

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA EMPLEANDO
EL PENETRÓMETRO DINÁMICO LIVIANO (DPL) EN LOS
SECTORES COSTEROS DE: SALAVERRY, AURORA DIAZ 1 Y 2,
FUJIMORI Y LUIS ALBERTO SANCHEZ DEL DISTRITO DE
SALAVERRY, PROVINCIA DE TRUJILLO-DEPARTAMENTO DE LA
LIBERTAD

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL.

Línea de Investigación: GEOTECNIA

AUTORES

- Br. SILVA ABANTO, HARTLEY JOHANN
- Br. TERÁN MENDOZA, SEGUNDO LEONARDO

ASESOR

- Ing. NARVAÉZ ARANDA, RICARDO ANDRÉS

TRUJILLO – PERÚ
2015

JURADO EVALUADOR

Ing. CARLOS VARGAS CÁRDENAS _____

Presidente

Ing. ROCIO DURAND ORELLANA _____

Secretario

Ing. TITO BURGOS SARMIENTO _____

Vocal

Ing. RICARDO NARVAEZ ARANDA _____

Asesor

Fecha: 15 de Diciembre del 2015

PRESENTACIÓN

La Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO), a través de sus estudiantes de Ingeniería Civil, tiene como uno de sus fines principales realizar Proyección Social hacia la comunidad; participando en la elaboración y ejecución de Programas de Desarrollo integral de nuestra ciudad y zonas aledañas, más aún si no sabemos en el tipo de suelo que uno construye.

En la última década, instituciones públicas como el INADUR (Instituto Nacional de Desarrollo), INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil), etc. Están desarrollando estudios para evaluar Peligros Naturales y Antropogénicos de modo que se pueda identificar las acciones pertinentes para evitar o mitigar los daños que podrían ocasionar.

En Agosto del 2001 INDECI suscribió un Convenio con la UNT, en donde este último se encargaría de la realización del estudio: “Mapa de Peligros de la Ciudad de Trujillo y Zonas Aledañas”, como una primera etapa, dentro del Programa CIUDADES SOSTENIBLES, que en su segunda y tercera etapa deberá completarse, con los estudios de Uso de Suelos y Medidas de Mitigación de los Desastres, respectivamente.

El presente estudio, en consecuencia, servirá como base, para tener una idea del tipo de suelo en el que se está efectuando un proyecto de ingeniería, en el Litoral Costero de la provincia de Trujillo, en las cuales destacan las zonas de: Salaverry, Aurora Díaz 1 y 2, Fujimori y Luis Alberto Sánchez del distrito de Salaverry, provincia de Trujillo-departamento de La Libertad, aportando así que por medio del siguientes estudio permitan que Trujillo se convierta en una Ciudad Sostenible.

Esperamos que el documento que aquí presentamos, incentive a la conciencia de las instituciones locales, públicas y privadas, que dejándose de intereses políticos se preocupen más de propiciar el desarrollo de nuestra ciudad y ciudades de nuestro entorno.

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio; así mismo por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Mi mama Jovita, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

Mi papa Jorge, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi enamorada Diana quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir y ahí estuvo ella para sacarme de cualquier problema, apuro u obstáculo.

Y en especial quiero dedicar esta tesis a mi mamita Livia Espinoza Sánchez, por quererme, aconsejarme y apoyarme siempre en cada paso que daba; y sobre todo por su gran amor y esmero que tubo hacia conmigo durante todos estos años de mi formación profesional

Finalizo esta dedicatoria con una linda frase quien fue mi sustento y pilar durante estos años de estudio

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”.

HARTLEY J. SILVA ABANTO.

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar. En especial a mi hermana Greysi quien ha sido y es mi motivación, inspiración y felicidad.

Finalizo esta dedicatoria con una linda frase quien fue mi sustento y pilar durante estos años de estudio

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”.

SEGUNDO L. TERÁN MENDOZA.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

Le doy gracias a mis padres Jorge y Jovita por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mi abuelita Livia, a mis hermanos Ganer y Kenia, y familiares en general por ser parte de mi vida y representar la unión familiar, con mucha alegría y amor cuando más lo he necesitado.

A Diana, por ser una parte muy importante en mi vida, por haberme apoyado en las buenas y en las malas, sobre todo por su paciencia y amor incondicional en cada momento. Te amo bebita.

A Leonardo por haber sido un excelente compañero de tesis y amigo, por haberme tenido la paciencia necesaria y por motivarme a seguir a seguir en los momentos de desesperación.

A la UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi Asesor de tesis, Ing. NARVAEZ ARANDA RICARDO por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, y

en especial a mis revisores y jurado de tesis: Ms. CARLOS MANUEL VARGAS CARDENAS, al Ing. ROCIO DURAND ORELLANA y al Ing. TITO ALFREDO BURGOS SARMIENTO; por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida.

Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga

HARTLEY J. SILVA ABANTO.

Le agradezco a Dios por haberme permitido vivir hasta este día, haberme guiado a lo largo de mi vida, por ser mi apoyo, mi luz y mi camino. Por haberme dado la fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad.

Le doy gracias a mis padres Aureliano y Margarita por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida. Por darme la oportunidad de estudiar esta carrera. Y por ser ejemplo de vida. Y por promover el desarrollo y la unión familiar en esta nuestra familia.

A mis hermanos Leonel y Greysi por apoyarme en aquellos momentos de necesidad y darme ánimos en mis momentos de flaqueza y por llenar mi vida de grandes momentos felices. A Hartley por haber sido un excelente compañero de tesis y amigo, por haberme tenido la paciencia necesaria y por motivarme a seguir a seguir en los momentos de desesperación.

A la UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi Asesor de tesis, Ing. NARVAEZ ARANDA RICARDO por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, y en especial a mis revisores y jurado de tesis: Ms. CARLOS MANUEL VARGAS CARDENAS, al Ing. ROCIO DURAND ORELLANA y al Ing. TITO ALFREDO BURGOS SARMIENTO; por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga

SEGUNDO L. TERÁN MENDOZA.

CARATULA	I
JURADO EVALUADOR.....	II
PRESENTACIÓN	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	VI
RESUMEN	XIVII
ABSTRACT	XIV

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I: GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCION	2
1.2. ANTECEDENTES DEL TEMA	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	15
1.4. OBJETIVOS	16
1.5. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO GEOGRÁFICO	17
CAPITULO II. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.1. MICROZONIFICACION	23
2.2. MAPA DE PELIGROS.....	24
2.3. METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN.....	26
2.3.1. MÉTODO GENERAL SIMPLIFICADO	26
2.3.2. MECÁNICA DE SUELOS	28
2.3.3. CORRELACIÓN ENTRE EL “DPL” Y EL “SPT”	39
2.3.4. EQUIPO	44
2.3.5. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	49
2.3.6. CAPACIDAD PORTANTE	55
2.3.7. ENSAYOS DE LABORATORIO	58
CAPÍTULO III: INFORME Y PROCESAMIENTO DE RESULTADOS	65
3.1. GENERALIDADES.....	66

3.2. TRABAJOS EFECTUADOS	67
3.3. TRABAJOS DE CAMPO	74
3.4. TRABAJOS DE LABORATORIO.....	75
3.5. TRABAJOS DE GABINETE	76
3.6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE CALICATAS Y AUSCULTACIONES (DPL)	77
3.7. ANÁLISIS DE LA CIMENTACION.....	77
3.8. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE.....	79
3.9. AGRESIVIDAD DE LAS SALES.....	85
3.10. RESULTADOS:.....	85
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
ANEXOS	95
CUADRO RESUMEN DE CALICATAS	
PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y ENSAYOS DE LABORATORIO	
ENSAYOS DE AUSCULTACIONES (DPL)	
PANEL FOTOGRÁFICO	
CARTA DE INUNDACIONES	
PLANOS DEL ÁREA ESTUDIADA	

TABLAS

Tabla 1: Conclusiones de niveles de peligro en el Centro de Trujillo.....	5
Tabla 3: Grado de Peligro	27
Tabla 4 : Datos Técnicos del equipo	38
Tabla 5: Factor de Corrección por Energía	42
Tabla 6: Otros factores:	42
Tabla 7: Correlación para obtener el ángulo de fricción.....	44
Tabla 8: Factores de Forma.....	56
Tabla 9: Factores de Capacidad de Carga (Vesic, 1973)	57
Tabla 10: Número de puntos de investigación	67
Tabla 11: Resumen De Calicatas y Auscultaciones (DPL) - Por Sector	72
Tabla 12: Ensayos de Laboratorio.....	76
Tabla 13. Determinación de los Parámetros de Resistencia	79

ILUSTRACIONES

Figura 1: Distrito de Salaverry.....	19
Figura 2: Detalle de cono dinámico de equipo de sondaje DPL	45
Figura 3: Detalle de martillo de golpe de equipo de sondaje DPL.....	46
Figura 4: Detalle de la cabeza de golpeo o yunque de equipo de sondaje DPL.....	46
Figura 5: Detalle de varillas de traspaso de carga de equipo de sondaje DPL.....	47
Figura 6: Barra guía de equipo de sondaje DPL	47
Figura 7: Esquema de conos y barras (para las dimensiones; D= diámetro del cono)	49
Figura 8: Abaco Casagrande	62

GRÁFICOS

Gráfico 1: Población de la provincia de Trujillo.....	18
Gráfico 2: N° Calicatas	72
Gráfico 3: N° DPL.....	73
Gráfico 4: Calicatas exploradas.....	73
Gráfico 5: Calicatas no exploradas.....	74

RESUMEN

En el presente estudio denominado “Estudio de Microzonificación Geotécnica empleando el Penetrómetro Dinámico Liviano (DPL) en los sectores costeros de: Salaverry, Aurora Díaz 1 y 2, Fujimori y Luis Alberto Sánchez del distrito de Salaverry, provincia de Trujillo-departamento de La Libertad”, se identificó los peligros a los que están expuestos los suelos del litoral costero en el distrito de Salaverry.

El objetivo principal del presente estudio es elaborar un Mapa de Microzonificación Geotécnica del Comportamiento y Calidad de los Tipos de Suelo del Litoral Costero en las zonas de: Salaverry, Aurora Díaz 1 y 2, Fujimori y Luis Alberto Sánchez del distrito de Salaverry.

En el área de estudio puede identificarse como zona ALTAMENTE PELIGROSA a las zonas muy cercanas al mar (Litoral Costero) por lo que está prohibido para fines urbanos, en cambio puede usarse como reserva ecológica, recreación abierta o para cultivo de plantas de ciclo corto.

Así mismo, se considera zona PELIGROSA a los sectores más céntricos de la ciudad, en consecuencia su uso urbano se permitirá luego de efectuarse estudios detallados y especializados, se recomienda para usos urbanos de baja densidad.

Por otro lado tenemos como zona de PELIGRO MEDIO, a los sectores más alejados de las orillas del océano pacífico como también a zonas que puedan darse uso urbano, con estudios geotécnicos normales.

Esta investigación se llevó a cabo desarrollando un área de estudio; la mecánica de suelos, que caracterizando el suelo mediante exploración de campo; determina el tipo de material sobre el cual se asienta el área urbana.

Los estudios de mecánica de suelos pasan primero por una etapa de recopilación de información existente, evaluando su cantidad y calidad, y programando luego los ensayos de campo en número suficiente para alcanzar los objetivos planteados.

Se obtiene un mapa de microzonificación y Caracterización de las Propiedades físicas y mecánicas de los suelos producto de la superposición de resultados obtenidos en el área de estudio, cinco son las zonas que se identifican para el área urbana del Litoral Costero del distrito de Salaverry de la provincia de Trujillo.

ABSTRACT

In this study called "Study Geotechnical Microzonation using the penetrometer Dynamic Light (DPL) in the coastal areas of: Salaverry, Aurora Diaz 1 and 2, Fujimori and Luis Alberto Sanchez Salaverry district, province of Trujillo, department of La Libertad "" she was identified hazards to which they are exposed soils of coastline in the district of Salaverry.

The main objective of this study is to develop a map of Geotechnical Microzonation Behavior and Quality of soil types in the Coastal Shoreline areas: Salaverry, Aurora Diaz 1 and 2, Fujimori and Luis Alberto Sanchez Salaverry district.

In the study area can be identified as highly dangerous to very close to the sea (Coastal Shoreline) zone area so that it is forbidden for urban purposes, however it can be used as an ecological reserve, open recreation or cultivation of short-cycle plants.

Likewise, it is considered dangerous area to the most central parts of the city, urban use accordingly be allowed after detailed and specialized studies carried out, it is recommended for low-density urban applications. On the other hand we as WARNING MEANS area, to the most remote parts of the shores of the Pacific Ocean as well as areas likely to be urban, with normal geotechnical studies.

This research was conducted to develop a study area; soil mechanics, which characterizes the ground by field exploration; determines the type of material on which sits the urban area.

Studies of soil mechanics first pass through a stage of collecting existing information, assessing their quantity and quality, and then programming field trials in sufficient numbers to achieve the objectives. map microzonification is obtained and characterization of the physical and mechanical soil product of overlapping results obtained in the study area Properties, five are areas identified for urban areas Coastal Shoreline district of Salaverry of Trujillo province.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCION

Un estudio de microzonificación geotécnica del tipo de suelo de una ciudad es un procedimiento multidisciplinario, que involucra la realización de estudios geológicos, topográficos, geotécnicos, de evaluación de propiedades físicas y mecánicas. Estos estudios permiten delimitar zonas con diferentes tipos de suelos dentro de una ciudad, considerando las condiciones locales de los suelos de cimentación.

Cuando esta información se maneja con acertado criterio ingenieril tomando en cuenta referencias de la información geológica y geomorfológica del distrito, se hace posible entonces el logro de los objetivos básicos de la ingeniería Geotécnica: “Reducir el peligro geológico en las zonas urbanas por medio de la identificación las zonas de alto riesgo”

El Litoral Costero de la provincia de Trujillo, en las cuales destacan las zonas de: Salaverry, Aurora Díaz 1 y 2, Fujimori y Luis Alberto Sánchez del distrito de Salaverry, hoy en día no cuenta con un estudio de microzonificación geotécnica, siendo de vital importancia, debido a que por medio de éste se logra clasificar a través de un mapa específico o general integrado, donde se identifican las características estratigráficas y estructurales; basándose en los parámetros o condiciones geotécnicas y en los fenómenos o procesos geológicos que afecten al objetivo del mapa. (Luis I. González de Vallejo 2002)

La identificación de esas unidades morfológicas, el conocimiento de los procesos que las crearon así como su localización en el territorio, constituyen requisitos indispensables para el uso prudente del medio, para garantizar la estabilidad y permanencia de la obras de ingeniería, para la prevención y mitigación de los efectos de los desastres naturales. La tecnología moderna permite realizar estos estudios con un elevado nivel de calidad.

1.2. ANTECEDENTES DEL TEMA

Para sustentar este proyecto de investigación se ha tomado como antecedentes diversos estudios realizados sobre zonas cercanas al mar referente a la clasificación y tipo de suelo.

1.2.1. Estudio De Evaluación De Riesgo De Desastre En El Centro Histórico De Trujillo – Departamento De La Libertad

Autores: Ing. César Flores Corbera, Arq. Fanny Suarez Rojas.

Fuente: INDECI en coordinación conjunta con la Municipalidad Provincial de Trujillo.

País: Perú.

Año: 2012.

El distrito de Trujillo cuenta a la fecha con una población aproximada de 315 410 habitantes asentados en una superficie distrital de 3,939 Ha.

Dentro de nuestro distrito se encuentra ubicado el CENTRO HISTORICO DE TRUJILLO, núcleo urbano más importante y característico de la ciudad, tanto por el valioso patrimonio cultural, arquitectónico y urbanístico que conserva; así como por las numerosas actividades rectoras y de carácter comunitario que se desarrollan dentro de su ámbito.

Constituye además uno de los centros mejor conservados del país, y cuenta con importantes inmuebles monumentales de arquitectura religiosa y civil, sin embargo se ha identificado sectores críticos dentro de su perímetro los cuales ostentan una elevada situación de riesgo, para lo cual es imperioso considerar:

- Maximizar las consideraciones de seguridad en los diseños, y
- Minimizar la exposición a riesgos naturales y/o sociales, especialmente en áreas y grupos humanos considerados de alta vulnerabilidad.

La razón de esta elevada vulnerabilidad en primer lugar se da en el factor físico, por ejemplo la falta de mantenimiento y abandono de inmuebles edificados en adobe.

El perfil estratigráfico presenta un estrato superficial de relleno 0.10 m. a 0.30 m. de espesor, continúa arena pobremente graduada (SP) o arena pobremente graduada con limos (SP-SM) con cierta presencia de grava de 1/2" a 3/4" cuya compactación varía de suelta a media, de poca a regular humedad.

La capacidad admisible del suelo en el Centro Histórico de Trujillo varía entre 0.914 a 1.099 Kg/cm², lo cual determina como un suelo medianamente inestable.



Gráfico 1: Peligros en el Centro Histórico

Tabla 1: Conclusiones de niveles de peligro en el Centro de Trujillo

VARIABLE	CONCLUSIONES DE NIVEL DE PELIGROS	VALOR
SISMOS	<p>Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas.</p> <p>Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos.</p> <p>Frente a sismos estamos en un nivel ALTO.</p>	55%
INUNDACIÓN	<p>Sectores que son inundados muy esporádicamente a velocidad media y permanecen bajo agua por varios días.</p> <p>Frente a peligro de inundación estamos en un nivel MEDIO.</p>	35%
PRECIPITACIONES PROLONGADAS	<p>Precipitaciones pluviales periódicas, que por su intensidad o prolongación afectan gravemente construcciones precarias.</p> <p>Frente a peligro de precipitaciones prolongadas SENAMI tiene pronosticado la presencia del Fenómeno de Niño para norte del país lo que nos arroja un nivel ALTO.</p>	72%
INCENDIOS	<p>De 150 a 300m. desde el lugar del peligro tecnológico.</p> <p>Frente a peligro de incendio estamos en un nivel MEDIO.</p>	30%

1.2.2. Avances Para Estudios Del Riesgo Sísmico A Escala Regional Y Local: Aplicación A América Central Y A La Bahía De Cadiz (Sur De España)

Autor: Víctor Schmidt Díaz.

Fuente: Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica.

País: España (Barcelona).

Año: 2010.

El aporte al estudio de la peligrosidad sísmica a escala local en esta investigación corresponde a la microzonificación sísmica de la Bahía de Cadiz, por lo tanto, a los seis municipios que rodean esta bahía: Rota, El Puerto de Santa María, Puerto Real, San Fernando, Cadiz y Chiclana de la Frontera.

La iniciativa del estudio proviene de un proyecto del MICINN: Riesgo de terremotos y tsunamis en España (RISTE), en el cual participaron la

Universidad Complutense de Madrid (UCM), el Real Instituto y

Observatorio de la Armada (ROA) y el Instituto Geológico de Cataluña

(IGC), con la finalidad de estudiar el riesgo en las costas españolas ante la ocurrencia de dos fenómenos naturales relacionados, como lo son los terremotos y los tsunamis, siendo las zonas de estudio el Golfo de Cadiz (donde han ocurrido sismos que han generado tsunamis en 1755 y 1969), y la costa española mediterránea.

El estudio de los efectos locales, relacionados con la propagación de las ondas sísmicas es de suma importancia debido a que es conocido, tanto a partir de terremotos históricos como recientes, que las características geológicas y geotécnicas locales de las capas más próximas a la superficie, pueden amplificar de manera importante el movimiento del suelo, contribuyendo así al aumento de los daños producidos por terremotos. (Roca et al., 2006).

El estudio de microzonificación sísmica en la Bahía de Cadiz, permitirá caracterizar el movimiento del terreno según los distintos tipos de suelo presentes.

La determinación de los periodos predominantes y de los perfiles de los suelos (velocidad de onda cortante y espesor de cada capa), se hará a partir de la aplicación de las técnicas empíricas denominadas: H/V y arrays, respectivamente. La respuesta del suelo en superficie se obtendrá mediante la aplicación un método numérico 1-D lineal equivalente (Shake), que permite modelar la respuesta en la superficie a partir de un modelo de capas unidimensional y un input, definido como un acelerograma en roca (sismo de referencia). Con base en lo anterior, el objetivo principal de esta etapa de la investigación es: determinar los efectos de sitio en seis municipios de la Bahía de Cadiz, a partir de la aplicación de técnicas empíricas y numéricas y realizar la microzonificación sísmica de la zona en estudio.

Como objetivos específicos se consideran los siguientes:

- ❖ Revisar la información existente y los antecedentes: mapas geológicos, actividad sísmica histórica y reciente, estudios previos que permitan dar un panorama general de la zona de estudio, así

como la información más específica sobre los tipos de suelo predominantes.

- ❖ Aplicar la técnica empírica H/V para la obtención de las frecuencias predominantes en los sitios seleccionados.
- ❖ Utilizar el método de arrays, para obtener perfiles de suelo debidamente caracterizados (velocidad de onda cortante y espesor de cada capa hasta identificar un suelo firme o roca en profundidad), que sean representativos de la zona en estudio.
- ❖ Usar un método numérico que permita la modelación de la respuesta en superficie de los perfiles de suelo, previa selección de las formas de onda de entrada o inputs que corresponden a los escenarios que se consideraran.
- ❖ Obtener espectros de respuesta en superficie y compararlos con los propuestos por la normativa vigente adaptados a los distintos emplazamientos donde se han realizado las medidas experimentales.
- ❖ Realizar la microzonificación sísmica en términos de incrementos de la intensidad macrosísmica de los distintos tipos de suelo respecto a la roca y representar estos resultados en forma de mapas, por medio de la interpolación de los incrementos obtenidos en los puntos de medida.

1.2.3. Microzonificación Sísmica De La Ciudad De Arequipa

Autor: Zenón Aguilar Bardales, Jorge E. Alva Hurtado

Fuente: Laboratorio Geotécnico del CISMID, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

País: Perú. - **Año:** 1990.

Se presenta una breve descripción de la geomorfología y geología de la ciudad de Arequipa, así como de algunas características geotécnicas de los suelos de cimentación y se presenta la metodología utilizada y los resultados obtenidos de los ensayos de medición de microtrepidaciones en más de 200 puntos en la ciudad.

Debido al origen volcánico de los suelos, en la ciudad de Arequipa se presenta una geología muy errática, encontrándose unidades de rocas ígneas intrusivas y extrusivas, tufos volcánicos, material piroclástico y materiales aluviales, los cuales poseen diversas características geotécnicas. Estas diferencias se reflejan en los valores de los períodos predominantes de vibración natural del suelo, obtenidos en los ensayos de medición de microtrepidaciones en esta ciudad, que varían de 0.10 a 0.45 seg.

En base a esta información se propone el mapa de curvas isoperíodos para la ciudad de Arequipa, que conjuntamente con la información geológica y geotécnica y la zonificación de daños del sismo de Arequipa del 16 de Febrero de 1979, han permitido proponer una zonificación sísmica preliminar de la ciudad de Arequipa.

Según los antecedentes históricos, en Arequipa existe una intensa actividad sísmica, teniéndose noticias de sismos ocurridos desde la

época incaica a través de informaciones recogidas por cronistas e historiadores. Así tenemos que:

- Entre los años 1471 a 1490, en la época del inca Túpac Yupanqui, ocurrió un terremoto que destruyó el primitivo asiento de la ciudad de Arequipa. Hubo erupción del volcán Misti (Silgado, 1978).
- En Enero de 1600 se produce la erupción del volcán Huaynaputina, dejando en tinieblas por varios días a la ciudad de Arequipa. La erupción provocó un terremoto que destruyó esta ciudad (Silgado, 1978).
- El 13 de Agosto de 1868 se produjo un terremoto que alcanzó una intensidad de XI en la escala de Mercalli Modificada, seguido de un gran Tsunami que arrasó gran parte del litoral peruano. Toribio Polo se refiere a este terremoto como uno de los mayores ocurridos en el Perú desde su conquista (Silgado, 1978).
- Dentro de los eventos sísmicos más recientes tenemos: el terremoto del 15 de Enero de 1958, que alcanzó una intensidad de VII MMI; el terremoto del 13 de Enero de 1960, que tuvo una intensidad de VIII MMI, y el terremoto del 16 de Febrero de 1979, que en la ciudad de Arequipa alcanzó una intensidad de VI MMI.

1.2.4. Zonificación Sísmico-Geotécnica para Siete (7) Distritos de Lima Metropolitana

Autor: Hernando Tavera, Isabel Bernal

Fuente: INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU - Dirección de Sismología

País: Perú.

Año: 2010.

La historia ha mostrado que la ciudad de Lima Metropolitana presenta un alto índice de ocurrencia de eventos sísmicos y, que de acuerdo a su magnitud, muchos de ellos han derivado en efectos secundarios como asentamientos, licuación de suelos, derrumbes, caídas de roca y tsunamis, que en conjunto, han propiciado el incremento de pérdidas humanas y materiales en sus Distritos (Silgado, 1978; Ocola, 1984; Huaco, 1985).

A partir de los años 80, la ciudad de Lima Metropolitana soporta procesos continuos de migración de la población proveniente de las provincias del interior del país y, debido a la falta de planificación urbanística y de acertadas políticas de Planeamiento, la población inmigrante ha ocupado áreas de alto riesgo ante la ocurrencia de peligros como los sismos y tsunamis, además de sus efectos secundarios. A estas condiciones se suma el hecho de que las viviendas son construidas de manera inadecuada, sin seguir ningún criterio de ordenamiento territorial y, mucho menos, respetando la Norma de construcción vigente (Norma E-030). Asimismo, en algunos distritos las viviendas se asientan en las laderas de cerros y ríos, cauces de quebradas secas y zonas de terrazas inundables sin medir su vulnerabilidad e incrementando, de este modo, el riesgo en dichas áreas.

En el año 2005, la Asociación Peruana de Empresas de Seguros (APESEG) y el Centro de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) realizaron un importante aporte para la mejora en la Gestión de Riesgos de Lima Metropolitana con el estudio de Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico en 42 Distritos de Lima y Callao, el mismo que se constituye como información primaria y de base para cualquier otra investigación o proyectos en Gestión de Riesgo en Lima

Metropolitana. Sin embargo, estos estudios no consideraron a los Distritos de Pucusana, Santa María, San Bartolo, Punta Negra, Punta Hermosa, Santa Rosa y El Agustino, y por ello, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) realiza su estudio a fin de completar la información para el total de los distritos que conforman la ciudad de Lima Metropolitana.

De acuerdo a los resultados obtenidos por APESEG y en este estudio, para Lima Metropolitana se requiere contar con un plan de planificación urbana y una rigurosa política de planeamiento en base a los mapas de Zonificación Sísmico - Geotécnica obtenido a partir del comportamiento dinámico del suelo (CDS) y que fueron propuestos en diversas investigaciones o proyectos desarrollados para tal fin.

1.2.5. “Mapa De Peligros, Plan De Usos Del Suelo Ante Desastres Y Medidas De Mitigación De La Ciudad De Huanchaco”

Autor: Arq. Teresa Vilcapoma Huapaya, Arq. Jenny Parra Small

Fuente: INDECI – TRUJILLO

País: Perú.

Año: 2011.

El Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI, viene ejecutan el Programa de Ciudades Sostenibles, a través del Proyecto INDECI – PNUD PER/02/051. Este proyecto se desarrolla a partir del siguiente concepto: “Una ciudad sostenible debe ser segura, ordenada, saludable, atractiva cultural y físicamente, eficiente en su funcionamiento y desarrollo, sin afectar el medio ambiente ni el patrimonio histórico – cultural, gobernable, y, como consecuencia de todo ello, competitiva”. Siendo los principales objetivos del Programa de Ciudades Sostenibles:

- Promover y orientar en las ciudades el crecimiento y densificación de las mismas sobre zonas físicamente seguras.
- Reducir el riesgo de las áreas de la ciudad que se densifican o expanden, para hacerlas competitivas a largo plazo, evitando que la capacidad productiva instalada sobre zonas más seguras sea destruida.
- Promover una cultura de preparación ante fenómenos naturales y antrópicos entre las autoridades, instituciones y población del país.

Por este motivo el Instituto Nacional de Defensa Civil, a través del Proyecto PER/02/051 Ciudades Sostenibles, y la Municipalidad Distrital de Huanchaco, han acordado formular de manera conjunta el estudio “Mapa de Peligros, Plan de Usos del Suelo ante Desastres y Medidas de Mitigación de la Ciudad de Huanchaco”. Diversas experiencias en todo el mundo demuestran que las acciones de prevención y mitigación son de mayor costo - beneficio que las acciones post desastre. En este contexto se enmarca el desarrollo del presente estudio, teniendo como meta la identificación de acciones y proyectos necesarios para mitigar el impacto de los fenómenos que pudiesen presentarse, mejorando así la situación de seguridad del distrito de Huanchaco.

1.2.6. “Zonificación de suelo subyacente en las Urbanizaciones San Andrés 5ta Etapa y San Vicente de Paul del Distrito de Víctor Larco Herrera”

Autor: Ing. Juan Pablo García Rivera

Fuente: Universidad Privada Antenor Orrego – TRUJILLO

País: Perú.

Año: 2001.

La Mecánica de suelos es una rama muy importante en la Ingeniería Civil, porque el suelo sirve de apoyo para las construcciones. Por lo expuesto mi interés en el estudio titulado “Zonificación de suelo Subyacente en las Urbanizaciones San Andrés 5ta Etapa y San Vicente de Paúl del distrito de Víctor Larco Herrera”, siendo este trabajo un aporte para la industria de la construcción y para los pobladores del lugar.

Este trabajo describe las técnicas de exploración y muestreo, el tipo de muestras extraídas, los ensayos realizados de campo y de laboratorio. También se estudiaron las teorías de capacidad de carga. El estudio se realizó suponiendo edificaciones del tipo viviendas de 1, 2, 3 niveles que son las existentes en la zona, para esto se tuvo que realizar los metrados de carga.

También se estudió los asentamientos que se producirían, los fenómenos de expansión de arcillas, licuación de arenas y ataque de sales.

Se presentan los planos de zonificación a diferentes profundidades, planos de perfiles, resultados de capacidad de carga y de asentamiento.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto de investigación se justifica por tres razones:

a) **Académica:** Porque consiste en averiguar, indagar e investigar toda información referente a la calidad y resistencia del suelo, queriendo saber todos los puntos clave de las diferentes zonas del Litoral Costero del distritos de Salaverry a través de un mapeo, basándonos en libros como:

- Eulalio Juárez Badillo (2005) mecánica de suelos I: Fundamentos de la Mecánica de suelos. México: Editorial Limusa, 2005
- Gonzales de Vallejo (2002) Ingeniería Geológica : Editorial Madrid (2002)
- Guía de Zonificación Costera para el Ordenamiento Territorial Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE) Primera Edición, Agosto 2011
- Instituto de Investigación en Desastres y Medio Ambiente (IIDMA). “Mapa de Peligros de la Ciudad de Trujillo y Zonas Aledañas”
- Norma Técnica de Edificaciones E050 Suelos y cimentaciones

Así como también de páginas en internet, revistas y tesis de antes ya expuestas.

b) **Social:** Porque beneficiara a los pobladores de las zonas estudiadas, con un mejor conocimiento del estudio de suelos, sobre su comportamiento, características y resistencia que nos brinda cada zona ya mencionada, como también para proyectos que se puedan ejecutar en dichas zonas costeras.

c) **Tecnológica:** En esta parte se creará formatos de Microsoft Excel que lo utilizaremos para el llenado de los ensayos realizados en el Laboratorio

Aportes

- Clasificar cada zona según el tipo de suelo que posee, mediante estudios mecánicos (físicos – químicos), realizados en un laboratorio.
- Elaborar una guía ilustrada de cómo construir una edificación en zonas aledañas.

1.4. OBJETIVOS

1.2.1. General

Elaborar un Mapa de Microzonificación Geotécnica empleando el Penetrómetro Dinámico Liviano (DPL) para obtener la capacidad portante del suelo en los sectores de: Salaverry, Aurora Díaz 1 y 2, Fujimori y Luis Alberto Sánchez del distrito de Salaverry, provincia de Trujillo - departamento de La Libertad.

1.2.2. Específicos

- ❖ Realizar una clasificación de suelos sistemática y homogénea, para todas las zonas de estudio.
- ❖ Evaluar la resistencia y el comportamiento mecánico del suelo.
- ❖ Interpretar los puntos claves de los sectores con mayores riesgos.
- ❖ Determinar un área razonable para elaborar un mapa de peligros.
- ❖ Determinar el perfil estratigráfico para cada sector según su clasificación de suelos.
- ❖ Evaluar los Peligros Naturales y Antropogénicos del área de estudio, representándolos en sus mapas respectivos.

Obtenido los objetivos planteados para este Proyecto de título, se sugerirán nuevas líneas de investigación que permitan ampliar el campo de conocimiento del tema investigado en la presente publicación.

1.5. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO GEOGRÁFICO

Para la descripción del entorno geográfico de las zonas de estudio se procedió a describir como punto de referencia a la provincia de Trujillo, dando paso así posteriormente a identificar y describir brevemente la zona de estudio de Salaverry con sus respectivos sectores como son: Salaverry, Luis A. Sánchez, A. Fujimori y Aurora Díaz "I" y "II".

1.4.1. PROVINCIA DE TRUJILLO

Trujillo es una provincia de la costa norte del Perú, situada en la parte central y occidental del departamento de La Libertad. Limita al norte con la provincia de Ascope, al este con la Provincia de Otuzco, al sur-este con la provincia de Julcán, al sur con la provincia de Virú y al oeste con el océano Pacífico.

La provincia de Trujillo se encuentra a una altitud de 34 metros sobre el nivel del mar, y cuenta con una superficie de 1.769 km².

En el siguiente cuadro se presenta la distribución de la población provincial en los 11 distritos que la conforman y algunos datos adicionales.

Provincia de Trujillo							
Distritos que conforman la Provincia de Trujillo ⁴	Datos por cada Distrito ⁵						
	Altitud media (msnm)	Distancia (aprox.) a Trujillo (km)	Ubigeo ⁶	Superficie (km ²)	Densidad (hab / km ²)	Población Año 2007	Población Año 2012 (Estimada) ⁷
1. Trujillo	34	0	130101	39,36	7.035,5	294.899	315.410
2. Victor Larco Herrera	3	5	130111	18,02	7.035,5	294.899	100.845
3. La Esperanza	77	4	130105	18,64	7,8	151.845	173.163
4. El Porvenir	90	4	130102	36,7	3.609,29	140.507	170.108
5. Huanchaco	23	12	130104	333,9	114,2	44.806	59.001
6. Florencia de Mora	85	5	130101	1,99	18.802,5	40.014	41.965
7. Laredo	89	7	130106	335,44	96,17	32.825	34.976
8. Moche	4	7	130107	25,25	1.146,7	29.727	33.187
9. Salaverry	3	14	130109	390,55	33,67	13.892	16.658
10. Poroto			130108		7.035,5	3.601	3.413
11. Simbal			130110			4.082	4.310
Provincia de Trujillo	-	-	1301	1.768,65	459,1	811.979	914.036

Fuentes:
Población 2007 : Censo 2007 INEI⁸
Población estimada 2012 : Estimaciones de población INEI⁹

Gráfico 2: Población de la provincia de Trujillo

Partiendo de este cuadro procedemos a la descripción de la zona donde se realizara los estudios pertinentes, que darán paso a una Microzonificación Geotécnica empleando el Penetrómetro Dinámico Liviano (DPL) en los sectores de: Salaverry, Luis A. Sánchez, A. Fujimori y Aurora Díaz “I” y “II”; del distrito de Salaverry de la Provincia de Trujillo – Departamento de la Libertad.

1.4.2. DISTRITO DE SALAVERRY:

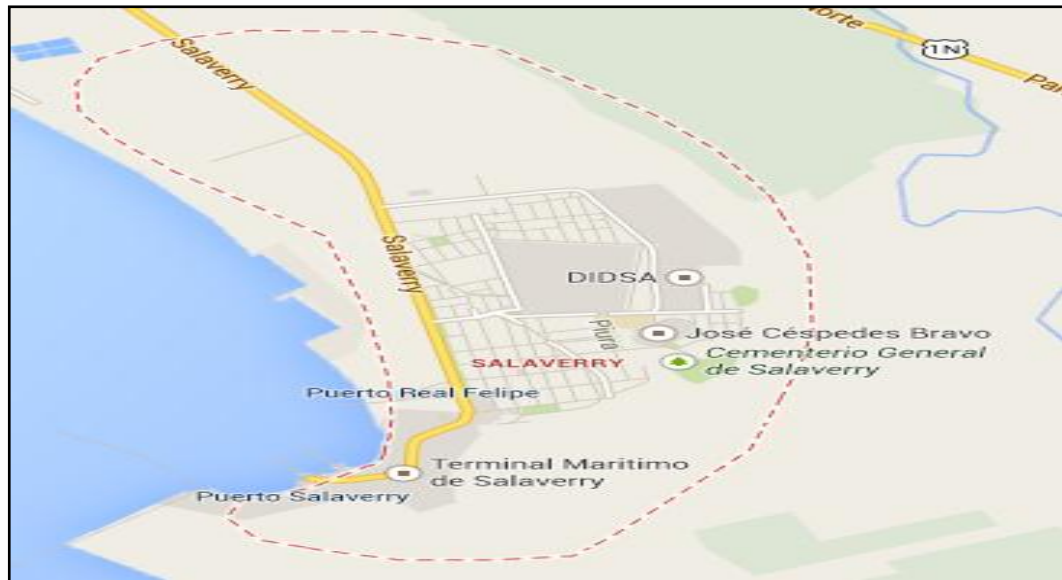


Figura 1: Distrito de Salaverry

a) Ubicación geográfica

Ubicada sobre la costa del Pacífico, a 550 Km. al norte de Lima, a la margen derecha del río Moche, en el antiguo valle de “Chimo”, hoy Valle de Moche o Santa Catalina. Tierra de clima benigno y de escasas lluvias, con una temperatura moderada que varía entre 14° y 30 °C debido a la corriente litoral de Humbolt.

b) Ubicación política

El distrito de Salaverry se encuentra ubicado en la provincia de Trujillo del departamento La Libertad.

c) Altitud

Salaverry se encuentra ubicado a 14 km al sur de Trujillo a los 8°13'12” de latitud sur y a 78°14'12” de longitud oeste.

d) Extensión

Tiene una extensión de 279 km y una altitud de 3 msnm. Actualmente es uno de los puertos comerciales más activos del país.

e) Área de Estudio

El área de Estudio del Proyecto de Tesis estudiado es de 72 000 m² (72 ha.)

f) Delimitación del Entorno Estudiado

El presente trabajo de investigación se delimita a estudiar la problemática de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos que poseen los 4 sectores de estudio: Salaverry, Luis A. Sánchez, A. Fujimori y Aurora Díaz “I” y “II”; del distrito de Salaverry de la Provincia de Trujillo.

g) Población

La población era netamente oriunda hasta el año 1960, cuando en el Puerto de Salaverry se exportaba azúcar en saco, se necesitaba gente cargadora para transportar el azúcar hasta el barco, en ese momento las personas de la sierra comenzaron a emigrar para trabajar como cargadores, desde ese entonces la población se integró y ahora podemos encontrar personas de la sierra como netamente de Salaverry.

Según los resultados del censo de población y vivienda del año 2007, la población del distrito Salaverry para ese año era de 13 892 habitantes.

Para el año 2011 se tuvo una población estimada en el distrito de Salaverry de 7.097 habitantes según datos estadísticos del sitio web oficial de la Gerencia Regional de Salud La Libertad, organismo que tiene los datos más actualizados de población de la región debido a que sus metas

de atención está determinado por el número de habitantes por cada área geográfica de su jurisdicción.

h) Clima

El distrito de Salaverry se caracteriza por su clima árido y semi cálido, con una temperatura media máxima de 30°C, y una mínima de 14°C con presencia de lluvias. No obstante, cuando se presenta el fenómeno de El Niño, el clima varía, aumentando peligrosamente el nivel de precipitaciones y la temperatura se eleva sobrepasando en algunos casos la media máxima.

i) Geomorfología

La Geomorfología del distrito de Salaverry, se puede clasificar como una unidad morfológica de zona de Pampas o Planicies Costeras, por ubicarse dentro del valle Chicama, con un relieve más o menos plano y a pocos metros sobre el nivel del mar (31.115 msnm).

j) Geotecnia

El terreno de la ciudad de Trujillo, se ubica en la Placa Sudamericana, la cual se encuentra en convergencia con la Placa de Nazca, la misma que tiende a un desplazamiento por debajo de la Placa Sudamericana. El movimiento de las placas ocurre en la zona de subducción, donde se genera energía que se convierte en ondas que viajan y dan origen a sismos.

CAPITULO II. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MICROZONIFICACION

La microzonificación consiste en establecer zonas de suelos con comportamiento similar, de manera que puedan definirse allí, recomendaciones precisas para el diseño y construcción de edificaciones en relación a la calidad del tipo de suelo existente. Para cada una de las zonas, además de especificarse la capacidad portante del suelo y tipo de suelo que esta presenta, deben identificarse los tipos de desastres asociados que pueden desencadenarse a raíz de las deficiencias del suelos en los que se está llevando a cabo proyectos civiles, como son las fallas por punzonamiento o hasta el posible colapso. La definición de estas zonas se hace con base en criterios topográficos, estratigráficos, espesores y rigidez relativa de los materiales, entre otras características de los suelos.

Por ejemplo, en los sitios donde la topografía es plana y con suelos granulares, en los depósitos conformados principalmente por materiales arenosos, especialmente cuando se trata de arenas limpias, sueltas ubicadas menos de 15 metros de profundidad y con niveles freáticos altos, existe la posibilidad de que se presente el fenómeno llamado licuación, en el cual se pierde toda la capacidad de soporte del suelo presentándose grandes asentamientos del terreno y generando volcancitos de arena y hundimiento de las edificaciones que estén localizadas sobre estos.

Con base en el mapa de microzonificación, una ciudad puede adelantar la planificación de su desarrollo, teniendo en cuenta las restricciones a los tipos de construcción y los parámetros de diseño definidos para las diferentes zonas de la ciudad.

De acuerdo con la caracterización de unidades geotécnicas y teniendo en cuenta los aspectos relacionados a la geología local, se propone una microzonificación Geotécnica de los suelos del Distrito de Salaverry. En diferentes sectores de la ciudad, las propiedades físicas y mecánicas de los suelos superficiales y en algunos casos datos del subsuelo que permitan distinguir hasta 4 zonas de riesgo: Alto, mediano, moderado, bajo.

2.2. MAPA DE PELIGROS

Es el resultado de la superposición de mapas de amenazas naturales y Antropogénicos, elaborados para una determinada área geográfica, esos mapas han sido realizados con los respectivos estudios geológicos “in situ” y la información histórica.

De acuerdo con los resultados de los análisis y ensayos de caracterización y determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las muestras recolectadas, se han caracterizado los siguientes tipos de suelos: (el sistema de clasificación empleado para el presente trabajo, está basado en el Sistema de Clasificación Unificado (S. U. C. S.).

En primer término presentaremos de manera sintética los diferentes suelos que han podido ser diferenciados en base a las características granulométricas y valores de capacidad portantes.

- ❖ **SUELO I:** Constituido por rocas Pre-terciarias, con características muy estables de resistencia; por lo tanto presentan valores de capacidades portantes mayores a 3.0 kg/cm².

- ❖ **SUELO II:** Caracterizado por suelos granulares, gravosos con matriz limo-arenosa bien compactos, la presencia del nivel freático se encuentra a profundidades mayores a 30 mts., presentando capacidades portantes mayores a 2.50 kg/cm².

Estos suelos están caracterizados por gravas de formas angulosas mezcladas con arenas aluviales, con tallas de gravas comprendidas entre 4.74 mm - 76.20 mm; para el caso de las arenas, están comprendidas entre la fracción de 4.76 mm - 0.74 mm.

- ❖ **SUELO III:** Gravas y arenas poco compactas, presencia de materiales piroclásticos, estratificados, predominantemente constituido por arenas media a finas, determinándose los valores de capacidad portantes menor o igual 2.0 kg/cm².

Están caracterizados por la presencia de arenas, con un alto porcentaje de materiales finos con diámetros menores a 0.74 mm, los cuales pueden o no presentar características plásticas.

- ❖ **SUELO IV:** Condiciones de suelo más desfavorable por la presencia predominante de materiales piroclásticos y niveles freáticos superficiales, con previsibles consecuencias de asentamientos del terreno; presentando valores de capacidades portantes inferiores a 1.0 kg/cm².

Estos materiales (limo orgánicos), están caracterizados por partículas de tamaños menores a 0.74 mm, sin presentar propiedades plásticas, por lo que no corresponderían a la fracción de arcillas.

De acuerdo con la tipología de los suelos mencionada presentaremos una microzonificación, tomando en cuenta la potencialidad de riesgo sísmico que pueda inducir el suelo en las edificaciones; la simbología en el mapa es: zonas de alto riesgo (color rojo), mediano riesgo (color anaranjado), moderado riesgo (color amarillo), bajo riesgo (color verde).

2.3. METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN.

2.3.1. MÉTODO GENERAL SIMPLIFICADO

- Lo primero que se debe hacer es delimitar el área de estudio, debe ser la ciudad actual y las posibles zonas de expansión.
- Se determinan los fenómenos naturales y Antropogénicos que amenazan el área de estudio, usando los estudios geológicos “in situ” y los datos históricos que se tengan a la mano.
- Para cada fenómeno identificado, se evalúa su grado de amenaza: muy alto, alto, medio y bajo, y se fija sus límites geográficos de incidencia.
- En un mapa patrón se superponen los efectos de todos los mapas estudiados, considerando prioritariamente el peligro de mayor grado en cada sector.
- El mapa resultante del paso anterior, debe exponer los sectores clasificados en 4 niveles de amenaza, representados por los colores indicaciones de la tabla 1.1

Tabla 2: Grado de Peligro

GRADO DE PELIGRO	CARACTERÍSTICAS	RESTRICCIONES Y RECOMENDACIONES DE USO
Color Rojo: ALTAMENTE PELIGROSO	<ul style="list-style-type: none"> a) Deficiente capacidad portante en el suelo. b) Las fuerzas naturales o sus efectos son tan grandes que las construcciones efectuadas por el hombre no se pueden resistir. c) De ocurrir el fenómeno las perdidas llegarán al 100%. d) El costo para reducir los daños es alto. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Prohibido su uso con fines Urbanos ❖ Se recomienda usarlo como reservas ecológica, recreación abierta para plantas de ciclo corto
Color Naranja: PELIGROSO	<ul style="list-style-type: none"> a) La amenaza natural es alta pero se puede tomar medidas efectivas de reducción de daños a costos aceptables, utilizando técnicas y materiales adecuados 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Se permite su uso urbano después de estudios detallados por especialistas con experiencia. ❖ Recomendable para usos urbanos de baja densidad
Color Amarillo: PELIGRO MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> a) Suelos de moderada capacidad portante. b) El costo para reducir los daños no es muy alto. c) Amenaza natural moderada 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Adecuado para uso urbano. ❖ Investigaciones Geotécnicas normales
Color Verde: PELIGRO BAJO	<ul style="list-style-type: none"> a) Suelo de aceptable capacidad portante. b) Construcciones de acorde con el tipo de suelo de la zona. c) Remota posibilidad de fenómenos intensos o falla gradual del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ideal para uso urbano de alta densidad u ubicación de edificios indispensables como Hospitales, Centros educativos, PNP, Bomberos, etc

2.3.2. MECÁNICA DE SUELOS

La mecánica de suelos y la geología son estudios básicos necesarios en el desarrollo de la metodología de microzonificación.

Los estudios de suelos son relativamente costosos, así que la ubicación de los puntos de prospección debe ser cuidadosamente escogida de acuerdo al estudio previo de la geología. Si se trata del desarrollo de complejos arquitectónicos, se requiere la distribución de las edificaciones (plot plan), incluyendo los pesos estimados para determinar la profundidad de exploración. La capacidad portante del suelo a nivel de cimentación y la profundidad del nivel freático son dos de los datos más importantes que se deben determinar en cualquier programa de exploración del suelo.

Dentro de los estudios geológicos y de mecánica de suelos en general, se consideran los fenómenos geológico-climáticos que incluyen posibles fallas de suelos. Estas se originan por las vibraciones producidas por sismos, como la licuación que ocurren en suelos granulares saturados y sueltos; o por fallas de taludes o pendientes inclinadas, cuando la carga se incrementa y la capacidad de corte se reduce, por vibraciones sísmicas o por humedecimiento del suelo. Los cambios en las propiedades del suelo provocados por el agua pueden causar expansión o colapso de mismo, ocasionando levantamientos o hundimientos y la subsecuente falla de las construcciones.

Para prevenir daños a la cimentación y a las superestructuras debe estudiarse la presencia de sales que pueden disolverse en contacto con el agua, creando oquedades en el subsuelo, causando

hundimientos o incrementando la agresividad química del suelo contra el concreto.

Los estudios de estas fallas se mapean, indicando los límites de los diferentes grados de intensidades con que ocurren; datos con los que se prepara el mapa de peligros.

2.3.2.1. RECONOCIMIENTO:

Etapa en la que se recopila la información básica que tenemos en los planos, nos ubicamos en las zonas en que vamos a realizar los estudios y hacemos un recorrido del área.

Esta fase de la microzonificación es muy importante porque recorriendo el lugar vamos a tener una idea clara y precisa de cómo es el suelo en su superficie, así observamos si las calles están pavimentadas, que tipos de pavimentos tienen, donde existen áreas verdes, donde existen áreas sin construir y a que están destinadas, etc. Todos estos datos los registraremos en una libreta de campo.

Estos datos van a ser unos de los índices que determinaran el tipo de instrumentos o equipo a usar en nuestro proyecto.

También se puede incluir en esta etapa el estudio de mapas geológicos y de datos de sondeos realizados anteriormente en las proximidades del lugar, de los que puede deducirse una idea general sobre las condiciones probables del subsuelo.

2.3.2.2. EXPLORACION DE SUELOS

En el diseño y la construcción de una edificación es necesario realizar la exploración del lugar seleccionado. Del tamaño del proyecto dependerá la complejidad de la exploración. Sin embargo siempre es necesario llevarla a cabo aun cuando la obra sea pequeña.

Los objetivos de la exploración de campo son:

Evaluar la conveniencia general del lugar.

- Permitir la preparación de un diseño adecuado y económico.
- Planear el método de construcción, predecir y contrarrestar las dificultades que pueden surgir durante y post construcción.
- Determinar las variaciones de las condiciones del terreno.

1) **Calicatas.**

Consisten en excavaciones de formas diversas (pozos, zanjas, rozas, etc.), realizadas mediante medios mecánicos convencionales, que permiten la observación directa del terreno a cierta profundidad, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ. Este tipo de reconocimiento del terreno permite acceder directamente al terreno para tomar datos litológicos del mismo, así como tomar muestras de gran tamaño para la realización de ensayos. Este tipo de excavaciones presentan las siguientes limitaciones:

- ✓ Profundidad de reconocimiento moderada (<3 ó 5 m.)
- ✓ Los terrenos han de ser excavables con medios mecánicos.
- ✓ Ausencia de nivel freático o, al menos, aportaciones de agua moderada en terrenos de baja permeabilidad.
- ✓ Ausencia de instalaciones, conducciones, cables, etc.
- ✓ Deben evitarse cuanto puede deteriorarse el terreno de apoyo de las futuras cimentaciones o cuando puedan crearse problemas de inestabilidad en estructuras próximas. Los resultados de este tipo de reconocimientos se registran en estadillos en los que se indica la profundidad, descripción litológica, discontinuidades, presencia de filtraciones, situación de las muestras tomadas y fotografías

Al momento de realizar una calicata es necesario registrar la ubicación y elevación de cada una de ellas, las que son numeradas según la ubicación. Si un pozo programado no se ejecuta, es preferible mantener el número del pozo en el registro como "no realizado" en vez de volver a usar el número en otro lugar, para eliminar confusiones.

La profundidad está determinada por las exigencias de la investigación.

La sección mínima recomendada es de 0,80 m por 1,00 m, a fin de permitir una adecuada inspección de las paredes. El material excavado deberá depositarse en la superficie en forma ordenada separado de acuerdo a la profundidad y horizonte correspondiente. Debe desecharse todo el material contaminado con suelos de estratos diferentes.

Se dejarán plataformas o escalones de 0,30 a 0,40 metros al cambio de estrato, reduciéndose la excavación. Esto permite una superficie para efectuar la determinación de la densidad del terreno. Se deberá dejar al menos una de las paredes lo menos remoldeada y contaminada posible, de modo que representen fielmente el perfil estratigráfico de la calicata.

En cada calicata se deberá realizar una descripción visual o registro de estratigrafía comprometida.

A cada calicata se le deberá realizar un registro adecuado que pasará a formar parte del informe respectivo. La descripción visual de los diferentes estratos se presentará en el formato y deberá contener, como mínimo, toda la información que allí se solicita.

2) **Sondeos mecánicos.**

Son perforaciones de pequeño diámetro que permiten reconocer la naturaleza y localización de las diferentes capas del terreno. Dichas perforaciones pueden realizarse a presión (suelos blandos), percusión (gravas, materiales cementados) o rotación (rocas, suelos duros), con diámetros que oscilan habitualmente entre 65 mm. y 140

mm. y que sirven para la extracción y reconocimiento del terreno (testigos), para la obtención de muestras del terreno mediante útiles apropiados (toma muestras) y para la realización de algunos ensayos in situ. En suelos no muy duros con cierta cohesión, se emplean a veces los sondeos helicoidales con barrena maciza o hueca, sobre todo cuando sólo se requieren muestras alteradas. Eventualmente también pueden extraerse muestras inalteradas si el terreno se mantiene estable sin entubación o a través de las barrenas huecas.

Los sondeos con barrena helicoidal se emplean en suelos relativamente blandos y cohesivos, no siendo operativos para suelos duros o cementados.

Principios de los Penetrómetros Dinámicos.

Actualmente, existe una amplia gama de equipos de ensayos para la exploración del suelo. Dichos instrumentos son utilizados dependiendo de los requerimientos que solicite el proyecto en desarrollo. Comúnmente en la ingeniería civil se utilizan principalmente los ensayos de tipo dinámicos, los cuales obtienen su energía mediante la aplicación de golpes para penetrar el suelo. Dentro de la gama de equipos de tipo dinámico, se pueden encontrar distintos equipos como los que se puede apreciar en la siguiente mapa conceptual.

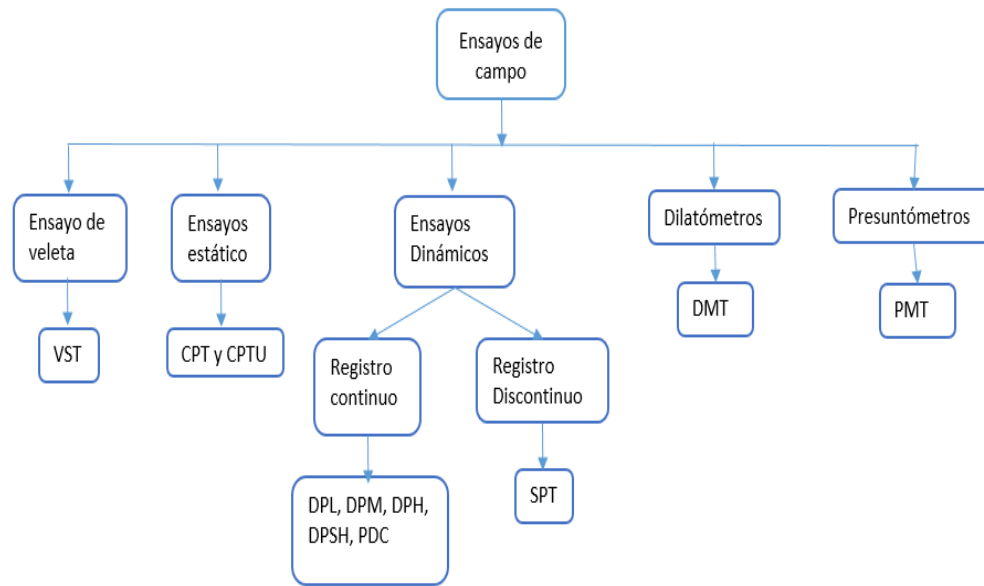


Gráfico 3: Tipos de Ensayos de Campo

Alcances y profundidad de la exploración.

La expresión sondeando se usa para indicar un registro continuo en contraste con la Prueba de Penetración Estándar (SPT). El objetivo de la prueba dinámica es medir el esfuerzo exigido al manejar un cono a través del suelo para obtener la resistencia que corresponde a las propiedades mecánicas del suelo. Se recomienda cuatro procedimientos:

Prueba Dinámica Ligera (DPL) representando el más bajo rango de masa de Penetrómetro dinámico usado mundialmente; la profundidad de investigación, para obtener resultados confiables es de 8 m aproximadamente. Emplea un martillo de 10 kg. NTP 339.159 (2001).

Prueba Dinámica Media (DPM) representando el rango medio de masa; con profundidades de investigación generalmente no mayores de 20 a 25 m aproximadamente. Emplea un martillo de 30 kg.

Prueba Dinámica Pesada (DPH) representando el rango medio de masa pesada y masa muy pesada; la profundidad de investigación generalmente no mayor que 25 m aproximadamente. Emplea un martillo de 50 kg.

Prueba Dinámica Superpesada (DPSH) representando el más alto rango de masa de Penetrómetro Dinámico y simulando las dimensiones del SPT estrechamente; la profundidad de investigación puede ser mayor de 25 m. Emplea un martillo de 63.5 k

La información generada por la exploración del lugar está relacionada con los depósitos sub-superficiales de rocas y suelos. El objetivo consiste en obtener un modelo tridimensional del lugar, que se extienda tanto lateral como verticalmente, para incluir todos los estratos que puedan llegar a afectarse por las variaciones de cargas, producidas por la construcción propuesta.

Debido a las características de la experiencia, sólo se enfocará una descripción del equipo DPL (Dynamic Penetrometer Light) el cual se usará para realizar las mediciones in situ.

2.3.2.3. DEFINICIONES

En Principios generales y Nomenclatura

En general se emplea un martillo de masa M dejado caer desde una altura de caída H , para introducir una sonda puntiaguda cónica. El martillo golpea una base conectada rígidamente a la barra. La resistencia de penetración se define como el número de golpes necesarios para que el penetrómetro ingrese una distancia definida. La energía de un golpe es la masa del martillo considerando la aceleración de la gravedad y la altura de caída ($M.g.H$). Los resultados de diferentes tipos de pruebas dinámicas pueden ser representados (y/o comparados) como valores de la resistencia q_d o r_d .

Las ecuaciones para r_d y q_d , según formulas holandesas son:

$$r_d = \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e}$$
$$q_d = \frac{M}{M + M'} \cdot \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e}$$

Dónde:

- r_d y q_d : son valores de resistencia en Pa, KPa o MPa
- M : Masa del martillo
- M' : Masa total de las barras, la base y el tubo guía
- H : Altura de caída
- e : Penetración promedio por golpe

- A: Área de la base del cono
- g: Aceleración de gravedad

El sondeo dinámico es principalmente usado en suelos poco cohesivos. Interpretando los resultados de la prueba obtenidos en suelos cohesivos y en suelos a grandes profundidades, se deben tomar precauciones cuando la fricción a lo largo de las barras es importante. Los sondeos dinámicos pueden usarse para detectar las capas suaves y localizar las capas duras como, por ejemplo, en suelos poco cohesivos para la resistencia en la punta de los pilotes (DPH, DPSH). En relación con la perforación, la presencia de suelos con gravas puede ser evaluada en condiciones favorables. También pueden usarse los resultados del DPL para evaluar trabajabilidad y laborabilidad de los suelos.

Después de la calibración apropiada, pueden usarse los resultados del sondeo dinámico, para conseguir una indicación de las propiedades de la ingeniería de los suelos, como por ejemplo:

- ✓ Densidad relativa
- ✓ Compresibilidad
- ✓ Resistencia al esfuerzo cortante
- ✓ Consistencia

Por el momento, la interpretación cuantitativa de los resultados incluyendo predicciones de capacidad portante restringidas, permanecen solamente para suelos poco cohesivos; tiene que

tener en cuenta que el tipo de suelo de poca cohesión (distribución de tamaño de grano, etc.) puede influir en los resultados del ensayo.

Clasificación

Los diferentes equipos de penetración DPL, DPM, DPH y DPSH, se deben utilizar en forma apropiada dependiendo de las diferentes topografías, condiciones geológicas y propósitos de la investigación. A continuación se describe los procedimientos de prueba, medidas y registros. Los datos técnicos de los equipos se resumen en el Cuadro 2.3.1. Pueden requerirse otros tipos de equipo con propósitos especiales o con dimensiones del cono diferentes.

Tabla 3 : Datos Técnicos del equipo

Características del equipo	Factor	Procedimiento de Ensayos			
		DPL	DPM	DPH	DPSH
<i>Características del martillo</i>	Peso del martillo, kg	10±0.1	30±0.3	50±0.5	63.5±0.5
	Altura de caída, m	0.5±0.01	0.5±0.01	0.5±0.01	0.75±0.02
	Masa de guía y yunque (máx.), Kg	6	18	18	30
	Rebote (máx.), %	50	50	50	50
	Relación Largo a diámetro (D) del martillo	1 ≤ ≤2	1 ≤ ≤2	1 ≤ ≤2	1 ≤ ≤2
	Diámetro del yunque (d), mm	100<d<0.5D	100<d<0.5D	100<d<0.5D	100<d<0.5D
	Longitud de la varilla, m	1±0.1%	1-2±0.1%	1-2±0.1%	1-2±0.1%
	Masa máxima de la varilla, Kg/m	3	6	6	8
	Desviación máxima de la varilla en los primeros 5 m, %	0.1	0.1	0.1	0.1

<i>Características de la Varilla</i>	Desviación máxima de la varilla debajo de los 5 m, %	0.2	0.2	0.2	0.2
	Excentricidad de la varilla (máx.), mm	0.2	0.2	0.2	0.2
	Diámetro exterior de la varilla, mm	22±0.2	32±0.3	32±0.3	32±0.3
	Diámetro interior de la varilla, mm	6±0.2	9±0.2	9±0.2	-
<i>Características del Cono</i>	Angulo del cono, grados	90	90	90	90
	Área nominal del cono, cm ²	10	10	15	20
	Diámetro del cono nuevo, Mm	35.7±0.3	35.7±0.3	43.7±0.3	51±0.5
	Diámetro del cono gastado, mm	34	34	42	49
	Longitud tramo recto del cono, mm	35.7±1	35.7±1	43.7±1	51±2
	Angulo de la parte inclinada del cono, grados	11	11	11	11
	Longitud de la punta del cono, mm	17.9±0.1	17.9±0.1	21.9±0.1	25.3±0.4
	Desgaste máx. de la longitud de la punta del cono, mm	3	3	4	5
<i>Penetración</i>	Número de golpes por cm. de penetración	10 cm.; N10	10cm.; N10	10cm.; N10	20 cm.; N10
	Rango estándar del N° de golpes	3 – 50	3 – 50	3 – 50	5 – 100
<i>Energía por golpe</i>	Trabajo específico por golpe, MgH/A kJ/m ² .	50	150	167	238

2.3.3. CORRELACIÓN ENTRE EL “DPL” Y EL “SPT”

Para motivos del presente estudio se llevará a cabo la correlación entre el Penetrómetro Dinámico Ligero y su similar el Ensayo de Penetración Estándar (SPT). Por lo tanto se ha de desarrollar con la siguiente formula:

$$W_o = N * W * H = q_{din} * A * E$$

$$q_{din} = \frac{N_{spt} * W_{spt} * H_{spt}}{A_{spt} * E_{spt}} = \frac{N_{dpl} * W_{dpl} * H_{dpl}}{A_{dpl} * E_{dpl}}$$

$$N_{spt} = N_{dpl} * \frac{* W_{dpl} * H_{dpl} * A_{spt} * E_{spt}}{A_{dpl} * E_{dpl} * W_{spt} * H_{spt}}$$

FACTORES DE CORRECCIÓN

Los resultados del ensayo deben corregirse a partir de consideraciones que tienen en cuenta la energía, por lo tanto, el valor que se obtiene del N_{campo} debe incluir los siguientes factores:

$$N_{cor} = CN * n1 * n2 * n3 * n4$$

Donde,

N_{cor} = valor del N campo corregido

CN = factor de corrección dado por la sobrecarga efectiva del suelo

$n1$ = factor de corrección por energía del martillo

$n2$ = factor de corrección por longitud de la varilla

$n3$ = factor de corrección por resistencia interna del toma muestras

$n4$ = factor de corrección por diámetro de la perforación

De acuerdo con la literatura disponible relacionada con el tema, los factores $n1$, $n2$, $n3$ y $n4$ se pueden asumir iguales a

1 y solo se efectuaría la corrección por confinamiento debido a que existen unas condiciones predeterminadas en campo bajo las cuales se realiza el ensayo, es decir, longitudes de varillas iguales o mayores a 10 metros y diámetros de perforación relativamente pequeños (60-120) mm. Sin embargo, existen correlaciones que requieren trabajar con diferentes energías de referencia, por lo que el factor n_1 se ajustará para fines del presente artículo.

a) **Factor de corrección por energía**

Este factor representa el rendimiento del impacto del martillo sobre el cabezal de golpeo, se define como:

$$N_1 = E_r / E_{60}$$

Donde,

E_{60} es el valor de la energía de referencia base que usualmente es 60%

E_r es el valor de la energía de referencia de la barra

En la Tabla 4 se observan los factores de corrección donde se observa que E_r varía de acuerdo con los equipos y su uso en diferentes países, en el caso de Perú usualmente se trabaja con una E_r de 45%.

Tabla 4: Factor de Corrección por Energía

País	Energía de la barra (ER)	Factor de corrección para 60% ER
Japón	78%	78/60 = 1.30
EEUU	60%	60/60 = 1.00
Argentina	45%	45/60 = 0.75
China	60%	60/60 = 1.00

Tabla 5: Otros factores:

Factor	Variable	Símbolo	Corrección
Longitud de varillaje	0-4m	n2	0.75
	4-6m		0.85
	6-10m		0.95
	>10m		1
Muestreo	-Sin revestimiento	n3	1
	-Con revestimiento:		0.8
	-Arena densa, arcilla		0.9
Diametro de perforación	65 – 115 mm.	n4	1
	150 mm.		1.05
	200mm.		1.15

b) Factor de corrección por confinamiento

Existen diferentes propuestas para el cálculo de este factor de corrección, sin embargo la siguiente expresión propuesta por Liao y Whitman (1986)⁶, es la que se utiliza comúnmente, representa aproximadamente el promedio de dichas expresiones y es la más fácil de utilizar.

$$CN = \left(\frac{95.76}{\sigma'_{vo}} \right)^{0.5}$$

Donde σ' (kPa) es el esfuerzo efectivo vertical a la profundidad donde se desea obtener el valor del N corregido. En general se recomienda $CN \leq 2.0$ por lo que para efectos del presente artículo cuando se obtengan valores superiores a 2.0 en este factor, se tomará este último valor con el fin de no incurrir en sobre estimaciones en los parámetros que se van a analizar.

c) Corrección por Nivel Freático

Si se permite que el nivel del agua en el sondeo sea inferior al freático, lo que fácilmente puede ocurrir cuando se saca rápidamente las barras de perforación, se crea un gradiente hidráulico ascendente en la arena que está debajo del sondeo. En consecuencia, la arena puede convertirse en movediza y su compacidad relativa puede reducirse bastante. Por lo tanto si llamamos N al número de golpes registrados en un

ensayo realizado por debajo del nivel freático, el valor equivalente N' que debe considerarse en el cálculo que está dado por la expresión siguiente debida a Terzaghi y Peck.:

$$N' = N + 0.5(N - 15) \text{ para } N > 15$$

$$N' = N \text{ para } N \leq 15$$

d) Ángulo de fricción

Tabla 6: Correlación para obtener el ángulo de fricción

correlaciones para obtener el ángulo de fricción	Referencia
$F' = 23,7 + 0,57N_{60} - 0,0006(N_{60})^2$	Meyerhof, 1965
$F' = 27,1 + 0,30N_{60} - 0,00054(N_{60})^2$	Peck, Hanson & Thornburn, 1974
$\phi' = \tan^{-1}[N_{60}/32,5]^{0,34}$	Schmertmann, 1975
$\phi' = \sqrt{20N_{60}} + 20$	Hatanaka & Uchida, 1996

2.3.4. EQUIPO

Características generales del equipo DPL.

El equipo de sondaje DPL corresponde, como se detalló en anteriormente en el mapa conceptual, a un ensayo del tipo “dinámico con registro continuo”, los cuales generan mediciones constantes de la resistencia del suelo a diferencia de los basados en registros discontinuos que miden la cantidad de golpes de modo intercalado (un tramo es medido y el siguiente no).

Los equipos pertenecientes a la categoría de ensayos dinámicos se basan en el supuesto el cual, la resistencia del terreno actúa sólo en la punta y no

a lo largo de las barras metálicas que componen el equipo. Dicha resistencia, que produce el suelo en la punta del equipo de sondaje, se le conoce como resistencia "Rd". Las características generales del equipo se encuentran especificadas en la normativa ISO 22476-2:2005.

El sistema DPL se encuentra compuesto de los siguientes elementos:

- 1) **Cono Dinámico:** Pieza metálica cilíndrica de dimensiones estandarizadas, la cual está en contacto directo con el suelo, y se utiliza para medir la resistencia a la hincada del suelo



Figura 2: Detalle de cono dinámico de equipo de sondaje DPL

- 2) **Martillo o Martinete:** Pieza cilíndrica utilizada para generar la energía mecánica requerida para la hincada del cono. El martillo se utiliza gravitacionalmente.



Figura 3: Detalle de martillo de golpe de equipo de sondaje DPL

- 3) **Cabeza de golpeo o Yunque:** Pieza que recibe el impacto del martillo cuando es utilizado y cuyo objetivo es transmitir la energía producida hacia la punta del cono dinámico



Figura 4: Detalle de la cabeza de golpeo o yunque de equipo de sondaje DPL

- 4) **Varillaje:** Barras metálicas las cuales transmiten la energía producida por el martillo hacia el cono. Las barras se conectan desde el yunque hacia el cono cilíndrico, poseen una longitud de un metro y líneas de referencia cada diez centímetros. Esto con el objeto de facilitar el registro de datos.



Figura 5: Detalle de varillas de traspaso de carga de equipo de sondaje DPL

- 5) **Barra guía:** Pieza unida al yunque que permite dar la altura de caída requerida por el martillo y a su vez guía en su caída libre hacia el yunque.



Figura 6: Barra guía de equipo de sondaje DPL

Dispositivo de golpeo

El dispositivo de golpeo consiste en el martillo, la base y el tubo guía. Las dimensiones y masas se presentan en la Tabla N° 2 El martillo tendrá un agujero axial con un diámetro 3-4 mm aproximadamente más grande que el diámetro del tubo guía. La relación entre la longitud y el diámetro del martillo cilíndrico estará entre 1 y 2. El martillo caerá libremente y no estará conectado a cualquier objeto que puede influir en la aceleración o desaceleración del martillo. La velocidad inicial puede ser despreciable cuando el martillo se suelta en su posición superior.

La base debe estar conectada rígidamente a las barras. El diámetro de la base no será menor de 100 mm y no más de la mitad del diámetro del martillo. El eje de la base, el tubo guía y las barras, serán rectas con una desviación máxima de 5 mm por metro.

Barras de extensión

Las dimensiones y masas de las barras de extensión se dan en la Tabla N° 2. El material de las barras será de acero de alta resistencia con una alta resistencia al uso, alta dureza a bajas temperaturas y una resistencia alta a la fatiga. Las deformaciones permanentes deben ser capaces de ser corregidas. Las barras serán rectas. Pueden usarse las barras sólidas; deben preferirse las barras huecas para reducir el peso.

Conos

Las dimensiones de los conos se dan en la Tabla N° 2. El cono consiste en una parte cónica (la punta), una extensión cilíndrica y

una transición cónica con una longitud igual al diámetro del cono entre la extensión cilíndrica y la barra. Los conos cuando están nuevos tendrán una punta con un ángulo del ápice de 90° .

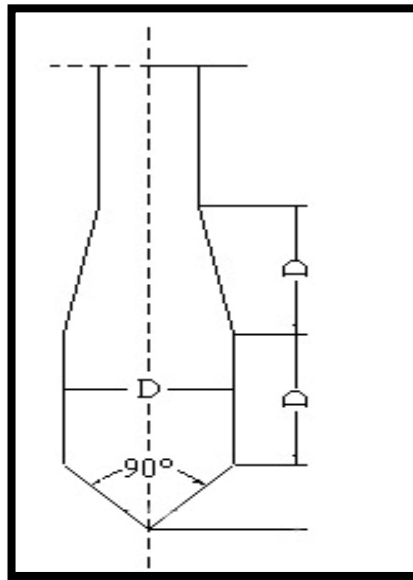


Figura 7: Esquema de conos y barras (para las dimensiones; D= diámetro del cono)

El máximo desgaste permisible del cono está dado en La tabla 3. El cono se conectará a la barra de manera que no se suelte durante el golpeteo. Pueden usarse conos fijos o descartables (perdidos).

2.3.5. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Generalidades

Se especificará el criterio para el propósito de una prueba. La profundidad requerida dependerá de las condiciones locales y el propósito de la prueba particular.

Equipo de sondeo

Los sondeos se efectuarán verticalmente a menos que se indique de otra forma.

Los equipos de sondeo se apoyarán firmemente. Las tuberías y el cono deben ser niveladas inicialmente para que las barras ingresen verticalmente. Puede requerirse una perforación previa de poca profundidad. El diámetro del agujero del taladro será ligeramente más grande que la del cono.

El equipo de la prueba se posicionará de tal manera que las barras no puedan doblarse sobre la superficie del suelo.

Hincado

El penetrómetro será continuamente hincado dentro del subsuelo. La velocidad de hincado debe estar entre 15 y 30 golpes por minuto excepto cuando el suelo ya es conocido por perforación o ha sido identificado por sonido que están siendo penetrados en arena o gravas; en este caso la velocidad puede incrementarse a 60 golpes por minuto. La experiencia nos muestra que la velocidad de hincado tiene poca influencia en los resultados.

Todas las interrupciones serán registradas en el sitio. Todos los factores que pueden influir en la resistencia a la penetración (por ejemplo la estrechez de los acoplamientos de la barra, la verticalidad de las barras) deben verificarse regularmente. Se registrará cualquier desviación de los procedimientos de la prueba recomendados. Las barras se rotarán un giro y medio cada metro para mantener el agujero recto y vertical y para reducir la fricción superficial. Cuando la

profundidad excede 10 m, las barras se girarán más a menudo, por ejemplo cada 0.2 m. Se recomienda usar un dispositivo de rotación mecanizado para grandes profundidades.

Medidas

El número de golpes se debe registrar cada 0.1 m para el DPL. Los golpes pueden fácilmente ser medidos marcando la profundidad de penetración definida (0.1 o 0.2 m) en la tubería. El rango normal de golpes, sobre todo en vista de cualquier interpretación cuantitativa de la prueba, resulta estar entre $N_{10}=3$ y 50 para DPL. El rebote por golpe debe ser menor de 50% de la penetración por golpe. En casos excepcionales (fuera de estos rangos), cuando la resistencia a la penetración es baja, por ejemplo en las arcillas suaves, la profundidad de penetración por golpe puede marcarse. En suelos duros dónde la resistencia a la penetración es muy alta, puede marcarse la penetración para un cierto número de golpes.

Es recomendable medir el torque requerido para la rotación de las barras y estimar la fricción superficial. La fricción superficial también puede ser medida por medio de una copla deslizante cerca del cono.

La precisión de la medida de la profundidad total de penetración (punta del cono) será ± 0.02 m.

Precauciones, Controles y Comprobaciones

El martillo debe levantarse despacio para asegurar que la inercia del martillo no lo lleve sobre la altura definida.

La deflexión (con respecto a la línea recta) en el punto medio de una barra de 1m. no será mayor de 1 mm. para las cinco primeras tuberías y 2 mm. para las restantes.

La longitud de la punta del cono puede cortarse por desgaste hasta un 10% del diámetro con respecto a la longitud teórica de la punta del cono.

La máxima desviación del equipo de prueba es 2%, es decir 1 (horizontal) a 50 (vertical).

La curvatura y excentricidad son mejor medidas, acoplado una barra junto con una barra recta, estando la barra recta en contacto con una superficie plana.

Características Especiales

Para eliminar la fricción superficial puede inyectarse barro a través de los agujeros de las barras cerca del cono. Los agujeros tienen que ser dirigidos horizontalmente o ligeramente hacia arriba. La presión de inyección debe ser suficiente para que el barro llene el espacio anular entre el suelo y la barra.

Pueden usarse fundas alternativamente. En lugar de las barras huecas (OD=22 mm.) del DPL, se pueden usar barras sólidas con un diámetro de 20 mm.

Informe de Resultados

Se reportará la siguiente información:

- a) Ubicación de prueba
- Tipo de investigación

- Propósito del sondeo
Fecha del sondeo
Número de sondeo
- b) Número de pruebas, evaluación y ubicación de la prueba de la perforación (en caso de existir una perforación de referencia). La cota del terreno así como la elevación y profundidad de la napa freática.
 - c) Masa de martillo, altura de caída y número de golpes requerido por la penetración definida
 - d) Elevación o profundidad en que las barras fueron rotadas
 - e) Desviaciones del procedimiento normal tal como la interrupción o daños a las barras
 - f) Observaciones hechas por el operador como el tipo de suelo, sonidos en las barras de extensión, indicación de piedras, perturbaciones, etc.

Gráfico de Excel

Los resultados del sondeo se presentarán en diagramas que muestran los valores de N10 en el eje horizontal y la profundidad en el eje vertical, (tal como se muestra en los Anexos)

Si se toman otras medidas como la penetración por golpe o la penetración por un cierto número de golpes, estos valores deben transformarse a N10 o valores de rd, qd antes de dibujar o numerar el diagrama. Alternativamente, puede ser ventajoso transformar el número de golpes por la penetración definida en la resistencia a valores de rd o qd.

Los valores de resistencia serán dibujados en el eje horizontal. Si la prueba se realiza de acuerdo al siguiente reporte la letra R debe aparecer seguida de la abreviación del tipo de penetrómetro. Deben describirse todas las divergencias en los registros y gráficos que contienen los resultados de la prueba.

Variaciones de la Prueba de Referencia

Algunos penetrómetros ligeros tienen martillos de 20 kg de masa (por ejemplo en el Estado Búlgaro Norma 8994-70); en algunos países, son usados conos con 5 cm² de área de base (por ejemplo Bélgica, Norma alemana DIN 4094). En Australia el penetrómetro ligero es usado en controles de calidad de compactación de arenas. Algunos penetrómetros medianos tienen martillos de 20 kg de masa y altura de caída de 20 cm. que son usados en algunos países (por ejemplo DIN 4094 de FRG, y Suiza). También se usa una altura de caída de 50 cm. para el DPSH, por ejemplo en Finlandia. En Francia, además del DPSH es usado el DPA del ISSMFE de recomendaciones europeas estándar como un ensayo de referencia (Proc. IXth Interm. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Vol. III, pág. 110, Tokio. 1977); por ejemplo el diámetro y la forma del cono son ligeramente diferentes.

Con respecto a las barras del DPSH, es recomendable incrementar el OD de 32 a 36 mm (esta sugerencia viene de Francia, España y Suecia) En el caso de DPL, DPM y DPH, ocasionalmente se cuenta el número de golpes para 0.20 m. Para DPSH, ocasionalmente es usado en intervalos de 0.3 m.

2.3.6. CAPACIDAD PORTANTE

En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. Por tanto la capacidad portante admisible debe estar basada en uno de los siguientes criterios funcionales:

Si la función del terreno de cimentación es soportar una determinada tensión independientemente de la deformación, la capacidad portante se denominará carga de hundimiento.

Si lo que se busca es un equilibrio entre la tensión aplicada al terreno y la deformación sufrida por éste, deberá calcularse la capacidad portante a partir de criterios de asiento admisible.

De manera análoga, la expresión capacidad portante se utiliza en las demás ramas de la ingeniería para referir a la capacidad de una estructura para soportar las cargas aplicadas sobre la misma

2.3.6.1 CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS

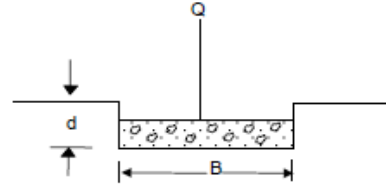
a) **CAPACIDAD DE CARGA LIMITE (q_u)**. *Máxima presión que se puede aplicar a la cimentación, sin que ésta penetre en el suelo.*

b) **CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (q_{adm})**. Es la carga límite dividida entre un factor de seguridad. A este esfuerzo se le llama capacidad portante

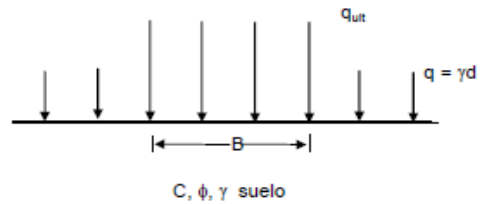
$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

2.3.6.2 CAPACIDAD PORTANTE ULTIMA-CIMENTACION SUPERFICIAL ($d / B \leq$ CARGA CONTINUA ($L/B > 5$) – CORTE GENERAL

$$q_{ult} = cN_c + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + q N_q$$



$$\begin{cases} N_c = \cotg \phi (N_q - 1) \\ N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \\ N_\gamma = 2 \tan \phi (N_q + 1) \end{cases} \quad (\text{Caquot y Kerisel, 1953})$$



2.3.6.3 FACTORES DE FORMA

$$q_{ult} = S_c cN_c + S_\gamma \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + S_q q N_q$$

Tabla 7: Factores de Forma

Forma	ϕ°	S_c	S_γ	S_q
RECTANGULAR	0	$1 + (N_q / N_c) (B / L)$	$1 - 0.4 (B / L)$	$1 + t_g \phi (B / L)$
	30	$1 + 0.20 (B / L)$	↓	1.00
	45	$1 + 0.61 (B / L)$ $1 + 1.01 (B / L)$		$1 + 0.58 (B / L)$ $1 + 1.00 (B / L)$
CIRCULAR O CUADRADA	0	$1 + (N_q / N_c)$	0.60	$1 + t_g \phi$
	30	1.20	↓	1.00
	45	1.61 2.01		1.58 2.01

Tabla 8: Factores de Capacidad de Carga (Vesic, 1973)

ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	$\text{tg } \phi$
0	5.14	1.00	0.00	0.20	0.00
1	5.35	1.09	0.07	0.20	0.02
2	5.63	1.20	0.15	0.21	0.03
3	5.90	1.31	0.24	0.22	0.05
4	6.19	1.43	0.34	0.23	0.07
5	6.49	1.57	0.45	0.24	0.09
6	6.81	1.72	0.57	0.25	0.11
7	7.16	1.88	0.71	0.26	0.12
8	7.53	2.06	0.86	0.27	0.14
9	7.92	2.25	1.03	0.28	0.16
10	8.35	2.47	1.22	0.30	0.18
11	8.80	2.71	1.44	0.31	0.19
12	9.28	2.97	1.69	0.32	0.21
13	9.81	3.26	1.97	0.33	0.23
14	10.37	3.59	2.29	0.35	0.25
15	10.98	3.94	2.65	0.36	0.27
16	11.63	4.34	3.06	0.37	0.29
17	12.34	4.77	3.53	0.39	0.31
18	13.10	5.26	4.07	0.40	0.32
19	13.93	5.80	4.68	0.42	0.34
20	14.83	6.40	5.39	0.43	0.36
21	15.82	7.07	6.20	0.45	0.38
22	16.88	7.82	7.13	0.46	0.40
23	18.05	8.66	8.20	0.48	0.42
24	19.32	9.60	9.44	0.50	0.45
25	20.72	10.66	10.88	0.51	0.47
26	22.25	11.85	12.54	0.53	0.49
27	23.94	13.20	14.47	0.55	0.51
28	25.80	14.72	16.72	0.57	0.53
29	27.86	16.44	19.34	0.59	0.55
30	30.14	18.40	22.40	0.61	0.58
31	32.67	20.63	25.99	0.63	0.60
32	35.49	23.18	30.22	0.65	0.62
33	38.64	26.09	35.19	0.68	0.65
34	42.16	29.44	41.06	0.70	0.67
35	46.12	33.30	48.03	0.72	0.70
36	50.59	37.75	56.31	0.75	0.73
37	55.63	42.92	66.19	0.77	0.75
38	61.35	48.93	78.03	0.80	0.78
39	67.87	55.96	92.25	0.82	0.81
40	75.31	64.20	109.41	0.85	0.84
41	83.86	73.90	130.22	0.88	0.87
42	93.71	85.38	155.55	0.91	0.90
43	105.11	99.02	186.54	0.94	0.93
44	118.37	115.31	224.64	0.97	0.97
45	133.88	134.88	271.76	1.01	1.00
46	152.10	158.51	330.35	1.04	1.04
47	173.64	187.21	403.67	1.08	1.07
48	199.26	222.31	496.01	1.12	1.11
49	229.93	265.51	613.16	1.15	1.15
50	266.89	319.07	762.89	1.20	1.19

2.3.7. ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD NATURAL

La humedad o contenido de agua de una muestra de suelo, es la relación del peso del agua contenida en la muestra, al peso de la muestra secada en el horno, expresada en tanto por ciento.

Se calcula usando la siguiente ecuación:

$$W(\%) = \left(\frac{Ph - Ps}{Ps} \right) * 100$$

Dónde:

$W(\%)$ = Contenido de Humedad.

Ph = Peso del suelo húmedo.

Ps = Peso del suelo seco.

El Contenido de Humedad se obtuvo de una muestra representativa de aproximadamente 200 gr. de suelo de cada calicata por estrato y transportada herméticamente hasta el laboratorio, donde son secados en un horno eléctrico a una temperatura constante de 110 °C, durante 24 horas aproximadamente.

GRANULOMETRÍA

El análisis granulométrico tiene como propósito determinar el tamaño de las partículas o granos que constituyen un suelo y fijar el porcentaje de su peso seco total, la cantidad de distintos tamaños que contiene.

La distribución granulométrica se presenta en un gráfico **Semilogaritmico** (Abertura del tamiz Vs Porcentaje que pasa). Para realizar el análisis granulométrico de las muestras de las muestras de este estudio se realizaron los siguientes ensayos:

Análisis Granulométrico por Tamizado

Este método se utiliza para diámetros de las partículas entre 2" y 0.074 mm, es decir para gravas (2" – 2mm) y arenas (2 mm – 0.074 mm), siendo el método más directo para separar un suelo en fracciones de distintos tamaños, consiste en hacerlo pasar a través de un juego de tamices o mallas, hasta la malla N°200 (0.074mm) y consiste en:

- ✓ Obtener una muestra representativa por el método del cuarteo, consiste en dividir la muestra en cuatro partes aprox. iguales, se escogen dos partes opuestas y se unen, desechando las otras dos.
- ✓ Reducir los terrones de muestra a tamaños de partículas elementales.
- ✓ Lavar la muestra en el tamiz N°200, para separar la fracción de finos, luego secarla en el horno a 110°C por 16 horas, hasta que tenga peso constante.
- ✓ Cernir la muestra de suelo resultante a través de una serie de tamices representativos y pesar las cantidades de suelo retenidas en cada tamiz.

- ✓ Calcular el porcentaje que pasa cada tamiz y trazar la curva de porcentaje que pasa, contra el diámetro del grano.

LIMITES DE CONSISTENCIA

Los límites de consistencia constituyen un valor útil para caracterizar los conjuntos de las partículas de suelos y además ver su grado de plasticidad. Por consistencia se entiende el grado de cohesión de las partículas de un suelo y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a deformar o destruir su estructura.

Los más importantes para este trabajo son: Límite Líquido y Límite Plástico, representados por contenidos de humedad.

Límite Líquido

Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico, matemáticamente se determina mediante la fórmula:

$$LL(\%) = \frac{W(\%)}{1.419 - 0.3LnS}$$

Dónde:

$LL(\%)$ = Límite Líquido.

$W(\%)$ = Humedad que tiene la muestra que se une a los **S** golpes

S = Número de golpes al cabo de los cuales se une las mitades del suelo.

Este ensayo se realiza empleando la Copa de Casagrande con una muestra pastosa aproximadamente de 200 gramos, en un rango de 15 a 35 golpes, al ser accionada la Copa.

Los valores se obtienen al realizar la gráfica del Contenido de Humedad (W) "vs" Número de Golpes (N), siendo a los 25 golpes el valor con el que se determina el contenido de humedad representativo al límite líquido.

Límite Plástico

Es el contenido de humedad por debajo del cual se pueda considerar el suelo como material no plástico.

Para determinar el límite plástico, se emplea la muestra humedecida separada en el límite líquido, tratando de formar rollitos de modo que al llegar a los 3 mm de diámetro aproximadamente se produzca el desmenuzamiento o rajadura de estos, tomando parte de las muestras desmenuzadas para obtener su contenido de humedad.

Para nuestro caso, el material de ensayo conformado de arena pobremente graduada, presenta resistencia al querer formar los rollitos, porque no cuenta con material ligante que le permita la trabajabilidad, excepto en los estratos arcillosos que si permitieron realizar este ensayo.

Índice de Plasticidad

Es el valor numérico de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

$IP(\%)$ = Índice de Plasticidad.

$LL(\%)$ = Límite Líquido.

$LP(\%)$ = Límite Plástico.

Para la clasificación de suelos finos se tomara en cuenta la carta de Plasticidad (Abaco de Casagrande), la cual requiere los datos como Límite Líquido e Índice de Plasticidad.

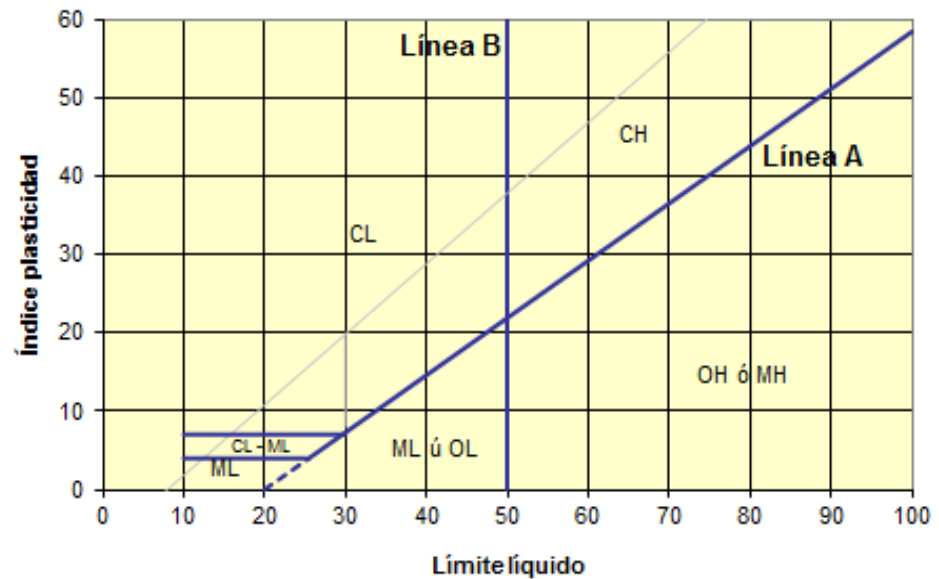


Figura 8: Abaco Casagrande

Índice de Liquidez

Indica la proximidad de la humedad natural del suelo al límite líquido.

$$IL = \frac{W(\%) - LP}{LL - LP}$$

Dónde:

IL = Índice de Liquidez

$W(\%)$ = Contenido de Humedad

$LL(\%)$ = Límite Líquido.

$LP(\%)$ = Límite Plástico.

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SOLIDOS

El Peso Específico o Gravedad Específica, se define como la relación del peso unitario del material en estudio y el peso unitario del agua destilada a 4 °C.

El valor de la gravedad específica es necesario para calcular la relación de vacíos de un suelo, es utilizada en el análisis hidrométrico, es útil para predecir el peso unitario del suelo y sirve para graficar la recta de saturación máxima en el ensayo de compactación Proctor.

El valor “Gs” se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Gs = \frac{W_{ss}}{W_{ss} + W_w - W_o}$$

Donde:

W_{ss} : **Peso de la fiola + suelo seco**

W_o : **Peso de la fiola + suelo + agua**

W_w : Peso de la fiola + agua destilada

Para hallar el G_s de la arena y la arcilla se utilizó la muestra de suelo que paso el tamiz N°40 y una fiola de 500 ml.

CAPÍTULO III: INFORME Y PROCESAMIENTO DE RESULTADOS

INFORME TÉCNICO

3.1. GENERALIDADES

3.1.1 Introducción

Los Bachilleres: Silva Abanto, Hartley Johann y Terán Mendoza, Segundo Leonardo, realizaron un Estudio de Mecánica de Suelos para la Elaboración del proyecto denominado: “Estudio De Microzonificación Geotécnica Empleando El Penetrómetro Dinámico Liviano (DPL) En Los Sectores Costeros De: Salaverry, Aurora Díaz 1 Y 2, Fujimori Y Luis Alberto Sánchez Del Distrito De Salaverry, Provincia De Trujillo-Departamento De La Libertad”, con el objeto de investigar las características físico–mecánicas de la muestras de suelo, evaluado por medio de la aplicación de los ensayos de laboratorio y protocolos normativos vigente con las conclusiones y recomendaciones.

3.1.2 Metodología

Con la finalidad de cumplir con el programa de trabajo, se realizaron las siguientes actividades:

- ✓ Reconocimiento de campo dentro del área del proyecto para la identificación de los puntos de exploración según protocolos normativos.
- ✓ Excavación del pozo de exploración a cielo abierto con profundidades que oscilan entre 0.80 m. y 2.60 metros para la observación de los estratos. (Calicatas).

- ✓ Realización de los ensayos de laboratorios para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las muestras extraídas en el
- ✓ área de estudio para su uso como proyecto de Microzonificación y Cimentación.
- ✓ Elaboración del Perfil Estratigráfico.
- ✓ Análisis de la Cimentación.
- ✓ Elaboración del Panel Fotográfico

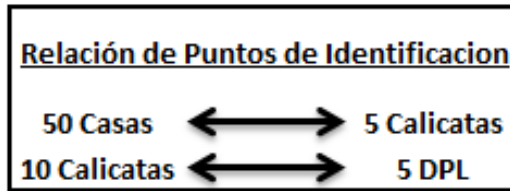
3.2. TRABAJOS EFECTUADOS

3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE CALICATAS Y AUSCULTACIONES (DPL)

Para estas excavaciones y exploraciones manuales, se realizó la identificación del número de calicatas y DPL a realizar en la zona de estudio; basándose en la norma técnica de edificaciones (NTE) E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES, que se ve reflejado en la Tabla 6 de dicha norma en el ítems 2.3.2 - b): "Puntos de Investigación" (del cual se identificó la parte sombreada de color rojo), y de La Relación: "Puntos De Identificación" que se verán reflejados en los siguientes cuadros:

Tabla 9: Número de puntos de investigación

NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	
Tipo de edificación	Número de puntos de investigación
A	Uno por cada 225 m ² de área techada.
B	Uno por cada 450 m ² de área techada.
C	Uno por cada 800 m ² de área techada.
Urbanizaciones Para Viviendas Unifamiliares De Hasta 3 Pisos	3 por cada hectárea de terreno para habilitar.
<i>n</i> nunca será menor de 3.	



A continuación identificaremos sector por sector: El Área de Estudio, El N° de Calicatas y El N° de DPL, según los cuadros 01 y 02.

A. RECONOCIMIENTO DE CALICATAS

A.1 SECTOR ALBERTO FUJIMORI

Área de Estudio (m2)	115760.42	
Área de Estudio (hect.)	11.58	12 hect.

N° Calicatas Exploradas	N° Calicatas No Exploradas
39 Cal.	0 Cal.

Por lo cual se concluye lo siguiente:

12 Hect.	3 Cal.	36 Cal.	→ 39 Cal.
421 Casas	X - Cal.	42 Cal.	
50 Casas	5 Cal.		

A.2 SECTOR AURORA DIAZ

Área de Estudio (m2)	126248.97	
Área de Estudio (hect.)	12.62	13 hect.

13 Hect.	3 Cal.	39 Cal.	➔	35 Cal.
306 Casas	X - Cal.	31 Cal.		
50 Casas	5 Cal.			

Por lo cual se concluye lo siguiente:

Nº Calicatas Exploradas	Nº Calicatas No Exploradas
31 Cal.	4 Cal.

A.3 SECTOR LUIS ALBERTO SANCHEZ

Área de Estudio (m2)	107196.41	
Área de Estudio (hect.)	10.72	11 hect.

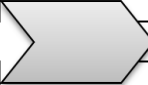
11 Hect.	3 Cal.	33 Cal.	➔	32 Cal.
305 Casas	X - Cal.	31 Cal.		
50 Casas	5 Cal.			

Por lo cual se concluye lo siguiente:

Nº Calicatas Exploradas	Nº Calicatas No Exploradas
28 Cal.	4 Cal.

A.4 SECTOR SALAVERRY

Área de Estudio (m2)	583548.79	
Área de Estudio (hect.)	58.35	58 hect.

58 Hect.	3 Cal.	174 Cal.	
1665 Casas	X - Cal.	167 Cal.	
50 Casas	5 Cal.		

Por lo cual se concluye lo siguiente:

N° Calicatas Exploradas	N° Calicatas No Exploradas
94 Cal.	76 Cal.

Analizando los datos obtenidos se concluye que para cada sector se calculó el promedio correlativo del N° de Calicatas, de lo antes identificado en los cuadros 01 y 02, de los cuales se alcanzó un total de 276 calicatas.

A. AUSCULTACIONES (DPL)

Para este análisis lo primero que se identificó fue el total de las exploraciones manuales (DPL), que se ve reflejado en el siguiente cálculo:

276 Cal.	X - DPL	138 DPL
10 Cal.	5 DPL	

B.1 SECTOR ALBERTO FUJIMORI

138 DPL	X - DPL
276 C.	39 C.
X =	20 DPL

B.2 SECTOR AURORA DIAZ

138 DPL	X - DPL
276 C.	35 C.
X =	17 DPL

B.3 SECTOR LUIS ALBERTO SANCHEZ

138 DPL	X - DPL
276 C.	32 C.
X =	16 DPL

B.4 SECTOR SALAVERRY

138 DPL	X - DPL
276 C.	170 C.
X =	85 DPL

Finalizando la Identificación de Calicatas y Auscultaciones (DPL), de los Sectores ya mencionados; se procedió a realizar un cuadro resumen con los datos obtenidos, con sus respectivos gráficos:

Tabla 10: Resumen De Calicatas y Auscultaciones (DPL) - Por Sector

	A. Fujimori	Aurora Diaz	Luis A. Sanchez	Salaverry	TOTAL
N° de Calicatas	39	35	32	170	276
N° de DPL	20	17	16	85	138
N° Calicatas Exploradas	39	31	28	94	192
N° Calicatas No Exploradas	0	4	4	76	84

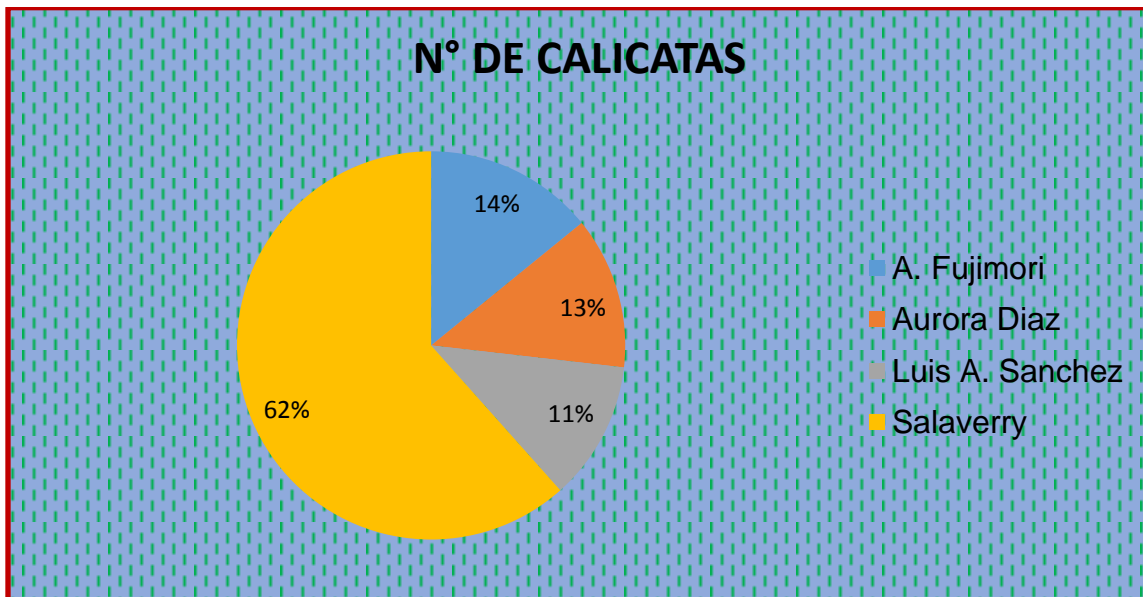


Gráfico 4: N° Calicatas

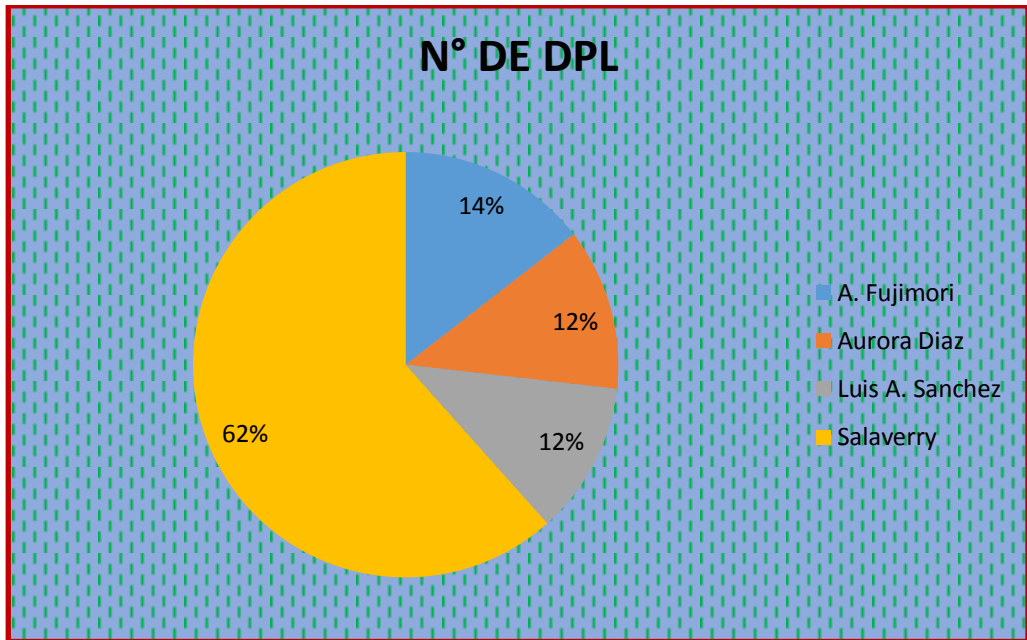


Gráfico 5: N° DPL

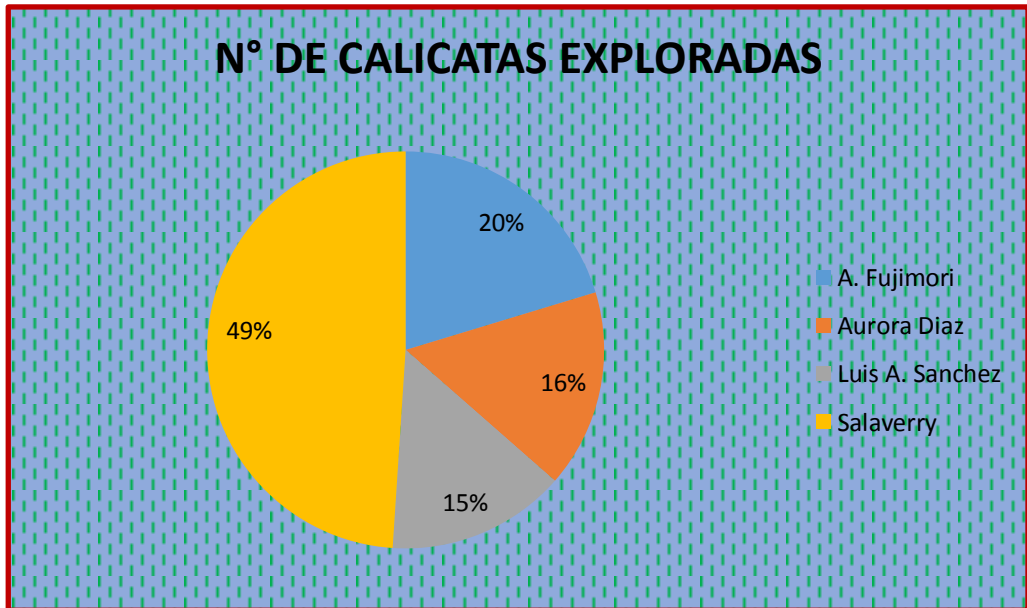


Gráfico 6: Calicatas exploradas

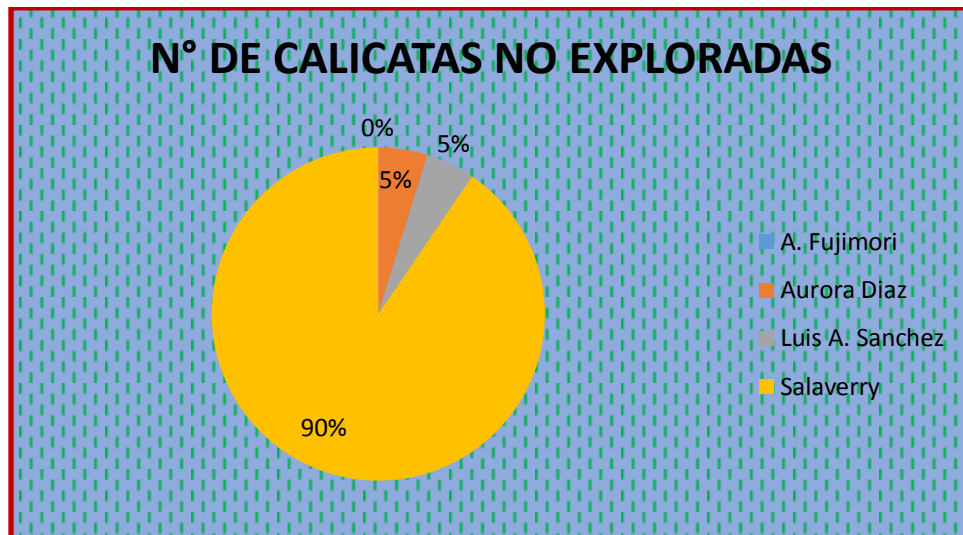


Gráfico 7: Calicatas no explorada

3.3. TRABAJOS DE CAMPO

En éste estudio se realizó 192 excavaciones manuales a cielo abierto que se denomina calicatas, con una profundidad que varían entre 0.80 m. a 2.60 metros.

La profundidad máxima alcanzada fue de 2.60 metros, tomados a partir del terreno natural, dichas calicatas fueron distribuidas en toda la zona del proyecto; lo cual permitió visualizar la estratigrafía y determinar el tipo de ensayos de laboratorio a ejecutar de las muestras disturbadas representativas.

A. Excavación de Calicata

Con el objeto de identificar los diferentes estratos de suelo y su composición, se realizó ciento noventa y dos excavaciones manuales a cielo abierto (192 calicatas), alcanzando una profundidad que oscilan entre 0.80 m. a 2.60 metros.

En las calicatas se realizó el registro de excavación de acuerdo a la norma ASTM D-2488. Se tomaron muestras disturbadas de las calicatas, las cuales fueron identificadas convenientemente y embaladas en bolsas de polietileno que fueron remitidas al laboratorio para la ejecución de los ensayos correspondientes.

B. Ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL)

Con el objeto de estimar los parámetros de resistencia del suelo de fundación se ejecutó 138 ensayos de penetración dinámica ligera (DPL). Esta Auscultación ha sido denominado DPL (1-138), ubicado adecuadamente en el área de estudio.

El ensayo DPL (DIN 4094), consiste en el hincado continuo en tramos de 10 cm de una punta cónica de 90° utilizando la energía de un martillo de 10 kg de peso, que cae libremente desde una altura de 50 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia del terreno a la penetración, existiendo correlaciones para encontrar el valor “N” de resistencia a la penetración estándar en función del tipo de suelo, para cada 30 cm de hincado.

3.4. TRABAJOS DE LABORATORIO

A. Ensayos estándar

Con las muestras alteradas obtenidas de las calicatas, se realizaron ensayos estándar de clasificación de suelos y de propiedades físicas-mecánicas consistentes en: análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg (líquido y plástico), contenido de humedad, peso

específico de sólidos, Corte Directo y contenido de sales solubles totales.

Los ensayos se ejecutarán siguiendo los protocolos normativos establecidos por la Norma Técnica Peruana de Suelos; las normas para estos ensayos se reflejan en el siguiente cuadro:

Tabla 11: Ensayos de Laboratorio.

Ensayos	Norma N.T.P.
Análisis Granulométrico.	339.128
Límites de Consistencia.	339.129
Contenido de Humedad.	339.127
Peso Específico de Sólidos.	339.131
Contenido de Sales Solubles Totales.	339.177/178

3.5. TRABAJOS DE GABINETE

A partir de los resultados en Campo y Laboratorio, se ha elaborado el presente informe técnico final que incluye:

Análisis del perfil estratigráfico, cálculo de la capacidad portante, así como profundidad de desplante de las estructuras y conclusiones y recomendaciones constructivas. Se incluye además anexos que contienen los resultados obtenidos en Campo y Laboratorio, ábacos y un plano de ubicación de calicatas; así como un panel fotográfico que corrobora la estratigrafía encontrada.

3.6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE CALICATAS Y AUSCULTACIONES (DPL)

De acuerdo a la exploración efectuada de las calicatas y DPL, procederemos a realizar un cuadro resumen por sector, de los resultados obtenidos en campo, de los ensayos de laboratorio y así mismo una breve descripción del perfil estratigráfico con sus respectivas características: (VER ANEXO: CUADRO RESUMEN DE CALICATAS)

3.7. ANÁLISIS DE LA CIMENTACION

A continuación se presenta el análisis de cimentación, desarrollado sobre la base de los resultados de la evaluación geotécnica.

1) Parámetros e Hipótesis de Cálculo

- Se trata de una cimentación sobre una Arena uniforme de compacidad media y de regular a elevada humedad
- El contenido de humedad de los materiales nos permite, realizar las excavaciones a tajo abierto.
- El nivel freático fue hallado a la profundidad explorada

2) Profundidad de la Cimentación:

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfil y registro estratigráfico, característica de la estructura, se recomienda cimentar en el material predominante conformado por Arena Mal Graduada (SP) a una profundidad de cimentación mínima de: $D_f = 1.00$ m., para Cimientos Corridos, $D_f = 1.20$ m. para Zapatas Cuadradas y Zapatas

Rectangulares, con respecto a la superficie actual del terreno

3) Tipo de Cimentación

Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas se recomienda utilizar una Cimentación Superficial, tal como una Cimentación

corrida armada y Zapatas conectadas con vigas de cimentación en ambas direcciones, además se recomienda

apoyar estas cimentaciones sobre un sub cimiento de concreto ciclópeo.

4) Determinación de los Parámetros de Resistencia

Los parámetros de resistencia del material involucrado en la determinación de la capacidad admisible, es decir, el ángulo de fricción interna (ϕ), han sido determinados por la correlación del SPT y del DPL obtenidos en campo y gabinete.

A continuación se presenta los parámetros de resistencia utilizados para el cálculo de la capacidad admisible del terreno por sector.

Tabla 12. Determinación de los Parámetros de Resistencia

SECTOR	Df (m)	γ (g/cm ³)	Cohesión (kg/cm ²)	ϕ (°)
A. Fujimori	1.00 -1.20	1.80	0.00	34.80
Aurora Díaz	1.00 -1.20	1.80	0.00	32.78
Luis A. Sánchez	1.00 -1.20	1.80	0.00	32.60
Salaverry	1.00 -1.20	1.80	0.00	32.53

3.8. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Con los resultados de los ensayos en el laboratorio y a partir del DPL, obtenido de la Arena Mal Graduada (SP), se obtuvieron los siguientes parámetros:

$$\phi_1 = 34.80; \phi_2 = 32.80; \phi_3 = 32.60; \phi_4 = 32.50$$

$$C = 0.00 \text{ k/cm}^2$$

Debido al estado de compacidad media del suelo de cimentación, se ha considerado la reducción del coeficiente del ángulo de fricción, para considerar el efecto de una posible falla local.

$$\phi' = \text{Arctg} (2/3 \text{ tg} (\phi^\circ))$$

Luego trabajaremos con:

$$\phi_1 = 24.90 \quad \text{Sector Fujimori}$$

$$\phi_2 = 23.25 \quad \text{Sector Aurora Díaz}$$

$$\phi_3 = 23.09 \quad \text{Sector Luis Alberto Sánchez}$$

$$\phi_4 = 23.01 \quad \text{Sector Salaverry}$$

$$C = 0.00 \text{ k/cm}^2$$

Según Terzaghi y Peck:

$$Q_{ult} = S_c * C * N_c + \frac{S_\tau * \delta * B * N_\tau}{2} + S_q * \delta * D_f * N_q$$

$$Q_{adm} = \frac{Q_{ult}}{F.S.}$$

Dónde:

Q_{ult}: = Capacidad última de carga en kg/cm².

Q_{adm}: = Capacidad portante admisible en kg/cm².

F.S.: = Factor de seguridad = 3

δ := Peso específico total.

B: = Ancho de la zapata o cimiento corrido en metros.

D_f.: = Profundidad de la cimentación.

N_c, N_τ, N_q = Parámetros que son función de φ

S_c, S_τ, S_q = Factores de forma.

C: = Cohesión en kg/cm²

A. CIMIENTO CORRIDO

$$q_{ad} = [c N'_c + \gamma D_f N'_q + 0.5 \gamma B N'_\tau] 1/F.S. \dots\dots\dots(1)$$

SECTOR A. FUJIMORI

C	0.00 kg/cm ²	Df	1.00 m	Nc	20.58
φ1	24.9	B	0.60 m	Nτ	10.74
FS	3.00	γ	1.8 g/cm ³	Nq	10.55
Sc	1.71	St	0.60	Sq	1.70

De (1) se tiene:

Qult =	2.48 kg/cm ²
--------	-------------------------

Q _{adm} =	0.826 kg/cm ²
--------------------	--------------------------

SECTOR AURORA DIAZ

C	0.00 kg/cm ²	Df	1.00 m	Nc	18.40
φ1	23.6	B	0.60 m	Nτ	8.6
FS	3.00	γ	1.80 g/cm ³	Nq	8.9
Sc	1.48	St	0.60	Sq	1.43

De (1) se tiene:

Qult =	2.07 kg/cm ²
--------	-------------------------

Q _{adm} =	0.689 kg/cm ²
--------------------	--------------------------

SECTOR LUIS A. SANCHEZ

C	0.00 kg/cm ²	Df	1.00 m	N _c	18.20
φ1	23.10	B	0.60 m	N _τ	8.31
FS	3.00	γ	1.80 g/cm ³	N _q	8.70
Sc	1.48	St	0.60	S _q	1.43

De (1) se tiene:

Q _{ult} =	2.01 kg/cm ²
--------------------	-------------------------

Q _{adm} =	0.670 kg/cm ²
--------------------	--------------------------

SECTOR SALAVERY

C	0.00 kg/cm ²	Df	1.00 m	N _c	18.05
φ1	23.00	B	0.60 m	N _τ	8.20
FS	3.00	γ	1.80 g/cm ³	N _q	8.66
Sc	1.48	St	0.60	S _q	1.43

De (1) se tiene:

Q _{ult} =	2.00 kg/cm ²
--------------------	-------------------------

$Q_{adm} =$	0.667 kg/cm ²
-------------	--------------------------

B. CIMIENTO CUADRADO

$q_{ad} = [1.3 c N'_c + \gamma D_f N'_q + 0.4 \gamma B N'_s] / F.S.$(2)
--	----------

SECTOR A. FUJIMORI

C	0.00 kg/cm ²	D _f	1.20 m	N _c	20.58
φ ₁	24.9	B	1.20 m	N _τ	10.74
FS	3.00	γ	1.80 g/cm ³	N _q	10.55
Sc	1.71	St	0.60	S _q	1.70

De (2) se tiene:

Q _{ult} =	3.21 kg/cm ²
--------------------	-------------------------

$Q_{adm} =$	1.069 kg/cm ²
-------------	--------------------------

SECTOR AURORA DIAZ

C	0.00 kg/cm ²	D _f	1.20 m	N _c	18.40
φ ₁	23.6	B	1.20 m	N _τ	8.6
FS	3.00	γ	1.80 g/cm ³	N _q	8.9
Sc	1.48	St	0.60	S _q	1.43

De (2) se tiene:

Qult =	2.67 kg/cm ²
--------	-------------------------

Q _{adm} =	0.888 kg/cm ²
--------------------	--------------------------

SECTOR LUIS A. SANCHEZ

C	0.00 kg/cm ²	Df	1.20 m	Nc	18.20
φ1	23.10	B	1.20 m	N _τ	8.31
FS	3.00	γ	1.80 g/cm ³	Nq	8.70
Sc	1.48	St	0.60	Sq	1.43

De (2) se tiene:

Qult =	2.60 kg/cm ²
--------	-------------------------

Q _{adm} =	0.866 kg/cm ²
--------------------	--------------------------

SECTOR SALAVERY

C	0.00 kg/cm ²	Df	1.20 m	Nc	18.05
φ1	23.00	B	1.20 m	N _τ	8.20
FS	3.00	γ	1.80 g/cm ³	Nq	8.66
Sc	1.48	St	0.60	Sq	1.43

De (2) se tiene:

Qult =	2.59 kg/cm ²
--------	-------------------------

Q _{adm} =	0.863 kg/cm ²
--------------------	--------------------------

3.9. AGRESIVIDAD DE LAS SALES

El estrato del suelo en estudio de los Sectores de: A. Fujimori, Aurora Díaz, Luis A. Sánchez y Salaverry, del distrito de Salaverry, contiene concentraciones Moderada de sulfatos, sales solubles totales y cloruros, que podrían atacar al concreto y la armadura de la cimentación. Por lo tanto, para la elaboración de concretos se recomienda utilizar el **cemento Tipo MS o Tipo V**.

3.10. RESULTADOS:

En base a la información recopilada de Estudios Geotécnicos realizados en el Distrito de Salaverry se puede plantear la siguiente zonificación geotécnica:

ZONA I: Zona cuyo perfil estratigráfico presenta un estrato superficial de relleno conformado por suelos orgánico con presencia de residuos sólidos y poca vegetación, luego un estrato de material de arenas pobremente gradadas, cuyo espesor varía entre 0.30 m. a 2,60 m. por debajo del cual se encuentra se nota la presencia del NAF, presentando este suelo características pantanosas, con resistencia cortante bajas.

ZONA II: Zona cuyo perfil estratigráfico presenta inicialmente un estrato de relleno conformado por suelo orgánico y desmonte, luego un estrato de arenas pobremente graduadas, cuyo espesor varia de 0.10 m. a 1,40 m.. A continuación se nota la presencia de NAF a la profundidad de 0.80 -1.40 m.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El programa de exploración geotécnica ha consistido en la ejecución de calicatas, ensayos estándar y especiales de laboratorio. La evaluación de toda esta información ha permitido definir dos zonas geotécnicas en el Distrito de Salaverry, de acuerdo a las características físicas y mecánicas de los suelos de fundación.
- Zonificación Geotécnica: se proponen dos zonas para el Distrito de Salaverry, las cuales se describen a continuación:

ZONA I: Presenta una capa superficial de relleno de 0.10 m. a 0.30 m. de espesor. Continúa arena mal graduada (SP), con inexistente presencia de gravas, de compacidad media, de poca a relativa a mediana humedad.

No se nota presencia del NAF hasta la profundidad explorada de 1.80 m. a 2.6 m. La Capacidad admisible para esta zona varía de 0.826 a 1.069 Kg/cm², para un Df = 1.00 m. y 1.20m

ZONA II: Cubre la mayor parte central y costera del distrito de Salaverry. Presenta una capa superficial de relleno de 0.10 m. a 0.20 m. de espesor. Continúa arena mal graduada (SP), de compacidad media, de poca elevada humedad.

No se nota presencia del NAF hasta la profundidad explorada de 0.80 m. a 1.40 m. La Capacidad admisible para esta zona varía de 0.667 a 0.888 Kg/cm², para un Df = 1.00 m. y 1.20m

- Para determinar la capacidad admisible del suelo del Distrito de Salaverry, se ha considerado una cimentación para viviendas convencionales con cimientos corridos de ancho $B=0.60$ m. y profundidad de cimentación $D_f=1.00$ m. además un ancho $B=1.20$ m. y profundidad de cimentación $D_f=1.20$ m para cimientos cuadrados, por ser la más típica del lugar y a la vez la más desfavorable.
- La capacidad de carga se ha determinado a partir de la fórmula de Terzagui y Peck (1967), utilizando los factores de forma de Vesic (1973).
- Se llegó al NAF en todas las exploraciones geotécnicas realizadas.
- La Capacidad Portante admisible del terreno a las profundidades de cimentación mínima indicadas en los Sectores es de: A. Fujimori = 0.826 kg/cm² para Cimientos Corridos y 1.069 kg/cm² para Cimientos Cuadrados; Aurora Díaz = 0.689 kg/cm² para Cimientos Corridos y 0.888 kg/cm² para Cimientos Cuadrados; Luis A. Sánchez = 0.670 kg/cm² para Cimientos Corridos y 0.866 kg/cm² para Cimientos Cuadrados y Salaverry = 0.667 kg/cm² para Cimientos Corridos y 0.863 kg/cm² para Cimientos Cuadrados (para las dimensiones asumidas de los cimientos corridos $B=0.60$ m, para cimientos cuadrados $B= 120.00$ m y para Plateas de cimentación $B=10.00$ m).

RECOMENDACIONES

- Se recomienda No cimentar sobre material orgánico (turba) o de relleno no controlado, por lo cual deberá ser eliminado antes de construir la edificación y reemplazado por material granular o afirmado, realizando controles de compactación por cada 0.20 o 0.30 m. de espesor y compactados al 95% de la Densidad Seca Máxima del Proctor Modificado, hasta alcanzar los niveles deseados.
- Del resultado de los Análisis Químicos se deduce que el suelo está dentro del rango “Moderado”, por lo que se tendrá que utilizar cemento Tipo V ó Tipo MS, para la elaboración de los concretos.
- Se recomienda la siguiente alternativa de mejoramiento del suelo de fundación:
 - Eliminar integralmente el material de relleno y parte de la capa de suelo conformado por Arena Uniforme, hasta la profundidad mínima de cimentación.
 - Luego, en el nivel de fondo de cimentación, colocar y compactar una capa de material tipo afirmado en un espesor no menor de 0.40 m sobre la cual ira apoyada la cimentación.
 - Además, se recomienda utilizar los materiales adecuados para aislar los cimientos del suelo de fundación frente a la elevación del nivel de agua freática y la agresividad de las sales contenidas en dicho suelo.
- Las conclusiones y recomendaciones incluidas en este informe, así como la descripción generalizada del perfil del suelo que presenta, están basados

en el programa de exploración de campo descrito en la sección respectiva. De acuerdo a la práctica usual de la Ingeniería de Suelos, dicho programa se considera adecuado, tanto en el número de sondajes como en la profundidad de éstos, para la ubicación del terreno estudiado, su extensión y el tipo de estructura de la que se trata.

Sin embargo, por la naturaleza misma de los suelos encontrados, en los que siendo necesario generalizar la información obtenida en algunos sondeos a toda el área del proyecto, no siempre es posible tener seguridad total acerca de la información obtenida. Por lo tanto se recomienda, que en el caso poco probable que durante la construcción se observan suelos con características diferentes a las indicadas en este informe, se notifique de inmediato a las Entidades Responsables, para efectuar las correcciones necesarias.

- El presente estudio es válido sólo para el área investigada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ Eulalio Juárez Badillo (2005) mecánica de suelos I: Fundamentos de la Mecánica de suelos. México: Editorial Limusa, 2005
- ❖ Juárez Badillo & E. Rico Rodríguez.(1973) *Mecánica de Suelos*,
- ❖ P. L. Berry & D. Reid, D (1993)., *Mecánica de Suelos*,
- ❖ Dr. Ing. Jorge E. Alva Hurtado (SN). Diseño de Cimentaciones, Fondo Editorial ICG.
- ❖ Botero, G. (1963). Contribución al Conocimiento de la Geología de la Zona Central de Antioquia. Anales de la Facultad de Minas, No 57.
- ❖ Ishihara, K. (1996). .Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics.. Calrendon Press, Oxford, pp: 1-39, ISBN:0198562241.
- ❖ American Society for Testing and Materials – ASTM D-1586 (1984) - Standar Test Method for Penetration Test and Split – Barrel Sampling of Soils. (SPT).
- ❖ Rendón G., D. (1999). Cartografía y Caracterización de las Unidades Geológicas de la Zona Urbana de Medellín. Medellín, Tesis Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, 113 p.
- ❖ Guía De Zonificación Costera Para El Ordenamiento Territorial Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE)Primera Edición, Agosto 2011
- ❖ Instituto De Investigación En Desastres Y Medio Ambiente IIDMA. Mapa De Peligros De La Ciudad De Trujillo Y Zonas Aledañas
- ❖ Annual Book of ASTM Standards, ASTM D, 2003.

- ❖ Atala Abad César A. (1992) Ensayos de Penetración Estándar (SPT), Seminario Taller de Mecánica de Suelos y Exploración Geotécnica – Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres – Facultad de Ingeniería Civil –Universidad Nacional de Ingeniería
- ❖ Wikipedia (28/04/2014) Zonificación. Disponible en URL :<http://es.wikipedia.org/wiki/Zonificaci%C3%B3n>
- ❖ Hernando Nuñez de Prado (2001) Geología Y estratigrafía del Cuaternario y su Zonificación Geotécnica-Sísmica del Área Urbana de Arequipa
- ❖ Norma Técnica de Edificaciones E050 Suelos y cimentaciones
- ❖ Norma Técnica Peruana - INDECOPI - NTP 339.159 (2001) – Método de Ensayo Normalizado para la Auscultación Penetrómetro Dinámico Ligero de Puntas Cónica (DPL).
- ❖ Scribd Manual de Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Disponible en URL <http://es.scribd.com/doc/50821332/Manual-de-Mecanica-Del-Suelo-Y-Cimentaciones>
- ❖ Vivar Romero, Germán (1994) El Uso del Penetrómetro Portátil de Punta Cónica(DPL) - X Congreso Nacional de Ingeniería Civil (1994) Lima – Perú.
- ❖ Tsukamoto (2004) – “Correlation Between Penetration Resistance of Swedish Weight Sounding Tests and SPT Blow Counts in Sandy Soils”.
- ❖ Tsukamoto Yoshimichi, Ishihara Kenji and Sawada Shunichi (2004) – Correlation Between Penetration Resistance of Swedish Weight Sounding Test and SPT Blow Counts in Sandy Soils – Soil and Foundations, Vol 44, N° 3, Japanese Geotechnical Society – Japon.

- ❖ Hilario Calcante Erinaldo, Leidimar Bezerra Raimundo, Brasil Danziger Fernando Artur, Ragoni Bernadete, Danziger (2003)- Recientes Experiencias sobre Instrumentacion SPT em Brasil- 12° Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Civil Geotecnica- Cambridge, Massacusetts, USA.

ANEXOS