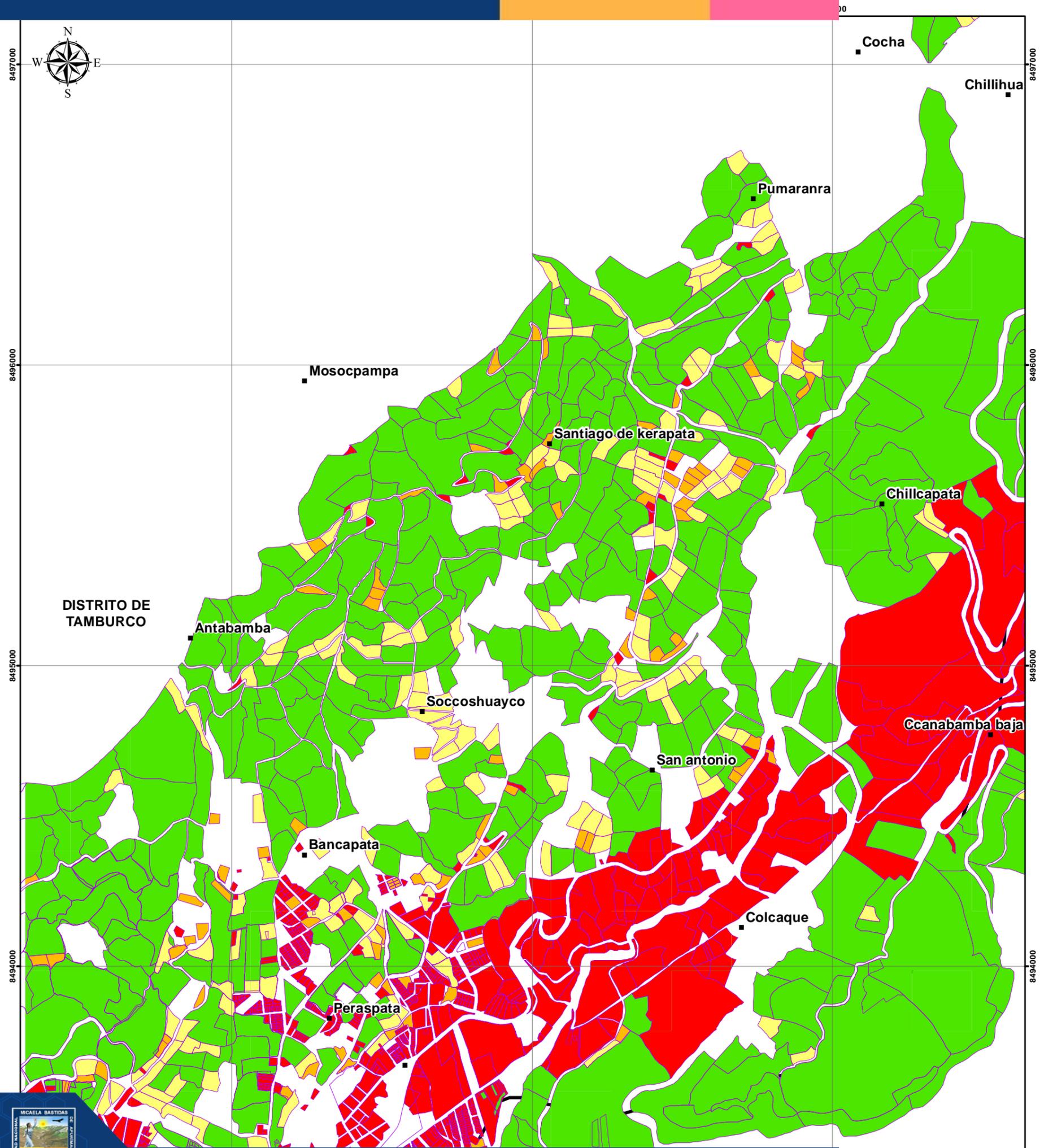
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA: Universal Transverse Mercator (UTM)
 DATUM: World Geodetic System 1984 (WGS1984)
 ZONA O HUSO HORARIO: 18 Sur
 Elaborado por:
 Elbio Gómez Portilla y Ronald Torre Román



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍAS
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO, PROVINCIA DE ABANCAY - 2020

Mapa de Presión admisible

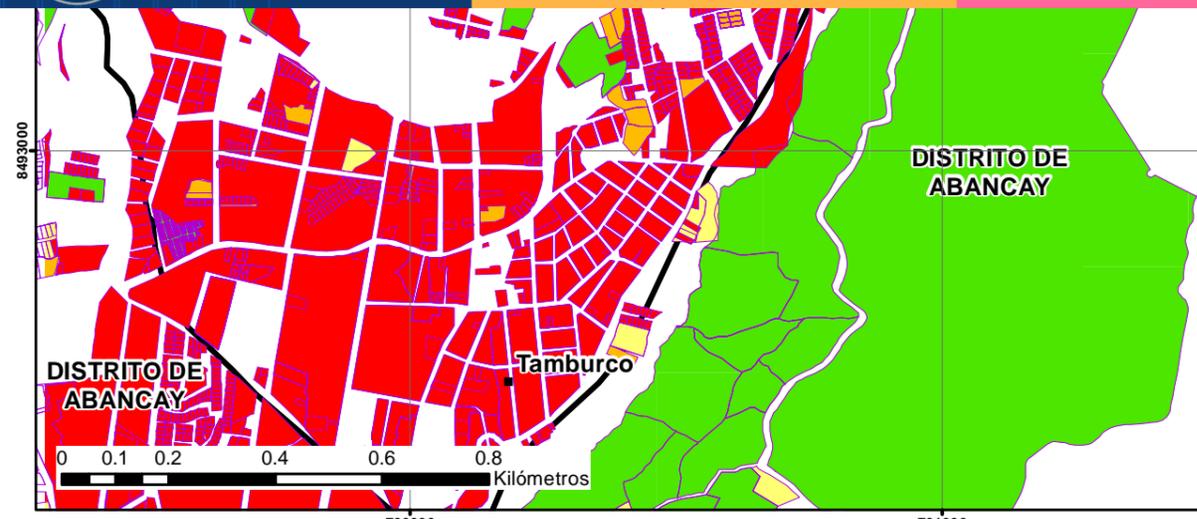


Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

- Leyenda**
- Centros poblados
 - Catastro
 - Límite distrital

- Clase**
- Bajo
 - Medio
 - Alto
 - Muy alto

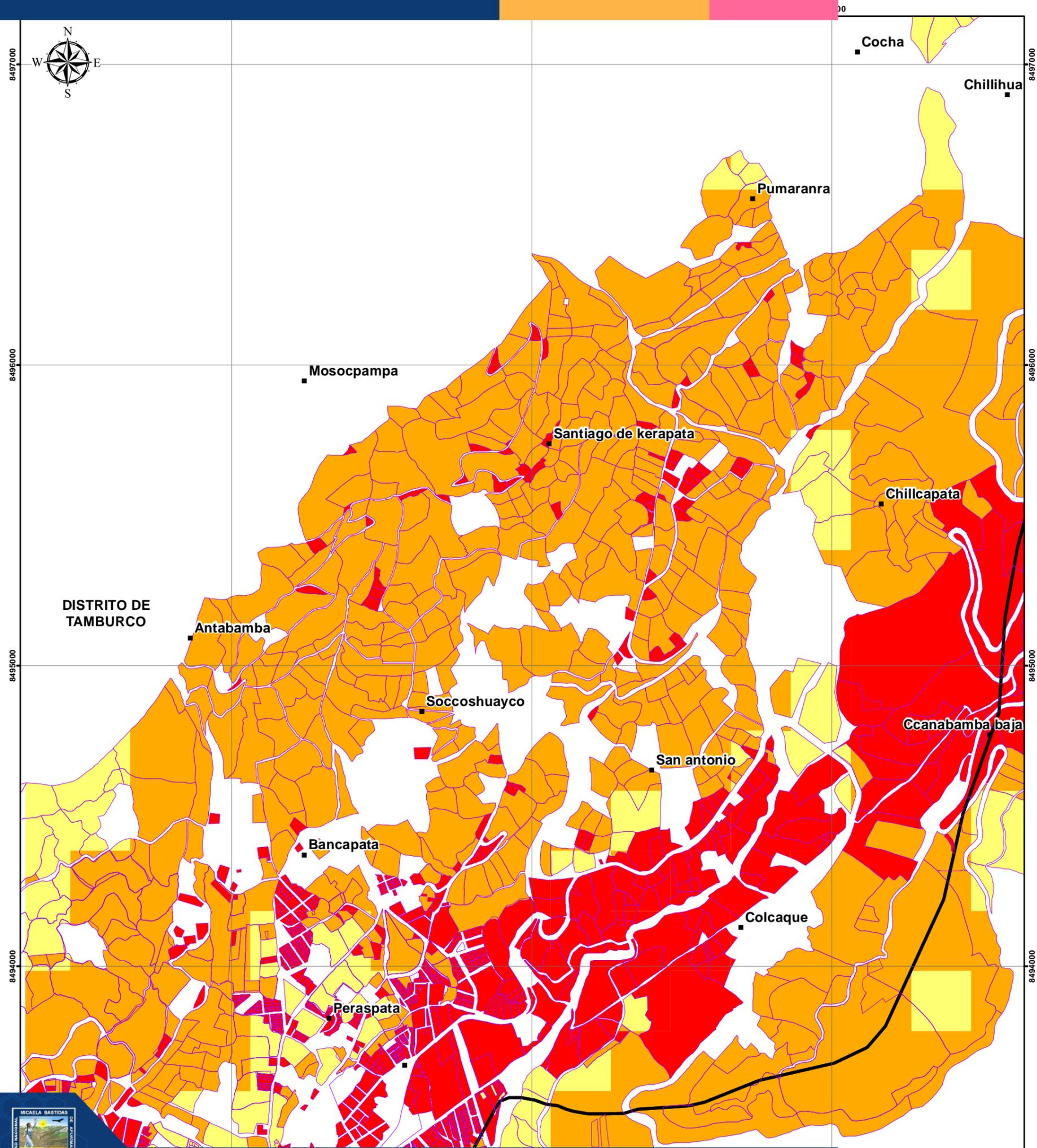
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA: Universal Transverse Mercator (UTM)
 DATUM: World Geodetic System 1984 (WGS1984)
 ZONA O HUSO HORARIO: 18 Sur
 Elaborado por:
 Elbio Gómez Portilla y Ronald Torre Román



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍAS
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO, PROVINCIA DE ABANCAY - 2020

Mapa de vulnerabilidad



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

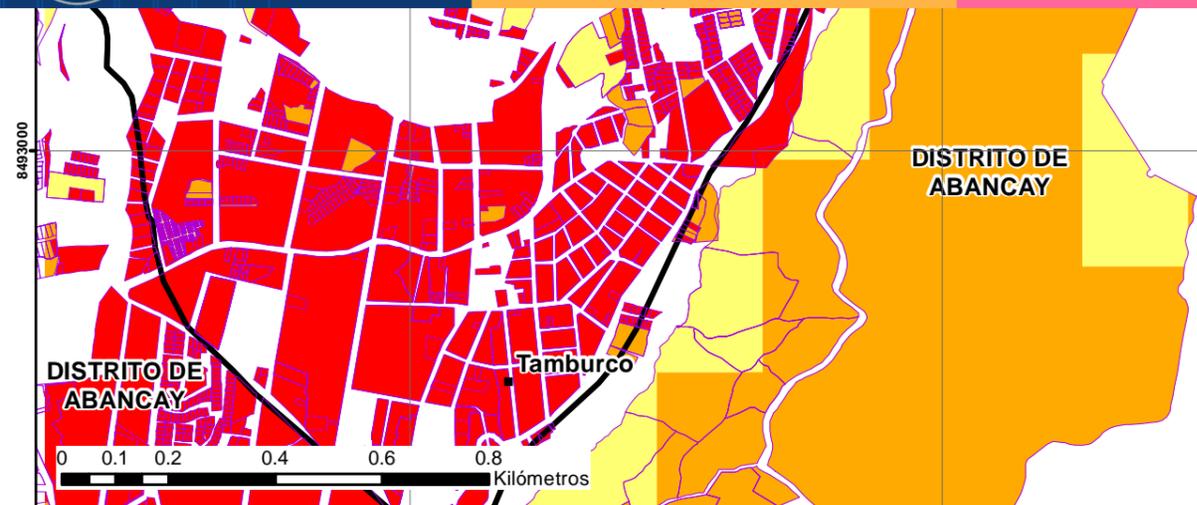
Leyenda

- Centros poblados
- Catastro
- ▭ Límite distrital

NIVEL DE RIESGO	R A N G O	R R A N G O
MUY ALTO	0 . 0 7 0 R 0 < 1 9 6	
ALTO	0 . 0 2 3 R 0 < 0 7 0	
MEDIO	0 . 0 0 7 R 0 < 0 2 3	
BAJO	0 . 0 0 3 R 0 < 0 0 7	

Clase
Medio
Alto
Muy alto

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA: Universal Transverse Mercator (UTM)
 DATUM: World Geodetic System 1984 (WGS1984)
 ZONA O HUSO HORARIO: 18 Sur
 Elaborado por:
 Elbio Gómez Portilla y Ronald Torre Román



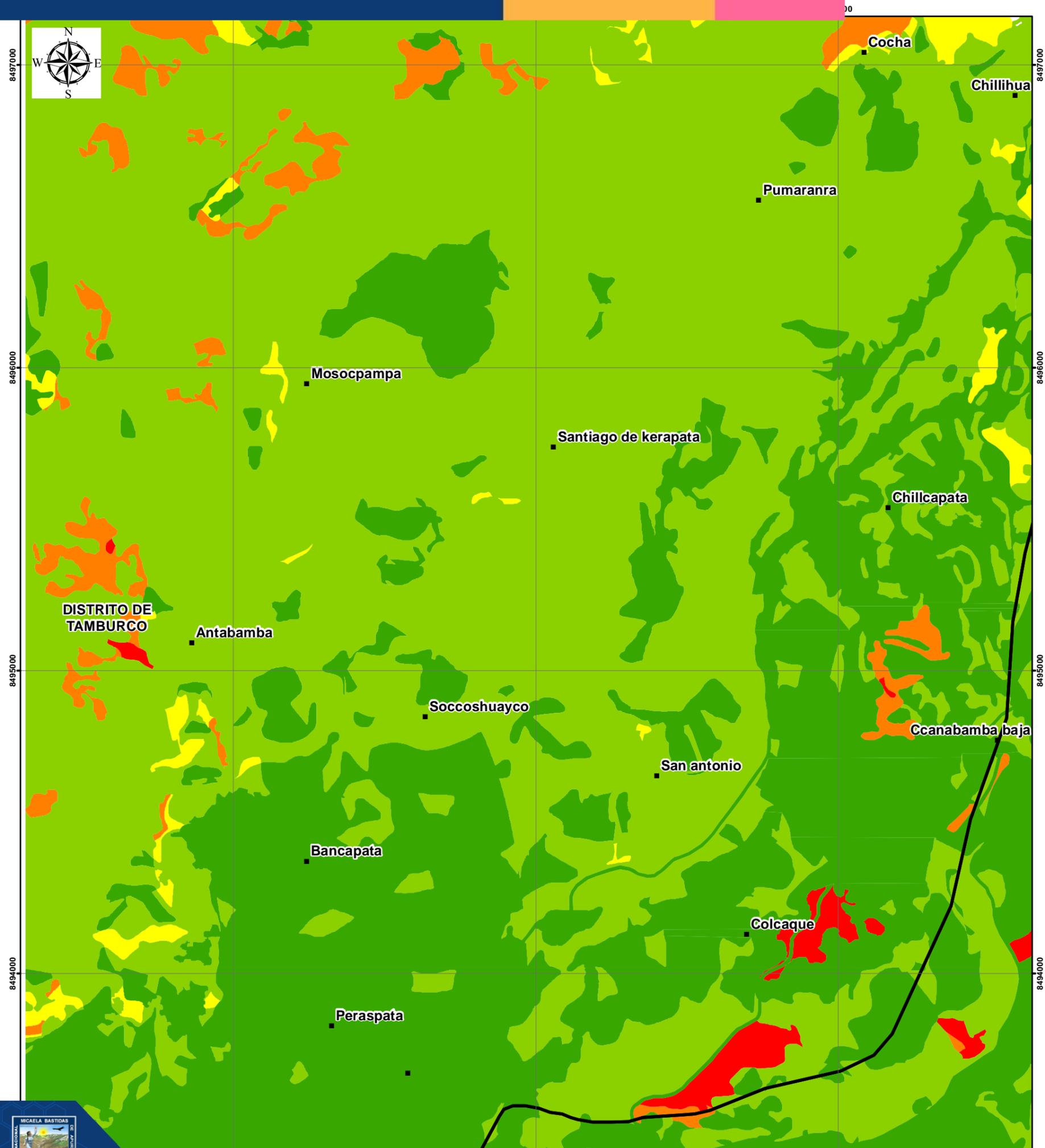


UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍAS
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

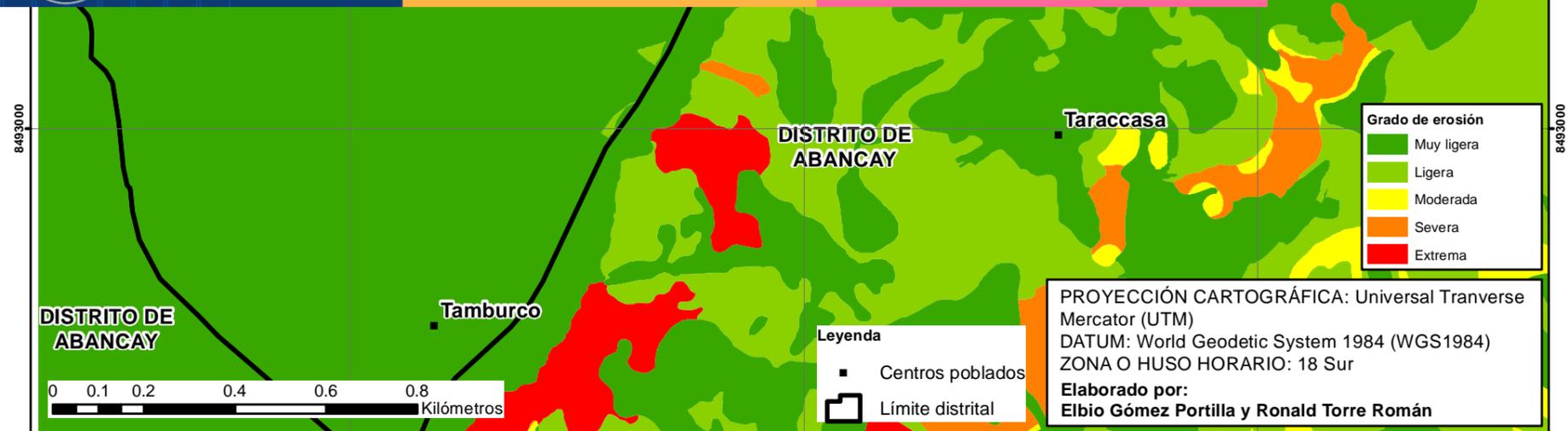
CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO, PROVINCIA DE ABANCAY - 2020

Mapa de Probabilidad de Riesgo





Repositorio Institucional - UNAMBA Perú



Grado de erosión	
■	Muy ligera
■	Ligera
■	Moderada
■	Severa
■	Extrema

Leyenda	
■	Centros poblados
	Límite distrital

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA: Universal Tranverse Mercator (UTM)
 DATUM: World Geodetic System 1984 (WGS1984)
 ZONA O HUSO HORARIO: 18 Sur
 Elaborado por:
 Elbio Gómez Portilla y Ronald Torre Román



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍAS
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO, PROVINCIA DE ABANCAY - 2020

Mapa de Erosión de suelos

ANEXO - 04
PANEL FOTOGRÁFICO



FOTO 01: Proceso de instalación de los equipos MASW



FOTO 02: Ensayo MASW – 01 ubicado en el sector de Kerapata.



FOTO 03: Ensayo MASW – 01, momentos antes del primer registro mediante el impacto de la comba de 10 kg sobre la platina metálica.



FOTO 04: Ejecución del Ensayo MASW – 05 ubicado en el sector de Túpac Amaru, referencia Puesto de salud Tamburco.



FOTO 05: Ejecución del Ensayo MASW – 06 ubicado en el sector de UNAMBA.



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "CARACTERIZACION ESTRATIGRAFICA CON FINES DE MICROZONIFICACION SISMICA DEL DISTRITO DE TAMBURCO PROVINCIA DE ABACAY - 2021"			F O R M A T O D E E N S A Y O M A S W
FECHA DE ENSAYO: <u>03/12/21</u>		N° DE ENSAYO: <u>MASW 01</u>	
UBICACIÓN: <u>KEROPATA</u>			
SISTEMA DE COORDENADAS:			
NORTE: <u>8495296.023m</u>	ESTE: <u>781421.221m</u>	ELEVACION: <u>2874.97msnm</u>	
EQUIPO UTILIZADO: <u>035280 B - SISMÓGRAFO</u>			
PESO DE COMBA: <u>10 Kg</u>	PUNTO DE IMPACTO: <u>SILVIS - PLACA METÁLICA ACERVO</u>		
NUMERO Y TIPO DE INSTALACION DE GEOFONOS: <u>24 GEOFONOS, 4.5 Hz</u>			
LONGITUD DE MASW: <u>50m</u>			
ESPACIAMIENTO ENTRE GEOFONOS: <u>2.00m</u>			
NUMERO DE GOLPES: <u>02 GOLPES (COMPRESION Y ACELERACION)</u>			
TIEMPO DE DURACION DEL ENSAYO: <u>01 Hora x ENSAYO</u>			
OPERADOR: <u>ING. DARWIN CHALCO MONTBLVO</u>			
OBSERVACIONES:			


 Ing. Darwin Chalco Montblvo

