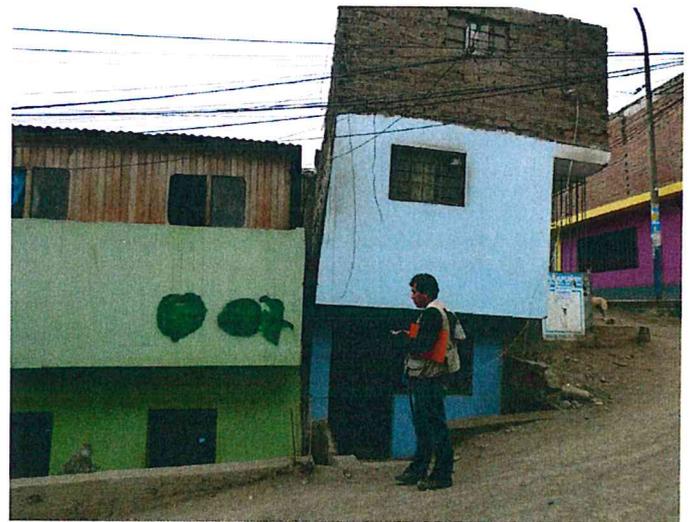


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6976

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y DE ORIGEN ANTRÓPICO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO PRIMERO DE MAYO

Región Lima
Provincia Lima
Distrito Cercado de Lima



NOVIEMBRE
2019

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y DE ORIGEN ANTRÓPICO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO PRIMERO DE MAYO - CERCADO DE LIMA

(DISTRITO, PROVINCIA Y REGIÓN LIMA)

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. OBJETIVOS	2
3. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS	2
4. ASPECTOS GENERALES	3
4.1. Ubicación y accesibilidad	3
4.2. Clima y fisiografía.....	5
4.3. Uso de suelo y población	5
4.4. Sismicidad histórica.....	5
5. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS	5
5.1. Geomorfología	5
5.2. Geología	9
6. PELIGROS GEOLÓGICOS	10
6.1. Conceptos generales.....	12
6.2. Erosión fluvial del río Rímac, entre los puentes del Ejército y Santa María.....	13
7. PELIGROS DE ORIGEN ANTRÓPICO	15
7.1. Relleno del Asentamiento Humano Primero de Mayo	16
7.2. Estado actual del relleno del Asentamiento Humano Primero de Mayo.....	17
7.3. Análisis de deformación y topográfico del relleno del Asentamiento Humano Primero de Mayo ...	22
CONCLUSIONES.....	35
RECOMENDACIONES	36
REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS	37

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el Asentamiento Humano Primero de Mayo, Cercado de Lima. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología.

El AA.HH. Primero de Mayo está ubicado a la altura de la cuadra 2 de la Av. Morales Duárez, en la margen izquierda del río Rímac. Estos sectores son afectados por asentamientos del suelo; afectando viviendas y vías de acceso. En dichas zonas se podrían generar problemas geodinámicos futuros.

El asentamiento humano Primero de Mayo se encuentra en un contexto geomorfológico de terraza de abanico aluvial, con pendientes suaves que no superan los 10° y casi verticales en los bordes de la terraza que colinda con las márgenes del río Rímac. La geología está constituida por depósitos de abanicos fluvio-aluviales compuestos por conglomerados de matriz de arenas y arcillas que engloban cantos y bloques.

Durante los trabajos de campo, se identificaron zonas de rellenos, que se pudieron delimitar mediante el análisis multitemporal de fotografías aéreas. Entre los factores condicionantes que originaron los peligros geológicos identificados, se tienen: la pendiente del terreno, la composición litológica y calidad del suelo (depósito de relleno). Los factores desencadenantes más importantes que originaron dichos eventos son los sismos y la construcción de viviendas sin asesoramiento técnico. También es importante considerar la exposición por la ocupación urbana no planificada en zonas inadecuadas como depósitos de relleno, basura abandonados.

Por las condiciones geológicas-geodinámicas y los antecedentes históricos, la zona evaluada se considera como zona crítica, de peligro muy alto por asentamiento, ante la presencia de un sismo.

Finalmente, se brindan medidas de prevención y mitigación, viables técnica y económicamente por la población y sus autoridades, para reducir la vulnerabilidad y por tanto el riesgo a los peligros geológicos. Estas propuestas de solución se plantean con la finalidad de minimizar las ocurrencias de los procesos identificados; así como también evitar la generación de nuevas ocurrencias o eventos futuros que causen daños.

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y DE ORIGEN ANTRÓPICO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO PRIMERO DE MAYO - CERCADO DE LIMA

(DISTRITO, PROVINCIA Y REGIÓN LIMA)

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora, dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el apoyo y/o asistencia técnica a los gobiernos nacional, regional y locales; su alcance consiste en contribuir con entidades gubernamentales en el reconocimiento, caracterización y diagnóstico, de peligros geológicos en territorios vulnerables, con la finalidad de proporcionar una evaluación técnica que incluya resultados y recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos, en el marco del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, Ley N°29664.

La Municipalidad Metropolitana de Lima, mediante Oficio N°00640-2019-MML-GDCGR, solicitó a nuestra institución, la evaluación técnica del asentamiento humano Primero de Mayo, a consecuencia de los peligros geológicos y los rellenos presentes en el lugar.

El INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó a los ingenieros Griselda Luque Poma y Luis Albinez Baca, para realizar la inspección técnica, los días 11 y 12 de setiembre del presente año, en coordinación con funcionarios de la Sub gerencia de Defensa Civil de la Municipalidad Metropolitana de Lima, quienes presentaron la problemática de la zona y algunos planes de contingencia.

Para esta evaluación, se realizaron los siguientes trabajos: Recopilación de información y preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos fotográficos y GPS, cartografiado, procesamiento de información y redacción de informe.

El presente informe se pone a consideración de la municipalidad provincial de Lima Metropolitana, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y otras autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de prevención, mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

2. OBJETIVOS

- Identificar y evaluar las zonas con peligro geológico que afecten o afectaron a la al asentamiento humano Primero de Mayo.
- Establecer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

3. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS

La zona evaluada está incluida en el área de estudio de trabajos de geología y peligros de escala regional y local, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

- a) Peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana y la región Callao (Villacorta *et al.*, 2015). De acuerdo a la clasificación de Arellano (2010) agrupa los distritos de Lima Metropolitana en cuatro sectores en donde el Cercado de Lima se encuentra en el sector Lima. De acuerdo al mapa de

susceptibilidad a movimientos en masa, la zona evaluada se encuentra en zonas de baja a muy baja susceptibilidad a movimientos en masa mientras que en el de susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial se encuentra de media a alta susceptibilidad.

- b) Boletín N° 43 Serie A: Geología de los cuadrángulos de Lima (25-i), Lurín (25-j), Chancay (24-i) y Chosica (24-j), a escala 1:100 000 INGENMET (Palacios et al., 1992). Describen las secuencias cuaternarias de los depósitos aluviales pleistocénicos del río Rímac donde se asienta la ciudad de Lima. Se menciona, además, depósitos aluviales recientes cuyos depósitos están restringidos a franjas estrechas a ambas márgenes del río Rímac.
- c) Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Mala (26-j), Lurín (25-j) y Lima (25-i), a escala 1:100 000" INGENMET (León & de La Cruz, 2003). Describen los aspectos geológicos que se revisaron en los trabajos de actualización sobre la estratigrafía, rocas ígneas y geología estructural de los cuadrángulos mencionados.
- d) El "Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa" (GEOCATMIN-INGEMMET, 2010), muestra que la zona evaluada se encuentra en zona de alta susceptibilidad. De acuerdo al inventario de peligros geológicos (GEOCATMIN-INGEMMET), la zona presenta erosión de laderas, derrumbes y flujos de lodo en inmediaciones.

4. ASPECTOS GENERALES

4.1. Ubicación y accesibilidad

La zona evaluada se localiza en el distrito de Lima, en la margen izquierda del río Rímac, al suroeste del peaje de la Línea Amarilla, entre las Av. Vicente Morales Duárez, Av. Del Trabajo y jirón Coronel Mariano de la Flor, en la provincia y región Lima (figura 1), sobre los 120 m.s.n.m., en las coordenadas WGS84 - 18S: 277031 O; 8668470 N. Se accede al asentamiento humano Primero de Mayo por la siguiente ruta:

Cuadro 1
 Detalle de la ruta de acceso a la zona evaluada

Ruta	Vía	Kilómetros	Tiempo estimado
Av. Canadá - Vía Expresa Paseo de la República- Paseo Colón-Jr. Washington-calle Pedro Dávalos - Av. Alfonso Ugarte-Av. Morales Duárez (cuadra 2)	asfaltada	7.9	21 min

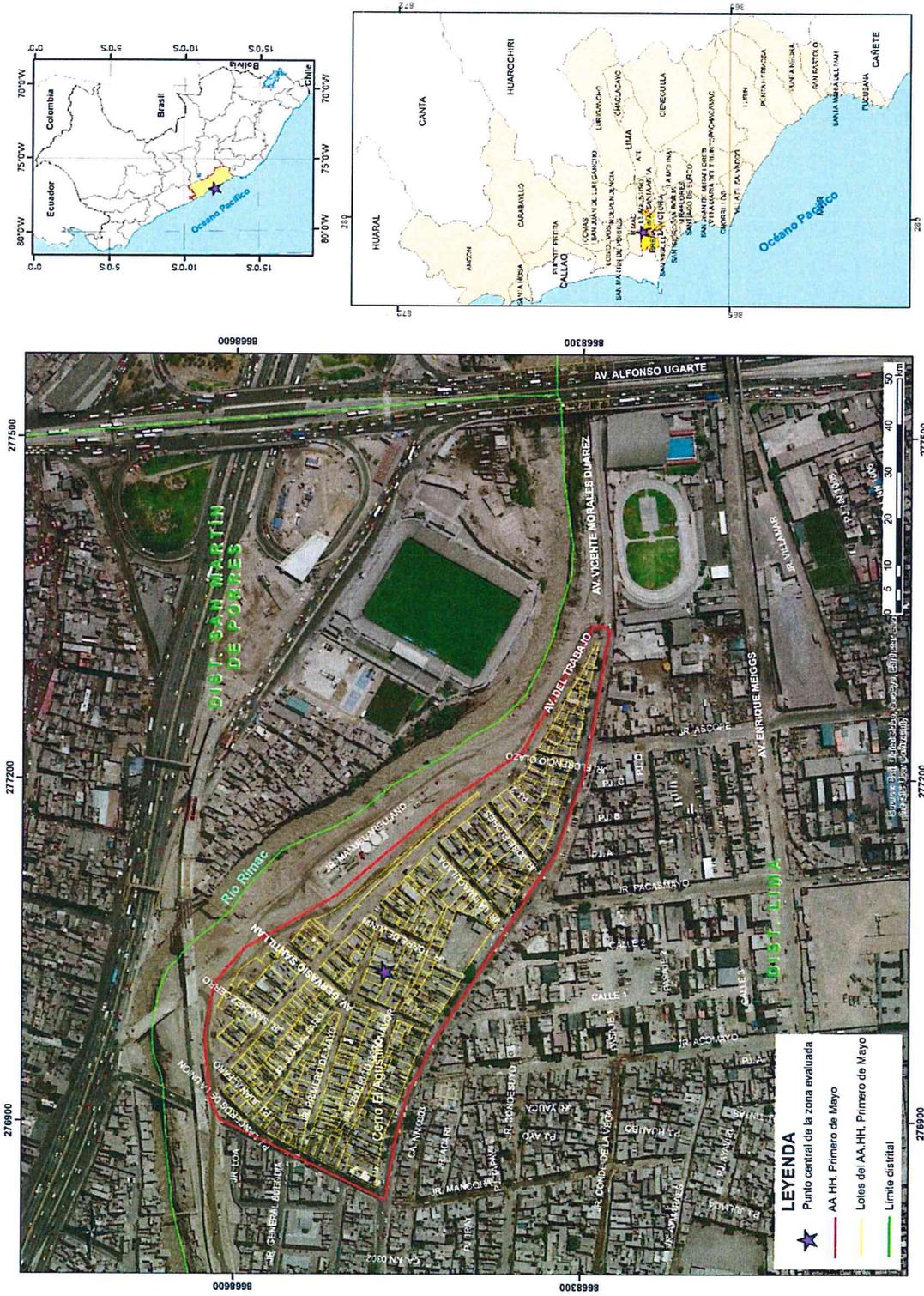


Figura 1 Ubicación del asentamiento humano Primero de Mayo

De acuerdo a la organización territorial, Lima Metropolitana tiene identificada cuatro áreas interdistritales denominadas Lima Norte, Lima Este, Lima Sur y Lima Centro. Para el caso del AA.HH. Primero de Mayo, se encuentra ubicado en Lima Centro, donde se concentra el mayor número de distritos.

4.2 Clima y fisiografía

De acuerdo al mapa climático nacional del SENAMHI (2018), el distrito de Cercado de Lima presenta temperaturas extremas máximas y mínimas, la media anual es de 18° a 19°C, tiene un clima semi cálido (desértico-árido-sub tropical) con precipitación escasa a nula en la mayor parte del año excepto en años donde hay el Fenómeno El Niño ocasionando precipitación de moderada a fuerte intensidad, con eficiencia térmica semicálida, con un ambiente muy húmedo, en otoño e invierno amanece nublado, esta información está sustentada en la clasificación climática por el método de Thornthwaite con información meteorológica recolectada de aproximadamente 20 años.

4.3. Uso de suelo y población

Según el mapa Uso de suelo a escala 1:12 000 (Instituto Metropolitano de Planificación, 2009) el uso de suelo que se le da al AA.HH. Primero de Mayo es residencial. De acuerdo al Sistema de Información Geográfica de Lima Metropolitana (2019), el AA.HH. Primero de Mayo, correspondiente a las manzanas y lotes entre las Av. Morales Duárez y del Trabajo está conformado por 314 lotes y 15 manzanas, de los cuales 291 (construido de ladrillo), 10 (madera), adobe o tapial (6), drywall (1) y terrenos sin construcción (6).

4.4. Sismicidad histórica

Según Silgado (1978) y Dorbath et al (1990), los terremotos de mayor magnitud ocurridos frente a la costa de Lima son el de 1586 (primer gran terremoto con documentación histórica), 1687 y 1746 que destruyeron en gran porcentaje la ciudad (Tavera et al., 2014).

Cabe mencionar que los sismos de gran magnitud, con epicentros cercanos o aledaños a la ciudad de Lima, están relacionados al proceso tectónico subductivo que ocurre entre las placas de Nazca y Sudamericana.

5. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS

5.1. Geomorfología

5.1.1. Unidades geomorfológicas

En Lima Metropolitana, se han podido diferenciar niveles de terrazas (T-al), cuya extensión está limitada a un estrecho borde entorno a los lechos fluviales como en la margen derecha del río Rímac frente al AA.HH. Primero de Mayo en el distrito San Martín de Porres.

En su lugar, la mayor parte del piedemonte de las estribaciones andinas está ocupado por abanicos, planicies o llanuras aluviales (PI-al). Localmente, al noroeste del AA.HH. Primero de Mayo se identificaron monte islas, que son relieves aislados denominados *inselberg* con alturas que no sobrepasan los m en el cerro Milla, Huaca Palao, entre otros (figura 2).

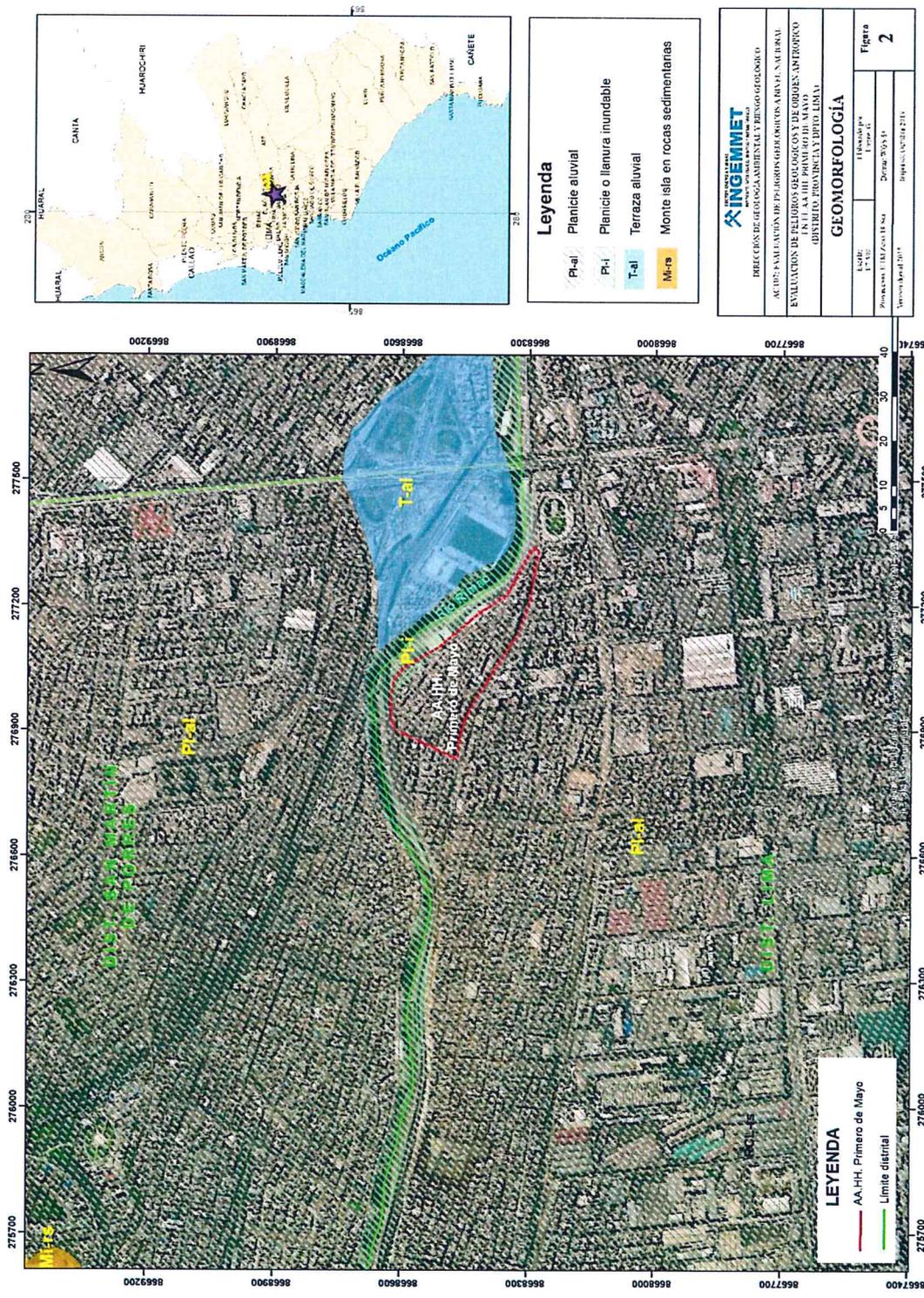


Figura 2 Unidades geomorfológicas en el asentamiento humano Primero de Mayo, cercado de Lima. Fuente: Villacorta et al., 2015

En la zona evaluada se ha identificado las siguientes geformas de carácter depositacional o agradacional:

Unidad de planicies

Superficies planas con ligeras ondulaciones. Están asociadas a depósitos aluviales, aluviales antiguos y fluvio-glaciares limitados en muchos casos por altiplanicies, bofedales, depósitos antropógenos, faja litoral, mantos de arena, terrazas y valles; están sujetas a modificaciones físicas constantes o recurrentes, desarrolladas normalmente en cuencas, llanos andinos, faja costera.

Sub unidad de planicie o llanura aluvial (PI-al)

Corresponde a los abanicos aluviales (figura 3) son formas del relieve de origen depositacional que se acumulan en el contacto de relieves destacados con superficies llanas, donde los cauces se ensanchan y la pendiente se atenúa, siempre que no exista un agente de evacuación suficientemente competente para impedir su conservación. En planta se asemejan a un segmento cónico que se irradia pendiente abajo. En el mapa geomorfológico de Lima Metropolitana y el Callao se han cartografiado sistemas de abanicos aluviales de grandes dimensiones vinculados con los ríos Chillón, Rímac y Lurín, cuyas cabeceras se encuentran en las cumbres más altas de la sierra de la región de Lima (Villacorta et al., 2015).



Figura 3 Interpretación de fotografía aérea mostrando la geomorfología (Villacorta et al., 2015) y depósitos aluviales de la zona de estudio

Unidad de Planicies inundables

Terrenos llanos o poco ondulados inundables, adyacentes a un río, quebrada o lago que experimenta inundaciones ocasionales o periódicas como terrazas bajas, llanuras, complejo de orillares, pantanos, meandros abandonados, entre otros.

Sub unidad Llanura inundable (PI-i)

Corresponde a superficies bajas, con pendientes suaves adyacentes al fondo de valle del río Rímac y el mismo curso fluvial. Compuesto por material no consolidado, removible. Está sujeto a inundaciones ya sean estacionales o excepcionales en máximas avenidas.

5.1.2. Pendiente de terreno y alturas

La zona presenta pendientes suaves que inferiores a los 10°. Las pendientes de los bordes de las terrazas aluviales aledañas al cauce del río Rímac son verticales o superiores a los 45° (figura 4). En relación a las alturas, la zona del asentamiento humano Primero de Mayo se encuentra por encima de las manzanas aledañas del oeste (figura 5).

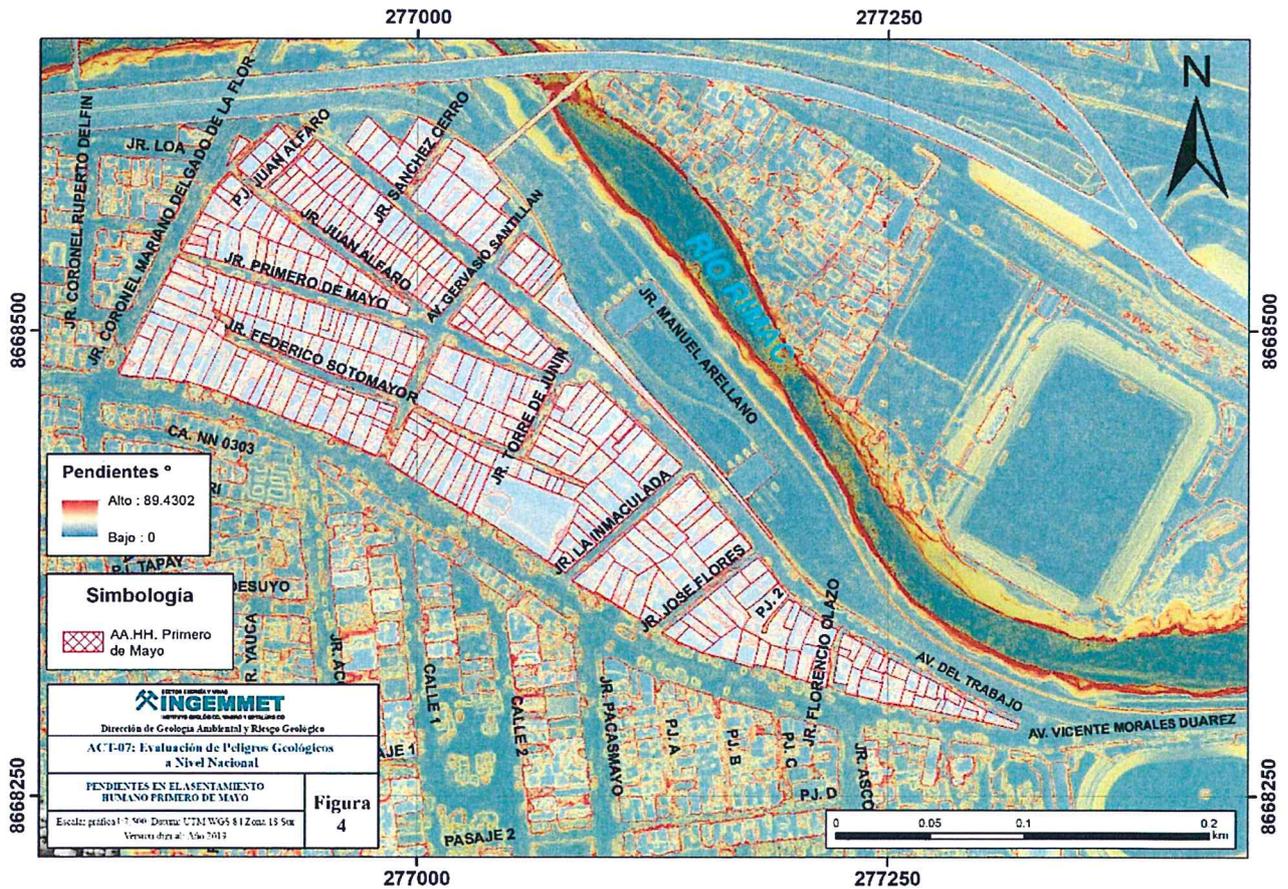


Figura 4 Mapa de pendientes en el asentamiento humano Primero de Mayo, cercado de Lima

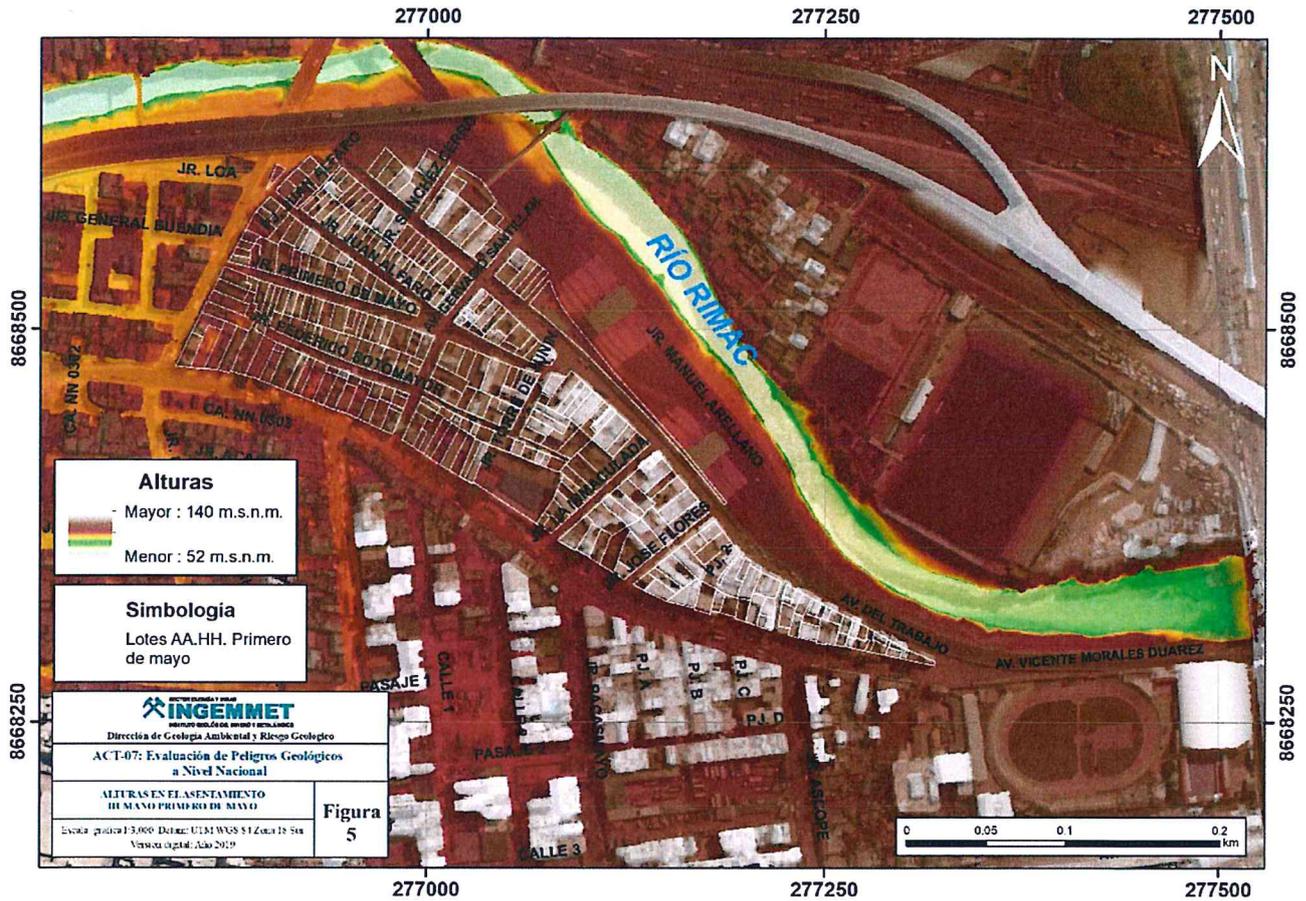


Figura 5 Mapa de alturas en el asentamiento humano Primero de Mayo, cercado de Lima

5.2. Geología

La mayor parte de Lima se asienta sobre depósitos de abanicos fluvio-aluviales (figura 2). Están compuestos por un conglomerado de matriz de arenas y arcillas que engloban gravas y bloques. Su disposición en capas indica una evolución cíclica de la disponibilidad hídrica de las cabeceras fluviales. El origen del abanico es parafluvial, es decir, debido a la alternancia de periodos sin actividad interrumpidos por episodios de grandes avenidas y aluvionamiento con una recurrencia variable (Le Roux et al., 2000 en Villacorta et al., 2015). Estas secuencias se observan en las laderas de terrazas aledañas al cauce del río Rímac (figura 6).



Figura 6 Depósitos de abanicos fluvio-aluviales al noreste del asentamiento humano Primero de Mayo, margen izquierda del río Rímac

6. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los trabajos de campo permitieron identificar zonas con erosión fluvial, en ambas márgenes del cauce del río Rímac, entre el Puente del Ejército y el Puente Santa María (figura 7).

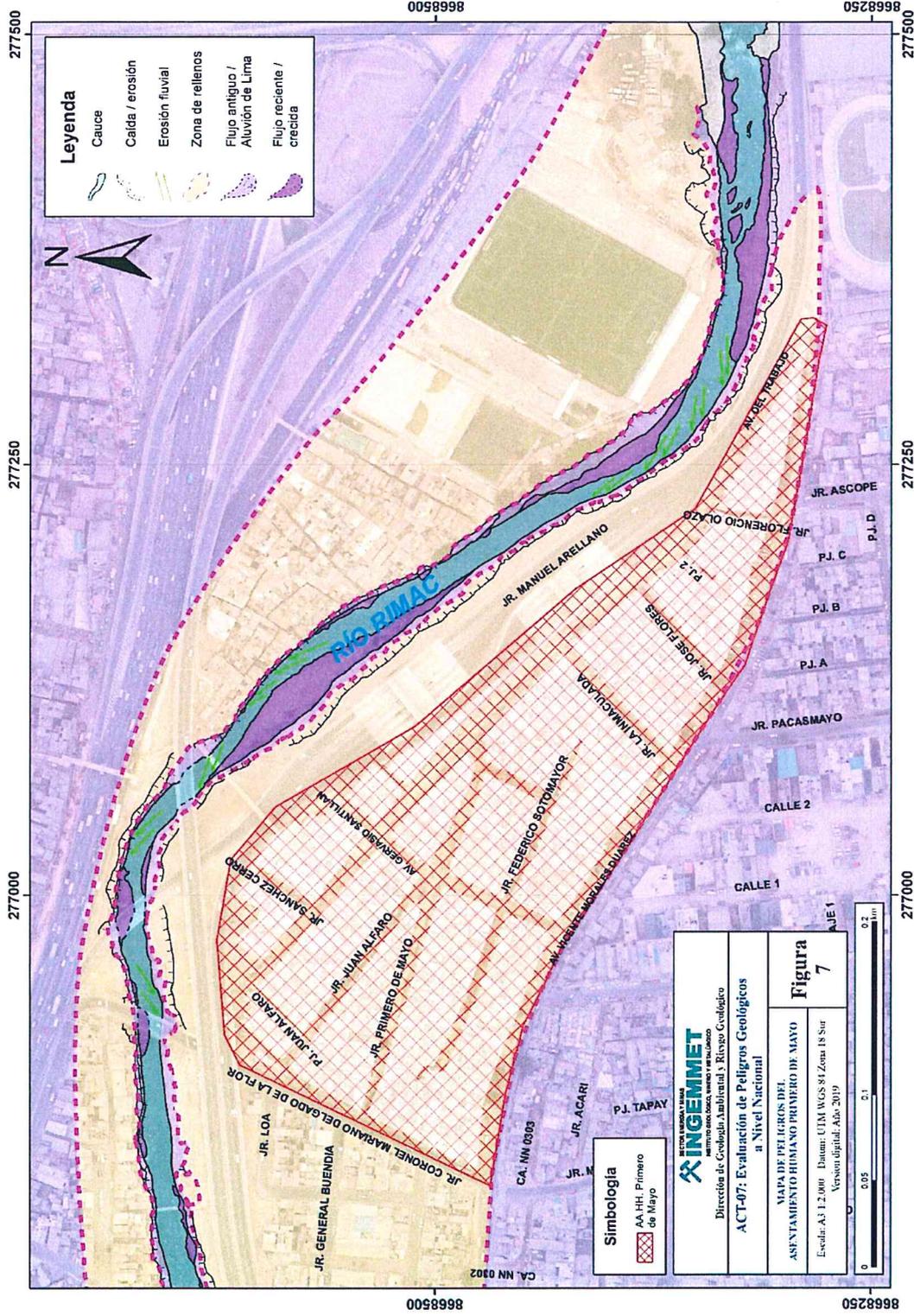


Figura 7 Mapa de peligros del asentamiento humano Primero de Mayo

6.1. Conceptos generales

La **erosión fluvial** es el desprendimiento de material del lecho y flancos del río. La erosión comienza cuando la energía del flujo de agua excede la resistencia del material. (Robert, A. 2003 en <http://www.geo.fu-berlin.de>). La erosión lateral de un río erosiona su orilla; es decir, el río se amplía. Esto da lugar a problemas de pérdida de terrenos (Thorne, C.R. et al 1997 en <http://www.geo.fu-berlin.de>).

Las **crecidas** o inundación de detritos son flujos muy rápidos de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal (Hungre et al., 2001). Los depósitos de clastos del cauce del río Rímac corresponden a periodos de crecidas recurrentes.

Los **flujos de detritos** (figura 8) son movimientos en masa que transcurren principalmente confinados a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos (PMA 2007). Secuencias de flujos de detritos antiguos son visibles a ambos márgenes del río Rímac.

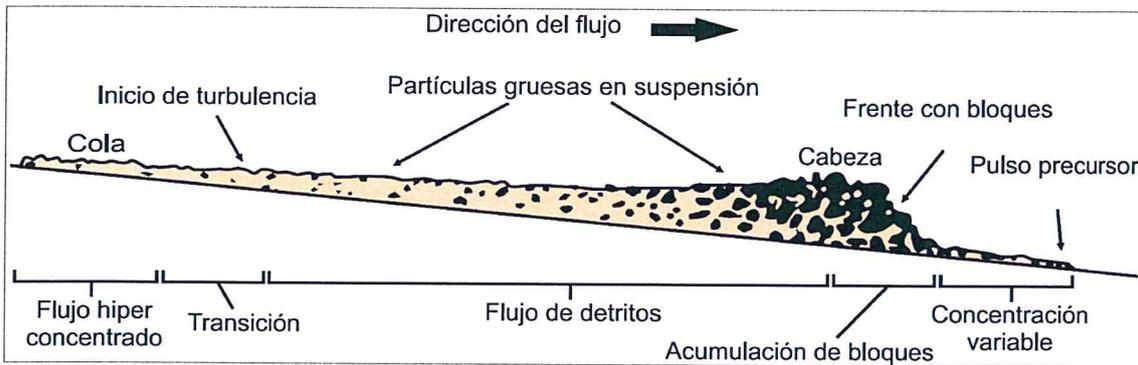


Figura 8 Corte esquemático típico de un flujo de detritos. Frente con bloques de un pulso del flujo de detritos (diagrama de Pierson, 1986, en PMA 2007)

La licuación o **licuefacción de suelos** (figura 9), consiste en la pérdida de la resistencia al corte de un suelo debido a un incremento rápido de la presión de poros del agua. El caso más corriente se presenta cuando ocurre un sismo en suelos granulares finos saturados, con baja densidad relativa (PMA 2007). Los suelos susceptibles a perder parte de su resistencia son las arenas finas y flojas, las arenas y limos mal graduados. Otra de las condiciones necesarias para que tenga lugar la licuefacción es que el nivel freático esté alto, cerca de superficie (Benavente et al., 2013). La heterogeneidad de materiales de relleno presentes bajo el asentamiento humano Primero de Mayo, predispone la ocurrencia de fenómenos de licuefacción y hundimientos durante sismos de gran magnitud. Las pésimas características geotécnicas de estos rellenos sin tratamiento empeoran, con las filtraciones generadas por el deterioro de tuberías de agua y desagüe, que colapsan por la constante deformación que ocurre en el lugar.

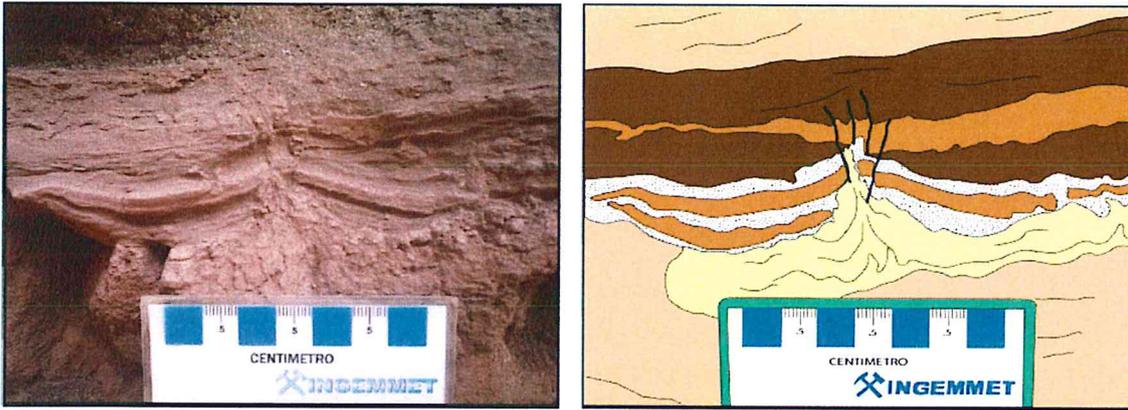


Figura 9 Volcán de arena ubicado en sedimentos lacustres de la formación San Sebastián, Cusco (Benavente et al., 2013), generado por fenómenos de licuefacción en suelos desencadenados por sismos

6.2. Erosión fluvial del río Rímac, entre los puentes del Ejército y Santa María

El tramo del río Rímac, ubicado entre el Puente del Ejército y Puente Santa María, muestra procesos de erosión fluvial en distintos puntos.

A partir del sector con coordenadas 277310 O; 8668326 N, hasta el punto 277221 O; 8668426 N, en la margen izquierda del río Rímac, noreste de la Línea Amarilla, frente al estadio Alberto Gallardo, se observa un intenso socavamiento por erosión fluvial reciente, en la base de la terraza aluvial. La erosión se prolonga en forma de cavidades a lo largo de aproximadamente 150 m. El avance del socavamiento y profundización constante en este sector, generarían derrumbes que comprometerían infraestructura de la Línea Amarilla (figura 10).

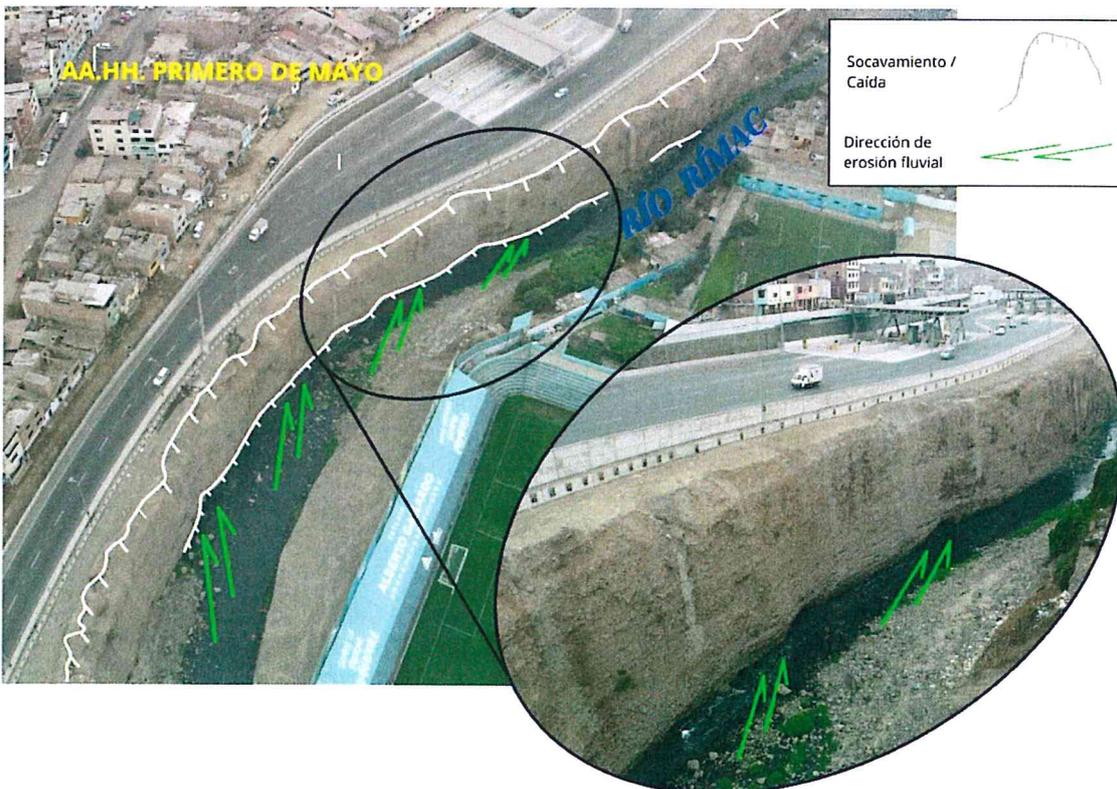


Figura 10 Interpretación de fotografías aéreas mostrando la erosión fluvial en la margen izquierda del río Rímac, frente al estadio Alberto Gallardo

A partir del sector con coordenadas 277154 O; 8668562 N, hasta el punto 277103 O; 8668613 N, en la margen derecha del río Rímac, al noroeste del estadio Alberto Gallardo, se observa socavamiento por erosión fluvial reciente, en la base de la terraza aluvial. La erosión se prolonga por aproximadamente 80 m, comprometiendo viviendas construidas al borde de la ladera vertical (figura 11).



Figura 11 Interpretación de fotografías aéreas mostrando la erosión fluvial en la margen derecha del río Rímac

A partir del sector con coordenadas 277055 O; 8668658 N, hasta el punto 277012 O; 8668677 N, en la margen derecha del río Rímac, bajo el cruce de los baipases de la Línea Amarilla y el puente peatonal, se observa socavamiento por erosión fluvial reciente, en la base de la terraza aluvial. La erosión se prolonga por aproximadamente 60 m. El avance del socavamiento y profundización constante en este sector, generarían derrumbes que comprometerían viviendas, infraestructura vial y a los puentes (figura 12).



Figura 12 Erosión fluvial en la margen derecha del río Rímac

A partir del sector con coordenadas 276954 O; 8668662 N, hasta el punto 276905 O; 8668656 N, en la margen izquierda del río Rímac, bajo el puente Santa María, se observa socavamiento por erosión fluvial reciente, en la base de la terraza aluvial. La erosión se prolonga por aproximadamente 50 m. El avance del socavamiento y profundización constante en este sector, generarían derrumbes que comprometerían infraestructura vial y del puente (figura 12).



Figura 13 Erosión fluvial en la margen izquierda del río Rímac, puente Santa María

7. PELIGROS DE ORIGEN ANTRÓPICO

Los trabajos de campo permitieron identificar hundimientos y deformación del terreno condicionados por materiales de relleno presentes en el subsuelo del asentamiento humano Primero de Mayo.

Los **rellenos** están clasificados como depósitos antropógenos los cuales se definen como depósitos generados por el hombre en su interacción con el medio ambiente. Corresponden a la acumulación artificial de fragmentos de roca removidos artificialmente, materiales de desecho o una mezcla de ellos. Se encuentran acumulados en rellenos de basura, desmontes, relaves, desechos industriales, escorias, canchas de minerales, etc. En este grupo se incluyen aquellos depósitos de escombros que han sido utilizados por el hombre, para rellenar algunas depresiones, ganar espacio a los ríos y playas, o tapar zonas húmedas para poder realizar sus construcciones. Este material poco compacto y de composición variable, desde arcillas gravosas o arenas hasta basura, es de muy mala calidad geomecánica ya que durante un sismo es el que suele presentar más daño, como lo ocurrido en las ciudades del sur del país debido al sismo de Arequipa en el año 2001 o en Pisco e Ica en el año 2007 (Villacorta et al., 2015).

Son los depósitos que tienen peor calidad que todos los materiales superficiales. Los frentes de ondas sísmicas en estos materiales sufren amplificaciones, así como también inducen efectos de densificación o licuefacción que pueden afectar a las viviendas, carreteras u otras estructuras construidas sobre estos materiales (Villacorta et al., 2015).

La deformación visible en el asentamiento humano Primero de Mayo, está relacionada a la acción de cargas correspondientes a las viviendas construidas sobre terrenos conformados por materiales de relleno de baja capacidad portante.

7.1. Relleno del Asentamiento Humano Primero de Mayo

El asentamiento humano Primero de Mayo se encuentra emplazado sobre un antiguo botadero de basura y desmonte, ubicado al extremo noroeste de la Lima anterior a los años 50's.

La zona fue ocupada para vivienda entre los años 50's y 60's. Los pobladores refieren que los hundimientos y deformación del terreno se vienen presentando desde los años 80s.

Las fotografías aéreas del año 1943, muestran un montículo formado por la acumulación de materiales diversos en la zona (figura 14). En las fotografías aéreas de los años 60 ya se observan lotizaciones y algunos emplazamientos de viviendas (figura 15).

Mediante la comparación de imágenes aéreas antiguas y actuales, se identificó el límite del botadero entre el trazo de la actual Av. Vicente Morales Duárez y la margen izquierda del río Rímac (figura 1). El límite correspondiente a la margen izquierda del río Rímac, es distinguible en la parte alta de la ladera vertical de la terraza aluvial (figura 1), lado norte de la línea amarilla.

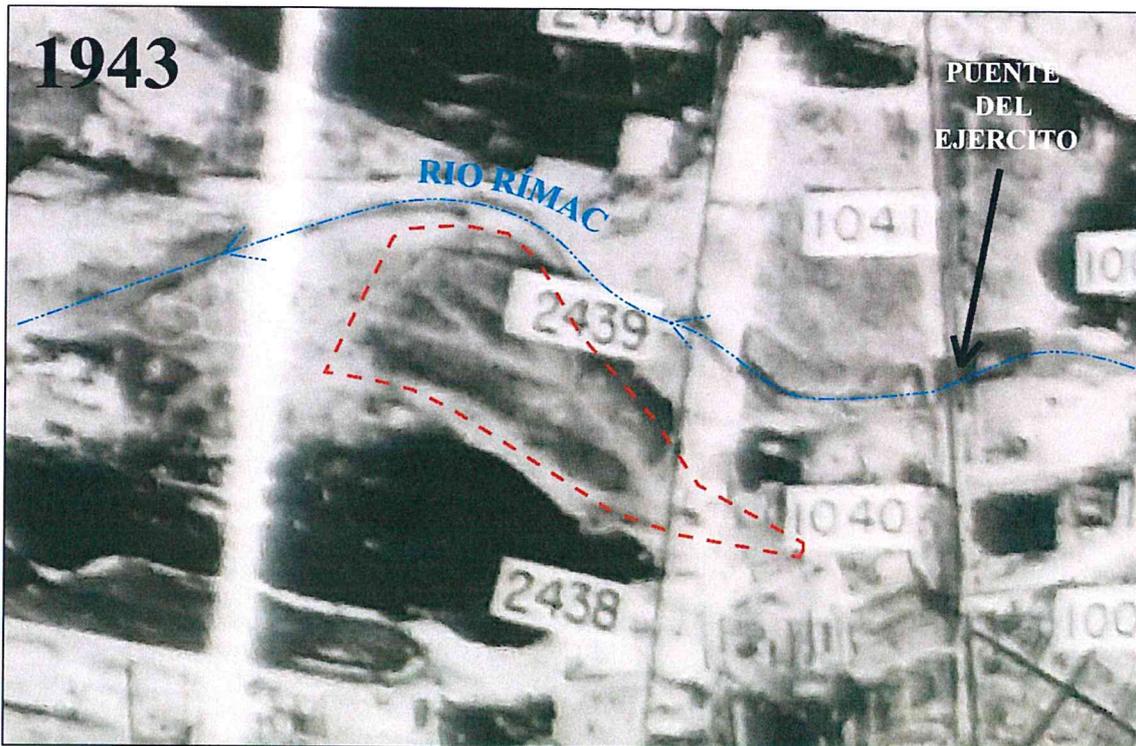


Figura 14 Fotografía aérea de 1943 georreferenciada. Se observa entre la línea punteada la zona donde actualmente está emplazado el asentamiento humano Primero de Mayo. Se diferencia un montículo de color gris oscuro el cual constituía un relleno antiguo

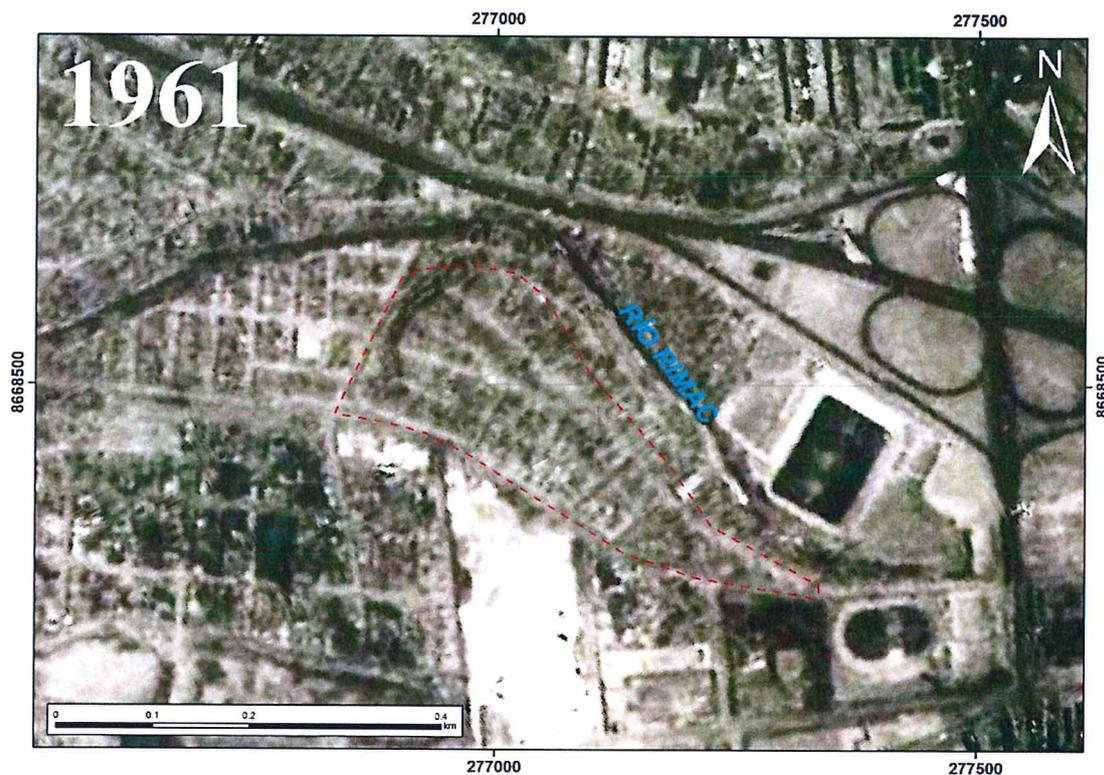


Figura 15 Fotografía aérea de vuelo alto georreferenciada, de 1961. Se observa entre la línea punteada la zona donde actualmente está emplazado el asentamiento humano Primero de Mayo

7.2. Estado actual del relleno del Asentamiento Humano Primero de Mayo

La deformación causada por los hundimientos es visible en todo el asentamiento humano Primero de Mayo (figura 23). A continuación, se describen algunos sectores críticos.

En el extremo sur este del asentamiento humano, sector con coordenadas 277287 O; 8668312 N, correspondiente a la avenida Del Trabajo, se observan viviendas separadas a consecuencia de hundimientos de dirección NO. La separación máxima varía en 5 cm, se distingue humedad en el suelo (figura 16).



Figura 16 Inclinación de viviendas por asentamiento en la Av. del Trabajo del asentamiento humano Primero de Mayo

En el sector con coordenadas 277231 O; 8668341 N, correspondiente a la avenida Del Trabajo, se observan viviendas separadas por hundimientos, inclinadas hacia el NO. La deformación se observa tras obras de una vivienda en construcción (figura 17).

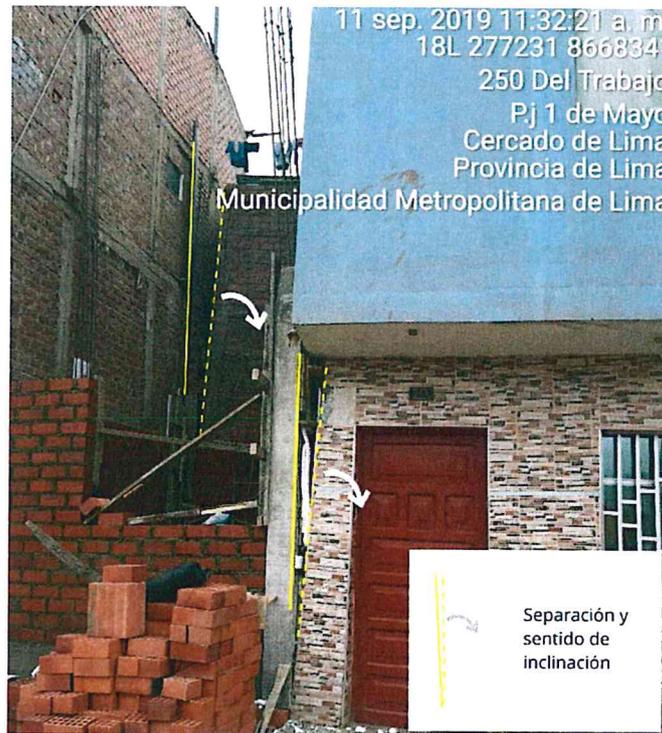


Figura 17 Inclinación de viviendas por hundimiento en la Av. del Trabajo

En el sector con coordenadas 277122 O; 8668456 N, correspondiente a la avenida Del Trabajo, se observan viviendas inclinadas por hundimientos, hacia N y NE. Se distinguen fracturas y humedad en el suelo (figura 18).

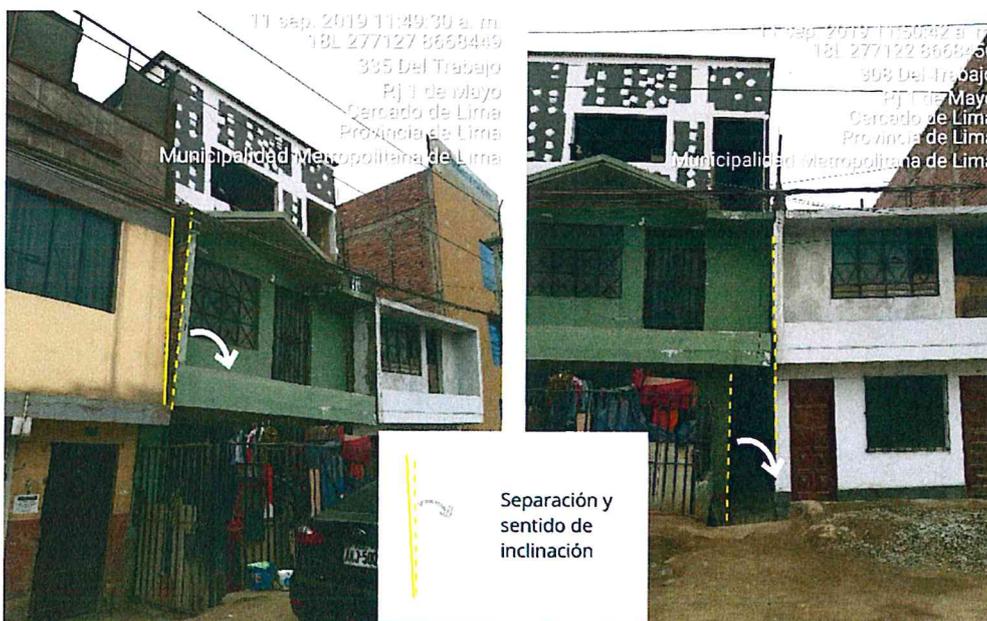


Figura 18 Inclinación de viviendas por hundimiento en la Av. del Trabajo

En el sector con coordenadas 277011; 8668593 N, correspondiente al Jirón Sánchez Cerro, se observa una vivienda hundida, con un desplazamiento vertical de aproximadamente 15 cm. Se distingue humedad en el suelo (figura 19).

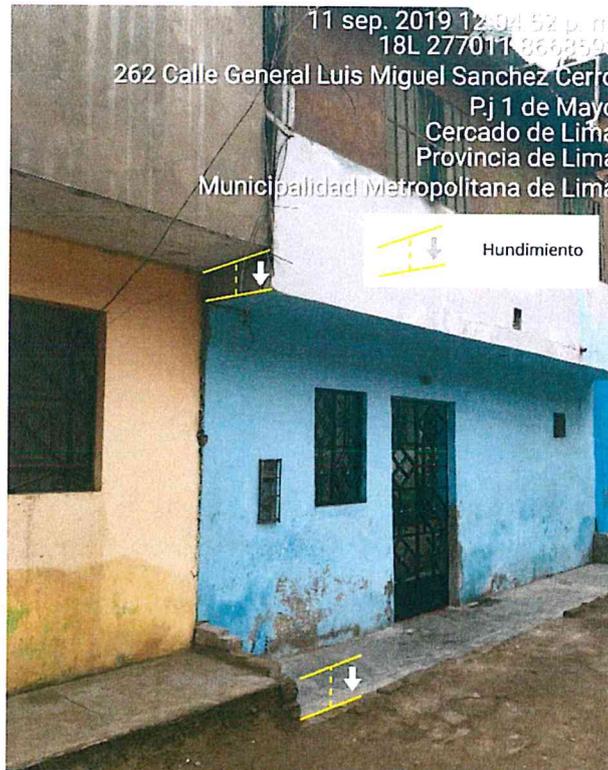


Figura 19 Hundimiento de vivienda en la calle General Luis Sánchez Cerro

En el sector con coordenadas 276996 O; 8668566 N, correspondiente a la esquina del Jirón Sánchez Cerro y la avenida Del Trabajo, se observa una vivienda inclinada y hundida. La separación en relación a la vivienda del costado, de aproximadamente 30 cm, fue resanada. La base de la vivienda muestra deterioro por humedad del terreno. La inclinación hacia el SO es de aproximadamente 6° (figura 20).

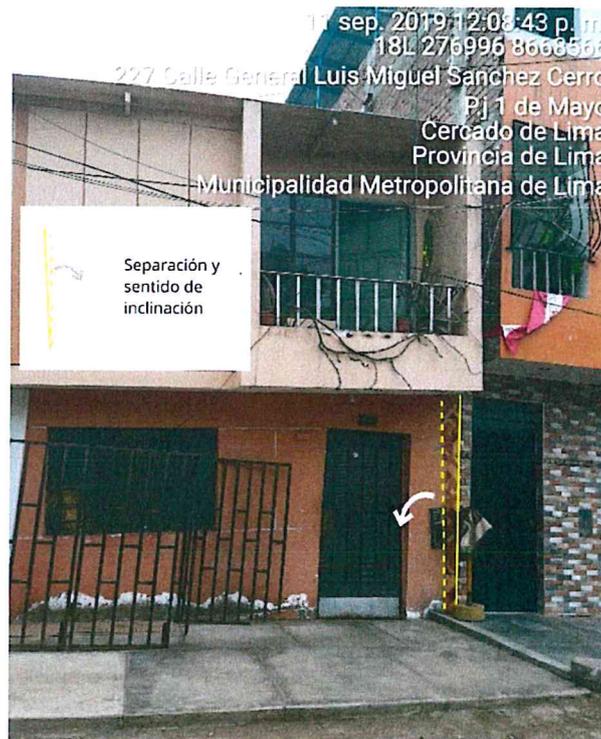


Figura 20 Inclinación de vivienda por asentamientos en el cruce de la Av. del Trabajo y calle General Luis Sánchez Cerro

En el sector con coordenadas 276960 O; 8668541 N, correspondiente al Jirón Juan Alfaro, se observan viviendas inclinadas y separadas por hundimientos. La separación entre viviendas es de 20 cm, la inclinación mayor estimada es de 4° hacia el NE. Se observa humedad en el terreno (figura 21).

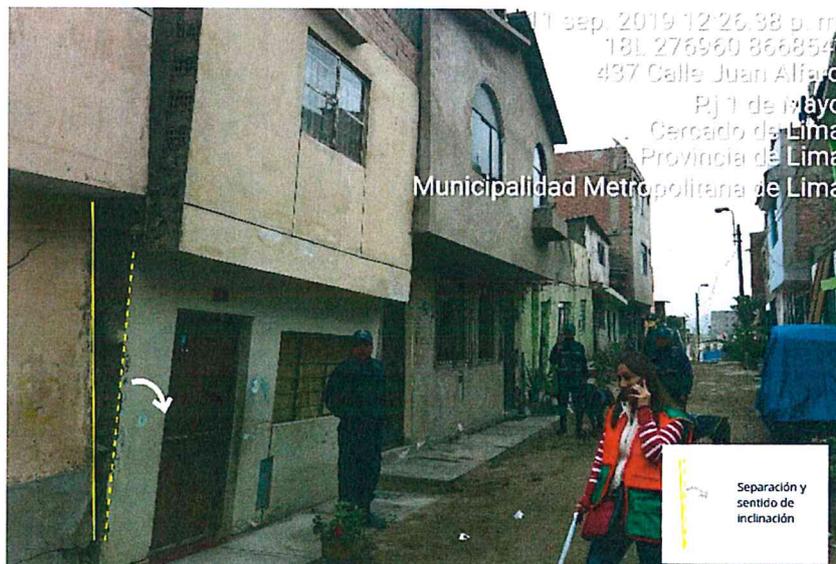


Figura 21 Inclinación de vivienda por hundimiento en la calle Juan Alfaro del asentamiento humano Primero de Mayo.

En el Jirón Primero de Mayo, se observan viviendas inclinada y separadas por hundimiento. En los sectores con coordenadas 277022 O; 8668486 N y 277033 O; 8668487 N, se encuentran viviendas con inclinaciones hacia el NE, de 3° y 4° respectivamente. Se distingue humedad en el terreno (figura 22).



Figura 22 Inclinación de viviendas por hundimiento en el asentamiento Primero de Mayo

En algunas viviendas se han colocado columnas a manera de sostenimiento como se indica en la figura 23.



Figura 23 Sostenimiento de viviendas con columnas improvisadas en las viviendas N°305(A) y N°444(B) de la Av. del Trabajo.

7.3. Análisis de deformación y topográfico del relleno del Asentamiento Humano Primero de Mayo

Los datos de deformación muestran componentes de tipo extensional distribuidos en todo el asentamiento humano Primero de Mayo (figura 24).

La acumulación de la deformación coincide con la predisposición topográfica preexistente (figura 4), generada por una mayor acumulación de rellenos que dieron como resultado lugares de mayor altura. Esta observación se corrobora con los datos de deformación tomados en campo y también al diferenciar concentración de viviendas de mala y muy mala calidad (DC-MML, 2019), que están emplazadas principalmente en todo el flanco noreste del asentamiento humano (figura 24).

Para ampliar el análisis de deformación se realizaron perfiles a partir de la topografía actual (figuras 25 al 36), obtenida a través de fotogrametría con dron, en los cuales se observa una mayor potencia de materiales en las secciones A-A' (figura 25), B-B' (figura 26), C-C' (figura 27), D-D' (figura 29), F-F' (figura 30), G-G' (figura 31), H-H' (figura 32), I-I' (figura 33). Las potencias de relleno obtenidas, están en proporción a la deformación en superficie, lo cual indica mayor deformación en relación a mayor potencia. Las potencias máximas de relleno estimadas fluctúan en el rango de 10 a 15 m.

Los perfiles se realizaron tomando como altura base, el límite de relleno visible en la parte alta de la ladera de la margen izquierda del río Rímac, proyectando en profundidad esta altura, hacia dentro del asentamiento humano. Se consideró una paleo terraza o llanura aluvial con morfología homogénea, para estimar el límite sur; además, el límite estimado coincide en mayor proporción, con el trazo de la actual avenida Vicente Morales Duárez, la cual fue trazada y construida posterior al emplazamiento de los rellenos. Esto se puede distinguir en las fotografías aéreas de 1943 y 1961.

Cabe mencionar que el límite sur y las potencias estimadas pueden variar en menor proporción, con ensayos geotécnicos y sondeos geofísicos.

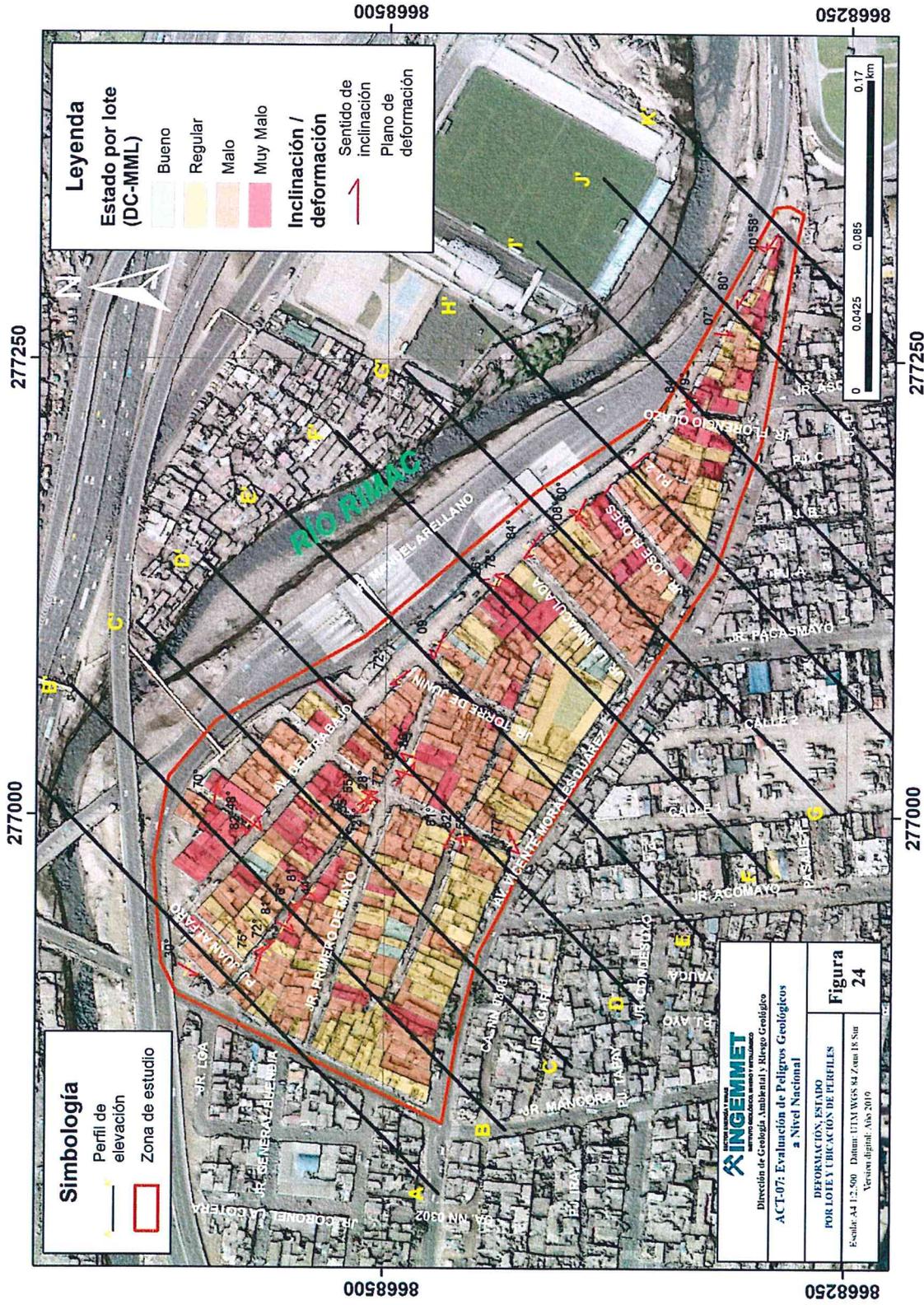


Figura 24 Inclinación de viviendas por hundimiento (deformación) y calidad de viviendas por lote, en el asentamiento humano San Primo de Mayo

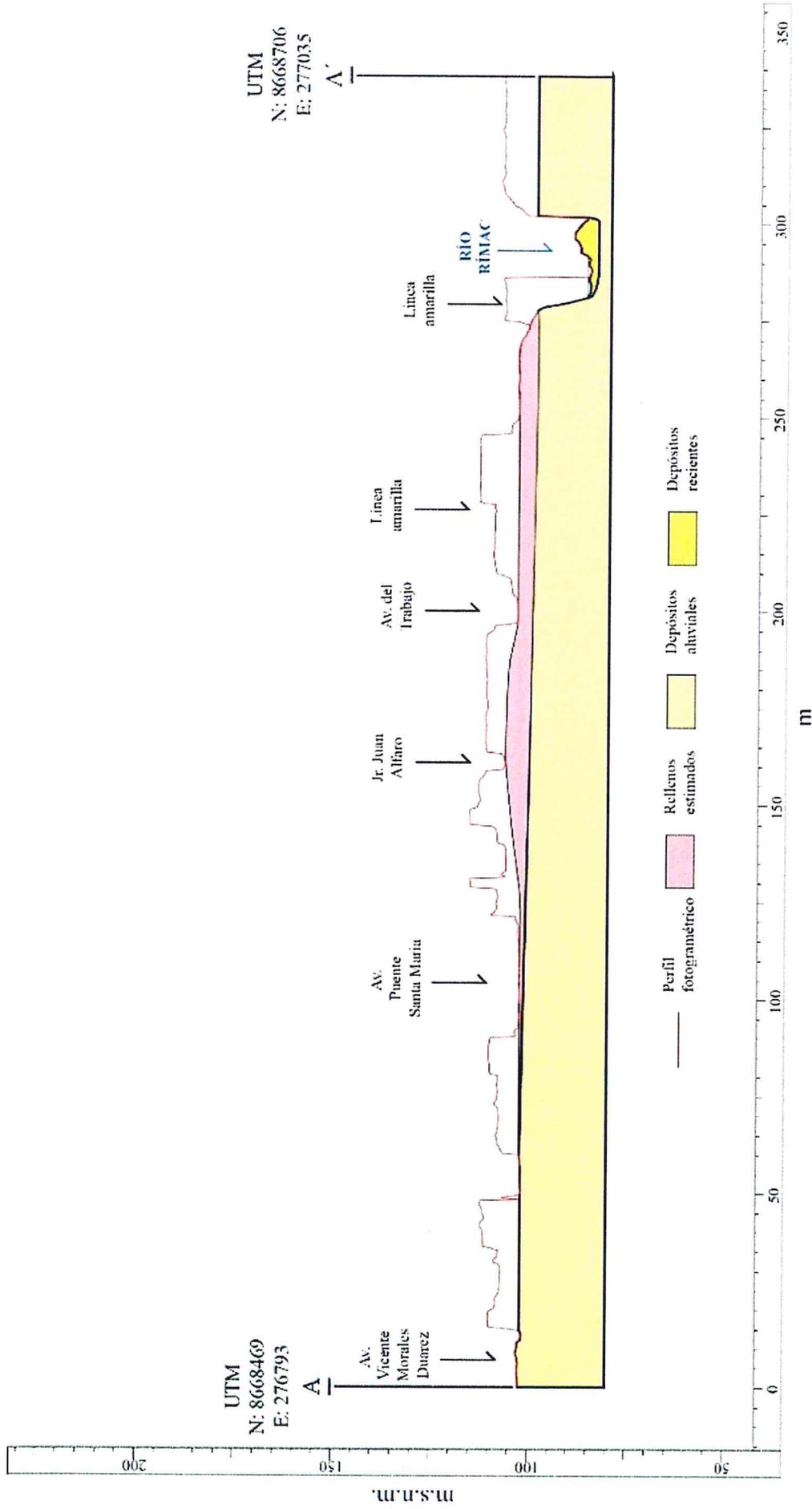


Figura 25 Perfil A-A', asentamiento humano Primero de Mayo

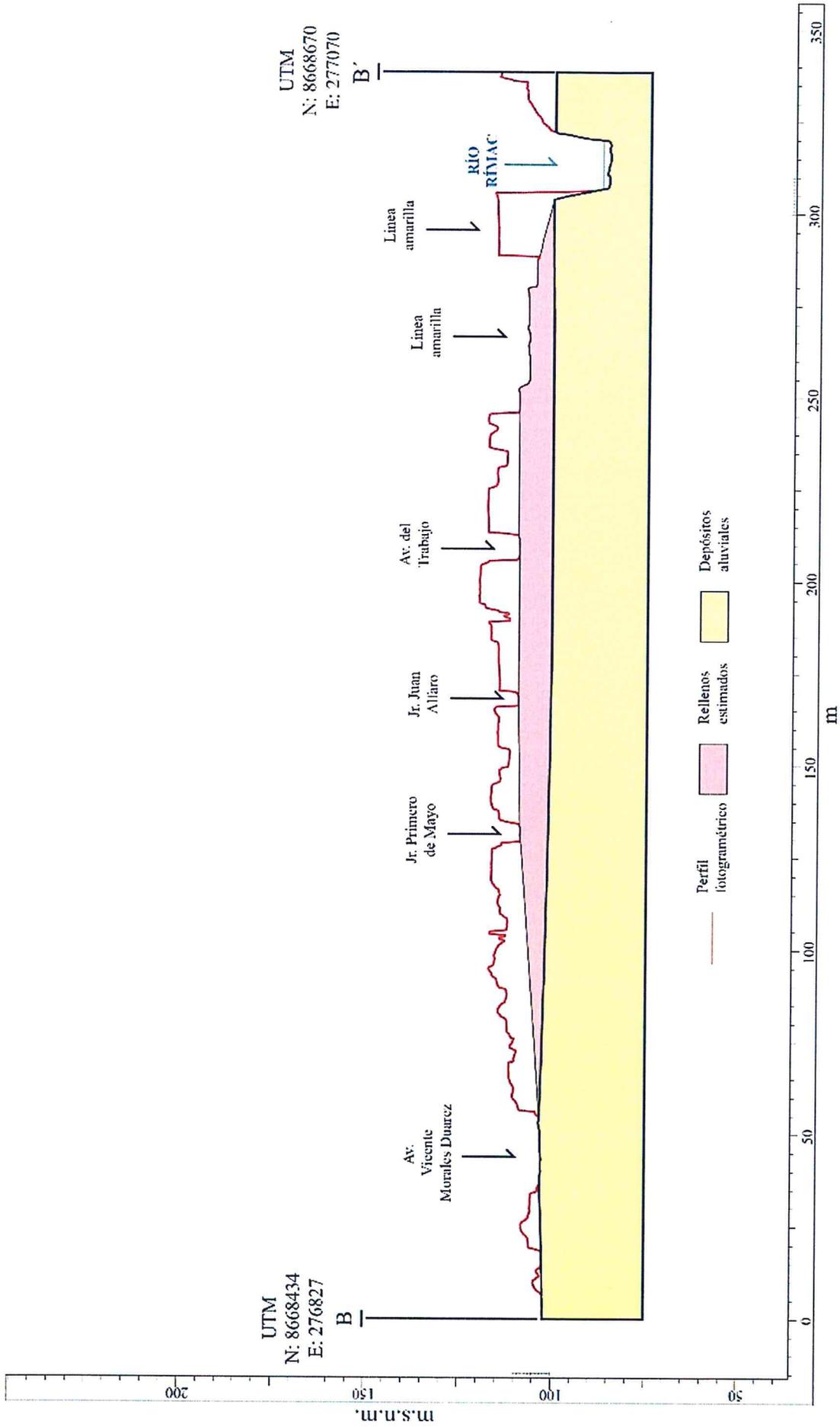


Figura 26 Perfil B-B'; asentamiento humano Primero de Mayo

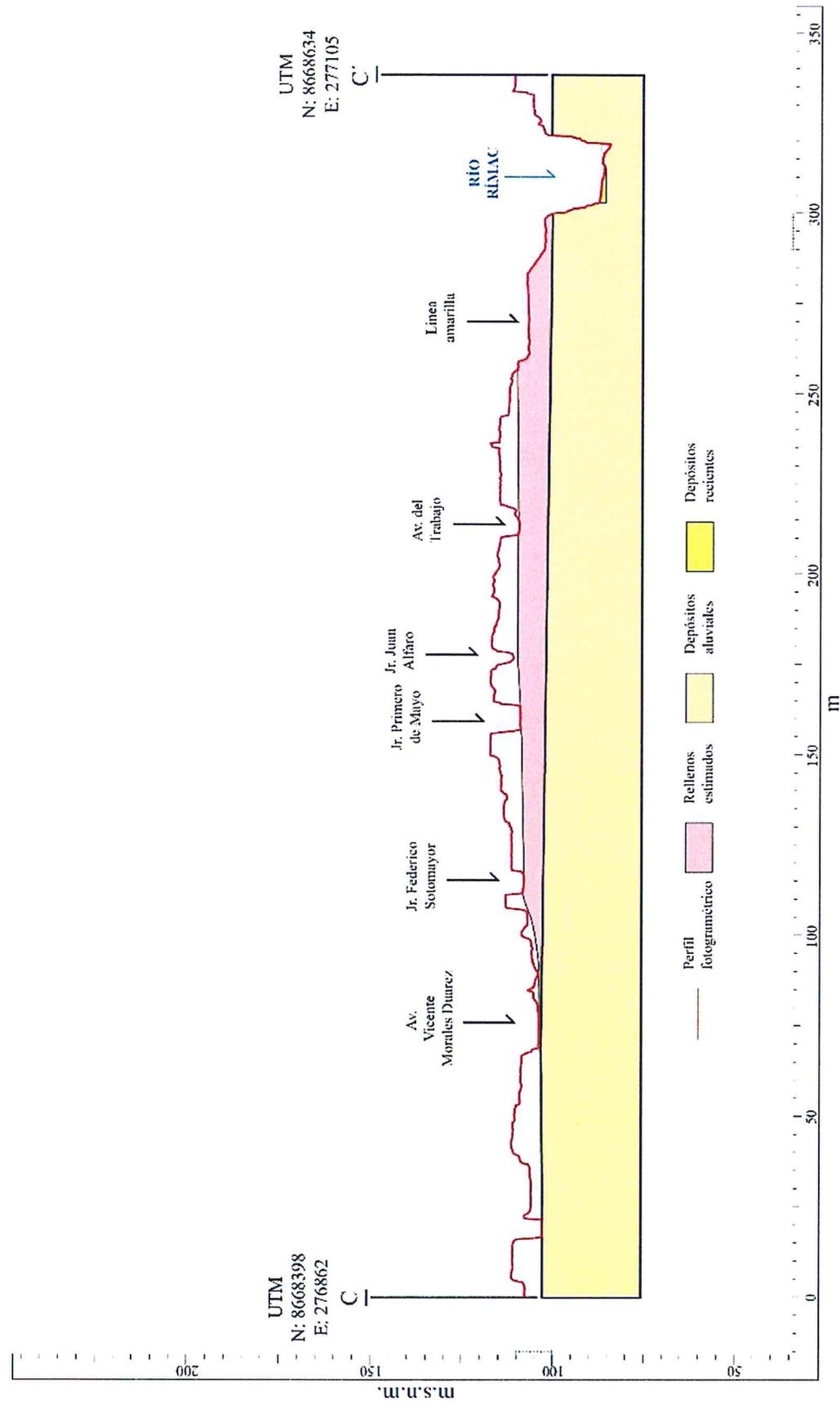


Figura 27 Perfil C-C', asentamiento humano Primero de Mayo

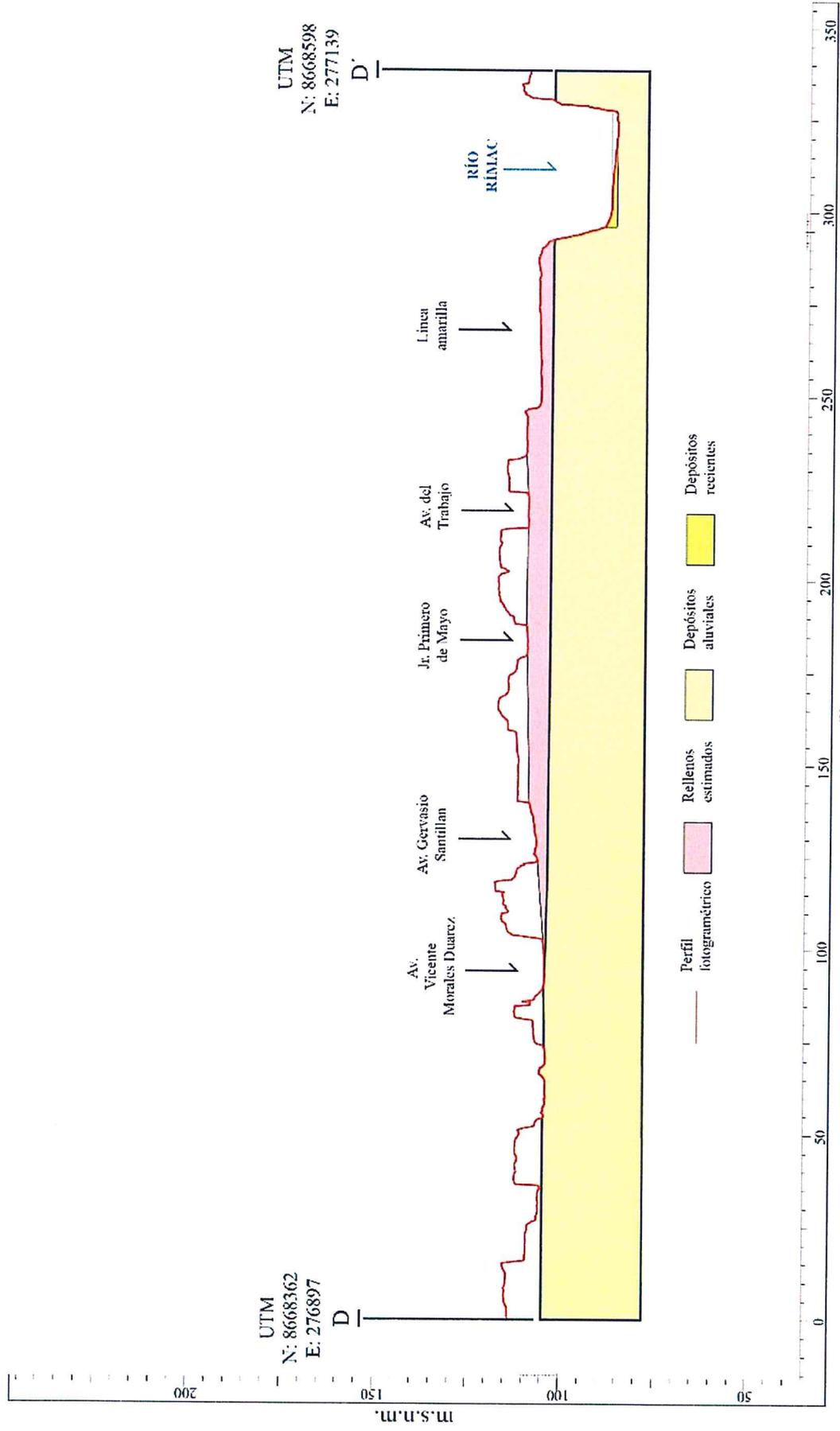


Figura 28 Perfil D-D', asentamiento humano Primero de Mayo

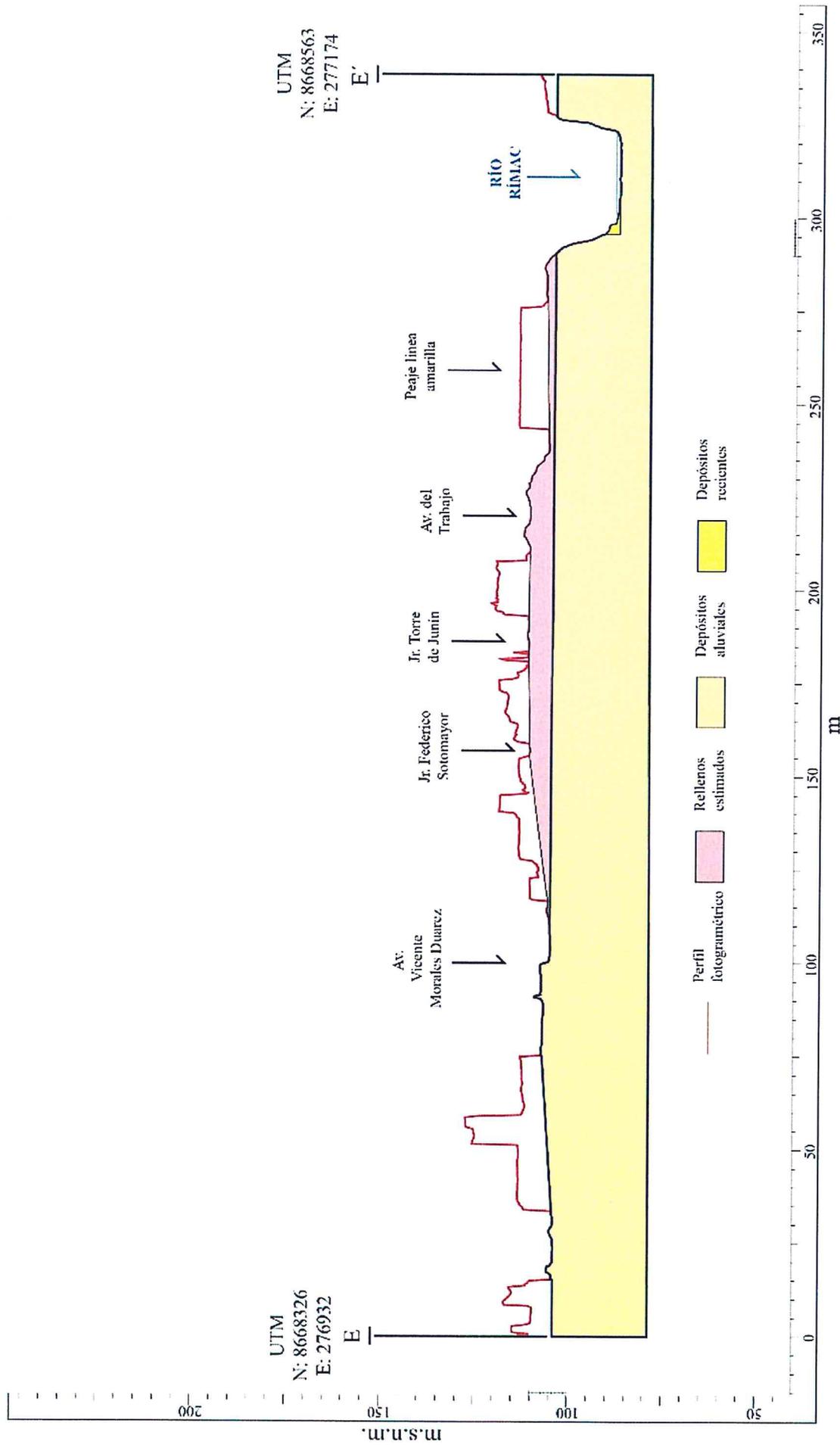


Figura 29 Perfil E-E', asentamiento humano Primero de Mayo

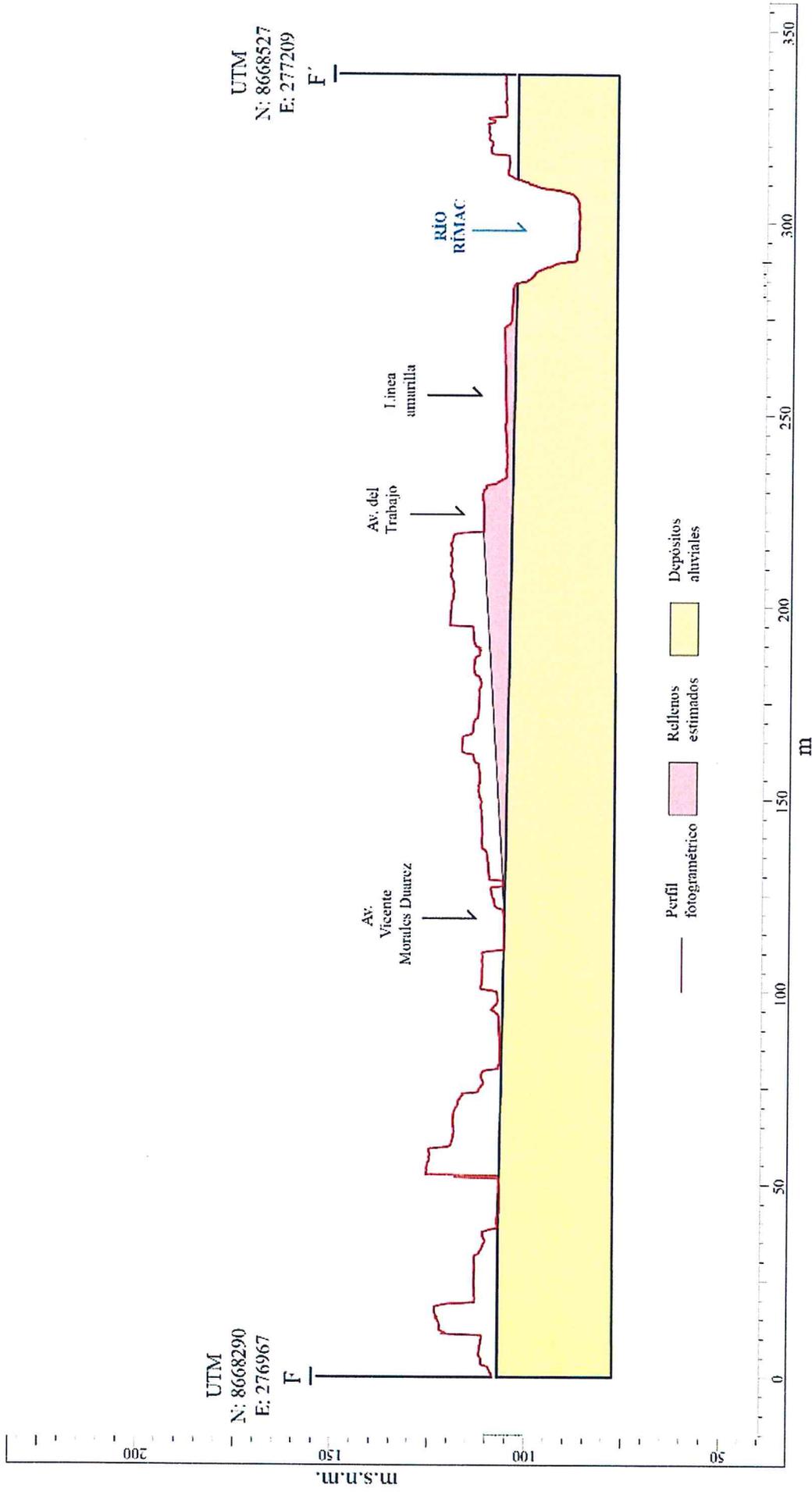


Figura 30 Perfil F-F', asentamiento humano Primero de Mayo

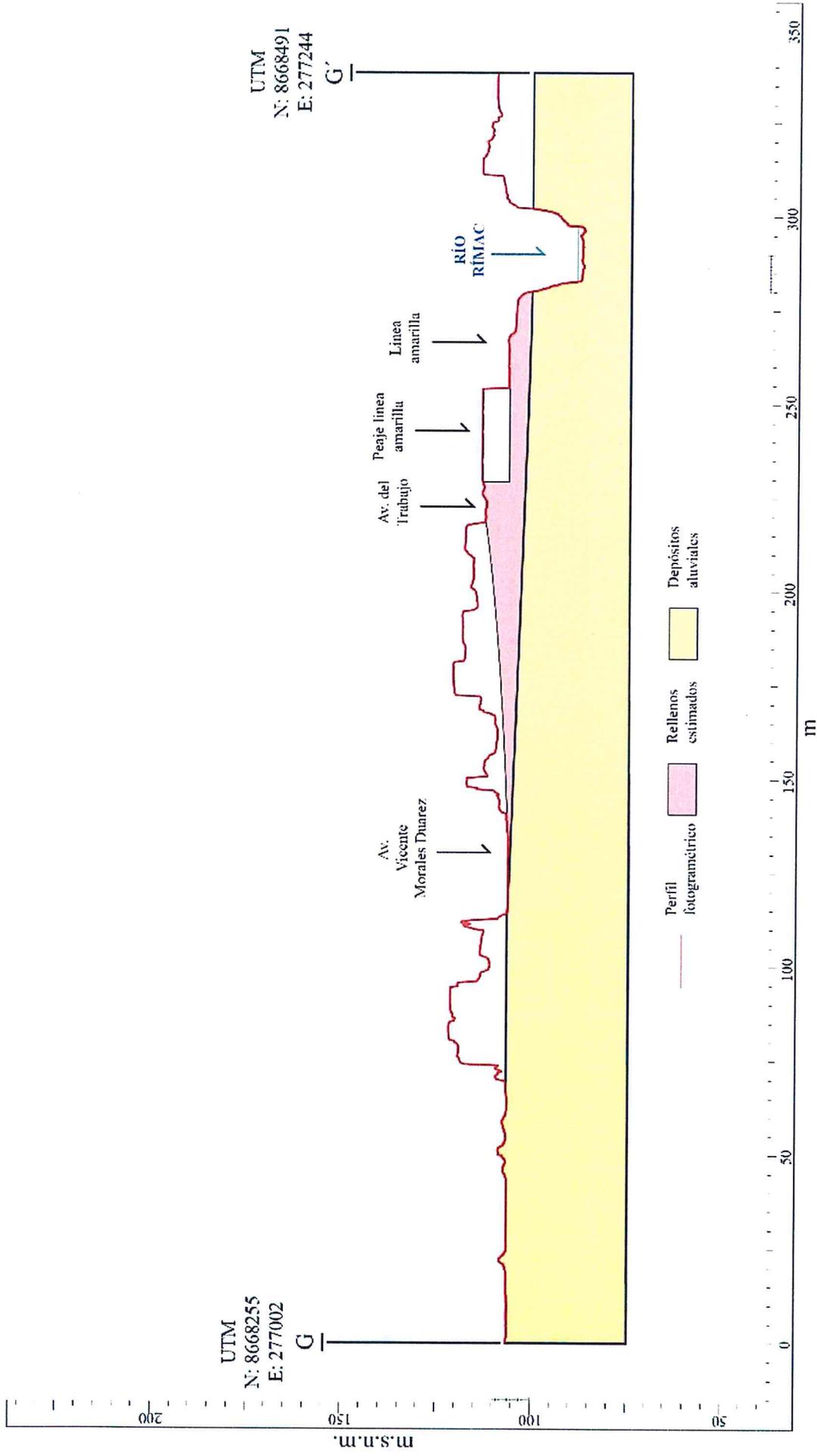


Figura 31 Perfil G-G', asentamiento humano Primero de Mayo

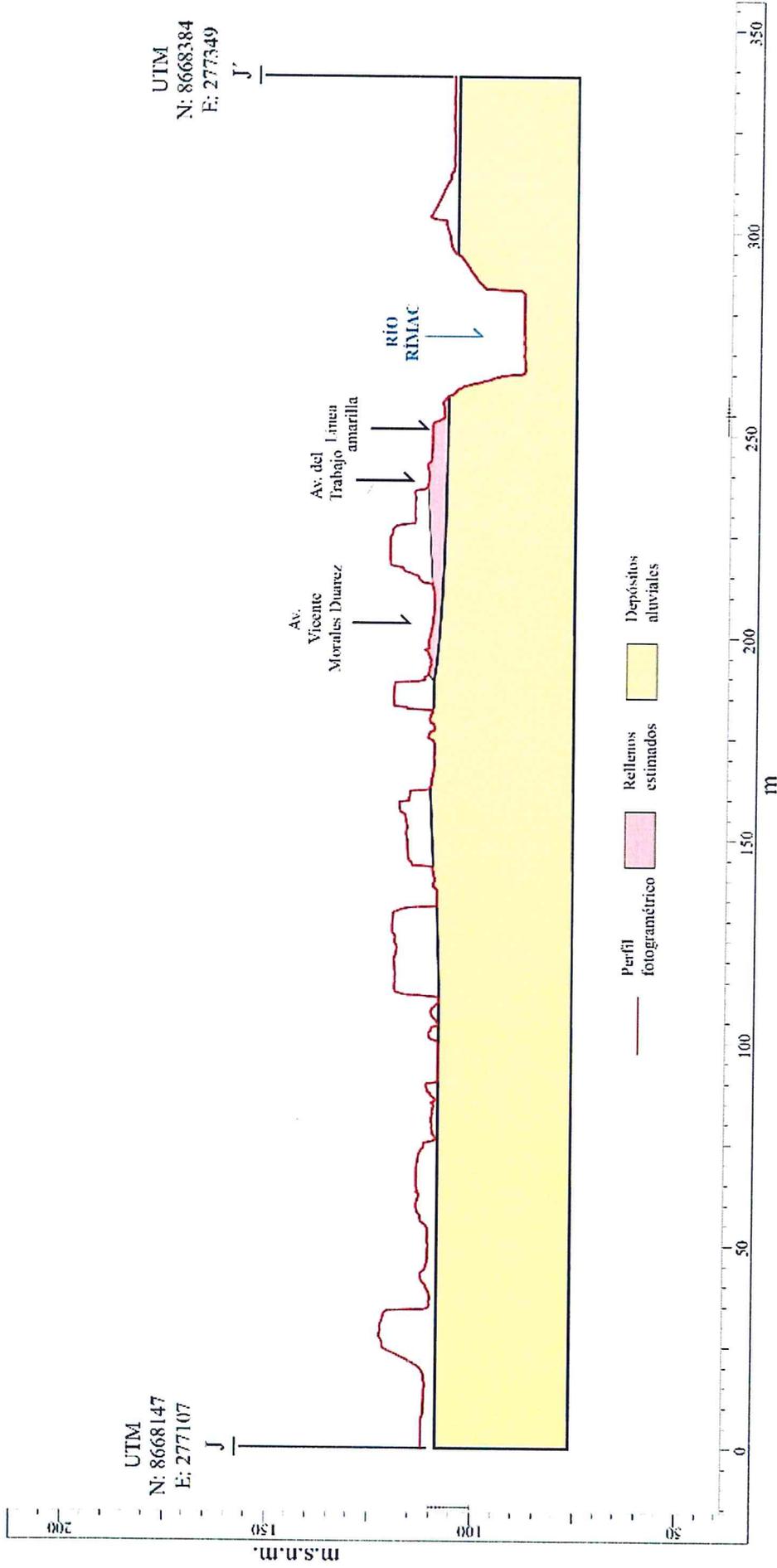


Figura 34 Perfil J-J', asentamiento humano Primero de Mayo

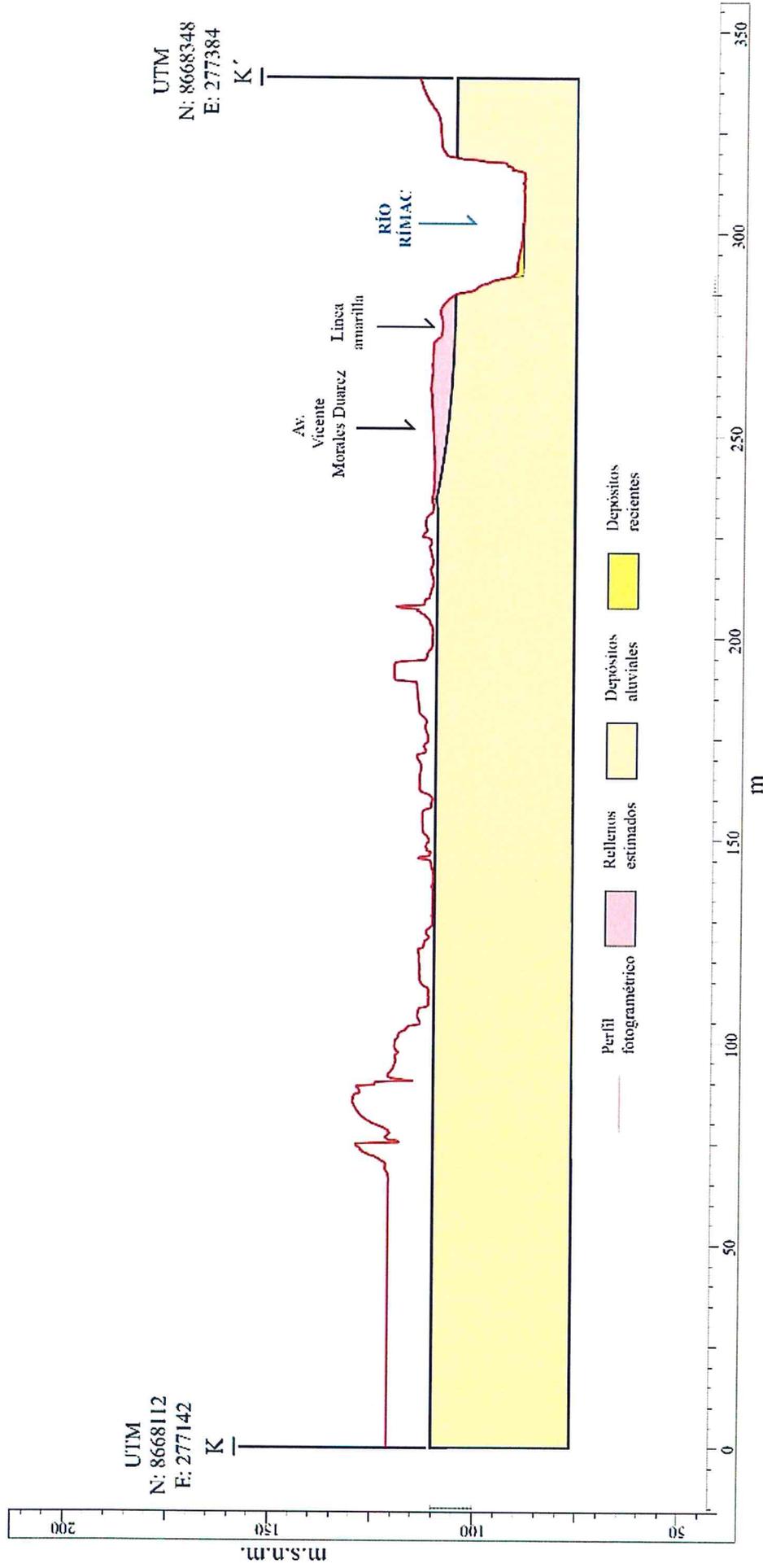


Figura 35 Perfil K-K', asentamiento humano Primero de Mayo

CONCLUSIONES

1. El asentamiento humano Primero de Mayo se encuentra en un contexto geomorfológico de terraza de abanico aluvial, con pendientes suaves que no superan los 10° y casi verticales en los bordes de la terraza que colinda con las márgenes del río Rímac. La geología está constituida por depósitos de abanicos fluvio-aluviales compuestos por conglomerados de matriz de arenas y arcillas que engloban gravas y bloques.
2. En ambas márgenes del cauce del río Rímac, entre el Puente del Ejercito y el Puente Santa María, se identificaron zonas con erosión fluvial. El avance de dichos procesos compromete importante infraestructura vial (Línea amarilla) y viviendas ubicadas al borde de la ladera.
3. La ciudad de Lima se encuentra dentro una zona de alta sismicidad relacionada al proceso tectónico subductivo. En este contexto, el asentamiento humano Primero de Mayo se encuentra emplazado sobre materiales de relleno y desmonte los cuales son propensos a deformarse violentamente por fenómenos de licuefacción de suelos producidos por sismos de gran magnitud.
4. Los trabajos de campo permitieron identificar hundimientos y deformación del terreno, condicionados por materiales de relleno presentes en el subsuelo del asentamiento humano Primero de Mayo. La deformación visible está relacionada a la acción de cargas correspondientes a viviendas construidas sobre terrenos conformados por materiales de relleno de baja capacidad portante. Pueden observarse viviendas con agrietamientos con inclinaciones de hasta 6°. Los datos de deformación muestran componentes de tipo extensional aleatoriamente distribuidos en todo el asentamiento humano. Los límites de los rellenos son distinguibles algunos sectores de la ladera de la margen izquierda del río Rímac.
5. La zona fue ocupada para vivienda entre años 50's y 60's. Las fotografías aéreas del año 1947, muestran un montículo formado por la acumulación de materiales diversos, precisamente debajo del área que ocupa el actual asentamiento humano Primero de Mayo.
6. El análisis de secciones de altura transversales realizados a partir de topografía obtenida por fotogrametría, muestra una mayor potencia de materiales de relleno en los sectores correspondientes a las secciones A-A', B-B', C-C', D-D', F-F', G-G', H-H' e I-I'. La concentración de la deformación coincide con la predisposición topográfica preexistente, generada por una mayor acumulación de rellenos que dieron como resultado lugares de mayor altura.
7. Por las condiciones actuales, presencia de procesos de erosión activos y las condiciones de antropización del sector, se considera al asentamiento humano Primero de Mayo, como **Zona Crítica en Peligro Inminente, de muy alto peligro a movimientos en masa y procesos de licuefacción de suelos**, ante la ocurrencia de lluvias excepcionales y/o sismos de gran magnitud.



Ing. GRISELDA OFELIA LUQUE POMA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

RECOMENDACIONES

1. Reubicación de viviendas del asentamiento humano Primero de Mayo.
2. Implementación de defensas ribereñas ante la erosión fluvial.
3. Descolmatación del cauce del río Rímac.
4. Realizar estudios geofísicos para conocer con más detalle la potencia y área de zonas de relleno.
5. Reubicación de viviendas ubicadas al borde de la ladera y sobre rellenos, en la margen derecha del río Rímac.
6. Cambio de uso de la zona de rellenos, debe quedar como zona intangible
7. La Municipalidad de Lima Metropolitana, debe implementar un programa de concientización en la población.



.....
Ing. SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET



.....
Ing. GRISELDA OFELIA LUQUE POMA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS

- Benavente, C.; Delgado, F.; Taípe, E.; Audin, L. & Pari, W. (2013). Neotectónica y peligro sísmico en la región del Cusco, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 55, 245 p.
- Dorbath, L., A. Cisternas, C. Dorbath (1990): Assessment of the size of large and great historical earthquakes in Peru. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol-80, N°3, pp. 551-576.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N., 2001, Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 22–238.
- Lugo, J. (2011), Diccionario geomorfológico. Universidad Nacional Autónoma de México. 448 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Robert, A., 2003, River processes - An introduction to fluvial dynamics: London, Arnold, 214 p. http://www.geo.fu-berlin.de/en/v/iwm-network/learning_content/environmental_background/fluvial_processes/fluvial_erosion/index.html
- Silgado, E. (1978): Historia de los sismos más notables ocurridos en Perú (1513-1974). Instituto de Geología y Minería, Boletín 3, serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica, Lima, Perú.
- Thorne, C.R.; Hey, R.D. and Newson, M.D. (1997): Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. Chichester. http://www.geo.fu-berlin.de/en/v/iwm-network/learning_content/environmental_background/fluvial_processes/fluvial_erosion/index.html
- Villacorta, S.; Núñez, S.; Tatard, L.; Pari, W. & Fídel, L. (2015). Peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana y la región Callao, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 59, 156 p., 07mapas
- Zavala, B.; Vilchez, M. (2006), Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco. INGEMMET, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica, N° 34, 174p., 5 mapas 1:900 000, y 11 mapas escala 1:300 000.