



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**CARACTERIZACIÓN DE SUELOS PROPENSOS A LICUEFACCIÓN
PARA ZONIFICACIÓN URBANA EN EL DISTRITO DE LA
MOLINA, LIMA 2018**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Jair Armando Tarazona La Torre

ASESOR:

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Administración y Seguridad en la construcción

LIMA – PERÚ

2018

PÁGINA DEL JURADO

PRESIDENTE

Mg. Medrano Sanchez, Emilio Jose

SECRETARIO

Mg. Mogrovejo Gutierrez, Ruben Esau

VOCAL

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

DEDICATORIA

A mis padres que me dieron su apoyo
incondicional, por sus grandes
consejos y enseñanzas.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios, a mis docentes y todos los profesionales que me brindaron ilustres conocimientos a lo largo de toda mi carrera profesional.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jair Armando Tarazona La Torre con DNI N° 74894857, me comprometo a cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico profesional de Ing. Civil, así declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información en el presente proyecto de tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por la cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 09 de Julio del 2018

Jair Armando Tarazona La Torre

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada: “Caracterización de suelos propensos a licuefacción para zonificación urbana en el distrito de La Molina, Lima 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero civil.

Autor: Jair Armando Tarazona La Torre

INDICE

| | |
|---|------|
| PÁGINA DEL JURADO | ii |
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO..... | iv |
| DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD | v |
| PRESENTACIÓN | vi |
| RESUMEN | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Realidad Problemática..... | 2 |
| 1.2. Trabajos previos | 4 |
| 1.2.1. Antecedentes Nacionales | 4 |
| 1.2.2. Antecedentes Internacionales..... | 6 |
| 1.3. Teorías relacionadas al tema | 8 |
| 1.3.1. Licuefacción de suelos..... | 8 |
| 1.3.1.1. Clasificación del suelo..... | 10 |
| 1.3.1.2. Nivel freático | 14 |
| 1.3.1.3. Aceleración del suelo | 15 |
| 1.3.2. Zonificación Urbana | 16 |
| 1.3.2.1. Planificación Urbana | 16 |
| 1.3.2.2. Gestión de riesgos de desastres..... | 17 |
| 1.3.2.3. Habilitación urbana | 17 |
| 1.3.3. Consecuencias y mitigaciones..... | 18 |
| 1.3.4. Metodología para la evaluación de licuefacción de suelos | 20 |
| 1.3.5. Sistema de información geográfica (SIG) | 21 |
| 1.4. Formulación del problema | 22 |

| | |
|---|----|
| 1.4.1. Problema general | 22 |
| 1.4.2. Problemas específicos..... | 22 |
| 1.5. Justificación del estudio | 22 |
| 1.5.1. Justificación técnica..... | 22 |
| 1.5.2. Justificación social | 22 |
| 1.6. Hipótesis | 23 |
| 1.6.1. Hipótesis general | 23 |
| 1.6.2. Hipótesis específica | 23 |
| 1.7. Objetivos..... | 23 |
| 1.7.1. Objetivo general..... | 23 |
| 1.7.2. Objetivos específicos | 23 |
| | |
| II. METODO | 24 |
| 2.1. Diseño de investigación | 25 |
| 2.2. Variables, operacionalización | 25 |
| 2.3. Población y muestra | 26 |
| 2.3.1. Población | 26 |
| 2.3.2. Muestra..... | 26 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.... | 26 |
| 2.5. Métodos de análisis de datos..... | 27 |
| 2.6. Aspectos éticos..... | 28 |
| | |
| III. RESULTADOS..... | 29 |
| 3.1. Descripción de la zona de estudio | 30 |
| 3.1.1. Ubicación | 30 |
| 3.2. Recopilación de información | 31 |

| | |
|---|----|
| 3.2.1. Datos geotécnicos | 31 |
| 3.2.1.1. Ensayos recopilados | 31 |
| 3.2.2. Datos geofísicos | 33 |
| 3.2.2.1. Ensayos recopilados | 33 |
| 3.2.3. Datos meteorológicos | 34 |
| 3.2.4. Mapas de referencia | 35 |
| 3.3. Metodología de superposición de mapas | 35 |
| 3.3.1. Clasificación del Suelo..... | 36 |
| 3.3.1.1. Distribución del tamaño de los granos | 36 |
| 3.3.1.2. Edad del depósito | 36 |
| 3.3.2. Nivel freático | 37 |
| 3.3.3. Aceleración del suelo..... | 38 |
| 3.4. Procesamiento de la información recopilada | 39 |
| 3.4.1. Mapa de clasificación del suelo | 39 |
| 3.4.2. Mapa del nivel freático | 42 |
| 3.4.3. Mapa de aceleración del suelo | 44 |
| 3.5. Mapa de suelos propensos a licuación | 45 |
| IV. DISCUSIÓN | 48 |
| V. CONCLUSIONES | 50 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 51 |
| VII. REFERENCIAS..... | 52 |
| VIII. ANEXOS..... | 57 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1-1 Sistema unificado de clasificación de suelo | 11 |
| Tabla 1-2 Agua en el suelo..... | 14 |
| Tabla 2-1 Operacionalización de las variables | 25 |
| Tabla 3-1 Datos geotécnicos..... | 32 |
| Tabla 3-2 Datos ensayo microtrepidaciones | 33 |
| Tabla 3-3 Datos ensayo MASW | 33 |
| Tabla 3-4 Susceptibilidad de antigüedad de depósitos | 37 |
| Tabla 3-5 Susceptibilidad profundidad de aguas subterráneas con edad de depósitos | 38 |
| Tabla 3-6 Rangos Clasificación del suelo | 41 |
| Tabla 3-7 Rangos Nivel freático | 43 |
| Tabla 3-8 Rangos Aceleración del suelo | 45 |
| Tabla 3-9 Rangos Licuación de suelos | 46 |
| Tabla 3-10 Rangos Potencial de Licuación | 47 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1-1 Potencial de licuación para suelos mal graduados | 12 |
| Figura 1-2 Simbología de suelos..... | 13 |
| Figura 1-3 Límites de atterbeg | 15 |
| Figura 1-4 Zonas sísmicas | 15 |
| Figura 1-5 Sismo Nigata, Japón, 1964..... | 18 |
| Figura 1-6 Volcanes de arena, Sismo Nigata, Japón, 1964 | 19 |
| Figura 1-7 Inundación del área residencial, sismo Chimbote, Perú, 1970 | 19 |
| Figura 1-8 Compactación dinámica clásica (CDC)..... | 20 |
| Figura 3-1 Zona de estudio | 30 |
| Figura 3-2 Calculo precipitación anual | 34 |
| Figura 3-3 Descarga de datos meteorológicos..... | 35 |
| Figura 3-4 Ubicación de calicatas en Arcgis..... | 40 |
| Figura 3-5 Antigüedad depósitos..... | 40 |
| Figura 3-6 Interpolación granulometría y antigüedad depósitos..... | 41 |
| Figura 3-7 Ubicación de estaciones en Arcgis | 42 |
| Figura 3-8 Interpolación estaciones meteorológicas | 42 |
| Figura 3-9 Zona de estudio - precipitación | 43 |
| Figura 3-10 Ubicación microtrepidaciones en Arcgis | 44 |
| Figura 3-11 Interpolación microtrepidaciones..... | 44 |
| Figura 3-12 Mapas en formato Raster..... | 45 |
| Figura 3-13 Asignación de valores para superposición de mapas | 46 |
| Figura 3-14 Superposición de mapas..... | 47 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo la elaboración de un mapa de licuación de suelos en los sectores 10 y 22 del distrito de La Molina, para lograr esto se empleó una metodología de superposición de mapas utilizando el software ArcGIS. La metodología empleada consistió en analizar los factores que ocasionan la licuación de suelos, que son la clasificación del suelo, nivel freático y aceleración del suelo, mediante la realización de tablas evaluativas se pudo generar mapas temáticos para cada uno de estos factores y así determinar qué tan favorable es cada característica para el desarrollo del fenómeno de licuación, finalmente se superpuso estos tres mapas, dando como resultado final un mapa del potencial de licuación de suelos de la zona estudiada.

Palabras clave: ArcGIS, Licuación, suelos

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to prepare a map of soil liquefaction in sectors 10 and 22 of La Molina district, to achieve this a methodology of map overlay using ArcGIS software was used. The methodology used consisted of analyzing the factors that cause the soil liquefaction, which is the classification of the soil, the phreatic level and the acceleration of the soil, through the realization of evaluating tables, thematic maps can be generated for each of these factors and thus determining how favorable each characteristic is for the development of the liquefaction phenomenon, these three maps were finally superimposed, giving as a final result a map of the soil liquefaction potential of the studied area.

Keywords: ArcGIS, Liquefaction, soils

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

La licuefacción o licuación de suelos es uno de los fenómenos más destructivos que afectan a las estructuras, varias edificaciones en todo el mundo han colapsado y sufrido daños considerables debido a que no se identificaron adecuadamente las zonas que son propensas a presentar este fenómeno, esto ocurre porque no se realizan los análisis necesarios para determinar las zonas que son susceptibles a licuefacción, ignorando esto, se realiza la construcción de edificaciones en estas zonas vulnerables.

Según la Norma E 0.50 (suelos y cimentaciones) “La licuefacción o licuación de suelos es un fenómeno causado por la vibración de los sismos en los suelos, específicamente en suelos granulares que están saturados, este fenómeno produce un incremento de la presión del agua dentro del suelo, lo cual ocasiona la reducción de la tensión efectiva disminuyendo la capacidad de carga y la rigidez del suelo”, ocasionando el asentamiento de las estructuras y como consecuencia de ello la falla o colapso de las mismas. La ingeniería nos permite la construcción de edificaciones en este tipo de suelos, pero no son muy rentables ya que se requieren diseños estructurales especiales o mejoramiento de suelos. Es necesario identificar estas zonas que presenten este fenómeno ya que ayudaran a determinar su uso urbanístico y desarrollo urbano, para una mejor distribución en la zonificación urbana y mitigación de riesgos.

Se sabe que el Perú es un país con alta sismicidad, lamentablemente el fenómeno de licuefacción se puede observar a detalle mayormente cuando ocurre un sismo, como el ocurrido el 3 de octubre de 1974, según Alva (1983, p.7), “hubo presencia de licuefacción de suelos en el valle de Cañete, en donde el nivel freático tiene poca profundidad. El lugar más afectado por este fenómeno se encontraba en la Cooperativa La Quebrada con una superficie de 30,000 m²”. Por ello se debe seguir realizando los estudios, análisis y mapeos de zonas propensas a licuefacción en el Perú, para posteriormente evaluarlas y tomar las precauciones necesarias para las mitigaciones respectivas o los diseños estructurales pertinentes para estas zonas.

En la actualidad tenemos como referencias varios mapas que nos detallan las zonas sísmicas así como también el tipo de suelo que podemos encontrar a lo largo de todo el territorio peruano, estos mapas han sido realizados y estudiados por diferentes entidades como el CISMID (Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres), IGP (Instituto Geofísico del Perú), MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego), entre muchos otros más, brindando información detallada respecto a suelos y sismos. La mayoría de estos mapas tienen el objetivo de “ayudar a los concejos distritales por medio de la entrega de resultados y recomendaciones en la implementación de una correcta gestión del riesgo de desastres” (El Comercio, 2011).

Los gobiernos regionales y locales plantean y aprueban normas, además de evaluar, organizar, y ejecutar procesos de gestión del riesgo de desastres en sus jurisdicciones. [...] los municipios distritales que intervienen en estos estudios deberán tomar en consideración los resultados de estos, para poder planificar y ejecutar acciones de prevención. (El Comercio, 2011).

Con los estudios realizados de las diferentes entidades antes mencionadas se pueden prevenir los desastres generados por los sismos, así como también conocer las áreas más propensas a licuefacción. Cabe resaltar que se tiene información y estudios realizados sobre suelos potenciales a licuefacción en algunas zonas del Perú, pero es escasa, no se observan mapas detallados relacionados a este fenómeno que indiquen las diferentes propiedades, características y comportamientos que tendrían estos suelos, como es el caso en el distrito de La Molina, en donde hay escasa información de zonas propensas a presentar este fenómeno. Por ello las distintas entidades públicas encargadas de dar las certificaciones y licencias para la construcción de edificaciones, no toman en consideración este problema; también debido a esto ocurre una falta de prevención y respuesta cuando ocurre este fenómeno.

1.2. Trabajos previos

1.2.1. Antecedentes Nacionales

Chipana, F. (2014). Geología urbana y procesos de zonificación territorial en la ciudad de Tacna.

Documento de investigación para obtener el título profesional de ingeniero geólogo, la presente tesis se realizó en la ciudad de Tacna. El objetivo de la tesis mencionada es hacer la caracterización del medio físico - natural de área de expansión urbana y su entorno para tener una base en la definición de un modelo de ocupación acorde a la condición geológica, geomorfológica y geodinámica, empleó una metodología analítica la cual se basó en la recopilación de información existente para la confección de mapas temáticos. El autor formula entre otras las siguientes conclusiones:

- Con el análisis de Geología Urbana realizado en la ciudad de Tacna, se demostró la importancia de incorporar este tipo de estudio como base para el perfeccionamiento de los procesos de zonificación territorial urbano, considerando el componente geológico como un factor importante en el conocimiento de zonas vulnerables a determinadas amenazas.
- Dadas las restricciones geomorfológicas, geológicas, geotécnicas e hidrológicas que se presenta en la zona de expansión de la ciudad de Tacna, se considera como un prerequisite para el desarrollo urbanístico, la ejecución de los estudios geotécnicos a detalle que involucren el estudio de suelos necesarios, de los predios que componen la unidad de gestión y su área de influencia inmediata.

Ayala, R. (2010). Evaluación del potencial de licuefacción de suelos de la ciudad de Tambo de Mora.

Documento de investigación para obtener el título profesional de ingeniero civil, la presente tesis se realizó en el distrito de Tambo de Mora en la provincia de chincha departamento de Ica. El objetivo de la tesis mencionada es determinar el potencial de licuefacción de suelos, aplica la metodología de evaluación de

potencial de licuefacción de grado 1: basada en información geológica existente, grado 2: basada en información geomorfológica y geotecnia existente y grado 3: basado en ensayos in-situ, finalmente se recopiló datos de la exploración geotécnica existente en el distrito de Tambo de Mora, así como el procesamiento y análisis de estos, dando como resultado un alto potencial de licuación en este distrito. El autor formula entre otras las siguientes conclusiones:

- Un mapa de potencial de licuación de suelos definido por la profundidad hasta la que se puede presentar este fenómeno, permite observar de una mejor manera la severidad de los efectos de la licuación. Además, este mapa permitirá realizar análisis adecuados para definir el nivel de cimentación para diferentes tipos de edificaciones.
- Los suelos existentes en mayor parte de la ciudad son de gran peligro, por lo que se tendrían que considerarlos como inhabitables, ya que el costo de realizar una cimentación que pueda atenuar o soportar el fenómeno de licuación sería muy elevado, lo que no corresponde a la realidad de la población que habita en esos lugares.

Rivas, R. (2017). Mapa de licuación de suelos en la ciudad de Chimbote identificación de zonas vulnerables, aplicando el sistema de información geográfica, unidad hidrográfica Chira-Piura.

Documento de investigación para obtener el título profesional de ingeniero agrícola, la presente tesis se realizó en el departamento de Piura. El estudio se realizó en la unidad hidrográfica Chira - Piura, con la finalidad de determinar un grado de vulnerabilidad global, en función a sus características físicas, socioeconómicas y conflictos de uso, para ello se empleó los sistemas de información geográfica como una herramienta de análisis. El autor formula entre otras las siguientes conclusiones:

- Considerando los resultados del presente trabajo de investigación del análisis de las variables físicas y socioeconómicas de la presente

investigación, se recomienda realizar estudios a mayor detalle, a fin de implementar proyectos y ejecución de obras que conlleven a la valoración de alternativas de protección o control de peligros.

- Mediante la identificación del grado de vulnerabilidad global en la unidad hidrográfica Chira – Piura, producto de la integración de las variables físicas, socioeconómicas y conflicto de uso, permitió determinar las zonas críticas de vulnerabilidad por fenómenos de geodinámica externa. Siendo 106373 ha de vulnerabilidad Muy Alta; 544732 ha de vulnerabilidad Alta; 1378530 ha de vulnerabilidad Media y 377802 ha de vulnerabilidad Baja.

1.2.2. Antecedentes Internacionales

Lara, N. (2013). Susceptibilidad de licuefacción en la comuna de Doñihue.

Documento de investigación para optar al título de geólogo, la presente tesis se realizó en la comuna de Doñihue, en la provincia del Cachapoal, región del Libertador Bernardo O'Higgins - Chile. El objetivo de la tesis mencionada fue el de conocer las zonas más propensas a la licuefacción aportando al plan de desarrollo comunal, el autor elabora una metodología para la estimación de la susceptibilidad, en la cual evalúa varios factores que influyen en el desarrollo del fenómeno como la granulometría, profundidad del nivel freático, vibración del terreno durante el sismo, origen y edad de los depósitos, posteriormente elabora mapas temáticos de estos factores en la plataforma de ArcMap del software ArcGIS para poder estimar la influencia de estos factores realizó procesos iterativos superponiendo los mapas desarrollados, dando como resultado el mapa final de susceptibilidad de licuefacción de la zona estudiada. El autor formula entre otras las siguientes conclusiones:

- La mayor parte de las zonas pobladas de la comuna se ubican en áreas catalogadas de alta a muy alta susceptibilidad, esto se debe principalmente a la baja profundidad del nivel freático en la localidad de Doñihue.

- La susceptibilidad de licuefacción fue modelada utilizando 4 factores: Granulometría y origen de depósitos, edad de los depósitos, amplitud de vibración y profundidad de nivel freático.

Palacios, S., et al. (2017). Propuesta metodológica para el análisis de la licuefacción de suelos asociada a sismos destructivos. Pre-Andes Centrales, Argentina (31° 30' S y 68° 25' O).

Documento de investigación publicado en el anuario del instituto de ciencias - UFRJ, la zona de estudiada de la presente investigación se realizó al norte del rio San Juan, Provincia de San Juan, Argentina. Los autores proponen una metodología para evaluar el fenómeno de licuefacción, el cual consistió en analizar cada factor que ocasiona este fenómeno como el origen y granulometría del depósito, edad de los depósitos, profundidad del nivel freático y registros históricos entre otros. El resultado final radico en un mapa asociado a una tabla evaluativa todo esto mediante un proceso iterativo de superposición de mapas, una vez conseguida la combinación se dio con un mapa final de susceptibilidad a la licuefacción relacionado con un índice de susceptibilidad. El autor formula entre otras las siguientes conclusiones:

- La susceptibilidad de licuefacción fue modelada utilizando los siguientes Factores: 1) Origen de depósitos, 2) Granulometría, 3) Nivel freático, 4) Edad de los depósitos, 5) Magnitud/distancia epicentral, 6) Aceleración máxima y 7) Licuefacción histórica.
- Se espera que este trabajo se pueda incorporar al planeamiento urbanístico en el ámbito regional y local de la prevención de los peligros como criterio básico, en el sector norte del valle del Tulum y que la metodología aplicada resulte útil en futuros estudios, en zonas igualmente sísmicas y con características geológicas similares.

Rosado, D. (2010). Metodología para la evaluación del peligro por licuación del suelo, inducido por sismo, usando un sistema de información geográfica.

Documento de investigación para optar el grado de ingeniero geofísico, la presente tesis se realizó en la ciudad de Manzanillo, ubicado en el estado de Colima - México. El objetivo de la tesis mencionada fue el de realizar un mapa de peligro por licuación de suelos producido por movimientos sísmicos, la metodología que empleó fue la elaboración de mapas de características geológicas, topográficas y de aceleraciones máximas del suelo, finalmente se obtienen los resultados en la zona de Manzanillo, tomando datos de los sismos de Manzanillo (1995) y Tecomán (2003). El autor formula entre otras las siguientes conclusiones:

- La metodología que se propuso en la presente tesis para evaluar el peligro por licuación del suelo, puede ser utilizada por diversas entidades, ser usada como una herramienta para la estimación de posibles pérdidas en infraestructura.
- En lo que respecta a Geofísica, es recomendable realizar estudios de la velocidad de onda corte en supuestas zonas propensas a presentar este fenómeno, esto se realizará en caso se requiera un estudio a detalle de zonas de pequeña superficie.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Licuefacción de suelos

El fenómeno de licuefacción se define como la “Transformación de un material granular desde un estado sólido a un estado licuado como consecuencia de un incremento de la presión de poro” (Youd, 1973, p.9). Varios autores han estudiado y definido este fenómeno que “[...] es causado por un colapso de la estructura de la arena, asociada con un aumento repentino pero temporal de la presión del agua porosa. La licuefacción implica la transformación temporal de la arena en una suspensión muy concentrada. Tan pronto como el flujo se detiene, la arena pasa de nuevo al estado de un sedimento” (Terzagui y Peck, 1948, p.100).

Hay varios factores que ocasionan el desarrollo de este fenómeno “la generación de un exceso de presión de poros en condiciones de carga sin escurrir es una característica del fenómeno de licuefacción” (Kramer, 1996, p.349).

La licuefacción por sí sola no supone un riesgo particular. De hecho, durante la agitación sísmica, una capa licuada en profundidad podría actuar como un aislador, impidiendo la transmisión de energía vibratoria desde capas subyacentes a estructuras fundadas en la superficie [...]. Sólo cuando la licuefacción conduce a alguna forma de movimiento permanente del suelo o falla de tierra se convierte en un problema serio (Youd, 1973, p.6).

Según lo mencionado por el autor, las consecuencias de la licuefacción de suelos no son visibles en algunas ocasiones, debido a que este fenómeno puede ocurrir en diferentes profundidades, el respectivo estudio de mecánica de suelos determinará con precisión a que profundidades se podría desarrollar este fenómeno y el grado de susceptibilidad que tendría la zona estudiada.

Factores que ocasionan la licuefacción de suelos

Existen varios factores que ocasionan la licuefacción de suelos, los principales según (American Water Works Association, 2003, p.16):

- Distribución del tamaño de los granos
- Profundidad a las aguas subterránea
- Densidad
- Amplitud y duración de la vibración del terreno
- Edad del depósito

Según lo mencionado anteriormente podemos agrupar estos factores principales que ocasionan la licuefacción de suelos en: La clasificación del suelo en donde se incluye la distribución del tamaño de los granos, densidad, profundidad del depósito, edad del depósito y origen del suelo; El nivel freático que incluye la profundidad a las aguas subterráneas; y por último la aceleración del suelo que incluye la amplitud y duración de la vibración del terreno.

1.3.1.1. Clasificación del suelo

Los sistemas de clasificación de suelos dividen los suelos en grupos y subgrupos en base a propiedades ingenieriles comunes tales como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico, los dos sistemas principales de clasificación actualmente en uso son el Sistema AASHTO (American Association of State High way and Transportation Officials) y el Unified Soil Classification System [SUCS] (también ASTM)” (Braja, 2001, p.17).

Cabe resaltar que el sistema de clasificación AASHTO se utiliza mayormente para el diseño de carreteras y no para la construcción de cimentaciones. En cambio, el Sistema Unificado se utiliza en prácticamente todos los trabajos de geotecnia, “La forma original de este sistema fue propuesto por Casagrande en 1948 [...]. En la actualidad, es ampliamente utilizado por los ingenieros (Norma ASTM D-2487)” (Braja, 2013, p.82).

Según el artículo 32 de la norma E 0.50 menciona que para que ocurra el fenómeno de licuefacción los suelos deben cumplir ciertas condiciones, las cuales son:

- Porcentaje de partículas más finas que $0,005 \text{ m} \leq 15\%$
- Límite líquido (LL) ≤ 35
- Contenido de humedad (w) $> 0,9 \text{ LL}$

Tabla 1-1 Sistema unificado de clasificación de suelo

| Criterio para la asignación de símbolos de grupo | | | | Símbolos de grupo |
|--|---|---|---|-------------------|
| Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200 | Gravas Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4 | Gravas limpias | $C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$ | GW |
| | | Menos de 5% finos ^a | $C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$ | GP |
| | Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4 | Gravas con finos | $PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) | GM |
| | | Más de 12% finos ^{a,d} | $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) | GC |
| | Limos y arcillas Límite líquido menor que 50 | Arenas limpias | $C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$ | SW |
| | | Menos de 5% finos ^b | $C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$ | SP |
| Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200 | Arenas con finos | $PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) | SM | |
| | Más de 12% finos ^{b,d} | $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) | SC | |
| Suelos altamente orgánicos | Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico | Inorgánico | $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) ^e | CL |
| | | Orgánico | $PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) ^e | ML |
| | Limos y arcillas Límite líquido 50 o más | Inorgánico | $\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OL | OL |
| | | Orgánico | Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2) Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2) | CH MH |
| | | | $\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OH | OH |

^aGravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

^bArenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

$$^c C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

^dSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

^eSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

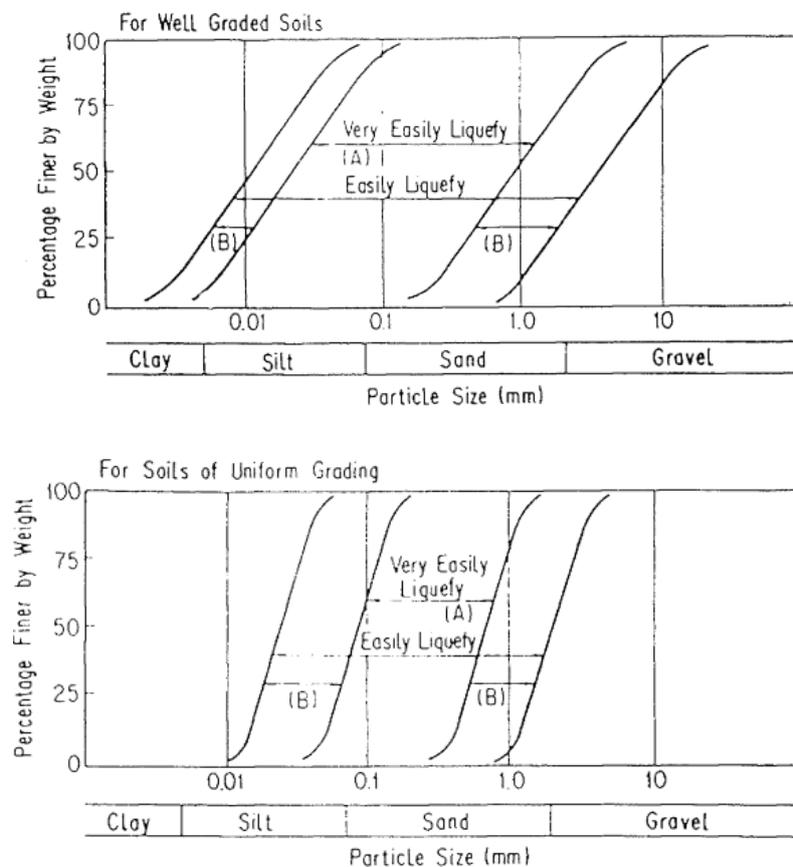
Fuente: Braja. 2013, p.83.

La tabla 1-1 mencionada sirve para darnos el tipo de suelo dependiendo del tamaño de las partículas y los resultados de los ensayos de laboratorio, los símbolos usados son:

| | | | |
|---|------------|---|--------------------|
| G | : Gravas | W | : Bien graduado |
| S | : Arenas | P | : Mal graduado |
| M | : Limos | H | : Alta plasticidad |
| C | : Arcillas | L | : Baja plasticidad |
| | | O | : Orgánico |

Va a depender bastante de la granulometría para que ocurra la licuación de suelos, En la siguiente figura 1-1 se puede observar los límites potencialmente licuables para suelos bien y mal graduados mediante curvas granulométricas, mientras más centrada entre las curvas límites se encuentre la muestra de suelo, más propensa será a la licuefacción.

Figura 1-1 Potencial de licuación para suelos mal graduados



Fuente: Berril et al. 1993

Según la Norma 0.50. Suelos y Cimentaciones. La licuefacción de suelos ocurre mayormente en suelos constituidos por arena fina, arena limosa, arena arcillosa, limo arenoso no plástico, o grava empacada en un conjunto constituido por alguno de los tipos de suelos mencionados, todos estos tipos de suelos deben estar sumergidos. En la siguiente figura 1-2 se puede observar la simbología utilizada por la norma antes mencionada tomando en cuenta la clasificación SUCS.

Figura 1-2 Simbología de suelos

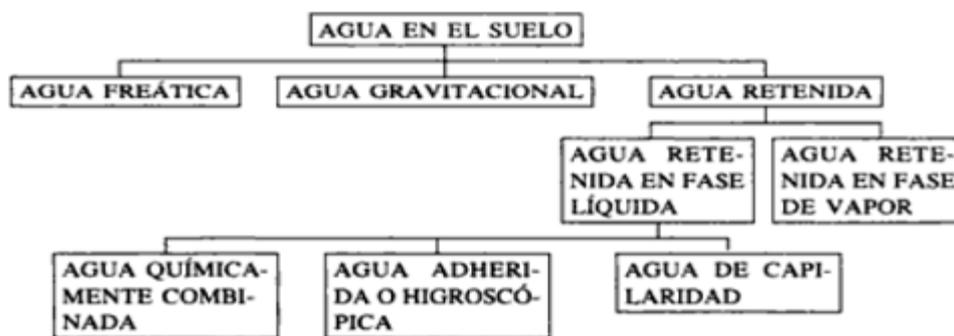
| DIVISIONES MAYORES | | SIMBOLO | | DESCRIPCIÓN |
|----------------------------|----------------------------|---------|--|--|
| | | SUCS | GRÁFICO | |
| SUELOS GRANULARES | GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS | GW |  | GRAVA BIEN GRADUADA |
| | | GP |  | GRAVA MAL GRADUADA |
| | | GM |  | GRAVA LIMOSA |
| | | GC |  | GRAVA ARCILLOSA |
| | ARENA Y SUELOS ARENOSOS | SW |  | ARENA BIEN GRADUADA |
| | | SP |  | ARENA MAL GRADUADA |
| | | SM |  | ARENA LIMOSA |
| | | SC |  | ARENA ARCILLOSA |
| SUELOS FINOS | LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50) | ML |  | LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD |
| | | CL |  | ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD |
| | | OL |  | LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD |
| | LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50) | MH |  | LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD |
| | | CH |  | ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD |
| | | OH |  | LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD |
| SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS | | Pt |  | TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS. |

Fuente: Norma E.0.50 Suelos y cimentaciones

1.3.1.2. Nivel freático

El nivel freático es uno de los factores principales que causa el fenómeno de licuefacción, “el suelo es un material con tamaños diferentes en sus partículas las cuales dejan una serie de poros conectados, [...] el agua se infiltra por acción de la gravedad hasta estratos impermeables, con lo cual se forma la capa freática. El límite superior de esta capa se conoce como nivel freático” (Villalaz, 2004, p.143). Ver Tabla 1-2:

Tabla 1-2 Agua en el suelo

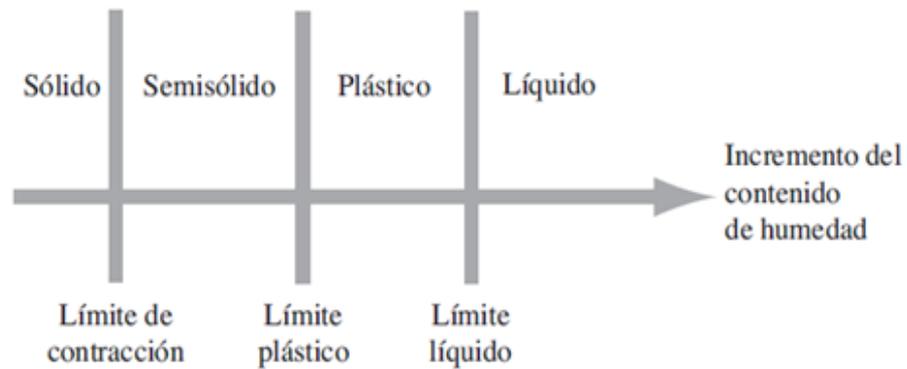


Fuente: Villalaz, 2004, p.143.

El agua que se filtra por los poros del suelo se conoce como agua gravitacional, el agua que está por debajo del nivel freático se denomina agua freática y cuando el agua gravitacional detiene su movimiento debido a las fuerzas de tensión superficial se le conoce como agua retenida (Villalaz, 2004, p.144).

Es importante saber la consistencia del suelo para determinar la licuefacción, “dependiendo del contenido de humedad, el comportamiento del suelo está dividido en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido” (Braja, 2013, p.64). Estos son conocidos como los límites de atterberg los cuales se muestran en la siguiente figura 1.3:

Figura 1-3 Límites de atterbeg



Fuente: Braja, 2013, p.64

1.3.1.3. Aceleración del suelo

Según la norma E 0.30 (Diseño sísmoresistente), El territorio peruano está dividido en cuatro zonas, esta zonificación es condicionada por la distribución espacial de la sismicidad observada, las características de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, se toma en cuenta también la información neotectónica. El distrito de La Molina se encuentra en la zona sísmica 4, zona más vulnerable ante los sismos, ver Figura 1-4:

Figura 1-4 Zonas sísmicas



Fuente: Norma E 0.30, 2016

La microzonificación sísmica consiste en estudios multidisciplinarios que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuación. Otro dato importante para la presente tesis es que la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte varían dependiendo del tipo de suelo, las cuales serán de gran importancia para el análisis de licuefacción de suelos.

Se revisarán estudios realizados en la zona de estudio en donde los datos más importantes serán las aceleraciones del suelo, la magnitud del sismo y vibración del terreno que servirán para determinar el nivel de licuación.

1.3.2. Zonificación Urbana

La zonificación urbana es un conjunto de normas que regulan el uso del suelo según las necesidades económicas y sociales de la población, lo cual permite una ubicación compatible y equilibrada de sus actividades con fines de vivienda, comercio, industria, recreación, turismo, cultura, entre otros. Para lograr ello se realizan la ejecución de proyectos de inversión pública y privada.

1.3.2.1. Planificación Urbana

Según el manual para la elaboración de planes de desarrollo urbano. (2008) “La planificación urbana establece pautas para alcanzar un desarrollo sostenible de un centro urbano. La planificación urbana tiende a actualizarse por los constantes e inesperados cambios de la realidad” (p.10).

La planificación urbana sirve como herramienta de gestión para las distintas entidades públicas, relacionándolo con la licuefacción de suelos, la principal finalidad de la planificación urbana es:

- La implementación de la gestión de riesgos en el ordenamiento territorial, para la prevención y mitigación de los impactos que pudieran ocasionar los fenómenos naturales.
- El dimensionamiento y previsión de infraestructura para servicios básicos.
- La regulación de las habilitaciones urbanas y edificaciones.

Estas finalidades son importantes para la regulación en el uso correcto de las edificaciones y sistemas constructivos, esto se da por el conocimiento de las áreas de alto riesgo y así poder identificar los posibles tipos de uso de suelo. Esto se puede reforzar con ayuda de mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo.

1.3.2.2. Gestión de riesgos de desastres

Según el artículo 3 de la ley N° 29664. La definición de gestión de riesgo de desastres es un proceso social cuyo fin es la prevención, reducción y control de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, así como la adecuada prevención y respuesta ante situaciones de desastre. [...] Utiliza la investigación científica y registro de información, para orientar las políticas y acciones en todos los niveles de gobierno y de la sociedad con la finalidad de proteger la vida de la población y el patrimonio de las personas.

Según el Artículo 66 del Decreto Supremo N° 022-2016-Vivienda. El riesgo se constituye en una de las variables de análisis para establecer los parámetros en la clasificación del suelo y la zonificación, así como también la identificación de las zonas vulnerables para su intervención y poder determinar las medidas estructurales y no estructurales a realizarse en un tiempo determinado.

Los artículos 68 y 69 mencionan que los métodos para evaluar los riesgos comprenden las siguientes actividades:

- Identificación y evaluación de los peligros.
- Análisis de la vulnerabilidad.
- Análisis de riesgo

1.3.2.3. Habilitación urbana

Según la norma GH 0.10 (Alcances y contenido) “La habilitación urbana consiste en el proceso de habilitación de tierras para fines urbanos”, mediante la ejecución de obras de saneamiento, suministro de energía y comunicaciones, así

como también el diseño de vías de acceso, con el fin de obtener un desarrollo de la población mediante infraestructuras destinadas a la educación, recreación, comercio, entre otras.

En el Perú se siguen ciertos procedimientos legales para obtener las habilitaciones urbanas, según el artículo 3 del Decreto supremo N° 011-2017-VIVIENDA. (Reglamento de licencias de habilitación urbana y licencias de edificación). “La Licencia es un acto administrativo otorgado por la municipalidad de acuerdo a una documentación técnica aprobada, en el cual se autoriza la ejecución de obras de habilitación urbana y/o de edificación prevista en la ley.

Según el artículo 16 de la ley N° 29090. (Ley de regulación de habilitaciones urbanas y de edificaciones). Uno de los requisitos para la habilitación urbana es tener un estudio de mecánica de suelos que se realiza en un expediente técnico para la ejecución de una obra. El estudio de mecánica de suelos está relacionado con el tipo de edificación a construirse y con el tipo de suelo que pueda encontrarse.

1.3.3. Consecuencias y mitigaciones

Las consecuencias más perjudiciales que puede ocasionar la licuefacción de suelos son el asentamiento de estructuras, las cuales pueden llegar hasta colapsar. Un claro ejemplo se muestra a continuación, Ver figuras 1-5,1-6 y 1-7

Figura 1-5 Sismo Nigata, Japón, 1964



Otra consecuencia que se presenta después de haber ocurrido este fenómeno, son los volcanes de arena; y por último, en algunos casos llega a darse que el agua que tiende a subir a la superficie se acumula en grandes cantidades, esto se observa en las siguientes figuras:

Figura 1-6 Volcanes de arena, Sismo Nigata, Japón, 1964



Fuente: Ing. Jorge E. Alva Hurtado

Figura 1-7 Inundación del área residencial, sismo Chimbote, Perú, 1970



La idea más básica que se tendría para evitar alguna consecuencia de la licuefacción de suelos sería el de evitar la construcción de cualquier tipo de edificaciones en esa zona; ahora, al conocer los factores que ocasionan la licuación de suelos se podría pensar fácilmente en estabilizar el material licuable mejorando o reemplazando el suelo donde es propenso a presentar este fenómeno, otra solución podría ser en hacer las construcciones de cimentación por debajo del material licuable.

Un método utilizado para mitigar este fenómeno es la compactación dinámica clásica que consiste en la densificación provocada por la aplicación repetida de impactos de gran energía en puntos específicos espaciados en la superficie del mismo, grandes pesos de 10 a 20 ton caen desde alturas elevadas de 15 a 30 m, las cuales compactan el terreno, ver figura 1-8:

Figura 1-8 Compactación dinámica clásica (CDC)



1.3.4. Metodología para la evaluación de licuefacción de suelos

Existen varias metodologías para evaluar la licuación de suelos como la metodología de "Seed e Idriss" entre otras más, en donde la mayoría de estas evalúa la licuación de suelos con los resultados de los ensayos de penetración

estándar (SPT), como una medida de resistencia de las arenas a la licuefacción; Pero para esta investigación se aplicará una metodología en donde se tomarán estudios de mecánica de suelos (EMS) ya existentes, así como datos geotécnicos de diversas entidades como INGEMMET y CISMID, de los cuales los datos más relevantes serán los factores que ocasionan la licuación de suelos como lo son la clasificación del suelo, nivel freático y aceleración del suelo; Para finalmente relacionar estos factores mencionados y poder desarrollar un mapa de licuación de suelos usando el software ArcGIS. Se detallará la metodología en el capítulo II.

Según el artículo 5 de la norma E 0.50: la información del Estudio de mecánica de suelos (EMS) es válida solamente para el área y tipo de obra indicadas en el informe. Es importante recalcar este punto ya que un EMS servirá únicamente para el área estudiada y el tipo de edificación que se va a realizar, pero los datos obtenidos por estas investigaciones como la granulometría, límite plástico, líquido, la cantidad de sondajes que se hayan realizado, entre otros datos más, servirán para tomarlos como base de datos para esta investigación.

1.3.5. Sistema de información geográfica (SIG)

Es un sistema que se emplea para caracterizar a la Tierra con la finalidad de mostrar y analizar información geológica, de sismicidad, límites distritales, entre muchas otras características más, todo esto se puede realizar principalmente con mapas.

Un SIG crea, comparte y aplica información en base a mapas, para fines educativos, de investigación, prevención, entre otros. Uno de los principales softwares es el ArcGIS, el cual se utilizará en la presente investigación.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

- ¿La falta de un mapa de suelos propensos a licuefacción influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿La falta de un mapa de clasificación de suelos influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina?
- ¿La falta de un mapa del nivel freático influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina?
- ¿La falta de un mapa de aceleración del suelo influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina?

1.5. Justificación del estudio

1.5.1. Justificación técnica

La presente tesis servirá para dar información sobre los suelos propensos a licuefacción mediante la realización de un mapa, en donde se pueda observar las zonas más propensas a que ocurra este fenómeno, con el fin de que las entidades públicas y privadas tengan un criterio base para poder ser usado en futuros proyectos, que se tome en consideración para la planificación y habilitaciones urbanas, así como también la debida regulación de las edificaciones que se encuentren en estas zonas.

1.5.2. Justificación social

El mapa de licuefacción a realizarse ayudará a la mitigación de desastres que pueda ocasionar este fenómeno, ya que se reconocerán las áreas más vulnerables y así se podrá realizar las debidas prevenciones. Finalmente, este tipo de estudio podrá ser aplicado para diferentes distritos o ciudades que presenten este tipo de fenómeno.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

- Un mapa de suelos propensos a licuefacción si influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina.

1.6.2. Hipótesis específica

- Un mapa de clasificación de suelos si influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina.
- Un mapa del nivel freático si influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina.
- Un mapa de aceleración del suelo si influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

- Realizar un mapa de suelos propensos a licuefacción para la zonificación urbana en el distrito de La Molina.

1.7.2. Objetivos específicos

- Realizar un mapa de clasificación de suelos para la zonificación urbana en el distrito de La Molina.
- Realizar un mapa del nivel freático para la zonificación urbana en el distrito de La Molina.
- Realizar un mapa de aceleración del suelo para la zonificación urbana en el distrito de La Molina.

II. METODO

2.1. Diseño de investigación

2.1.1. Tipo

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que busca actuar sobre una realidad problemática, basándose en la aplicación de los conocimientos teóricos y prácticos de la investigación básica para dar solución a la problemática (Borja, 2012, pág. 10). También es una investigación cuantitativa ya que una forma confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos (Borja, 2012, pág. 11)

2.1.2. Diseño

El diseño de esta investigación es no experimental, ya que consiste en la obtención de información sin manipular las variables, es decir cómo se manifiestan las variables en realidad. También esta investigación es descriptiva por que tiene como fin analizar las características fundamentales del objeto de estudio (Borja, 2012, pág. 13).

2.2. Variables, operacionalización

Tabla 2-1 Operacionalización de las variables

| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Instrumento |
|---|---|--|------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Variable 1: Suelos propensos a licuefacción | "Transformación de un material granular desde un estado sólido a un estado licuado como consecuencia de un incremento de la presión de poro" (Youd, 1973, p.9). | Se evaluara cada factor que ocasiona la licuación de suelos mediante una metodología de superposición de mapas con el software ArcGIS | Clasificación del suelo | Granulometría | Calicatas |
| | | | | Edad del deposito | |
| | | | Nivel freático | Precipitaciones | Estaciones metereologicas y calicatas |
| | | | | Profundidad nivel freático | |
| Aceleración del suelo | Magnitud del sismo | Microtrepidaciones | | | |
| | Periodos (s) | | | | |
| Variable 2: Zonificación urbana | Conjunto de normas que regulan el uso del suelo según las necesidades económicas y sociales de la población, lo cual permite una ubicación compatible y equilibrada de sus actividades. | Se obtendrá una mapa final de suelos propensos a licuefacción que servirá para planificaciones urbanas y gestiones de riesgos de desastres | Planificación urbana | Habilitación urbana | Mapa final de licuación - ArcGIS |
| | | | Gestión riesgos de desastres | Mapa de riesgos | Mapa final de licuación - ArcGIS |

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La población o universo es el conjunto de elementos que serán motivo de estudio (Borja, 2012, pág. 30). Es por eso que la población a tomar en esta investigación será toda el área del distrito de La Molina el cual tiene una superficie de 65.75 km²

2.3.2. Muestra

La muestra de estudio es un subgrupo representativo de la población, sobre la cual se recolectarán datos (Borja, 2012, pág. 30). Según (Cortez, 2004). Define el tipo de muestra no probabilística como un grupo donde se escoge los elementos sin depender de probabilidad sino de las cualidades afines, basado en el juicio del investigador, por ello se tomará como muestra para la presente tesis la urbanización Sol de La Molina.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Según Hernández (2014, p.199.) En toda investigación cuantitativa se aplica un instrumento para medir las variables contenidas en las hipótesis y en caso no hubiera hipótesis, se miden las variables de interés. Esta medición es efectiva cuando el instrumento de recolección de datos representa las variables que tenemos en mente.

El instrumento de recolección de datos será el software ArcGIS. La recolección de datos a utilizarse para el software antes mencionado será de fuentes confiables como la ejecución de estudios de mecánica de suelos (EMS) así como también la toma de datos de los diferentes estudios ya realizados y características geotécnicas de la zona de estudio (anexo G y H).

La confiabilidad de un instrumento de medición hace referencia al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto brinda los mismos resultados (Hernández, 2014, p.200). El instrumento de recolección de datos tiene

confiabilidad ya que puede utilizarse para cualquier otra investigación relacionada a esta presente tesis, además de usar datos de estudios ya elaborados por especialistas y su correcta digitalización en el software.

La validez, en términos generales, hace referencia al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir (Hernández, 2014, p.200). Para poder digitalizar e interpretar correctamente los datos que se utilizarán, se elaborará una base de datos en donde se registrarán los datos recolectados mediante un formato, el cual será revisado por ingenieros.

2.5. Métodos de análisis de datos

La estadística inferencial permite generalizar los resultados obtenidos de la muestra hacia la población (Borja, 2012, pág. 36). En esta investigación se tomará en cuenta lo antes mencionado, ya que se estará evaluando una determinada zona, a continuación, se explica el método de análisis de datos a utilizarse:

Para poder caracterizar zonas de posible licuación no es necesario identificar gran cantidad de sondajes por separado, ya que sería un proceso muy lento y poco práctico, lo que se hará es buscar los datos más relevantes para analizar las características que ocasionan la licuación del suelo.

Como se ha mencionado antes, los factores que ocasionan la licuación de suelos son la clasificación del suelo, el nivel freático y la aceleración del suelo, factores que serán evaluados. En primer lugar los datos que se usaran serán de los estudios de mecánica de suelos (EMS) existentes en la zona de estudio, principalmente los ensayos de campo - Calicatas, estos ensayos serán brindados por la municipalidad de La Molina y también por algunas empresas privadas que tengan información sobre la zona en estudio, también se usaran datos de mapas de riesgos elaborados por entidades como El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y el Instituto Geológico, minero y metalúrgico (INGEMMET) de los cuales obtendremos datos geotécnicos e hidrológicos para analizar los factores de clasificación del suelo y nivel freático; también se obtendrán datos del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y

Mitigación de Desastres (CISMID) el cual nos brindaran datos de aceleración del terreno por medio de mapas de riesgos de la zona de estudio para poder evaluar el factor de aceleración del suelo; Cabe mencionar que se realizaran estudios de mecánicas de suelos, que consistirá en la ejecución de 1 calicata en la zona donde se encontró escasos datos de estudios existentes.

Una vez obtenido todos los datos se realizará una tabla que asociará todas las características de los factores a evaluar, y determinara que tan propicia es cada cualidad de cada factor para que ocurra la licuación de suelos; esto se hará por medio de la realización de mapas temáticos de cada factor evaluado, los cuales se desarrollaran en el software ArcGIS. Para finalmente relacionar cada mapa conjuntamente con la tabla mencionada y obtener un mapa final de licuefacción de suelos, esta metodología será revisada por un especialista en geotecnia. Se detallará todo el proceso en el capítulo III de la investigación.

2.6. Aspectos éticos

Se tiene el compromiso de respetar los derechos de autoría de tesis, ensayos, revistas, artículos, entre otros, por medio de la referencia bibliográfica y los textos que han sido citados.

III. RESULTADOS

3.1. Descripción de la zona de estudio

3.1.1. Ubicación

La Molina es uno de los 43 distritos que conforma la provincia de Lima, ubicada en el departamento de Lima, Perú, el distrito de la molina colinda con los distritos de Ate Vitarte, Cieneguilla, Santiago de Surco, Pachacamac y Santiago de Surco. La Molina está dividida en 24 sectores, los cuales se tomaron el sector 10 y el sector 22 como zona de estudio, la cual se muestra en la figura 3-1, esta zona abarca un aproximado de 2.00 Km², se puede ver el detalle de ubicación en los anexos B y C.

El sector 10 está limitado por las avenidas La Molina, El Sol, El Lindero, La Planicie, Las Dunas y El Parque, este sector se caracteriza por ser una zona residencial, las edificaciones más representativas de este sector son viviendas de albañilería confinada de 1 a 2 pisos.

El sector 22 está ubicado al lado sur de la Av. La Molina rumbo a Cieneguilla, se verificaron dos zonas bien diferenciadas. Una de ellas con viviendas en terrenos de grandes extensiones, con casas mayormente de un solo piso, la otra zona se observó viviendas en terrenos de pocas dimensiones mucha de estas de uso multifamiliar de entre 1 a 3 pisos

Figura 3-1 Zona de estudio



Fuente: Google Earth

3.2. Recopilación de información

Como se mencionó en el anterior capítulo se tomarán estudios existentes, la mayoría de los datos recopilados fueron obtenidos del estudio de microzonificación sísmica del distrito de La Molina realizado por el CISMID. También se realizó una inspección ocular básica describiendo ciertas características de la zona de estudio (Anexos J). Otra fuente importante para la obtención de datos fueron los diversos geoservidores de entidades como el IGN, IGP, SENAMHI, INGEMMET. Además de todo ello se revisaron tablas y teoría relacionada con cada factor que ocasiona la licuación de suelos, de esta manera se pudo analizar cada factor y así poder desarrollar la metodología empleada en esta tesis que se detalla en el punto 3.3.

3.2.1. Datos geotécnicos

El terreno superficial de La Molina, de acuerdo a sus características geomorfológicas, presenta una conformación errática, variando los afloramientos rocosos en las laderas de los cerros, a suelos coluviales y aluviales en las zonas bajas próximas a los cerros y material fluvio aluvial potente en las zonas llanas del valle, lo cual hace que la estratigrafía del subsuelo sea bastante variable en toda La Molina. (CISMID, 2010, p.5)

Los ensayos recopilados fueron de acuerdo a las siguientes normas:

| | |
|--|--------------------|
| Determinación del Contenido de Humedad | ASTM D 2216. |
| Límite Líquido y Plástico | ASTM D 4318. |
| Análisis Granulométrico | ASTM D 421 – D 422 |
| Clasificación de Suelos | ASTM D 2487. |

3.2.1.1. Ensayos recopilados

Se recopilaron los estudios de 6 calicatas realizadas en la zona de estudio (se puede apreciar la ubicación en el anexo D). Los resultados más relevantes se describen en la tabla 3-1.

Tabla 3-1 Datos geotécnicos

| Sondaje | Nombre de estudio | Profundidad | x | y | Fecha |
|---------|---|-------------|-----------|------------|---------|
| C-3 | Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | 2.20 | 291759.42 | 8663237.26 | Jun. 07 |
| C-4 | Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | 1.50 | 293140.09 | 8662577.49 | Jun. 10 |
| C-5 | Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | 1.50 | 293519.87 | 8663788.44 | Jun. 10 |
| C-6 | Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | 2.20 | 292901.02 | 8663094.22 | Jun. 10 |
| C-8 | Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | 1.60 | 293075.47 | 8663368.94 | Jun. 10 |
| C-9 | Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | 2.20 | 292411.93 | 8663653.14 | Jun. 10 |
| P19 | Calle El Velero Frente Al 515 | 40.5 | 290983.85 | 8663749.5 | |
| P22 | Av La Laguna Grande | 47.5 | 291288.85 | 8663371.5 | |

| Calicata | Muestra | Prof. (m) | w(%) | LL | LP | IP | Gr (%) | Ar (%) | LA (%) | SUCS |
|----------|---------|-------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| C-3 | M-1 | 0.40 - 1.30 | 22.50 | 28.00 | 21.00 | 7.00 | 0.00 | 6.40 | 93.60 | CL - ML |
| C-3 | M-2 | 1.30 - 2.20 | 7.80 | NP | NP | NP | 0.00 | 71.30 | 28.70 | SM |
| C-4 | M-1 | 0.60 - 1.50 | 4.10 | 17.00 | NP | NP | 74.70 | 17.70 | 7.60 | GP - GM |
| C-5 | M-1 | 0.50 - 0.80 | 4.80 | 34.00 | 19.00 | 15.00 | 60.70 | 8.10 | 31.30 | GC |
| C-5 | M-2 | 0.80 - 0.95 | 9.50 | 31.00 | 18.00 | 13.00 | 9.50 | 13.50 | 77.10 | CL |
| C-5 | M-3 | 0.95 - 1.50 | 2.90 | 26.00 | 15.00 | 11.00 | 69.50 | 17.50 | 12.90 | GC |
| C-6 | M-1 | 0.20 - 1.00 | 12.20 | 23.00 | 15.00 | 8.00 | 11.50 | 40.60 | 48.00 | SC |
| C-6 | M-2 | 1.00 - 2.20 | 2.60 | NP | NP | NP | 70.60 | 27.20 | 2.20 | GW |
| C-8 | M-1 | 0.00 - 0.50 | 1.20 | NP | NP | NP | 17.10 | 72.40 | 10.50 | SP - SM |
| C-8 | M-2 | 0.50 - 1.20 | 1.20 | NP | NP | NP | 34.40 | 59.70 | 5.90 | SP - SM |
| C-8 | M-3 | 1.20 - 1.60 | 1.00 | NP | NP | NP | 45.70 | 51.30 | 3.00 | SP |
| C 9 | M-1 | 0.50 - 2.20 | 0.40 | NP | NP | NP | 45.70 | 51.80 | 2.50 | SP |

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Datos geofísicos

Mediante los ensayos MASW se puede determinar la velocidad de propagación de las ondas S (V_s) del terreno en el área de estudio para la obtención de perfiles de ondas S. Con la información obtenida de este ensayo es posible realizar una estimación indirecta de las características estratigráficas de los suelos que se encuentran a diferentes profundidades y determinar sus propiedades dinámicas.

Los ensayos de microtrepidaciones son vibraciones naturales o ambientales del terreno generadas por fuentes naturales o artificiales. Éstas se usan para estimar las características de vibración del terreno durante un sismo, también para conocer la estructura del subsuelo y modelar los efectos de sitio usando dicho modelo estructural del terreno.

3.2.2.1. Ensayos recopilados

Se recopilaron los estudios de 5 ensayos de microtrepidación y 1 ensayo de MASW realizados en la zona (se puede apreciar la ubicación en el anexo E). Los resultados más relevantes se describen en la tabla 3-2.

Tabla 3-2 Datos ensayo microtrepidaciones

| Sondaje | Periodo (s) | x | y | Fecha |
|---------|-------------|-----------|------------|------------|
| M3015 | 0.21 | 293234.56 | 8664042.63 | 02/07/2010 |
| M3016 | 0.41 | 292140.81 | 8663488.01 | 02/07/2010 |
| M3017 | 0.33 | 292958.03 | 8662911.82 | 02/07/2010 |
| M3018 | 0.38 | 293292.04 | 8663584.38 | 02/07/2010 |
| M3019 | 0.32 | 293948.26 | 8663501.92 | 02/07/2010 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-3 Datos ensayo MASW

| Punto | Estrato | VS (m/s) | Espesor (m) | Profund. (m) | Longitud (m) | Tipo de onda | Descripción |
|--------|---------|----------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------|
| MASW06 | 1 | 250 | 3 | 30 | 72 | S | Arena medio densa |
| | 2 | 400 | 12 | | | | Arena medio densa a densa |
| | 3 | 600 | 15 | | | | Grava densa |

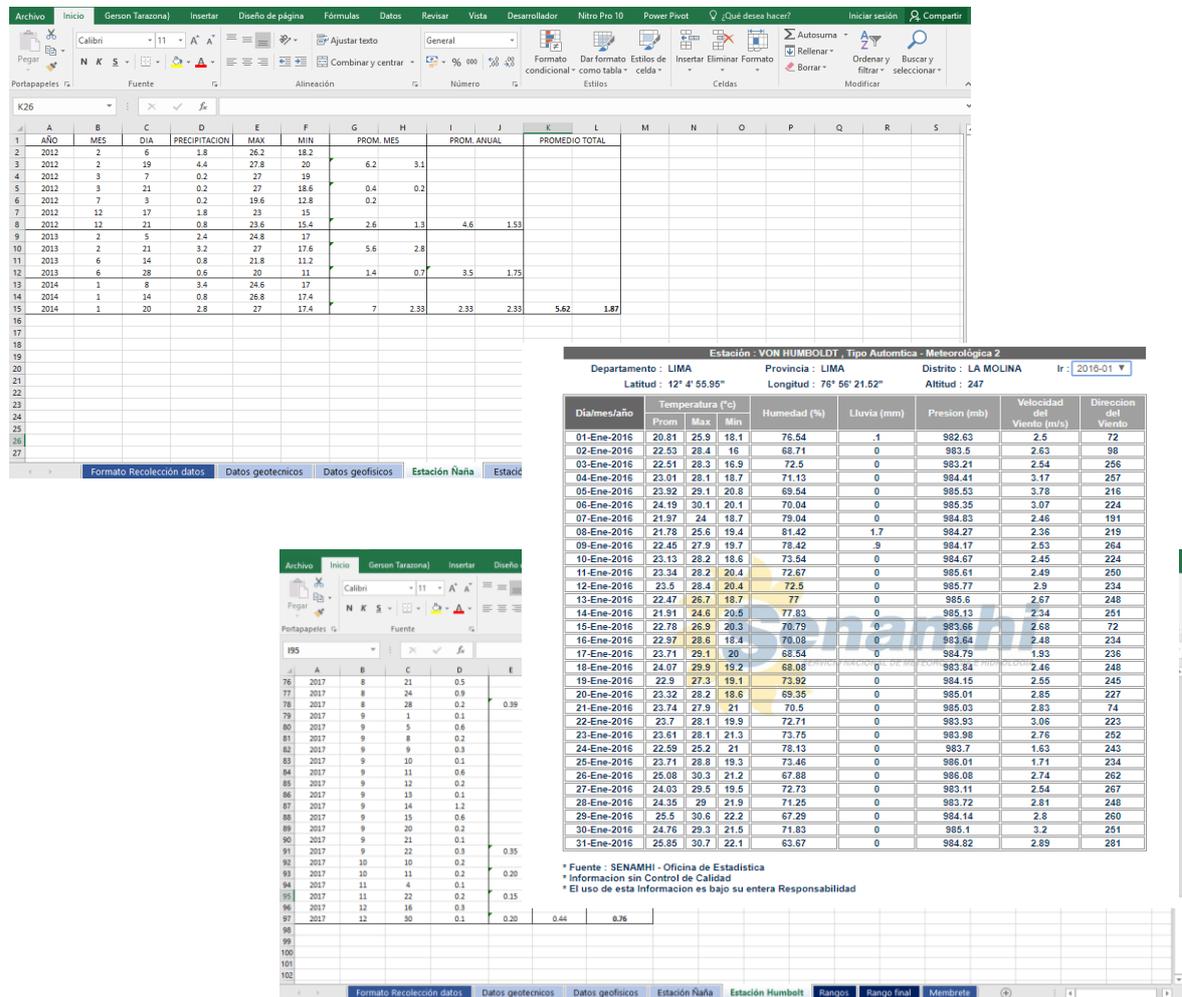
Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Datos meteorológicos

Según los ensayos recolectados y verificando el perfil de los pozos cerca de la zona de estudio no se encontró la profundidad del nivel freático, pero para poder tener alguna referencia al respecto se tomaron los datos de precipitaciones de dos estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio, las cuales son la estación Ñaña y la estación Von Humboldt.

Se realizó un promedio de la precipitación anual de cada estación para después ubicarla en el software ArcGIS, todos los datos obtenidos fueron recopilados de las mismas estaciones brindadas por el SENAMHI, ver figura 3-2.

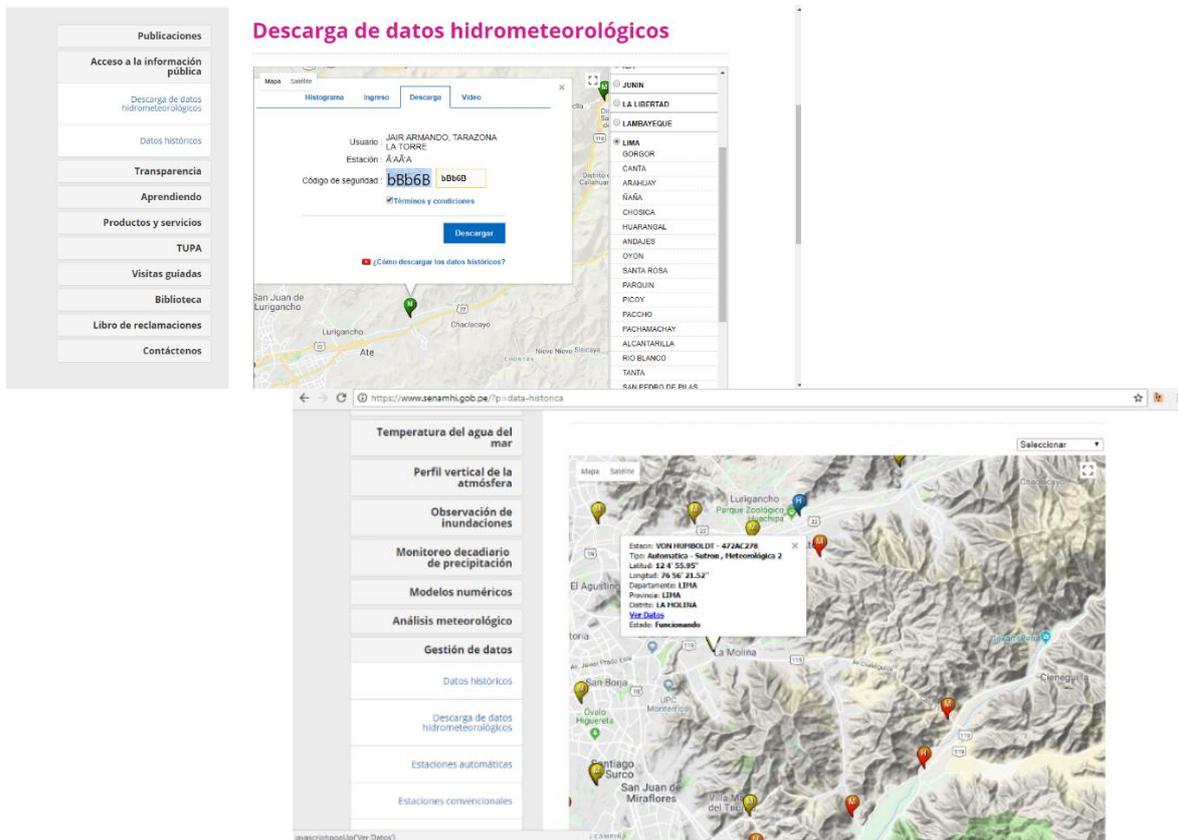
Figura 3-2 Calculo precipitación anual



Fuente: Elaboración propia

Se obtuvieron los datos principalmente de dos estaciones (Ñaña y Von Humboldt), estos datos se descargaron de la misma página del SENAMHI, ver figura 3-3.

Figura 3-3 Descarga de datos meteorológicos



3.2.4. Mapas de referencia

Se consultaron varios mapas realizados en la zona de estudio realizados por el IGN, INGEMMET, entre otros de los cuales se observaron datos geológicos, geográficos y geomorfológicos, esto fue con la finalidad de corroborar coordenadas geográficas y los tipos de depósitos existentes.

3.3. Metodología de superposición de mapas

Como se mencionó en el capítulo anterior la metodología aplicada en la presente tesis se basa específicamente en la realización de un mapa final de licuación de suelos tomando en consideración ciertos factores para que ocurra este fenómeno, se puede apreciar un esquema de esta metodología (anexo F).

Existen diversos estudios que relacionan diversos factores para determinar la susceptibilidad del potencial de licuefacción de un suelo, los cuales para esta investigación se consideraron por revisión bibliográfica y estudios consultados como: la clasificación del suelo, nivel freático y aceleración del suelo. A continuación, se revisará cada factor que ocasiona la licuación de suelos, para analizarlo y así poder elaborar una tabla de rangos que conllevará a la realización de un mapa temático de cada factor para el desarrollo de esta metodología.

3.3.1. Clasificación del Suelo

3.3.1.1. Distribución del tamaño de los granos

Se tomó en consideración lo establecido según el artículo 32 de la norma E 0.50 la cual menciona para que ocurra el fenómeno de licuefacción los suelos deben cumplir ciertas condiciones, las cuales son:

- Porcentaje de partículas más finas que 0,005 m \leq 15%
- Limite liquido (LL) \leq 35
- Contenido de humedad (w) $>$ 0,9 LL

Una vez analizado los datos recolectados, se procedió a generar un rango que depende principalmente de la data de los estudios recopilados. Este procesamiento se puede apreciar en el punto 3.4.1.

3.3.1.2. Edad del depósito

La resistencia a la licuación se incrementa con la edad de los sedimentos, “Generalmente, las formaciones arenosas naturales geológicamente jóvenes son más susceptibles a la licuefacción. [...] Esto significa que los últimos depósitos del Holoceno, típicamente relacionados con la red de drenaje natural, son más susceptibles a la licuefacción. Se supone que los depósitos anteriores al Pleistoceno tardío no son susceptibles a la licuefacción, en función de su rendimiento durante los terremotos” (Dickenson et. al, 2001, p.42).

En la tabla 3-4 se establece un valor de susceptibilidad dependiendo del tipo de depósito, la distribución de los sedimentos sueltos y la edad del suelo.

Tabla 3-4 Susceptibilidad de antigüedad de depósitos

| Types of deposit | General distribution of cohesionless sediments in deposits | Likelihood that cohesionless sediments, when saturated, would be susceptible to liquefaction (by age of deposit) | | | |
|---------------------------------|--|--|----------|-------------|----------------|
| | | <500 yr | Holocene | Pleistocene | Prepleistocene |
| (a) Continental Deposits | | | | | |
| River channel | Locally variable | Very high | High | Low | Very low |
| Flood plain | Locally variable | High | Moderate | Low | Very low |
| Alluvial fan and plain | Widespread | Moderate | Low | Low | Very low |
| Marine terraces and plains | Widespread | --- | Low | Very low | Very low |
| Delta and fan-delta | Widespread | High | Moderate | Low | Very low |
| Lacustrine and playa | Variable | High | Moderate | Low | Very low |
| Colluvium | Variable | High | Moderate | Low | Very low |
| Talus | Widespread | Low | Low | Very low | Very low |
| Dunes | Widespread | High | Moderate | Low | Very low |
| Loess | Variable | High | High | High | Unknown |
| Glacial till | Variable | Low | Low | Very low | Very low |
| Tuff | Rare | Low | Low | Very low | Very low |
| Tephra | Widespread | High | High | ? | ? |
| Residual soils | Rare | Low | Low | Very low | Very low |
| Sebka | Locally variable | High | Moderate | Low | Very low |

Fuente: Youd and Perkins 1978

3.3.2. Nivel freático

Según los estudios revisados en toda la zona de estudio no se evidenció la profundidad del nivel freático, pero para mantener un valor referencial de este factor se tomó en consideración los datos pluviométricos de las dos estaciones meteorológicas activas más cercanas a la zona de estudio y se trabajaron con esos datos

Según Servicio Geológico de Estados Unidos cuenta con varios estudios acerca de este factor en donde establece rangos para evaluar este fenómeno los cuales propone rangos que van de 10, 30, 40 y 50 pies (2006).

Según Tinsley et al. propone rangos similares a los mencionados anteriormente, estos son de 3, 10 y 15 metros. Pero de manera adicional estos rangos los asocia con la edad de los depósitos, ver tabla 3-5.

Tabla 3-5 Susceptibilidad profundidad de aguas subterráneas con edad de depósitos

| Sedimentary Unit | Depth to Ground Water, in meters | | | |
|-----------------------------|--|-----------------------------------|----------------------|----------------------|
| | 0-3 | 3-10 | 10-15 | >15 |
| Holocene | | | | |
| Latest ----- | Very high to high ¹ High | Moderate ² Moderate | Low Low | Very low Very low |
| Earlier ----- | | | | |
| Pleistocene | | | | |
| Late ----- | Low Very low | Low Very low | Very low Very low | Very low Very low |
| Middle and early ---- | | | | |
| Tertiary and pre-Tertiary - | Very low | Very low | Very low | Very low |

Fuente: Dickenson et. al, 2001, p.42.

3.3.3. Aceleración del suelo

Se acota que en una microzonificación sísmica consiste en estudios multidisciplinarios que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuación, partiendo de esto se sabe que dependerá de la magnitud del sismo y la respuesta del suelo ante el movimiento para que ocurra la licuefacción, esto quiere decir que, a mayor magnitud del sismo, la respuesta del suelo será más brusca y mayor será la probabilidad de ocurrencia de licuación.

Las microtrepidaciones son vibraciones naturales o ambientales del terreno generadas por fuentes naturales o artificiales, estos ensayos se usan para estimar las características de vibración del terreno durante un sismo, así como para conocer la estructura del subsuelo, estos ensayos nos indican las áreas donde se percibirían más la intensidad de los sismos.

Según el estudio de microzonificación sísmica se estableció rangos de periodos para cada zona, en la zona I: alrededor de 0.10 s, zona II: 0.10 a 0.20 s, zona III: 0.30 a 0.40 s, zona IV: iguales o mayores a 0.4 s

3.4. Procesamiento de la información recopilada

Una vez obtenido todos los datos técnicos para el análisis de los factores que ocasionan la licuación de suelos, que son la clasificación del suelo, nivel freático y aceleración del suelo, se procederá a confeccionar tablas evaluativas del potencial de licuación para cada uno de estos y así determinar qué tan favorable es cada característica recopilada para el desarrollo de este fenómeno.

Esta clasificación tomará rangos de 1, 3, 5, 7 y 9, de menos a más favorable respectivamente, de esta manera se podrá zonificar la zona de estudio agilizando la identificación y procesamiento de la información obtenida. Con estas tablas se realizarán mapas de cada factor empleando el software ArcGIS, finalmente se estimará la influencia que tiene cada factor para que ocurra la licuación de suelos, haciendo una superposición de los mapas elaborados mediante un proceso iterativo; Obtenida esta combinación se obtendrá un mapa final de licuación de suelos, cada zona del mapa resultante tendrá un valor entero del 1 al 9 que será considerado a partir de ahora como “índice de susceptibilidad (IP)”, esta ponderación se trabajara con la herramienta Weighted Overlay del software ArcGis que arroja números redondeados al entero más cercano.

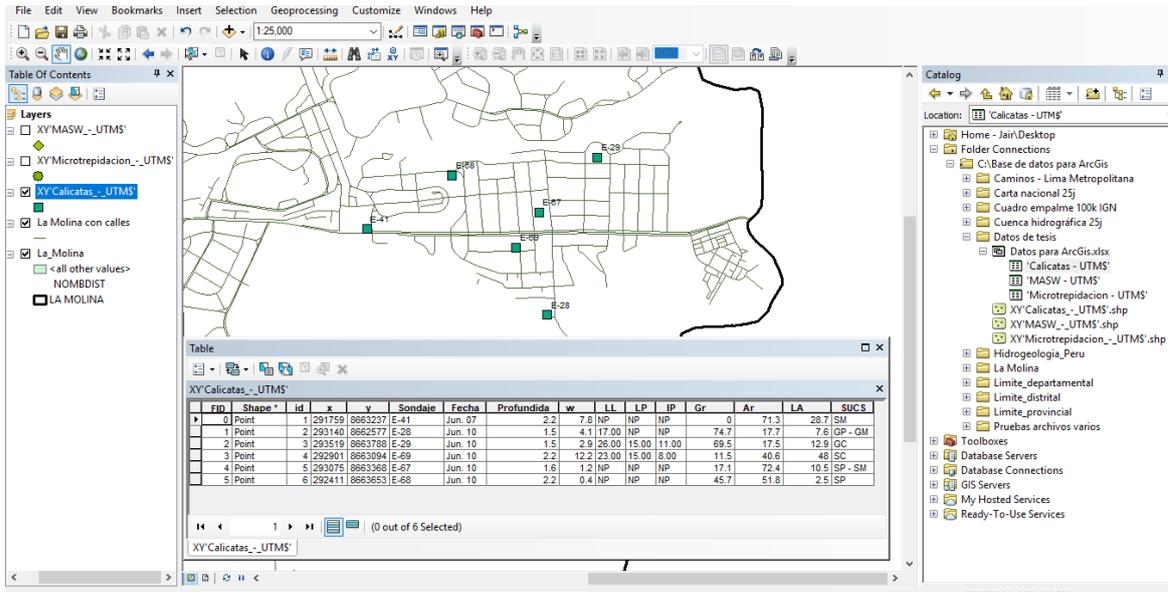
Para la Superposición ponderada se siguieron ciertos pasos, los cuales son:

- Reclassificar los valores en los rásteres de entrada en una escala de evaluación común, se le asigna a cada pixel un valor
- Multiplicar los valores de celda ráster de entrada por el peso de importancia de los rásteres
- Sumar los valores de celda resultantes para producir el ráster de salida

3.4.1. Mapa de clasificación del suelo

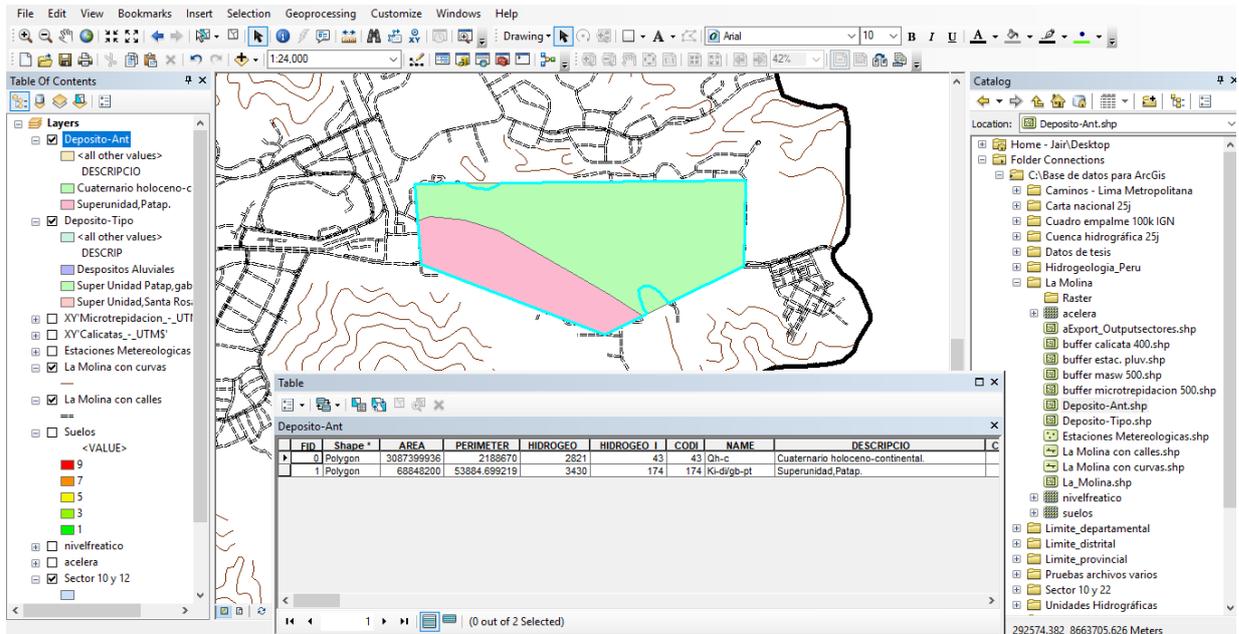
Se procedió a ubicar las calicatas con ayuda de sus coordenadas UTM, en cada punto ubicado se introdujo en su tabla de atributos los datos antes mencionados, a criterio del investigador los dato ingresados en el software son las muestras de entre 1 a 2 de profundidad, ya que los ensayos recopilados llegan hasta máximo los 2 m y al verificar que en la zona de estudio predominan edificaciones unifamiliares de cimentaciones de 1 a 2m de profundidad (figura 3-4)

Figura 3-4 Ubicación de calicatas en Arcgis



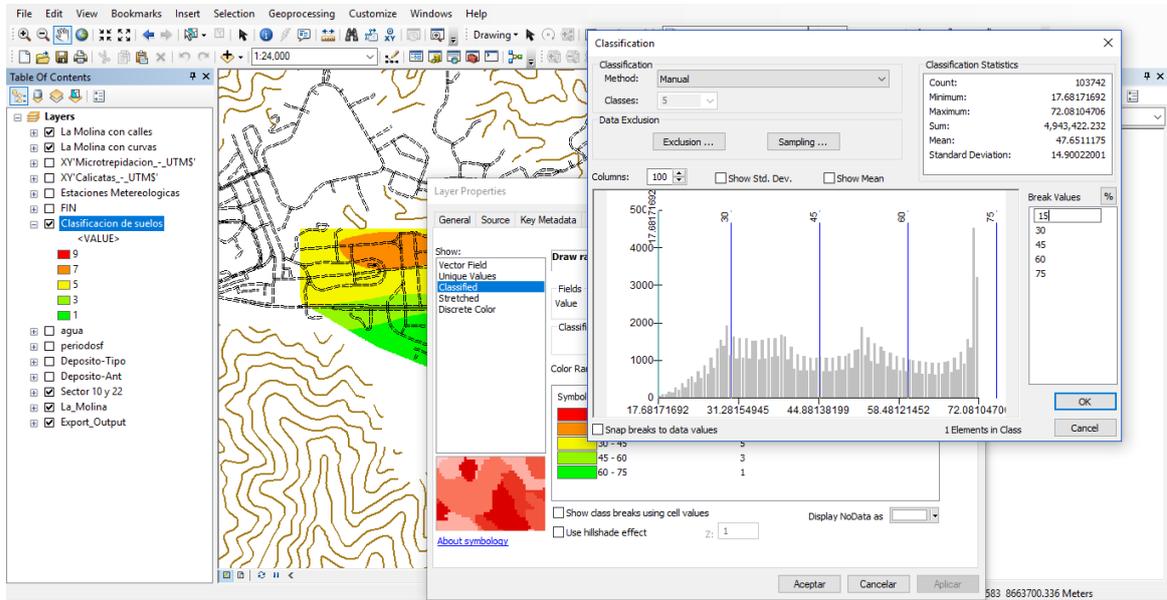
A la par se realizó un mapa de la antigüedad de los depósitos en la zona de estudio, se utilizó el comando “clip” para trabajar solo en la zona de estudio, los datos de este mapa fueron obtenidos directamente de las cartas proporcionadas por el INGEMMET en su geoservidor, ver figura 3-5.

Figura 3-5 Antigüedad depósitos



Finalmente, se interpolan estos dos datos con la herramienta “Natural Neighbor” asignándoles rangos establecidos detallados en el siguiente cuadro, dando como resultado final el mapa de clasificación de suelo, ver figura 3-6.

Figura 3-6 Interpolación granulometría y antigüedad depósitos



Según la tabla 3-6 se pudo determinar el mapa de clasificación del suelo, interpretando lo que se menciona en la norma E.050 relacionado a los datos existentes en la zona de estudio y el citado de Youd and Perkins

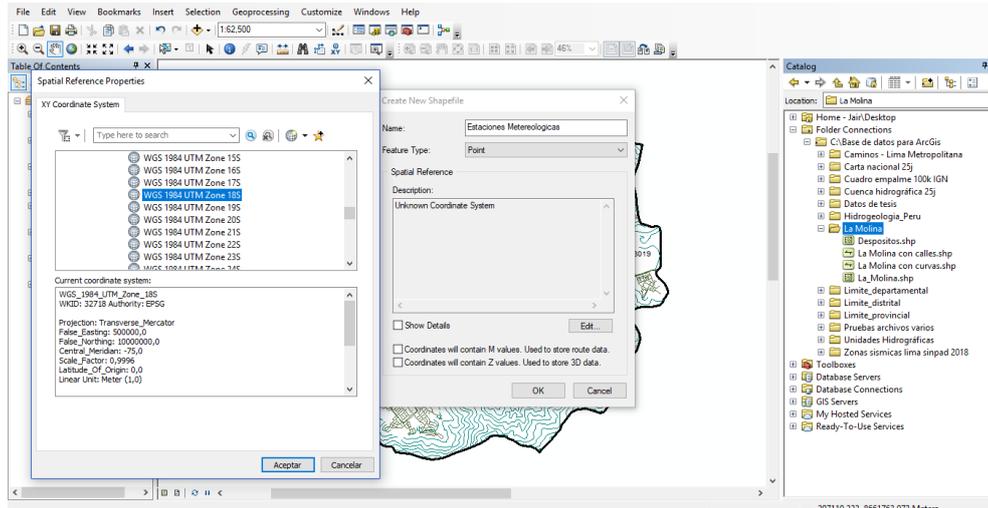
Tabla 3-6 Rangos Clasificación del suelo

| Clasificación | Clasificación del Suelo | |
|---------------|-----------------------------|------------------------|
| | Tamaño de los granos (Ar %) | Edad del depósito |
| 9 | ≤ 15 | Holoceno |
| 7 | 15 - 30 | |
| 5 | 30 - 45 | Pleistoceno a Holoceno |
| 3 | 45 - 60 | |
| 1 | 60 - 75 | Pre - Pleistoceno |

3.4.2. Mapa del nivel freático

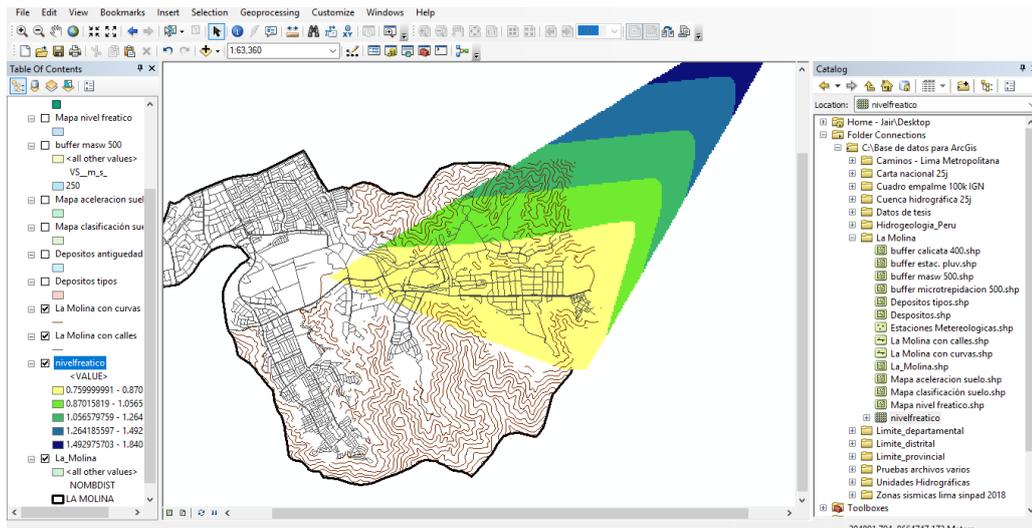
Una vez obtenido los datos se hizo una ponderación anual de las precipitaciones presentes en cada estación, para luego ubicar con coordenadas UTM cada estación con sus respectivos datos, ver figura 3-7.

Figura 3-7 Ubicación de estaciones en Arcgis



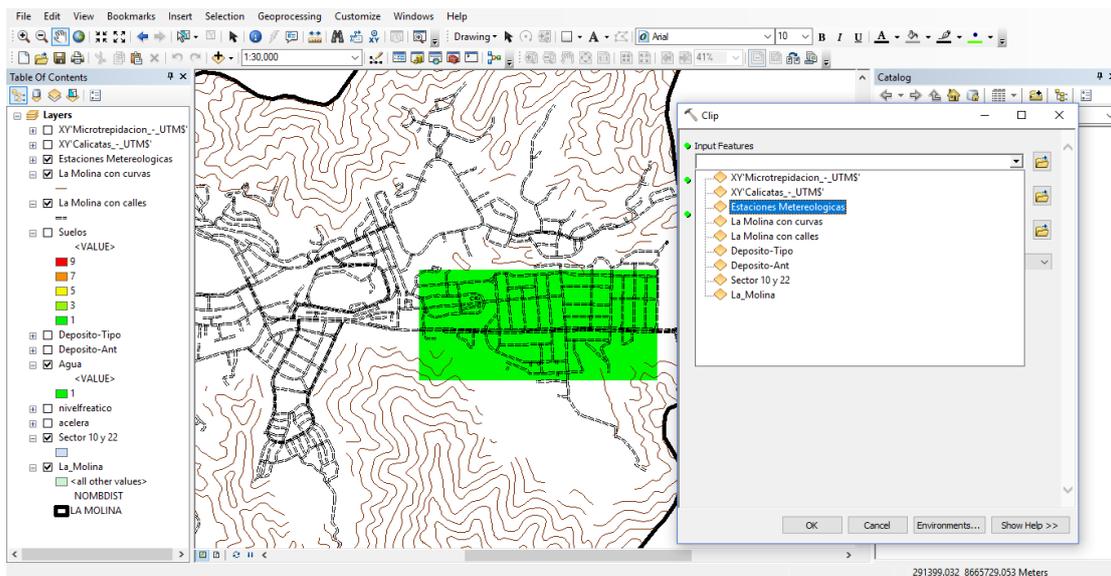
Después se procedió a hacer la interpolación de datos con el comando “Natural Neighbor” de las dos estaciones, dando como resultado un mismo valor de precipitación para toda la zona de estudio, ver figura 3-8.

Figura 3-8 Interpolación estaciones meteorológicas



Finalmente se asignan rangos a los resultados obtenidos anteriormente para poder obtener el mapa de nivel freático, (Se redujo a solamente la zona de estudio con la herramienta “clip”) siendo este una respuesta referencial al nivel freático que no se encontró en la zona de estudio, esto se pudo corroborar con los pozos de SEDAPAL existentes cerca del área de estudio (anexo I: ensayos recopilados), ver figura 3-9.

Figura 3-9 Zona de estudio - precipitación



La tabla 3-7 muestra los rangos posibles a tomarse en consideración para niveles freáticos, tomando de referencia las investigaciones del USGS y el cuadro citado de Tinsley et al.

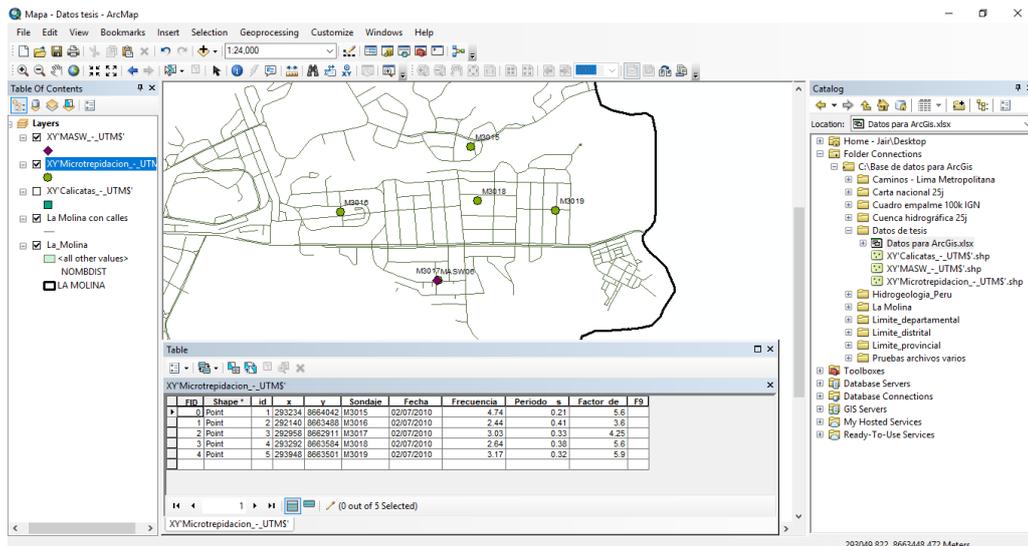
Tabla 3-7 Rangos Nivel freático

| Clasificación | Nivel freático |
|---------------|-----------------|
| | Profundidad (m) |
| 9 | ≤ 2.5 |
| 7 | 2.5 - 5.0 |
| 5 | 5.0 - 10.0 |
| 3 | 10.0 - 15.0 |
| 1 | > 15.0 |

3.4.3. Mapa de aceleración del suelo

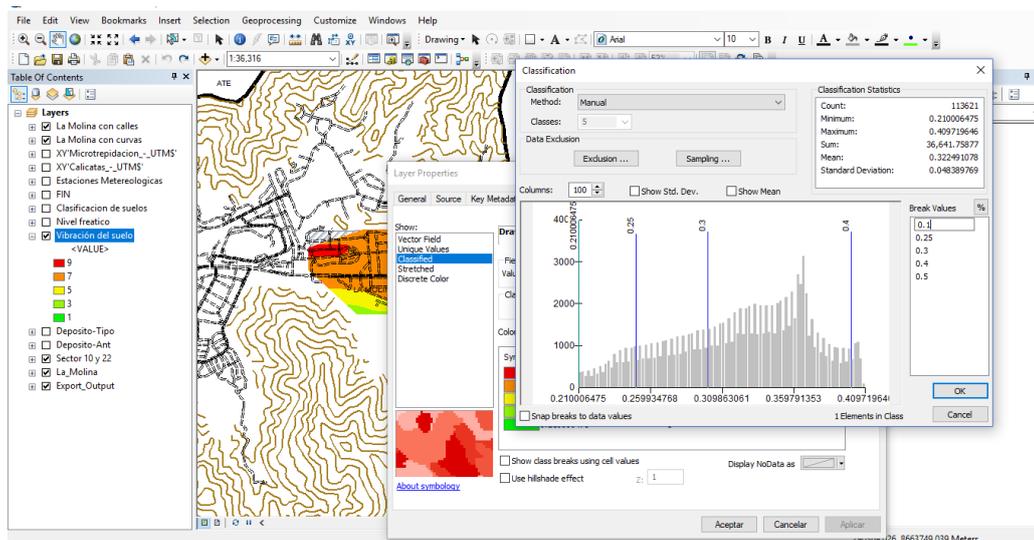
Se procedió a ubicar los estudios de microtrepidaciones con ayuda de sus coordenadas UTM, en cada punto ubicado se introdujo en su tabla de atributos los datos antes mencionados, ver figura 3-10.

Figura 3-10 Ubicación microtrepidaciones en Arcgis



Finalmente, se interpolan los datos con la herramienta “Natural Neighbor” asignándoles rangos establecidos detallados en el siguiente cuadro, dando como resultado final el mapa de aceleración del suelo, ver figura 3-11.

Figura 3-11 Interpolación microtrepidaciones



Se tomó en consideración lo establecido en el estudio de microzonificación sísmica de la molina para determinar los rangos de este mapa temático que se muestran en la tabla 3-8

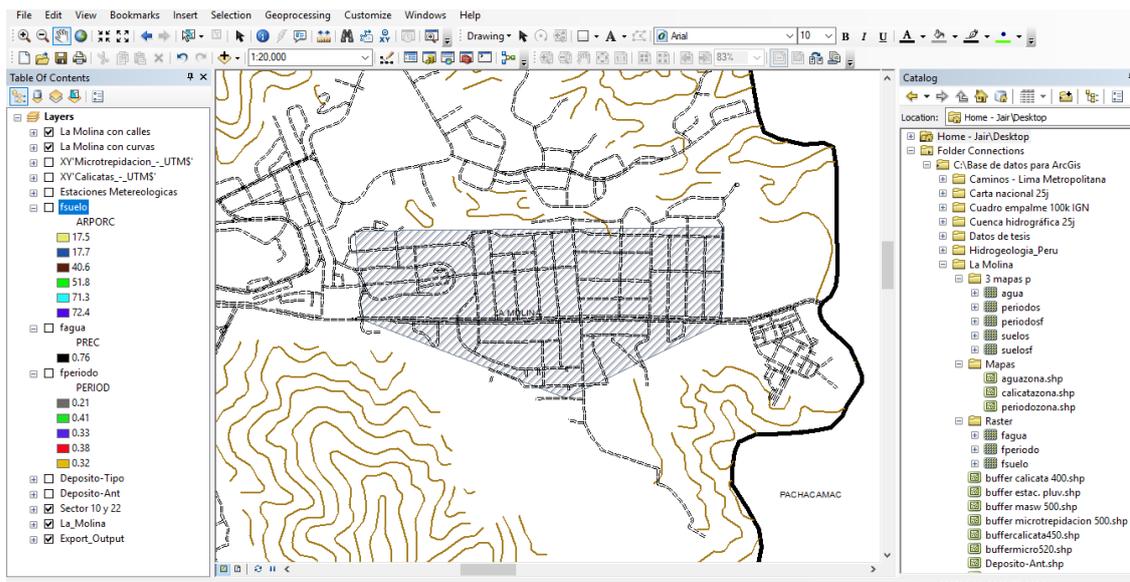
Tabla 3-8 Rangos Aceleración del suelo

| Clasificación | Aceleración del suelo |
|---------------|-----------------------|
| | Periodos (s) |
| 9 | > 0.40 |
| 7 | 0.30 - 0.40 |
| 5 | 0.20 - 0.30 |
| 3 | 0.10 - 0.20 |
| 1 | ≤ 0.10 |

3.5. Mapa de suelos propensos a licuación

Se procedió a elaborar el mapa final de licuación de suelos tomando como datos principales los resultados de los 3 mapas obtenidos, para ello primero se convirtió a formato raster los mapas elaborados con la herramienta “to raster”, ya que la herramienta “weighted overlay” permite trabajar solo con este formato y esta misma será la que nos permita superponer los mapas, ver figura 3-12.

Figura 3-12 Mapas en formato Raster



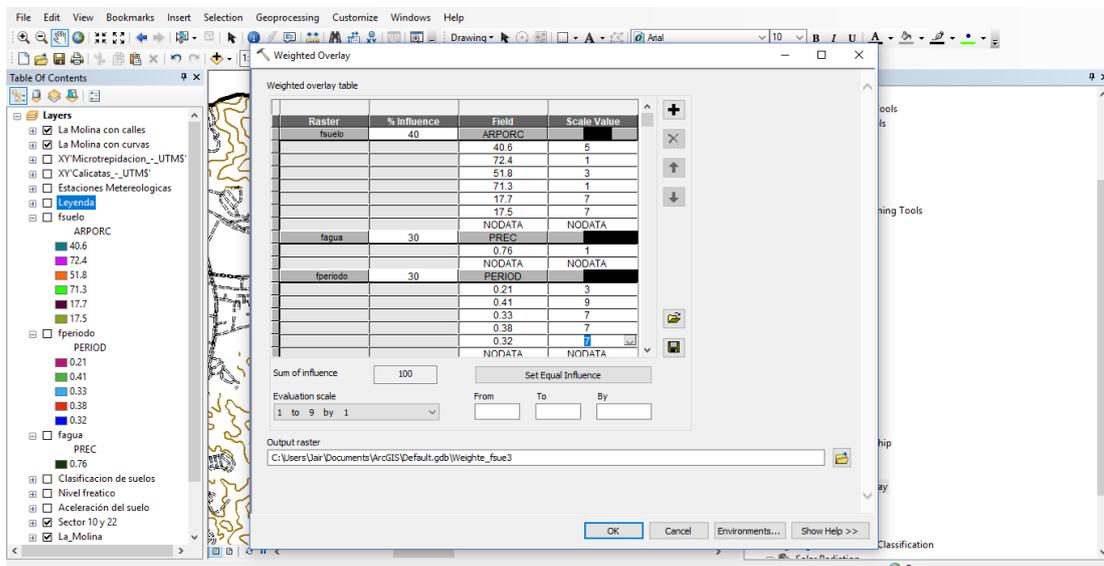
Como se explicó anteriormente estos rangos del 1 al 9 son establecidos de esta manera por la limitación del mismo software, Finalmente, el resultado final de este mapa lleva consigo el agrupamiento de todos los rangos establecidos anteriormente, ver tabla 3-9.

Tabla 3-9 Rangos Licuación de suelos

| Clasificación | Clasificación del Suelo | | Nivel freático | Aceleración del suelo |
|---------------|-----------------------------|------------------------|-----------------|-----------------------|
| | Tamaño de los granos (Ar %) | Edad del depósito | Profundidad (m) | Periodos (s) |
| 9 | ≤ 15 | Holoceno | ≤ 2.5 | > 0.40 |
| 7 | 15 - 30 | | 2.5 - 5.0 | 0.30 - 0.40 |
| 5 | 30 - 45 | Pleistoceno a Holoceno | 5.0 - 10.0 | 0.20 - 0.30 |
| 3 | 45 - 60 | | 10.0 - 15.0 | 0.10 - 0.20 |
| 1 | 60 - 75 | Pre - Pleistoceno | > 15.0 | ≤ 0.10 |

Al utilizar la herramienta “weighted overlay” nos permite un cuadro en donde pondremos todos los mapas a superponer, y los valores a poner en cada cuadro serán los mismos que se tomaron en los rangos establecidos para la elaboración de cada mapa, una acotación al momento de utilizar esta herramienta es que nos pide asignar un porcentaje de influencia para cada factor, se quiso dar igualdad de influencia para cada factor, pero para tomar porcentajes enteros se le asignó mayor porcentaje al mapa de clasificación de suelos 40%, ya que se tomó como datos adicionales los depósitos y al de nivel freático y aceleración del suelo 30% a para cada factor, ver figura 3-13.

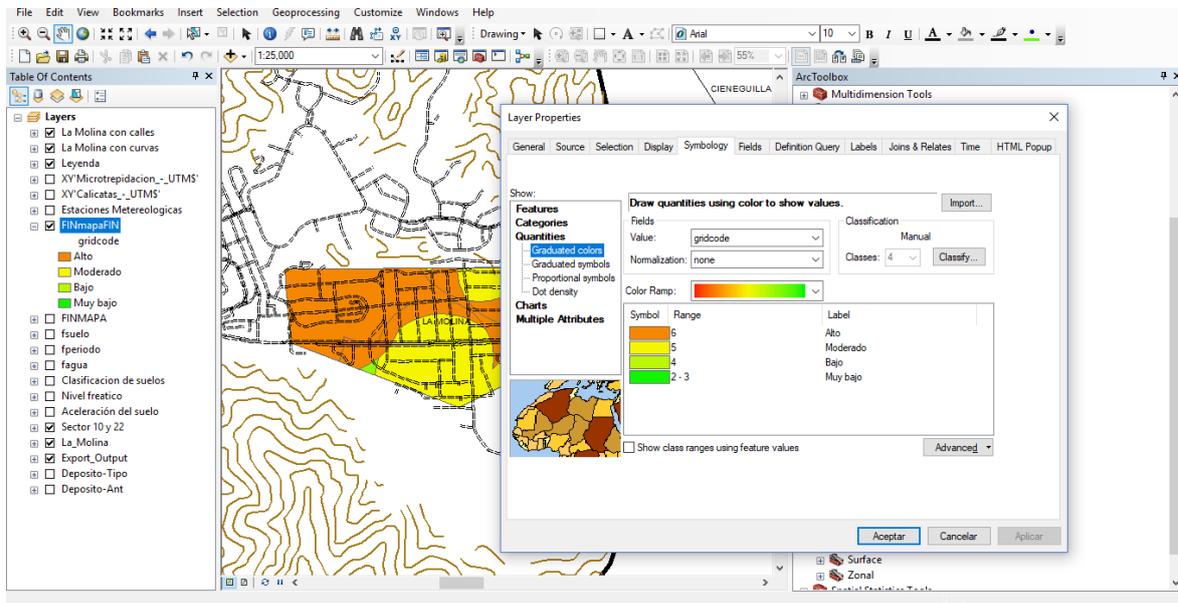
Figura 3-13 Asignación de valores para superposición de mapas



Estos porcentajes se obtuvieron luego de superponer iterativamente los mapas temáticos asociados a cada factor hasta conseguir una relación que vincule de buena manera estos factores.

Como resultado final se obtuvo el mapa final de licuación de suelos en donde según la superposición obtenida por medio de la herramienta “weighted overlay” obtenemos una clasificación del 1 al 9, ver figura 3-14.

Figura 3-14 Superposición de mapas



Al final después de hacer la superposición de mapas, el software arrojo resultados del 1 al 6, se tuvo que pasar el formato raster a polígono para poder clasificar estos rangos de acuerdo a la siguiente tabla 3-10.

Tabla 3-10 Rangos Potencial de Licuación

| Clasificación | Potencial licuefacción |
|---------------|------------------------|
| 7 - 9 | Muy alto |
| 6 | Alto |
| 5 | Moderado |
| 4 | Bajo |
| 1 - 3 | Muy bajo |

Ver anexo K para verificar todos los mapas elaborados

IV. DISCUSIÓN

- Para hallar el mapa final de licuefacción de suelos, con la metodología de superposición de mapas, Según Lara, N. (2013). realizó la superposición de 4 mapas, estos fueron Granulometría y origen, Amplitud y vibración, Edad de los depósitos y profundidad de nivel freático. Según Palacios, S., et al. (2017). realizó la superposición de 5 mapas, estos fueron Origen y Granulometría de los depósitos, profundidad del nivel freático, edad del depósito, Magnitud/Distancia epicentral y aceleración. Se discrepó con esta cantidad de mapas, según normas y la literatura revisada para la presente tesis se realizó la superposición de 3 mapas, los cuales fueron la Clasificación del suelo, Nivel freático y aceleración del suelo.
- Según Lara, N. (2013). el mapa de Granulometría y origen y Edad de los depósitos lo realizó determinando teórica y prácticamente comprobando la granulometría de los estudios recopilados en la zona de estudio y generando rangos del 1 al 9. Se está de acuerdo parcialmente con el autor, de igual manera para realizar el mapa de Clasificación de suelos se tomó en cuenta la teoría referida a los depósitos que es básicamente datos geológicos, específicamente la antigüedad de los depósitos, pero se añadió a este mapa lo establecido según la norma que es el Porcentaje de partículas más finas que $0,005 \text{ m} \leq 15\%$, e igualmente se generó rangos del 1 al 9 proponiendo los porcentajes de 0 a 75%
- Según Lara, N. (2013) el mapa de nivel freático lo realizó tomando datos existentes de la carta hidrogeológica de Chile y verificando gran cantidad de pozos realizando un mapa referencial del nivel de aguas en su zona de estudio, asignando valores del 1 al 9. Se está acorde con el tesista ya que se trabajó de la misma manera, pero en esa investigación se tomó como fuente principal los datos de precipitaciones en la zona de estudio ya que no se contaba con existencia del nivel freático, por ende, se asignó el nivel más bajo (1), pero de igual manera se elaboró los rangos del 1 al 9 dependiendo de la profundidad del nivel freático (0 a 15m).

- Según Lara, N. (2013). el mapa de Amplitud y vibración lo realizó teóricamente de investigaciones realizadas en donde con ayuda de tablas ya establecidas determinaba la relación del PGA gatillante dependiendo del tipo del depósito y a estos datos les asigno un rango del 1 al 9. Se está de acuerdo parcialmente con el autor, pero para la realización de este mapa se tomaron datos de los periodos del suelo de los estudios recopilados de ensayos de microtrepidaciones, e igualmente se generó rangos del 1 al 9 tomando como límites de 0.10 a 0.40 s

- Según Chipana, F. (2014). Caracterizó del medio físico - natural de área de expansión urbana y su entorno para tener una base en la definición de un modelo de ocupación acorde a la condición geológica, geomorfológica y geodinámica y Rivas, R. (2017). Superpuso mapas empleando los sistemas de información geográfica como una herramienta de análisis para determinar la vulnerabilidad global, en función a sus características físicas, socioeconómicas y conflictos de uso. Se está acorde con Chipana, ya que el mapa final de licuación de suelos podría ser también un limitante de ocupación y también con Rivas, ya que se considera optimo y viable la aplicación de un sistema de información geográfica como una herramienta de análisis para determinar una vulnerabilidad referencial de cualquier tema a ser estudiado.

V. CONCLUSIONES

- El mapa de clasificación de suelos influye en la zonificación urbana, específicamente en temas de gestión para cualquier proyectista o entidad, ya que estos pueden tener una idea previa del tipo de suelo que se encuentra en la zona de estudio, esto podría permitir un óptimo diseño de cimentaciones y mejores procesos constructivos, cabe resaltar que la información de este mapa es solo referencial y los futuros proyectos que se vayan a realizar deberán tener su propio estudio de suelos como dicta la norma.
- El mapa de nivel freático, en este caso se desarrolló un mapa referencial tomando en cuenta solo las precipitaciones de la zona de estudio, este mapa influye en la zonificación urbana ya que brinda información de las zonas en donde se podría presentar las mayores infiltraciones de agua.
- El mapa de aceleración del suelo influye en la zonificación urbana, específicamente para personal más técnico encargado de los diseños y planificación de obras civiles, ya que en este mapa se puede estimar las características de vibración del terreno cuando ocurra un sismo, y en donde se percibirá este con más intensidad, se recalca que este mapa guarda relación únicamente con el fenómeno de licuación, ya que sus valores han sido tratados relacionados a este fenómeno.
- El mapa final de suelos propensos a licuación permitirá a la municipalidad de la Molina implementar una gestión de riesgos referido a este fenómeno, del mismo modo también se podrían realizar programas de capacitación y difusión a fin de que la población tenga conocimiento, posteriormente que se desarrollen acciones de prevención y reducción de desastres en temas que afecten a la vivienda y urbanización. Como datos finales del mapa de licuación de suelos se obtuvo que 827,519.20 m² tiene un potencial Alto, 1,009,512.86 m² tiene un potencial moderado y 43,039.08 m² tiene un potencial bajo a licuarse de la zona de estudio sector 10 y 22 de La Molina

VI. RECOMENDACIONES

- La metodología empleada, así como los cuadros finales obtenidos de esta investigación podrían ser utilizados para realizar el estudio de licuación de suelos en otro distrito o ciudad, el empleo de esta metodología es sencilla y de un rápido procesamiento de datos, lo importante es dar a conocer una referencia de cuan propenso es una determinada zona a ser licuable.
- Podrían emplearse otros softwares para la aplicación de esta metodología y comparar la diferencia de resultados finales que otorga cada uno, ya que la funcionalidad y procesamiento de datos de cada software tiene distintas herramientas y aplicaciones de apoyo al momento de ejecutar cada aplicación o comando como lo es el software QGIS.
- Tener un buen conocimiento del software a emplearse en esta metodología, saber usar la mayoría de herramientas que posea el software para un mejor procesamiento de datos, conocer bien el tipo de archivos que se generen dentro del software para un mayor criterio en el análisis y procesamiento de estos, en el caso del ArcGIS conocer bien las herramientas a emplearse como “clip” “to raster” entre otras más y así dar una respuesta más precisa al momento de procesar los datos.
- Al momento de la recolección datos asegurarse de que los sondeos tengan todos los ensayos a ser utilizados por el investigador, si faltase información, buscar algún complemento o en todo caso estudios adicionales para completar la información faltante.

VII. REFERENCIAS

TERZAGHI, Karl, y PECK, Ralph. Soil Mechanics in Engineering Practice. New York: John Wiley and Sons, 1948. 586 pp.

KRAMER, Steven. Geotechnical earthquake engineering. New Jersey: Meg Weist, 1996. 672 pp.
ISBN: 0-13-374943-6

BRAJA, Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica. 4.ta ed. California: Cengage Learning, 2013. 658 pp.
ISBN: 978-607-519-373-1

BRAJA, Das. Principios de ingeniería de cimentaciones. 4.ta ed. California: International Thomson Editores, 2001. 880 pp.
ISBN: 970-686-035-5

VILLALAZ, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5.ta ed. México: Limusa, 2004. 652 pp.
ISBN: 968-18-6489-1

HERNANDÉZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 6.ta ed. México: Interamericana editores, 2014. 634 pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0

YOUD, T. Liquefaction, flow, and associated ground failure. Geological Survey circular 688. 1973. 18 pp.

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo. 2012. 38 pp.

Minimizing Earthquake Damage: A Guide for Water Utilities. American Water Works Association, 2003. 107 pp.

Youd, T. y Perkins, David. Mapping Liquefaction-Induced ground Failure potencial. Journal of the geotechnical engineering division. 1978.

DICKENSON, Stephen, MCCULLOUGH, Nason, BARKAU, Mark y WAVRA, Bryan. Assessment and mitigation of liquefaction hazards to bridge approach embankments in Oregon. Oregon State University, 2002. 272 pp.

Maps of quaternary deposits and liquefaction susceptibility in the Central San Francisco Bay Region, California. USGS. 2006.

Berril, J. Beetham, D y Tanaka, H. Ejecta samples from the 1993 Hokkaido-Nansei-Oki Earthquake. Bulletin of New Zealand National society for earthquake engineering, Vol 26, No.4, 1993.

SILVA, Luis. El 88% de casas de Villa El Salvador en grave peligro en caso de terremoto [en línea]. El Comercio: Lima, Perú, 30 de noviembre del 2011. [Fecha de consulta: 15 de Setiembre de 2017].

Disponible en: http://archivo.elcomercio.pe/sociedad/lima/88-casas-villa-salvador-grave-peligro-caso-terremoto_1-noticia-1341475

CHIPANA, Felix. Geología urbana y procesos de zonificación territorial en la ciudad de Tacna. Tesis (Ingeniero geólogo). Perú: Universidad Nacional del Altiplano, 2014.

AYALA, Renzo. Evaluación del potencial de licuefacción de suelos de la ciudad de Tambo de Mora. Tesis (Ingeniero civil). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2010.

RIVAS, Niell. Identificación de zonas vulnerables, aplicando el sistema de información geográfica, unidad hidrográfica Chira-Piura. Tesis (Ingeniero agrícola). Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2017.

LARA, Nicolas. Susceptibilidad de licuefacción en la comuna de Doñihue. Tesis (geólogo). Chile: Universidad de Chile, 2013.

Palacios, S., et al. Propuesta Metodológica para el Análisis de la Licuefacción de Suelos Asociada a Sismos Destructivos. Pre-Andes Centrales, Argentina (31° 30' S y 68° 25' O). instituto de ciencias - UFRJ, 2017.

ROSADO, Diana. Metodología para la evaluación del peligro por licuación del suelo, inducido por sismo, usando un sistema de información geográfica. Tesis (Ingeniero geofísico). México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010

Microzonificación sísmica en el distrito de la molina. Peru: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, 2010.

ALFARO, Javier. Manual para la elaboración de planes de desarrollo urbano. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2008. 147 pp.

Ley n.º 29664. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 18 de febrero del 2011.

Decreto Supremo n° 022. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Lima, Perú, 24 de diciembre del 2017.

Decreto Supremo n° 011. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Lima, Perú, 15 de mayo del 2017.

Norma E.050. Suelos y cimentaciones. Diario El Peruano, Lima, Perú, 09 de junio del 2006

Norma E.030. Diseño sismoresistente. Diario El Peruano, Lima, Perú, 24 de enero del 2016

Norma GH.010. Consideraciones generales de las habilitaciones. Diario El Peruano, Lima, Perú, 08 de junio del 2006

NAIPeru. 29 de abril del 2016. Disponible en <http://www.naiperu.com/articulo/16/Tipos-de-Zonificacin-Urbana-en-Lima>

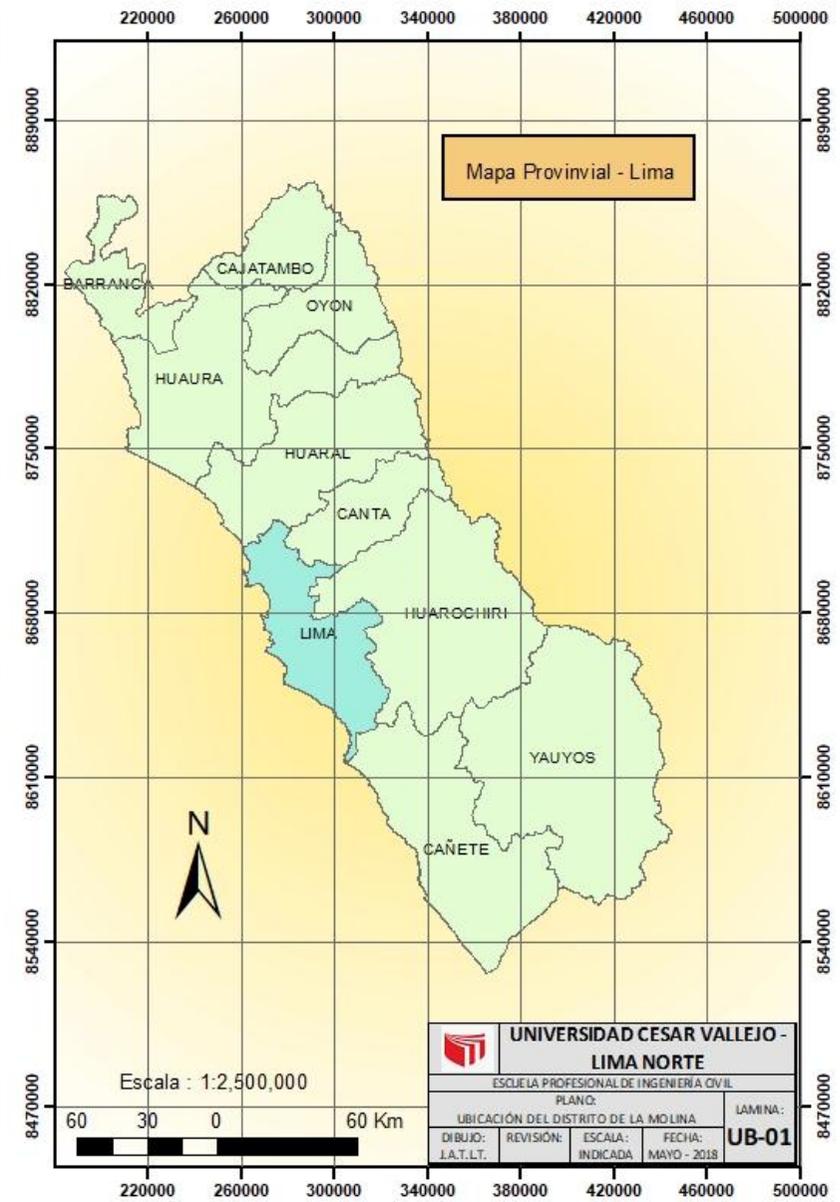
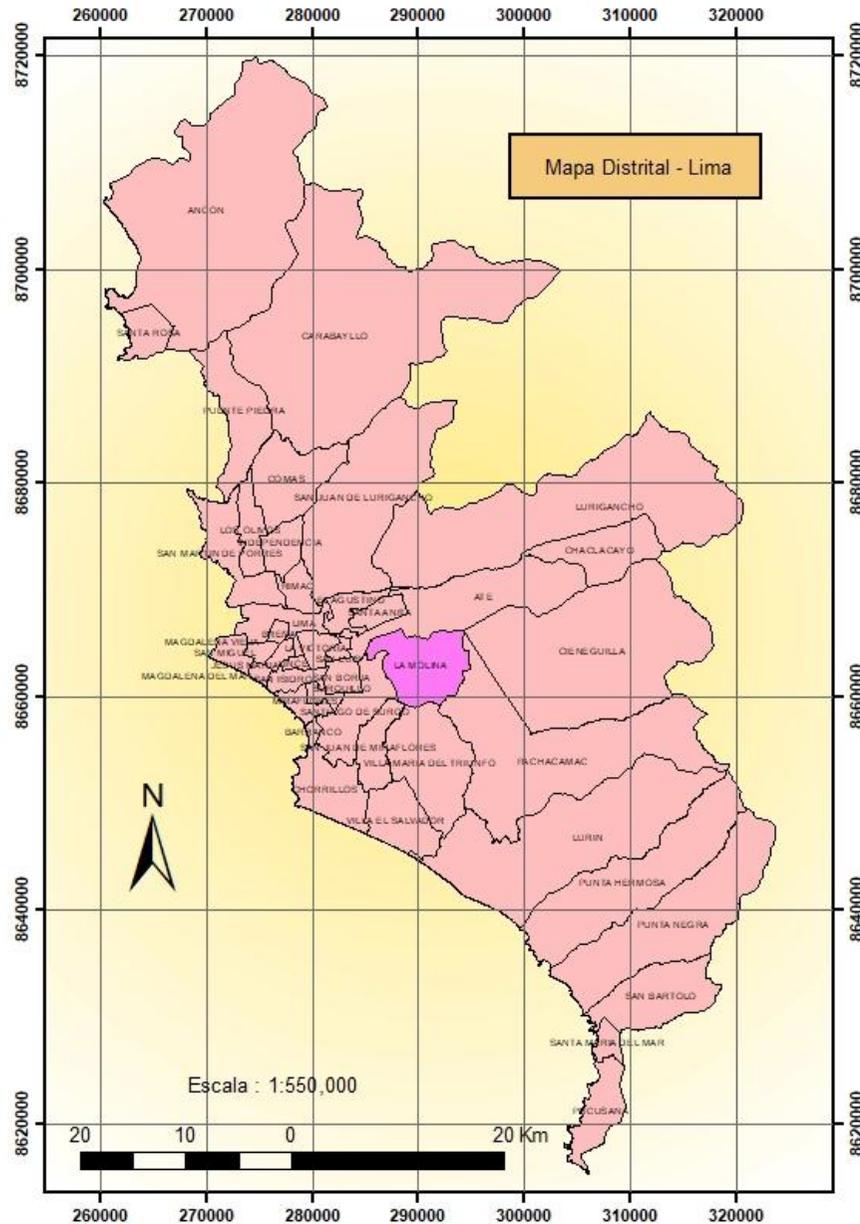
Referencias estilo ISO 690 y 690-2. Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2017. 34 pp.

VIII. ANEXOS

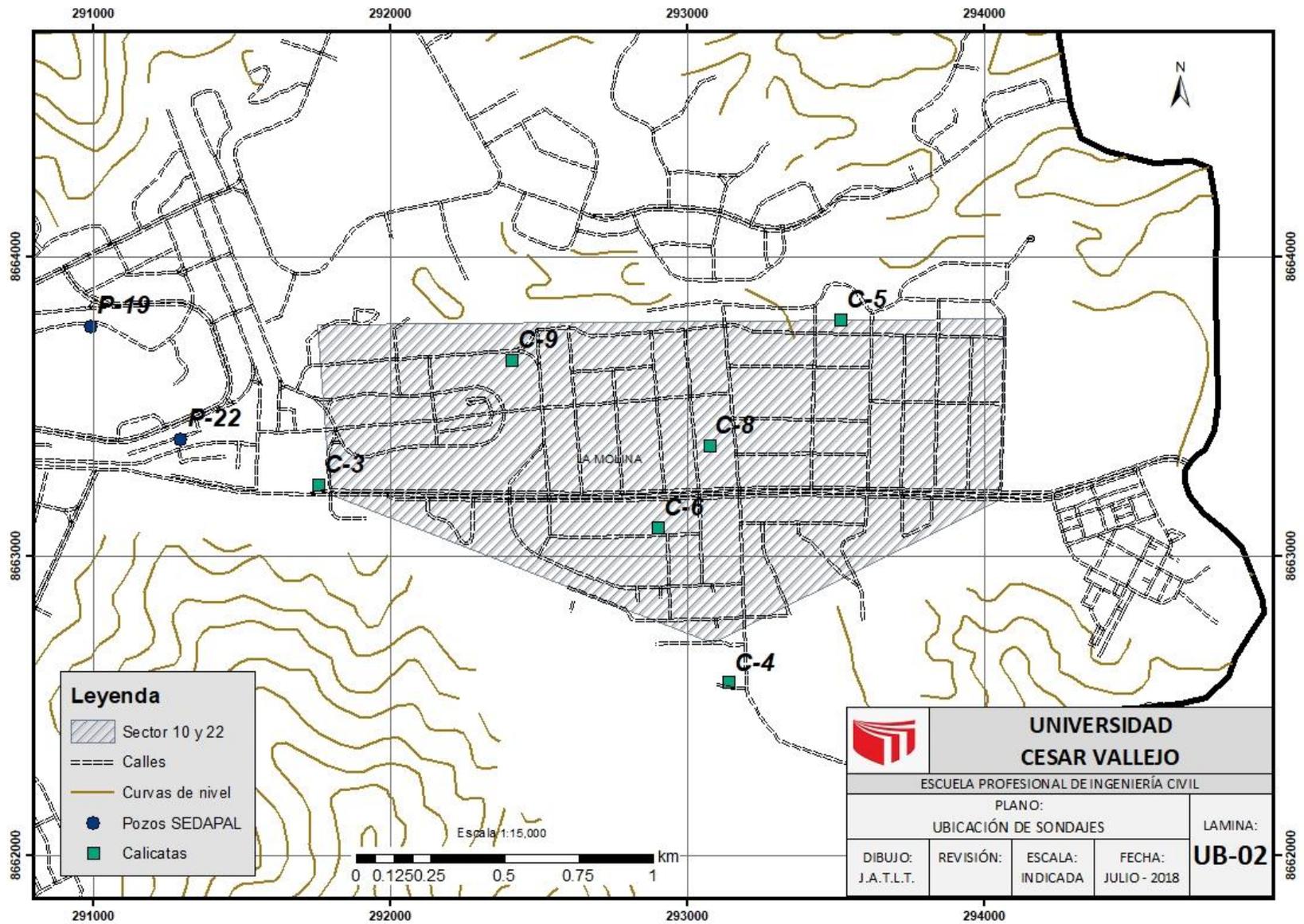
Anexo A: Matriz de consistencia

| Matriz de consistencia | | | | | | |
|---|---|--|---|------------------------------|---|---|
| Caracterización de suelos propensos a licuefacción para zonificación urbana en el distrito de La Molina, Lima 2018 | | | | | | |
| Problema | Objetivo | Hipotesis | Variables | Dimensiones | Indicadores | Metodología |
| General: ¿La falta de un mapa de suelos propensos a licuefacción influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina? | General: Realizar un mapa de suelos propensos a licuefacción para zonificación urbana en el distrito de La Molina | General: Un mapa de suelos propensos a licuefacción si influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina | Variable 1: Suelos propensos a licuefacción | Clasificación del suelo | . Granulometría . Edad del depósito | Tipo de investigación: Aplicada Diseño: No experimental, y descriptiva |
| | | | | Nivel freático | . Precipitaciones . Profundidad nivel freático | |
| | | | | Aceleración del suelo | . Magnitud del sismo . Periodos | |
| Específico 1: ¿La falta de un mapa de clasificación de suelos influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina? | Específico 1: Realizar un mapa de clasificación de suelos para la zonificación urbana en el distrito de La Molina | Específico 1: Un mapa de clasificación de suelos si influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina | Variable 2: Zonificación urbana | Planificación urbana | Habilitación urbana | Enfoque de investigación: Cuantitativo Población: Distrito de La Molina Muestra: Sector 10 y 22 |
| Específico 2: ¿La falta de un mapa del nivel freático influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina? | Específico 2: Realizar un mapa del nivel freático para la zonificación urbana en el distrito de La Molina | Específico 2: Un mapa del nivel freático si influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina | | Gestión riesgos de desastres | Mapa de riesgos | |
| Específico 3: ¿La falta de un mapa de aceleración del suelo influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina? | Específico 3: Realizar un mapa de aceleración del suelo para la zonificación urbana en el distrito de La Molina | Específico 3: Un mapa de aceleración del suelo si influye en la zonificación urbana en el distrito de La Molina | | | | |

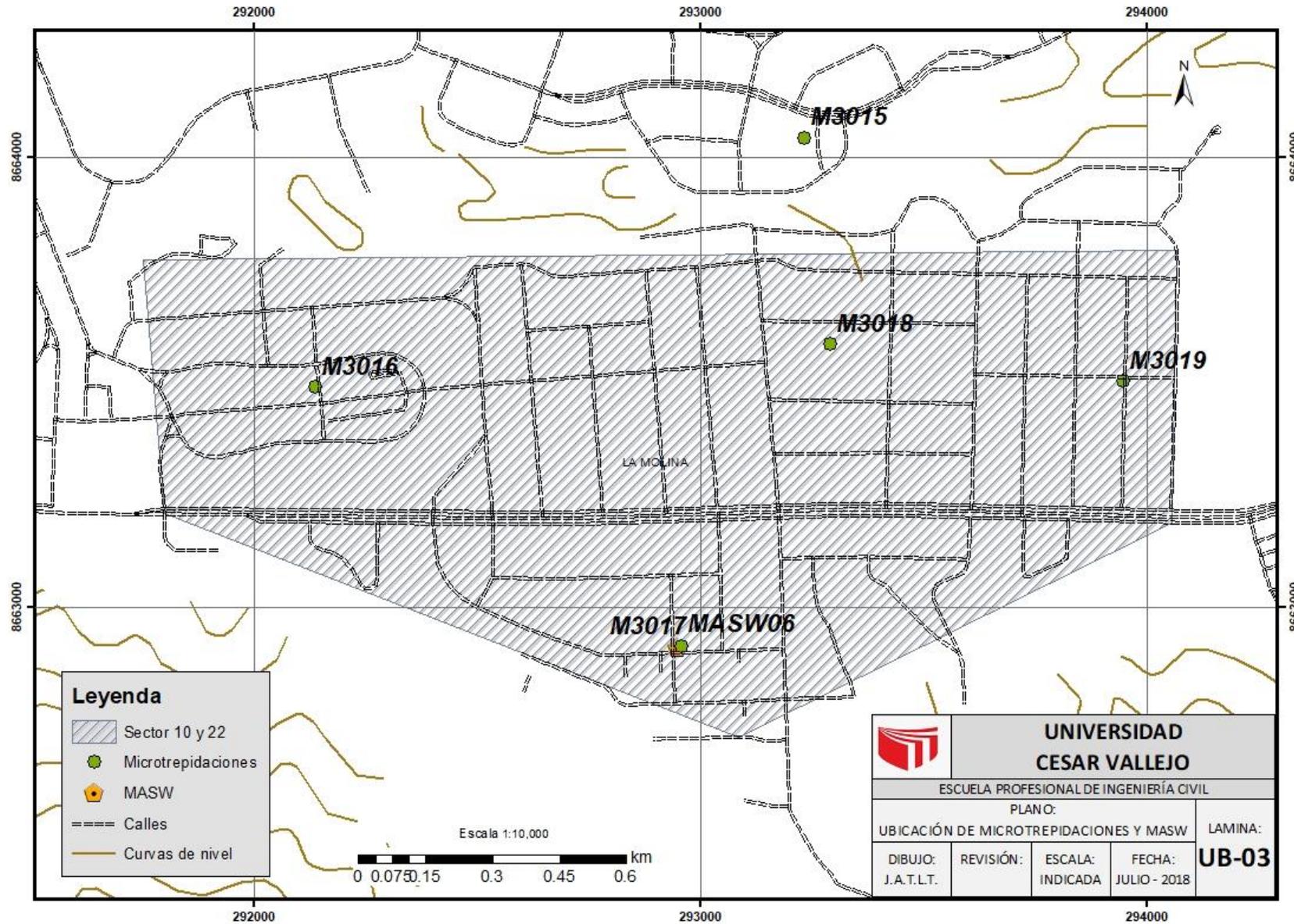
Anexo B: Mapa de ubicación



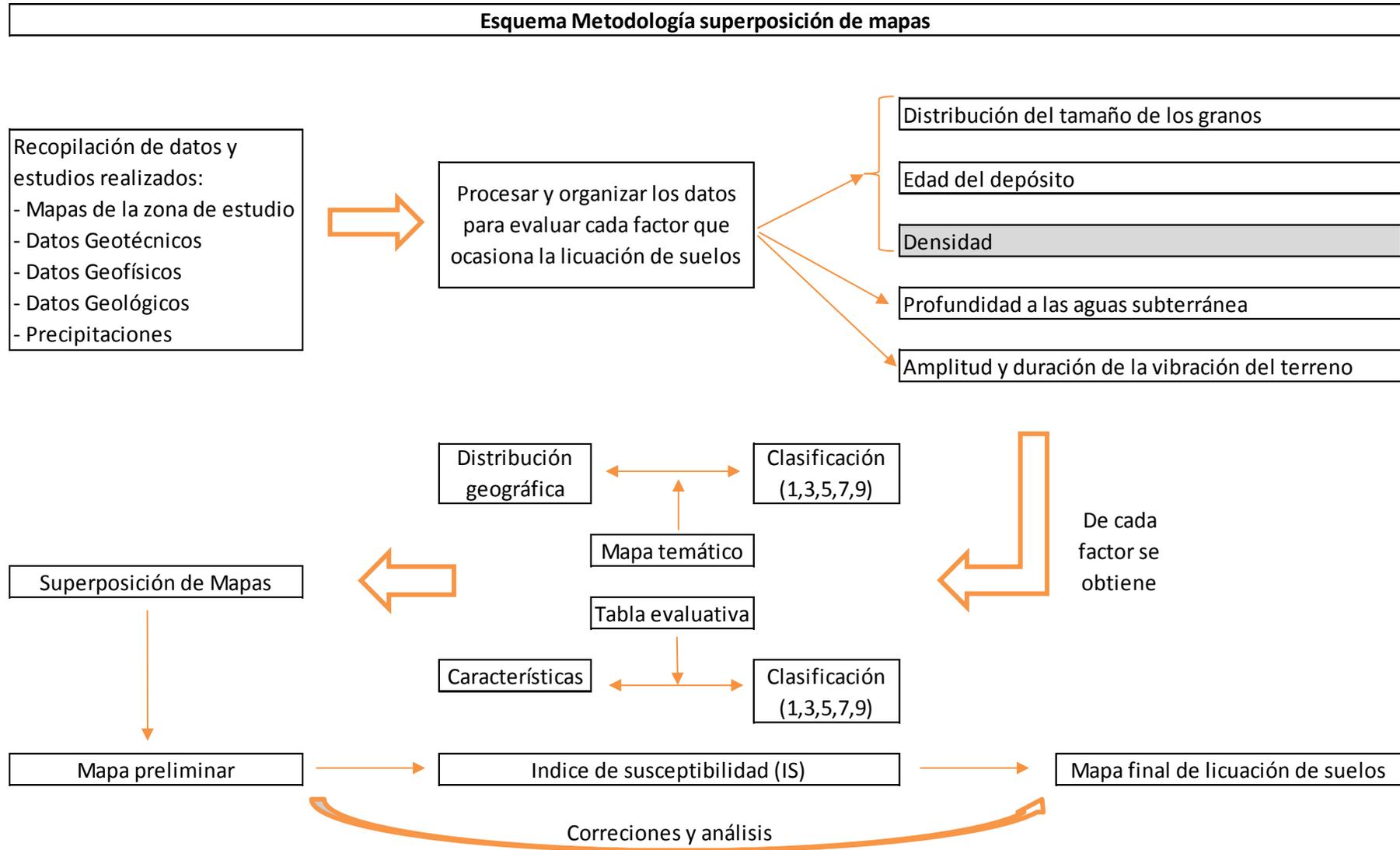
Anexo D: Mapa de ubicación de sondajes



Anexo E: Mapa de ubicación de Microtrepidación y MASW



Anexo F: Esquema de metodología empleada



Anexo H: Validación del instrumento de recolección de datos

Validación del instrumento de recolección de datos

Título del proyecto de investigación: Caracterización de suelos propensos a licuefacción para zonificación urbana en el distrito de La Molina, Lima 2018

Autor: Jair Armando Tarazona La Torre

El proyecto de investigación tendrá como instrumento de recolección de datos el software ArcGIS específicamente se trabajará en su plataforma ArcMap 10.5, dicho software ha sido creado por la empresa ESRI (Environmental Systems Research Institute).

El software ArcGIS es un sistema que permite la recopilación, organización y sobre todo el análisis y distribución de información geográfica para fines educativos, de investigación, prevención, entre otros. Una de las ventajas de este software es que permite publicar la información geográfica para que esté accesible a través de navegadores web para cualquier usuario, lo cual permitirá hacer público los resultados obtenidos por medio de este programa.

Con este software se podrán agregar completas capas de datos operacionales, elegir la simbología, el etiquetado y rangos de escala, para poder generar datos geográficos mediante digitalización inteligente, con la que será posible realizar mapas, se tomara en cuenta el buen conocimiento de dicho software por parte del investigador para no incurrir en fallas y así poder generar un óptimo resultado final.

Ingeniero:

Especialidad:

Firma:

Fuente: Elaboración propia

Anexo I: Ensayos recopilados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTECNICO



Av. Túpac Amaru N° 1130, Lima 25, Perú - Teléfonos (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeo@uni.pe - Pagina <http://www.cisimid.uni.org>

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG10-226
Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima

Fecha : Julio, 2010

Ubicación : Dist. La Molina, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 9
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 0.50 - 2.20

Hoja : 1 de 1

| Granulometría por tamizado | | |
|----------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 91.5 |
| 1½" | 38.100 | 86.3 |
| 1" | 25.400 | 78.2 |
| ¾" | 19.050 | 74.7 |
| 3/8" | 9.525 | 64.7 |
| Nº 4 | 4.750 | 54.3 |
| Nº 10 | 2.000 | 36.9 |
| Nº 20 | 0.850 | 17.5 |
| Nº 40 | 0.425 | 9.0 |
| Nº 60 | 0.250 | 5.5 |
| Nº 140 | 0.106 | 2.8 |
| Nº 200 | 0.075 | 2.5 |

| Contenido de humedad (%) | | 0.4 |
|--|----------------------------------|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido (%) | NP |
| | Límite Plástico (%) | NP |
| | Índice de Plasticidad (%) | NP |
| | Límite de Contracción (%) | --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | 15.1 |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | 0.7 |
| | Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) | 45.7 |
| | Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) | 51.8 |
| | Finos [φ < Nº 200] (%) | 2.5 |

| Clasificación | |
|-----------------|---------------------------------------|
| AASHTO | SUCS |
| A-1a (0) | SP Arena mal gradada con grava |





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS
 (ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

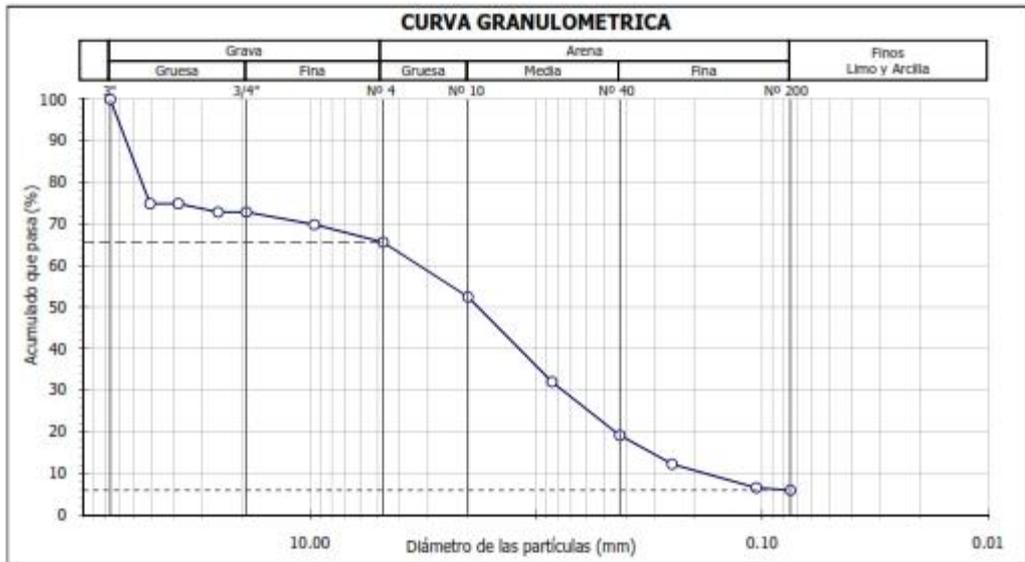
Informe : LG10-226 Fecha : Julio, 2010
 Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
 Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima
 Ubicación : Dist. La Molina, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 8 Hoja : 1 de 1
 Muestra : M - 2
 Profundidad (m) : 0.50 - 1.20

| Granulometría por tamizado | | |
|----------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 74.9 |
| 1½" | 38.100 | 74.9 |
| 1" | 25.400 | 72.9 |
| ¾" | 19.050 | 72.9 |
| 3/8" | 9.525 | 69.9 |
| Nº 4 | 4.750 | 65.6 |
| Nº 10 | 2.000 | 52.5 |
| Nº 20 | 0.850 | 32.0 |
| Nº 40 | 0.425 | 19.1 |
| Nº 60 | 0.250 | 12.2 |
| Nº 140 | 0.106 | 6.5 |
| Nº 200 | 0.075 | 5.9 |

| Contenido de humedad (%) | | 1.2 |
|--|----------------------------------|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido (%) | NP |
| | Límite Plástico (%) | NP |
| | Índice de Plasticidad (%) | NP |
| | Límite de Contracción (%) | --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | 18.4 |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | 1.0 |
| | Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) | 34.4 |
| | Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) | 59.7 |
| | Finos [φ < Nº 200] (%) | 5.9 |

| Clasificación | |
|-----------------|--|
| AASHTO | SUCS |
| A-1b (0) | SP - SM Arena mal gradada con limo y grava |





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS
 (ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

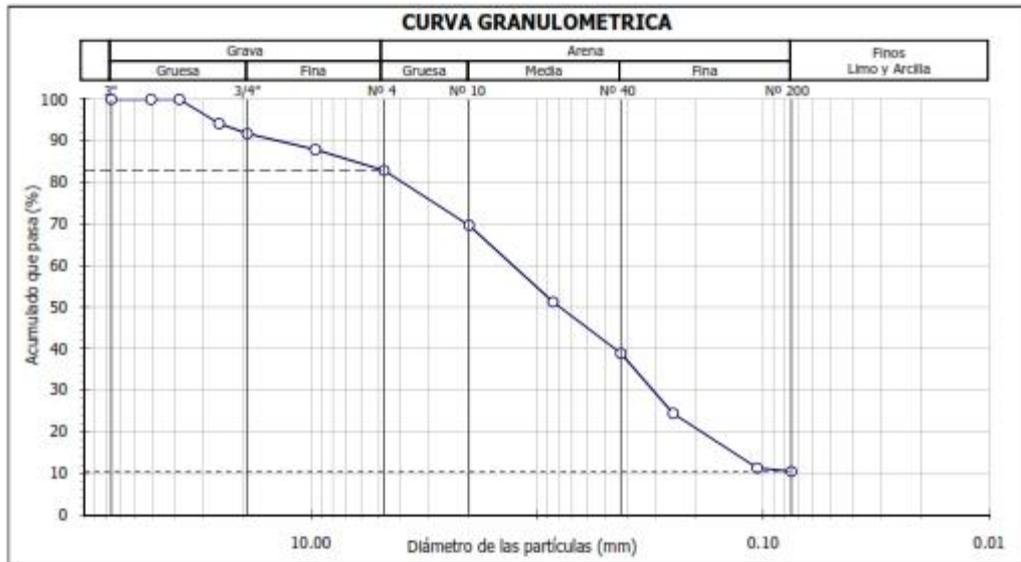
Informe : LG10-226 Fecha : Julio, 2010
 Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
 Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima
 Ubicación : Dist. La Molina, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 8 Hoja : 1 de 1
 Muestra : M - 1
 Profundidad (m) : 0.00 - 0.50

| Granulometría por tamizado | | |
|----------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1½" | 38.100 | 100.0 |
| 1" | 25.400 | 94.2 |
| ¾" | 19.050 | 91.8 |
| 3/8" | 9.525 | 87.9 |
| Nº 4 | 4.750 | 82.9 |
| Nº 10 | 2.000 | 69.7 |
| Nº 20 | 0.850 | 51.3 |
| Nº 40 | 0.425 | 38.9 |
| Nº 60 | 0.250 | 24.4 |
| Nº 140 | 0.106 | 11.3 |
| Nº 200 | 0.075 | 10.5 |

| Contenido de humedad (%) | | 1.2 |
|--|----------------------------------|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido (%) | NP |
| | Límite Plástico (%) | NP |
| | Índice de Plasticidad (%) | NP |
| | Límite de Contracción (%) | --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- |
| | Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) | 17.1 |
| | Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) | 72.4 |
| | Finos [φ < Nº 200] (%) | 10.5 |

| Clasificación | |
|-----------------|--|
| AASHTO | SUCS |
| A-1b (0) | SP - SM Arena mal gradada con limo y grava |





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS
 (ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG10-226 Fecha : Julio, 2010
 Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
 Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima
 Ubicación : Dist. La Molina, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 6 Hoja : 1 de 1
 Muestra : M - 2
 Profundidad (m) : 1.00 - 2.20

| Granulometría por tamizado | | |
|----------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1½" | 38.100 | 79.3 |
| 1" | 25.400 | 66.3 |
| ¾" | 19.050 | 57.2 |
| 3/8" | 9.525 | 37.3 |
| Nº 4 | 4.750 | 29.4 |
| Nº 10 | 2.000 | 22.7 |
| Nº 20 | 0.850 | 15.8 |
| Nº 40 | 0.425 | 7.2 |
| Nº 60 | 0.250 | 3.9 |
| Nº 140 | 0.106 | 2.4 |
| Nº 200 | 0.075 | 2.2 |

| Contenido de humedad (%) | | 2.6 |
|--|----------------------------------|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido (%) | NP |
| | Límite Plástico (%) | NP |
| | Índice de Plasticidad (%) | NP |
| | Límite de Contracción (%) | --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | 39.1 |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | 2.3 |
| | Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) | 70.6 |
| | Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) | 27.2 |
| | Finos [φ < Nº 200] (%) | 2.2 |

| Clasificación | |
|-----------------|--|
| AASHTO | SUCS |
| A-1a (0) | GW Grava bien gradada con arena |





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTECNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Teléfono (51-1) 482-0894, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeo@uni.pe - Pagina http://www.cisimid-uni.org

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS
(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG10-226
Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima

Fecha : Julio, 2010

Ubicación : Dist. La Molina, Prov. y Dpto. Lima

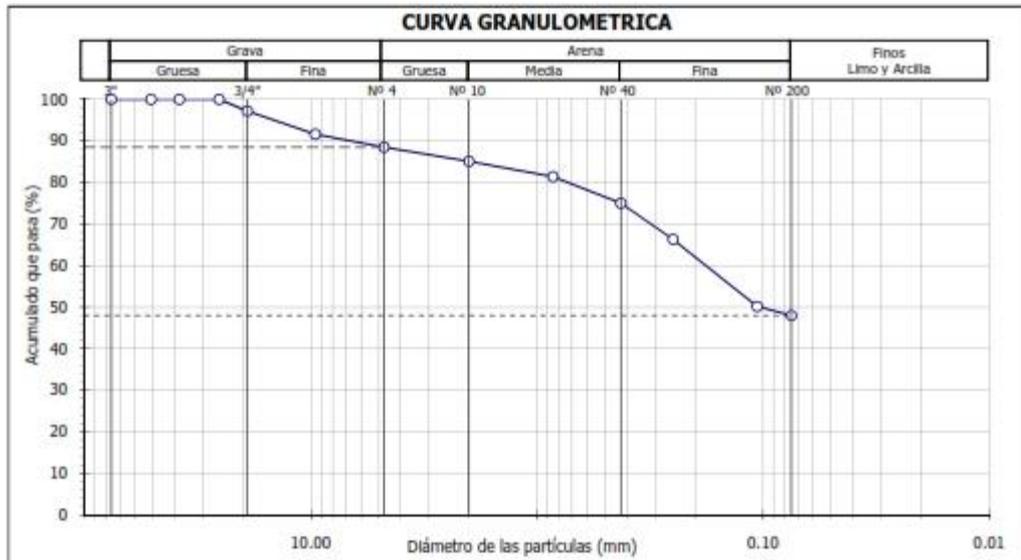
Sondaje : C - 6
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 0.20 - 1.00

Hoja : 1 de 1

| Granulometría por tamizado | | |
|----------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1½" | 38.100 | 100.0 |
| 1" | 25.400 | 100.0 |
| ¾" | 19.050 | 97.2 |
| 3/8" | 9.525 | 91.6 |
| Nº 4 | 4.750 | 88.5 |
| Nº 10 | 2.000 | 85.1 |
| Nº 20 | 0.850 | 81.4 |
| Nº 40 | 0.425 | 75.0 |
| Nº 60 | 0.250 | 66.3 |
| Nº 140 | 0.106 | 50.2 |
| Nº 200 | 0.075 | 48.0 |

| Contenido de humedad (%) | | 12.2 |
|--|----------------------------------|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido (%) | 23 |
| | Límite Plástico (%) | 15 |
| | Índice de Plasticidad (%) | 8 |
| | Límite de Contracción (%) | --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- |
| | Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) | 11.5 |
| | Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) | 40.6 |
| | Finos [φ < Nº 200] (%) | 48.0 |

| Clasificación | |
|----------------|---------------------------|
| AASHTO | SUCS |
| A-4 (1) | SC Arena arcillosa |





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS
(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG10-226
Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima

Fecha : Julio, 2010

Ubicación : Dist. La Molina, Prov. y Dpto. Lima

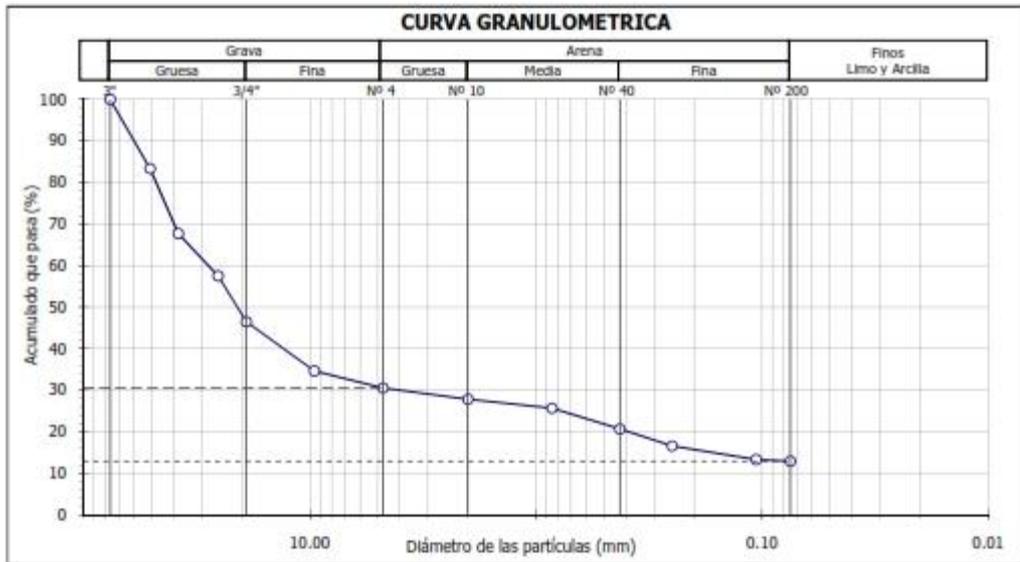
Sondaje : C - 5
Muestra : M - 3
Profundidad (m) : 0.95 - 1.50

Hoja : 1 de 1

| Granulometría por tamizado | | |
|----------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 83.4 |
| 1½" | 38.100 | 67.7 |
| 1" | 25.400 | 57.5 |
| ¾" | 19.050 | 46.5 |
| 3/8" | 9.525 | 34.6 |
| Nº 4 | 4.750 | 30.5 |
| Nº 10 | 2.000 | 27.8 |
| Nº 20 | 0.850 | 25.7 |
| Nº 40 | 0.425 | 20.7 |
| Nº 60 | 0.250 | 16.6 |
| Nº 140 | 0.106 | 13.3 |
| Nº 200 | 0.075 | 12.9 |

| Contenido de humedad (%) | | 2.9 |
|--|----------------------------------|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido (%) | 26 |
| | Límite Plástico (%) | 15 |
| | Índice de Plasticidad (%) | 11 |
| | Límite de Contracción (%) | --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- |
| | Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) | 69.5 |
| | Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) | 17.5 |
| | Finos [φ < Nº 200] (%) | 12.9 |

| Clasificación | |
|------------------|-------------------------------------|
| AASHTO | SUCS |
| A-2-6 (0) | GC Grava arcillosa con arena |





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS
(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG10-226
Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima

Fecha : Julio, 2010

Ubicación : Dist. La Molina, Prov. y Dpto. Lima

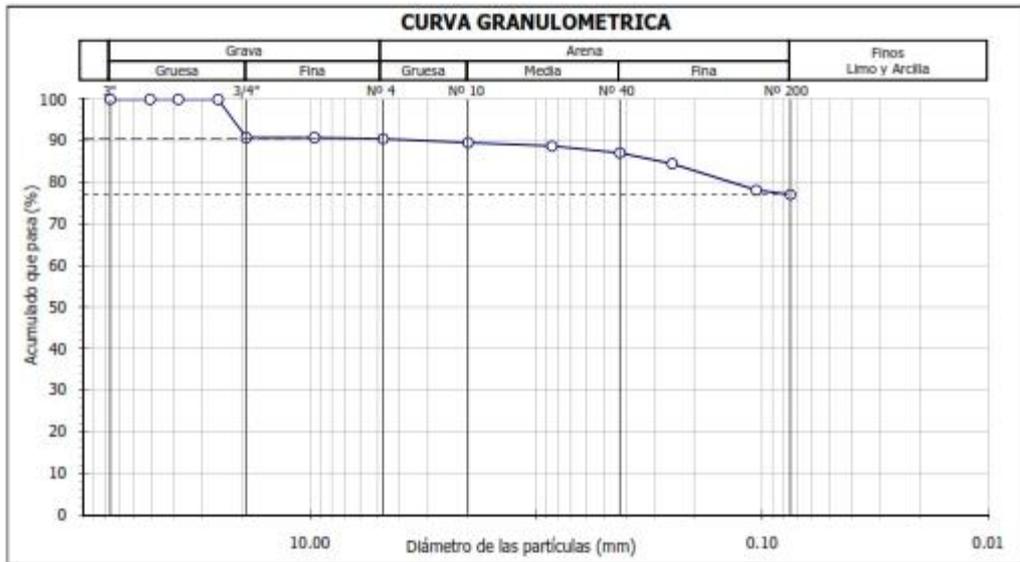
Sondaje : C - 5
Muestra : M - 2
Profundidad (m) : 0.80 - 0.95

Hoja : 1 de 1

| Granulometría por tamizado | | |
|----------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1½" | 38.100 | 100.0 |
| 1" | 25.400 | 100.0 |
| ¾" | 19.050 | 90.8 |
| 3/8" | 9.525 | 90.8 |
| Nº 4 | 4.750 | 90.5 |
| Nº 10 | 2.000 | 89.6 |
| Nº 20 | 0.850 | 88.8 |
| Nº 40 | 0.425 | 87.1 |
| Nº 60 | 0.250 | 84.5 |
| Nº 140 | 0.106 | 78.2 |
| Nº 200 | 0.075 | 77.1 |

| Contenido de humedad (%) | | 9.5 |
|--|----------------------------------|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido (%) | 31 |
| | Límite Plástico (%) | 18 |
| | Índice de Plasticidad (%) | 13 |
| | Límite de Contracción (%) | --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- |
| | Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) | 9.5 |
| | Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) | 13.5 |
| | Finos [φ < Nº 200] (%) | 77.1 |

| Clasificación | |
|----------------|-------------------------------------|
| AASHTO | SUCS |
| A-6 (8) | CL Arcilla delgada con arena |





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS
(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG10-226
Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima

Fecha : Julio, 2010

Ubicación : Dist. La Molina, Prov. y Dpto. Lima

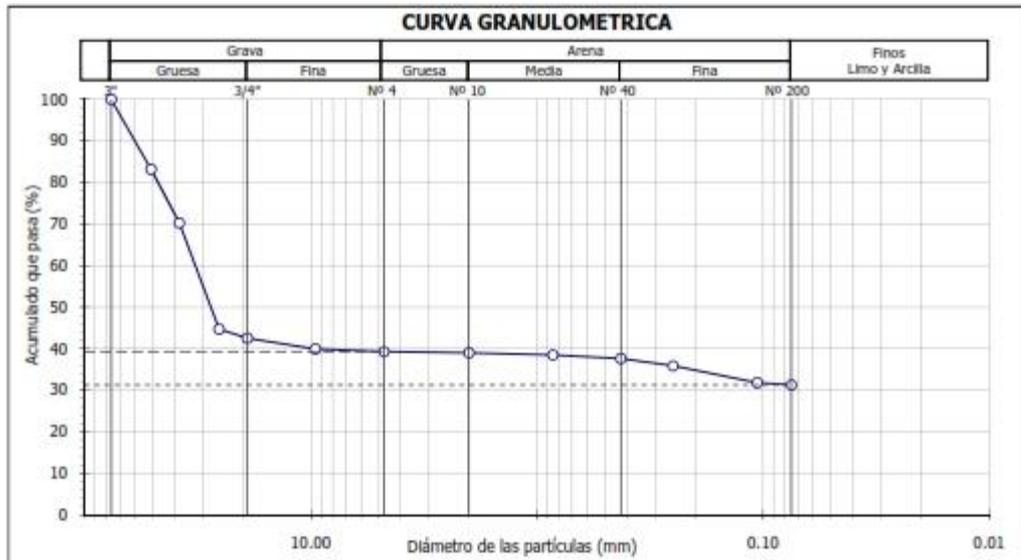
Sondaje : C - 5
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 0.50 - 0.80

Hoja : 1 de 1

| Granulometría por tamizado | | |
|----------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 83.2 |
| 1½" | 38.100 | 70.3 |
| 1" | 25.400 | 44.7 |
| ¾" | 19.050 | 42.5 |
| 3/8" | 9.525 | 39.9 |
| Nº 4 | 4.750 | 39.3 |
| Nº 10 | 2.000 | 39.0 |
| Nº 20 | 0.850 | 38.5 |
| Nº 40 | 0.425 | 37.6 |
| Nº 60 | 0.250 | 35.9 |
| Nº 140 | 0.106 | 31.8 |
| Nº 200 | 0.075 | 31.3 |

| Contenido de humedad (%) | | 4.8 |
|--|--------------------------------------|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido (%) | 34 |
| | Límite Plástico (%) | 19 |
| | Índice de Plasticidad (%) | 15 |
| | Límite de Contracción (%) | --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- |
| | Grava [Nº 4 < ϕ < 3"] (%) | 60.7 |
| | Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4] (%) | 8.1 |
| Finos [ϕ < Nº 200] (%) | | 31.3 |

| Clasificación | |
|------------------|---------------------------|
| AASHTO | SUCS |
| A-2-6 (0) | GC Grava arcillosa |





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS
(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG10-226
Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima

Fecha : Julio, 2010

Ubicación : Dist. La Molina, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 4
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 0.60 - 1.50

Hoja : 1 de 1

| Granulometría por tamizado | | |
|----------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 91.5 |
| 1½" | 38.100 | 79.3 |
| 1" | 25.400 | 52.3 |
| ¾" | 19.050 | 41.1 |
| 3/8" | 9.525 | 29.0 |
| Nº 4 | 4.750 | 25.3 |
| Nº 10 | 2.000 | 23.1 |
| Nº 20 | 0.850 | 21.4 |
| Nº 40 | 0.425 | 18.6 |
| Nº 60 | 0.250 | 14.2 |
| Nº 140 | 0.106 | 8.1 |
| Nº 200 | 0.075 | 7.6 |

| Contenido de humedad (%) | | 4.1 |
|--|----------------------------------|-------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido (%) | 17 |
| | Límite Plástico (%) | NP |
| | Índice de Plasticidad (%) | NP |
| | Límite de Contracción (%) | --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | 205.3 |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | 25.8 |
| | Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) | 74.7 |
| | Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) | 17.7 |
| | Finos [φ < Nº 200] (%) | 7.6 |

| Clasificación | |
|-----------------|---|
| AASHTO | SUCS |
| A-1a (0) | GP - GM Grava mal gradada con limo y arena |





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS
 (ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG10-226
 Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
 Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima

Fecha : Julio, 2010

Ubicación : Dist. La Molina, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 3
 Muestra : M - 2
 Profundidad (m) : 1.30 - 2.20

Hoja : 1 de 1

| Granulometría por tamizado | | |
|----------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1½" | 38.100 | 100.0 |
| 1" | 25.400 | 100.0 |
| ¾" | 19.050 | 100.0 |
| 3/8" | 9.525 | 100.0 |
| Nº 4 | 4.750 | 100.0 |
| Nº 10 | 2.000 | 100.0 |
| Nº 20 | 0.850 | 99.9 |
| Nº 40 | 0.425 | 97.8 |
| Nº 60 | 0.250 | 72.1 |
| Nº 140 | 0.106 | 31.2 |
| Nº 200 | 0.075 | 28.7 |

| Contenido de humedad (%) | | 7.8 |
|--|----------------------------------|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido (%) | NP |
| | Límite Plástico (%) | NP |
| | Índice de Plasticidad (%) | NP |
| | Límite de Contracción (%) | --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- |
| | Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) | 0.0 |
| | Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) | 71.3 |
| Finos [φ < Nº 200] (%) | | 28.7 |

| Clasificación | |
|------------------|------------------------|
| AASHTO | SUCS |
| A-2-4 (0) | SM Arena limosa |





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS
 (ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

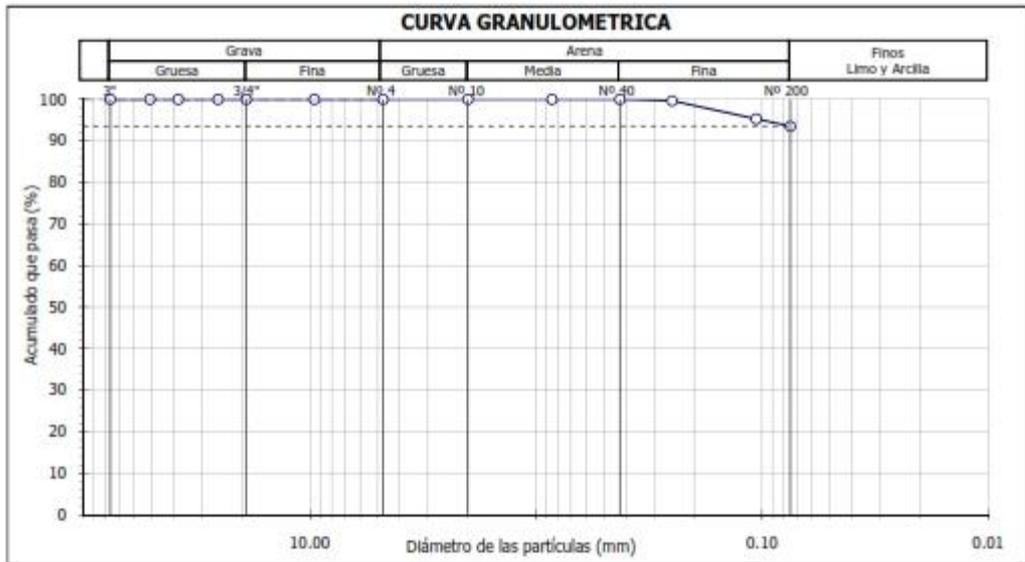
Informe : LG10-226 Fecha : Julio, 2010
 Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
 Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima
 Ubicación : Dist. La Molina, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 3 Hoja : 1 de 1
 Muestra : M - 1
 Profundidad (m) : 0.40 - 1.30

| Granulometría por tamizado | | |
|----------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1½" | 38.100 | 100.0 |
| 1" | 25.400 | 100.0 |
| ¾" | 19.050 | 100.0 |
| 3/8" | 9.525 | 100.0 |
| Nº 4 | 4.750 | 100.0 |
| Nº 10 | 2.000 | 100.0 |
| Nº 20 | 0.850 | 100.0 |
| Nº 40 | 0.425 | 100.0 |
| Nº 60 | 0.250 | 99.7 |
| Nº 140 | 0.106 | 95.3 |
| Nº 200 | 0.075 | 93.6 |

| Contenido de humedad (%) | | 22.5 |
|--|----------------------------------|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido (%) | 28 |
| | Límite Plástico (%) | 21 |
| | Índice de Plasticidad (%) | 7 |
| | Límite de Contracción (%) | --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- |
| | Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) | 0.0 |
| | Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) | 6.4 |
| Finos [φ < Nº 200] (%) | | 93.6 |

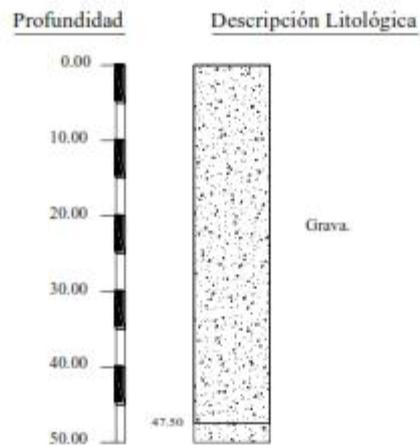
| Clasificación | |
|----------------|-------------------------------|
| AASHTO | SUCS |
| A-4 (6) | CL - ML Arcilla limosa |





ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y VULNERABILIDAD EN LA CIUDAD DE LIMA.

POZO : P22
DISTRITO : LA MOLINA



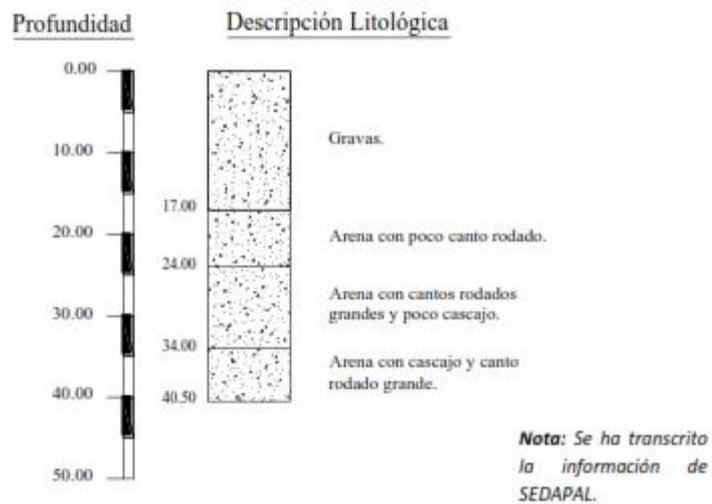
FUENTE: SEDAPAL

ESCALA: S/E



ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y VULNERABILIDAD EN LA CIUDAD DE LIMA.

POZO : P19
DISTRITO : LA MOLINA



FUENTE: SEDAPAL

ESCALA: S/E



REGISTRO DE SONDAJE

| | |
|--|--------------------------------------|
| Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | Código : C-9 |
| Solicitado : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO | Prof. Total (m) : 2.20 |
| Estudio : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | Nivel Freático : N.A. |
| Ubicación : Intersección de Calle La Punta y Calle Máncora - La Molina | Cota Absoluta : - |
| Fecha : Junio, 2010 | Operador : C.G. - D.B. |
| | Revisado : Ing. Doris Veneros |

CALICATA : C-9

| Profundidad (m) | Espesor del estrato (m) | Muestra obtenida | Clasificación SUCS | Simbología Gráfica | Resultados de campo | | Descripción | ENSAYO DE PENETRACION | | | | |
|-----------------|-------------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|---|-----------------------|----|----|----|----|
| | | | | | C. H. % | D. N. g/cm ³ | | Gráfica de N | | | | |
| | | | | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 0.0 | 0.50 | S/M | R | | - | - | Relleno con restos de ladrillo, plásticos, desmonte. | | | | | |
| 0.5 | 1.70 | M-1 | SP | | 0.4 | - | Arena gruesa mal gradada, color beige claro, medianamente densa. Presencia de grava de tamaño máximo de 30". Grava=45.7%, Arena=51.8% y Finos=2.5%. | | | | | |
| 1.0 | | | | | | | | | | | | |
| 1.5 | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | | | | | | | | | | | | |
| 2.5 | | | | | | | | | | | | |
| 3.0 | | | | | | | | | | | | |
| 3.5 | | | | | | | | | | | | |
| 4.0 | | | | | | | | | | | | |
| 4.5 | | | | | | | | | | | | |



REGISTRO DE SONDAJE

| | |
|--|--------------------------------------|
| Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | Código : C-8 |
| Solicitado : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO | Prof. Total (m) : 1.60 |
| Estudio : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | Nivel Freático : N.A. |
| Ubicación : Intersección de Calle Las Bahamas y Calle Naplo - La Molina | Cota Absoluta : - |
| Fecha : Junio, 2010 | Operador : C.G. - D.B. |
| | Revisado : Ing. Doris Veneros |

CALICATA : C-8

| Profundidad (m) | Espesor del estrato (m) | Muestra obtenida | Clasificación SUCS | Simbología Gráfica | Resultados de campo | | Descripción | ENSAYO DE PENETRACION | | | | |
|-----------------|-------------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|--|-----------------------|----|----|----|----|
| | | | | | C. H. % | D. N. g/cm ³ | | Gráfica de N | | | | |
| | | | | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 0.0 | 0.50 | M-1 | SP-SM | | 1.2 | - | Arena mal gradada con limo y grava, seca, medianamente densa. Presencia de gravilla de hasta 1.5", de bordes angulosos. Grava=17.1%, Arena=72.4% y Finos=10.5%. | —○— SPT —●— CP | | | | |
| 0.5 | 0.70 | M-2 | SP-SM | | 1.2 | - | Arena gruesa mal gradada con limo y grava, color amarillento. Presencia de bolonería aislada sub-angulosa y sub-redondeada. Grava=34.4%, Arena=59.7% y Finos=5.9%. | | | | | |
| 1.0 | 0.40 | M-3 | SP | | 1 | - | Arena mal gradada con grava, ligera humedad, medianamente densa, bolonería de tamaño máximo de 8". Grava=45.7%, Arena=51.3% y Finos=3.0%. | | | | | |
| 1.5 | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | | | | | | | | | | | | |
| 2.5 | | | | | | | | | | | | |
| 3.0 | | | | | | | | | | | | |
| 3.5 | | | | | | | | | | | | |
| 4.0 | | | | | | | | | | | | |
| 4.5 | | | | | | | | | | | | |



REGISTRO DE SONDAJE

| | |
|--|--------------------------------------|
| Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | Código : C-6 |
| Solicitado : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO | Prof. Total (m) : 2.20 |
| Estudio : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | Nivel Freático : N.A. |
| Ubicación : Parque La Reconciliación (Intersección Jr. M. Cabello y Jr. A. Encinas) - La Molina | Cota Absoluta : - |
| Fecha : Junio, 2010 | Operador : C.G. - D.B. |
| | Revisado : Ing. Doris Veneros |

CALICATA : C-6

| Profundidad (m) | Espesor del estrato (m) | Muestra obtenida | Clasificación SUCS | Simbología Gráfica | Resultados de campo | | Descripción | ENSAYO DE PENETRACION | | | | |
|-----------------|-------------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|---|-----------------------|----|----|----|----|
| | | | | | C. H. % | D. N. g/cm ³ | | Gráfica de N | | | | |
| | | | | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 0.0 | 0.20 | S/M | R | | - | - | Tierra de Cultivo. | | | | | |
| 0.5 | 0.80 | M-1 | SC | | 12.2 | - | Arena arcillosa de mediana compactad, húmeda, color marrón, de alta plasticidad, de compactad medio suelta, presencia aislada de gravilla sub-redondeada. Grava=11.5%, Arena=40.6% y Finos=48.0%. | | | | | |
| 1.5 | 1.20 | M-2 | GW | | 2.6 | - | Grava bien gradada con matriz arenosa limosa, saturada, medianamente densa, tamaño máxtmo de 4". Grava=70.6%, Arena=27.2% y Finos=2.2%. | | | | | |
| 2.0 | | | | | | | | | | | | |
| 2.5 | | | | | | | | | | | | |
| 3.0 | | | | | | | | | | | | |
| 3.5 | | | | | | | | | | | | |
| 4.0 | | | | | | | | | | | | |
| 4.5 | | | | | | | | | | | | |

Página : 1 de 1



REGISTRO DE SONDAJE

| | |
|--|--------------------------------------|
| Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | Código : C-5 |
| Solicitado : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO | Prof. Total (m) : 1.50 |
| Estudio : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | Nivel Freático : N.A. |
| Ubicación : Parque Perú-Taype Urb. Sta. Patricia (III Etapa) - La Molina | Cota Absoluta : - |
| Fecha : Junio, 2010 | Operador : C.G. - D.B. |
| | Revisado : Ing. Doris Veneros |

CALICATA : C-5

| Profundidad (m) | Espesor del estrato (m) | Muestra obtenida | Clasificación SUCS | Símbología Gráfica | Resultados de campo | | Descripción | ENSAYO DE PENETRACION | | | | |
|-----------------|-------------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|--|-----------------------|----|----|----|----|
| | | | | | C. H. % | D. N. g/cm ³ | | Gráfica de N | | | | |
| | | | | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 0.0 | | | | | | | | | | | | |
| 0.2 | 0.50 | S/M | R | | - | - | Material de cultivo. Presencia de raíces. Arcilla de color marrón oscuro, seco, de mediana plasticidad. Presencia aislada de gravas sub-redondeadas de 1" . | | | | | |
| 0.6 | 0.30 | M-1 | GC | | 4.8 | - | Grava con matriz arcillosa de color marrón oscuro, de mediana plasticidad y en estado suelto. La forma de las partículas son sub-angulares y sub-redondeadas de tamaño máximo 2". Grava=60.7%, Arena=8.1% y Finos=31.3%. | | | | | |
| 0.8 | 0.15 | M-2 | CL | | 9.5 | - | Arcilla delgada con arena y presencia de gravas. Color marrón oscuro. Baja plasticidad. Consistencia blanda. Raíces aisladas. Grava=9.5%, Arena=13.5% y Finos=77.1%. | | | | | |
| 1.2 | 0.55 | M-3 | GC | | 2.9 | - | Grava arcillosa con arena, seca. Color marrón oscuro, de mediana plasticidad. Presencia de gravas de forma sub-redondeadas de tamaño máximo 3.5". Grava=69.5%, Arena=17.5% y Finos=12.9%. | | | | | |
| 1.6 | | | | | | | | | | | | |
| 1.8 | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | | | | | | | | | | | | |



REGISTRO DE SONDAJE

| | |
|--|--------------------------------------|
| Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | Código : C-4 |
| Solicitado : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO | Prof. Total (m) : 1.50 |
| Estudio : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | Nivel Freático : N.A. |
| Ubicación : Parque Perú-Bolivia (Inters. Calle Los Industriales y Calle Los Madrigales) | Cota Absoluta : - |
| Fecha : Junio, 2010 | Operador : C.G. - D.B. |
| | Revisado : Ing. Doris Veneros |

CALICATA : C-4

| Profundidad (m) | Espesor del estrato (m) | Muestra obtenida | Clasificación SUCS | Simbología Gráfica | Resultados de campo | | Descripción | ENSAYO DE PENETRACION | | | | |
|-----------------|-------------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|---|-----------------------|----|----|----|----|
| | | | | | C. H. % | D. N. g/cm ³ | | Gráfica de N | | | | |
| | | | | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 0.0 | 0.60 | S/M | R | | - | - | Terreno de cultivo superficial de 0.20m de espesor con presencia de raíces, ladrillos y gravas aisladas. | | | | | |
| 0.5 | 0.90 | M-1 | GP-GM | | 4.1 | - | Grava mal gradada con matriz limosa y arenosa, húmeda, de color marrón oscuro. Gravitas con tamaño máximo de 6". Presencia de bolonería de forma sub-redondeada. Grava=74.7%, Arena=17.7% y Finos=7.6%. | | | | | |
| 1.0 | | | | | | | | | | | | |
| 1.5 | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | | | | | | | | | | | | |
| 2.5 | | | | | | | | | | | | |
| 3.0 | | | | | | | | | | | | |
| 3.5 | | | | | | | | | | | | |
| 4.0 | | | | | | | | | | | | |
| 4.5 | | | | | | | | | | | | |



REGISTRO DE SONDAJE

| | |
|--|--------------------------------------|
| Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | Código : C-3 |
| Solicitado : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO | Prof. Total (m) : 2.20 |
| Estudio : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima | Nivel Freático : N.A. |
| Ubicación : Parque en la Intersección de Calle Las Norias y Calle El Pozo - La Molina | Cota Absoluta : - |
| Fecha : Junio, 2010 | Operador : C.G. - D.B. |
| | Revisado : Ing. Doris Veneros |

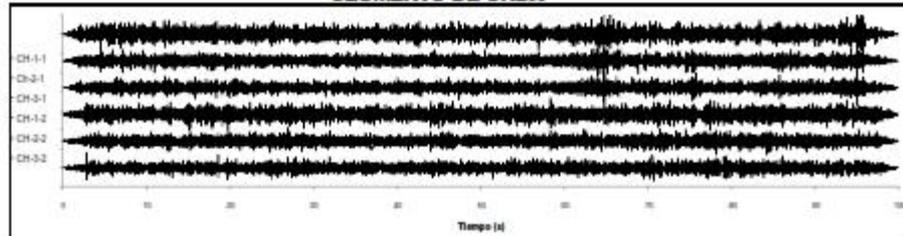
CALICATA : C-3

| Profundidad (m) | Espesor del estrato (m) | Muestra obtenida | Clasificación SUCS | Simbología Gráfica | Resultados de campo | | Descripción | ENSAYO DE PENETRACION | | | | |
|-----------------|-------------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|---|-----------------------|----|----|----|----|
| | | | | | C. H. % | D. N. g/cm ³ | | Gráfica de N | | | | |
| | | | | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 0.0 | 0.40 | S/M | R | | - | - | Tierra de cultivo. Presencia de raíces y de bloques de concreto. | | | | | |
| 0.5 | 0.90 | M-1 | CL-ML | | 22.5 | - | Arcilla limosa de color marrón oscuro, húmeda, de consistencia media blanda, plasticidad de media a alta. Grava=0.0%, Arena=6.4% y Finos=93.6%. | | | | | |
| 1.5 | 0.90 | M-2 | SM | | 7.8 | - | Arena fina limosa, color beige oscuro, húmeda, medianamente densa. Grava=0.0%, Arena=71.3% y Finos=28.7%. | | | | | |
| 2.0 | | | | | | | | | | | | |
| 2.5 | | | | | | | | | | | | |
| 3.0 | | | | | | | | | | | | |
| 3.5 | | | | | | | | | | | | |
| 4.0 | | | | | | | | | | | | |
| 4.5 | | | | | | | | | | | | |

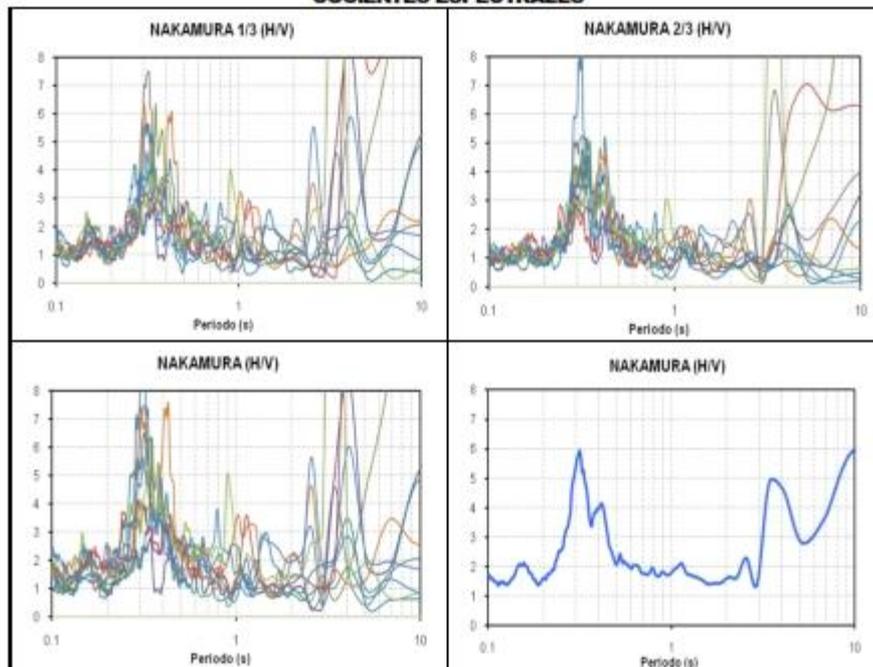


MEDICION DE MICROTREPIDACIONES

SEGMENTO DE ONDA



COCIENTES ESPECTRALES



SOLICITADO : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
PROYECTO : MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y VULNERABILIDAD EN LA CIUDAD DE LIMA
LUGAR : DISTRITO DE LA MOLINA
PUNTO : M3019
ARCHIVO : La Molina
FECHA : 02/07/10
HORA : 16:33
LATITUD : 12°05'00.56" S
LONGITUD : 76°53'35.16" W
PERIODO : **0.32 s**

Ministerio de Vivienda,
Construcción y Saneamiento

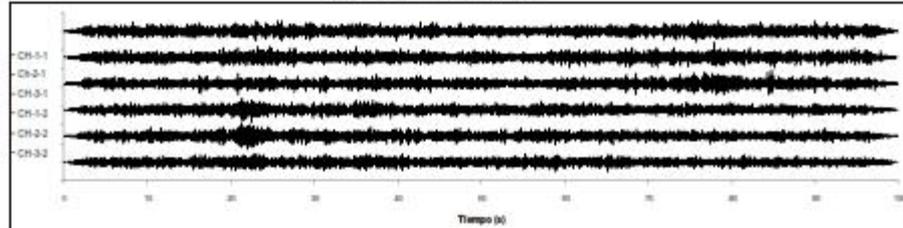
CISMID - UNI



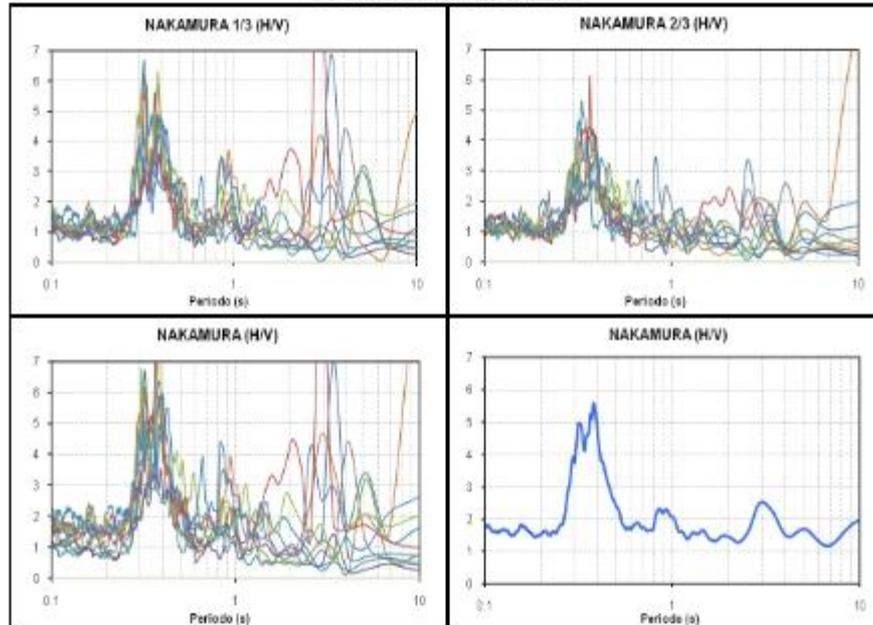


MEDICION DE MICROTREPIDACIONES

SEGMENTO DE ONDA



COCIENTES ESPECTRALES

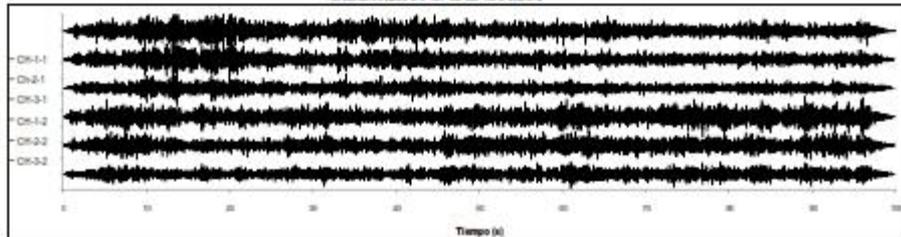


SOLICITADO : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
PROYECTO : MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y VULNERABILIDAD EN LA CIUDAD DE LIMA
LUGAR : DISTRITO DE LA MOLINA
PUNTO : M3018
ARCHIVO : La Molina
FECHA : 02/07/10
HORA : 16:00
LATITUD : 12°04'57.72" S
LONGITUD : 76°53'56.83" W
PERIODO : **0.38 s**

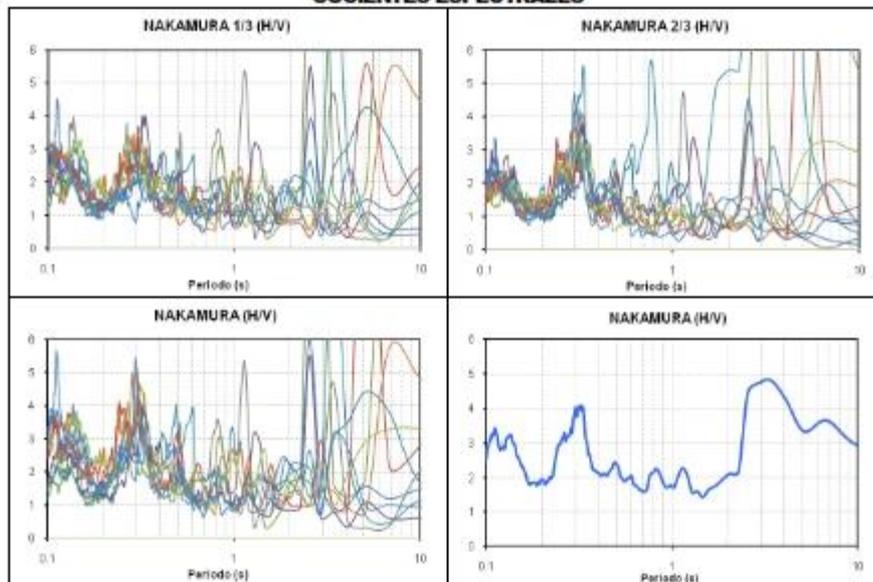


MEDICION DE MICROTREPIDACIONES

SEGMENTO DE ONDA



COCIENTES ESPECTRALES

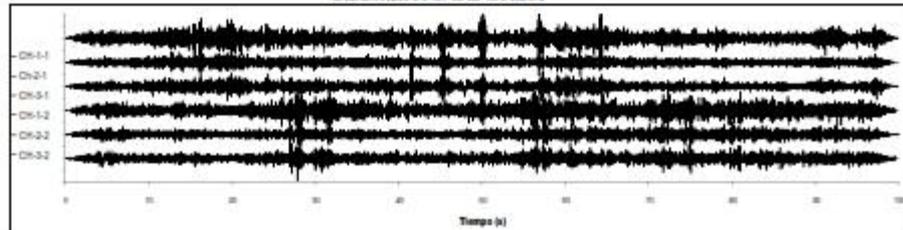


SOLICITADO : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
PROYECTO : MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y VULNERABILIDAD EN LA CIUDAD DE LIMA
LUGAR : DISTRITO DE LA MOLINA
PUNTO : M3017
ARCHIVO : La Molina
FECHA : 02/07/10
HORA : 15:20
LATITUD : 12°05'19.54" S
LONGITUD : 76°54'08.03" W
PERIODO : 0.33 s

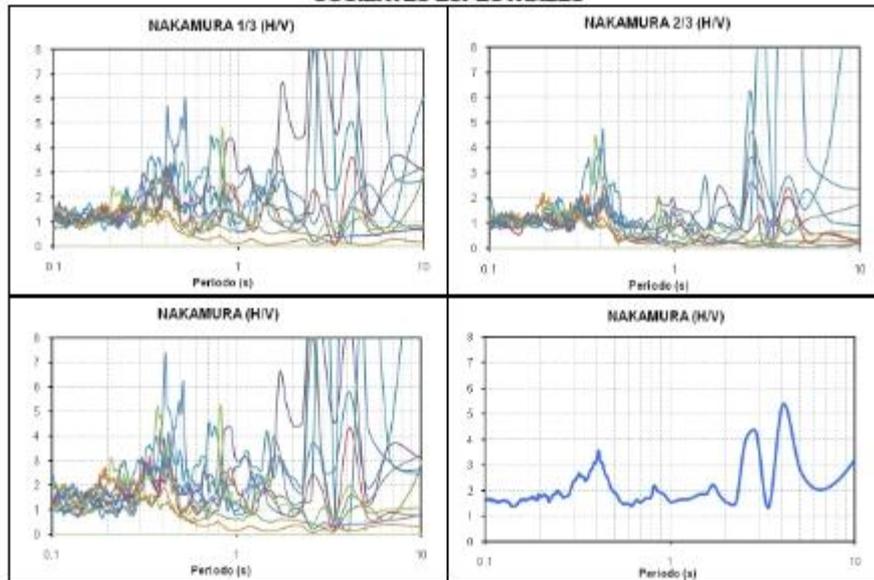


MEDICION DE MICROTREPIDACIONES

SEGMENTO DE ONDA



COCIENTES ESPECTRALES

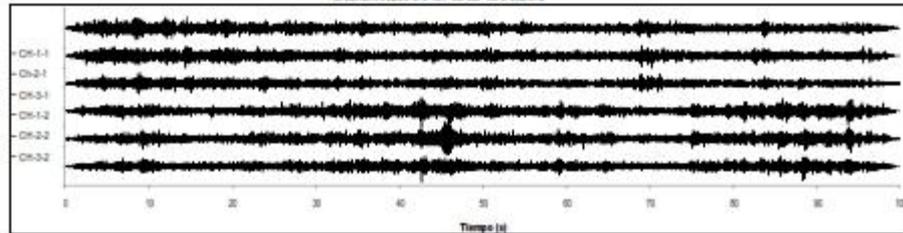


SOLICITADO : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
PROYECTO : MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y VULNERABILIDAD EN LA CIUDAD DE LIMA
LUGAR : DISTRITO DE LA MOLINA
PUNTO : M3016
ARCHIVO : La Molina
FECHA : 02/07/10
HORA : 13:20
LATITUD : 12°05'00.60" S
LONGITUD : 76°54'34.92" W
PERIODO : **0.41 s**

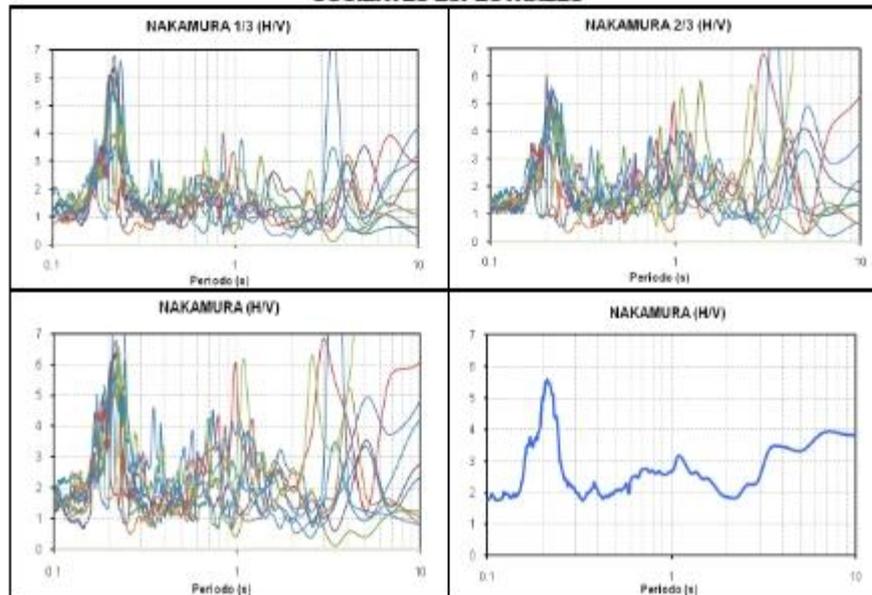


MEDICION DE MICROTREPIDACIONES

SEGMENTO DE ONDA



COCIENTES ESPECTRALES

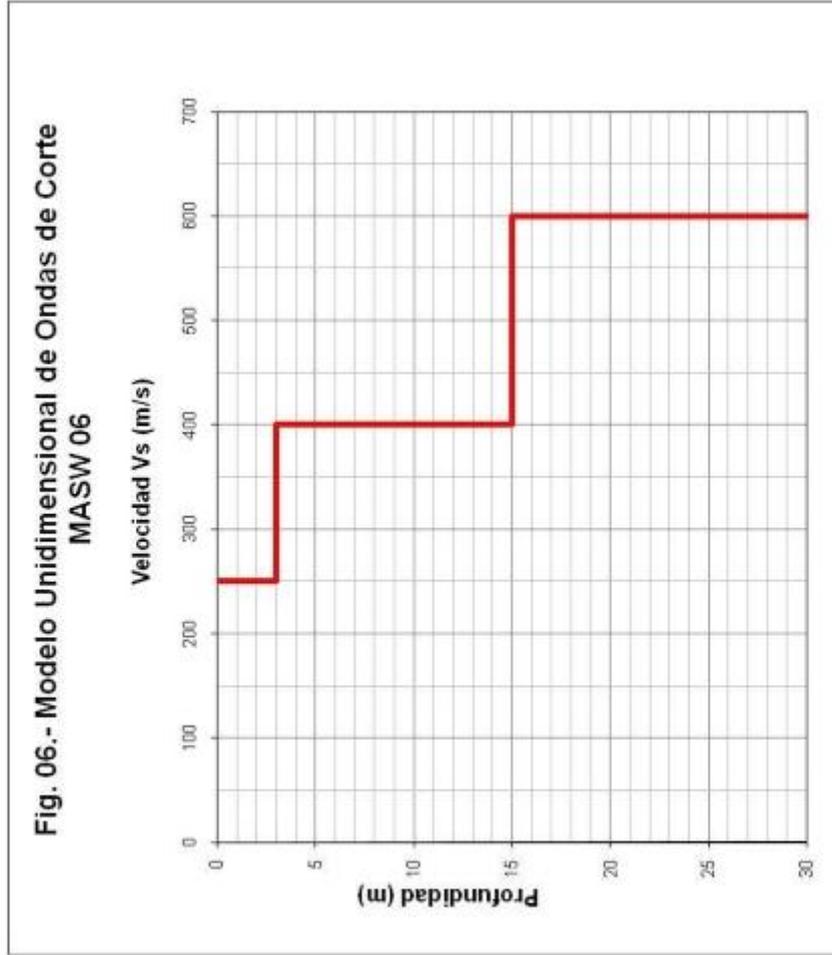


SOLICITADO : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
PROYECTO : MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y VULNERABILIDAD EN LA CIUDAD DE LIMA
LUGAR : DISTRITO DE LA MOLINA
PUNTO : M3015
ARCHIVO : La Molina
FECHA : 02/07/10
HORA : 12:50
LATITUD : 12°04'42.80" S
LONGITUD : 76°53'58.63" W
PERIODO : **0.21 s**





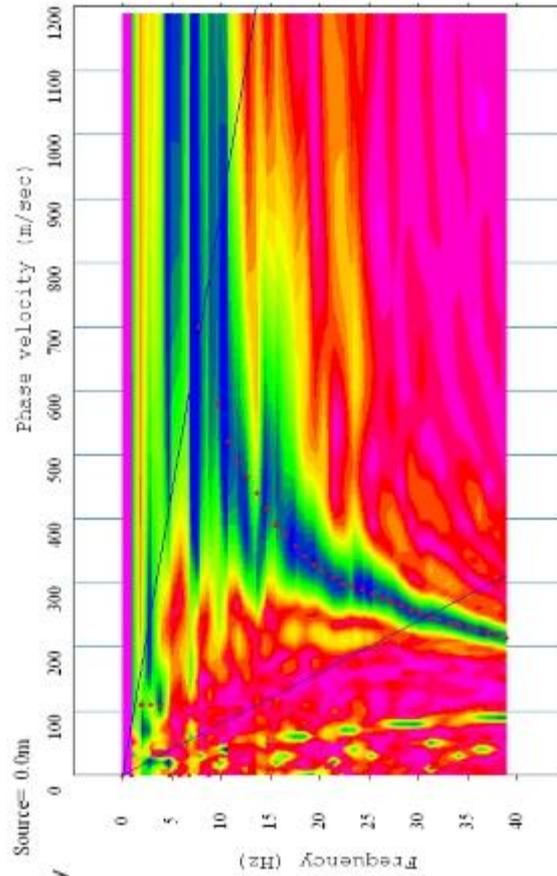
**Fig. 06.- Modelo Unidimensional de Ondas de Corte
MASW 06**





ENSAYO MASW

CURVA DE DISPERSIÓN



Proyecto: Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima

Lugar: La Molina

Sondaje: MASW-06

Registro: 601

Shot: 01

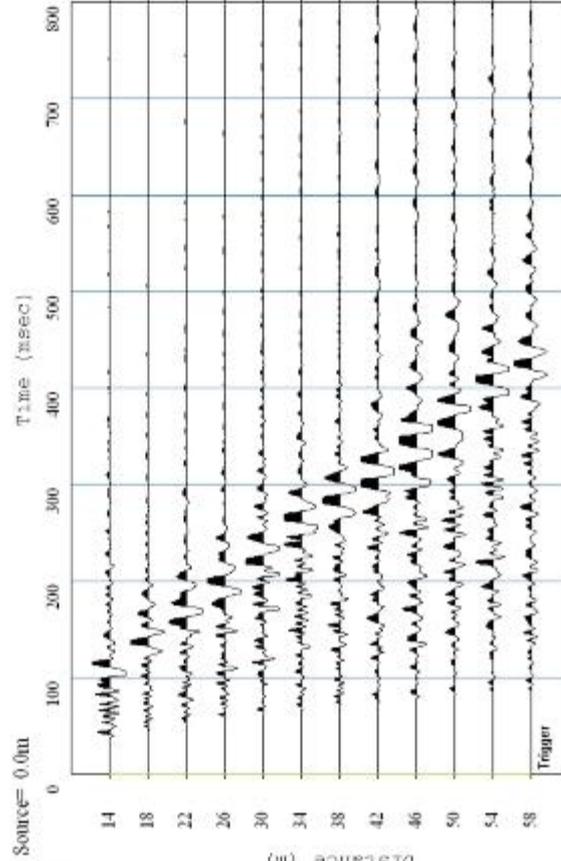
Arreglo: Lineal

Longitud: 72.00 m

Fecha: Junio, 2010



ENSAYO MASW
REGISTRO DE ONDAS



Proyecto: Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima

Lugar: La Molina

Sondaje: MASW-06

Registro: 601

Shot: 01

Arreglo: Lineal

Longitud: 72.00 m

Fecha: Junio, 2010

Distancia (m)

Anexo J: Inspección ocular (Fotos)



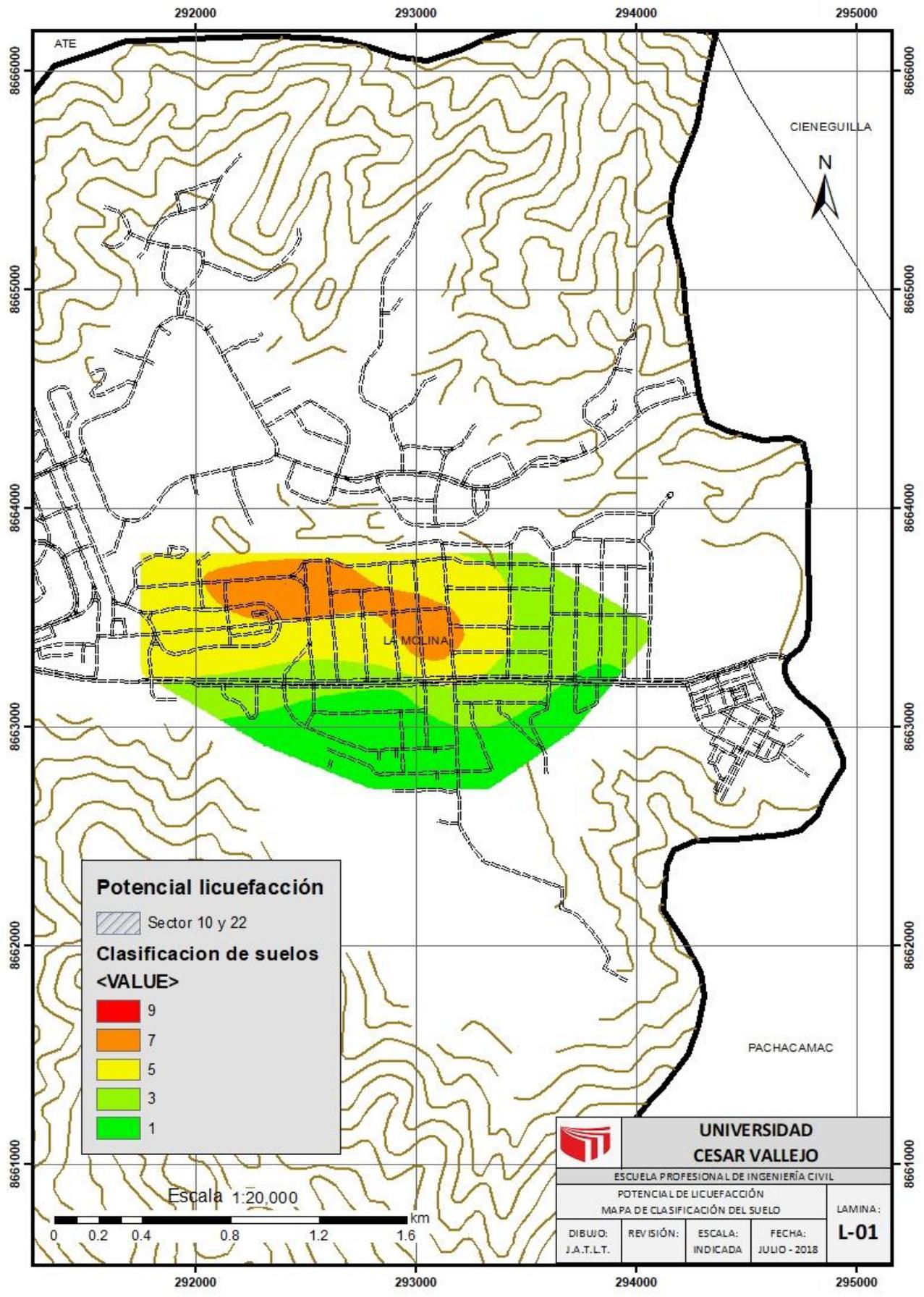
Av. La Molina, avenida que separa los dos sectores (10 y 22)

Av. La Molina, avenida que separa los dos sectores (10 y 22)



Se puede apreciar en la fotografía panorámica el establecimiento de viviendas en la parte alta de los cerros.

Anexo K: Mapas elaborados



Potencial licuefacción

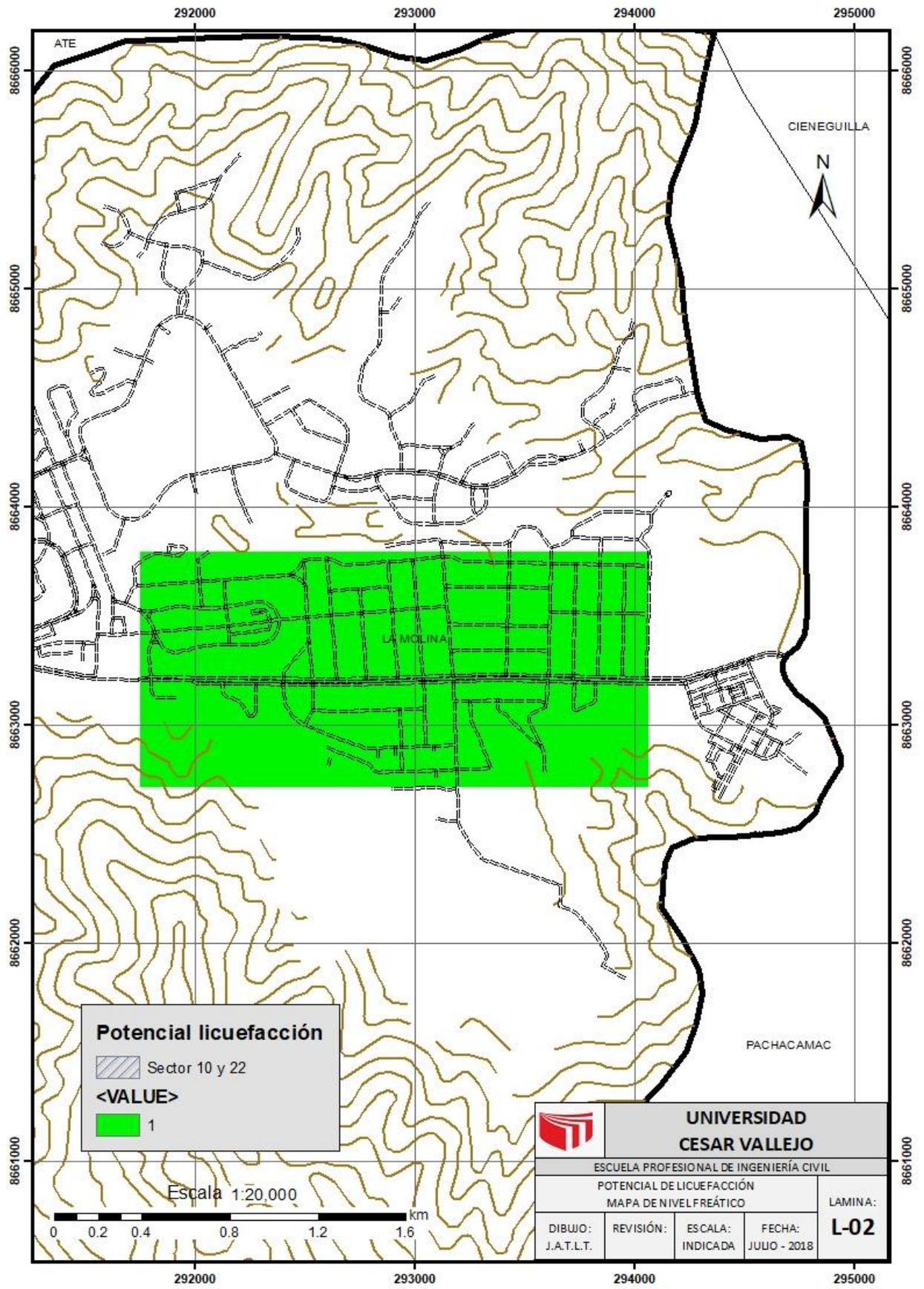
▨ Sector 10 y 22

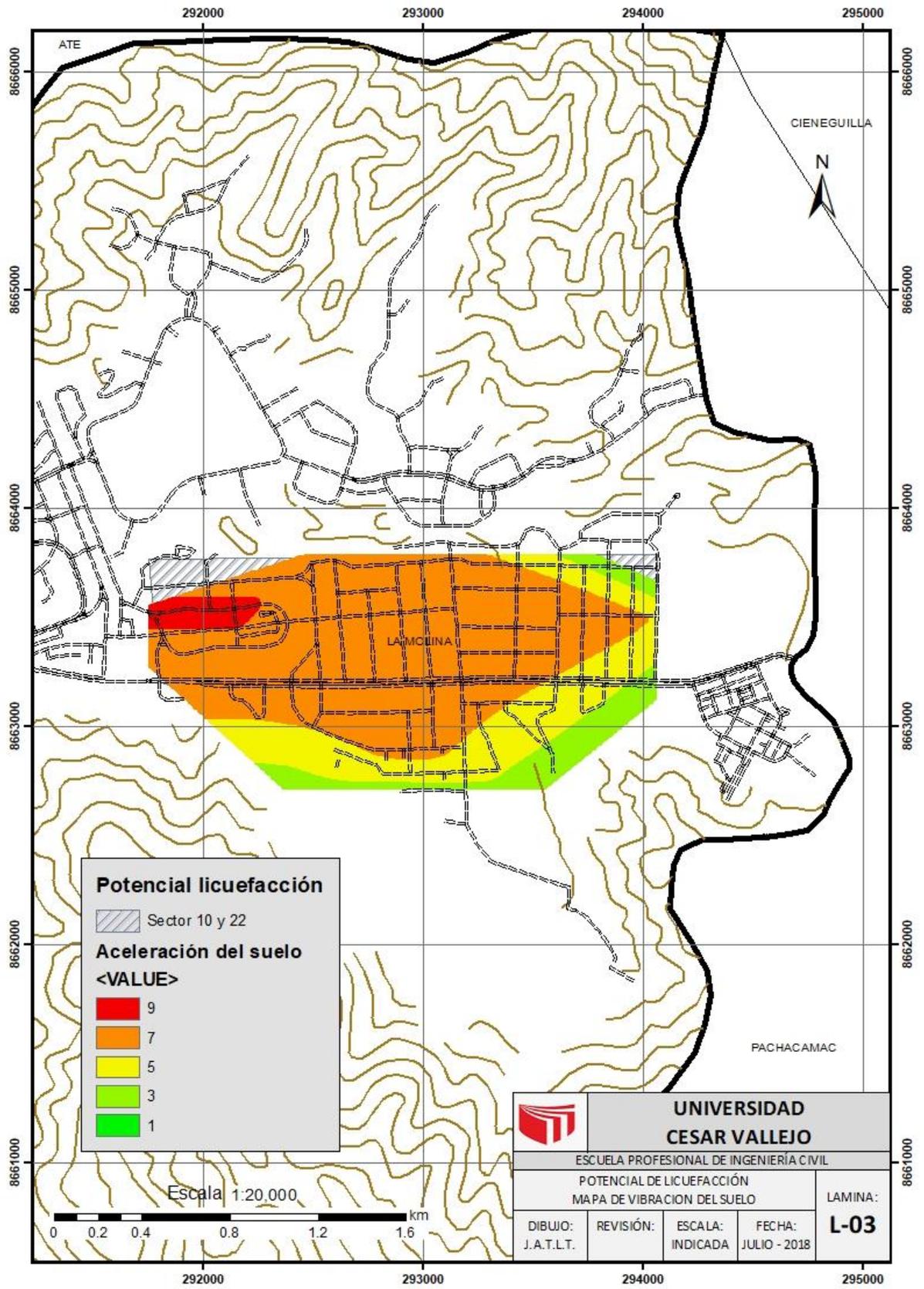
Clasificación de suelos

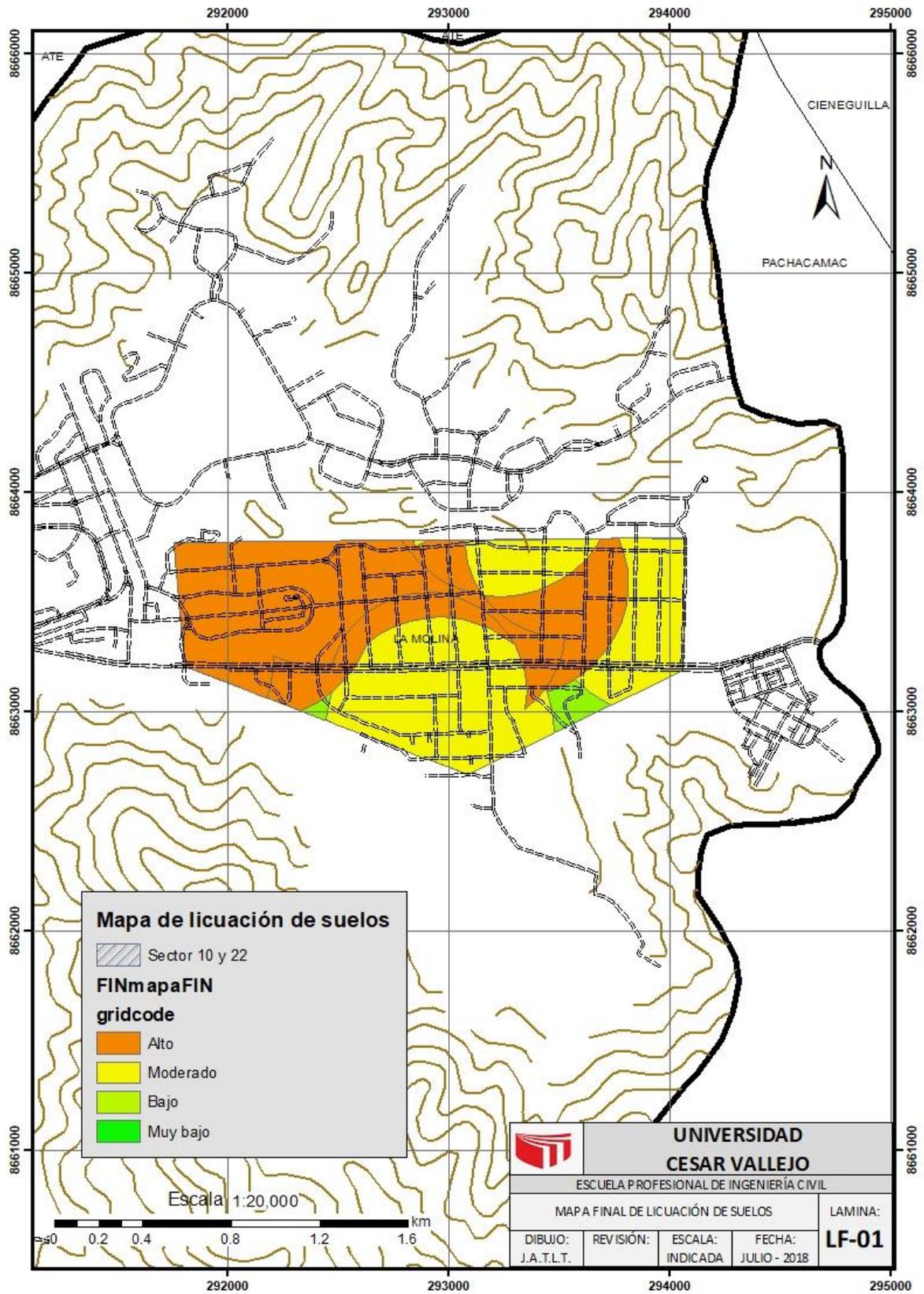
<VALUE>

- 9
- 7
- 5
- 3
- 1

| | | | |
|--|-----------|---------------------|------------------------|
|  UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO | | | |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | |
| POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN | | | |
| MAPA DE CLASIFICACIÓN DEL SUELO | | | |
| | | | LAMINA: |
| DIBUO: J.A.T.L.T. | REVISIÓN: | ESCALA: INDICADA | FECHA: JULIO - 2018 |
| | | | L-01 |







Anexo L: Resultados Turnitin

Licucación

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.vivienda.gob.pe

Fuente de Internet

2%

2

www.anuario.igeo.ufrj.br

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

www.scribd.com

Fuente de Internet

1%

5

issuu.com

Fuente de Internet

1%

6

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru

Trabajo del estudiante

1%

| | | |
|----|--|-----|
| 9 | es.scribd.com Fuente de Internet | 1% |
| 10 | www.ptolomeo.unam.mx:8080 Fuente de Internet | 1% |
| 11 | reliefweb.int Fuente de Internet | 1% |
| 12 | pt.scribd.com Fuente de Internet | 1% |
| 13 | www.slideshare.net Fuente de Internet | <1% |
| 14 | repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 15 | elperuanolegal.blogspot.com Fuente de Internet | <1% |
| 16 | docs.com Fuente de Internet | <1% |
| 17 | eudora.vivienda.gob.pe Fuente de Internet | <1% |
| 18 | Submitted to Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador Trabajo del estudiante | <1% |
| 19 | fr.scribd.com Fuente de Internet | <1% |

| | | |
|----|--|-----|
| 20 | www.crid.or.cr Fuente de Internet | <1% |
| 21 | doaj.org Fuente de Internet | <1% |
| 22 | www.science.gov Fuente de Internet | <1% |
| 23 | myslide.es Fuente de Internet | <1% |
| 24 | web.uaemex.mx Fuente de Internet | <1% |
| 25 | Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante | <1% |
| 26 | www.munijesusmaria.gob.pe Fuente de Internet | <1% |

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 20 words

Excluir bibliografía

Apagado



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

TARAZONA LA TORRE JAIR ARMANDO

TITULADO:

CARACTERIZACIÓN DE SUELOS PROPENSOS A LICUSFACCIÓN
PARA ZONIFICACIÓN URBANA EN EL DISTRITO DE LA
MOLINA, LIMA 2018.

PARA OBTENER EL BACHILLER O TÍTULO DE:

INGENIERO (A) CIVIL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 09 Julio de 2018

NOTA O MENCIÓN : 17 (DIECISIETE)



ING. FELIMÓN CÓRDOVA SALCEDO
COORDINADOR DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

TARAZANA LA TORRE SAIR ARMANDO
D.N.I. : 74894853
Domicilio : AV. RINCONADA DEL LAGO MZD. LT.15 - LA MOLINA
Teléfono : Fijo : Móvil : 975768768
E-mail : sair.t16.95@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

[X] Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERIA
Escuela : INGENIERIA CIVIL
Carrera : INGENIERIA CIVIL
Título : INGENIERO CIVIL

[] Tesis de Post Grado

[] Maestría

[] Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

TARAZANA LA TORRE SAIR ARMANDO

Título de la tesis:

CARACTERIZACIÓN DE SUELOS PROPENSOS A LIQUEFACCIÓN PARA ZONIFICACIÓN URBANA EN EL DISTRITO DE LA MOLINA LIMA 2018

Año de publicación :

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte, a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :

[Handwritten signature]

Fecha:

02/11/18

Yo, Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Lima Norte (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada

"Caracterización de suelos propensos a licuefacción para zonificación urbana en el distrito de La Molina, Lima 2018"

del (de la) estudiante Jair Armando Tarazona La Torre, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 09 de Julio del 2018



Firma

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

DNI: 04239259

| | | | | | |
|---------|----------------------------|--------|--------------------|--------|---------------------------------|
| Elaboró | Dirección de Investigación | Revisó | Responsable de SGC | Aprobó | Vicerrectorado de Investigación |
|---------|----------------------------|--------|--------------------|--------|---------------------------------|

[feedback studio](#)
Página 1 de 114 Número de palabras: 11543

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

CARACTERIZACIÓN DE SUELOS PROPENSOS A LIQUEFACCIÓN PARA ZONIFICACIÓN URBANA EN EL DISTRITO DE LA MOLINA, LIMA 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:
 Jair Armando Tanazona La Torre

ASESOR:
 Dr. Caicho Zúñiga, Gerardo Enrique

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
 Administrativa y Seguridad en la construcción

LIMA - PERÚ
2018



Resumen de coincidencias

17 %

Se están viendo fuentes similares

Ver fuentes en inglés (Español)

Coincidencias

| | | |
|----|---------------------------|------|
| 1 | www.municipiolima.gob.pe | 2 % |
| 2 | Emgagato a Universidad... | 1 % |
| 3 | repositorio.unpnp.edu.pe | 1 % |
| 4 | elajusticial.com | 1 % |
| 5 | repositorio.uncc.edu.pe | 1 % |
| 6 | diary.org | 1 % |
| 7 | www.plataleo.unam... | 1 % |
| 8 | elcomercio.pe | <1 % |
| 9 | www.plataleo.net | <1 % |
| 10 | www.fijpcewa.jp | <1 % |
| 11 | docs.com | <1 % |